

Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchung des schweizer. Nationalparks
Herausgegeben von der Kommission der S. N. G. zur wissenschaftlichen Erforschung des Nationalparks
Resultats des recherches scientifiques entreprises au Parc national suisse
Publiés par la commission de la S. H. S. N. pour études scientifiques au Parc national

4.

VEGETATIONS-ENTWICKLUNG UND BODENBILDUNG

in der alpinen Stufe der Zentralalpen

(Klimaxgebiet des *Caricion curvulae*)

-
Mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse
im schweizerischen Nationalparkgebiet

Von

J. BRAUN-BLANQUET unter Mitwirkung von HANS JENNY

Mit 42 Figuren und 36 Tabellen

Ausgegeben am 20. November 1926

Denkschriften der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft
Memoires de la Société Helvétique des Sciences Naturelles

Band LXIII, Abh. 2.

Vol. LXIII, Mém. 2.

Herausgegeben mit Subvention der Eidgenossenschaft von der Kommission für Veröffentlichungen
(Prof. Dr. HANS SCHINZ, Botanischer Garten. Zürich) der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft.

Druck von GEBRÜDER FRETZ A. G., Zürich

Kommissionsverlag von GEBRÜDER FRETZ A. G., Zürich

1 9 2 6

Vorwort

Die botanische Untersuchung des schweizerischen Nationalparkgebietes ist 1917 begonnen und seither allsommerlich während einiger Wochen weitergeführt worden. Die floristischen Resultate sind in einem noch unveröffentlichten Florenkatalog niedergelegt. An der floristischen und pflanzensoziologischen Durchforschung haben sich die Herren Dr. ST. BRUNIES, Dr. CH. MEYLAN (Moose) und Dr. ED. FREY (Flechten) beteiligt. Die meisten der 3000 m **übersteigenden** Hochgipfel wurden erstiegen und botanisch abgesucht und eine Reihe von Daueruntersuchungsflächen abgegrenzt und genau aufgenommen.

Dem Wunsche der Kommission für die wissenschaftliche Erforschung des Nationalparks folgend, soll vorläufig ein Teil der pflanzensoziologischen Untersuchungsergebnisse zur Darstellung gelangen: die Pflanzengesellschaften der alpinen Stufe (Klimaxkomplex des *Caricion curvulae*) in ihrer Abhängigkeit von Boden und Klima. Unberücksichtigt geblieben sind hierbei die reinen Flechten- und Algengesellschaften. Erstere werden im Zusammenhang mit den subalpinen Flechtengesellschaften von unserem Kollegen ED. FREY bearbeitet.

Nachdem vorerst (1917—23) die floristische Grundlage geschaffen, die Pflanzengesellschaften individualisiert und abgegrenzt worden waren, konnte auch die kausale Fragestellung **eingehender** verfolgt werden.

Seit 1924 nahm Dr. H. JENNY, Assistent am Agrikulturchemischen Laboratorium der E.T.H. (Vorstand Prof. Dr. G. WIEGNER) als Bodenkundler an den Untersuchungen teil und durchstreifte in mehreren Reisen das ganze Ofengebiet. Meistens arbeiteten die Verfasser zusammen.

Die Fülle der bodenkundlichen Resultate machte eine Zweiteilung der Arbeit notwendig, um die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen unter einheitlichem Gesichtspunkt darzustellen.

Es ist uns eine angenehme Pflicht, allen zu danken, die zum Gelingen unserer **Arbeit** beigetragen haben. Vor allem geht unser Dank an die Kollegen und Mitarbeiter im **Park**gebiet: Dr. CH. MEYLAN, der die Revision und Bestimmung der meisten Moosproben vorgenommen hat. Dr. ED. FREY hat unsere Flechtenausbeute durchgesehen. Bei Feldaufnahmen waren uns gelegentlich ausser den Genannten behilflich: Dr. ST. BRUNIES, Dr. ALB. FREY, H. JENNY-LIPS, Herr Ing. forest. HABEGGER und Parkwächter LANGEN haben für uns einige photographische Aufnahmen gemacht. Zu ganz besonderem Dank verpflichtet sind wir Herrn cand. rer. nat. PALLMANN für seine Mithilfe bei der Untersuchung der Erdproben. Eine Reihe von Humusbestimmungen hat Frau Dr. BRAUN-BLANQUET ausgeführt.

IV

Die bodenkundlichen Untersuchungen wurden samt und sonders im Agrikulturchemischen Institut der E. T. H. durchgeführt. Dem Vorstand des Instituts, Herrn Prof. Dr. G. **WIEGNER**, sei für sein wohlwollendes Entgegenkommen auch an dieser Stelle unser herzlichster Dank ausgesprochen.

Herrn Prof. Dr. C. **SCHRÖTER**, dem Präsidenten der Kommission zur wissenschaftlichen Erforschung des Nationalparks, und Prof. Dr. E. **WILCZEK**, Präsident der botanischen Subkommission, sind wir für das Interesse, das sie unserer Arbeit entgegenbrachten, sowie für ihre Bemühungen um die Drucklegung der Arbeit sehr verbunden.

Schliesslich möchten wir nicht unterlassen, der Kommission für Veröffentlichungen der Schweiz. Naturf. Gesellschaft für die Aufnahme unserer Arbeit in die Serie ihrer «Denkschriften» zu danken.

DIE VERFASSER.

Begrenzung des Gebietes

Unsere Studien sind zur Hauptsache in der alpinen Stufe des Ofengebietes im Schweizerischen Nationalpark und den anstossenden Gebirgen gemacht worden, in der rechtsseitigen Unterengadinerkette zwischen Scanfs und der tirolisch-italienischen Grenze, dem Gebiet, dessen «Rückgrat» die Unterengadiner Dolomiten bilden (s. Fig. 1). Selbstverständlich wird aber ängstliches Haftenbleiben an mehr oder weniger **künstlichen** Grenzen zur Unmöglichkeit, sobald allgemeine Probleme aufgeworfen oder Vergleiche gezogen werden **müssen**.

Das Nationalparkgebiet, wie das ganze Unterengadin, Münstertal, Obervischgau und Oberveltlin, bildet einen Ausschnitt aus dem klimatisch recht einheitlichen inneralpinen Tal- und Gebirgssystem, das der eine von uns unter der Bezeichnung «**inneralpiner Föhrenbezirk**» eingehender charakterisiert hat (BR.-BL., 1918). Es ist daher anzunehmen — und soweit unsere Beobachtungen reichen, trifft dies auch zu — dass die Gliederung der Vegetation nach **Höhenstufen**, wie wir sie für Ostbünden feststellen konnten, auch für das weitere **inneralpine Trocken-**gebiet von den Tälern der Provence bis Kärnten und Steiermark im grossen und ganzen Gültigkeit besitzt.

Dagegen dürfen die Höhenstufen der nordalpinen und südalpinen Aussenketten den inneralpinen nicht koordiniert werden. Je weiter die pflanzensoziologische Durchforschung der Alpen fortschreitet, um so deutlicher stellt sich heraus, dass eine generalisierende Höhenstufen-Einteilung für die gesamte Alpenkette unmöglich ist. Schon die Parallelisierung der Stufenhorizonte der drei natürlichen **Alpenbezirke**, den nordalpinen, inneralpinen und südalpinen Ketten entsprechend, bietet grosse Schwierigkeiten. Einmal, weil die Verschiebung der Höhengrenzen sich nicht in gleichsinniger Richtung bewegt und daher nicht in ein Schema gebracht werden kann, dann aber auch, weil die klimatischen **Schlussgesellschaften** der einzelnen Gebiete nicht durchwegs übereinstimmen oder sich einfach ersetzen.

Eine vorsichtige Verallgemeinerung unserer Stufeneinteilung und **Vegetationsbeschreibung** ist **also** höchstens für die Gebirge des inneralpinen Föhrenbezirks, niemals aber für die Aussenketten der Nord- und **Südalpen** **angängig**. Dasselbe **dürfte**, wenn auch in abgeschwächtem Mass, für die **Bodenbildung** und Bodenverteilung gelten; doch ist man hierüber noch recht wenig unterrichtet.

Zum Klimax-Komplex des *Caricion curvulae* rechnen wir alle Pflanzengesellschaften, deren Genese in den Kruminseggenverband (*Caricion curvulae*) **ausmündet**.

VI

Das *Caricion curvulae* bildet den Vegetationsklimax der alpinen Stufe in den **zentralen** Alpenketten. Die Begrenzung dieses **Klimaxgebietes** wird dadurch erleichtert, dass hier **kein** Zwergstrauch-«Gürtel» zwischen Wald- und Rasengesellschaften eingeschoben ist und auch die Alpenrosengebüsche nicht **über** die Kampfzone des Waldes hinausreichen. Die subalpine Waldstufe wird überall, wo der Wald seine klimatische obere Grenze wirklich erreicht, ziemlich unvermittelt von der Urwiesenstufe, dem Klimaxgebiet des *Caricion curvulae*, abgelöst. Etwa vorhandene Zwergsirauchbestände kennzeichnen Besonderheiten des Bodenreliefs (steile Südhänge, lange schneebedeckte Nordhänge, windexponierte Kuppen etc.) und sind Übergangs- oder Dauergesellschaften, nicht aber klimatische **Schlussgesellschaften**; auch erlangen sie oberhalb der Wald- und Baumgrenze nur geringe Ausdehnung.

Selbstverständlich ist die Grenze zwischen der Wald- und der Urwiesenstufe, auch dort, wo die natürlichen Verhältnisse nicht durch Kahlschlag gestört sind, keineswegs eine scharf ausgeprägte Linie, sondern wie jede pflanzengeographische Grenze ein — allerdings ziemlich schmaler — Gürtel. Dieser Grenzgürtel liegt an der obern Waldgrenze zwischen Wald- und Baumgrenze. Je ungestörter die **natürlichen** Verhältnisse und je günstiger die Relief- und Bodenbedingungen, um so kleiner ist der Abstand zwischen Wald- und Baumgrenze. An Felshängen dagegeu, namentlich im Kalkgebirge, kann die Höhendifferenz 100 m und mehr betragen. Bei der Bestimmung des Waldgrenzgürtels sind daher die nackten Daten der Feldbeobachtungen ungentigend; sie müssen vielmehr stets unter Berücksichtigung der Lokalverhältnisse ausgelegt und verstanden werden. Nur dann wird es möglich, eine annähernd zutreffende «**klimatische**» Grenzlinie zwischen Wald- und Urwiesenstufe zu ziehen; denn dass die heutige, tatsächliche, nicht der **unbeeinflussten** klimatischen Waldgrenze entspricht, braucht wohl keiner besondern Erläuterung. Wie die **klimatische** Schneegrenze, so ist auch die **klimatische** Waldgrenze eine gedachte Linie, die nicht ohne weiteres am Berghang abgelesen werden kann.

Es ist gelegentlich die Ansicht geäußert worden, soweit ein normaler Baum vordringe, sei auch **Waldwuchs** möglich. Nach unseren Erfahrungen in den Alpen und anderwärts trifft dies im grossen und ganzen zu, soweit **Bodenplastik** und Untergrund gleichartig sind. In Gebieten mit ausgeglichenem Relief, mässig steilen, nicht von Felspartien durchsetzten **Hängen** fallen Wald- und Baumgrenze mehr oder weniger zusammen (Auvergne, Sevensen, Südjura). Anders in den Zentralalpen mit ihrem zerfurchten Relief, das unvermittelte und beträchtliche Wärme- und Feuchtigkeitsschwankungen bedingt. An Steilhängen und Felsgräten gibt es oft erheblich über der klimatischen Waldgrenze noch lokalklimatisch begünstigte Winkel und Nischen, die einzelnen **Bäumen** Schutz gewähren. Es ist eine bekannte Tatsache, dass der Höhenabstand zwischen Wald- und Baumgrenze dort die höchsten Werte erreicht, wo mässig ansteigende Hänge von Felspartien abgelöst werden. Im Ofengebiet beträgt **der** Maximalunterschied zwischen Wald- und Baumgrenze 160 m. Die letzte, etwa 6 m hohe Arve steht oberhalb Cierfs **am** Crap Nair in lokaler Südexposition bei 2410 m; der ge-

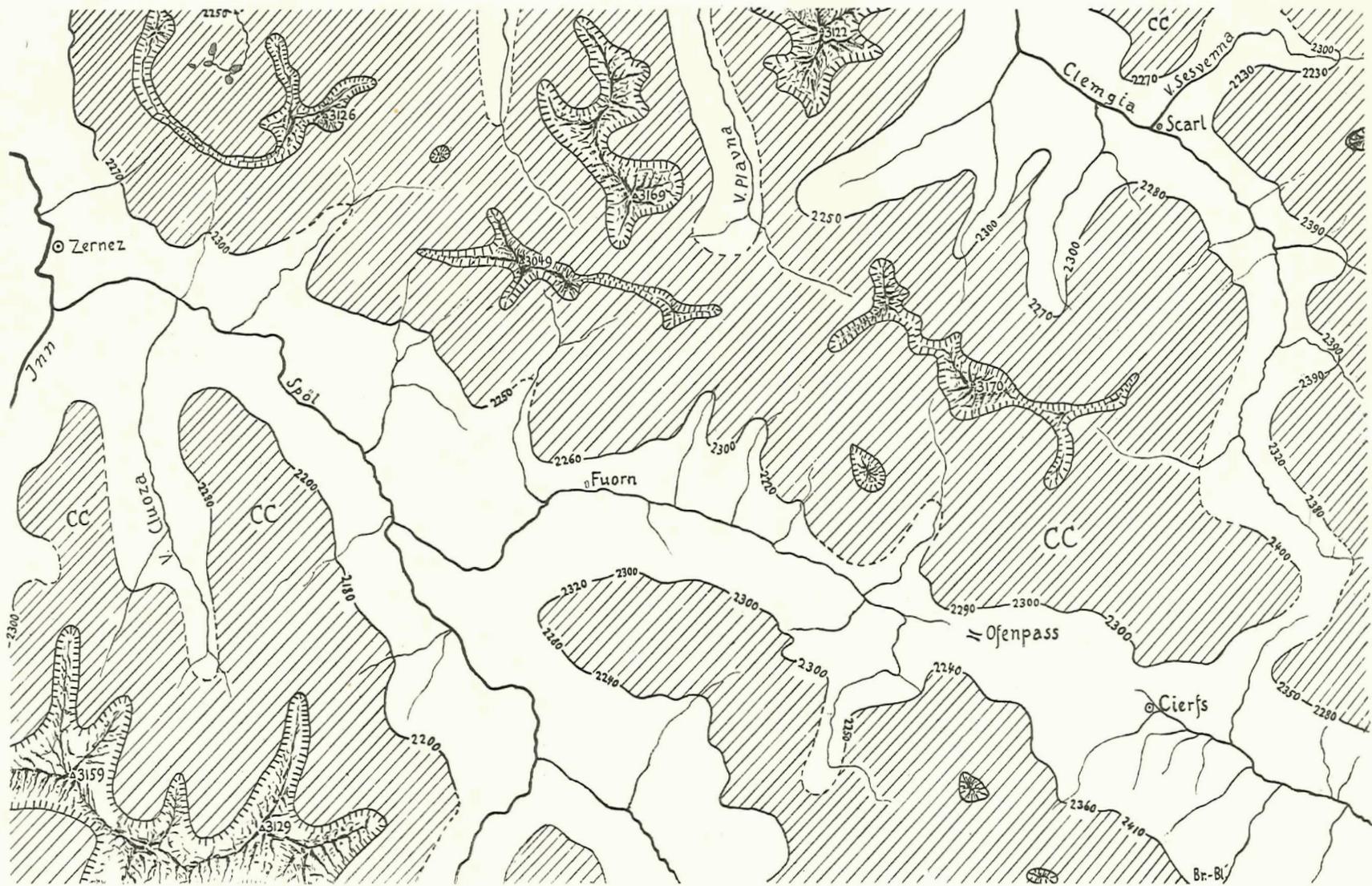


Fig. 1. Das Klimaxgebiet des *Caricion curvulae* im Ofengebiet (schraffiert) und lokale Baumgrenze (Kurvenlinie mit Höhenzahlen). Mit CC sind Stellen bezeichnet, wo das *Caricion curvulae* auf Kalkunterlage zur Entwicklung gelangt.

schlossene Wald, anscheinend vom Menschen unbeeinflusst, überschreitet hier 2250 m nicht. Darüber hinaus liegen aber noch bis 2400 m von Sturm und **Schneedruck** gefällte entrindete Baumleichen.

Die **untere Grenzlinie** der alpinen Stufe, des Klimaxgebietes des *Caricion curvulae*, ist im Ofengebiet bei 2250 m bis 2300 m zu ziehen. Sie liegt etwas tiefer als die Baumgrenze, aber höher als die tatsächlich existierende Waldgrenze, die bei 2200 bis 2250 m verläuft. Natürlich haben auch hier Mensch und Naturereignisse breite Breschen in den ursprünglichen Waldbestand geschlagen. Die alpine Vegetation ist in die Lücken **herabgedrungen** und so haben manche alpine Pflanzengesellschaften ihr Areal nach unten ausgedehnt. Die letzten, obersten Baumpioniere erscheinen daher **heute** als Eindringlinge oder vielleicht besser als Relikte in der alpinen Stufe.

Das Übersichtsschema, **Fig. 1**, die Ausdehnung des *Caricion curvulae*-Klimaxgebietes im Ofengebiet zeigend, gestattet, auch die örtliche Baumgrenze in den verschiedenen **Himmelslagen abzulesen**. Allerdings ist dieselbe biologisch nicht durchwegs gleichwertig. Sie wird in der Regel durch die Arve (*Pinus Cembra*), seltener durch die **Lärche** (*Larix decidua*), den Bäumen des subalpinen Klimaxwaldes, gebildet. An einigen Punkten in heisser Südlage (La Schera, Piz del Fuorn, Val del Botsch) ist es aber die aufrechte Bergföhre (*Pinus Mugo* = *P. montana*), die allein als Pionier des Hochwaldes auf den trockenen **Dolomitschuttböden** **Fuss zu fassen** vermag.

Die Höhen wurden mittelst Karte, Aneroid und Horizontalglas bestimmt. Einige Höhenangaben sind den Arbeiten von **BRUNIES** (1906) und von **COAZ** und **SCHRÖTER** (1905) entnommen.

Die **obere Grenze** des *Caricion curvulae*-Klimaxgebietes verläuft im Mittel bei 2800 bis 2900 m. So weit reichen nämlich die obersten zusammenhängenden Rasenteppiche von einiger Ausdehnung. Gegen oben wird das Gebiet durch die pflanzenarme **Thallophytenstufe** (Stufe der Krustenflechten) begrenzt, die **in** den Schuttkaren und firngekrönten **Fels**häuptern ausklingt.

ERSTER TEIL

DIE ALPINEN

PFLANZENGESELLSCHAFTEN

VON

J. BRAUN-BLANQUET

Allgemeines

Die Darstellung der Pflanzengesellschaften, ihres Lebenshaushalts und ihrer Entwicklung fusst auf den Prinzipien, die der eine von uns in mehreren Abhandlungen dargelegt und verfochten hat (BR.-BL. 1918, 1921, 1925); die Terminologie ist jene des «**Vocabulaire de Sociologie végétale**» von BRAUN-BLANQUET und PAVILLARD, II. Aufl. 1925. Um platzraubende Wiederholungen zu vermeiden, sei hier auf diese Arbeiten verwiesen. Der Anordnung und Reihenfolge der behandelten Pflanzengesellschaften ist die soziologische Progression zugrunde gelegt. Die soziologisch einfachsten gesellschaftlichen Einheiten kommen **an den** Beginn, die komplizierten an den Schluss der Anordnung zu stehen.¹

Zum ersten Mal für die Alpen wurde versucht, die soziologischen Grundeinheiten, die Assoziationen, nach ihrer floristischen Verwandtschaft zu Übergeordneten umfassenderen Einheiten, den **Verbänden** und **Ordnungen** **zusammenzuschliessen**.² Diese rein floristische Gruppierungsweise hat nicht nur theoretische, sondern, wie aus unsern Ausführungen hervorgehen dürfte, auch praktische Vorteile. Schon die ersten Versuche, den Knäuel der ökologischen Faktoren zu entwirren, haben gezeigt, dass floristisch Zusammengehöriges auch durch zusammenlaufende ökologische Beziehungen verknüpft wird. Die Zusammenhänge zwischen dem floristischen Ausdruck und dem ökologischen Wesen, dem Lebenshaushalt der Pflanzengesellschaften zu verfolgen und aufzuklären, ist eines der wichtigsten Ziele des Pflanzensoziologen. Wir glauben wenigstens so weit gekommen zu sein, sagen **zu** dürfen, dass unsere floristisch umgrenzten Verbände und Ordnungen auch ökologisch, d. h. mit Bezug auf ihren Lebenshaushalt, gut umschriebenen Einheiten entsprechen, wenn sie auch nicht immer den hergebrachten Begriffen Wald, Weide, Trocken-, Frisch-, **Sumpfwiese**, **Zwergstrauchheide** usw. koordiniert werden können und reiu physiognomisch vielfach weniger einheitlich erscheinen mögen.

Die behandelten **Vegetationseinheiten** des Ofengebietes lassen sich **folgendermassen** gliedern:

Ordnung	Verband	Assoziation
I. <i>Potentilletalia caulescentis</i> (Felsspaltengesellschaften)	<i>Potentillion caulescentis</i> (basiphil)	{ <i>Androsacetum helveticae</i> [<i>Potentilletum caulescentis</i>]
	<i>Androsacion multiflorae</i> (schwach bis mässig azidiphil)	{ <i>Androsacetum multiflorae</i> [<i>Asplenietum septentrionalis</i>]
II. <i>Thlaspectalia rotundifolii</i> (Kalkschuttgesellschaften)	<i>Thlaspeion rotundifolii</i> (Geröll)	{ <i>Thlaspectum rotundifolii</i> [<i>Petasiletum nivei</i>]
	<i>Arabidion coeruleae</i> (feuchter Ruhschutt)	{ <i>Arabidetum coeruleae</i> [<i>Salicetum retusae-reticulatae</i>]

¹ In der Nomenklatur folgen wir SCHINZ und KELLER, I. Teil, IV. Aufl. (1923).

² Für ein ausseralpines Gebiet hat WALO KOCH (1926) diese Systematisierung bereits mit Erfolg durchgeführt.

Ordnung	Verband	Assoziation
III. <i>Androsacetalia alpinae</i> (Silikatschuttgesellschaften)	{ <i>Androsacion alpinae</i> (mässig azidiphil)	{ <i>Oxyrietum</i> { <i>Luzuletum spadiceae</i>
IV. <i>Salicetalia herbnceae</i> (Schneetälchenartige Gesell- schaften)	{ <i>Salicion herbaceae</i> (mässig bis stark azidiphil)	{ <i>Polytrichetum sexangularis</i> { <i>Salicetum herbnceae</i>
V. <i>Seslerietalia coeruleae</i> (Rasengesellschaften auf Kalkböden)	{ <i>Seslerion coeruleae</i> (basiphil bis schwach azidi- phil) { [<i>Caricion ferruginei?</i>]	{ <i>Caricetum firmae</i> { <i>Seslerietum coeruleae</i> { <i>Festuca violacea-Trifolium</i> { Thnlii-Assoziation { <i>Elynetum</i>
VI. <i>Caricetalia curvulae</i> (Rasengesellschaften saurer Böden)	{ <i>Caricion curvulae</i> (stark azidiphil) { [<i>Nardion?</i>] { [<i>Festucion variae</i>]	{ <i>Festucetum Halleri</i> { <i>Caricetum curvulae</i>
VII. <i>Rhodoreto-Vaccinietalia</i> (Zwergstrauchgesellschaften)	{ <i>Loiseleurieto-Vaccinion</i> (stark azidiphil) { [<i>Rhodoreto-Vaccinion</i>]	{ <i>Loiseleurietum cetrariosum</i> { <i>Empetretum-Vaccinietum</i>

Das Gesamtareal oder doch die Hauptverbreitung der in obigem Schema aufgeführten Pflanzengesellschaften ist alpin; sie gehören zum *Caricion curvulae*-Klimaxkomplex. Unter besonders günstigen Verhältnissen greifen aber auch noch verschiedene andere Assoziationen gelegentlich in diesen Entwicklungszyklus ein. So Gesellschaften des *Adenostylion* (Hochstauden), des *Cardamineto-Montion* (Quellfluren), des *Caricion fuscae* (Flachmoore), der Lägervegetation. Da ihr Hauptareal jedoch in der subalpinen Stufe gelegen ist, sollen sie im Zusammenhang mit den Gesellschaften der Waldstufe an anderer Stelle behandelt werden.

Unumgänglich notwendige Grundlage jedes vertieften Gesellschaftsstudiums sind die Assoziationstabellen. Wir haben ihrer Ausarbeitung grosse Sorgfalt gewidmet. Ein längst gehegtes Desideratum, am Kopfteil der üblichen floristischen Charakterisierung auch eine kurze aber möglichst scharfe ökologische Charakterisierung jedes einzelnen der untersuchten Assoziationsindividuen anzufügen, konnte wenigstens für einige Gesellschaften verwirklicht werden. Diese Art der Darstellung entlastet die ökologische Beschreibung im Text und gestattet auch, die leider nur zu oft mehr gefühlsmässig als auf Grund exakter Untersuchungen ermittelten «ökologischen Ansprüchen der Gesellschaften auf sichere Grundlage zu stellen. Man hat zudem die Gewähr, dass die ökologischen Untersuchungen sich wirklich auf eine ganz bestimmte, floristisch engumgrenzte Gesellschaft beziehen. Bei der Ausarbeitung der Tabellen klären sich manche Zusammenhänge, und erst auf Grund hinreichenden Tabellenmaterials können Schlüsse auf die Verwandtschaft der Gesellschaftseinheiten gezogen werden. Zur ökologischen Charakterisierung rechnen wir auch die Angabe des Umfanges der einzelnen Assoziationsindividuen. In allen Fällen, wo neben der floristischen Aufnahme des Assoziationsindividuums noch die Untersuchung einer bestimmten kleineren Probefläche einherging, haben wir dies besonders hervorgehoben, indem in der Tabelle die Grösse der Gesamtfläche in Klammern () gesetzt wurde. Die Mengenangaben beziehen sich in diesem Fall vorerst auf die engumgrenzte Probefläche, während die ausserhalb derselben im untersuchten Assoziationsindividuum noch vorhandenen Arten in der Kolonne eingeklammert wurden. Aus

der gleichen Kolonne kann also sowohl die Aufnahme einer bestimmten kleineren Fläche (die selbstverständlich nicht quadratisch zu sein braucht), als die Gesamtaufnahme des homogenen Assoziationsindividuums abgelesen werden. Es ist natürlich nicht immer möglich, das genaue Ausmass der Assoziationsindividuen anzugeben, da die Grenzen öfter unscharf sind und die Fläche gerade im Gebirge, sei es durch Auflösung des Rasens (Treppenstruktur, «Trejen»-Bildung), sei es durch herumliegende Steinblöcke oder Gesteinsschutt oder durch Assoziations-Durchdringung (örtliche Mischung zweier oder mehrerer Assoziationen oder Fazies) eine unregelmässige, zerhackte oder mosaikartige Form annimmt. Aus demselben Grunde wird oft schon die genaue Abgrenzung einer kleineren homogenen Probefläche zur Unmöglichkeit, namentlich bei Treppenbildung. Wir haben in solchen Fällen vorgezogen, auf eine **Kleinflächenaufnahme** zu verzichten, um dieser scheinbaren Genauigkeit nicht die Homogenität der Gesellschaft zum Opfer zu bringen. Die untersuchten Probeflächen innerhalb der Assoziationsindividuen wurden in der Regel so gross als möglich gewählt; aber nur von wenigen alpinen Assoziationen sind genügend homogene Flächen vorhanden, die annähernd die ganze normale Artenkombination der Gesellschaft bieten, und mithin dem **Minimalraum** der Assoziation entsprechen. Am ehesten trifft dies zu beim *Curvuletum* und bei den Schneebodengesellschaften des *Salicion herbicene*. Bei einigen Gesellschaften haben wir die **Artenverteilung** mit zunehmender Flächengrösse kurvenmässig darzustellen versucht.

Zum erstenmal ist ferner versucht worden, auch dem pflanzensoziologisch weniger geschulten Leser Charakterartenverteilung und Sukzessionsverlauf innerhalb der Assoziationen durch Kurvenbilder anschaulich zu machen. Die umfangreichen Assoziationstabellen selbst können ja erst nach eingehendem Studium entziffert und richtig ausgelegt werden.

Sowohl in den Tabellen als bei der Kurvendarstellung der Sukzessionen werden die **Pflanzenarten** vielfach nach ihren **Bodenansprüchen** gruppiert. Es erwies sich als **nützlich**, folgende Kategorien auseinanderzuhalten:

1. Azidiphile Arten
(kalkfliehend; 6,7—4,0 pH)
- | | | |
|---|--|--|
| extrem azidiphil
(Boden stark sauer; 5,2—4,0 pH) | mässig azidiphil
(Boden mässig sauer; 6,2—5,2 pH) | schwach azidiphil
(Boden schwach sauer; 6,7—6,2 pH) |
|---|--|--|
2. Neutrophile Arten
(Boden neutral; 7,0—6,7 pH)
 3. Basiphile Arten
(±7,5—7,0 pH)
- | | |
|--|---|
| basiphil-neutrophil ¹
(Boden neutral bis basisch; ±7,5—6,7 pH) | ausgesprochen basiphil ²
(Boden basisch; ±7,5—7,0 pH) |
|--|---|
4. Indifferente Arten
(pH aus dem basischen weit in den saueren Reaktionsbereich hinüberreichend).

Diese Kategorien haben in mehreren Kurvenbildern **sukzessionistische** Auswertung gefunden.

Die glänzenden Untersuchungen russischer Bodenforscher haben dargetan, dass die Bodenbildung in erster Linie vom Klima beeinflusst und die fertigen oder reifen Böden kli-

¹ Auch die Kombinationen azidiphil bis neutrophil oder basiphil bis schwach azidiphil sind möglich.

² In den Alpen wird diese Gruppe durch die Iralksteten Arten vertreten.

ma t i s c h bedingt sind. Temperatur, Niederschlag, Verdunstung sind die drei Kardinalpunkte der Bodenbildung; ihr Zusammenwirken schafft einen bestimmten Bodentypus, der sich unter ähnlichen **Klimaverhältnissen** überall, auf jeder geologischen Unterlage findet, wo die **Bodenbildung** zum Abschluss gelangt ist. Dementsprechend sind die Böden in fertige und unfertige, reife und ausgereifte zu scheiden.

Auch die Vegetation wird nach der dynamisch-genetischen Auffassung eingeteilt in Anfangs-, Übergangs- und Schlussgesellschaften. Vegetationsentwicklung und Bodenbildung sind **das Resultat** langdauernder Veränderungen und durch vielfache Wechselbeziehungen miteinander verbunden. Dieser Gesichtspunkt des Werdens und Gewordenseins ist der leitende Grundgedanke, der unsere ganze Arbeit durchzieht.

Boden- und Vegetationsentwicklung, sich selbst überlassen, streben einem mehr oder weniger stabilen Endzustand zu, den man als **Boden-** und als **Vegetationsklimax** bezeichnet. Da aber nichts unveränderlich feststeht, so bildet auch der **Klimax** selbstverständlich nur einen relativen Ruhepunkt im Naturgeschehen. Klimaänderungen beeinflussen mittelbar und unmittelbar auch den Boden- und Vegetationsklimax. Lange in Ruhe verharrende Pflanzengesellschaften, die **den** normalen Klimax noch nicht erreicht haben, **werden** als Dauergesellschaften bezeichnet. Der Wechsel in der Vegetationsdecke vollzieht sich bald sichtbar rasch, bald ganz unmerklich. Er wird vom Boden und seinen Veränderungen viel unmittelbarer beeinflusst, als vom Klima, dessen Schwankungen sich **über** längere Zeiträume erstrecken und die in ihren Auswirkungen schwerer zu erkennen sind.

I. Ordnung. *Potentilletalia caulescentis*

(Felsfingerkraut-Spaltengesellschaften)

Die *Potentilletalia caulescentis* bilden eine floristisch und ökologisch wohl umschriebene Gesellschaftsordnung, benannt nach der standörtlich streng lokalisierten Spaltenpflanze *Potentilla caulescens*. Die eiszeitliche Erosion hat die den Gletscherschild überragenden Gipfel und Kämme allseitig angefressen. Sie schuf jene verwegenen Felsgebilde, scharfen Spitzen und zerscharteten Gräte der Gipfelflur, die heute den Gesellschaften der *Potentilletalia* geeignete Wuchsorte bieten. In der subalpinen Stufe kehren sie wieder an den Mündungen der Nebentäler, wo Wildwasser die Felsriegel durchsägt und in gewaltigen Klusen den Durchpass zum Inn erzwungen haben.

In Ritzen und schmalen Fugen, wenige Millimeter bis einige Zentimeter breit, wachsen hier die bezeichnenden Spaltenpflanzen, zu mehr oder weniger losen Gesellschaften vereinigt. Der eigenartige Felsstandort trifft strenge Auswahl unter den Besiedlern, wie schon OETTLI (1903) hervorhebt. Anfänglich können sich wohl in den Spalten einer kürzlich freigelegten Felswand Arten verschiedenster Gesellschaftszugehörigkeit festsetzen. Im Laufe der Zeit aber werden sie von Chasmophyten, den eigentlichen, an die Standortverhältnisse besonders angepassten Spaltenpflanzen, verdrängt. Bei einiger Übung wird man daher am Artenbestand einer Felswand unschwer erkennen, ob der Anriss schon alt, oder ob er erst vor kurzem erfolgt ist. Das Vorhandensein der charakteristischen Artenverbindung einer Felspaltenassoziation setzt stets ein gewisses Alter der Felswand voraus (s. BR.-BL. 1915, p. 57). Sobald diese charakteristische Artenverbindung verwirklicht ist, sobald sich die Spaltengesellschaft der optimalen Entwicklung nähert, halten die einzelnen Besiedler ihren Besitzstand aufs zäheste fest. Die Wurzelkonkurrenz ist eingeschränkt oder doch ausgeglichen. Eine ganze Spalte wird öfter vom Wurzelwerk einer einzigen Art ausgefüllt. Neueindringlinge können sich, solange der Standort keine durchgreifende Veränderung erfährt, unmöglich festsetzen. In kaum veränderter Zusammensetzung verharrt die Spaltengesellschaft Jahrhunderte und wohl Jahrtausende, bis der Fels, der sie trägt, zusammenstürzt oder abgetragen ist. Die *Potentilletalia* sind daher das klassische Beispiel sogenannter «Dauergesellschaften».

Die Ordnung der *Potentilletalia* wird im Gebiet, wie in Ostbünden überhaupt, durch die Verbände des *Potentillion caulescentis* und *Androsacetum multiflorae* vertreten.

Ia. *Potentillion caulescentis*-Verband

Der Verband des *Potentillion caulescentis* umfasst im Ofengebiet zwei kalkstete Assoziationen und ihre Varianten: das *Androsacetum helveticae* der alpin-nivalen und das *Potentilletum caulescentis* der subalpinen Stufe.

Prachtvoll entwickelt, in mehreren Assoziationen vom Ufer der insubrischen Seen bis in die alpine Stufe ansteigend, ist der Verband in den südlichen Kalkalpen östlich des Comersees und in den Siidtiroler Dolomiten, die von den Eiszeiten wenig in Mitleidenschaft ge-

zogen worden sind. Die Kalk- und Dolomitriffe der Südostalpen bieten denn auch einen unvergleichlichen, überwältigenden Reichtum paläogener Endemismen von höchster Eigenart. Diese tertiären Stammes-Relikte, dem extremen Standort vorzüglich angepasst, haben sich zu exklusiven Chasmophyten, treuen Charakterarten des *Potentillion caulescentis* herausentwickelt (*Phyteuma comosum*, *Paederota*, *Saxifraga* spec. plur. etc.).

Alle Assoziationen des *Potentillion caulescentis* sind basiphil. Die Feinerde der Ritzen und Spalten zeigt, wie der Fels selbst, basische Reaktion und ist sehr kalkreich. Daher die weitgehende Übereinstimmung in der floristischen Zusammensetzung der verschiedenen Assoziationen des Verbandes. Azidiphile und neutrophil-azidiphile Arten sind ausgeschlossen. Von den Charakterarten des Verbandes M Ofengebiet scheinen nur *Silene saxifraga* und *Saxifraga moschata* neutrophil-basiphil. Die übrigen, nämlich:

<i>Asplenium Ruta muraria</i>	<i>Erigeron glabratus</i>
<i>Festuca alpina</i>	<i>Placodium gypsaceum</i>
<i>Kernera saxatilis</i>	<i>Placodium Lamarckii</i>

sind wie die Charakterarten der einzelnen Assoziationen basiphil.

1. Androsacetum helveticae

Anscheinend nackt und leblos starren die kühnen Hörner der Unterengadiner Dolomiten aus Trümmer- und Schutthalden empor. Die mittlere Höhe der Gipfflur übersteigt mit ca. 3000 m bereits die klimatische Schneelinie, die bei etwa 2900 m verlaufen mag. Trotzdem sind sie nur schwach vereist; die einzigen nennenswerten Gletscher des Dolomitgebietes erfüllen die Karmulden von Val Sassa und la Valetta am Piz Quaternals (3168 m). Aber auch diese Felseinöden bieten höheren Pflanzen noch Wuchsmöglichkeiten. An den windumbrauten Felsriffen und mauersteilen Wänden klebt eine überaus charakteristische Gesellschaft obligater Chasmophyten. Wir haben diese offene Gesellschaft 1918 mit dem Namen *Androsacetum helveticae* belegt, nach der treuen Charakterart *Androsace helvetica*, deren Kugelpolster die extremen Lebensbedingungen der Assoziation am besten widerspiegelt.

Über die floristische Zusammensetzung des *Androsacetum helveticae* gibt Tabelle I Aufschluss. Die darin aufgenommenen Assoziationsindividuen sind von unterschiedlicher Grösse. Je nach den Ortsverhältnissen, nach Höhenlage, Spaltenverlauf, Felsbeschaffenheit findet sich die charakteristische Artenkombination über eine grössere oder kleinere Fläche verteilt. Massgebend für unsere Aufnahmen war deren floristische Gleichartigkeit bei gleichen Standortsverhältnissen. Der floristischen «Homogenität» geht aber auch bei diesen offenen Gesellschaften die standörtliche parallel. Die Aufnahmen stammen von folgenden Punkten:

Kr. 1. Gipfel des P. Foraz, 3060 m. Nr. 2. Gipfel des P. Ftur, 3050 m. Nr. 3. Gipfel des P. Nair, 3000 m. Nr. 4. Piz del Fuorn, 2920 m. Nr. 5. Fuorela Tavrü, 2880 m. Kr. G Murtarölgrat, 2600 m. Nr. 7. Piz Murtèr, 2600 m. Nr. 8. Parais Sesvenna, 2520 m. No. 9. Val Flur, 2400 m. Nr. 10. Felsen oberhalb Praspöl, 2350 m.

Ausser den in unserer Tabelle aufgeführten enthielten unsere Aufnahmen noch folgende Arten:

Nr. 1. *Drepanium dolomiticum*. Nr. 2. *Poa minor*, *Minuarlia verna*. Nr. 5. *Sesleria coerulea*, *Salix serpyllifolia*. Nr. 6. *Sesleria coerulea*, *Thymus polytrichus*, *Senecio Doronicum*. Nr. 7. *Cystopteris fragilis*, *Carex rupestris*, *Dryas*. Nr. 8. *Athamanta cretensis*. Nr. 10. *Carex mucronata*.

Das *Androsacetum helveticae* zerfällt in ein alpines und ein hochalpin-nivales Höhen-glied. Letzteres (oberhalb 2600 m) erhält seinen besonderen Stempel durch *Draba tomentosa* und durch die endemische *Draba ladina*. Dagegen fehlen ihm einige bezeichnende Arten des alpinen *Androsacetum Jzelticne*, wie *Rhamnus pumila* und *Potentilla caulescens*. Die

TABELLE I

Androsace helvetica-Assoziation

Nr. der Aufnahme	Draba tomentosa-Fazies					Rhamus pumila-Fazies				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Höhe, Meter ü. M.	3060	3050	3000	2920	2880	2600	2600	2520	2400	2350
Geologische Unterlage	Dol.	Dol.	Dol.	Dol.	Dol.	Rät	Rät	Dol.	Dol.	Dol.
Windschutz	exp.	exp.	exp.	exp.	exp.	geschützt	exp.	geschützt	exp.	geschützt
Exposition	S	S	Gipfel	SE	SE	SE	SE	S	S	SE
Charakterarten:										
Ch. p. ¹ <i>Androsace helvetica</i>	+·2	+·2	+·2	+·2	1·2	+·2	+·2	1·2	1·2	+·2
Ch. p. <i>Draba tomentosa</i>	+	+·2	+	—	+	+	—	—	—	—
Ch. p. <i>Draba ladina</i>	+	+	—	+	—	—	—	—	—	—
Verbands-Charakterarten:²										
H. caesp. <i>Festuca alpina</i>	+	+	+	+	1·1	+	—	1·1	—	—
H. caesp. <i>Potentilla caulescens*</i>	—	—	—	—	—	—	—	1·2	1·2	+·2
H. ros. <i>Kernera saxatilis</i>	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+
H. Asplenium <i>Rula muraria</i>	—	—	—	—	—	—	—	+	+	—
H. ros. <i>Erigeron glabratus</i>	—	—	—	—	—	+	—	+	—	—
Ch. p. <i>Saxifraga moschata</i>	—	+·2	+·2	—	+·2	—	—	—	—	—
Placodium <i>Linmarckii</i>	—	—	+	+	—	—	—	—	—	—
Placodium <i>gypsaceum</i>	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ordnungs-Charakterarten:										
Ch. v. <i>Rhamnus pumila</i>	—	—	—	—	—	1·3	1·2	+·2	+·2	+·2
H. ros. <i>Draba dubia</i>	—	—	+	+	—	—	—	+	—	—
Ch. p. <i>Saxifraga aizoon</i>	—	—	—	—	—	—	+·2	1·2	—	—
Ch. p. <i>Artemisia laxa</i>	—	—	—	—	—	—	—	1·2	—	—
Ch. p. <i>Minuartia lanceolata</i>	—	—	—	—	—	+·2	+·2-3	—	—	—
Begleiter:										
H. ros. <i>Campanula cochleariifolia</i>	—	—	+	—	—	+	+	1·1	+	+
Ch. p. <i>Saxifraga caesia</i>	—	+·2	+·1	—	+·1	—	—	+·2	1·2	+·2
H. caesp. <i>Festuca pumila</i>	—	+	—	—	+	+	+	1·1	—	—
Ch. p. <i>Saxifraga oppositifolia</i>	+	+	+	—	—	—	—	1·2	—	—
H. ros. <i>Arabis pumila</i>	—	—	+	+	—	—	+	—	—	+
G. rh. <i>Trisetum distichophyllum</i>	—	—	—	—	—	+	1·1	1·1	—	—
Zufällige	1	2	—	—	2	3	3	1	—	1

¹ Lebensformen: Ch. p. = *Chamaephyta pulvinata* (Polsterpflanzen), Ch. v. = *Chamaephyta velantia* (Spaliersträucher), H. caesp. = *Hemikryptophyta caespitosa* (Horstpflanzen), H. ros. = *Hemikryptophyta rosulata* (Rosettenpflanzen), G. rh. = *Geophyta rhizomata* (Rhizompflanzen).

² Stets inklusive übergreifende: Charakterarten aus Assoziationen desselben Verbandes oder derselben Ordnung. Dieselben sind in den Tabellen mit Stern (*) bezeichnet.

Standortsverhältnisse **beider** Fazies sind, abgesehen von der Höhenlage, durchaus übereinstimmend: feine Ritzen und Spalten **besonnter** Kalkwände von starker Neigung (70—90°). In der schwarzen, alkalisch reagierenden Verwitterungserde der oft tiefgehenden Fugen keimen die Chasmophyten, teils Rosetten- und Horstpflanzen, teils Chamaephyten der Polsterform (*Chamaephyta pulvinata*). Letztere überwiegen, auch an **Individuenzahl**, scheinen somit **am** besten den Standortsverhältnissen zu entsprechen. Mit Ausnahme von *Rhamnus pumila*, einem knorrig gewundenen Spalierstrauch, der seine Blätter allherbstlich abwirft, sind es frostharte, wintergrüne Polsterpflanzen, befähigt **an** den exponierten Felswänden enormen Feuchtigkeits- und **Temperaturschwankungen** und heftiger direkter **Windwirkung** standzuhalten. Die Charakterarten bilden denn auch eine kleine aber ausdrucksvolle Schar extremer Xerophyten, wie sie in keiner zweiten Gesellschaft der Alpen in ähnlicher Vielfältigkeit zusammenzutreten.

Die Spaltenbesiedelung durch die Begleiter des *Androsacetum helveticae* kann direkt erfolgen. Einige indifferente oder **basiphile** Spaltenmoose (wie *Ditrichum flexicaule*, *Distichum capillaceum*, *Schistidium apocarpum*, *Encalypta rhabdocarpa*, *Eurynchium cirrosorum*, *Drepanium dolomiticum*, *D. Vaucheri*) dienen gelegentlich als Keimplätze, sind aber viel zu spärlich vorhanden, um dynamisch-genetisch erfolgreich mitzuwirken.

Verbreitung. Das *Androsacetum helveticae* ist in den Kalkketten der Schweizeralpen weit verbreitet. Wir trafen es im nördlichen und mittleren Bünden; LÜDI (1921) **erwähnt** es aus dem Berner Oberland. Besonders artenreich ziert es die Felswände der Südtiroler Dolomiten, wo es wie in den Dolomiten des **Unterengadins** die höchstansteigende **Blütenpflanzen-**gesellschaft darstellt. Zum Vergleich sei die Aufnahme eines Assoziationsindividuum von der **Grohmannspitze** in der Langkofelgruppe (S, 2560 m) hier angeführt:

<i>Androsace helvetica</i>	1 · 2	<i>Saxifraga squarrosa</i>	1 · 2
<i>Potentilla nitida</i>	1 · 3	<i>Draba tomentosa</i>	+ · 1
<i>Minuartia aretioides</i>	+ · 2	<i>Phyteuma Sieberi</i>	+ · 1
<i>Sesleria sphaerocephala</i>	1 · 2	<i>Carex rupestris</i>	1 · 1
<i>Festuca pumila</i>	+ · 1	<i>Campanula cochleariifolia</i>	+ · 1
<i>Placodium gypsaceum</i>	+ · 1	<i>Placodium Lamarckii</i>	+ · 1

Gegenüber dem südtirolischen erscheint unser *Androsacetum helveticae* als eine verarmte geographische Rasse und ist wohl am besten als Subassoziation zu bewerten.

Ib. Androsacion multiflorae-Verband

Dem *Potentillion caulescentis* des kompakten Kalks **entspricht** der Verband des *Androsacion multiflorae* der kalkarmen kristallinen Ketten. Die **Silikate** sind im Ofengebiet vor allem vertreten durch Granit, Granitgneis **und** andere Gneisarten, Amphibolit und Verrucano.

Die breiten, weitausladenden Talhintergründe der Ova del Fuorn und der Clemgia **begünstigen** den Böschungsausgleich der aus leichter zerfallendem Gesteinsmaterial aufgebauten Gipfel; Felswände sind hier **im** Gebiet der **kristallinischen** Gesteine selten. In den breiteren Spalten kann sich unschwer der Rasen festsetzen. Nur auf den kleinsten Felsleisteu und in schmalen Fugen bleiben die Chasmophyten des *Androsacion multiflorae* Sieger **im** Kampf um Platz und Raum.

Im östlichen Bünden wird der Verband durch das subalpine *Asplenietum septentrionalis* (Zernez auf Amphibolitfelsen) und durch das alpine *Androsacetum multiflorae* vertreten.

Beiden Assoziationen **gemeinsame** Verbandscharakterarten sind u. a.:

Woodsia ilvensis

Primula hirsuta

Saxifraga Cotyledon

Erigeron glandulosus

Diese **neutrophil-azidiphilen** Arten gehen nicht auf kompakten Kalk über.

Asplenietum septentrionalis und *Androsacetum multiflorae* sind unserer Ansicht nach verschiedene Assoziationen. Die Verschmelzung **beider** und Unterordnung unter das komplexe *Primuletum hirsutae* (s. LÜDI 1921, p. 177) scheint nicht **tunlich**, weil jede dieser Gesellschaften ausser eigenen **Charakterarten** auch zahlreiche Differentialarten aufweist. Über den Lebenshaushalt der wichtigeren Konstituenten des *Androsacion multiflorae* und über einige Züge seiner Synökologie finden sich manche Angaben bei WETTER (1918). An der Genese der Gesellschaften dieses Verbandes sind vielfach Laubmoose beteiligt.

2. *Androsacetum multiflorae*

Die Urgebirgsketten der Schweizeralpen beherbergen zwei geographisch getrennte Rassen des *Androsacetum multiflorae*: eine südliche mit *Androsace multiflora*, *Saxifraga Cotyledon*, *Phyteuma Carestiae*, *Ph. humile*, *Potentilla grammopetala* u. a. A. und eine nördliche, ohne die genannten Arten. Die Ursache ihrer Lokalisation auf die zentralen und südlichen Ketten ist wohl in ihrem Geschick während der Diluvialzeit zu suchen. Es sind tertiäre Erzeugnisse der Alpenkette, die während der Eiszeit auf die eisfreien Refugien am Alpensüdrand oder (*Phyteuma*, *Androsace*) in die zentralen **Überdauerungszentren** zurückgedrängt waren und deren postglaziale Wiederausbreitung mit Schwierigkeiten verbunden war.

Das **Unterengadin** liegt schon im **Bereich** der verarmten **nordalpinen Rasse** der Assoziation. *Androsace multiflora* selbst berührt nur noch das oberste **Oberengadin** in der **Longhingruppe**.

Angaben **über** die Zusammensetzung der Rassen des *Androsacetum multiflorae* finden sich bei LÜDI (1921, p. 178) und BRAUN-BLANQUET (1919, 1920 Nr. 101, 1921, p. 21).

Das Ofengebiet selbst bietet die Assoziation nur in Fragmenten. Eine Aufnahme aus dem benachbarten Val **Sarsura** (Vadretgruppe) bei 2450 m an einer fast senkrechten, SE exponierten Gneisfelswand von wohl 100 m² Fläche zeigt folgendes Bild:

Ch. p. <i>Artemisia laxa</i> 1 · 2	Ch. p. <i>Saxifraga exnrnta</i> 1 · 2
H. ros. <i>Primula hirsuta</i> 1 · 1	H. csp. <i>Poa nemoralis v. glauca</i> . + · 1
Ch. vel. <i>Rhamnus pumila</i> + · 3	H. csp. <i>Silene rupestris</i> + · 1
H. ros. <i>Erigeron glandulosus</i> . . . + · 1	Ch. p. <i>Sempervivum arachnoideum</i> + · 2
H. ros. <i>Draba dubia</i> , + · 1	Ch. s. <i>Veronica fruticans</i> + · 1
Ch. p. <i>Saxifraga Aizoon</i> 1 · 2	H. ros. <i>Phyteuma hemisphaericum</i> + · 1

Die Wuchsbedingungen in den warmen, an **Feinerde** reichen Ritzen und Fugen sind günstige. In Initialphasen der Assoziation, nach Felsabbrüchen, entfalten sich hier eine Menge gesellschaftsfremder Rasen- und Zwergstrauchbegleiter. Später findet dann aber ein Ausgleich statt zwischen diesen mehr zufälligen Erstbesiedlern und den **konkurrenzkräftigeren** Chasmo-**phyten** der charakteristischen Artenkombination, welche **schliesslich** das Feld behaupten.

Die Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen, oberflächlich sich kaum **berührenden** Arten beschränken sich, wie beim *Androsacetum helveticae*, meist auf Wurzelkonkurrenz. Die «soziologische Struktur» ist somit ganz prinitif. In dynamisch-genetischer Hinsicht nicht zu unterschätzen sind die als Keimplätze dienenden Pölderchen verschiedener Moosarten, die

in den Spalten der Silikatgesteine viel reichlicher und üppiger gedeihen als im Dolomit- und Kalkgebirge.

Die Dauer der Assoziation ist nahezu unbeschränkt, da der Standort im Verlauf der Jahrhunderte nur geringfügige Änderungen erfährt. Von einer Weiterentwicklung kann hier in der Regel nicht gesprochen werden.

Anders verhält es sich bei einer schwach charakterisierten Fazies der Assoziation, die an weniger steilen (40—60° geneigten) Felsflächen in **Südlage** zur Ausbildung gelangt. Die Besiedlung der Spalten erfolgt hier vorwiegend durch Moose (*Grimmia spec. div.*, *Rhacomitrium canescens*, *Hedwigia albicans*, *Polytrichum piliferum*). Auch *Primula hirsuta* ist vorhanden. In den Moospolstern keimen zuerst: *Sempervivum montanum*, *Silene rupestris*, *Sedum alpestre*, *Phyteuma hemisphaericum*.

Bald setzen sich *Carex sempervirens* oder vereinzelte Sträuchlein von *Calluna*, *Juniperus nana* und *Arctostaphylos Uva ursi* fest. *Carex sempervirens* füllt die Spalten aus und verdrängt die Pioniermoose, während *Juniperus nana* und *Arctostaphylos* von den Spalten aus spalierartig den Fels überspinnen, Erde und Humus auffangen und azidiphilen Rasenpflanzen den Boden vorbereiten. Ob im *Juniperus*-Spalier **schliesslich** Horstpflanzen die **Übermacht** erlangen, den Wacholder verdrängen und Rasen zu bilden vermögen, hängt lediglich von der Neigung ab. Bei starker Neigung (über 35°) ist die **Berasung** sehr erschwert, wo nicht ausgeschlossen. Andernfalls kann in heissen **Südlagen** nahe der Baumgrenze (2300 bis 2400 m) unter ähnlichen Verhältnissen ein Strauchbestand aus *Juniperus*, *Arctostaphylos Uva ursi* und *Calluna* (unter Ausschluss von *Rhododendron*) zur Herrschaft gelangen, wie dies beispielsweise am Westhang oberhalb «ils Lavinars» (2300 m) bei Zernez der Fall ist.

II. Ordnung. *Thlaspeetalia rotundifoliae*

(*Thlaspi rotundifolium*-Kalkschuttflächen)

Das Reich der *Thlaspeetalia* sind die trümmererfüllten Kare im Hintergrund von Val Nügli, Val Plavna, Val Foraz, Val del Diavel (Fig. 2). Stundenweit verhüllt der grauweiße Dolomitschutt Fuss und Flanken der zerschrundeten Berggerüste. Ein Schweigen des Todes lastet über der bedrückend ernsten Landschaft; selbst das Wild meidet die öden, dem Steinschlag ausgesetzten Geröllhalden. Dem Bergwanderer aber, der sich in diese abgeschiedenen Gefilde verirrt, wird eine unerwartete Erscheinung zuteil. Mitten aus dem Schuttmeer leuchtend duftende Sträusse des zartgelben rätischen Alpenmohns (*Papaver rhaeticum*) und zaubern Leben in die Gesteinswüste. Mit dem **Alpenmohn** vereint finden sich gewöhnlich noch einige weitere, aber weniger auffällige Gestalten: Schuttwanderer, Schuttstauer und Schuttüberkriecher. Es sind Charakterarten des **Thlaspeion-Verbandes**.

In feuchten Vertiefungen auf weniger beweglichem oder ruhendem Kalkschutt stehen die Vertreter des zweiten Verbandes unserer Ordnung, des *Arabidion coeruleae*, beisammen. Die Verbands- und Ordnungs-Charakterarten der **beiden** Gesellschaften sind ausgesprochen basiphil und kalkstet. **Trotz** des meist lockeren Zusammenschlusses ist die Konkurrenz der Wurzelschicht (von weit auseinander wachsenden «Solitärpflanzen» abgesehen) bei den meisten Gesellschaften der Ordnung deutlich nachzuweisen, wenn auch die Pflanzenindividuen zum Teil ein bis mehrere Meter auseinanderstehen. Aus der Diskontinuität der Pflanzendecke kann keinesfalls auf ein Fehlen der Konkurrenz geschlossen werden. Hierüber, wie über die Organisation und Ökologie der *Thlaspeetalia* überhaupt, wird eine schon vor längerer Zeit in Angriff genommene Arbeit von HCH. JENNY-LIPS näheren Aufschluss bringen. Wir beabsichtigen nicht ihm vorzugreifen und beschränken uns auf die knappste Darstellung der unser Gebiet betreffenden Beobachtungstatsachen.

IIa. *Thlaspeion rotundifolii*-Verband

Das *Thlaspeion* umfasst **Pionierassoziationen** des beweglichen Kalk- und Kalkschiefer-schuttes und Gerölls, welche die Festigung und **Berasung** basischer Rohböden an **Steilhängen** einleiten. Ein vorbereitendes Kryptogamen-Stadium fehlt. Bodenfeuchtigkeit steht den tief-wurzelnden Arten stets in genügender Menge **zur Verfügung**; aber die Instabilität der obersten Geröllschicht **schliesst** alle Gewächse aus, die nicht dem «**Geröllstandort**» besonders angepasst sind (vergl. hierüber besonders E. HESS, 1909, QUARLES VAN UFFORD, 1909, und C. SCHRÖTER, 1925). Umlagerung und Transport des Gerölls können **erfolgen** durch Nachrutschen bei Gleichgewichtsstörung (Tritt, Steinschlag, Wind, Auftauen nach Frost) oder durch **Überführung** mit Schutt bei der Schneeschmelze, heftigen Regengüssen, Hochgewittern. Der Beweglichkeit des Standorts und dem primitiven Bodentypus entspricht die einfache Form des **Zusammenlebens** der Pflanzen. Bei dem «offenen» Schlusse der einschichtigen Gesellschaft kann von anderen Wechselbeziehungen als einer mehr oder minder losen Wurzelkonkurrenz und Erleichterung

der Kreuzbefruchtung durch Vereinigung zahlreicher Individuen einer Art auf kleinem Raum kaum gesprochen werden.

In den Alpen wird das *Thlaspeion* durch mehrere Assoziationen vertreten, wovon im Ofengebiet aber nur eine, das *Thlaspectum rotundifolii*, in seiner ostalpinen Rasse (Subasso-



Fig. 2.

Murtèrjoch, 2600 in, mit Blick ins Val del Diavel im Juni. Im Vordergrund *Curvuleta* und *Elynetta* (schneefrei), *Salicetum herbaceae*-Schneetälchen (noch schneebedeckt). Im Hintergrund die Kalkgeröllhalden des Val del Diavel. (Phot. LANGEN.)

ziation von *Papaver rhaeticum*) gut entwickelt ist. Als verbreitete Verbandscharakterarten sind zu nennen: *Pon minor*, *Moehringia ciliata*, *Hutchinsia alpina*; sie schliessen sich auch in den Ost- und Westalpen dem *Thlaspeion* an.

3. *Thlaspectum rotundifolii* papaveretosum (Alpenmohnreiche Täschelkrauthalde)

Die *Papaver rhaeticum*-Subassoziation des *Thlaspectum rotundifolii* begleitet die Kalkgeröllhalden vom Piz Lischanna bis zum Piz d'Esen, tritt aber oft nur in fragmentarischer Ausbildung auf. Ihre Hauptverbreitung liegt zwischen 2300 und 2900 in, also innerhalb der

alpinen Stufe, wo sie an geeigneten Standorten in jeder Exposition zu finden ist. In der subalpinen Stufe wird sie an ähnlichen Standorten durch das arten- und individuenreichere *Petasitetum nivei* ersetzt.

Folgende Tabelle gibt eine Übersicht über 12 Assoziationsindividuen von je mindestens 100 m² Umfang. Die Aufnahmen stammen von folgenden Punkten:

1. Gipfel des Piz Ftur, 3050 m. 2. Piz Daint, 2900 m. 3. Südseite der Fuorcla Tavrü, 2880 m. Nr. 4. Nordseite des Piz Foraz, 2650 m. Nr. 5. Piz Murtèr, SE, gegeu Murterett, 2780 m. Nr. 6. Murtarölgrat, 2650 m. Nr. 7. Astras dadora, Nordhang, 2600 m. Nr. 8. Murtèr, am Übergang, 2580 m. Nr. 9. Munt Buffalora, 2550 m. Nr. 10. Piz Murterus, 2350—2400 m. 11. Piz Daint, 2300 m. 12. Palettn in Val Cluozza, 2200 m. Fläche von 100 m². (Aufnahme von H. JENNY-LIPS, Pruntrut.)

Die Aufnahmen, nach der Höhenlage angeordnet, zeigen deutlich die Verarmung der Gesellschaft gegen oben. In der Nivalstufe, oberhalb 2900 m, kommt sie überhaupt nur noch fragmentarisch vor. Auch die alpinen Assoziationsindividuen sind artenarm, dabei aber recht gleichförmig zusammengesetzt. Der Individuenabstand ist bald enger bald weiter und richtet sich nach Besiedlungsdauer und nach der Gunst oder Ungunst der Besiedelungsverhältnisse. Stets überwiegt der pflanzenlose Schuttboden beträchtlich das pflanzenbedeckte Bodenareal. Bei Aufnahme Nr. 12 beträgt der mittlere Individuenabstand etwa 0,5—2 m. Da wir bei unseren Aufnahmen auf das Vorkommen von *Papaver rhaeticum* besonders geachtet haben, erscheint diese Art in der Tabelle II mit dem höchsten Stetigkeitsgrad. Indessen sind auch Ausbildungen der Assoziation, denen diese Art fehlt, nicht selten, ohne dass damit im übrigen eine floristische Änderung verbunden wäre und ohne dass aus ihrem Fehlen auf veränderte ökologische Bedingungen geschlossen werden könnte. In ziemlich übereinstimmender Zusammensetzung gedeiht die Gesellschaft auch in den Südtiroler Dolomiten. Am Südfuss der Grohmannspitze (Langkofelgruppe, 2500 m) treten zusammen:

Papaver rhaeticum
Poa minor
Moehringia ciliata

Thlaspi rotundifolium
Linaria alpina
Hutchinsia alpina

und in der Folge als Abbauer (!) *Dryas octopetala*.

Lebenshaushalt. — Ganz im Gegensatz zum *Potentilletum caulescentis* des anstehenden Kalkfelsens, das völlige Schneefreiheit erträgt, verlangt das *Thlaspeetum* zeitige und ausgiebige Schneebedeckung. Unter tiefer Schneeschicht überwintern eine Reihe von Spezies der charakteristischen Artenkombination mit grünen Trieben oder Triebspitzen (so: *Poa minor*, *Moehringia ciliata*, *Hutchinsia alpina*, *H. brevicaulis*, *Arabis alpina*, *Saxifraga oppositifolia* und wohl noch andere). Mit vielen «Schneetälchen-Pflanzen» des *Salicion herbacene* teilen sie somit den Vorteil voller Assimilationsbereitschaft beim Wegschmelzen der Schneedecke. Die Dauer derselben schwankt zwischen 7 und 8 Monaten. Dessenungeachtet blühen und fruchten die meisten Arten reichlich und sorgen für Nachkommenschaft. Vegetative Vermehrung kommt nur bei wenigen in Frage (*Moehringia*, *Poa cenisia*, *Trisetum distichophyllum*, *Saxifraga oppositifolia*).

Die Wurzelschicht der Pflanzen enthält stets ziemlich reichlich alkalische Feinerde (pH 7.5 bis 7.0); Humus ist nur in Spuren vorhanden und beginnt erst in den Anfangsstadien der Berasung durch *Dryas* oder *Salix serpyllifolia* sich anzusammeln. Die oberflächliche Geröllschicht besteht aus feineren oder gröberen Gesteinsbrocken von bald eckiger, bald plattiger Textur, die sich bald mehr oder weniger in Bewegung, bald in Ruhelage befinden.

Thlaspeetum papaveretosum

TABELLE II

Nr. des Assoziationsindividuum .	Höhe, Meter u. M.	Gestein	Geologische Unterlage	Exposition	Neigung	Charakterarten:	Verbands-Charakterarten:	Ordnungs-Charakterarten:	Begleiter:	Zufällige
1	3050	Grl.	Dol.	SSE	25-30°	<i>Papaver rhaeiticum</i> <i>Cerastium latifolium</i> <i>Saxifraga aphylla</i>	<i>Poa minor</i> <i>Moehringia ciliata</i> <i>Hutchinsia alpina</i> <i>Silene vulg. ssp. prostrata</i> <i>Ranunculus parnassifolius</i> <i>Poa centisia</i> <i>Leonodon montanus</i>	<i>Arabis alpina</i> <i>Trisetum distichophyllum</i> <i>Achillea atrata</i> <i>Hutchinsia brevicaulis*</i> <i>Arabis coerulea*</i> <i>Ranunculus alpestris</i>	<i>Saxifraga oppositifolia</i> <i>Viola calcarea</i> <i>Linaria alpina</i> <i>Arabis pumila</i> <i>Sesleria coerulea</i> <i>Dryas octopetala</i> <i>Taraxacum alpinum</i>	1
2	2900	Rahschutt	Dol.	SW	20-30°	<i>Papaver rhaeiticum</i> <i>Cerastium latifolium</i> <i>Saxifraga aphylla</i>	<i>Poa minor</i> <i>Moehringia ciliata</i> <i>Hutchinsia alpina</i> <i>Silene vulg. ssp. prostrata</i> <i>Ranunculus parnassifolius</i> <i>Poa centisia</i> <i>Leonodon montanus</i>	<i>Arabis alpina</i> <i>Trisetum distichophyllum</i> <i>Achillea atrata</i> <i>Hutchinsia brevicaulis*</i> <i>Arabis coerulea*</i> <i>Ranunculus alpestris</i>	<i>Saxifraga oppositifolia</i> <i>Viola calcarea</i> <i>Linaria alpina</i> <i>Arabis pumila</i> <i>Sesleria coerulea</i> <i>Dryas octopetala</i> <i>Taraxacum alpinum</i>	1
3	2880	Grl.	Dol.	S	30°	<i>Papaver rhaeiticum</i> <i>Cerastium latifolium</i> <i>Saxifraga aphylla</i>	<i>Poa minor</i> <i>Moehringia ciliata</i> <i>Hutchinsia alpina</i> <i>Silene vulg. ssp. prostrata</i> <i>Ranunculus parnassifolius</i> <i>Poa centisia</i> <i>Leonodon montanus</i>	<i>Arabis alpina</i> <i>Trisetum distichophyllum</i> <i>Achillea atrata</i> <i>Hutchinsia brevicaulis*</i> <i>Arabis coerulea*</i> <i>Ranunculus alpestris</i>	<i>Saxifraga oppositifolia</i> <i>Viola calcarea</i> <i>Linaria alpina</i> <i>Arabis pumila</i> <i>Sesleria coerulea</i> <i>Dryas octopetala</i> <i>Taraxacum alpinum</i>	1
4	2800	Grl.	Dol.	N	25-30°	<i>Papaver rhaeiticum</i> <i>Cerastium latifolium</i> <i>Saxifraga aphylla</i>	<i>Poa minor</i> <i>Moehringia ciliata</i> <i>Hutchinsia alpina</i> <i>Silene vulg. ssp. prostrata</i> <i>Ranunculus parnassifolius</i> <i>Poa centisia</i> <i>Leonodon montanus</i>	<i>Arabis alpina</i> <i>Trisetum distichophyllum</i> <i>Achillea atrata</i> <i>Hutchinsia brevicaulis*</i> <i>Arabis coerulea*</i> <i>Ranunculus alpestris</i>	<i>Saxifraga oppositifolia</i> <i>Viola calcarea</i> <i>Linaria alpina</i> <i>Arabis pumila</i> <i>Sesleria coerulea</i> <i>Dryas octopetala</i> <i>Taraxacum alpinum</i>	1
5	2780	plattig	N.-Rät.	SE	25-30°	<i>Papaver rhaeiticum</i> <i>Cerastium latifolium</i> <i>Saxifraga aphylla</i>	<i>Poa minor</i> <i>Moehringia ciliata</i> <i>Hutchinsia alpina</i> <i>Silene vulg. ssp. prostrata</i> <i>Ranunculus parnassifolius</i> <i>Poa centisia</i> <i>Leonodon montanus</i>	<i>Arabis alpina</i> <i>Trisetum distichophyllum</i> <i>Achillea atrata</i> <i>Hutchinsia brevicaulis*</i> <i>Arabis coerulea*</i> <i>Ranunculus alpestris</i>	<i>Saxifraga oppositifolia</i> <i>Viola calcarea</i> <i>Linaria alpina</i> <i>Arabis pumila</i> <i>Sesleria coerulea</i> <i>Dryas octopetala</i> <i>Taraxacum alpinum</i>	1
6	2650	plattig	N.-Rät.	NE	20°	<i>Papaver rhaeiticum</i> <i>Cerastium latifolium</i> <i>Saxifraga aphylla</i>	<i>Poa minor</i> <i>Moehringia ciliata</i> <i>Hutchinsia alpina</i> <i>Silene vulg. ssp. prostrata</i> <i>Ranunculus parnassifolius</i> <i>Poa centisia</i> <i>Leonodon montanus</i>	<i>Arabis alpina</i> <i>Trisetum distichophyllum</i> <i>Achillea atrata</i> <i>Hutchinsia brevicaulis*</i> <i>Arabis coerulea*</i> <i>Ranunculus alpestris</i>	<i>Saxifraga oppositifolia</i> <i>Viola calcarea</i> <i>Linaria alpina</i> <i>Arabis pumila</i> <i>Sesleria coerulea</i> <i>Dryas octopetala</i> <i>Taraxacum alpinum</i>	1
7	2600	Grl.	W.-Dol.	N	25-30°	<i>Papaver rhaeiticum</i> <i>Cerastium latifolium</i> <i>Saxifraga aphylla</i>	<i>Poa minor</i> <i>Moehringia ciliata</i> <i>Hutchinsia alpina</i> <i>Silene vulg. ssp. prostrata</i> <i>Ranunculus parnassifolius</i> <i>Poa centisia</i> <i>Leonodon montanus</i>	<i>Arabis alpina</i> <i>Trisetum distichophyllum</i> <i>Achillea atrata</i> <i>Hutchinsia brevicaulis*</i> <i>Arabis coerulea*</i> <i>Ranunculus alpestris</i>	<i>Saxifraga oppositifolia</i> <i>Viola calcarea</i> <i>Linaria alpina</i> <i>Arabis pumila</i> <i>Sesleria coerulea</i> <i>Dryas octopetala</i> <i>Taraxacum alpinum</i>	1
8	2580	plattig	Rät	W	25°	<i>Papaver rhaeiticum</i> <i>Cerastium latifolium</i> <i>Saxifraga aphylla</i>	<i>Poa minor</i> <i>Moehringia ciliata</i> <i>Hutchinsia alpina</i> <i>Silene vulg. ssp. prostrata</i> <i>Ranunculus parnassifolius</i> <i>Poa centisia</i> <i>Leonodon montanus</i>	<i>Arabis alpina</i> <i>Trisetum distichophyllum</i> <i>Achillea atrata</i> <i>Hutchinsia brevicaulis*</i> <i>Arabis coerulea*</i> <i>Ranunculus alpestris</i>	<i>Saxifraga oppositifolia</i> <i>Viola calcarea</i> <i>Linaria alpina</i> <i>Arabis pumila</i> <i>Sesleria coerulea</i> <i>Dryas octopetala</i> <i>Taraxacum alpinum</i>	3
9	2550	Rahschutt	W.-Dol.	NW	25°	<i>Papaver rhaeiticum</i> <i>Cerastium latifolium</i> <i>Saxifraga aphylla</i>	<i>Poa minor</i> <i>Moehringia ciliata</i> <i>Hutchinsia alpina</i> <i>Silene vulg. ssp. prostrata</i> <i>Ranunculus parnassifolius</i> <i>Poa centisia</i> <i>Leonodon montanus</i>	<i>Arabis alpina</i> <i>Trisetum distichophyllum</i> <i>Achillea atrata</i> <i>Hutchinsia brevicaulis*</i> <i>Arabis coerulea*</i> <i>Ranunculus alpestris</i>	<i>Saxifraga oppositifolia</i> <i>Viola calcarea</i> <i>Linaria alpina</i> <i>Arabis pumila</i> <i>Sesleria coerulea</i> <i>Dryas octopetala</i> <i>Taraxacum alpinum</i>	1
10	2550	Grl.	Rät	NE	25-30°	<i>Papaver rhaeiticum</i> <i>Cerastium latifolium</i> <i>Saxifraga aphylla</i>	<i>Poa minor</i> <i>Moehringia ciliata</i> <i>Hutchinsia alpina</i> <i>Silene vulg. ssp. prostrata</i> <i>Ranunculus parnassifolius</i> <i>Poa centisia</i> <i>Leonodon montanus</i>	<i>Arabis alpina</i> <i>Trisetum distichophyllum</i> <i>Achillea atrata</i> <i>Hutchinsia brevicaulis*</i> <i>Arabis coerulea*</i> <i>Ranunculus alpestris</i>	<i>Saxifraga oppositifolia</i> <i>Viola calcarea</i> <i>Linaria alpina</i> <i>Arabis pumila</i> <i>Sesleria coerulea</i> <i>Dryas octopetala</i> <i>Taraxacum alpinum</i>	1
11	2300	Grl.	W.-Dol.	N	35°	<i>Papaver rhaeiticum</i> <i>Cerastium latifolium</i> <i>Saxifraga aphylla</i>	<i>Poa minor</i> <i>Moehringia ciliata</i> <i>Hutchinsia alpina</i> <i>Silene vulg. ssp. prostrata</i> <i>Ranunculus parnassifolius</i> <i>Poa centisia</i> <i>Leonodon montanus</i>	<i>Arabis alpina</i> <i>Trisetum distichophyllum</i> <i>Achillea atrata</i> <i>Hutchinsia brevicaulis*</i> <i>Arabis coerulea*</i> <i>Ranunculus alpestris</i>	<i>Saxifraga oppositifolia</i> <i>Viola calcarea</i> <i>Linaria alpina</i> <i>Arabis pumila</i> <i>Sesleria coerulea</i> <i>Dryas octopetala</i> <i>Taraxacum alpinum</i>	1
12	2200	Grl.	N	N	25°	<i>Papaver rhaeiticum</i> <i>Cerastium latifolium</i> <i>Saxifraga aphylla</i>	<i>Poa minor</i> <i>Moehringia ciliata</i> <i>Hutchinsia alpina</i> <i>Silene vulg. ssp. prostrata</i> <i>Ranunculus parnassifolius</i> <i>Poa centisia</i> <i>Leonodon montanus</i>	<i>Arabis alpina</i> <i>Trisetum distichophyllum</i> <i>Achillea atrata</i> <i>Hutchinsia brevicaulis*</i> <i>Arabis coerulea*</i> <i>Ranunculus alpestris</i>	<i>Saxifraga oppositifolia</i> <i>Viola calcarea</i> <i>Linaria alpina</i> <i>Arabis pumila</i> <i>Sesleria coerulea</i> <i>Dryas octopetala</i> <i>Taraxacum alpinum</i>	1

1 † = abbauend; ‡ = aufbauend. Durch Unterstreichen (‡) wird die dynamisch-genetische Bedeutung besonders hervorgehoben.

Entwicklung (Genese). — Die *Papaver rhaeticum*-Subassoziation des *Thlaspeetums* kann überall als Dauergesellschaft betrachtet werden, wo ständige Schutzzufuhr eine Geröllhalde nährt. Die Abtragung der Sedimentdecken lässt aber vielerorts mit Bestimmtheit baldige Verminderung der Schutzzufuhr, Ablenkung derselben oder Verflachung des Hanges voraussehen. Eine wenn auch unbedeutende Änderung in diesem Sinne hat aber über kurz oder lang tiefgreifende Veränderungen in der floristischen Zusammensetzung der Schuttvegetation zur Folge. Vorerst führen sie zur Bodenfestigung, schliesslich zur **Berasung** der Geröllhalde. Als Festiger steht **M** Vordertreffen *Dryas octopetala*, der wichtigste Rasenpionier unserer Kalkalpen. Ähnlicherweise, aber weniger oft und mehr in den hohen Lagen, greift *Salix serpyllifolia* in den Entwicklungsgang ein. Die festigende Tätigkeit der **beiden** Spaliersträucher ist namentlich schön in den bis 35° steilen Pnnpver-Geröllhalden **am** Südhaug des Piz del Fuorn (2600—2700 m) zu beobachten.

An den gefestigten Stellen des Hanges erscheinen mit *Carex firma* und *Festuca pumila* auch weitere Begleiter des *Caricetum firmae* und so entstehen kleine **Raseninseln im** Schuttmeer, fragmentarisch ausgebildete *Firmeta*, die aus einiger Entfernung gesehen an die dunkeln Flecke eines Pantherfells erinnern. Manch eines **dieser** Inselchen fällt dem Schuttstrom wieder zum Opfer, andere aber breiten sich seitwärts und nach unten aus und bilden schliesslich mehr oder weniger zusammenhängende, schwarzerdereiche Rasenflecke der *Carex firma*-Assoziaton. Eine nachweisbare Änderung der Bodenreaktion ist damit aber noch nicht verbunden, die **vorhandenen Basen** neutralisieren die etwa gebildeten Humussäuren.

Mehr **im** untern Teil des Verbreitungsgebietes der Assoziaton, an weniger steilen Hängen, wo die **Geröllzufuhr** nachlässt, siedeln sich als erste Schuttstauer auch *Sesleria coerulea* und *Festuca pumila* an, und es kann bei weiterer Verflachung der Böschung und Rasenschluss ein *Seslerieto-Sempervivretum* erstehen.

Varianten. — Anhangsweise müssen hier zwei **verwandte** basiphile Gesellschaften erwähnt werden, die im Gebiet selten und nirgends gut entwickelt sind, die aber vielleicht anderwärts soziologisch besser gefasst werden können.

Die eine Gesellschaft, durch reichliches **gruppen-** und truppweises Zusammentreten von *Doronicum scorpioides*, *Achillea atrata*, *Hutchinsia alpina* (anderwärts auch *Chrysanthemum atratum*) bezeichnet, hält sich mehr an den groben Ruhschutt am Fuss der Schutthalden, der Mulden und Einsenkungen und heischt laugdauernde Schneedecke sowie ständige Bodendurchfeuchtung.

Die zweite, durch oft reichliches Vorkommen von *Leontodon montanus*, *Ranunculus parnassifolius*, *Trisetum distichophyllum* ausgezeichnet, wächst im feinkörnigen, öfter etwas sandigen **Rieselschutt** und kann auch mehr oder weniger gefestigten Feinschutt basischer Reaktion besiedeln. Die Ansprüche an die Dauer der Schneebedeckung sind geringer als jene des *Thlaspeetums*; die Gesellschaft ist in der Regel an den oberen Teil der Geröllhalde, der **früher** schneefrei wird, gebunden. Als Beispiel sei eine Aufnahme aus **den** Trümmerhalden südlich von Ils Cuogns bei 2480 m angeführt (Feinschutthang, wenig beweglich, ca. 30° Neigung, Südexp.).

1 · 1—2 <i>Poa minor</i>	1 · 2 <i>Leontodon montanus</i>
1 · 1—2 <i>Trisetum distichophyllum</i>	1 · 2 <i>Ranunculus parnassifolius</i>
1 · 2 <i>Silene vulgaris</i> ssp. <i>prostrata</i>	+ · 1 <i>Viola calcarata</i>
+ · 1 <i>Minuartia verna</i>	+ · 1 <i>Campanula cochleariifolia</i>
1 · 2 <i>Achillea atrata</i>	

An plattig abwitternden Gratstellen auf **Rätalk** mischen sich dieser **Schuttvegetation** *Oxytropis montana* und *Hedysarum obscurum* öfter reichlich bei, was zu einer besonderen **faziellen** Ausbildung führt.

Obiger, am besten nach *Leontodon montanus* zu benennender Gesellschaft, steht eine Assoziation sehr nahe, die den Melaphyr-Feinschutt der Südostalpen besiedelt. Sehr **gleichmässig** entwickelt findet sie sich am **Gratabbruch** zwischen Rodella und Langkofel, auf Melaphyr in Südlage bei **2450 m**. Die Zusammensetzung eines homogenen, scharf umrissenen Assoziationsindividuums von rund **600 m²** Umfang (**200 m** Länge auf **3 m** Breite) zeigt folgendes Bild:

3. 2	<i>Trisetum distichophyllum</i>	1. 1	<i>Campanula cochlearifolia</i>
1. 2	<i>Leontodon montanus</i>	+ . 1	<i>Anemone baldensis</i>
1. 1—2	<i>Saussurea lapathifolia</i> var.	+ . 1	<i>Linaria alpina</i>
1. 1	<i>Ranunculus Seguieri</i>	4. 1	<i>Oxytropis montana</i>
+ . 1	<i>Achillea Clavenae</i>	+ . 1	<i>Poa alpina</i>
		+ . 1	<i>Biscutella laevigata</i>

Etwa ein Viertel der **40—50"** steilen, reichlich feinerdigen Gesamtfläche (pH 7,6) ist von der ziemlich regelmässig verteilten Vegetation bedeckt. Eine die Gratkante überragende **Rasenkappe** verlangsamt die Abtragung und schützt die tieferliegende **Schuttvegetation** dieses übermässig steilen Hanges vor Verschwemmung. Wir haben uns die selten sich bietende Gelegenheit, eine homogen entwickelte **Gesellschaft** des *Thlaspeion rotundifolii* strukturell näher zu untersuchen, nicht entgehen lassen und geben hier die **Übersicht über 10** innerhalb des Assoziationsindividuums ziemlich wahllos verteilte Untersuchungsquadrate von je **1 m²** Fläche. Kryptogamen fehlen.

Nummer der Meterquadrate	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Trisetum distichophyllum</i>	3 . 1	2 . 1	3 . 1	2 . 1	1 . 1	2 . 1	+ . 1	1 . 1	1 . 1	1 . 1
<i>Leontodon montanus</i>	—	1 . 1	1 . 1	+ . 1	—	2 . 2	2 . 2	1 . 2	2 . 2	2 . 2
<i>Ranunculus Seguieri</i>	1 . 1	+ . 1	2 . 2	—	—	—	+ . 1	+ . 1	+ . 1	+ . 1
<i>Campanula cochlearifolia</i>	+ . 1	+ . 1	—	+ . 1	+ . 1	+ . 1	—	+ . 1	1 . 1	—
<i>Saussurea lapathifolia</i> var.	+ . 1	—	—	2 . 2	2 . 2	—	—	2 . 2	+ . 1	1 . 2
<i>Anemone baldensis</i>	—	+ . 1	—	+ . 1	+ . 1	—	+ . 1	+ . 1	+ . 1	—
<i>Linaria alpina</i>	+ . 1	—	+ . 1	—	—	—	+ . 1	—	—	+ . 1
<i>Oxytropis montana</i>	—	—	—	—	—	—	—	+ . 1	+ . 1	—
<i>Poa alpina</i>	+ . 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Trotzdem die Lebensverhältnisse innerhalb der **600 m²-Fläche** allem Anschein **nach** völlig **übereinstimmen**, zeigen die einzelnen Quadrate doch recht beträchtliche Schwankungen im Mengenverhältnis und in der Verteilung der Arten, wogegen die Artenzusammensetzung durch ihre bemerkenswerte **Übereinstimmung** die Einheit der Assoziation ausser Frage stellt.

II b. Arabidion coeruleae-Verband

Unter diesem Namen fassen **wir** zwei Assoziationen unseres Gebietes zusammen: das *Arabidetum coeruleae* und das *Salicetum retusae-reticulatae* nebst ihren zahlreichen Varianten. Diese Gesellschaften sind gleichfalls ausgesprochen basiphil, doch ist der Zusammen-

schluss der Pflanzen enger als bei den Assoziationen des *Thlaspeion* und kann in den Endstadien zu geschlossenen Rasenteppichen führen. Als Verbandscharakterarten nennen wir:

Saxifraga androsacen
Ranunculus alpestris

Carex nigra
Salix retusa

basiphile bis neutrophile, kalkstete oder doch (*Carex nigra*, *Salix retusa*) kalkliebende Arten.

Der Verband bildet ein lokalklimatisches Analogon zum *Androsacion multiflorae* des Silikatschuttes. Er umfasst Schneebodengesellschaften offener Rohböden, die kurze Aperatur ertragen und ausgiebige Bodendurchfeuchtung während der **ganzen Vegetationszeit** benötigen. Das *Arabidion* ist an alkalischen bis neutralen **Ruhschutt** grober oder feinerer Körnung (detritusreichen Auswitterungsschlamm) gebunden und fehlt den kristallinen Ketten.

Wie die *Thlaspeion*-Gesellschaften, so sind auch jene des *Arabidion coeruleae* Pionierassoziationen. Aber **infolge** engeren Zusammenschlusses der Arten und kräftig einsetzender Humusbildung ist ihr Einfluss auf Bodenbildung und Vegetationssukzession schon deutlich nachweisbar. Auch ohne dass eine Änderung des **Lokalklimas** oder der Reliefverhältnisse stattfindet, geht die Entwicklung der extrem basiphilen **Initialstadien** zu neutrophilen und selbst azidiphilen Gesellschaften unter der Einwirkung der Vegetationssukzession ganz gesetzmässig vor sich. Gegenüber den Gesellschaften des *Thlaspeion* bedeutet dies eine entschiedene Progression in soziologischer Hinsicht.

4. Arabidetum coeruleae

(Gänsekresseböden)

Am Rande spät wegschmelzender Schneeflecken, auf Schwemmschutt und Schlick hochgelegener Karböden, in **dolinenartigen** Vertiefungen des Kalkgebirges lebt eine Gesellschaft unscheinbar blühender, niedriger Gefäßpflanzen und einiger Laub- und Lebermoose, die physiognomisch dem *Salicetum herbaceae* ähnelt, aber floristisch ausgeprägte Eigenart besitzt. Die floristische Zusammensetzung dieser Gesellschaft geht aus den **untenstehenden** Aufnahmen hervor. Sie stammen von folgenden Lokalitäten:

Nr. 1. Nordhang des P. Daint, 2550 m, **Schneelöcher**. Nr. 2. Munt la Schera, 2570 in. Nr. 3. Munt la Schera, Nordseite, 2560 m, plattiger Dolonitschutt mit viel grauschwarzer **Verwitterungserde**. Nr. 4. Scheragipfel, 2580 m, dolinenartige Vertiefung mit tiefgründiger, grauer, gelrrümelter Feinerde. Nr. 5. **Ebenda**, etwas N exponiert, 2570 m. Nr. 6. Boden des **Hochkars**, südöstlich des Piz Murtèr, 2600 m. Boden etwa zur Hälfte vegetationsbedeckt. **Schwarze zusammengeschwemmte Verwitterungserde**. Nr. 7. Nordacite der **Furcletta della** Val del Botsch, 2400 m. Nr. 8. **Ebenda**, im **Grunde** eines weniger tiefen Lochs, Boden steinig mit etwas Feinerde. Nr. 9. Piz Murtèr; Nordgrnt, 2780 in. Nr. 10. **Südtirol**, **Tierseralpl**, Westseite, 2400 m, auf durchfeuchtetem Schlick an einer abschmelzenden Schneewehe.

Die in Tabelle III aufgeführten **Assoziationsindividuen** enthalten ferner:

Nr. 1. Selaginella Selaginoides, *Draba aizoides*, *Crepis aurea*. Nr. 2. *Festuca pumila*, *Carex ornithopodioides*. Nr. 3. *Solorina saccata*. Nr. 4. *Elyna myosuroides*, *Erigeron uniflorus*. Nr. 5. *Sesteria coerulea*, *Arnica pumila*. Nr. 6. *Minuartia biflora*. Nr. 7. *Saxifraga moschata*, *Arabis pumila*.

Lebenshaushalt; Entwicklung. — Das *Arabidetum coeruleae* hält sich an den oberen Teil der alpinen Stufe zwischen **2400** und **2700** m und berührt nirgends die Waldgrenze. Gipfelwärts reicht es in Fragmenten bis zur klimatischen Schneegrenze (so am Piz del Fuorn bei **2910** m). Nach Lage und Bodenplastik ihm zusagende Standorte werden aber schon bei **2800** bis **2900** m meist zu spät schneefrei, um noch Blütenpflanzen zu tragen. Unte halb **2400** m

TABELLE III

Arabidetum coeruleae

Nr. der Assoziationsindividuen	Ofengebiet									Süd-Tirol
	Optimalphase							Terminalphase		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Grösse der Assoziationsindividuen	c. 2	1 (10)	1 (50)	1 (10)	1 (4)	—	2-3	c. 2	—	c. 2
Höhe, Meter ü. M.	2550	2570	2560	2580	2570	1600	2400	2400	2780	2400
Geologische Unterlage	Dol.	Dol.	Dol.	Dol.	Dol.	Dol.	Dol.	Dol.	Rät	Dol.
Neigung, Exposition	N	N	10° N	Mulde	N	5° E	Mulde	Mulde	NE	5° W
Charakterarten:										
bas. ¹ <i>Arabis coerulea</i>	1.1	+	1.1	+	+	—	+	+	1.1	+
bas. <i>Hutchinsia brevicaulis</i>	+	+	+	+	+	1.1	—	—	1.1	+
bas. <i>Gnaphalium Hoppeanum</i>	2.1	(+)	+	+	1.1	1.1	+	+	—	—
bas. <i>Potentilla dubia</i>	1.1	—	—	+1.1	+	(+)	+	—	—	+
Verbands-Charakterarten:										
bas. <i>Saxifraga androsacea</i>	+	+	1.1	—	(+)	+	+	+	1.1	+
bas. <i>Ranunculus alpestris</i>	2.1	1.1-2	(+)	2-3.2	1.1	1.1	1.1	1.1	—	—
<i>Carex nigra</i>	+	—	(+)	+	1.2	—	+	+	—	—
bas. <i>Salix retusa</i> ^{*2}	1.1	(+)	(+)	—	—	—	—	—	—	—
Ordnungs-Charakterarten:										
bas. <i>Achillea alrala</i>	1.1	(+)	(+)	1.1	+	+	1.1	+	1.1	+
bas. <i>Hutchinsia alpina</i> ^{*2}	+	—	—	—	—	—	+	+	—	—
bas. <i>Moehringia ciliata</i> [*]	—	(+)	(+)	—	—	—	—	—	—	—
Begleiter:										
a) bnsiphil und indifferent:										
<i>Taraxacum alpinum</i>	2.2	1.1	(+)	+	1.1	2.1	+	+	2.1	1.2
† <i>Poa alpina</i>	1.1	+	1.2	+	+	1.1	—	+	1.1	+
<i>Polygonum viviparum</i>	+	1.2-2	—	+	+	—	+	—	—	+
bas. <i>Sedum atralum</i>	+	+	(+)	—	—	—	+	+	—	+
<i>Soldanella alpina</i>	1.1	—	—	(+)	(+)	—	+	+	—	—
<i>Silene acaulis</i>	—	+	(+)	1.2	1.2	—	—	—	—	+
<i>Saxifraga stellaris</i>	—	—	2.2	—	—	1.1	+	+	—	—
bas. <i>Viola calcarata</i>	—	+	—	1.1	+	+	—	—	—	—
<i>Ranunculus montanus</i>	—	—	—	(+)	(1.1)	—	—	+	—	—
<i>Campanula Scheuchzeri</i>	—	+	—	(+)	(+)	—	—	—	—	—
<i>Grimaldia fragrans</i>	—	—	+	—	—	—	+	+	—	—
<i>Fimbriaria Lindenbergiana</i>	—	—	—	—	—	—	2.2	—	—	—
<i>Tortella spec.</i>	—	1.2	—	2.2	—	—	—	—	—	—
<i>Psora decipiens</i>	+	+	—	+2	—	—	—	—	—	—
<i>Dacampia spec.</i>	—	+	(+)	—	—	—	—	—	—	—
<i>Musci</i> (total)	—	—	1.2	—	+1	+1	1.1	1.1	+1	+1
b) neutrophil-azidiphil:										
† <i>Salix herbacea</i>	—	+	(+)	2.3	3.4	2.2	2.2	3.3	2.2	(+)
<i>Sagina saginoides</i>	—	+	+	+	+	+	+	+	+	—
† <i>Veronica alpina</i>	—	—	—	+	+	1.1	1.1	+	1.1	+
<i>Cerastium Cerastioides</i>	—	—	—	—	—	—	+	+	1.1	—
<i>Poa annua</i> v. <i>varia</i>	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—
<i>Gnaphalium supinum</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—
<i>Sibbaldia procumbens</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—
Zufällige	3	2	1	2	2	1	1	1	—	—

¹ bas. = basiphile Arten (unter Ausschluss der Moose und Flechten).

² Mit Stern (*) sind übergreifende Charakterarten, d. h. Arten, die in anderen Assoziationen der Ordnung als Charakterarten auftreten, bezeichnet.

dagegen schmilzt auch in Nordlage der Schnee zeitig genug, und es kommen anspruchsvollere S_nlix-Teppiche oder geschlossene Rasengesellschaften auf, deren Wettbewerb das *Arabidetum* nicht gewachsen ist. Die Topographie des Standorts macht ihren Einfluss auch auf die Bodenbeschaffenheit geltend. Der Boden des *Arabidetums* besteht zu $\frac{9}{10}$ aus dunkler, tonig-sandiger, mineralischer **Feinerde** (95,8% **Feinerde** im Assoziationsindividuum Nr. 4), welche Regengüsse und Schmelzwasser in den Mulden und Vertiefungen zusammengeschwemmt haben. Das Bodenskelett einer Probe ergab **4,2%** (Korngrösse über 2 mm Durchmesser). Der Boden reagiert basisch oder neutral (**6,9 pH**). Die Mächtigkeit der Feinerdeschicht, von der Lage, den Berieselungsverhältnissen, dem Verwitterungszustand des Muttergesteins beeinflusst, kann bis 10 cm betragen. Es genügt aber den Moosen und winzigen Blütenpflanzen des *Arabidetums* schon eine 1–2 cm dicke Bodenschicht. Der Humusgehalt des Bodens ist höher als man erwarten könnte. Eine Probe ergab **22,6% Humus**; also mehr als in den Schneetälchen des *Salicion herbaceae* und ungefähr ebensoviel, wie im *Nardetum* der Alp La Schera (**23,9%** bei 2100 m).

Die **günstige**, mehr oder weniger neutrale Bodenreaktion und der hohe Feinerdegehalt dieser Böden ermöglichen die Ansiedlung der anspruchsvollen *Festuca violacea-Trifolium* Thalii-Assoziation, sobald durch geringe Reliefänderungen das Lokalklima etwas modifiziert, namentlich die Aperatur verlängert wird. Derartige Änderungen gehen naturgemäss höchst langsam vor sich, sodass sich diese Sukzession nicht direkt verfolgen lässt. Die Entwicklungstendenz aber ergibt sich aus den Artenverschiebungen nach extrem schneearmen oder schneereichen Wintern.

Leichter fassbar ist dagegen die normale Entwicklung des *Arabidetums*, die nicht zu basiphil-neutrophilen Rasengesellschaften, sondern direkt zum azidiphilen *Salix herbacea*-Schneetälchen hinleitet. Das *Salicetum herbaceae* auf reinem Kalksubstrat (Rendzinaböden), **dürfte** im östlichen Bünden fast durchwegs aus dem *Arabidetum coeruleae* hervorgegangen sein. *Salix herbacea* selbst fehlt nur den primitiven Anfangsphasen des *Arabidetums*. Die Krautweide stellt sich auch auf relativ **kalkreichem** Boden ein und durchspinnt mit zarten Kriechtrieben die durchfeuchtete Feinerde, sobald die Reaktion neutral geworden ist. Sie verbindet reichliche **Stoffproduktion** mit der Fähigkeit, durch das feinmaschige Zweig- und Wurzelnetz die abgestorbenen organischen Reste festzuhalten und sie vor dem **Verweht- und Verschwemmt**-werden zu bewahren. Dynamisch-genetisch, für die Vegetationsentwicklung und Bodenbildung, zählt *Salix herbacea* zu den wichtigsten Pflanzenorganismen der Alpen. Ihr Auftreten im *Arabidetum* kennzeichnet den ersten Schritt der Boden-Versauerung. Das Bodenniveau hebt sich unmerklich. Es werden mehr Basen ausgewaschen als **zugeführt**; die H-Ionen **reichern** sich in der oberen Bodenschicht an, der Säuregrad des Bodens nimmt stetig **zu**. Im Artenbestand der Assoziation wird diese Änderung, durch das Verschwinden extrem **basiphiler**, und das sukzessive Auftreten neutrophil-azidiphiler Arten genau registriert. Tabelle III, obwohl alle während 9 Sommern gemachten Aufnahmen der Gesellschaft enthaltend, also nicht etwa auf ausgewähltes Material begründet, zeigt deutlich die Abnahme der basiphilen und Zunahme der azidiphilen Arten von der Anfangs- zur Schlussphase der Assoziation. Der nächstfolgende Entwicklungsschritt reicht schon ins *Salicetum herbaceae* hinüber. Aufnahme Nr. 9 aus der Terminalphase der Assoziation vom Piz Murtèr, 2780 m, enthält bereits neben reichlicher *Salix herbacea* die azidiphilen: *Veronica alpina*, *Cerastium Cerastioides*, *Gnaphalium supinum*, *Sibbaldia procumbens*. Unmittelbar **daran anschliessend** wächst auf demselben Untergrund folgende schon zum *Salicetum herbaceae* zu stellende Pflanzengesellschaft:

3 · 2 *Salix herbacea*
 1 · 2 *Poa alpina*
 1 · 1 *Cerastium Cerastioides*
 1 · 2 *Sibbaldia procumbens*

1 · 1 *Chrysanthemum alpinum*
 + · 1 *Sagina saginoides*
 + · 1 *Minuartia biflora*
 + · 1 *Taraxacum alpinum*

1 · 1 *Musci*,

alles azidiphile oder indifferente Arten. Die basiphilen Begleiter des *Arabidetums* sind sämtlich verschwunden. Aber während das angrenzende *Arabidetum* auf dünner Feinerdeschicht wurzelt, beträgt die Tiefe des gewachsenen Rendzina-Bodens im *Salicetum herbaceae* 20 Zentimeter. Am gleichen Berggrat, 180 m tiefer, stösst man dann unter durchaus identischen Bedingungen auf die schönsten *Salix herbacea*-Schneetälchen in typischer Ausbildung. Die

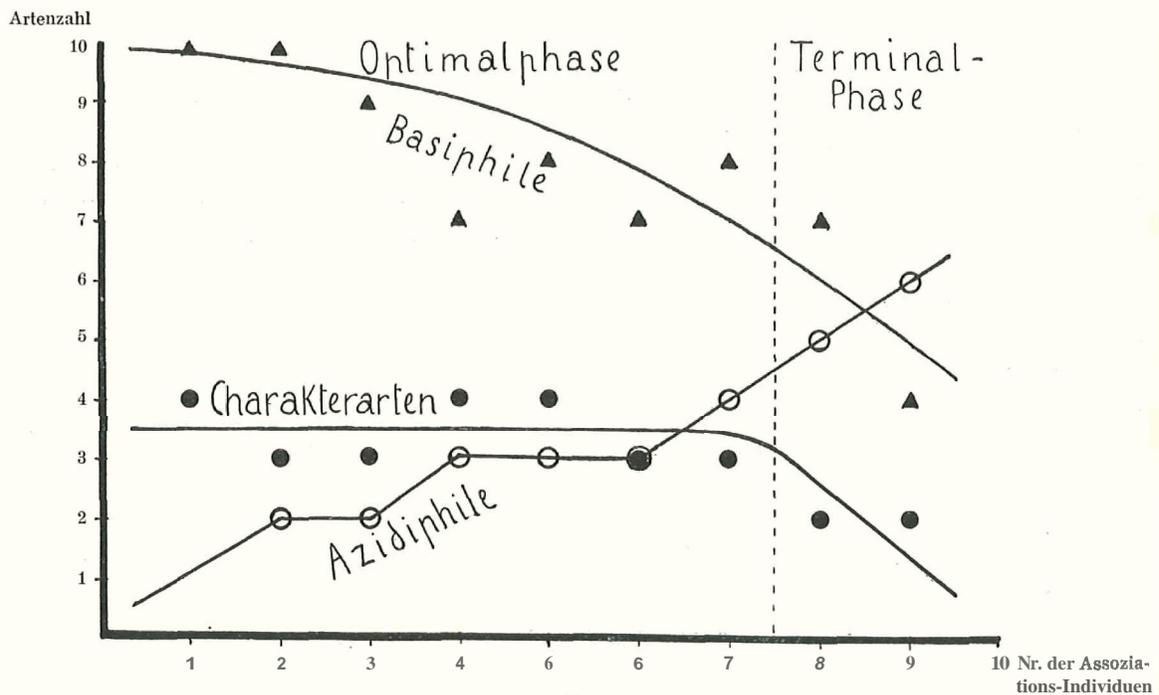


Fig. 3

Charakterarten-Kurve und Sukzessionsverlauf im basiphilen *Arabidetum coeruleae*
 (*Arabidetum Salicetum herbaceae*).

Anordnung nach der Zahl der vorhandenen azidiphilen Arten.

Kationen sind hier weggeführt, die Podsolierung ist schon ziemlich weit fortgeschritten. Der pH-Bereich dieser Schneetälchen auf Kalk bewegt sich zwischen 5,4 und 4,8 pH, der Boden ist somit stark sauer, seine Mächtigkeit beträgt bis 30 cm. Damit ist ein Dauerstadium der Boden- und Vegetationsentwicklung erreicht, ein Lokal- oder «Sublimax», der indessen nicht mit dem klimatischen Endstadium verwechselt werden darf. Zur Verdeutlichung der normalen Entwicklung der *Arabis coerulea*-Assoziation diene obenstehendes Kurvenbild der azidiphilen und basiphilen Arten. Der Kurvenverlauf ist typisch für die Sukzession. Der Abnahme der Basiphilen in der Terminalphase steht eine starke Zunahme der Azidiphilen gegenüber. Die Charakterartenkurve dagegen verläuft horizontal in der Optimalphase und fällt in der Terminalphase ab. Leider war es nicht möglich, die pH-Werte aller untersuchten Assoziationsindividuen

zu bestimmen, wie wir dies z. B. fürs *Elynetum* getan haben. Die Anordnung der einzelnen Assoziationsindividuen auf der Abszisse beruht auf einem Analogieschluss.

Verbreitung. — Das *Arabidetum coeruleae* scheint in den Kalkgebirgen der Schweiz ziemlich verbreitet. LÜDI (1921) erwähnt es aus dem Lauterbrunnental, allerdings ohne eine Artenliste zu geben. In Mittelbünden erscheint es da und dort. Dass die Assoziation auch in den Südtiroler Dolomiten vorkommt, ist aus Aufnahme Nr. 10 der *Arabidetum*-Tabelle ersichtlich. In den Pyrenäen, wo *Arabis coerulea* fehlt, fanden wir eine nahe verwandte Gesellschaft, vielleicht bloss Subassoziation, in den hohen Kalkketten bei Gavarnie (s. BR.-BL., 1913, p. 111).

5. *Salicetum retusae-reticulatae* (Gletscherweidenspalier)

Diese nicht leicht abgrenzbare Pioniergesellschaft auf grobem, durchfeuchtetem Ruhschutt des Kalkgebirges ist uns nur durch wenige Aufnahmen bekannt. Sie steht mit dem *Arabidetum* floristisch in naher Beziehung. Die beiden Assoziationen durchdringen sich wohl auch gegenseitig, wobei das *Arabidetum* die feinerdigen, das *Salicetum* die steinigen, erdarmen Stellen besiedelt. Lokalklimatisch stimmen beide Assoziationen in ihren Ansprüchen weitgehend überein, doch reicht das *Salicetum retusae-reticulatae* weniger hoch und geht tiefer, scheint also wärmebedürftiger und sehr lange Schneebedeckung weniger gut ertragend als sein Verbandsgenosse. Als «holde» Charakterarten der Assoziation können die dominierenden *Salix reticulata*, *S. retusa*, ferner *Gentiana bavarica* v. *intermedia* bezeichnet werden.

Die im *Arabidetum* vorhandenen Verbands- und Ordnungscharakterarten erscheinen samt und sonders auch im *Salicetum retusae-reticulatae*. Es sind:

<i>Saxifraga undrosacea</i>	<i>Achillea atrata</i>
<i>Ranunculus alpestris</i>	<i>Hutchinsia alpina</i>
<i>Carex nigra</i>	<i>Möehringia ciliata</i>

Potentilla dubia, *Gnaphalium Hoppeanum* und selbst *Arabis coerulea* können als übergreifende Charakterarten sich gelegentlich beimischen.

Statt einer unvollständigen Liste der wichtigeren Begleiter geben wir hier die Zusammensetzung einiger Halbmeterquadrate der Assoziation (Tabelle IV).

Je einmal fanden sich vereinzelt in den obigen Quadraten folgende Arten. In Quadrat 1: *Lophozia lycopodioides*, *Encalypta* spec., *Ptychodium plicatum*, *Brachythecium* cf. *collinum*, *Chrysohypnum chrysophyllum*, *Luzula spicata*, *Hutchinsia alpina*, *Pedicularis verticillata*. In Quadrat 2: *Sibbaldia procumbens*, *Alchemilla* spec., *Veronica aphylla*, *Leontodon hispidus*. In Quadrat 3: *Saxifraga androsacea*, *Sedum atratum*, *Euphrasia salisburgensis*. In Quadrat 4: *Polytrichum juniperinum* und *Poa alpina*.

Die 5 untersuchten Probeflächen von je $\frac{1}{2}$ m² liegen getrennt in ein und demselben Assoziationsindividuum nahe dem Übergang von Murter, auf der Cluozaseite, bei 2500 m (Neigung 8°, West, Rätalkschutt). Der Boden ist kalkreich, flachgründig, langdauernd schneebedeckt und daher gut durchfeuchtet. Die Quadrate 1—3 entsprechen der mehr oder weniger optimal entwickelten Gesellschaft; Quadrat 4, eine Fazies mit *Salix serpyllifolia*, zeigt schon ein Zurücktreten der Pionierweiden zugunsten des Rasens. Die durch Quadrat 5 dargestellte Aufnahme, einer Fazies der Schlussphase des *Salicetum retusae-reticulatae*, verdeutlicht den Gang der Entwicklung. Sie führt an dieser Stelle bei fortschreitender Bodenbildung zur *Festuca violacea*-*Trifolium Thalii*-Assoziation. *Festuca violacea* selbst ist schon ziemlich

TABELLE IV

Salicetum retusae-reticulatae

Nummern der 1/2 m ² -Flächen	1	2	3	4	5
<i>Salix retusa</i>	4	4	3	1	—
— <i>serpyllifolia</i>	—	—	—	1	1
— <i>reticulata</i>	—	+	—	+	—
— <i>herbacea</i>	+	+	+	+	—
<i>Sesleria coerulea</i>	1	+	1	+	+
<i>Festuca violaeen</i>	+	+	+	+	1
<i>Callianthemum rutifolium</i>	1	1	+	+	2
<i>Ligusticum Mutellina</i>	+	+	1	1	1-2
<i>Carex ferruginea</i>	+	+	+	1	+
<i>sempervirens</i>	1	1	+	+	—
<i>Polygonum viviparum</i>	+	+	+	+	+
<i>Silene acaulis</i>	+	1	+	+	—
<i>Ranunculus montanus</i>	+	+	+	+	+
<i>Viola calcarata</i>	+	+	+	+	+
<i>Soldanella alpina</i>	+	+	+	+	+
<i>Veronica alpina</i>	+	+	+	+	+
<i>Campanula Scheuchzeri</i>	+	+	+	+	+
<i>Homogone alpina</i>	+	+	+	+	+
<i>Cladonia pyxidata</i>	+	+	+	+	+
<i>Solorina saccata</i>	+	+	+	+	—
<i>Tortella spec.</i>	+	+	+	+	—
<i>Selaginella selaginoides</i>	+	+	—	+	+
<i>Carex nigra</i>	+	—	+	+	+
<i>Ranunculus alpestris</i>	+	+	—	+	—
<i>Potentilla aurea</i>	—	+	+	+	+
<i>Gentiana bavarica</i> v. <i>intermedia</i>	+	—	+	+	—
<i>Myosotis alpestris</i>	+	—	+	+	+
<i>Gnaphalium Hoppeanum</i>	—	+	+	+	+
<i>Festuca pumila</i>	+	—	—	+	—
<i>Draba aizoides</i>	—	+	—	+	—
<i>Alchemilla glaberrima</i>	+	—	+	—	+
<i>Barlesia alpina</i>	—	+	—	+	—
<i>Erigeron uniflorus</i>	—	—	+	+	+
<i>Achillea atrata</i>	+	—	—	+	—

reichlich vorhanden mit *Ligusticum Mutellina* und *Trifolium Thalii*. Ausser den in der Tabelle aufgeführten enthielt Quadrat 5 noch folgende Arten: *Peltigera rufescens*, *Elyna myosuroides*, *Poa alpina*, *Sagina saginoides*, *Potentilla dubia*, *Gentiana verna*, *Euphrasia salisburgensis*, *Taraxacum alpinum*, sowie das schon erwähnte *Trifolium Thalii*.

Bei genügender Drainage und Zufluss von **alkalischem** Rieselwasser leitet die Sukzession direkt zur optimal entwickelten *Festuca violacea*-*Trifolium Thalii*-Assoziation über. Ist die Wasserableitung weniger günstig und verhindern die Reliefverhältnisse ständigen Zufluss **kalkreichen** Rieselwassers, so beginnt mit Ausbreitung und Aufbau der **reaktions-**ändernden Arten (vor allem *Festuca violacea* und *Ligusticum Mutellina*) eine langsam fortschreitende Versauerung, die im günstigsten Fall bis zum *Ligusticum*-reichen *Curvutetum*

und, unterhalb 2400 m, zum *Empetretum-Vaccinietum* führen. Diese Weiterentwicklung ist aber selbstverständlich nur dort möglich, wo nicht allzulange Schneedauer die Vegetationszeit abkürzt. Bei langdauernder Schneebedeckung (über 7 1/2 Monate) dringt auch beim *Salicetum retusae-reticulatae* die Entwicklungstendenz zum *Salicetum herbaceae* durch. Der Azidifikator *Salix herbaceae* selbst stellt sich sehr zeitig ein.

Das *Salicetum retusae-reticulatae* ist wie das *Arabidetum coeruleae* ausgesprochen basiphil (pH 7—7,1). Die Humusbildung schreitet auf dem grobkörnigen Gesteinsboden langsamer vorwärts als beim *Arabidetum*. Unter dem Salixteppich ist oft nur wenig Feinerde (1—2 cm) vorhanden; der kalkreiche Untergrund macht seine Wirkung noch lange geltend.¹

Auch das *Salicetum retusae-reticulatae* verlangt winterliche Schneebedeckung und einen ständig durchfeuchteten Untergrund. Das **Ausapern** geschieht in der zweiten Hälfte des Juni.

Verbreitung. — Die Assoziation ist in den Kalkgebirgen der Ostschweiz meist nur in Fragmenten anzutreffen. Ihre Verbreitung ist noch ungenügend bekannt. Sie dürfte von den Ostalpen (wo sie in den Dolomiten vorkommt) quer durch die Schweiz bis in die Westalpen reichen. Das von BROCKMANN-JEROSCH (1907) aus dem Puschlav beschriebene Schneetälchen auf Kalk umfasst u. a. wohl auch unser *Salicetum retusae-reticulatae*. Vielleicht gehört hierher auch das *Salicetum retusae*, das LÜDI (1921, p. 207, nur der Name) aus dem Lauterbrunnental anführt.

¹ Unter dichtem *Salix retusa*-Spalier auf Murtèr (2500 m) zeigte die Humuserde (2 cm tief) 6,7 pH, also neutrale Reaktion.

m. Ordnung. *Androsacetalia alpinae*

(*Androsace alpina*-Silikatschuttfluren)

Während in den Dolomitenketten vor allem die Schwerkraft an der Fortbewegung der **Felstrümmen** beteiligt ist, sind im Urgebirge Wasser und Eis die Hauptagentien des Gesteins-**transports**. Dort waren mächtige Geröllhalden, in den kristallinen Ketten sind Sander, Moränen und Blockmeere der Schauplatz des zähen Eroberungskampfes der Pflanzengesellschaften. Eigentliche Geröllhalden sind in den **Silikatketten** des Ofengebietes selten. Der Zerfall der **Silikate** unter dem Einfluss der Atmosphären und der niedrigen Organismen schreitet viel rascher fort als im Kalkgebirge, wo die chemische Verwitterung vorwiegt. **BASSALIK** (1913) betont die grosse Wichtigkeit der Bakterien für die Verwitterung der Silikate und hält sie für die wichtigsten biologischen Verwitterungsfaktoren. Die Zerfallsprodukte liefern reichlich feinerdigen Rohboden, der vielfach an Ort und Stelle zwischen **Grobschutt** liegen bleibt, weshalb auch grobblockige Schuttreviere rascher von tiefwurzelnden Pflanzen in Beschlag genommen werden können. Die erhöhte wasserhaltende Kraft der Verwitterungsböden der Silikate **begünstigt** den Pflanzenwuchs und der ganze Entwicklungsgang vom pflanzenlosen Rohboden zum Schlussglied, dem Rasenklimax, wickelt sich viel einfacher und rascher ab als im Kalkgebirge.

Die **Übereinstimmung** zwischen den Schuttfluren auf Kalk und auf kristallinen Gesteinen ist somit nur eine äusserliche und ganz oberflächliche. Die ökologischen Verhältnisse der *Thlaspectalia*-Assoziationen der basischen Schuttböden sind von jenen der *Androsacetalia alpinae* der sauren Rohböden durchaus verschieden, was wiederum an der Zusammensetzung der Pflanzendecke sofort zu erkennen ist.

Im östlichen Bünden ist die Ordnung der *Androsacetalia* einzig durch den Verband des *Androsacion alpinae* vertreten.

IIIa. *Androsacion alpinae*-Verband

Das *Androsacion alpinae* des Urgebirges gliedert sich in mehrere Assoziationen, wovon in Ostbünden zwei, das *Oxyrietum* und das *Luzuletum spadiceae* in guter Ausbildung vorkommen. Das *Oxyrietum* ist stets eine Pionierassoziation, das *Luzuletum spadiceae* in der Regel eine Dauergesellschaft. Kryptogamen, namentlich Laub- und Lebermoose, spielen im *Androsacion alpinae* eine wichtige Rolle, während sie dem *Thlaspeion* fast völlig abgehen. Auch ist der Individuenzusammenschluss enger. «**Solitärpflanzen**» treten nur in den höchsten, klimatisch ungünstigen Lagen stärker hervor.

6. *Oxyrietum digynae*

(Säuerlingbestand)

Unter diesem Namen versteht **LÜDI** (1921, p. 211) eine durch **öfteres** Vorherrschen von *Oxyria* ausgezeichnete Gesellschaft des Ruhschuttes. Wir hatten hiefür (1919, Schedae

TABELLE V

Verband des *Androsacion alpinae*

Nr. des Assoziationsindividuums . . .	<i>Oxyrietum digynae</i>											<i>Luzuletum spadiceae</i>		
	Init.-Phase	Optimalphase							Terminal-Phase		Sil-vretta	Ofengebiet		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Rohe, Meter ü M.	2650	2600	2660	2550	2550	2700	2400	2600	2480	2500	2450	2300	2450	2450
Neigung, Exposition	flach	20° N	27° NE	30° NW	10° W	20° W	25° NW	W	5° N	5° NW	30° W	30° N	30°	30° W
Approx. Schneedauer in Monaten	8	7-8	8	7-8	7½	8	7½	7-8	7-8	7-8	7-8	7	7-8	7-8
Geologische Unterlage	Gr.Gn.	Gr.Gn.	Gr.Gn.	Gr.Gn.	Gr.Gn.	Gr.Gn.	Gr.Gn.	Gr.Gn.	Si	Si	Gn.	Si	Amph.	Gr.Gn.
Charakterartendes <i>Oxyrietums</i>:														
<i>Oxyria digyna</i>	+	1.1-2	+ .2	1.2	1.2	3.3	1.2	1.2	3.2	3.2	+	-	-	-
<i>Poa laxa</i>	+	1.1	+	1.1	+	1.2	1.1	1.1	1.1	-	+	-	-	-
<i>Cerastium pedunculatum</i>	-	2.2	+ .2	1.2	1.2	+	-	2.2	1.2	1.2	+	-	-	-
<i>Sieversia replans</i>	-	-	+ .2	+ .1	+ .1	+ .2	1.2	+ .1	-	-	+	-	-	-
Charakterartendes <i>Luzuletums</i>:														
<i>Luzula spadicea</i>	-	+ .1	-	-	-	-	+ .1	+ .1	+ .1	-	+	3.2-3	3-4.3	4.3
<i>Doronicum Clusii</i>	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+ .1	1.1	2.1
<i>Saxifraga Seguieri</i>	-	1.1-2	+	1.1-2	+	+	1.2	1.2	-	+	-	1.2	1.2	+ .2
Verbands-Charakterarten:														
<i>Saxifraga bryoides</i>	+	+	+	1.2	+	1.2-3	1.2	1.2	-	-	+	+ .2	+	+
<i>Ranunculus glacialis</i>	-	+	+	-	+	-	-	+	-	2.2	-	-	-	-
<i>Cerastium uniflorum</i>	-	1.2	-	-	-	2.3	1.2	-	-	-	-	-	-	+ .1
<i>Epilobium alpinum</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Androsace alpina</i>	-	-	-	-	-	-	-	+ .2	-	+	-	-	-	-
<i>Gentiana bavar. v. subacaulis</i>	-	+ .2	-	-	-	-	-	+ .2	-	-	-	-	-	-
<i>Sfereocaulon alpinum</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-
Begleiter:														
<i>Chrysanthemum alpinum</i>	+	+	+	-	+	1.1	-	+	+	+	+	1.1	+	1.1
<i>Saxifraga stellaris</i>	-	+	-	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+
<i>Cladonia pyxidata</i>	-	+	-	+	-	-	+ .2	+	+	-	+	-	+	-
<i>Solorina crocea</i>	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+
<i>Rhacomitrium canescens</i>	-	-	-	+	-	+	-	+	1.2	1.2	-	-	+	-
<i>Peltigera aphlosa</i>	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+
<i>Desmalodon latifolius</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2	-	-	+	+	+
<i>Myosotis alpestris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	1.1	+
Azidiphile und indifferente Arten des <i>Salicion herbaceae</i>:														
<i>Veronica alpina</i>	-	-	+	-	+	+	-	+	2.1-2	2.1-2	+	1.1	+	1.1
<i>Sedum alpeslre</i>	+	-	-	+ .1	-	-	+	+	+	+	+	-	+	-
<i>Poa alpina vivipara</i>	-	+	+	-	+	-	-	+ .1-2	1.1	+	+	-	-	+
<i>Pohlia commulala</i>	+	+	-	1.2	+	1.2	1.1	1.1	-	+ .2	-	+	-	-
<i>Sagina saginoides</i>	-	-	(+)	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-
<i>Cerastium Ceraslioides</i>	+	-	-	+	-	-	-	-	1.1	+	-	-	-	+
<i>Taraxacum alpinum</i>	-	-	-	-	-	+	-	+	+	1.1	-	-	+	+
<i>Polytrichum sexangulare</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	+	+
<i>Salix hsrbacea</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+	+
<i>Gnaphalium supinum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	1.2	+	-
<i>Cardamine alpina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
<i>Sibbaldia procumbens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Arenaria biflora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Differentialarten:														

Nr. 135, 136 und 1921 II, p. 31) den Namen *Androsacetum alpinae* vorgeschlagen, geben aber heute LÜDIS Namen den Vorzug. Da aber L. die Assoziation wohl etwas zu kollektiv gefasst hat, sei versucht sie an Hand vorstehender Tabelle etwas schärfer zu begrenzen. Die verzeichneten Aufnahmen stammen von folgenden Punkten:

Nr. 1. Sesvonnagletscher, 2650 m, auf der Moräne ca. 1 m über dem blanken Eis auf Granitgneiss-Schutt, flach. Nr. 2. Mot del Gaiet, 2600 m, Nordhang ca. 20° Neigung, mittelfeiner Gneisschutt mit viel Feinerde, durchfeuchtet. Nr. 3. Munt Falein, 2660 m, NE-Hang 27° Neigung. Plattiger Granitgneiss-Schutt mit viel Feinerde, schon oberflächlich und bis 25 cm Tiefe. 20 m²-Fläche (Aufnahme von HCR. JENNY-LIPS). Nr. 4. Val Nuna, 2550 m, rutschiger Moränenhang, NW, 30° Neigung. Schutt mit viel Feinerde. Nr. 5. Sesvenna-Marangun, neben der grossen Moräne, 2550 m, Westhang 10° Neigung. Grobchutt mit viel Feinerde. Nr. 6. Junge Moräne am Sesvonnagletscher, 2700 m, SW, 20° Neigung, Granitgneiss-Schutt. Nr. 7. Sesvenna-Marangun, 2400 m, NW-Hang, grobblockiger Granitgneiss-Schutt. Nr. 8. Aufstieg zum Sesvonnagletscher, 2600 m, Westhang, feuchter Granitgneiss-Schutt mit viel Feinerde. Nr. 9. Val Nuna, Schwemmdelta unterhalb des Gletschers. Nr. 10. Hart an der alten Stirnmoräne im Hintergrund von Sesvenna-Marangun, 2530 m, Granitgneiss-Schutt mit viel Feinerde. Nr. 11. Stirnmoräne des Silvrettagletschers, 2450 m, Gneisschutt mit viel Feinerde (aufgenommen im September 1914).

Ausser den in der Tabelle aufgeführten, sind in unseren Aufnahmen folgende Arten enthalten:

In Nr. 2: *Polytrichum piliferum*, *Agrostis alpina*, *Festuca Halleri*, *Minuartia sedoides*, *Saxifraga exarata*. In Nr. 4: *Pelligera rufescens*, *Pannaria nebulosa*, *Lophozia alpestris*, *Minuartia sedoides*. In Nr. 5: *Saxifraga exarata*. In Nr. 6: *Peltigera rufescens*, *Minuartia sedoides*. In Nr. 7: *Lophozia spec.* In Nr. 8: *Sesleria disticha*. In Nr. 9: *Brachythecium glareosum*, *Polytrichum piliferum*. In Nr. 10: *Pkilonotis fontana*, *Carex Lachenalii*, *Cardamine resedifolia*. In Nr. 11: *Agrostis rupestris*, *Musci*.

Lebenshaushalt, Entwicklung. - Es ist charakteristisch für die nackten Verwitterungsböden der Silikate, dass sie ein höheres pH (also eine geringere H-Ionen-Konzentration) aufweisen als die vegetationsbestandenen Böden. Erst mit dem Beginn der Humusbildung setzt stärkere

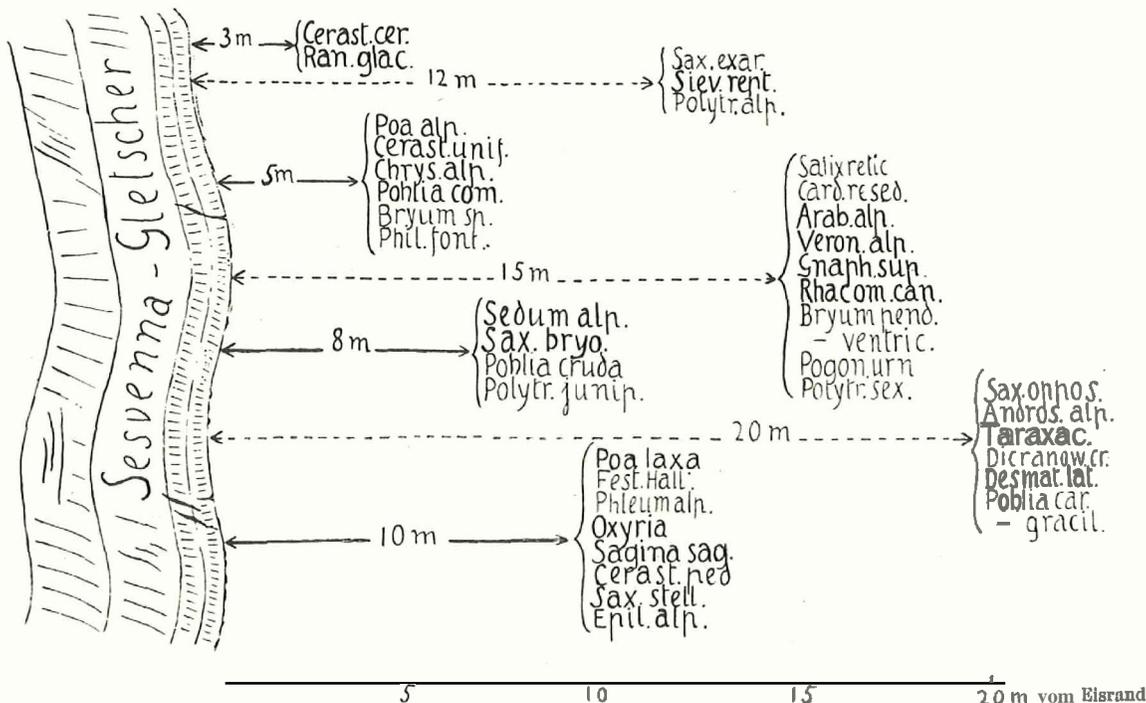


Fig. 4. Pflanzenpioniere am Sesvonnagletscher, 2700 m (*Oxyrietum*-Pflanzen fett).

Versauerung ein. Noch in der Optimalphase des *Oxyrietums* auf Granitgneis hielten sich die pH-Werte zwischen 6,4 und 6,0 pH bei einem Humusgehalt des Bodens von bloss 3,5 bis 4,3%. Die wasserhaltende Kraft des lufttrockenen Bodens ist daher äusserst gering (0,7–1,1%), was mit der Humusarmut dieses glimmerreichen vom Gletscher fein zerriebenen Sandbodens im Zusammenhang steht. Der mässig saure Boden gestattet sogar auf Granitgneis die Ansiedlung einiger früher als kalkliebend oder kalkhold bezeichneter Arten, wie *Arabis alpina*, *Salix retusa* etc. Sie verschwinden aber, sobald in der Terminalphase die Bodenazidität zunimmt.

Das *Oxyrietum* erscheint als Anfangsgesellschaft einer azidiphilen Sukzessionsreihe. Nicht mit Unrecht hat man es gelegentlich auch als Moränen- und Gletscherendenflora bezeichnet. Die Entstehung und Entwicklung der Assoziation kann namentlich am Sesvennagletscher aufs beste verfolgt werden. Der Gletscher ist im Rückzug begriffen; er hat oberhalb der Abstürze gegen Marangun einen breiten Schuttstreifen freigelegt, ein Stelldicheiu bunt zusammengewürfelter Pflanzenscharen ohne jeden Gemeinschaftswert. Die abiotischen Faktoren (Klima und Boden) sind dem Pflanzenwuchs günstig (lokale S-Exposition, fein zerriebener, nährstoffreicher Gletscherschlamm). So treffen wir hier bei 2700 m neben *Festuca Halleri*, *Phleum alpinum*, *Poa alpina*, sogar das nitratliebende *Epilobium angustifolium*, allerdings nur steril. Über das erste Auftreten der Gletscherenden-Pioniere

unterrichtet Fig. 4. Die *Oxyrietum*-Pflanzen sind durch Fettschrift kenntlich gemacht. Keimlinge, nicht immer bestimmbar, erscheinen in Menge schon in einer Entfernung von 3 bis 5 Metern vom Gletscherrand. Bemerkenswert ist der Umstand, dass hier nicht Kryptogamen, sondern Phanerogamen zuerst auftreten und am nächsten an den Gletscher heranreichen (*Ranunculus glacialis* und *Cerastium Cerastioides*). Diese zeitliche Vorherrschaft der Blütenpflanzen erstreckt sich auch auf die Besiedlung von Moränen über dem Eise. Acht phanerogamen Solitärpflanzen des *Oxyrietums* steht hier auf einer kleinen Fläche auf dem untern Sesvennagletscher ein einziges Moos (Pohlin *commutata*) in wenigen Pölsterchen gegenüber (s. Aufn. 1, Tab. V). Etwa 30 Meter vom Gletscherrand entfernt beginnt die Sonderung der Erstbesiedler nach Gesellschaften. In den sandigen Vertiefungen stösst man auf Anfangsstadien des *Polytrichetum sexangularis*. Im groben Felsschutt gruppieren sich die *Oxyrietum*-Pflanzen. Ein Meterquadrat, 40 Meter vom Eisrand entfernt, ist in Fig. 5 dargestellt.

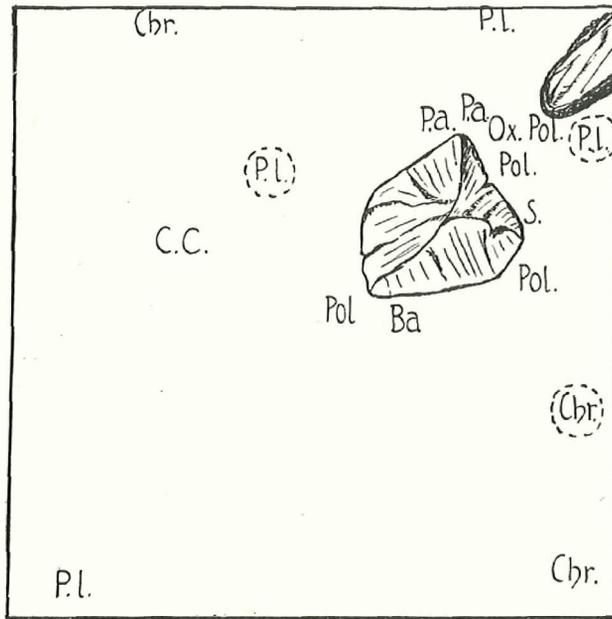


Fig. 5. Initialphase des *Oxyrietums* auf Moränenboden am Sesvennagletscher bei 2700 m, 40 m vom Eisrand (1 m²).

- | | |
|--------------------------------|--|
| P.L. = <i>Poa laxa</i> | C.C. = <i>Cerastium Cerastioides</i> |
| P.a. = <i>Poa alpina</i> | S. = <i>Sesleria disticha</i> (steril) |
| Ox. = <i>Oxyria diggyna</i> | Chr. = <i>Chrysanthemum alpinum</i> |
| Pol. = <i>Pohlia commutata</i> | Ba. = <i>Bartramia ityphylla</i> |

Etwa 30 Meter vom Gletscherrand entfernt beginnt die Sonderung der Erstbesiedler nach Gesellschaften. In den sandigen Vertiefungen stösst man auf Anfangsstadien des *Polytrichetum sexangularis*. Im groben Felsschutt gruppieren sich die *Oxyrietum*-Pflanzen. Ein Meterquadrat, 40 Meter vom Eisrand entfernt, ist in Fig. 5 dargestellt.

Das Beobachtungsquadrat (Dauerquadrat) enthielt am 28. Juli 1921 5 Moospölsterchen und 13 Blütenpflanzen (teilweise steril), die auf ein werdendes *Oxyrietum* hinweisen. Weiter

Das Beobachtungsquadrat (Dauerquadrat) enthielt am 28. Juli 1921 5 Moospölsterchen und 13 Blütenpflanzen (teilweise steril), die auf ein werdendes *Oxyrietum* hinweisen. Weiter

abseits in gleicher Höhenlage hat ein gut ausgebildetes *Oxyrietum* (Nr. 6 unserer Tabelle) im Moränenschutt Fuss gefasst.

Die Weiterentwicklung des *Oxyrietums* geht bei lange dauernder Schneebedeckung zum *Salicetum herbaceae*, bei weniger lange dauernder zum *Luzuletum spadiceae*, welches letzteres sich besonders im durchfeuchteten Silikat-Grobschutt gefällt. In beiden Fällen findet unter dem Einfluss von Humusanreicherung und Basenauslaugung eine Versauerung des Bodens statt, die durch die pH-Werte angezeigt wird. Während im offenen Moränenschutt des

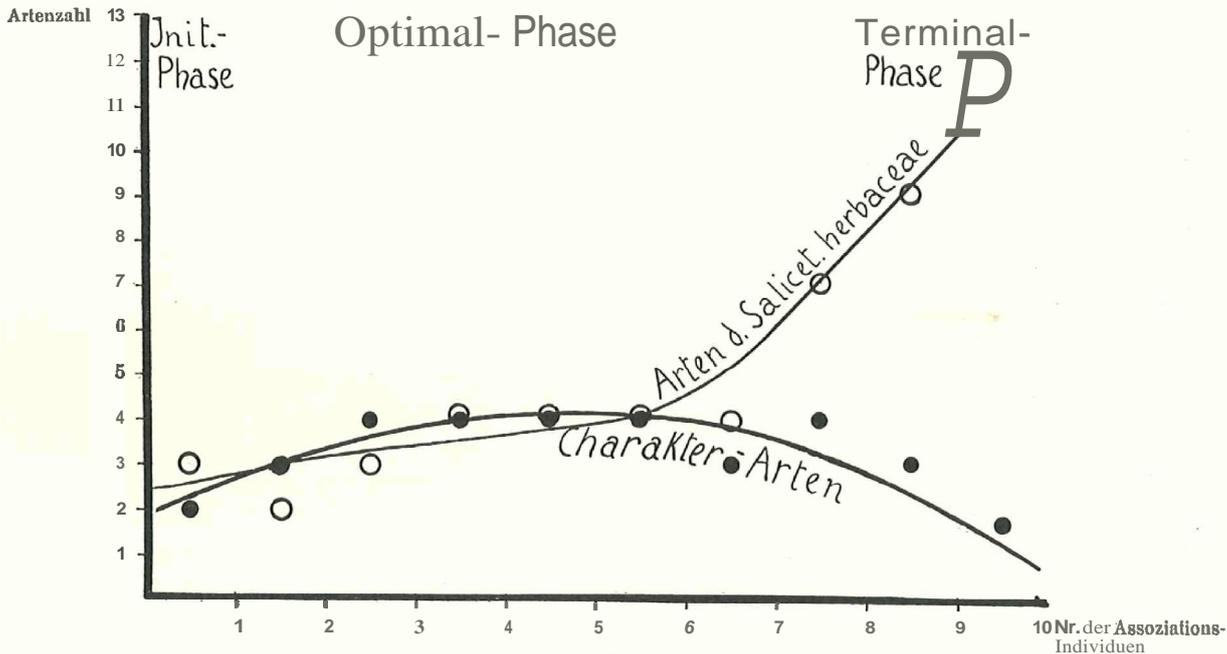


Fig. 6.

Charakterartenkurve und Sukzessionsverlauf im *Oxyrietum digyna*. *Oxyrietum* → *Salicetum herbaceae*.
(Bei fortschreitender Humusbildung und Bodenversauerung.)

Oxyrietums noch keine Spur von Bleicherdebildung festzustellen war, scheint mit der Versauerung oft Podsolierung einzusetzen.

Der Sukzessionsverlauf vom *Oxyrietum* zum *Salicetum herbaceae* ist aus der Kurve in Fig. 6 ersichtlich: dem Maximum der Azidiphilen des *Salicion herbaceae* in der Terminalphase der Assoziation entspricht der Abfall der Charakterartenkurve. Die Optimalphase ist durch ein deutliches, sich ziemlich gleich bleibendes Charakterarten-Maximum gekennzeichnet.

Verbreitung, Varianten. — Das *Oxyrietum* fehlt wohl nirgends in den höheren Urgebirgsmassiven der Schweizeralpen zwischen 2250 und 2800 m. E. SCHMID (1921, p. 145) erwähnt eine «*Oxyria digyna*-Geröllflur» aus dem Maderanertal zwischen 2110 und 3000 m. E. FREY (1912, p. 72) und W. LÜDI (1921) geben das *Oxyrietum* aus dem Berner Oberland an. Ihre Aufnahmen sind aber wohl gegenüber dem *Luzuletum spadiceae* nicht ganz scharf abgegrenzt. Nur die in FREYS Assoziationstabelle VII angeführten Aufnahmen Nr. 16 und 17 dürften dem typischen *Oxyrietum* zugehören.

In feinerdigen, feuchten Vertiefungen auf Granitgneis an Nordhängen, die sehr spät ausapern, begegnet uns gelegentlich eine zum *Oxyrietum* zu ziehende moosreiche Gesell-

schaft (Subassoziation oder Fazies) mit viel *Solorina crocea*. Begleiter sind: *Poa laxa*, *Cerastium uniflorum*, *Saxifraga Seguieri*, *Soldanella pusilla*, *Veronica alpina*, *Peltigera aphthosa*, *Cladonia pyxidata*, *Anthelia Juratzkana*, *Polytrichum sexangulare*, *Musci*. Eine ähnliche, aber moosfreie Gesellschaft mit vorherrschender *Solorina crocea* haben wir (BR.-BL. 1921) vom **Plattenhorn** bei Zermatt (2930 m) beschrieben.

7. Luzuletum spadiceae

(Braunsimsenrasen)

Obschon die braune Simse in den kristallinen Ketten der Alpen weit verbreitet ist, so stösst man doch selten auf umfangreiche, gut entwickelte Assoziationsindividuen des *Luzuletum spadiceae*. Wir konnten deren nur drei unserer Tabelle V einverleiben. Sie stammen aus dem Val **Zeuzina** und dem Val Sesvenna. Dort erlangt die Assoziation grössere Ausdehnung, im **Talzirkus** von Marangun.

Die aufgenommenen drei Assoziationsindividuen haben je mehr als 100² m Umfang und zeigen recht homogene Zusammensetzung. Nr. 1 liegt am Piz Mezdi, jenseits Lavin, 2300 m, in einem steilen (35°) Lawinenkar; Nr. 2 am Aufstieg nach Macun bei 2350 m, auf Gneis- und Amphibolitschutt, Neigung 30°; Nr. 3 zwischen Marangun und Sesvennagletscher bei 2450 m, auf verfestigtem Granitgneis-Schutt, Nordexposition, Neigung 30° (pH 5,1). Die Schneedauer beträgt an den 3 Punkten mindestens 8 Monate. Ausser den in der Tabelle aufgeführten, enthalten die aufgenommenen Assoziationsindividuen folgende Arten:

Nr. 1: *Peltigera venosa*, *Lophozia Floerkei*, *Dicranum Mühlenbeckii*, *Conostomum boreale*, *Oligotrichum hercynicum*, *Polytrichum piliferum*, *Hylocomium pyrenaicum*; *Lycopodium Selago*, *Agrostis rupestris*, *Sesleria disticha*, *Avena versicolor*, *Festuca violacea*, *Silene acaulis*, *Primula viscosa* All., *Pedicularis Kernerii*, *Phyteuma hemisphaericum*.

Nr. 2: *Lophozia incisa*, *L. lycopodioides*, *Brachythecium albicans*, *Heterocladium squarrosulum*, *Alchemilla glaberrima*, *Primula viscosa* All.

Nr. 3: *Pannaria nebulosa*, *Lophozia alpestris*, *Plagiochila asplenioides*, *Ditrichum flexicaule*, *Polytrichum juniperinum*, *Brachythecium glareosum*, *Hylocomium splendens* ssp. *alaskanum*, *Phleum alpinum*, *Sesleria disticha*, *Avena versicolor*, *Soldanella alpina*, *Adenostyles Alliariae*.

Organisation, Varianten. — Der Zusammenhalt der Gesellschaft ist stets enger als beim *Oxyrietum* und führt in der Optimalphase zum Rasenschluss. *Luzula spadicea* hat eine kurz kriechende, vielverzweigte Grundachse, die von einem kompakten Schopf mattbrauner längsfaseriger Scheidenreste umhüllt ist. Die zahlreichen Triebe schliessen horstartig fest zusammen und bilden kleine, reine Rasenkomplexe, welche auch an lokalklimatisch ungünstigen Stellen jahrelang steril fortvegetieren und sich ausbreiten können. Die sterilen Halmbüschel erreichen nahezu die Länge der Blütenstengel (im Mittel ca. 30 cm). Ihr dichter Schluss erschwert oder verhindert die Ansiedlung raumbedürftiger Blütenpflanzen, wogegen feuchtigkeitsliebende Kryptogamen, namentlich Hepatici und Laubmoose, sich zwischen den Wurzelstöcken einnisten und halten können. Das *Luzuletum spadiceae* ist die einzige Assoziation alpiner Felsschuttböden mit mehr oder weniger ausgesprochener Doppelschicht und steht schon deshalb organisatorisch höher als die im vorhergehenden behandelten Gesellschaften.

Die lebermoosreiche Ausbildung, durch die drei Aufnahmen unserer Tabelle dargestellt, entspricht im Unterengadin dem Optimum der Assoziation. Als *Subassoziatio*n aufzufassen ist eine Initialphase des *Luzuletums*, ausgezeichnet durch das Vorherrschen der Laubmoose, namentlich *Hylocomium splendens* ssp. *alaskanum*. Dieses *Luzuletum hylocomietosum* verlangt mässig lange Schneebedeckung und kommt nur in Nordlagen vor, die günstige Luftfeuchtigkeitsverhältnisse (Nebelreichtum) und genügende Bodenfeuchtigkeit aufweisen, so z. B. am steilen, dem Sesvennagletscher vorgelagerten Nordwesthang. Im Kontakt mit dem Gletscher wird hier die Luftfeuchtigkeit kondensiert und schafft lokal eine nebelreiche Atmosphäre. Die **dasselbst** gut ausgeprägte Subassoziatio)n zeigt folgende Zusammensetzung (2500 m, NW exp., auf grobblockigem Granitgneis, Neigung 30°):

<i>Hylocomium alaskanum</i>	<i>Polygonum viviparum</i>
<i>Luzula spadicea</i>	<i>Saxifraga Seguieri</i>
<i>Saxifraga bryoides</i>	<i>Soldanella pusilla</i>
<i>Cerastium uniflorum</i>	<i>Campanula Scheuchzeri</i>
<i>Sesleria disticha</i>	<i>Peltigera aptosa</i>
<i>Doronicum Clusii</i>	<i>Cladonia rangiferina</i>
<i>Chrysanthemum alpinum</i>	<i>Dicranum Mühlenbeckii</i>
<i>Avena versicolor</i>	<i>Polytrichum alpinum</i>

Die aufgenommene Fläche misst mindestens 50 m².

Lebenshaushalt, Entwicklung. — Die kalkfliehende *Luzula spadicea* zählt zu den wichtigsten Bodenbildnern der hohen Urgebirgsketter. Durch reichliche Humusproduktion und festen Schluss bewirkt die Pflanze eine rasche Versauerung des Bodens, die begünstigt wird durch reichliche Wasserversorgung zur Vegetationszeit und die etwa 8 Monate dauernde Schneedecke. Dagegen erträgt sie stagnierendes Wasser schlecht und überlässt versumpfende Stellen dem *Salicion herbaceae*. Die schönsten *Luzuleta* bekleiden stark geneigte Nordhänge. Das *Luzuletum spadicaceae* ist ein wichtiger Podsolierungsfaktor. Wenn im optimalen Bestand Podsolböden nicht vorkommen oder doch noch nicht gefunden worden sind, so mögen hiefür vor allem die Neigungsverhältnisse verantwortlich zu machen sein, die der Bodenreife hinderlich sind. An schwach geneigten Stellen, wo die Bodenbildung ungestört fortschreiten kann, findet sich oft ans *Luzuletum* angrenzend das *Salicetum herbaceae*, und im **Übergangsgürtel** zwischen **beiden** stossen wir dann auf die zeitlich jüngsten Humus-Podsole des Gebietes und vielleicht der Alpen. Ein sehr ausdrucksvolles Profil, aufgenommen im schmalen **Übergangsgürtel** zwischen *Salicetum herbaceae* (trockene Fazies mit ziemlich viel *Ligusticum Mutellina*, *Soldanella pusilla*, *Gnaphalium supinum*, *Salix herbaceae*) und *Luzuletum spadicaceae* (Schlussphase mit *Carex curvula*) bei 2530 m im Hintergrund des Val Sesvenna, zeigte schon deutliche Podsolierung mit einer 8–11 cm breiten hellen **Auswaschungsschicht**. Da das Profil kaum 50 m vor der noch fast ganz vegetationslosen Endmoräne des Sesvennagletschers liegt, kann die Bodenbildung hier auf keinen langen Zeitraum, wohl auf keine 1000 Jahre zurückblicken. Die Bildung hochalpiner Podsolböden nimmt daher wohl eine kürzere Zeitspanne in Anspruch, als etwa angenommen worden ist.

Das *Luzuletum spadicaceae* erträgt lange Schneebedeckung besser als das *Curvuletum* und schiebt sich daher öfter zwischen dasselbe und das *Salicetum herbaceae* ein. Sein pH-Bereich ist noch nicht genügend bekannt, doch deuten die wenigen mitgenommenen Proben

auf Böden, die ähnliche Aziditätswerte wie das *Curvuletum* besitzen (5,1—4,7 pH)¹. Die Humusspeicherung scheint geringer als im *Curvuletum*, was mit der Vorliebe von *Luzula spadicea* für stark geneigte Rohböden mit günstiger Wasserzirkulation² zusammenhängen mag, wo der Humusabbau stärker ist. Eine Rohhumusschicht, wie im **Krummseggenrasen** haben wir im *Luzuletum spadiceae* nicht beobachtet. Der prozentuale Humusgehalt der Wurzel Erde zweier Proben betrug 17 und 15%, das Restwasser lufttrockener Böden 1,7%. Die wasserhaltende Kraft dieser Böden ist gering.

Wie schon LÜDI (1921, p. 251) erwähnt, kann das *Luzuletum spadiceae* als Pionier im Reinbestand Grobschutthalde in Beschlag nehmen. Es geht aber auch aus dem *Oxyrietum digynae* und seinen Varianten hervor, wenn die Schneedauer des Standorts für das *Salicion herbaceae* zu kurz bemessen ist. Unter den günstigsten Verhältnissen, bei reicher Berieselung und nicht zu kurzer Aperaturzeit leitet die Weiterentwicklung zu einer staudenreichen Gesellschaft, die wir bisher bloss an einer Stelle des Ofengebietes beobachtet und nur flüchtig studiert haben. Wir möchten sie vorläufig als *Calamagrostistenella-Festuca violacea-Assoziation* (*Calamagrostidetum tenellae*) bezeichnen. Am 30° SW geneigten Hang im Aufstieg zum Sesvennagletscher (2660 m) bot dieselbe u. a. folgende Arten:

<i>Calamagrostis tenella</i>	<i>Veronica alpina</i>
<i>Festuca violacea</i>	<i>Melandrium dioecum</i>
<i>Luzula spadicea</i>	<i>Silene vulgaris</i>
<i>Adenostyles Alliariae</i> v. <i>florida</i>	<i>Trollius europaeus</i>
<i>Cirsium spinosissimum</i>	<i>Arabis alpina</i>
<i>Peucedanum Ostruthium</i>	<i>Sieversia montana</i>
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	<i>Ligusticum Mutellina</i>
<i>Phleum alpinum</i>	<i>Myosotis alpestris</i>
<i>Poa alpina</i>	<i>Gentiana punctata</i>
<i>Pedicularis recutita</i>	<i>Homogyne alpina</i> etc.

Diese kniehohe Gras- und Krautvegetation gehört zu den üppigsten Rasengesellschaften der Alpen; vorherrschend sind **Schaftpflanzen** (*Hemikryptophyta scaposa*). Wie bei der *Festuca violacea-Trifolium Thalii-Assoziation*, mit der diese Gesellschaft übrigens floristische Verwandtschaft zeigt, dürften auch hier die reichliche Wasserversorgung durch Rieselwasser und günstige Bodenbedingungen (schwach saure Reaktion, Nitratreichtum, gute Durchlüftung) die Stoffproduktion begünstigen.

Im Urgebirge finden sich indessen diese Vorbedingungen nicht oft verwirklicht und das *Luzuletum spadiceae* tendiert denn auch in der Regel gegen das *Curvuletum* oder in tieferen Lagen gegen das *Nardus-reiche Festucetum* Halleri. Damit stimmen auch die Beobachtungen LÜDIS (1921, p. 252) aus dem Berner Oberland überein.

Verbreitung. — Schon STEBLER und SCHRÖTER (1892) erwähnen kurz den Bestand der braunen Hainsimse. Später ist er aus dem Oberengadin, Puschlav, St. Galler Oberland, Uri, Tessin und Berner Oberland angegeben und beschrieben worden. Dagegen lässt die floristische Charakterisierung der Assoziation meist zu wünschen übrig und es dürfen diese Bestände nur zum Teil unserem *Luzuletum spadiceae* zugerechnet werden. Nicht jeder von *Luzula spadicea* bedeckte Fleck Erde verkörpert unsere Assoziation.

¹ *Luzula spadicea*-Böden vom grossen St. Bernhard ergaben nach SAGER (1924) 5,4—5,3 pH.

² Und wohl auch günstiger Kohlensäurezirkulation.

IV. Ordnung. *Salicetalia herbaceae*

(Schneetälchenartige Gesellschaften)

enig e Gesellschaftsordnungen der Alpen zeigen schon äusserlich ein so einheitlich abgestimmtes Gepräge, wie die *Salicetalia herbaceae*. Daher sind sie auch schon frühzeitig erkannt und von den Vätern der Pflanzensoziologie umschrieben worden. Die von HEER (1836) eingeführte Bezeichnung «Schneetälchen», ein treffender Ausdruck, hat sich in der Pflanzengeographie eingebürgert und feste Gestalt angenommen. Die Schneetälchen HEERS und der schweizerischen Autoren dürfen allerdings nicht den Schneebodengesellschaften der skandinavischen Forscher gleichgestellt werden. Letztere umfassen alle langdauernde Schneebedeckung ertragenden Gesellschaften und sind mithinein umfassenderer Begriff. Zu den alpinen «Schneeböden» gehören ausser den «Schneetälchen» auch das *Arabidion coeruleae* und Teile des *Androsacion alpinae*. Um Missverständnissen vorzubeugen, sei ausdrücklich betont, dass wir «Schneetälchen» als synonym mit *Salicetalia herbaceae* betrachten; es fallen somit die von mehreren Autoren erwähnten «Schneetälchen auf Kalkboden» nicht mehr unter obigen Begriff.

Bisher ist aus den Schweizeralpen nur ein Verband der *Salicetalia herbaceae* bekannt geworden, den wir 1925 (BR.-BL., Schedae) *Salicion herbaceae* benannt haben. Allein Anschein nach kommen aber im hohen Norden noch weitere, durch Kryptogamen charakterisierte Verbände unserer Ordnung vor.

IVa. *Salicion herbaceae*-Verband

Das *Salicion herbaceae* gehört zu den ausgesprochen azidiphilen Pflanzengesellschaften der Schneeböden. Floristisch unterscheidet es sich von verwandten Schneebodengesellschaften der subarktischen Gebiete vor allem durch eine Reihe alter, ausgezeichneter Endemismen des mitteleuropäischen Alpensystems. Teils haben sich diese dem Schneetälchen-Standort besonders angepasst; ihr ökologisches Optimum fällt in den Standortsbereich des *Salicion herbaceae*, so die Charakterarten: *Cardamine alpina*, *Arenaria biflora*, *Alchemilla pentaphyllea*, *Soldanella pusilla*, oder es sind weniger lokalisierte Arten, wie *Chrysanthemum alpinum*, *Ligusticum Mutellina* u. a. Arten. Viel weitere Verbreitung, auch im Norden, besitzen von Verbands-Charakterarten die zirkumpolaren *Gnaphalium supinum* und *Salix herbacea*, ferner einige Moose und Lebermoose, vor allem *Anthelia Juratzkana*, *Brachythecium glaciale* und *Dicranum falcatum*. Das *Salicion herbaceae* des Ofengebiets spaltet sich in zwei Assoziationen: das *Polytrichetum sexangularis* und das *Salicetum herbaceae*. Sie entsprechen in der Regel Böden mit verschiedener Dauer der Schneebedeckung, können aber auch genetisch miteinander verknüpft sein, indem ersteres auf feinerdigem Verwitterungsboden die Pionierrolle übernimmt.

Für die Existenz **beider** Assoziationen sind nicht, wie angenommen worden ist (BROCKMANN-JEROSCH 1907, p. 337) Regen- und Schmelzwasser ausschlaggebend, sondern in viel höherem Masse die langdauernde Schneebedeckung. Gerade die ausgedehntesten *Salicion-Schneeböden* liegen an flachen Passübergängen (Jörifless-Pass) und auf weiten Hochflächen (Macun, Arosler Totälpli), wo der Zufluss von Regen- und Schmelzwasser **minim** ist (s. auch Fig. 2). An spät abschmelzenden Schneelagern ist die Wasserversorgung ja ohnehin gesichert.

Die *Salicion-Böden* zeichnen sich aus durch andauernd hohen Wassergehalt. **Nur** nach trockenen Sommern findet im **Vorherbst** stärkere oberflächliche **Austrocknung** statt; aber ohne dass ein nachteiliger Einfluss auf die Schneetälchen-Vegetation bemerkbar wäre. DÜGGELI (1925, p. 223) hat den Wassergehalt in Prozenten der feuchten Erde **zweier** Schneetälchen vom Flüela (2320 bis 2350 m) Ende Juli zu **54,1%** und **49,5%** bestimmt.

Der **pH-Bereich** der *Salicion herbaceae*-Gesellschaften schwankt **nach unsern** Beobachtungen zwischen 4,6 und 6,5 **pH**. Die reaktionsändernde Wirkung der Vegetation macht sich auch im Schneetälchen geltend. Auf schwach sauren Böden (**pH 6,5**), nacktem Verwitterungsschutt, Schlick und **Gletscherschlamm** gedeiht der *Anthelia*-Rasen; auch *Pohlia* erscheint schon im mässig sauren **Verwitterungsgrus** (**5,9 pH**). *Polytrichum sexangulare* dagegen scheint einen engeren **pH-Bereich** zu besitzen und stark saure Böden entschieden zu bevorzugen. Auch innerhalb der einzelnen Assoziationen gibt es Varianten mit erheblich abweichenden **pH-Ansprüchen**, und die Änderungen in der Wasserstoffionen-Konzentration werden nicht mit derselben Promptheit durch Verschiebungen in der floristischen Zusammensetzung abgespiegelt, wie dies bei den Rasenverbänden des *Caricion curvulae*, *Seslerion* u. a. der Fall ist.

Die kurze, der Schneebodenflora des *Salicion herbaceae* zur Verfügung stehende **Vegetationszeit** erfordert schleunige Abwicklung des **jährlichen Lebenskreislaufs**. Hierauf sind die *Salicion-Pflanzen* in mannigfacher Weise eingestellt.

1. Durch weitgehende Vorbereitung und Entwicklung unter der Winterschneedecke. Die Grosszahl der **Blütenpflanzen** und alle Moose **überwintern** mit **grünen Laubtrieben** am Grunde der tiefen Schneelager. Nach **Wegschaffen** einer mehr oder weniger tiefen Schneedecke haben wir folgende Arten des Verbandes, mit grünen Winterblättern beobachtet: *Arenaria biflora*, *Cerastium Cerastioides*, *Cardamine alpina*, *Sedum alpestre*, *Saxifraga stellaris*, *Sibbaldia procumbens*, *Soldanella*, *Gentiana bavarica* v. *subacaulis*, *Veronica alpina*, *Gnaphalium supinum*, *Chrysanthemum alpinum*, sowie

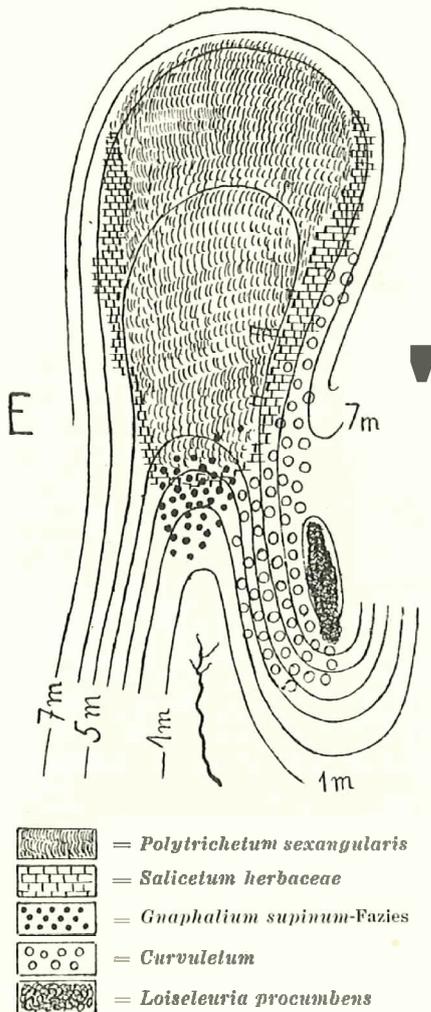


Fig. 7.
Topographische Anordnung einiger Assoziationen des *Salicion herbaceae* im Diluvialmoränenzirkus der Alp Farur.

die Moose. Ob *Ranunculus pygmaeus* und *Alchemilla pentaphyllea* grün überwintern, konnten wir nicht untersuchen.

2. Vegetative Vermehrung durch Kriechsprosse. Diese Art der Vermehrung kommt vor bei *Luzula spadicen*, *Salix herbacea*, *Arenaria biflora*, *Cerastium Cerastioides*, *Alchemilla pentaphyllea*, weniger ausgeprägt auch bei *Veronica alpina*. Die meisten übrigen Arten, wie die Grosszahl der Alpenpflanzen überhaupt, besitzen dichtrasigen oder horstförmigen Wuchs und peripherisches Ausbreitungsvermögen. Therophyten fehlen.

3. Rasche Abwicklung des **Jahreskreislaufs** von der Blüte bis zur Samenreife. *Cerastium Cerastioides*, *Sagina saginoides*, *Arenaria biflora*, *Ranunculus pygmaeus*, *Soldanella pusilla* und auch *Salix herbacea* entfalten ihre Blüten und fruchten fast gleichzeitig. Innert vier bis fünf Wochen ist der ganze Fortpflanzungszyklus abgeschlossen und die Schneetälchenflora versinkt wieder für den Rest des Jahres in lethargischen Vegetativzustand. So tritt uns hart am Rande des ewigen Schnees dasselbe Schauspiel sich überstürzender Blüten- und Fruchtbildung entgegen, wie in der sonnverbrannten Garigue an den Gestaden des Mittelmeeres. Hier kürzt die Trockendürre, im Schneetälchen frühzeitiger Schneefall die Vegetationszeit ab. Aber trotz dieser hastenden Eile der Fruchtbildung ist die Keimfähigkeit der Samen der **Verbands-Charakterarten** des *Salicion herbaceae*, soweit bisher untersucht, durchaus normal und berechtigt keineswegs zur Annahme, dass die Schneetälchenflora sich vegetativ fortpflanzen müsse. *Arenaria biflora*, von ihrem höchsten Fundort in den Tessiner Alpen (Campo Tencia, 3000 m), keimte mit 66 %; *Soldanella pusilla* aus dem *Salicetum herbaceae* am Bernina bei 2300 m mit 86 %, *Gnaphalium supinum* vom Bernina (2250 m) mit 73 %. Von wichtigen Begleitern des *Salicion herbaceae* keimte *Sagina saginoides* vom Piz Beverin (2650 m, schon am 14. August völlig samenreif gesammelt) mit 62 %, *Sibbaldia procumbens* vom Piz Languard (3255 m, dem höchstgelegenen schweizerischen Fundort, gesammelt am 5. September) mit 51 %, *Veronica alpina* von der Diavolezza (2700 m, am 5. September gesammelt) mit 80 %, *Tarn-xacum officinale* ssp. *alpinum* vom Piz Forun (2610 m) mit 78 % (vergl. BR.-BL. 1913).

4. Reduktion der vegetativen Sphäre. Die Schneebodenpflanzen des *Salicion herbaceae* sind die **Pygmäen** der Alpenflora. Bei einer 2 bis höchstens 4 Monate dauernden Aperozeit muss die Fortpflanzungsenergie aufs höchste angespannt werden. Akzessorische Laubsprossbildung wird daher unterdrückt; wie bei den meisten Einjährigen sitzt schon auf 1 bis wenige Zentimeter hohem **Stengel** der abschliessende Blütenstand. *Salix herbacea* ist als der «winzigste Baum der Erde» bekannt. Aber auch *Cardamine alpina*, *Ranunculus pygmaeus*, *Soldanella pusilla*, *Gnaphalium supinum* sind die kleinsten Vertreter ihrer Gattungen im Bereiche der mitteleuropäischen Flora.

Da die Schneeböden des *Salicion herbaceae* nicht nur durch Kryokonit, sondern den Sommer hindurch auch durch alkalischen **Flugstaub** genährt werden, könnte man annehmen, der mineralreiche Niederschlag, der ja über Erwarpen gross ist (s. p. 318), bewirke die Neutralisierung der Bodensäuren. Dies ist aber keineswegs der Fall. Trotzdem die Humusproduktion im *Salicion herbaceae* gegenüber derjenigen im *Curvuletum* oder *Elynetum* zurückbleibt, sind die **Salicion-Böden** doch immer noch derart gepuffert, dass auch eine noch beträchtlichere Zufuhr von Alkalien die Bodenreaktion nicht verändert. Auch gelegentliches Überfluten durch kalkreiches Wasser vermag die Pufferung des **Salicion-Bodens** nicht zu sprengen. Dies erklärt die Leichtigkeit, mit der sich **Salicion-Schneetälchen** auf Kalksubstrat halten und ausbreiten können.

8. *Polytrichetum sexangulare* (Widerton-Schneetälchen)

An der Eroberung der vegetationsfeindlichen Schneeböden nehmen die **anspruchlosen** Kryptogamen, vor allem Moose, wichtigen Anteil. Von Lebermoosen sind insbesondere *Anthelia*-, *Gymnomitrium-Pleuroclada*-, *Nardia*- (*Alicularia*-), *Lophozia*-Arten (siehe auch MEYLAN 1924), von Laubmoosen: *Dicranum falcatum* und *U. Starkei*, *Pohlia* spec., *Polytrichum* spec. (besonders *P. sexangulare*), *Brachythecium reflexum* und *B. glaciale* erfolgreiche Schneebodenpioniere. Fast unbegrenzte vegetative Vermehrungsmöglichkeit, verbunden mit der Fähigkeit, auch unter der Schneedecke zu vegetieren, setzen sie instand, an Stellen auszuharren, die nicht regelmässig jedes Jahr schneefrei werden. Die ökologischen Ansprüche und damit auch die dynamisch-genetische Bedeutung, der Kampfwert, der einzelnen Spezies ist natürlich sehr verschieden. Auch die Geselligkeitsverhältnisse (Sozialität) schwanken stark. Zu **grösseren** geschlossenen Herden breiten sich aus: *Anthelia*, *Pohlia commutata*, *Polytrichum sexangulare*, während die übrigen Arten entweder auf eigene Faust, gruppenweise in kleinen Polstern vordringen, oder als Begleiter dem Moosrasen eingewebt sind.

Durch das Ofengebiet und das angrenzende **Unterengadin** sind *Polytrichum sexangulare* und *Pohlia commutata* die **wichtigsten Rasenbildner** der Moos-Schneetälchen. Alle übrigen Arten treten soziologisch zurück und es ist fraglich, ob neben dem, von den genannten Arten dominierten *Polytrichetum sexangulare* noch eine weitere Moos-Assoziation unterschieden werden kann. Sogenannte «*Anthelieta*» haben wir hier nicht beobachtet (vielleicht könnten sie noch auf Macun zu finden sein). Ob ein am Pizzo **Forcellina** im **Bergell** aufgenommener **Antheliafleck** (Tabelle VI, Nr. 1) zu einer besonderen *Anthelia*-Assoziation gehört, oder bloss als Subassoziation des *Polytrichetum sexangulare* zu betrachten ist, wagen wir nicht zu entscheiden.

Nebenstehende Tabelle VI verzeichnet 11 Aufnahmen des *Polytrichetum sexangulare*, die von folgenden Punkten her stammen:

Nr. 2. Hintergrund des Val Nuna gegen Piz Macun, 2640 m. Nr. 3. Am Silvrettagletscher, 2400 m (Prätigau). Nr. 4. Zoberst in der Alp Farur ob Tschierschen, 2350 m (Schanfigg). Nr. 5. Macun, Val Zeznina, nahe den Seen, 2625 m. Nr. 6. Mot del Gaier bei Scarl, 2600 m. Nr. 7. Stragliavita, 2700 m, Pass von Val Sampuoir nach Laschadura. Nr. 8. Zermatt, Aufstieg zum Rothenboden, 2660 m, *Alchemilla pentaphyllea*-reiche Fazies. Nr. 9. Nordhang des Piz Mezdi bei Lavin, 2300 m. Nr. 10. Val Zeznina, 2550 m, Couloir rechts im Aufstieg nach Macun. Nr. 11. Val Nuna, 2550 m, an der Moräne. Nr. 12. Murtérgrat, 2570 m. Praspölseite. Die drei letzten Aufnahmen beziehen sich auf die *Pohlia commutata*-Fazies.

Ausser den in der Tabelle aufgeführten Arten enthielten die untersuchten Assoziations-Individuen noch:

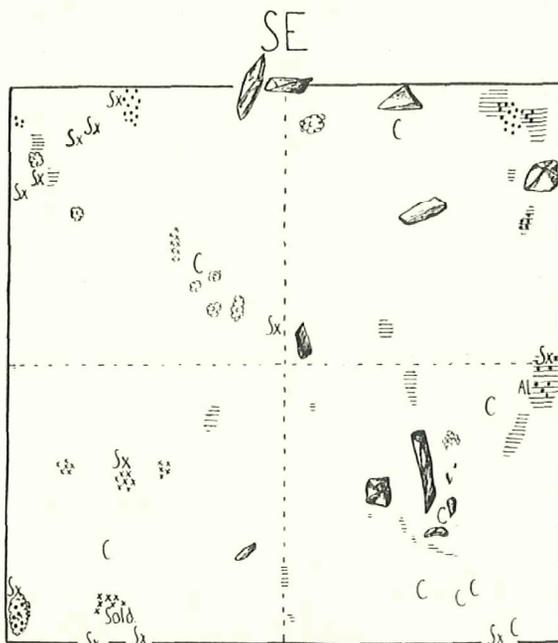
Nr. 1. *Saxifraga Seguieri*, *Gentiana bavarica* v. *subacaulis*, beide in der 1 m²-Fläche. Nr. 5. *Polytrichum alpinum*, *Oxyria*, *Cerastium pedunculatum*, *Saxifraga Seguieri*, *Gentiana bavarica* v. *subacaulis* (deuten auf Entstehung aus dem *Oxyrietum*). Nr. 6. *Gentiana bavarica*, v. *subacaulis*. Nr. 7. *Stereocaulon alpinum*, *Lecidea* sp., *Lophozia alpestris*, *Gymnomitrium* (*Cesia*) *varians*. Nr. 8. *Dacampia cartilaginea*, *Agrostis rupestris*, *Carex foetida*, *Minuartia sedoides*, *Cerastium pedunculatum*, *Saxifraga Seguieri*, alle in der 1 m²-Fläche. Nr. 10. *Solorina crocea*, *Lophozia alpestris*, *Dicranella varia*, *Polytrichum alpinum*, *Bryum ventricosum*, *Oxyria digyna*, *Cerastium pedunculatum*, *Ranunculus glacialis*, *Gentiana bavarica* v. *subacaulis*. Möglicherweise aus *Oxyrietum* hervorgegangen. Nr. 11. *Dermstocarpon cartilagineum*. Nr. 12. *Brachythecium reflexum*, *Alchemilla glaberrima*.

Lebenshaushalt, Entwicklung. — Unsere Tabelle verzeichnet 11 Assoziationsindividuen in optimaler Entwicklung. Es wäre natürlich ein Leichtes, einzelne Meterquadrate völlig oder doch nahezu reines *Polytrichum sexangulare* abzugrenzen, das in der Regel (aber

Nr. des Assoziations-Individuums	Polytrichetum sexangulare												Salicetum herbaceae												
	Normalfazies a							Faz. b	Faz. c	Fazies d		Normalfazies a						Faz. b	Faz. c	Fazies d		Faz. e	Faz. f		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Grösse der Fläche, m ²	1 (2)	c. 4	—	1 (c.6)	c. 10	c. 4	6—8	1	c. 2	c. 10	c. 1-2	c. 2	c. 4	c. 5	1	1	c. 1	1 (2)	—	2-3	2	2-3	1 (2)	1 (4)	
Höhe, Meter ü. M.	2830	2640	2400	2350	2625	2600	2700	2660	2300	2550	2500	2570	2640	2530	2610	2590	2450	2420	2500	2580	2780	2350	2600	2580	
Geologische Unterlage	BS	Gn.	Si	BS	Amph.	Gn.	Gn.	Si	Si	Amph.	Gn.	Rät	Gn.	Gn.	Gn.	Rät	Rät	Rät	Stu. Ca	Rät	BS	BS	Rät	Rät	
Neigung, Exposition	0° SE	5° E	—	10° N	5° N	0° NE	0° E	8° NW	10° N	15° N	5° N	0° E	10° E	5° NW	5° N	5° E	—	E	10° E	5° E	—	10° NE	0° E	10° SE	
Approximative Schneedauer, Monate	9 ^{1/2}	9 ^{1/2}	—	9 ^{1/2}	9 ^{1/2}	9 ^{1/2}	9 ^{1/2}	8 ^{1/2} -9	8 ^{1/2} -9	9	9	9 ^{1/2}	—	9	8 ^{1/2}	8 ^{1/2}	8	8	8	8	8-9	8	8	8	
Humus % der Wurzelschicht	4,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,6	—	21	—	13	—	—	—	—	18	—	
Restwasser % der Wurzelschicht . .	1,8	—	—	—	—	—	—	5,8	—	—	—	—	—	0,5	—	—	—	3,8	—	—	—	—	4,5	—	
pH der Wurzelschicht	6,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,9	4,6	4,8	5,0	5,7	—	—	—	—	4,8	5,2	
Charakter- und Differentialarten des Polytrichetums:																									
<i>Polytrichum sexangulare</i>	+·1	5·4	5·4	5·5	4·3	3·3	3·4	4·4	3·3	+·1	1·1	—	2·1	+·1	+·2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Pohlia commutata</i>	2·2	1·2	+·1	—	2·2	2·3	2·4	—	2·2	3·3	4·3	5·5	+	2·2	1·2	+	1·1	—	—	2·4	—	—	(+)	1·2	
<i>Dicranum Starkei</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	1·2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Ranunculus pygmaeus</i>	—	—	—	—	1·1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Charakter- und Differentialarten des Salicetum herbaceae:																									
<i>Salix herbacea</i>	2·2	—	1·1	+	+	+	1·1	+	2·2	+	1·1	2·2	3·3	3·3	4·5	5·5	4-5-5	4·5	3·3	1·2	1·1	3·2	+	—	
<i>Sibbaldia procumbens</i>	—	—	—	—	—	+	+	+	—	—	—	1·1	+	+	—	+·2	1·1	1·1	+	1·2	+	+	+	1·2	
<i>Polytrichum juniperinum</i>	—	—	—	—	—	+	+	+	—	+	—	—	—	—	—	+	+	+	3·3	3·4	—	—	—	1·1	
<i>Polygonum viviparum</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	—	—	—	—	—	
<i>Potentilla aurea</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	+	—	—	—	—	
<i>Poa annua</i> v. <i>varia</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	+	—	—	—	—	—	—	3·2	+	
Verbands-Charakterarten:																									
<i>Gnaphalium supinum</i>	+	+	+	(+)	(+)	—	+	+	+	—	+	1·1	2·1	+·2	1·1	1·2	1·1	1·1	1·1	3·4	1·1	+	+	1·2	
<i>Cardamine alpina</i>	+	+	+	+	1·1	+	1·1	+	+	—	1·1	+	+	+	+	1·1-2	—	+	+	—	+	1·1	—	—	
<i>Soldanella pusilla</i>	—	—	1·1	+	—	1·1	1·1	+	+	1·1	+	—	+	+	2·1	+	—	+	—	—	+	+	—	—	
<i>Arenaria biflora</i>	1·2	—	1·1	(+)	—	—	—	+	—	—	—	1·2	—	+	—	1·2	—	—	—	+	1·2	—	3·2	1·2	
<i>Alchemilla pentaphylla</i>	—	—	—	—	—	—	—	3·4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3·2	2·2	—	—	
<i>Anthelia Juratzkana</i>	4·3	1·1	—	—	1·1	—	1·3	—	—	1·1	—	—	—	—	—	—	—	—	+·1	—	—	—	—	—	
<i>Brachythecium glaciale</i>	—	—	—	—	1·1	—	+	—	—	1·2	—	—	—	+	—	—	+	—	—	—	—	—	—	+	
<i>Dicranum falcatum</i>	—	—	—	—	—	—	+	+	+	—	—	—	+	—	+	—	—	—	+	—	—	—	—	—	
(?) <i>Pohlia cucullata</i>	—	—	—	—	—	—	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	
Begleiter:																									
<i>Cerastium Cerastioides</i>	+	+	+	+	1·1	1·1	1·1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	+	+	+	—	4·3	+	
<i>Poa alpina</i>	+	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	(+)	+	+	+	+	(+)	+	
<i>Chrysanthemum alpinum</i>	(+)	—	+	(+)	+	+	+	—	+	—	—	+	+	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	(+)	
<i>Sedum alpestre</i>	+	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	
<i>Taraxacum alpinum</i>	+	—	—	(+)	+	1·1	—	+	—	—	—	—	+	+	+	1·1	—	+	1·1	1·1	+	1·1	1·1	+	
<i>Veronica alpina</i>	+	+	—	—	+	1·1	—	+	—	1·1	+	—	+	+	+	+	+	+	1·1	—	1·1	+	—	1·1	
<i>Sagina saginoides</i>	+	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	+	
<i>Ligusticum Mufellina</i>	—	—	—	(+)	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	+	2·2	—	2·2	—	—	—	4·2	
<i>Saxifraga stellaris</i> v.	—	—	+	+	+	—	—	—	—	+	+	—	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Carex curvula</i>	—	—	—	(Fr)	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	+	—	—	—	+	+	—	+	—	—	
<i>Luzula spadicea</i>	—	—	+	(+)	—	—	—	—	—	1·2	—	—	—	+	—	—	—	1·1	—	—	—	—	—	—	
<i>Carex Lachenalii</i>	—	—	—	—	—	+·2	—	—	—	—	—	—	—	+·2	+·2	—	—	—	+·2	—	—	—	—	—	
<i>Drepanocladus uncinatus</i>	—	—	—	—	1·2	—	—	—	—	1·2	1·1	—	—	+	1·2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
<i>Desmatodon latifolius</i>	—	—	—	—	+·2	+	—	—	—	—	1·2	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	1·2	
<i>Cladonia pyxidala</i>	—	—	—	—	+	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	
<i>Polytrichum piliferum</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1·2	—	—	—	—	—	—	+	+	+	—	—	—	—	

nicht immer!) gegenüber dem mit Phanerogamen durchwirkten *Polytrichetum* etwas späteres Ausapern anzeigt, Reine *Pohlia commutata*-Flächen dagegen sind viel seltener und entsprechen möglicherweise einer etwas geringeren H-Ionenkonzentration, vielleicht auch einer stärkeren Durchfeuchtung des Bodens.

Es sind ja in erster Linie *Pohlia* und verschiedene andere Moose und Lebermoose, viel seltener *Polytrichum sexangulare*, die zuerst die jungen schwach sauren Verwitterungsböden der Silikate besiedeln. Unsere Beobachtungen ergeben übereinstimmend, dass *Polytrichum sexangulare* sich erst ausbreitet, nachdem der Verwitterungsboden sich etwas «gesetzt» hat, mit andern Worten nachdem die Auswaschung oder auch Humusbildung schon begonnen hat.



- = *Anthelia Juratzkana* = *Pohlia commutata*
 = *Polytrichum sexangulare* = *Dicranum falcatum*
 = *Saxifraga stellaris* = *Soldanella pusilla*
 = *Cerastium Cerastioides* = *Alicularia geoscypha*

Fig. 8. Dauerquadrat am Macunsee, 2640 m.

sich von einem *Dicranum falcatum*-*Anthelia*-Initialstadium zu einem *Polytrichetum sexangulare* zu entwickeln scheint. Das Meterquadrat liegt bei 2635 m am Ausfluss des obersten Macunsees, rechts neben dem grossen Sturzblock, ca. 3 m vom Seeufer, 50 cm nordöstlich des Blocks in der Richtung gegen den Piz Macun. Der Boden besteht aus feingrandig-kiesigem Gneisschutt mit ziemlich viel Feinerde. Die Dauer der Aperaturzeit beträgt im Mittel 2 bis 2½ Monate. Das Gebiet wird nur selten vom Jungvieh besucht. Etwa 1/3 der Fläche ist vegetationsbedeckt. *Dicranum falcatum* und *Anthelia*-Polster sind öfters von *Polytrichum sexangulare* überwachsen. In den *Anthelia*-Pösterchen wachsen die Lebermoose *Gymnomitrium varians* und *Pleuroclada albescens*. Die längste Schneebedeckung erträgt hier *Dicranum falcatum* (s. Fig. 8).

Mehr oder minder reichliche eingestreute Phanerogamen im *Polytrichetum sexangulare* können sowohl einen fortgeschrittenen Entwicklungszustand der Assoziation (*Alchemilla*

trichetum sich erst ausbreitet, nachdem der Verwitterungsboden sich etwas «gesetzt» hat, mit andern Worten nachdem die Auswaschung oder auch Humusbildung schon begonnen hat. Am Sesvennagletscher stehen *Pohlia commutata*, *Philonotis* und ein *Bryum* schon 6 m vom Gletscherrand entfernt. 7 m vom Eisrand folgen neben zahlreichen Phanerogamen: *Pohlia cruda*, *Polytrichum piliferum*, *P. juniperinum*. Bei 12 m steht *Polytrichum alpinum*; aber erst 15 m vom Gletscherrand taucht das hier sonst so gemeine *Polytrichum sexangulare* auf (vergl. Fig. 4, p. 207). Auch unserm Untersuchungsquadrat, 40 m vom Eis entfernt, fehlt die Art, während *Pohlia commutata* darin mehrfach vorkommt (Fig. 5). Im schneereichen Taltorso von Macun (2600 bis 2700 m) stellen *Anthelia*, *Dicranum falcatum*, *Pohlia commutata* die Erstbesiedler und bilden eine eigentliche Initialphase des *Polytrichetums*. In ihren Polstern setzt sich dann gern *Polytrichum sexangulare* fest und kann schliesslich alleinherrschend werden.

Mit Ch. MEYLAN haben wir am 24. Juli 1921 am Macunplateau ein Dauerquadrat in Untersuchung genommen, dessen Pflanzenbestand

pentaphyllea-Fazies von Zermatt, Tab. VI, Nr. 8) als auch etwas günstigere Vegetationsverhältnisse, etwas verlängerte Vegetationsdauer (*Salix herbacea*-Fazies vom P. Mezdi, Tab. VI, Nr. 9) anzeigen. Die mittlere Dauer der Schneebedeckung beträgt in *Polytrichetum sexangulare* mindestens 9 Monate, ist also länger als im *Salicetum herbaceae*. Solange sich die Reliefverhältnisse nicht ändern, ist eine Sukzession vom *Polytrichetum* zum *Salicetum herbaceae* zum mindesten sehr erschwert. Das *Polytrichetum* verkörpert daher zumeist eine **Dauergesellschaft**. Wird aber durch **rückschreitende Erosion** eine *Polytrichetum*-Mulde angeschnitten und dadurch der Wasserablauf beschleunigt und auch das Abschmelzen befördert, so kann aus dem *Polytrichetum* ein *Salicetum herbaceae* hervorgehen (s. Fig. 7). *Salix herbacea* selbst ist ja, wenn auch sehr spärlich und kümmerlich, im *Polytrichetum* oft schon vorhanden. Eine Reaktionsänderung der Bodenlösung dürfte damit nicht verbunden sein, oder sie ist doch ganz gering. Eine andere Sukzession als die vorgezeichnete scheint ausgeschlossen. Sie kann natürlich irgend ein Fazies des *Polytrichetums* zum Ausgangspunkt haben. Die in unserer Tabelle verzeichneten Fazies: *Pohlia coinutata*-, *Salix herbacea*-, *Alchemilla pentaphyllea*- und die typische *Polytrichum*-reiche Fazies, erschöpfen die Variationsmöglichkeit der Assoziation keineswegs.

Der Boden **zweier** untersuchten *Polytrichum sexangulare*-Schneetälchen aus dem **Bergell** (Forno 2580 m, Albigna 2600 m), ergab 5,0 resp. 4,8 pH. Diese Böden sind also viel stärker sauer als jene von *Anthelia Juratzkana*, welche Art schon bei 6,5 pH zum Dominieren gelangt. Der Unterschied zwischen den zwei Gesellschaften liegt mithin nicht nur in verschiedener Einstellung gegenüber der Schneedauer, wie man bisher meist angenommen hat, sondern ebenso sehr in ihrem **abweichenden Verhalten** in Bezug auf die H-Ionenkonzentration des Bodens. Dadurch wird auch die Auffassung der früher dargelegten Entwicklung des *Polytrichetums* gestützt. Die Sukzession *Anthelia*-Bestand+ *Polytrichetum* wird direkt gefordert, eine Umkehr derselben (*Polytrichetum* → *Anthelia*-Rasen), ist schon der Aziditäts-Ansprüche der **beiden** Gesellschaften wegen ausgeschlossen.

Das *Polytrichetum sexangulare* als Dauergesellschaft baut Feinerde-Schichten auf, die 30 bis 50 cm Mächtigkeit erlangen können und teils dem Flugstaub, teils der **zugeschwemmten** Feinerde, die im büstendichten *Polytrichum*rasen haften bleibt, teils der Stoffproduktion des Moores selbst ihre Entstehung verdanken. Die Humusproduktion ist im Moostepich geringer als im Rasen und beträgt 15—20%. Der lufttrockene Boden enthält immerhin noch **ca. 5%** Wasser.

Die Initialphase von *Anthelia* auf Rohboden dagegen enthält nicht mehr als 4% Humus und 1,8% Wasser (lufttrocken).

Verbreitung. — Das *Polytrichetum sexangulare* in seinen verschiedenen Varianten ist **ausschliesslich** alpin und reicht im Ofengebiet von 2300 bis 2700 m. Am schönsten entwickelt findet es sich in den nach Norden geöffneten Talhintergründen von Val Zeznina und Val Nuna auf kalkarnier Unterlage, doch geht die *Pohlia commutata*-Fazies auch auf **Rätkalk** über. Ausgesprochene Südlagen werden von der Assoziation gemieden. Ihre Allgemeinverbreitung reicht von den West- zu **den Ostalpen**, ohne auf die Aussenketten **überzugreifen**. Das Hauptvorkommen liegt in den vergletscherten **Urgebirgsmassiven** der Zentralalpen. **Den** Mittelgebirgen, auch den bis 1886 m aufragenden Vulkankuppen der Auvergne, fehlt sie, in den Pyrenäen könnte sie vielleicht noch aufgefunden werden.

9. *Salicetum herbaceae*

(Krautweidenrasen)

Wenige Gesellschaften zeigen eine **ähnliche Vielgestaltigkeit** in der Zusammensetzung, wie das *Salix herbacea*-Schneetälchen. Bei der Vielheit der dominierenden Arten, die anscheinend völlig übereinstimmende Standorte einnehmen, ist es keineswegs leicht, das floristisch Zusammengehörige stets als solches zu erkennen. Bald herrscht die zwergige Krautweide (*Salix herbacea*) allein, bald spreitet das niedrige Ruhrkraut (*Gnaphalium supinum*) seinen silbergrauen Teppich, oder die erdbeerartigen Ranken des fünfblättrigen Taumantels (*Alchemilla pentaphyllea*) mit den fein **zerschlitzten** Blättchen bilden ein dichtes Geschlinge, ohne dass das Vorherrschen der einzelnen Arten einer ökologischen Auslegung zugänglich wäre. Erst nach eingehendem Studium ergeben sich gewisse Abhängigkeitsbeziehungen der sozialen Arten zur schneefreien Aperlzeit, der Wasserversorgung, dem Stickstoffgehalt des Bodens, der **Bodenreaktion** usw. Aber auch dann noch wird man in manchen Fällen das Vorherrschen gewisser sich vegetativ ausbreitender Arten aus ihrem Auftreten als Erstbesiedler und ungestörter Weiterentwicklung der *beati possidentes* erklären müssen.

Unsere **Tabelle VI** (p. 217) verzeichnet **12** Aasoziationsindividuen des *Salicetum herbaceae*, die von folgenden Lokalitäten herrühren:

Nr. 13. Hintergrund des Val Nuna gegen Piz Macun, 2640 m. Nr. 14. Sesvenna-Marangun, 2530 m. Nr. 15 Zwischen Rundhöckern am untern Sesvennagleitscher, 2610 m. Nr. 16. Grat von Murtèr, Praspölseite, 2590 m. Nr. 17. Murtarölgrat, 2450 m. Nr. 18. Oberhalb Plan dels Poms in der Mulde gegen den Piz Terza, 2420 m. Nr. 19. Astras da dora im Val Scarl, 2500 m. Nr. 20. Murtèr, 2580 m, Praspölseite. Nr. 21. La Grande Turra bei Lanslebourg, Mont-Cenis, 2780 m. Nr. 22. Grand Coin, oberhalb Lanslebourg, 2350 m. Nr. 23. Murtèrgrat, 2600 m. Nr. 24. Piz Murtaröl, 2580 m.

Zehn Aufnahmen aus dem Ofengebiet stehen zwei aus den Westalpen (Mont-Cenis) gegenüber.

Ausser den in der Tabelle aufgeführten, enthalten unsere Aufnahmen noch folgende Arten:

Nr. 13. *Stereocaulon alpinum*, *Pollia gracilis*. Nr. 14. *Philonotis fontana*, reichlich (det. M.), *Aulacomnium palustre*, *Epilobium alpinum*. Nr. 15. *Pleuroclada albescens*. Nr. 16. *Alchemilla spec.* Nr. 17. *Lecidea neglecta*, *Peltigera rufescens*, *Bryum elegans*, *Homogyne alpina*. Nr. 18. In der 1 m²-Fläche: *Peltigera rufescens*, *Alchemilla glaberrima*, *Euphrasia minima*, *Leontodon pyrenaicus*. Nr. 18. Daneben ferner: *Ranunculus montanus*. Nr. 19. *Agrostis rupestris*, *Carex nigra*, *Saxifraga oppositifolia*, *Euphrasia minima*. Nr. 20. *Stereocaulon spec.*, *Peltigera rufescens*, *Lopkozia alpestris*, *Brachythecium reflexum*. Nr. 21. *Carex foelida*, *Gagea fistulosa*, *Epilobium alpinum*, *Plantago alpina*. Nr. 22. *Carex nigra*, *Gagea fistulosa*, *Sagina glabra*, *Minuartia sedoides*, *Saxifraga androsacea*, *Plantago alpina*. Nr. 24. In der 1 m²-Fläche: *Bryum spec.*, *Carex nigra*. Ferner in 4 m²: *Agrostis rupestris*.

Das *Salicetum herbaceae* ist etwas **artenreicher** als das *Polytrichetum*, doch schwankt die mittlere Artenzahl pro Quadratmeter stark. In einigen Meterquadraten der *Cerastium Cerastioides*-Fazies notierten wir im Mittel bloss 8 Arten, während **ebenda** 6 auseinanderliegende 1/2 m²-Flächen der *Ligusticum*-reichen Fazies im Mittel auf 1/2 m² schon **16** Arten zählten. Aber auch in ein und derselben Fazies ist die mittlere Artenzahl starken Schwankungen unterworfen, selbst bei gleichbleibendem Mengenverhältnis der dominierenden Arten. Im oben-erwähnten Beispiel zählt das artenreichste Quadrat der *Ligusticum*-Fazies 20, das artenärmste 13 Arten pro 1/2 m², Kryptogamen inbegriffen. Von der rein statistischen Behandlung dieser Gesellschaften ist also nicht allzuviel zu erhoffen. Dagegen hat es allen Anschein, als ob 1 m²-Flächen in normal entwickelten Assoziationsindividuen in der Regel die gesamte charakteristische Artenkombination einschliessen. Die Schneetälchen, *Salicetum herbaceae* und wohl auch *Polytrichetum sexangularis*, dürften unter den alpinen Pflanzengesellschaften (**Fels-**

hafter ausgenommen) mit dem geringsten «Minimalraum» (Fläche, die zur normalen Ausbildung nötig ist) vorliebnehmen.

Lebenshaushalt, Entwicklung. — Nicht nur floristisch, sondern auch synökologisch bestehen enge Beziehungen zwischen dem *Salicetum herbaceae* und dem *Polytrichetum sexangularis*: Lage, Bodenverhältnisse, Lokalklima stimmen bei beiden Assoziationen weitgehend überein. Wie das *Polytrichetum sexangularis*, so hält sich auch das *Salicetum herbaceae* an Mulden, wellige Hochflächen, Einbuchtungen der schwachgeneigten Hänge, die zuerst einschneien und im Sommer zuletzt wieder **ausapern** (s. Fig. 2). Das sind Stellen, die der lange liegenbleibende **Winterschnee** «düngt» und bis in den Sommer feucht erhält. Dagegen ist das *Salicetum* weniger streng an Nord-Ost- und West-Expositionen gebunden und kann auch in Südlage wohl gedeihen, wenn die Dauer der schneefreien Aperatur vier Monate nicht wesentlich überschreitet. Auch ist die **pH-Amplitude** des *Salicetum*-Schneetälchens breiter. Nach unseren Proben reicht sie von 5,9 pH (in der *Alchemilla pentaphyllea*-reichen Fazies von Zermatt) bis 4,6 pH; die wenigen Proben genügen jedoch nicht, um sich von der **Variationsbreite** der verschiedenen Fazies ein ausreichendes Bild zu machen.

Die *Salix herbacea*-Schneetälchen sind im Durchschnitt nicht bloss weniger sauer als typische Curvuletumböden, sondern sie sind auch entgegen der allgemein verbreiteten Anschauung viel humusärmer. Sechs Humusbestimmungen aus ebensovielen Assoziationsindividuen ergaben ein Mittel von 12,5% Humus (Maximum 21, Minimum 2,5%) in der obersten Bodenschicht (2—5 cm). *Salix herbacea* und ihre Begleiter stehen somit hinter den **Horstbildnern** der sauren Rasentypen in Bezug auf Humusansprüche und Humusbildung weit zurück. Zudem findet im Schneetälchen eine Vermischung der organischen Reste mit anorganischem Schwemm-Material der Regen- und Schmelzwasser statt, ja es kann hier zu eigentlicher Schwemmwassersedimentation kommen. Die abgelagerten Schlickmassen in Verbindung mit der Humusbildung bauen nach und nach bedeutende, bis 50 cm mächtige Feinerdeschichten auf. Der Feinerdegehalt eines *Salicetum herbaceae* auf Rendzinaboden (Tab. VI, Nr. 16) betrug nicht weniger als 99,3%, das Bodenskelett bloss 0,7%. Das sind Zahlen, die in andern alpinen Pflanzengesellschaften kaum erreicht werden. Am nächsten von allen untersuchten Böden kommt der Boden des *Rumex alpinus*-Lagers der Alp Murtèr (2340 m) mit 98,9% Feinerde in der obersten Bodenschicht. Hierauf folgt ein *Curvuletum*-Boden mit 98% Feinerde. Der Boden des erwähnten Schneetälchens enthielt 21,6% Humus. Infolge ihrer **Humusarmut** ist auch die wasserzurückhaltende Kraft der lufttrockenen *Salicetum*-Böden gering. Sie beträgt im Mittel aus 4 Proben 3,5%.

Nach DÜGGELI (1925, p. 222) ist der Bakteriengehalt der Schneetälchenböden, wahrscheinlich handelt es sich um das *Salicetum herbaceae*, relativ hoch, wenn er auch hinter jenem der **basiphilen Böden des *Seslerion coeruleae*** weit zurücksteht. **Zwei Proben am Flüelapass**, 2320 bis 2350 m, Ende Juli 1909 entnommen, ergaben 4,400,000 resp. 1,300,000 gelatinewüchsige und 4,900,000 resp. 1,340,000 agarwüchsige Bakterienkeime pro Gramm feuchte Erde, also bedeutend mehr als der Humus subalpiner Wälder. Der Unterschied im Keimgehalt der zwei obigen Proben rührte vielleicht daher, dass bei der zweiten Probe eine Erwärmung des vorn Schneewasser überrieselten Bodens noch nicht stattgefunden hatte. Es ist ja bekannt, dass die **Individuenmenge** in der warmen Jahreszeit bedeutend grösser ist. Zellulosevergärer fehlen diesen Proben völlig und stickstoffbindende Bakterien sind nur in Spuren vorhanden (je 10 pro Gramm feuchte Erde). Dass keine nitrifizierenden Bakterien vorhanden sind, ist bei der stark sauren **Bodenreaktion** selbstverständlich.

Höchst wünschenswert wären Bakterienuntersuchungen von Böden bestimmt **umschriebener** Pflanzengesellschaften. Erst wenn solche vorliegen, wird man imstande sein, die synökologische Bedeutung dieser kleinsten Lebewesen richtig einzuwerten, und eine Reihe von Problemen, die uns die **alpine Vegetation** aufgibt, namentlich auch die wichtige Frage des Humusabbaues, werden ihre Lösung finden. Dies ist aber nur durch ein enges Hand in Hand-Arbeiten von Bakteriologen, Pflanzensoziologen und Bodenkundlern zu erreichen.

Der assimilierbare Stickstoff des Bodens scheint insbesondere in der *Cerastium Cerastioides*-Fazies mit *Poa annua* var. *varia* erhöht. Auch die Anreicherung von *Sagina saginoides*, *Taraxacum alpinum*, *Gagea fistulosa*, mehr oder weniger nitrophiler Arten, deutet auf **Stickstoffreichtum**.

Der Einfluss der Düngerzufuhr macht sich im Schneetälchen unmittelbar geltend. Ein *Polytrichetum sexangulare* kann, lediglich durch den Besuch der Schafe, in ein Phanerogamen-Schneetälchen vom Typus des *Salicetum herbaceae* **übergeführt** werden. Der **Zufall** wollte, dass eines unserer Dauer-Untersuchungsquadrate **1917** in ein *Polytrichetum* gelegt wurde, das in den folgenden Jahren öfteren Schafbesuch erhielt, und wo sich die Schafe **wohl** auch gelegentlich lagerten. Schon nach vier Jahren war das Resultat folgendes: Die $\frac{1}{2}$ m²-Fläche am Grat des Mot del Gaier (2680 m, Granitgneis) hatte **eingebüsst**:

Sedum alpestre (1 Individuum).

Sie hatte dagegen in der gleichen Zeit gewonnen:

<i>Sagina saginoides</i>	(12 Individuen)
<i>Cerastium Cerastioides</i>	5 „
<i>Ligusticum Mutellina</i>	3 „
<i>Veronica alpina</i>	3 „
<i>Chrysanthemum alpinum</i>	2 „
<i>Poa alpina</i>	(1 Individuum)
<i>Sibbaldia procumbens</i>	1 „
<i>Taraxacum alpinum</i>	1 „

Dieser starke Zuwachs innert kurzer Frist beleuchtet einerseits die geringe Stabilität anscheinend gut ausgeglichener alpiner Gesellschaften, die dem Weidebetrieb unterliegen; er zeigt andererseits die Auswirkung einer zufälligen **Sukzessionsvariante** im *Salicetum herbaceae*. Die anthropogene Beeinflussung durch **Weidgang** ist hier das treibende Moment. Aber Beispiele aus dem engern, seit **1911** vom Menschen in keiner Weise beeinflussten Parkgebiet tun dar, dass auch **öfterer** Wildbesuch den **Schneetälchenrasen** in ähnlicher Weise verändert. Assoziationsindividuum Nr. 23 der **Tabelle VI**, eine *Cerastium Cerastioides*-*Arenaria biflora*-Fazies, kann als Düngerfazies des *Salicetum herbaceae* bezeichnet werden. Vorhandene Gemenlosung schaltet jeden Zweifel über die Ursache ihrer Entstehung aus. Als Düngerzeiger tritt neben *Cerastium Cerastioides* auch *Poa annua* v. *varia* reichlich auf. Diese Fazies ist hervorgegangen aus dem normalen *Salicetum herbaceae*, das ringsum herrscht und hier **lokal**-klimatisch seinen Platz hat. Die topographische Anordnung dieser Gesellschaften ist aus nebenstehender **Fig. 9** ersichtlich.

Bei gleicher Apherzeit herrscht an Stellen, wo die Auswaschung des Bodens nicht zu weit fortgeschritten ist, oder wo die tiefgehenden Wurzeln in den untern Bodenschichten mit schwächern H-Ionen-Lösungen in Kontakt kommen, eine *Ligusticum Mutellina*-reiche

Fazies (Tab. VI, Nr. 24). Sie ist namentlich im Kalkgebirge nicht selten und bildet z. B. auf den Rät- und Liaskalken von Murtèr ein Analogon zur *Ligusticum Mutellina*-reichen Fazies des *Curvuletums* (p. 272). Die *Ligusticum*-reiche Fazies des *Salicetum herbaceae* stellt die höchsten Anforderungen an die Dauer der Vegetationszeit (4—4½ Monate Schneefreiheit). Sie kann den Ausgangspunkt einer zum *Curvuletum* (*Ligusticum*-Fazies) führenden Sukzession bilden. Der Übergang vollzieht sich unter sukzessiver Ausschaltung der Schneetälchenarten und **Überhandnahme** von *Ligusticum*, das **schliesslich** einen **geschlossenen**, fast reinen Rasen bildet, worin *Carex curvula* keimt. In dieser **Entwicklungsphase** ist das ausschlaggebende Moment weniger die Dauer der Schneedecke als die Durchfeuchtung des Obergrundes. Bei andauernd starker **Durchfeuchtung** wird *Ligusticum* **begünstigt** und *Carex curvula* zurückgehalten. Sobald aber, z. B. durch Einschneiden einer Schmelzwasserrinne, der Abfluss rascher vonstatten geht, breiten sich die *Curvula*-Horste aus und *Ligusticum* **kommt ins Hintertreffen**.¹

Diese Sukzession lässt sich am Murtèrgrat sehr schön verfolgen. Die *Ligusticum*-Fazies wird anscheinend in manchen Alpengebieten durch eine *Plantago alpina*-Fazies vertreten.

Weniger klar liegen die Umstände, welche zur Ausbildung der *Gnaphalium supinum*-reichen Fazies führen. Das niedrige Ruhrkraut kann sowohl inmitten der typischen Fazies, worin *Salix herbacea* dominiert, als auch anschliessend an das *Polytrichetum sexangulare* grössere, zusammenhängende Flecken bilden. Allerdings erlangen sie nie den Umfang der *Salix herbacea*-Teppiche. Die örtliche **Sonderung** der *Gnaphalium supinum*-Fazies und des *Polytrichetum sexangulare* verdeutlicht Fig. 7, gezeichnet nach einer Skizze aus der Alp Farur ob Tschierschen, 2350 m. Die weiterhin angrenzenden Gesellschaften (*Curvuletum* etc.) sind schematisiert.

Beim Studium der Genese des *Salicetum herbaceae* sollte mehr als bisher den einzelnen Fazies Rechnung getragen **werden**. Wir begnügen uns vorderhand mit der schematischen Darstellung der von uns näher untersuchten Entwicklungsstadien, die aber zweifellos nicht alle Möglichkeiten des Werdens und der Weiterentwicklung einschliessen, da sie sich nur auf das *Salicetum herbaceae* Ostbündens beziehen.

¹ Von Moosen ist dieser Fazies oft sehr reichlich *Polytrichum juniperinum* beigemischt, das herrschend werden und eine besondere Fazies bilden kann. Diese *Polytrichum juniperinum*-Fazies darf nicht mit dem physiognomisch übereinstimmenden floristisch und ökologisch aber durchaus differenten *Polytrichetum sexangulare* verwechselt werden.

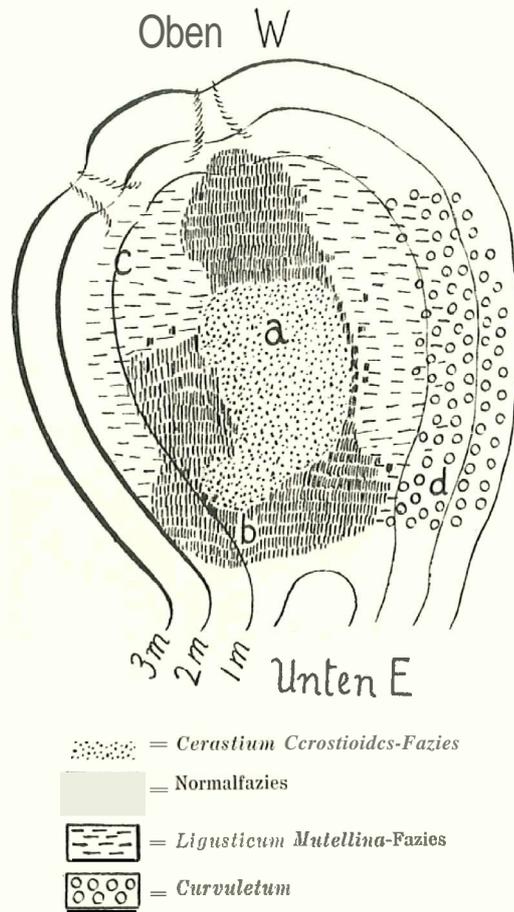
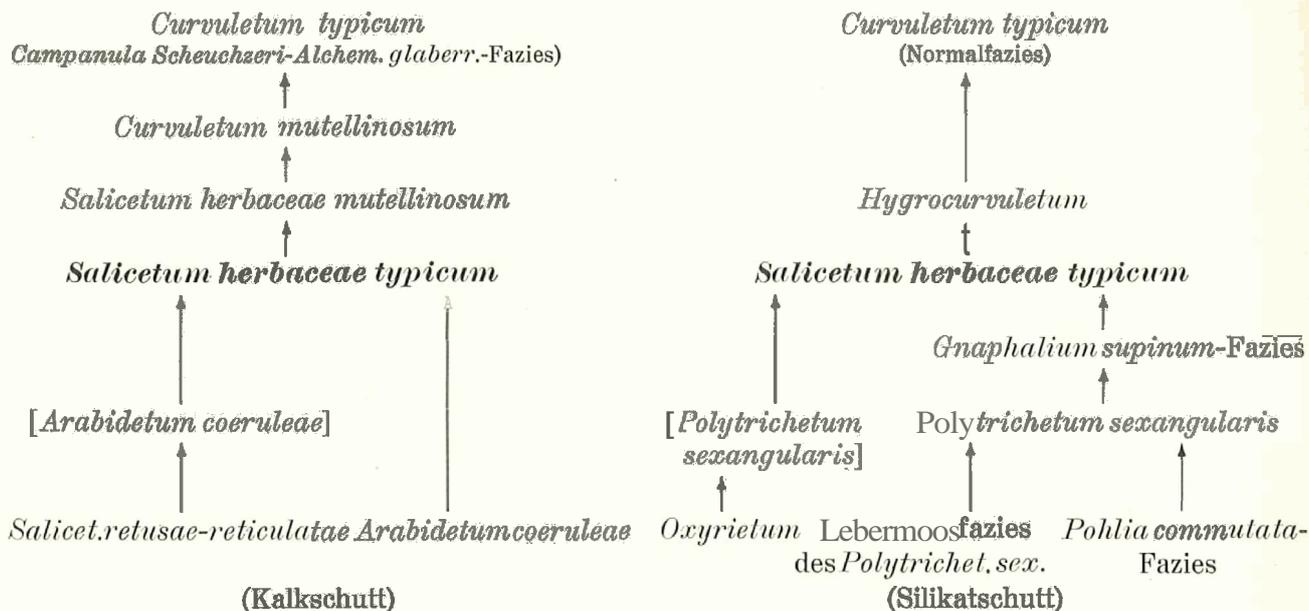


Fig. 9.
Flache Mulde mit *Salicetum herbaceae* und *Curvuletum* auf Rätalk. Murtèrjoch, 2600 m.

Sukzessionschema der Schneetälchenserie



Verbreitung. — Das *Salicetum herbaceae*, in der Alpenkette und den mitteleuropäischen Hochgebirgen sehr verbreitet, umspannt ein viel weiteres Areal, als das *Polytrichetum sexangulare*. Es ist bekannt aus den Ost-, Zentral- und Westalpen, den Pyrenäen, der Tatra (SZAFER, PAWLOWSKI und KULCZYNSKI, 1923, p. 36), wo es schon bei 1950 m beginnt und sich in mehrere Fazies spaltet. Nach SZAFER (1923, p. 111) wären auch die *Polytrichum sexangulare* und *Anthelia*-Teppiche der Tatra dem *Salicetum herbaceae* als Fazies unterzuordnen. Die Assoziation scheint dagegen den Mittelgebirgen zu fehlen. In der Auvergne, wo *Salix herbacea* am Puy Ferrand und Puy de Sancy oberhalb 1800 m an wenigen Stellen; aber reichlich vorkommt, haben wir sie nur im *Rhacomitrium lanuginosum*-Teppich mit *Empetrum* und *Vaccinium uliginosum* beobachtet. Auch A. LUQUET (1926) führt sie als Bestandteil seiner *Empetrum-Rhacomitrium lanuginosum*-Assoziation auf. Ob die nördlichen *Salix herbacea*-Schneeböden Fazies unserer Assoziation oder selbständige Assoziationen des Verbandes sind, bleibt noch zu untersuchen.

Die Höhenverbreitung des *Salicetum herbaceae* deckt sich nahezu mit jener des *Polytrichetum sexangulare*. Im Ofengebiet wie im Oberengadin und im übrigen Mittelbünden erstreckt sie sich von ca. 2300 bis 2800 m. Tiefer reicht sie in den regenreichen Nord- und Südalpenketten: im Lauterbrunnental bis 2040 m (LÜDLI, 1921), im Grimselgebiet bis 2170 m (FREY, 1922). Im Weisstannental in den St. Galleralpen bis ca. 2100 m (BOLLETER, 1920), in den Bergamaskeralpen am Pizzo dei Tre Signori bis 2200 m. Seinen höchsten Stand in den Alpen dürfte das *Salicetum herbaceae* bei 3100 m am Gornergrat bei Zermatt erreichen (BR.-BL., 1921, p. 30).

Im niederschlagsreichen Gotthard-Massiv nehmen Mischbestände zwischen dem *Salicetum herbaceae* und *Curvuletum* ziemlich ausgedehnte Flächen ein. Sie sind als *Curvuletum nivale* (BROCKMANN-JEROSCH, 1907) oder *Hygrocurvuletum* (BR.-BL., 1913) beschrieben worden, besitzen aber kaum soziologische Selbständigkeit.

V. Ordnung. *Seslerietalia coeruleae*

(*Seslerietum*-artige Rasengesellschaften)

Die alpinen Trockenrasengesellschaften des **Kalkgebirges** sind durch manche gemeinsame Züge verbunden. Dieselben dominierenden und dynamisch-genetisch wichtigen **Kampfarten** beteiligen sich an ihrem Aufbau, und ihre Zusammensetzung zeigt enge floristische Verwandtschaft. Sie stehen den alpinen **Wiesentypen** der kalkarmen **kristallinen** Ketten floristisch (und auch ökologisch) als wohlumgrenzte, gut geschiedene Einheit gegenüber.

Seslerietalia coeruleae bilden, dem Vorherrschen **kalkreicher** Sedimente entsprechend, den Hauptteil des Rasens im engeren Nationalparkgebiet. So erwünscht auch aus **alpwirtschaftlichen** Gründen eine approximative Schätzung der von ihnen eingenommenen Fläche wäre, so lässt sie sich doch der komplizierten orographischen Verhältnisse halber nicht gut durchflühren. Linientaxierung und ähnliche, in einförmigen Gebieten angewendete Methoden versagen in **unsern** Alpen schon des komplizierten Reliefs und der Unzugänglichkeit **grosser** Gebietsteile wegen.

Ökologisch entsprechen die Assoziationen der *Seslerietalia* den günstigsten Lebensbedingungen der alpinen Stufe. Sie besiedeln die lokalklimatisch bevorzugten, warmen, zeitig schneefreien Hänge und Kuppen von der Waldgrenze bis etwa **2700—2800** m (im Maximum) und zeigen gut durchlüftete, trockene bis frische, nährstoffreiche Böden mit meist lebhafter Bakterientätigkeit an. **Alpwirtschaftlich** sind es ausgezeichnete oder zum mindesten gute Weidetypen mit Ausnahme des *Caricetum firmae* und seiner Varianten, den Anfangsstadien der Berasung.

Die *Seslerietalia* umfassen basiphile bis neutrophile Gesellschaften, die sich unter dem Einfluss des humiden **Alpenklimas** durch Auswaschung und Humusanhäufung in der Richtung gegen die **azidiphilen** Schlussgesellschaften hin entwickeln, wobei einzelne (*Elynetum*, *Festuca violacea-Trifolium-Thalii*-Ass.) den Säuregrad des Bodens stark erhöhen können, und damit die Ansiedlung der azidiphilen Schlussgesellschaften ermöglichen. Dies zu zeigen und durch Zahlen zu belegen sei im folgenden Abschnitt versucht.

Va. *Seslerion coeruleae*

Das *Seslerion coeruleae* begründet in mehreren gut ausgeprägten Assoziationen die **trockenen** Hänge und Bergrücken des Kalkgebirges.

Edaphisch und lokalklimatisch sind die vier Assoziationen, die im Ofengebiet den Verband vertreten, erheblich verschieden: Das *Caricetum firmae* ist an steinige, **erdarme**, flachgründige Standorte mit hohem Kalkgehalt des Bodens gebunden; es ist äusserst kälte- und windhart. Das *Seslerieto-Semperviretum* besiedelt trockene, warme, weniger flachgründige, kalkreiche Böden in warmer, geschützter Lage bei mässiger winterlicher Schneebedeckung.

Die *Festuca violacea-Trifolium Thalii*-Assoziation gedeiht auf frischem, wenig kalkreichem bis **kalkarmem** Boden und benötigt ziemlich langdauernde Schneebedeckung. Das *Elynetum* endlich vertritt das *Caricetum firmæ* an **schneearmen** Windecken, sobald sich **über** dem stark alkalischen Rohboden eine schwach saure Bodenschicht angereichert hat.

Die Gesellschaften des *Seslerion*-Verbandes sind durchwegs an kalkreiche Unterlage gebunden; die Verbands-Charakterarten sind sämtlich kalkstet oder doch kalkliebend, vorwiegend basipbil, zum kleineren Teil mehr oder weniger neutrophil (mit Stern * bezeichnet). Hieher sind zu zählen:

<i>Sesleria coerulea</i> ssp. <i>calcareæ</i>	<i>Oxytropis campestris</i>
* <i>Festuca pumila</i>	<i>Helianthemum alpestre</i>
* <i>Carex rupestris</i>	<i>Gentiana Clusii</i>
* <i>Arenaria ciliata</i> ssp. <i>tenella</i>	<i>Gentiana verna</i> var.
<i>Minuartia verna</i>	<i>Euphrasia salisburgensis</i>
<i>Anthyllis Vulneraria</i> v. <i>alpestris</i>	var. <i>purpurascens</i>
<i>Sedum atratum</i>	<i>Scabiosa lucida</i>
<i>Astragalus alpinus</i>	* <i>Leontodon hispidus</i> v. <i>opimus</i>

Hiezu werden bei umfassenderen Studien über ausgedehnte Gebiete wohl noch zahlreiche weitere Arten kommen.

Es ist bezeichnend für die **Übergangsgesellschaften** des *Seslerion*, dass die Bodenreaktion innerhalb des Verbandes beträchtlich schwankt. Den extrem basiphilen Assoziationen des *Caricetum firmæ* und *Sesleriëto-Semperviretum* stehen das schwach azidiphile *Festucetum violaceæ* und das **mässig azidiphile** *Elynetum* gegenüber. Trotz dieser Abweichungen im **pH-Bereich** ist aber auch das *Elynetum* mit dem *Sesleriëto-Semperviretum* und dem *Caricetum firmæ* floristisch näher verwandt, als etwa mit dem *Curvuletum elynetosum*, der **Elyna-reichen** Subassoziation des *Curvuletums*, das nur auf kalkarmem Substrat gedeiht, aber die selbe H-Ionen-Konzentration des Bodens zeigt wie das typische, normal entwickelte *Elynetum*. Es geht hieraus hervor, dass in diesem Falle die Wirkung des **pH** von einem **überragenderen** Faktor verdeckt wird.

Dieser Faktor, es kann sich nur um einen edaphischen Faktor handeln, scheint das Vorhandensein **aufgeschlossener** Kalziumionen. Sie **können** auf mehrfache Weise ihre Wirkung geltend machen. Im **humusreichen** sauren Boden finden sich hier und dort kleine **Gesteinsbrocken**, oft auch **Kalkfelstrümmer** verstreut, die lokal den Bodenchemismus verändern. Oder der Boden ist flachgründig und die tiefergehenden Wurzeln mancher Arten kommen in Kontakt mit dem **kalkreichen** Untergrund, der oft schon in geringer Tiefe (8 bis 15 cm tief) liegt. **Schliesslich** ist wohl auch eine zeitweilige Aufwärtsbewegung der Basen im Boden nicht ausgeschlossen.

Der Grund, warum selbst beträchtliche **Kalkmengen** (z. B. durch Rieselwasser **herbeigeführt**) die saure Reaktion der *Elynetum*-Humusböden nicht verändern, liegt in ihrer **Pufferung**, wie der eine von uns (J.) einwandfrei **nachgewiesen** hat. Es wäre somit denkbar, dass **Ca-Ionen** zeitweilig oder lokal den Pflanzen zugänglich **sind**, ohne dass der Boden sein **pH** ändert. Es darf in **diesem** Zusammenhang wohl auch der Feststellung von Bouyouccos (1920, p. 31, zit. bei LUNDEGÅRDH, 1925) gedacht werden, der nachweisen konnte, dass die **Bodenflüssigkeit** rings um die Bodenpartikel, also das kapillar gebundene Wasser, eine niedrigere Konzentration haben kann als das **Senkwasser**. Dass auch der **Bakteriengehalt** der

Rhizosphäre gegenüber dem wurzelfreien Boden öfter grösser ist (DÜGGELI, mündl.) sei nur nebenbei bemerkt.

Der Reichtum der *Seslerion*-Böden an Ca-Ionen wirkt wachstumsanregend. Nur die Nitrate (an Lägern und Geilstellen) befördern das Gedeihen und die Stoffproduktion der Alpenpflanzen in noch höherem Masse. Eine Gesellschaft des *Seslerion*, die *Festuca violacea-Trifolium Thalii*-Assoziation zeigt die grösste Stoffproduktion unter den Rasengesellschaften unseres Gebietes.

Bodenverhältnisse und Lokalklima sind im Bereich dieser Assoziation dem Pflanzenwachstum am günstigsten. Nebenstehende Figur 10 zeigt annähernd das Verhältnis der Stoffproduktion bei den einzelnen Gesellschaften des *Seslerion* und ihr pH-Optimum.

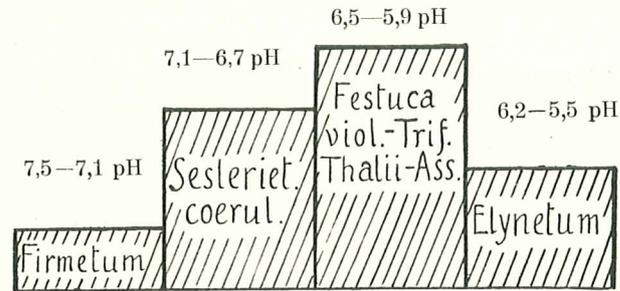


Fig. 10. Relative Stoffproduktion (Jahreszuwachs, approx.) und pH-Optimum der Assoziationen des *Seslerion coeruleae*.

Das Verhältnis der Stoffproduktion bei den einzelnen Gesellschaften des *Seslerion* und ihr pH-Optimum.

10. Caricetum firmae typicum

(*Firmetum*; Polsterseggenrasen)

Die *Carex firma*-Assoziation, erstmals summarisch von KERNER (1863, p. 234) aus den Kalkalpen Tirols, Salzburgs und Oberösterreichs beschrieben, nimmt in den Unterengadiner Dolomiten einen breiten Platz ein. Sie ist die höchstansteigende, wind- und kältehärteste, soziologisch einfachste und auch artenärmste¹ Gesellschaft des Verbandes. Auf 100 m² Fläche enthält sie im Mittel (5 Probeflächen) nur 23 Blütenpflanzen. Moose und Flechten sind in der Regel sehr spärlich beigemischt.

Tabelle VII verzeichnet 14 Assoziationsindividuen aus dem Ofengebiet, eines aus Mittelbünden und 6 aus den Südtiroler Dolomiten.

Die Aufnahmen 1 bis 3 beziehen sich auf die *Carex mucronata*-Subassoziation und stammen: Nr. 1 von Valbella bei Fontauna da Searl, 2500 m. Nr. 2 vom Südhang des Munt La Schera, 2380 m. Nr. 3 aus Val Ftur, 2550 m. Die Aufnahmen 4 bis 6 stellen eine *Dryas*-reiche Fazies dar und sind Initialphasen des *Caricetum firmae typicum*. Die genaueren Lokalitätsbezeichnungen sind: Nr. 4. Mot Madlein, exponierter Grat, 2250 m. Nr. 5. Sesvenna Marangun, 2360 m. Nr. 6. Astras da dora, 2450 m. Die Aufnahmen 7 bis 21 entsprechen der normalen, und wir dürfen wohl hinzufügen, optimalen Entwicklung der Assoziation mit Ausnahme von Nr. 14, die eine moosreiche Fazies darstellt. Diese 15 Aufnahmen stammen von folgenden Punkten: Nr. 7. Südseite der Fuorcla Tavrü, 2830 m. Nr. 8. Westhang des Munt la Schera, 2300 m. Nr. 9. Mot Madlein-Grat, 2360 m. Nr. 10. P. Murtarus, 2370 m. Nr. 11. Munt la Schera, 2450 m. Nr. 12. Valbella, oberhalb Fontauna da Searl, 2500 m. Nr. 13. Piz Daint, 2550 m. Nr. 14. Nordseite des Piz Foraz, 2500 m. Nr. 15. Parpaner Weisshorn, 2400 m. Nr. 16. Pian del Siella an der Boëspitze (Südtirol), 2350 m. Nr. 17. Tierser Alpl gegen Schlern, 2350 m. Nr. 18. Pian del Siella, 2450 m. Nr. 19. Südseite der Rosszähne am Tierserjoch. Nr. 20. Pian del Siella, 2400 m. Nr. 21. Südseite des Innerkoflerturms in der Langkofelgruppe, 2440 m.

Der Vollständigkeit halber führen wir nachstehend auch die in der Tabelle nicht aufgenommenen Begleiter und zufälligen Arten an. Es hat sich nämlich gezeigt, dass derartige anscheinend überflüssige Angaben oft zur späteren andersartigen Auswertung des primären

¹ Wenn KERNER (l. c.) von «unzähligen» Begleitpflanzen spricht, so ist dieser Ausdruck eines Poeten nicht eben wörtlich zu nehmen.

Untersuchungsmaterials unentbehrlich sind. Die Assoziationsindividuen Nr. 3, 4 und 13 sind in der Tabelle vollständig aufgeführt.

Zu Nr. 1 kommen hinzu: *Cetraria nivalis*, *C. juniperina*, *Placodium gypsaceum*, *Kernera saxatilis*; zu Nr. 2: *Polygala alpestris*; zu Nr. 5: *Gypsophila repens*, var. *alpigena*; zu Nr. 6: *Poa alpina*, *Carex ornithopodioides*, *Saxifraga moschata* ssp. *linifolia*; zu Nr. 7: *Viola calcarata*; zu Nr. 8: *Parnassia palustris*, *Vaccinium uliginosum*, *Gentiana campestris*; zu Nr. 9 (innerhalb der 4 m²-Fläche): *Cetraria nivalis*, *C. juniperina*, *Ditrichum flexicaule*; zu Nr. 10: *Cetraria nivalis*, *Hedysarum obscurum*; zu Nr. 11: *Gentiana campestris*; zu Nr. 12: *Thalictrum alpinum*, *Kernera saxatilis*, *Soldanella alpina*; zu Nr. 14 (moosreiche Fazies): *Solorina saccata*, *Scapania curta*, *Fissidens decipiens*, *Ditrichum flexicaule*, *Distichum inclinatum*, *Didymodon rubellus*, *Bryum elegans*, *Meesea trichodes* var. *alpina*, *Myurella julacea*, *Orthothecium intricatum*, *O. rufescens*, *Chrysohypnum chrysophyllum*, *Thalictrum alpinum*, *Saxifraga aizoon*, *Erica carnea*, *Soldanella alpina*; zu Nr. 15: *Saxifraga aizoon*; zu Nr. 16: *Solorina saccata*, *Salix arbutifolia*, *Ranunculus Thora*, *Pinguicula alpina*; zu Nr. 17: *Gypsophila repens* v. *alpigena*, *Ranunculus Thora*, *Hippocrepis comosa*, *Lotus corniculatus*, *Polygala alpestris*, *Athamanta cretensis*, *Gentiana spec.*, *Thymus polytrichus*, *Galium asperum* ssp. *anisophyllum*, *Pinguicula vulgaris* ssp. *leptoceras*, *Carduus defloratus*; zu Nr. 18: *Minuartia sedoides*, *Armeria alpina*, *Veronica aphylla*, *Homogyne alpina*; zu Nr. 19: *Cetraria nivalis*, *Gypsophila repens* var. *alpigena*; zu Nr. 20: *Minuartia sedoides*, *Thymus polytrichus*, *Erigeron uniflorus*, *Blastenia leucoraea*; zu Nr. 21: *Solorina saccata*, *Ditrichum* (?), *Gentiana* (jung; *nivalis*?), *Hieracium spec.*

Organisation, Varianten. — Das *Caricetum firmae* ist stets einschichtig; die strukturell wichtigsten Arten von höchstem Stetigkeitsgrad, die fast in allen Assoziationsindividuen des Gebietes vorhanden sind und auch eine relativ grosse Dichtigkeit zeigen, sind (ausser der dominierenden *Carex firma*) folgende:

<i>Sesleria coerulea</i> ssp. <i>calcareo</i>	<i>Anthyllis Vulneraria</i> v. <i>alpestris</i>
<i>Festuca pumila</i>	<i>Dryas octopetala</i>
<i>Polygonum viviparum</i>	<i>Helianthemum alpestre</i>
<i>Saxifraga caesia</i>	

Auch *Carex rupestris*, *Gentiana Clusii* und *Minuartia verna* sind strukturell ziemlich wichtig.

Aus unserer Tabelle geht deutlich hervor, dass der Minimalraum des *Firmetums* (jene Fläche, die die gesamte normale Artenkombination der Gesellschaft bietet) verhältnismässig klein ist und wohl 10 m² nicht übersteigt. Auch zehnmals grössere *Firmetum*-Individuen sind nicht wesentlich artenreicher als die 10 m²-Fläche, falls die Gleichartigkeit des Vegetationsteppichs nicht durch Einbeziehung fremder Assoziationsfragmente gestört wird. Umgekehrt können 100 m² weniger Arten einschliessen als eine 10 m²-Fläche. Die mittlere Artenzahl der 4 und 10 m²-Flächen weist, sobald diese über ein etwas grösseres Gebiet verteilt sind, grosse Schwankungen auf, und die Artenverteilungskurve ist zur Charakteristik der Gesellschaft kaum zu verwerten.

Die Variantenbildung im *Firmetum* bewegt sich in engen Grenzen. Eine edaphisch bedingte Fazies ist das durch Nr. 14 unserer Tabelle dargestellte *Firmetum muscosum* mit 12 Moosarten, die sich zwischen den Polstern einnisten. Es liegt am schattigen NE-Hang des Piz Foraz in geschützter Einbuchtung, die mindestens 7 Monate lang schneebedeckt bleibt.

Die *Dryas*-reichen Varianten (Nr. 4, 5, 6 der Tabelle) stellen meist Frühstadien dar. Sie haben in offener oder geschützter Lage, bei kurzer oder bei ziemlich langer Schneebedeckung im wesentlichen dieselbe Zusammensetzung und weichen vom optimalen *Firmetum* nur durch etwas geringere Artenzahl und spärlicheres Auftreten von *Sesleria coerulea* ab. Vorläufer dieser *Dryas*-reichen Fazies sind *Dryas*-Teppiche mit stark variierender Begleitflora aus der Gruppe der *Firmetum*-Pflanzen; allermeist ist *Carex firma* selbst schon darin vertreten. Grössere homogene Probeflächen dieser Initialphase des *Firmetums* sind

TABELLE VII

Caricetum firmae

	Ofengebiet														Mitt. Bünd.	Siidtiroler Dolomiten					
	<i>C. mucronata</i> S.-Assoziation			Drgas-Fazies			<i>Firmetum typicum</i>									<i>Firmetum typicum</i> (exkl. Nr. 16)					
Nr. der Assoziations-Individuen . .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Grösse der Assoziationsindividuen . .	3	c. 10	c. 20	25	c. 4	c. 100	c. 20	80	(4) 25	c. 20	100	100	c. 100	c. 100	(4) 10	20	100<	10	8	10	6
Höhe, Meter ü. M.	2500	2380	2550	2250	2360	2450	2830	2300	2360	2370	2450	2500	2560	2500	2400	2350	2350	2450	2460	2400	2440
Exposition	E	S	S	NW	S	E	S	NW	S	NW	NW	S	NW	NE	W	W	S	NW	S	W	S
Neigung	0-5"	0-5°	25°	10°	10"	20	35°	20-30°	12°	15"	15-20"	20°	20°	30"	20°	3-5"	20°	5"	20"	20'	5"
Windeinfluss	extrem	exp.	exp.	exp.	offen	gesch.	offen	exp.	offen	exp.	exp.	exp.	exp.	gesch.	exp.	gesch.	gesch.	gesch.	offen	exp.	exp.
Approx. Schneedauer in Monaten . .	0	0	kurz	0-2	5-6	6-7	3-4	kurz	kurz	0-3	kurz	0-2	kurz	c. 7	0-2	c. 7	6-7	c. 7	kurz	kurz	kurz
Geologische Unterlage	H.-Dol.	W.-Dol.	H.-Dol.	W.-Dol.	Musch.-K.	Musch.-K.	H.-Dol.	W.-Dol.	W.-Dol.	W.-Dol.	Rät	W.-Dol.	H.-Dol.	W.-Dol.	H.-Dol.	Dol.	Dol.	Dol.	Dol.	Dol.	Dol.
Bodenfeuchtigkeit	s.trock.	s.trock.	s.trock.	s.trock.	trock.	trock.	trock.	trock.	s.trock.	trock.	trock.	s.trock.	trock.	trock.	trock.	z.trock.	trock.	z.trock.	s.trock.	trock.	trock.
Azidität (pH)	—	7,1	—	7,2 ¹	—	—	—	—	7,1	—	—	—	—	—	7,1	6,8	—	—	7,3	—	—
Charakterarten:																					
▲ <i>Carex firma</i>	2·2	+·2	+·2	4·3	3·3	4·3	3·3	3·3	4·3	4·3	4·3-4	4·3-4	4·3	3·3	4·3	4·3	4·4	4·3	3·3	3·3	3·3
4 <i>Saxifraga caesia</i>	+	+	—	1·2	1·2	1·2	+	1·2	1·2	1·2	+	+·2	1·2	1·2	+·2	1·2	+	+·2	1·2	1·2	1·2
<i>Crepis Jacquinii</i>	+	1·1	1·1	1·1	+	+	+	1·1	1·1	—	+	+	+	1·1	(+)	+	—	—	—	—	—
<i>Gentiana Clusii</i>	+	1·1	+	—	+	+	+	+	+	+	1·1	+	1·1	+	+	—	1·1	—	—	+	1·1
<i>Chamorchis alpinus</i>	—	—	—	+	+	—	—	+	+	+	+	+	+	—	+	—	—	—	—	—	—
<i>Gentiana lerglovieasis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	1·2	+
<i>Pedicularis rosea</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	+	1·1
Verbands-Charakterarten: ²																					
4 <i>Sesleria coerulea</i> ssp. <i>calcareae</i> . . .	+	+	1·2	+	+	+	1·2	1·2	1·2	1·2	1·2	1·2	1·2	1·2	1·2	+	1·2	1·2	+·2	1·2	1·2
4 <i>Anthyllis Vuln.</i> v. <i>alpestris</i>	1·1	1·1	1·1	+	1·1	1·1	+	+	1·1	+	1·1	1·1	1·1	1·1	1·1	—	1·2	—	+	+	+
4 <i>Helianthemum alpestre</i>	—	+	1·2	+	1·2	1·2	+	+·2	(+)	+	1·2	+	2·2	1·2	1·2	+	2·2	—	2·2	1·2	1·2
4 <i>Fesluca pumila</i>	+	+·2	—	+·2	+	1·2	1·2	+	+	+	1·2	+	—	1·2	1·2	+	2·2	1·2	+	1·2	1·2
4 <i>Carex rupestris</i>	—	+	—	1·1	—	+	+	+	1·1	1·1	1·1	+	+	+	—	+	—	—	—	+	1·1
4 <i>Minuarlia verna</i>	—	—	+	—	+	+	+	+	(+)	+	+·2	+	1·1	1·2	+	+	—	—	+	+	+
<i>Sedum atralum</i>	—	—	+	—	+	+	+	—	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	+	+
<i>Arenaria ciliata</i> ssp. <i>tenella</i>	—	—	—	—	—	—	+	—	(+)	—	+·2	+	+	+	—	—	—	—	—	+	+
<i>Euphrasia salisburgensis</i>	—	—	—	+	+	+	—	+	—	—	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	+
4 <i>Carex mucronata</i>	3·4	4·4	4·3	—	—	—	2·3	—	(+)	—	—	—	+	+	1·2	—	—	—	—	—	1·2
<i>Gentiana verna</i> var.	—	+	—	—	—	—	+	+	—	+	—	—	+	—	(+)	—	—	—	+	+	+
<i>Leontopodium alpinum</i>	—	1·2	—	—	—	—	—	—	(+)	—	—	—	—	—	—	—	1·1	—	+	—	+
Ordnungs-Charakterarten:																					
<i>Aster alpinus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	(+)	—	—	+	—	—	—	—	+	—	+	—	+
<i>Astragalus alpestris</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	+	—	—
<i>Oxytropis campestris</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Begleiter:																					
▲ <i>Dryas octopetala</i> (incl. v. <i>vestita</i>) .	1·2	1·3	2·3	2·3	2·2	2·3	1·2	1·3	1·2	1·2	1·3	1·3	1·2	1·2	1·2	2·3	+·3	+·2	+·2	+·2	1·2
<i>Polygonum viviparum</i>	—	—	+	+	+	1·1	+	+	+	+	+	+	1·1	+	—	+	—	+	+	+	+
<i>Bartsia alpina</i>	—	—	+	—	+	—	+	+	—	+	—	+	1·1	+	+	+	—	—	+	+	—
† <i>Agrostis alpina</i>	—	—	—	+	—	1·1	—	1·2	—	+	—	+	—	+	—	+	+·2	—	—	+	+
† <i>Elyna myosuroides</i>	—	—	—	+·2	—	+·2	+	—	1·2	+·2	—	—	—	—	1·2	+·2	—	—	+·2	+	1·2
<i>Draba aizoides</i>	—	—	+	—	+	+	+	—	—	+	+	+	1·1	+	—	+	—	+	—	—	—
<i>Silene acaulis</i>	—	—	—	+	+	+	+	—	—	—	—	—	1·2	+·2	+·2	+·2	+·2	+·2	1·2	+·2	1·3
<i>Selaginella Selaginoides</i>	—	—	—	—	—	+	—	+	—	—	+	—	—	+	+	—	—	—	—	—	—
<i>Carex ericetorum</i>	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—	—	—	+	+
<i>Arabis pumila</i>	—	—	—	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	+	—	+	+
<i>Biscutella laevigata</i>	—	—	—	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	+	—	+	+	—	—	+	—
<i>Bellidiastrum Michelii</i>	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	+	(+)	1·1	+	+	—	+	1·1
4 <i>Salix retusa</i> incl. ssp. <i>serpyllifolia</i> .	—	—	—	—	—	—	+·2	+·2	—	—	—	—	—	—	—	—	1·3	+·3	+·2	—	1·2
† <i>Globularia cordifolia</i>	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+·2	+·2	—	—	—	1·2	—	—	—	1·2
† <i>Salix reticulata</i>	—	—	—	—	—	+·2	—	—	—	—	—	—	+	+·2	—	—	—	+·2	—	—	—
<i>Campanula Scheuchzeri</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	+
— <i>cochlearifolia</i>	—	+	+	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	—	—	+
<i>Celraria islandica</i>	+	+	—	+	+	—	—	—	1·1	1·2	+	+	—	+	+	+	—	+	+	+	+
<i>Cladonia pyxidala</i>	—	—	—	—	+	—	—	—	(+)	+	—	—	—	—	+	+	—	+	—	+	+
<i>Thamnotia vermicularis</i>	+	+	—	—	—	—	—	—	+	+	—	+	—	—	+	—	—	—	+	—	+
<i>Psora decipiens</i>	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+
<i>Tortella tortuosa</i>	+	+·2	—	—	+	+	—	—	(+)	—	—	—	—	—	—	—	+·2	—	—	—	+
Differenzialarten der Siidtirolerrasse:																					

und 13 sind
Carex ornitho-
juniperina, Di-
campestris; zu
Solo, ina
ymodon rubellus,
ufescens, Chryso-
lpina; zu Nr. 15:
nicula alpina; zu
iculatus, Polygala
nisophyllum, Pin-
alpina, Veronica
Nr. 20: Minuarlia
na saccata, Dilti-

 htig; die struk-
 tionsindividuen
 en, sind (ausser

estris

 ziemlich wichtig.
Firmetums (jene
 verhältnismässig
 12-Individuen sind
 des Vegetations-
 wird. Umgekehrt
 mittlere Artenzahl
 biet verteilt sind,
 eristik der Gesell-

 a. Eine edaphisch
um muscosum mit
 tigen NE-Hang des
 neebedeckt bleibt.
 t Frühstadien dar.
 ich langer Schnee-
 om optimalen Fir-
 1 von *Sesleria coe-*
 t stark varrierender
firma selbst schon
 es *Firmetums* sind

Differentialarten der Südtirolerrasse:																					
<i>Sesleria sphaerocephala</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.2	+2	1.2	2.2	+2	1.2
<i>Achillea Clavenae</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+1	1.1	—	1.1	+1	+2
<i>Valeriana saxatilis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	+	+
<i>Potentilla nitida</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+4	—	+3	—	—
<i>Soldanella minima</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+
<i>Pedicularis rostrato-capitata</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	+
<i>Phyteuma Sieberi</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	—

Die fetten Zahlen sind Mittelwerte.

Inklusive übergreifende Charakterarten.

schon der Erosion und Treppenbildung wegen nicht leicht aufzutreiben. Ein 35°S geneigter Geröllhang am Piz del Fuorn (2600—2700 m, Hauptdolomit), war durch *Dryas*- und *Salix serpyllifolia*-Polster gefestigt (Sukzession auf *Thlaspeetum papaveretosum*). Sie enthielten reichlich *Carex firma* und *Saxifraga caesia*; ferner: *Sesleria coerulea*, *Festuca pumila*, *Carex rupestris* (besonders am Rand), *Polygonum viviparum*, *Silene acaulis*, *S. vulgaris* ssp. *prostrata*, *Ranunculus alpestris*, *Draba aizoides*, *Arabis pumila*, *Gentiana Clusii*. Einzelne Quadratmeter zeigen bald ein Hervortreten von *Festuca pumila*, oder von *Sesleria coerulea*, *Silene acaulis*, *Carex rupestris*, meist aber von *Carex firma* selbst. Die Artenzahl dieser *Salix serpyllifolia*- oder *Dryas*-«Heiden» hängt von ihrer Lage und vor allem von ihrem Alter ab. Ein Meterquadrat eines *Dryas*-Teppichs vom Pian del Siella (Dolomiten) enthielt spärlich: *Festuca pumila*, *Sesleria sphaerocephala*, *Carex firma*, *Silene acaulis*, *Biscutella laevigata*, *Helianthemum alpestre*, *Bellidiastrum Michelii*; ein anderes vom Schlern mit reichlicherem Vorkommen von *Carex firma* (2·2) vereinzelt: *Sesleria sphaerocephala*, *Carex rupestris*, *Silene acaulis*, *Saxifraga caesia*, *Helianthemum alpestre*, *Achillea Clavenae*.

Bei günstigeren Bodenverhältnissen, geringerer Neigung und besserer Wasserversorgung steigt die Zahl der Begleitarten, während *Dryas* selbst weniger exklusiv das Feld beherrscht.

Beispiel: Initialphase von *Dryas* mit *Carex firma* und *C. rupestris* am Munt Buffalo, 2550 m. *Dryas* (4·4), *Carex firma* (2·2), *C. rupestris* (1·i), *Sesleria coerulea* (1·i), *Selaginella Selaginoides*, *Agrostis alpina*, *Polygonum viviparum*, *Salix reticulata*, *Silene acaulis*, *Ranunculus alpestris*, *Anthyllis alpestris*, *Gentiana Clusii*, *Bartsia alpina*, *Bellidiastrum Michelii*, *Crepis Jacquini*. An windexponierten Kämmen sind einige Windflechten wie *Thamnolia*, *Cetraria juniperina*, auch *Cetraria islandica*, *Blastenia leucoraea* in die *Dryas*-Teppiche verwoben. In der Gipfelstufe oberhalb 2600 m wird *Dryas* gelegentlich durch *Salix serpyllifolia* als Firmetum-Pionier ersetzt. Die *Salix serpyllifolia*-Initialphase des Firmetums ist aber anspruchsvoller in Bezug auf Wasserversorgung und Windschutz und daher mehr auf vertiefte Schuttkehlen, Kamine und Nischen der Felshörner beschränkt.

Die Pioniergesellschaft von *Dryas* mit *Carex firma* erscheint auch als wichtiger Festiger und Beraser der «Schwemmgeröllzungen» (nicht mit Fließerde zu verwechseln, die im Dolomitgebiet nicht vorkommt). Diese Schwemmgeröllzungen verdanken ihre Entstehung der langsamen Abspülung feiner bis mittelgrosser Gesteinsfragmente durch Regen- und Schmelzwässer, welche, durch die Bodenplastik gezwungen, stets die gleichen Abflussbahnen verfolgen und besonders bei heftigen Gewittern viel Material umlagern. Prachtvolle Schwemmgeröllzungen finden sich bei Giufplan, am Piz del Fuorn, am Aufstieg von Laschadurella gegen Stragliavita rechts des Fusspfads. Die etwa 10 m langen, 3 m breiten und ½ m hohen Schutzzungen am Piz del Fuorn (2550 m) laufen von der Steilhalde auf einen Bergvorsprung aus und sind grösstenteils von *Dryas* und *Carex firma* berast, mit Ausnahme eines ziemlich schmalen, längslaufenden Schuttscheitels, der die Zuflussrinne darstellt.

Lebenshaushalt, Entwicklung. — Vom Wild und von Schafen und Ziegen selten besucht, ist das Caricetum *firmae* eine rein edaphisch und lolralklimatisch bedingte Dauer-gesellschaft. Es hält sich ausschliesslich an humusarme, steinige Verwitterungsböden kalkreicher Gesteine und gedeiht am besten auf kompaktem Kalk und Dolomit, Schutt und plattig abwitterndem Fels. Im Gegensatz zum *Seslerieto-Semperviretum* der Steilhänge zieht

es massig geneigte Halden vor. Ausgeprägte **Treppenbildung** ist daher im *Caricetum firmae* seltener zu beobachten. Der Rasenschluss ist offen und deckt öfter nur $\frac{2}{3}$ bis $\frac{3}{4}$ des Rohbodens. Bodenfeuchtigkeit, Schneebedeckung und Windschutz sind **sekundäre Faktoren**, die nur in extremen Fällen im Optimalbereich der Assoziation bestimmend einwirken. Das *Firmetum* erträgt ziemlich langdauernde Schneebedeckung und mässige Bodenfeuchtigkeit (namentlich die moosreiche Fazies), trotzts aber auch an ständig schneefreien, exponierten Kämmen den austrocknenden Winterstürmen und dem **Schneegebläse**. An Windecken sind die Polster seitlich oder vom erhöhten Zentrum aus erodiert (Tonsurierung) und erreichen kein hohes Alter. **Übermässig langdauernde** Schneebedeckung, auch nur während eines einzigen Sommers, hat den Tod der Pflanze zur Folge. Im **schneereichen** kalten Jahr 1920 wurden einzelne Hochkare sehr spät oder gar nicht schneefrei. Im darauffolgenden Sommer waren im Ofengebiet **hunderte abgedorrter**, vergilbter Firmapolster stellenweise derart **regelmässig** in den Vertiefungen angeordnet, dass die Höhe des ausdauernden **Schneeflecks daran** abgelesen werden konnte.

Das *Firmetum* ist die **einzige Rasenassoziation** **stets** basisch reagierender **Rohböden**.¹ Ihre H-Ionenkonzentration ist **infolge** der **Pufferung** äusserst konstant. Ihr mittlerer pH-Wert beträgt (21 Proben) **7,2—7,3 pH**. Schon daraus kann auf geringe **Roh-Humusanhäufung** geschlossen werden. Die Pflanzenreste werden rascher zersetzt als im sauren Boden; der Glühverlust des Bodens beträgt 10—29 % (Mittel aus 7 Proben 22 %); der mittlere Humusgehalt ist demnach erheblich geringer als 22 % (*Elynetum* 40 %). **Aziditätsändernd** können daher nur neutrophil-basiphile Horstpflanzen, die sich **schon** bei geringer **Wasserstoffionen-Konzentration** einstellen, wirken. Als **solche** kommen vor allem in Betracht:

Festuca pumila

Agrostis alpina

Sesleria coerulea ssp. *calcareo*

Elyna myosuroides

Namentlich *Festuca pumila* und *Sesleria coerulea* fehlen schon in den **Frühstadien** der **Berasung** selten. Später erscheinen in der Regel *Agrostis alpina* und *Elyna*. Da **beide** auch recht hohe H-Ionenkonzentration ertragen, sind sie ganz besonders wichtige **Triebäder** des Vegetationswandels und befördern auch die **Bodenbildung**, wo immer ihre Ausbreitung nicht durch lokalklimatische Verhältnisse gehemmt wird.

In den hohen Dolomitketten sorgen die gewaltige Abtragung und Verwitterung dafür, **dass** der **Vegetationskreislauf**, **stetsfort sich** erneuernd, nie zu dauerndem Abschluss gelangt. Nur in mittleren Höhenlagen, soweit die **Glazialphänomene** oberflächengestaltend eingewirkt, gerundete Gipfelkuppen (La **Schera**, **Minschun**), schwach geneigte **Talschultern** und **Hochplateaux** geschaffen haben, ist die Möglichkeit der Ansiedlung des klimatischen **Klimax** gegeben. Hier stellt das *Caricetum firmae*, so eigentümlich es erscheinen mag, ein Initialstadium des *Curvuletums* dar. Wenn der angedeutete Entwicklungsgang selten überzeugend demonstriert werden kann, so liegt dies **daran**, dass die Steilheit der Hänge der **klimatischen** Bodenbildung ungünstig sind und eine Podsolierung oder **Versauerung** auch wegen fortdauernder **Bestreuung** mit **Kalkschutt** nicht oder nur schwer stattfinden kann.

Viel klarer Siegt die **Genese** des *Caricetum firmae* selbst **und** seiner Weiterentwicklung zum *Seslerietum coeruleae* und zum *Elynetum*. Die Beobachtungen von E. FURRER (1915, 1823) und W. LÜDI (1921) stimmen mit den unsrigen weitgehend **überein**.

Carex firma ist wegen **ihrer** flachen **Bewurzelung** viel eher ein Pionier auf Fels-, als

¹ Der Kalkgehalt dieser Böden ist sehr hoch. Wir fanden Werte von 30 bis 92 % CaCO₃.

auf Schuttboden und leidet von unsern Horstbildnern am meisten unter Steinschlag und Lawinen. Entwurzelte Firmapolster besäumen öfter die Lawinenbahnen. In der Regel werden Geröll und Schwemmschutt zuerst von Spaliersträuchern gefestigt. Bald übernehmen *Dryas octopetala*, bald Spalierweiden (*Salix retusa*, *S. serpyllifolia*, *S. reticulata*), seltener *Globularia cordifolia* und *Helianthemum alpestre* die Führerrolle. Von höchstem aufbauendem Wert für das Caricetum *firmae* ist *Dryas*, der Schuttfestiger par excellence. An windexponierten Kämmen der Unterengadiner Dolomiten wird der Typus der Art oft durch die silberig schimmernde, kleinblättrige, extrem kälteharte Varietät *vestita* Beck ersetzt. Derartige windausgesetzte *Dryas*-Polster zeigen oft die Abrasionswirkung der Schneekristalle. Die Stämmchen sind entrindet, angefeilt, vielleicht schon abgestorben. Aber der Teppichsaum heftet sich mit Adventivwurzeln fest und wächst im Schutze des abgestorbenen Polsterteils peripherisch fort. Ähnliches berichtet WALTON (1923) über das Vorkommen von *Dryas* auf Spitzbergen.

Die Kriechstrauchteppiche bilden vorzügliche Keimbeete für basiphile und indifferente Rohbodenpflanzen. Ihre Humusproduktion ist dagegen geringer als man annehmen möchte und es wird, solange nicht horstbildende Ansiedler sich in den Teppichen verankern, die aufgespeicherte und aufgefangene Feinerde in der Regel nicht neutralisiert. Die reinen *Dryas*-, *Salix serpyllifolia*-, *S. retusa*- und *S. reticulata*-Teppiche, wie auch die *Globularia cordifolia*- und *Helianthemum alpestre*-Polster auf Kalkrohoden ergaben stets neutrale bis basische Reaktion (pH 7,3—6,9), sind also vorerst nur für Kalkpflanzen und bodenvage Arten besiedelbar. Drei wichtige Rasenbildner machen sich in den Teppichen den Platz streitig: *Festuca pumila*, *Sesleria coerulea* und *Carex firma*. Dass die Polstersegge an nicht zu steilen Hängen bei definitiver Festigung der Strauchteppiche in der Regel siegt, dürfte ihrer Wuchsform zuzuschreiben sein. Bei flacher «liederlicher» Bewurzelung in den bodenarmen Teppichen vermag sie ihre schildartig dicht zusammenschliessenden Polster vorzuschieben, bevor die sich tiefer verankernden Gramineen genügend erstarkt sind. Der Strauchteppich wandelt sich so allmählich in ein Caricetum *firmae* um. Diese Sukzession ist in die Augen springend und lässt sich an Hunderten von Punkten der Schweizer- und Tiroler-Alpen verfolgen. Einem Skeptiker, der einwenden könnte, es handle sich hier um blosses Nebeneinander, nicht aber um zeitliche Folgestadien, möchten wir erwidern, dass die Ausbreitung von *Carex firma* auf Kosten der *Dryas*-Teppiche einwandfrei hervorgeht aus dem öfteren Vorkommen toter, überwachsener *Dryas*-Skelette im geschlossenen Firmetum.¹ Andererseits zeugt auch die häufige Umrahmung oder Berandung des optimalen Firmetums durch ein mehr oder weniger breites Spalierstrauchband für die Genese der Assoziation (s. Fig. 11, 12). Die Randzone von *Dryas* entspricht hier einer Initialphase des Firmetums, das sich marginal ausbreitet. Figur 12 zeigt deutlich das seitliche Vordringen der *Dryas*-Pioniere und des darauffolgenden Firmetums im Kalkgeröll des Schlern.

Hat das Firmetum einmal Fuss gefasst, so hält es sich dauernd an den steileren Stellen in Hochlagen und an felsigen Windecken. Eine Änderung erfolgt nur, wenn der Rasen durch Winderosion zerstört wird. Dann treten die Spalierstrauch-Pioniere von neuem in Tätigkeit.

Anders in günstigeren tieferen Lagen etwa von 2300 bis 2600 m. Wie LUDI (1921) hervorhebt, verlangt *Carex firma* einen flachgründigen Rohboden, ist aber selbst humus-

¹ E. FURRER erwähnt solche auch aus dem Firmetum der Abruzzen (l. c. 1924).

schaffend und zieht sich so recht eigentlich den Boden unter den Füßen weg. Der Zunahme der Humus- und Feinerdeschicht geht auch hier eine

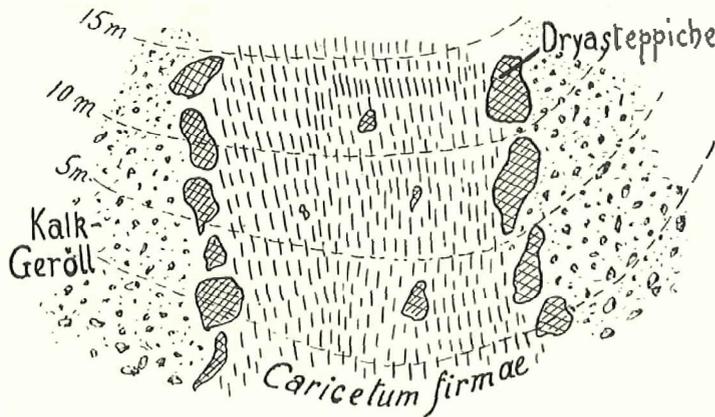


Fig. 11. Seitliche Ausdehnung des *Firmetums* im Kalkgeröll am Parpaner Weisshorn, 2400 m.

Berieselung mit kalkreichem Wasser stattfindet, wird die basiphil-neutrophile *Sesleria coerulea* mit ihren obligaten Begleitern herrschend. Das *Firmetum* entwickelt sich in der Richtung gegen das *Seslerieto-Semperviretum* und kann durch dieses ersetzt werden (Piz del Fuorn, Piz Daint etc., in Südtirol zu beobachten am Südfuss des Innerkofler Turms in der Langkofelgruppe).

Der zweite Haupt-Entwicklungsgang hat weiter fortgeschrittenen Neigungsausgleich zur Voraussetzung. Er scheint sich nur auf flachen bis mässig geneigten Rücken und Hochflächen auszuwirken, wo die klimatische Bodenbildung normal und ungestört fortschreitet, wo mithin Zufuhr von **Kalkschutt** und Berieselung mit **kalkreichem Wasser** nahezu ausgeschlossen ist.

Das Problem, das sich an diese Sukzession kalksteter **extrem** basiphiler Gesellschaften über neutrophile bis mässig **azidiphile** zu extrem azidiphilen knüpft, ist auch theoretisch von hoher **Bedeutung**. Mit ihm steht und fällt die sogenannte **Klimaxhypothese**. Wir haben dieser Frage daher schon seit Jahren ganz besondere Aufmerksamkeit zugewendet.

Zur Kontrolle der im Nationalpark gemachten Beobachtungen haben wir (B.) 1925 diese Sukzessionsserie auch in den Südtiroler Dolomiten, dem ausgedehntesten Kalkgebiet der Alpen, zu fassen versucht, und wir hatten die Freude, völlige **Übereinstimmung** zu finden. Folgenden Ausführungen dürfte also weitgehende Allgemeingültigkeit zukommen, sodass gerade diese prinzipiell wichtige **Entwicklungsserie** heute als feststehend gelten kann.

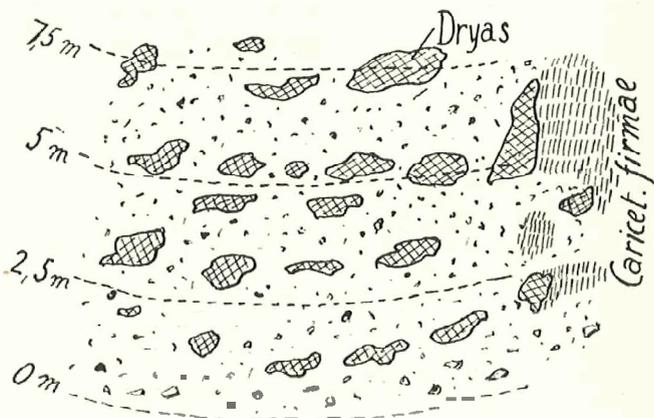


Fig. 12. Vordringen der *Dryas*-Teppiche und des *Firmetums* längs Gesteinsfugen im Kalkgeröll am Schlern, bei 2600 m.

allmähliche Aziditätsänderung und Änderung des Dispersitätsgrades des Bodens parallel. Die freien OH-Ionen treten gegenüber den H-Ionen mehr und mehr zurück, die Oberschicht versauert. Dadurch werden **natürlich** die **Bedingungen** für das Gedeihen der basiphilen *Carex firma* immer **ungünstiger**. In den **Rasenpolstern** siedeln sich neutrophil-basiphile Arten an und gewinnen auf Kosten des *Firmetums* und seiner **Charakterarten** an Raum.

Zwei hauptsächlichste Entwicklungsmöglichkeiten sind festzustellen. An stärker geneigten Hängen, **sowie überall, wo dauernde Bestreuung** mit Kalk-Sturzschutt oder

Unter den oberwähnten Voraussetzungen, an schwachgeneigten Stellen mit reichlich Feinerde, nistet sich *Elyna myosuroides* im *Caricetum firmae* ein und dehnt sich durch **Seitensprossbildung** allseitig aus. *Festuca pumila* und *Sesleria coerulea* sind gleichfalls vorhanden; ihre **dynamisch-genetische** Bedeutung tritt hier aber gegenüber dem erstgenannten, überaus wichtigen Bodenbildner zurück. Die stärkere reaktionsändernde Kraft der *Elyna* gegenüber *Carex firma*, *C. rupestris*, *Festuca pumila* u. a. A. liegt einmal in der überaus reichlichen **Humusproduktion**, vielleicht aber auch in der Bildung besonders **«aktiver»** Humusverbindungen. Wir dürfen heute als gesichert betrachten, dass die chemische und physikalische Zusammensetzung der Humusstoffe verschiedener Pflanzenarten auch unter sonst übereinstimmenden Aussenverhältnissen weitgehende Unterschiede aufweist, vom Grad der Zersetzung ganz abgesehen. Die Reaktionsänderung des Bodens durch *Elyna* lässt sich am Grat des Mot Madlein (2300—2400 m) auf Wettersteindolomit aufs schönste nachweisen. Das *Caricetum firmae* tritt hier allgemein als Rasenpionier auf und geht auch mehrfach in *Elynetum* über. Zahlreiche Erdproben aus dem Wurzelbereich von *Carex firma* ergaben hier stets basische Reaktion (7,4—7,1 pH). Einzelne isolierte *Elyna*-horste im *Firmetum* dagegen ergaben 6,8 pH, während umgekehrt Gares *firma*-Polster im *Elynetum* (höchst wahrscheinlich Relikte des vorangegangenen *Firmetums*) wieder basische Reaktion (7,1 pH) zeigten. Die erhöhte Humusproduktion des **Nacktriedgrases** (vergl. Abschnitt *Elynetum*) bewirkt **verhältnismässig** rasch die Isolierung der **flachwurzelnden Firmetum-Begleiter** (und von *Carex firma* selbst) vom basischen Untergrund. Während die bodenvagen und manche neutrophile Arten dadurch nicht beeinträchtigt werden, verschwinden die basiphilen (vor allem *Saxifraga caesia*, *Crepis Jacquini*, *Gentiana Clusii*, *G. tergloviensis*, *Pedicularis rosen* etc.) und an ihre Stelle treten die **Charakter- und Differentialarten** des *Elynetums*. Da aber **Rohhumusanreicherung** im Klimaxgebiet des *Caricion curvulae* stets einer Bodenversauerung gleichkommt, muss sich die steigende **H-Ionenkonzentration** auch in den Bodenproben dieser Entwicklungsphasen nachweisen lassen. Dass dies wirklich zutrifft, zeigt folgende **Beobachtungsreihe** vom Grat des Mot Madlein.

<i>Caricetum firmae</i> →	<i>Caricetum firmae</i> →	<i>Caricetum firmae</i> →
(unter <i>Carex firma</i>)	(unter <i>Dryas</i> -Teppichen)	(unter <i>Elyna</i> -Horst)
pH 7,4—7,1	7,1—6,9	6,8
CaCO ₃ 15—66 ‰	bis 92,4 ‰	10,7 ‰

<i>Firmeto-Elynetum</i> →	<i>Elynetum</i>
(Mischung)	
pH 6,7	5,8
CaCO ₃ —	0 ‰

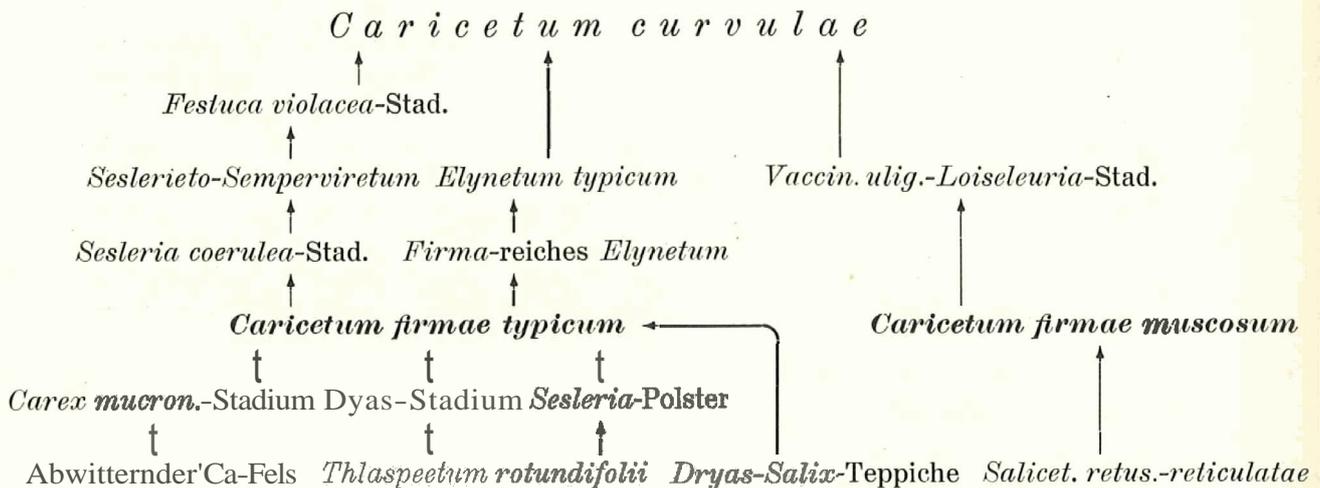
In der Sellagruppe (Südtirol), wo das *Caricetum firmae* ausgedehnte Flächen beherrscht, fanden wir auf Dolomitboden ähnliche Werte mit einem noch etwas höhern Säuregrad im *Elynetum*: 5,6 pH. Das untersuchte, ca. 20 m² grosse *Elynetum*, das einzige, das wir im **obern** Val Lasties (zwischen Boespitze und Sella) aufspüren konnten, rings von *Firmeten* umgürtet, krönte einen flachen **Dolomit-Schuttrücken** im Zentrum des Hochkars Pian del Siella (2350 m). Dieser weite, wilderhabene **Felszirkus** liegt ganz im Streubereich des Steinschlags; daher das Vorherrschen des *Firmetums*. Der erwähnte, zentral gelegene

Schuttrücken allein bietet die Möglichkeit ungestörter Bodenbildung, nur hier war unter den gegebenen **Verhältnissen** überhaupt ein Elynetum zu erwarten.

Weitere, die Sukzession *Firmetum* → Elynetum dokumentierende Beispiele bieten der Ausläufer des Piz **Murterus** M Val del Aqua und der Piz del Fuorn; in den Dolomiten der **Schlern** und das Tierser **Jöchl**.

Neben den wichtigen Sukzessionen, die vom *Firmetum* zum *Sesleriето-Semperviretum* und zum Elynetum führen, sei noch als weitere **Entwicklungsmöglichkeit** die Umwandlung des *Firmetums* in das *Loiseleuriето-Vaccinion* erwähnt, die **LÜDI** (1921, p. 170) bespricht. Sie ist im Ofengebiet nur angedeutet.

Folgendes Schema verdeutlicht die **genetische** Stellung der um das *Firmetum* gravitierenden Gesellschaften:



Verbreitung. — Im subkontinentalen Unterengadin ist das *Firmetum* auf die alpine Stufe beschränkt. Es **erscheint** in kleinen Flecken an der Baumgrenze bei ca. 2240 m, wo

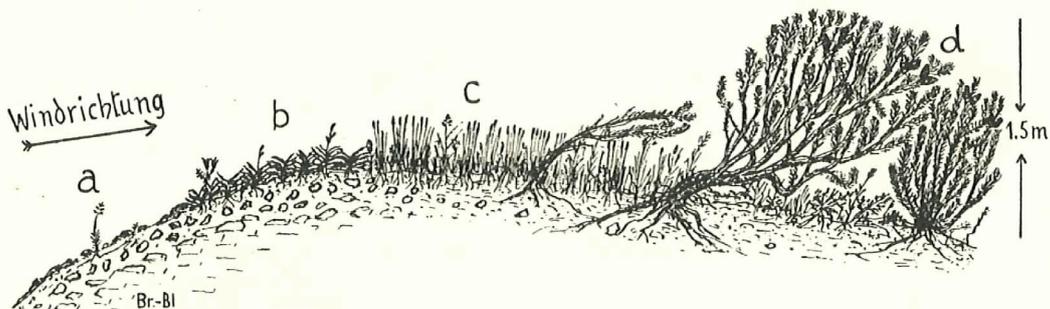


Fig. 13.

Firmetum (b) mit *Elynetum* (c) alternierend am windgeflgen Grat des **Mot Madlein** bei Scarl, 2250 m.

a = Kalkschutt; d = *Pinus montana prostrata*-Gebüsch

es **strauchfrei** gehaltene Windecken im **Krummholzgebiet** in Beschlag nimmt und gelegentlich mit Elyna-Beständen alterniert (**Mot Madlein**) (s. Fig. 13). Seine Hauptverbreitung reicht von 2350 bis 2600 m; aber vereinzelte *Firmetum*-Rasen stossen in günstigen Lagen bis 2830 m vor (siehe Tab. VII, Nr. 7). Auch in den Südtiroler Dolomiten ist die Assoziation

alpin und reicht im Schlerngebiet und in Fassa von 2200 bis 2600 m. Die hauptsächlichsten Konstituenten sind hier trotz der beträchtlichen Entfernung (Ca. 200 km Luftdistanz) dieselben wie im Unterengadin und in Mittelbünden. Allerdings zeichnen sich die Südtiroler Firmeta vor den bündnerischen durch grösseren Artenreichtum aus, was wohl damit zusammenhängt, dass sie ihren Florenbestand seit dem mittleren Quartär ungeschmälert erhalten konnten. Von Charakterarten, die Graubünden fehlen, treffen wir in Südtirol *Pedicularis rosea* und *Gentiana tergloviensis*, zwei extrem basiphile Kalkpflanzen. *Saxifraga caesia* steht in Südtirol zum Caricetum firmae in viel festerem Gesellschaftsverhältnis als in den Schweizeralpen. Während sie in der Schweiz oft auch Felsritzen des *Potentillion*-Verbandes besiedelt, wird sie in den Dolomiten an derartigen Standorten durch die besser angepasste *Saxifraga squarrosa* konkurrenziert und meist verdrängt. Von **strukturell** wichtigen Begleitern, welche im **Südtiroler** Firmetum kaum je fehlen, seien *Silene acaulis* und die ostalpinen Endemismen *Sesleria sphaerocephala* und *Achillea Clavenae* hervorgehoben. Das ganze Gefüge der Assoziation erscheint in den Dolomiten fester; die diagnostisch und strukturell wichtigen Arten sind zahlreicher; die Assoziation spielt auch territorial **eine** viel wichtigere Rolle als weiter westlich: alles Gründe, die den Ausbreitungsherd der Assoziation in den Ostalpen vermuten lassen. **Darauf** deutet auch die sukzessive Verarmung des *Firmetums* gegen Westen. Der postglazialen Ausbreitung der Assoziation gegen Westen und gegen die zentralen Ketten sind die Begleitarten nur teilweise gefolgt. Man kann mehrere Abschnitte, die mit **Westgrenzen** von Firmeturn-Arten zusammenfallen, unterscheiden. Eine solche Etappe liegt im oberen Eisacktal, wo *Gentiana tergloviensis*¹, *Pedicularis rosea* und *Phyteuma Sieberi* Halt machen; eine zweite im obersten Addatal, das für *Achillea Clavenae* (in den südlichen **Voralpen** bis zum Generoso) und *Sesleria sphaerocephala* (Sassalbo im Puschlav) die Westgrenze bildet. Ein Ersatz dieser Artenabnahme aus der bodenständigen Flora der betreffenden Gebiete fehlt, sodass wir das ostschweizerische Firmetum als eine verarmte Rasse des südostalpinen auffassen können.

In den Kalkalpen der Schweiz erscheint das Caricetum firmae ziemlich verbreitet. Im Lauterbrunnental steigt es nach **LÜDI** auch in die subalpine Stufe herab; dasselbe ist der Fall in der polnischen Tatra (**SZAFER, PAWLOWSKI** und **KULCZYNSKI** 1923). Ob hierfür das feuchte niederschlagsreiche Klima im einen, die nördlichere Lage im anderen Fall ausschlaggebend sind, oder ob edaphische Verhältnisse das Herabsteigen begünstigen, muss hier dahingestellt bleiben. Obschon *Carex firma* auch in den Westalpen vorkommt, haben wir die Assoziation dort nicht beobachtet und kennen auch keine Angaben. Dagegen werden von **FURRER** (1924) Firmeta aus den Abruzzen (Gran Sasso-Massiv) gemeldet.

10a. Subassoziation von *Carex mucronata*

(*Firmetum caricetosum mucronatae*)

Zu dieser Subassoziation gehören **die** Aufnahmen 1 bis 3 unserer Firmetum-Tabelle. Die dominierende Differentialart *Carex mucronata* spielt im Firmetum typicum soziologisch eine untergeordnete Rolle. Sie vertritt *Carex firma* an den windexponiertesten, ständig blossgefegten Kuppen und Bergrippen sowie an steilen Halden, wo sie den feinen, zusammengebackenen Dolomitschutt **festhält**. Die Steilhänge in der Südflanke des Piz Ftur

¹ *Gentiana tergloviensis* und *Pedicularis rosea* erscheinen wieder in den Westalpen.

und im Aufstieg zur Forcletta del Val del Botsch tragen ausgedehnte Bestände des krausen, wenige Zentimeter hohen *Carex mucronata*-Rasens. Der dichte Schluss der ineinander verfilzten Horste und die vegetationsfeindliche Natur des Standorts erklären die beispielelose Artenarmut der Gesellschaft. Es sind ausschliesslich Begleiter des *Firmetum typicum*, die anspruchslosesten, trockenhärtesten Arten, die sich dem *Firmetum caricetosum mucronatae* beimischen. An etwas bodenoffenen Windecken kommen noch einige ausgesprochene Windflechten, vor allem *Thamnolia vermicularis*, *Cetraria juniperina*, *Placodium (Squamaria) gysaceum*, hinzu.

Durch Windverhältnisse bedingte Rasen-Zonation, wobei an der exponierten Gratkante *Firmetum caricetosum mucronatae* das angrenzende *Firmetum typicum* vertritt, ist am Ausgang von Valbella oberhalb Fontauna da Scarl zu beobachten.

In ihren edaphischen Ansprüchen stimmen das *Firmetum typicum* und die *Carex mucronata*-Subassoziation weitgehend überein, was schon aus der ökologischen Charakterisierung in unserer Tabelle hervorgeht. Auch *Carex mucronata* ist streng basiphil. Im Gegensatz zu *Carex firma* tritt sie aber an Windecken häufig auch als Erstbesiedler auf.

Eine Weiterentwicklung der Subassoziation gegen das *Firmetum typicum* findet durch marginale Ausbreitung des letztem in Kontaktzonen der beiden Gesellschaften statt. Die direkte Sukzession: *Firmetum caricetosum mucronatae* → *Elynetum*, unter Ausschluss des *Firmetum typicum* dagegen, obwohl nicht ausgeschlossen, haben wir nicht beobachtet. Die Subassoziation von *Carex mucronata* hat im Gebiet eine etwas engere Höhenverbreitung als das *Firmetum typicum* und reicht von der Baumgrenze bis ca. 2600 m. *Carex mucronata* kann auch im *Seslerieto-Semperviretum* (besonders an heissen Hängen in der *Carex humilis*-Subassoziation) mitdominierend werden.

11. Seslerieto-Semperviretum

(Blaugras-Horstseggenhalde)

Sesleria coerulea ssp. *calcareo*, die häufigste Graminee des Ofengebietes, kommt hier wie *Carex firma* erst oberhalb der Waldgrenze soziologisch zu Geltung. Im Verein mit *Carex sempervirens*, durchwirkt von einem farbenreichen Blütenflor, umkleidet sie die warmen, trockenen Steillehnen der Dolomitberge. Die *Sesleria*-Halden sind Lieblings-Futterplätze der zahlreichen Gemsrudel, die den Nationalpark beleben.

Über die Zusammensetzung der Assoziation gibt Tabelle VXII Aufschluss. Die bezeichneten Assoziationsindividuen stammen von folgenden Punkten:

Nr. 1. Val Tantermozza, linksseitig, 2450 m. Nr. 2. Piz Murtaröl, Gratnähe, 2600 m. Nr. 3. Ostseite des Piz Murtèr, 2400 m. Nr. 4. Südfuss des Piz Ftur, 2350 m. Nr. 5. Nächst Murtèrläger ob Blockhaus Cluoza, 2300 m. Nr. 6. SE-Hang des Pie Terza, 2500 m. Nr. 7. Münt Buffalora, Ostseite, 2350 m. Nr. 8. Murtaröl, oberhalb Valetta (Cluoza), 2350 m. Nr. 9 Piz Daint, 2400 m. Nr. 10. Murtaröl, 2400 m. Nr. 11. Sellajoch, 2250 m, mit Kalkblöcken übersäter Hang gegen Langkofel. Nr. 12. Ostgrat am Fuss der Grohmannspitze gegen Rodella, 2420 m, Schafweide, schwach treppig (Grödnenseite). Nr. 13. Südfuss des Innerkofler-Turms, 2440 m, auf Dolomit-Schwemmschutt, nicht treppig; auf *Firmetum* folgend.

Die aufgenommenen Assoziationsindividuen haben alle mindestens 100 m² Umfang und sind natürlich (d. h. durch Fels oder Schuttboden oder durch andere Pflanzengesellschaften) begrenzt. Von einer genauen Messung einer grösseren homogenen Räche kann jedoch in der Regel nicht die Rede sein, weil innerhalb derselben stets offener Baden, Steinblöcke oder floristisch abweichende Fragmente fremder Assoziationen hervortreten.

TABELLE VIII

Seslerieto-Semperviretum

Nr. der Assoziationsindividuen . . .	Ofengebiet										Süd-Tirol		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Approx. Grösse der Assoz.-Individuen	c. 200	c. 50	< 200	< 100	< 200	< 200	< 200	< 100	< 100	< 200	c. 100	c. 100	c. 300
Höhe, Meter ü. M.	2450	2600	2400	2350	2300	2500	2350	2400	2400	2400	2250	2420	2440
Exposition	E	S	SE	S	W	SE	E	SE	W	ESE	SSE	ESE	S
Neigung	25°	30°	35°	20—25°	30°	25°	25°	35°	25	25°	20°	35°	20
Windeinfluss	geschützt	geschützt	geschützt	geschützt	geschützt	offen	geschützt	geschützt	geschützt	geschützt	geschützt	offen	geschützt
Approx. Schneedauer in Monaten . .	6½	6½	6½	6½	6½	6½—7	6½	6½—7	7	7	6—7	6—7	7
Geologische Unterlage	Rät	Nor.-Rt.	Dol.	Dol.	Rät	Dol.	Dol.	Nor.-Rt.	Dol.	Nor.-Rt.	Dol.	Dol.	Dol.
Boden	kalkr.	kalkr.	kalkr.	kalkr.	kalkr.	kalkr.	kalkr.	kalkr.	kalkr.	kalkr.	kalkr.	kalkr.	kalkr.
Dominante:													
† <i>Carex sempervirens</i>	4·3	3—4·3	3—4·3	3·2	2·2	3·2	2·2	3·2	3—4·2	2—3·2	2·2	2·2	3·3
Charakterarten:													
<i>Hieracium villosum</i> ssp. <i>villosum</i> . .	+	+	+	+	+	+	—	+	—	+	+	—	—
— <i>cirritum</i> ssp. <i>pravum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—
— <i>villosiceps</i>	+	+	+	—	+	—	+	+	—	+	—	—	—
— <i>bijidum</i>	—	+	—	—	—	—	+	—	—	+	+	+	+
<i>Pedicularis verticillata</i>	—	+	—	+	+	+	+	+	+	+	1·1	1·1	+
<i>Sempervivum tectorum</i>	+	—	—	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—
<i>Leontopodium alpinum</i>	—	—	+	1—2·2	—	+	—	—	+	—	1·1	+	+
<i>Crepis alpestris</i>	—	+	—	+	+	—	—	+	—	—	—	—	—
<i>Oxytropis montana</i>	+	1·2	+	—	—	+	—	—	—	—	—	+	—
<i>Centaurea Scabiosa</i> v. <i>alpestris</i> . .	—	—	+	—	—	—	—	+	—	+	—	—	—
<i>Erigeron neglectus</i>	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—	+	—	—
<i>Pedicularis rostrato-capitata</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+
Verbands-Charakterarten:													
† <i>Sesleria coerulea</i> v. <i>calcareo</i>	1·2	2·2	1·2	1·2	3·3	2—3·2	2·2	2·2	1·2	1·2	2·2	2·2	2·2
† <i>Anthyllis Vulner.</i> v. <i>alpestris</i> . . .	+	+	+	1·1	1·1	1·1	1·1	1·1	1·1	+	1·1	1·1	+
<i>Scabiosa lucida</i>	+	+	+	+	+	—	+	+	+	+	+	+	1·1
† <i>Minuartia verna</i>	+	+	+	+	+	+	—	+	+	+	—	—	+
† <i>Helianthemum alpestre</i>	+	—	+	1·2	†·2	1·2	—	+	+	†·2	+	1·2	1·2
<i>Sedum atratum</i>	+	+	+	+	+	+	—	+	+	+	—	—	—
<i>Gentiana verna</i> v.	+	+	+	—	+	+	+	+	+	—	+	+	+
<i>Euphasia salisburgens.</i> v. <i>purpurascens</i>	—	+	+	+	+	+	—	+	—	—	—	—	—
<i>Festuca pumila</i>	+	—	—	—	—	+	+	+	—	—	+	†·2	1·2
<i>Gentiana Clusii</i>	—	—	+	—	—	—	+	—	—	—	—	—	+
<i>Saussurea alpina</i>	+	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
<i>Ranunculus Thora</i>	—	—	+	—	—	+	—	—	—	—	—	—	1·1
Ordnungs-Charakterarten:													
<i>Aster alpinus</i>	+	+	1·1	1·1	—	+	+	+	+	+	1·1	+	+
<i>Carex Ornithopus</i> v. <i>elongata</i> . . .	+	—	—	+	+	—	—	—	—	+	+	—	—
<i>Potentilla Crantzii</i>	—	—	—	—	+	+	+	+	—	+	1·1	+	—
<i>Hedysarum obscurum</i>	+	+	—	—	+	—	—	—	—	+	+	+	—
<i>Arabis corymbiflora</i>	+	+	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—
<i>Gentiana lutea</i>	—	+	—	—	—	—	—	+	—	+	—	—	—
<i>Oxytropis campestris</i>	—	—	—	—	+	—	—	+	—	—	—	1·2	—
Begleiter:													
(basiphil, neutrophil, indifferent)													
<i>Daphne striata</i>	+	+	+	1·1	+	+	+	+	1·1	+	+	—	+
<i>Senecio Doronicum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	1·1	1·1	—	—	—
† <i>Helianthemum grandiflorum</i>	†·1	1·2	1·2	1·2	†·2	†·1	—	2·2	—	1·2	—	—	—
<i>Myosotis alpestris</i>	+	+	+	+	+	+	—	+	+	+	+	1·1	—
<i>Campanula Scheuchzeri</i>	—	—	+	1·1	+	+	—	+	1·1	+	+	1·1	+
<i>Carduus defloratus</i>	+	+	+	1·1	—	+	+	+	1·1	+	+	—	+
<i>Biscutella laevigata</i>	+	—	+	+	+	+	+	+	+	—	+	+	+
<i>Erica carnea</i>	+	—	+	+	+	—	1·2°	†·2	+	+	—	—	—
<i>Thymus serp.</i> ssp. <i>polytrichus</i> . . .	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	+	+	+
<i>Gentiana campestris</i>	—	+	+	+	+	+	—	+	+	+	—	—	+
<i>Galium anisophyllum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	+
<i>Bellidiastrum Michelii</i>	+	—	+	+	+	+	+	+	+	+	1·1	+	+
† <i>Carex humilis</i>	+	—	1·2	2·2	+	1·2	—	1·2	—	†·2	—	—	—
<i>Poa alpina</i>	+	+	—	+	+	+	—	+	—	+	1·1	+	+
<i>Polygonum viviparum</i>	+	+	—	+	+	+	+	+	—	—	+	1·1	+
<i>Hippocrepis comosa</i>	+	+	—	+	+	+	+	+	—	—	+	—	2·2

del Botsch tragen ausgedehnte Bestände des krausen, *onata*-Rasens. Der dichte Schluss der ineinander verdrängten, die dichte Natur des Standorts erklären die beispiellose ausschliesslich Begleiter des *Firmetum typicum*, die Arten, die sich dem *Firmetum caricetosum mucronatae* angeschlossen haben. Windecken kommen noch einige ausgesprochene *vermicularis*, *Cetraria juniperina*, *Placodium (Squamatae)* an. Die Rasen-Zonation, wobei an der exponierten Gratlinie das angrenzende *Firmetum typicum* vertritt, ist im Vergleich mit der *montana* da Scarl zu beobachten. Die Arten stimmen das *Firmetum typicum* und die *Carex mucronata* überein, was schon aus der ökologischen Charakteristik hervorgeht. Auch *Carex mucronata* ist streng basiphil. Im Gegensatz zu den Windecken häufig auch als Erstbesiedler auf. Die Assoziation gegen das *Firmetum typicum* findet durch die Kontaktzonen der beiden Gesellschaften statt. Die *sum mucronatae* → *Elynetum*, unter Ausschluss des *typicum* nicht ausgeschlossen, haben wir nicht beobachtet. Die *sum mucronatae* hat im Gebiet eine etwas engere Höhenverbreitung als die *sum mucronatae* der Baumgrenze bis ca. 2600 m. *Carex mucronata* (besonders an heissen Hängen in der *Carex humilis* -Zonen).

Seslerieto-Semperviretum (Sesleria-Halden-Horstseggenhalde) Die häufigste Graminee des Ofengebietes, kommt hier im Waldgrenze soziologisch zu Geltung. Im Verein mit *Scabiosa lucida* einem farbenreichen Blütenflor, umkleidet sie die Sesleria-Halden sind Lieblingspflanzen, die den Nationalpark beleben. Die Assoziation gibt Tabelle VIII Aufschluss. Die veränderten von folgenden Punkten: 1. 2600 m. Nr. 2. Piz Murtaröl, Gratnähe, 2600 m. Nr. 3. Ostseite Murtaröl, 2350 m. Nr. 5. Nächst Murtaröl ob Blockhaus Cluozza, 2350 m. Nr. 7. Munt Buffalora, Ostseite, 2350 m. Nr. 8. Murtaröl, 2400 m. Nr. 10. Murtaröl, 2400 m. Nr. 11. Sellajoch, Langkofel. Nr. 12. Ostgrat am Fuss der Grohmannspitze Langkofel (Grödnertal). Nr. 13. Südfuss des Innerkofler-Turms, auf *Firmetum* folgend. Die Individuen haben alle mindestens 100 m² Umfang der Schuttboden oder durch andere Pflanzengesellschaften. Die Messung einer grösseren homogenen Fläche kann nicht sein, weil innerhalb derselben stets offener Boden, die Fragmente fremder Assoziationen hervortreten.

Der zur Entfaltung der normalen charakteristischen Artenverbindung erforderliche **Minimalraum** dürfte nicht weniger als 100 m² betragen. Die **ca. 100 m²** messenden Assoziationsindividuen 11 und 12 unserer Tabelle zählen 56 und 52 Arten, während das in der Nähe, aber höher und lokalklimatisch ungünstiger gelegene Assoziationsindividuum Nr. 13 ihrer 57 auf einer Fläche von rund 300 m² vereinigt. Die Artenzahl ist zweifellos durch die örtlichen Verhältnisse (mehr oder weniger isolierte Lage, günstige Samenzufuhr) in hohem Masse mitbestimmt.

Ausser den in der Tabelle VIII verzeichneten Arten kommen in den angeführten Repräsentanten der Assoziation noch vor:

In Nr. 1. *Anthoxanthum odoratum*, *Carex ferruginea*, *Luzula silvalica* ssp. *Sieberi*, *Oxytropis lapponica*, *Phaca frigida*, *Ligusticum Mutellina*. Nr. 2. *Carex rupestris* (am Rand). Nr. 3. *Calamagrostis varia*, *Gymnadenia odoratissima* (r.), *Thalictrum minus*, *Arctostaphylos alpina*, *A. Uva arsi* (nur am Rand), *Rhinanthus glacialis*, *Globularia nudicaulis*, *Hieracium Mureli* Gremli. Nr. 4. *Pelligera rufescens*, *Carex mucronata*, *Silene nutans*, *Parnassia palustris*, *Phyteuma orbiculare*, *Laserpitium latifolium*, *Campanula cockleariifolia*, *Chrysanthemum Leucanthemum*. Nr. 5. *Festuca rubra*, *Thalictrum minus*, *Alchemilla spec.*, *Rhinanthus subalpinus*, *Chrysanthemum Leucanthemum*. Nr. 6. *Viola rupestris*, *Erigeron uniflorus*. Nr. 7. *Gymnadenia conopea*, *Salix retusa*, *Globularia nudicaulis*, *Phyteuma orbiculare*, *Campanula thyrsoidea*. Nr. 8. *Tortella inclinata*, *Calamagrostis varia*, *Gymnadenia odoratissima*, *Saxifraga aizoon*, *Laserpitium marginatum*. Nr. 9. *Carex rupestris*, *Silene acaulis*, *Ligusticum Mutellina*. Nr. 10. *Brachythecium collinum*, *Weisia Wimmeriana*, *Selaginella Selaginoides*, *Botrychium Lunaria*, *Anthoxanthum odoratum*, *Silene nutans*, *Trollius europaeus*, *Geranium silvaticum*, *Vaccinium Myrtillus*, *Phyteuma betonicifolium*, *Leontodon pyrenaicus*, *Senecio abrotanifolius*. — In Nr. 11. *Trollius europaeus*, *Trifolium pratense* v. *nivale*, *Potentilla aurea*, *Pulmonaria azurea*, *Veronica fruticosa*, *Acibillea Millefolium*, *Hieracium spec.* Nr. 12. *Pelligera rufescens*, *Anemone baldensis*, *Astragalus australis*, *Ligusticum simplex*, *Androsace obtusifolia*, *Antennaria carpalica*. Nr. 13. *Selaginella Selaginoides*, *Carex firma*, *Salix serpyllifolia*, *Silene acaulis*, *Anemone baldensis*, *Athamanla cretensis*, *Ligusticum simplex*, *Horminum pyrenaicum*, *Senecio abrotanifolius*, *Cirsium acaule*. In Nr. 11, 12 und 13. *Cetraria islandica*.

Statistische Angaben über das Verhältnis von Artenzahl zu Probefläche wird eine demnächst erscheinende Arbeit von H. GILOMEN bringen. Uns lag hauptsächlich daran, die Assoziation floristisch herauszuarbeiten und zu begrenzen.

Aus unserer Tabelle ist der grosse **Artreichtum** und die beträchtliche Zahl der steten Arten ersichtlich. Nicht weniger als 23 Blütenpflanzen gehören der höchsten **Stetigkeitsklasse** (V) an, sind mithin in mindestens 80 % der im Ofengebiet untersuchten Assoziationsindividuen vorhanden. Werden die **Südtiroler** Aufnahmen mitgerechnet, so beträgt die Zahl der Steten, die **beiden** Gebieten gemeinsam sind und in mindestens 10 Assoziationsindividuen vorkommen, immer noch 21 (22 mit *Tortella*), darunter die dominierenden **Glumifloren** und mehrere Charalcterarten. Der Zusammenhalt der Gesellschaft ist mithin recht augenfällig.

Neben den **beiden** dominierenden Horstbildnern, von denen in der Regel *Carex sempervirens* etwas vorherrscht, nehmen an der Zusammensetzung unserer **Sesleria-Sempervirens-Halde** hauptsächlich folgende Arten teil:

<i>Carex humilis</i>	<i>Helianthemum nummularium</i>
<i>Festuea violaeae</i>	ssp. <i>grandiflorum</i>
<i>Anthyllis Vulneraria</i> v. <i>alpestris</i>	<i>Daphne striata</i>
<i>Helianthemum alpestre</i>	<i>Aster alpinus</i>

Carex humilis wird in einer Subassoziation zwischen **Wald-** und **Baumgrenze** dominierend, dürfte aber als Bestandteil des **Seslerieto-Semperviretums** nur in den **Trockengebieten** des zentralalpiner Föhrenbezirks stärker hervortreten. Auch in den Dolomiten,

mit ziemlich beträchtlichen **Niederschlagsmengen**, haben wir **sie** nicht im Seslerieto *Semperviretum* beobachtet. Dagegen tritt dort die feuchtigkeitsliebendere *Festuca violacea* viel stärker hervor und kann herrschend werden (Tab. VIII, Nr. 11 u. 12). Dieses Vorherrschen ist sogar an Steilhängen maximaler Neigung (35°) in SE-Exposition möglich, unter Verhältnissen, die im trockenen Nationalparkgebiet *Carex humilis* begünstigen würden.

Die Trockenheit des Standortes unserer *Seslerieto-Sempervireta* ist der Entwicklung einer Bodenschicht hinderlich. Moose und Flechten sind sehr spärlich beigemischt; nur die kalkliebende Tortella *tortuosa* erreicht gelegentlich die Mengen- und Soziabilitätszahl 1·2. Eine moosreiche Fazies, wie beim *Caricetum firmae*, haben wir weder im Offenland noch anderwärts in den inneralpinen Trockentälern beobachtet.

Unter den **Charakterarten** der Assoziation treten die Hieracien der *Villosina*-Gruppe durch **grossen** Formenreichtum hervor. In Bezug auf diese Gruppe dürfte unsere Tabelle noch weiter zu vervollständigen sein.

Lebenshaushalt. — Das *Seslerieto-Semperviretum* ist die wärmebedürftigste Gesellschaft unserer Kalkgebirge; es enthält die thermophilsten Arten der alpinen Stufe. Im *Seslerieto-Semperviretum* erreichen *Carex humilis* (2615 m), *Dianthus inodorus* (2620 m), *Arabis corymbiflora*, *Ranunculus Thora* (2510 m), *Polygala Chamaebuxus* (2615 m), *Erica carnea* (2600 m), *Crepis alpestris* (2600 m), *Centaurea Scabiosa* var. *alpestris*, *Carlina acaulis* (2600 m) und manche andere Arten ihre obersten Grenzen. Wie Tabelle VIII ausweist, liegen die *Sesleria*-Halden durchwegs in Süd-, Ost- oder West-Exposition, an Hängen, deren Steilheit gewöhnlich etwa 25—35° beträgt. Sie erhalten infolgedessen intensive Sonnenbestrahlung und trocknen bei der Schneeschmelze und nach Regen rasch aus, da der lockere **Kalkschutt**- und durchlässige Felsuntergrund die Wasserableitung begünstigen. Lebhaftere Verdunstung und erschwerte Wasserversorgung bedingen den Xerophytismus der Vegetation. Von den **Charakterarten** zeigen schon äusserlich xerophytische Anpassung die wolligen **Hieracien** der *Villosina*, *Sempervivum tectorum* mit ihren wasserspeichernden Rosettenblättern, das weisspelzige Edelweiss (*Leontopodium alpinum*). *Pedicularis verticillata* ist nach den Untersuchungen von **VOLKART** (1899) als **Hemiparasit** hauptsächlich an *Sesleria coerulea* als **Wasserwirt** gebunden. Über Xerophytismus und Autökologie von *Sesleria* und *Carex sempervirens* sei auf die erschöpfende Behandlung bei **SCHRÖTER** (1924, p. 353) verwiesen. Das *Seslerieto-Semperviretum* genießt winterlichen Schneeschutz, wenn der Schneefall zeitig einsetzt. Wird der Rasen aber bei Tauwetter oder an Steilhängen durch Lawinen oder Schneerutsche im Winter zeitweilig vom Schnee befreit, so trifft man nach warmen Föhntagen öfter vorzeitig aufgeblühte *Erica*, *Polygala Chamaebuxus*, *Gentianen*, doch fallen diese Vorläufer des **Alpenfrühlings** meist Frösten zum Opfer. Das *Seslerieto-Semperviretum* ist auch die einzige Assoziation der alpinen Stufe Ostbündens, die einen, allerdings schwach ausgeprägten **Frühlingsaspekt** erkennen lässt. Das **Ausapern** erfolgt frühzeitig, oft schon im Mai. Mit *Sesleria* erblühen, der Schneeschmelze auf dem **Fusse** folgend, im Mai-Juni: *Carex humilis*, *Biscutella*, *Draba aizoides*, *Anemone vernalis*, *Ranunculus montanus*, *Polygala Chamaebuxus*, *Erica carnea*, *Soldanella alpina*, *Gentiana verna* (und *G. Clusii*). Mit dem Erblühen der Hieracien wird Mitte bis Ende Juli der Hochstand der **jahreszeitlichen** Entwicklung erreicht. Ende August ist der ganze Blumenzauber vorüber, obschon einzelne Blüten' bis zum Einfallen des Winterschnees im **Oktober-November** ausharren.

Sesleria coerulea hat einen weiteren **pH-Bereich** als *Carex firma* und vermag daher

sowohl bei der Besiedlung basischer Dolomit-Rohböden, wie auch eugeogener Kalkböden erfolgreich mitzuwirken. Zahlreiche Bodenproben ergaben für Einzelhorste von *Sesleria*, zum Teil direkt dem Kalk aufliegend, eine Wasserstoffionen-Konzentration von 7,2 bis 6,6 pH. Der Assoziation entnommene Proben ergaben ähnliche, ziemlich übereinstimmende Werte. Das pH der bodenoffenen Stellen liegt mehr im basischen, jenes des geschlossenen *Sesleria-Carex sempervirens*-Rasens mehr im schwach sauren Gebiet. Die höchste H-Ionen-Konzentration zeigte ein üppiges *Seslerieto-Semperviretum* auf Rätalk am Piz Murtaröl (2410 m) mit 6,5 pH. Es ist aber nicht ausgeschlossen, dass, namentlich bei Vorherrschen von *Festuca violacea*, noch etwas höhere pH-Werte erreicht werden. Während das *Firmetum*



Fig. 14.

Seslerieto-Semperviretum an der Krummholzgrenze. Südhang des Piz del Fuorn, 2300 m.

(Phot. Br.-Bl. und W. Heller.)

ausschliesslich basisch reagierende sehr kalkreiche Böden besiedelt, liegt somit die optimale Entwicklung des *Seslerieto-Semperviretums* im neutralen bis schwach sauren Reaktionsbereich.

Die Bodenverhältnisse, insbesondere die neutrale Reaktion, scheinen dem Bakterienleben günstig. DÜGGELI (1925, p. 220) erwähnt ein *Seslerietum* von der Alp Murtèr bei 2700 m, das 6,800,000 gelatinewüchsige und 9,500,000 agarwüchsige Keime pro Gramm feuchte Erde ergab. Die Menge der anaeroben Stickstoffbinder ist mit 1000 angegeben, eine Zahl, welche in der alpinen Stufe nur noch in der Edelweissplangge des Bernina-Heutals, die mindestens stellenweise ebenfalls ein *Seslerieto-Semperviretum* darstellt, erreicht wird.

Entwicklung — Besser als *Carex firma* staut die tiefwurzelnde *Sesleria coerulea* rutschenden Schutt und Geröll (s. Fig. 15). Wir begegnen dem *Blaugras* gelegentlich schon neben *Dryas* im *Thlaspeetum* des Kalkgerölls (s. Tab. II, Nr. 5 u. 12). Seine Stauwirkung

führt aber nur bei etwas stabileren Schutthalden, besonders an den Seitenrändern und im untern, schwächer geneigten Teil zur Treppenbildung, wobei die Grashorste vom stossenden Schutt nach vorn übergekippt und geschoben werden. Es entstehen dabei die bekantesten, oft halbmondförmigen Treppenstufen, wie sie u. a. sehr schön im obern Val Ftur zu beobachten sind (s. auch Fig. 16). Der *Sesleria*-Rasen überwiegt vorerst gegenüber den *Carex sempervirens*-Horsten. Er bereichert sich rasch mit basiphilen und indifferenten Arten und schliesst sich mehr und mehr, sofern nicht Viehtritt, Rutschungen oder grosse Steilheit den Rasenschluss dauernd unterbinden. *Sesleria* und ihre Begleiter können sich aber auch in den Spalierstrauchteppichen (vor allem in Dryasteppichen) festsetzen, darin ausbreiten und den Teppich überwachsen. Ist der Schuttdruck zu mächtig oder die Geröllzufuhr sehr reichlich, so vermag sich der Rasenfleck nicht zu halten; er wird vom Schutt überdeckt. Bei genügender Schuttverfestigung indessen hält er stand und vergrössert sich seitlich und nach unten. Die Dryasteppiche vegetieren noch lange im geschlossenen *Seslerieto-Semperviretum* weiter (s. Tab. VIII Nr. 3, 6, 7, 9); ihre Vitalität leidet aber unter der Raum- und Lichtkonkurrenz der hochschäftigen Kräuter und Horstpflanzen, was im kurzrasigen Firmetum viel weniger der Fall ist.

In der Regel stellt die Entwicklung vom Dryasteppich zum Blaugras-Rasen eine normale progressive Sukzession auf Neuland dar. Man kann aber gerade gegenwärtig im Nationalpark eine durch den Weidebann ausgelöste sekundäre Vegetationsänderung beobachten, die ebenfalls zum *Seslerieto-Semperviretum* führt. Da die Blaugrashalden des Val Cluozza seit 1911 nicht mehr beweidet werden, hat der Rasenschluss hier schon beträchtliche Fortschritte gemacht. Die sog. «Schafstrejen», durch Viehtritt geschaffen oder doch vegetationsfrei gehalten, berasen sich wieder unter Mitwirkung von *Dryas*. Sie spannt zuerst ihren Teppich über den Gesteinsgrus und überwächst die breiten Treppenabsätze, bevor sich die Horstbildner darauf festsetzen konnten. Diese flachen *Dryas*-Absätze wechseln heute mit den steilen, grasbewachsenen Treppenstufen ab, doch unterliegt es keinem Zweifel, dass bei weiter fortgeschrittenem Vegetationsausgleich am stabilisierten Hang die Absätze durch das *Seslerieto-Semperviretum* grösstenteils zurückerobert werden (s. Fig. 16).

Von geringerem aufbauendem Wert sind die meist als Spaliersträucher auftretenden *Salix arbutifolia*, *S. serpyllifolia*, *S. reticulata*, *Globularia cordifolia*, *Helianthemum alpestre* und von Gräsern *Festuca pumila*. Es sind ausgesprochen basiphile oder basiphil-neutrophile Arten (*Salix serpyllifolia*, *Festuca pumila*). In den Initialphasen der Assoziation sind sie stellenweise reichlich vorhanden, werden aber im voll entwickelten *Seslerieto-Semperviretum* mehr und mehr zurückgedrängt. Oft auch überkleiden sie erdarme Lücken des Rasenteppichs.

Die Weiterentwicklung des *Seslerieto-Semperviretums* gegen den Klimax ist nur an Hängen mit mässig steilem Böschungswinkel möglich. Dynamisch-genetisch wichtig sind *Festuca violacea* und *Poa alpina*, beide dem Firmetum fehlend. Sie sind mit einigen weiteren Begleitern der Assoziation Zeiger für milden Humus und Feinerde. *Festuca violacea* wird im Wettbewerb mit *Sesleria* und der Mehrzahl ihrer Satelliten um so mehr begünstigt, je weiter die Auslaugung des Bodens fortschreitet, je mehr der milde Humus schwach saure Reaktion annimmt. Am Murtaröhlhang gegen Cluozza, wo sich bei 2410 m *Festuca violacea* und *Sesleria-Carex sempervirens*-Rasen vielfach durchdringen, ergab eine Bodenprobe aus ersterem 6,2 pH, aus letzterem 6,5 pH. Auch anderwärts war die H-Ionen-Konzentration im *Festuca violacea*-Rasen stets grösser als im benachbarten *Seslerieto-Semperviretum*. Die

pH-Kurve des *Seslerieto-Semperviretums* nähert sich dem Neutralpunkt (7 pH), jene der *Festuca violacea*-*Trifolium Thalii*-Assoziation dagegen liegt im mäßig sauren Gebiet. Die Entwicklung muss daher bei der Versauerungstendenz unserer Alpenböden vom *Seslerieto-Semperviretum* zum *Festuca violacea*-Rasen hinleiten. Können wir diese Sukzession auch nicht kurvenmässig darstellen (unsere Aufnahmen stammen aus früheren Jahren; Bodenproben wurden damals nicht untersucht), so zeugt doch die floristische Zusammensetzung der Assoziationsindividuen unserer Tabelle für die Richtigkeit unserer Annahme. Drei derselben sind *Festuca violacea*-reich (Nr. 10, 11 u. 12). Die Aufnahme Nr. 12 liegt an einem Hang mit maximaler Neigung (35°); die Anhäufung von Humus wird dadurch erschwert, der anstehende Kalkfels durchbricht vielfach den Rasen; kalbreiches Rieselwasser kann seinen Einfluss geltend machen. Von azidiphilen Arten ist nur *Androsace obtusifolia* vorhanden. Günstiger gelegen, bei mittlerer Neigung von 20—25°, sind die Assoziationsindividuen 10 und 11. Darin sind die Zeiger beginnender Versauerung je durch mehrere Arten vertreten, die allerdings vorerst meist spärlich und vereinzelt auftreten, und daher auch mit grossen (20—50 m² messenden) Probe-Untersuchungsflächen kaum gefasst werden können. Es geht hieraus hervor, wie wichtig die Aufnahme des ganzen Assoziationsindividuum, unbekümmert um Probeflächen bestimmter Grösse, sein kann! Die azidiphilen Indikatoren des Assoziationsindividuum Nr. 10 (Val Cluoza) sind:

<i>Avena versicolor</i>	<i>Vaccinium uliginosum</i>
<i>Anemone sulfurea</i>	<i>Gentiana Kochiana</i>
<i>Vaccinium Vitis idaea</i>	<i>Gentiana punctata</i>
<i>Vaccinium Myrtilus</i>	<i>Leontodon pyrenaicus</i>

Jene des Assoziationsindividuum Nr. 11 (Südtirol):

<i>Anemone sulfurea</i>	<i>Gentiana Kochiana</i>
<i>Potentilla aurea</i>	<i>Hieracium glanduliferum</i>

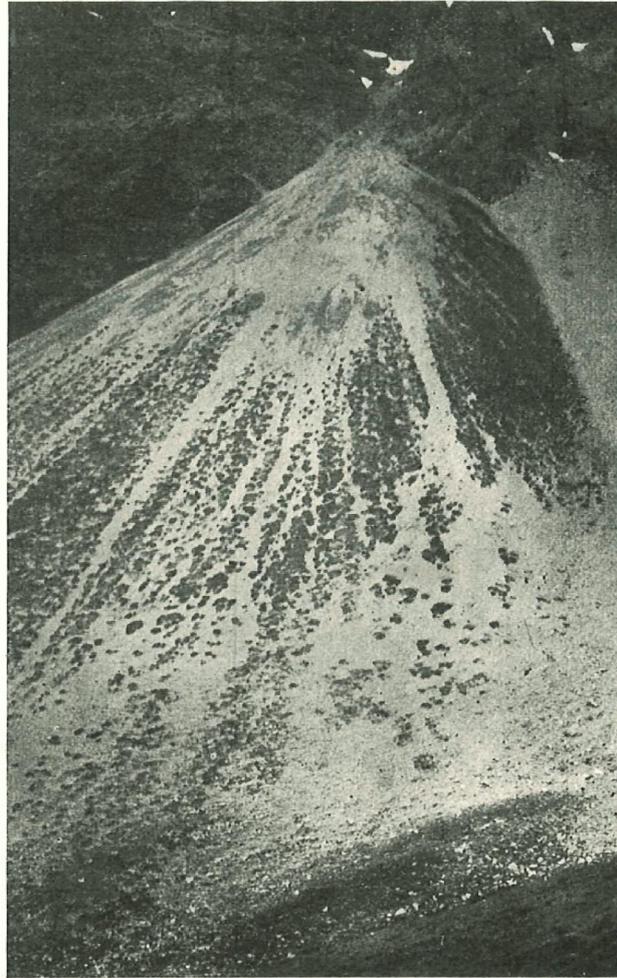


Fig. 15. Schuttkegel am Fuss der Dolomitwände im Val Sampuoir, 2400 m. Zungenrasen des *Seslerion coeruleae*. (Phot. Br.-Bi. und W.-Heller.)

Probe-Untersuchungsflächen kaum gefasst werden können. Es geht hieraus hervor, wie wichtig die Aufnahme des ganzen Assoziationsindividuum, unbekümmert um Probeflächen bestimmter Grösse, sein kann! Die azidiphilen Indikatoren des Assoziationsindividuum Nr. 10 (Val Cluoza) sind:

¹ Diese Notwendigkeit wird neuerdings auch von ALECHIN (1925) auf Grund seiner Studien in russischen Steppen energisch verfochten.

In den übrigen 10 Assoziationsindividuen unserer Tabelle, denen *Festuca violacea* ganz oder fast ganz abgeht, fehlen auch die azidiphilen Arten; nur Nr. 8 vom Murterett besitzt 2 Arten (*Gentiana Kochiana* und *Vaccinium Vitis idaea*), Nr. 9 vom Piz Daint eine Art (*Gentiana Koehiana*). Dagegen ist in einigen Assoziationsindividuen die azidiphil-neutrophile *Anemone vernalis* vorhanden,

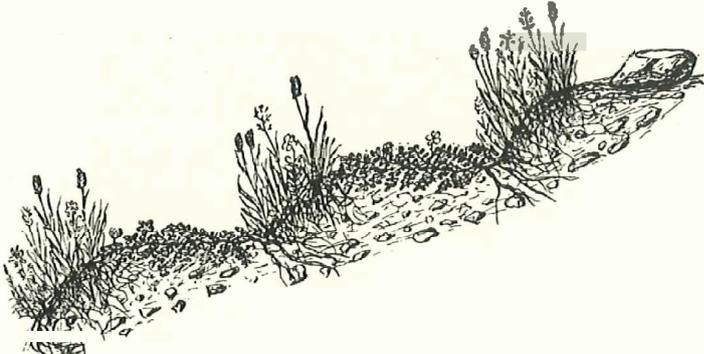


Fig. 16. Wiederberasung eines *Seslerieto-Semperviretum*-Hanges durch *Dryas*. Murteretts da Cluozza, 2350 m.

die man z. B. im extrem basiphilen *Caricetum firmae* stets vergeblich suchen würde.

An stärker windexponierten Punkten kann aus dem *Seslerieto-Semperviretum* direkt ein *Elynetum* hervorgehen, wobei vor allem *Elyna* selbst als wichtigster Bodenveränderer mitwirkt. Das Nackriedgras ist, wie unsere Tabelle zeigt, meist schon im *Seslerieto-Semperviretum* vorhanden.

Verbreitung. — Im östlichen Bünden gelangt die Assoziation nur in der alpinen Stufe oberhalb der Waldgrenze zur Ausbildung. Sie reicht hier von etwa 2300 m bis gegen 2700 m, findet sich jedoch oberhalb 2600 m nur noch in Fragmenten.

Das *Seslerieto-Semperviretum* ist von einem Ende der Alpenkette zum andern in ziemlich übereinstimmender floristischer Zusammensetzung verbreitet. Wir kennen es aus der Provence, der Dauphiné, der Maurienne (Mont-Cenis). Aus den Schweizeralpen wird es von zahlreichen Autoren erwähnt. Die nahe Übereinstimmung der Aufnahmen aus Südtirol mit jenen aus dem Nationalparkgebiet zeigen, dass die Unterschiede zwischen diesen Rassen geringer sind, als man annehmen könnte. Dasselbe gilt auch für die *Seslerieto-Sempervireta* der südwestalpinen Kalkvoralpen im Gebiet von Montélimar, trotz ihrer viel geringeren Erhebung (1400—1600 m).

Varianten. — Im Ofengebiet wie auch in den Grödener- und Fassaner-Dolomiten wird das typische *Seslerieto-Semperviretum* gegen unten an warmen Hängen oft durch eine Subassoziation mit dominierender *Carex humilis* ersetzt. Nach unsern Beobachtungen siedelt sich dieses *Seslerietum caricetosum humilis* vorzugsweise an Stelle abgetriebener oder abgebrannter Legföhrenbestände an. Wir werden es daher in anderem Zusammenhang zu besprechen haben,

Eine bloss als Fazies zu wertende Variante mit starkem Vorherrschen von *Sesleria coerulea* und ziemlich reichhaltiger Moosbeimischung beobachteten wir am Südhang des Piz del Fuorn bei 2570 m auf Dolomitschutt (Neigung 35°). Hervorgegangen aus *Dryas*- und *Salix serpyllifolia*-Teppichen, zeigt dieser Rasen folgende Zusammensetzung:

Krautschicht:

3·2 <i>Sesleria coerulea</i>	+·1 <i>Carex nigra</i>
2·2 <i>Carex sempervirens</i>	1·2 — <i>humilis</i>
1·2 <i>Agrostis alpina</i>	+·1 — <i>ericetorium</i>
+·2 <i>Poa alpina</i>	+·2 — <i>mucronata</i>
+·1 <i>Carex rupestris</i>	+·2 — <i>firma</i>

- | | |
|---|---|
| + · 1 <i>Luzula spicata</i> | + · 1 <i>Gentiana verna</i> |
| + · 2 <i>Silene acaulis</i> | + · 1 — <i>Clusii</i> |
| + · 1 <i>Minuartia verna</i> | + · 1 — <i>campestris</i> |
| + · <i>i</i> <i>Draba aizoides</i> | + · 1 <i>Thymus serpyllum</i> ssp. <i>polytrichus</i> |
| + · 1 <i>Biscutella laevigata</i> | + · 1 <i>Bartsia alpina</i> |
| + · 1 <i>Sempervivum tectorum</i> | + · 2 <i>Globularia cordifolia</i> |
| + · 1 <i>Sedum atratum</i> | + · 1 <i>Scabiosa lucida</i> |
| <i>i</i> · 2 <i>Dryas octopetala</i> | + · 1 <i>Campanula Scheuchzeri</i> |
| 2 · 1 <i>Anthyllis Vulneraria</i> v. <i>alpestris</i> | + · 1 <i>Bellidiastrum Michelii</i> |
| 1 · 2 <i>Helianthemum alpestre</i> | + · 1 <i>Leontopodium alpinum</i> |
| + · 1 <i>Daphne striata</i> | + · <i>i</i> <i>Homogyne alpina</i> |
| + · 1 <i>Viola calcarata</i> | + · 1 <i>Carduus defloratus</i> |
| + · 1 <i>Polygala alpestris</i> | + · <i>i</i> <i>Senecio Doronicum</i> |
| + · 1 <i>Myosotis alpestris</i> | |

Moosschicht:

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------|
| + · 1 <i>Psora decipiens</i> | + · 1 <i>Desmatodon latifolius</i> |
| + · 1 — spec. | + · 1 <i>Pohlia cruda</i> |
| + · 1 <i>Peltigera rufescens</i> | + · 1 <i>Bryum</i> spec. |
| + · 1 <i>Cetraria islandica</i> | + · 1 <i>Polytrichum juniperinum</i> |
| + · 1 <i>Cladonia pyxidata</i> | + · 1 <i>Plagiopus Oederi</i> |
| + · 1 <i>Ditrichum flexicaule</i> | + · 1 <i>Pseudoleskea atrovirens</i> |
| + · 2 <i>Tortella tortuosa</i> | + · 1 <i>Brachythecium salebrosum</i> |
| + · 1 — <i>inclinata</i> | + · 1 — <i>collinum</i> |

Die aufgenommene Fläche ist ein natürlich begrenztes, **treppiges Assoziationsindividuum** von mehr als 100 m² Umfang, das sich bei weiter fortgeschrittener **Berasung** und **Bodenbildung** zweifellos in ein normales *Seslerieto-Semperviretum* entwickeln würde.

11a. Subass. *Seslerietum festucetosum pumilae*

(*Festuca pumila*-reiches *Seslerieto-Semperviretum*)

Stärker abweichend, wohl als Subassoziation aufzufassen, ist eine, kleine Rasenflecke bildende, Pioniergesellschaft der Dolomitgipfel, ausgezeichnet durch das Vorherrschen oder sehr reichliche Auftreten von *Festuca pumila*. Dieses meist fragmentarisch ausgebildete *Seslerietum festucetosum pumilae* ist oft schwer zugänglich und erhält nur selten Besuch von Gamsen. **Teller-** bis tischgrosse Raseninselchen bekleiden sonnige Leisten, schmale **Felsbänder**, warme Nischen, wo sich etwas **Feinerde** ansammeln konnte. Wir haben diese *Festuca pumila*-Rasen am Piz del Fuorn und am matterhornähnlichen Piz Ftur untersucht (P. Ftur, 2950 m SExp. [A], P. del Fuorn, 2915 m SExp. [B]). Dominierend sind *Festuca pumila*, *Sesleria coerulea* (weniger) und *Silene acaulis*. In **beiden**, je mehrere Quadratmeter messenden Rasen kamen vor:

- | | |
|----------------------------|---|
| <i>Peltigera rufescens</i> | <i>Salix serpyllifolia</i> |
| <i>Poa alpina</i> | <i>Arenaria ciliata</i> ssp. <i>tenella</i> |
| <i>Carex nigra</i> | <i>Saxifraga moschata</i> ssp. <i>linifolia</i> |

- | | |
|---|---|
| + · 1 <i>Luzula spicata</i> | + · 1 <i>Gentiana verna</i> |
| + · 2 <i>Silene acaulis</i> | + · 1 — <i>Clusii</i> |
| + · 1 <i>Minuartia verna</i> | + · 1 — <i>campestris</i> |
| + · 1 <i>Draba aizoides</i> | + · 1 <i>Thymus serpyllum</i> ssp. <i>polytrichus</i> |
| + · 1 <i>Biscutella laevigata</i> | + · 1 <i>Bartsia alpina</i> |
| + · 1 <i>Sempervivum tectorum</i> | + · 2 <i>Globularia cordifolia</i> |
| + · 1 <i>Sedum atratum</i> | + · 1 <i>Scabiosa lucida</i> |
| 1 · 2 <i>Dryas octopetala</i> | + · 1 <i>Campanula Scheuchzeri</i> |
| 2 · 1 <i>Anthyllis Vulneraria</i> v. <i>alpestris</i> | + · 1 <i>Bellidiastrum Michelii</i> |
| 1 · 2 <i>Helianthemum alpestre</i> | + · 1 <i>Leontopodium alpinum</i> |
| + · 1 <i>Daphne striata</i> | + · 1 <i>Homogyne alpina</i> |
| + · 1 <i>Viola calcarata</i> | + · 1 <i>Carduus defloratus</i> |
| + · 1 <i>Polygala alpestris</i> | + · 1 <i>Senecio Doronicum</i> |
| + · 1 <i>Myosotis alpestris</i> | |

Moosschicht:

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------|
| + · 1 <i>Psora decipiens</i> | + · 1 <i>Desmatodon latifolius</i> |
| + · 1 — spec. | + · 1 <i>Pohlia cruda</i> |
| + · 1 <i>Peltigera rufescens</i> | + · 1 <i>Bryum</i> spec. |
| + · 1 <i>Cetraria islandica</i> | + · 1 <i>Polytrichum juniperinum</i> |
| + · 1 <i>Cladonia pyxidata</i> | + · 1 <i>Plagiopus Oederi</i> |
| + · 1 <i>Ditrichum flexicaule</i> | + · 1 <i>Pseudoleskea atrovirens</i> |
| + · 2 <i>Tortella tortuosa</i> | + · 1 <i>Braehythecium salebrosum</i> |
| + · 1 — <i>inclinata</i> | + · 1 — <i>collinum</i> |

Die aufgenommene Fläche ist ein natürlich begrenztes, treppiges Assoziationsindividuum von mehr als 100 m² Umfang, das sich bei weiter fortgeschrittener Berasung und Bodenbildung zweifellos in ein normales Seslerieto-Semperviretum entwickeln würde.

11a. Subass. Seslerietum festucetosum pumilae

(*Festuca pumila*-reiches Seslerieto-Semperviretum)

Stärker abweichend, wohl als Subassoziation aufzufassen, ist eine, kleine Rasenflecke bildende, Pioniergesellschaft der Dolomitgipfel, ausgezeichnet durch das Vorherrschen oder sehr reichliche Auftreten von *Festuca pumila*. Dieses meist fragmentarisch ausgebildete *Seslerietum festucetosum pumilae* ist oft schwer zugänglich und erhält nur selten Besuch von Gemsen. Teller- bis tischgrosse Raseninselchen bekleiden sonnige Leisten, schmale Felsbänder, warme Nischen, wo sich etwas Feinerde ansammeln konnte. Wir haben diese *Festuca pumila*-Rasen am Piz del Fuorn und am matterhornähnlichen Piz Ftur untersucht (P. Ftur, 2950 m S-Exp. [A], P. del Fuorn, 2915 m S-Exp. [B]). Dominierend sind *Festuca pumila*, *Sesleria cosrulen* (weniger) und *Silene acaulis*. In beiden, je mehrere Quadratmeter messenden Rasen kamen vor:

Peltigera rufescens
Poa alpina
Carex nigra

Salix serpyllifolia
Arenaria ciliata ssp. *tenella*
Saxifraga moschata ssp. *linifolia*

Viola calcarata
Gentiana verna var.
Veronica aphylla
Bartsia alpina

Campanula Scheuchzeri
Erigeron uniflorus
Homogyne alpina

Nur in A (Piz **Ftúr**) fanden sich: *Polygonum viviparum*, *Draba aizoides*, *Sedum atratum*, *Saxifraga oppositifolia*, *Campanula cochleariifolia*, *Achillea atrata*, *Taraxacum officinale* ssp. *alpinum*, *Solorina saccata*.

Nur in B (Piz del Fuorn): *Carex rupestris*, *Minuartia verna*, *Saxifraga aizoon*, *Helianthemum* alpestre, *Myosotis* alpestris, *Tortella tortuosa*.

Von hohem gesellschaftsbedingendem Wert sind die *Salix serpyllifolia*-Spaliere, denen in den Gipfelgebieten der Kalkalpen eine soziologisch überaus wichtige Aufgabe als Festiger und Erdesammler zukommt (s. BR.-BL. 1913, p. 132—135; 1921, p. 22).

In diesen *Festuca pumila*-Rasen erreicht *Silene acaulis* eine besonders üppige Entwicklung. Die Polster können sich fast konkurrenzlos frei ausdehnen und werden von Mensch und Tier nicht leicht beschädigt. Am Piz Ftur (Aufnahme A oben) ist der Deckungsgrad von *Silene acaulis* mindestens so gross wie jener von *Festuca pumila* (3 : 2—3). Noch bei 2900 m haben wir am Piz del Fuorn ein *Silene acaulis*-Polster von ca. 40 Zentimeter Durchmesser mit rund 1500 Blüten bewundert, das zahlreiche Polstergäste enthielt, die von seinen Zersetzungsprodukten und seinem Wasservorrat zehrten. Darin waren enthalten: *Festuca pumila*, *Carex rupestris* (zahlreiche Blütenexemplare), *Poa alpina* und *Gentiana verna* mit je 5, *Erigeron uniflorus* mit 4, *Viola calcarata* mit 3 blühenden Pflanzen, *Draba aizoides* mit einem fruchtenden Exemplar, *Campanula Scheuchzeri* und *Polygonum viviparum* mit 1—2 sterilen Exemplaren. Es ist vorauszusehen, dass nach Abgang des Polsters, der aber nicht so bald eintreten mag, *Festuca pumila* das Feld behaupten wird.

Die *Festuca pumila*-Rasen sind an basische bis neutrale, trockene Verwitterungsböden mit viel Feinerde gebunden und stellen eine Dauergesellschaft dar, die sich nur unter besonders günstigen Umständen in der Richtung gegen das *Seslerieto-Semperviretum* normale weiterentwickelt.

12. *Festuca violacea*-*Trifolium Thalii*-Assoziation (Violettschwingelrasen)

Festuca violacea gedeiht sowohl auf kalkarmen Silikaten als auf kompaktem Kalk und Dolomit, verlangt jedoch im Gegensatz zu *Sesleria coerulea* und *Carex firma* einen feinerdigen, länger durchfeuchteten Boden. Der üppige *Festuca violacea*-Rasen liefert eine vorzügliche leguminosenreiche Wildweide. Ihm vor allem hatte Murtèr-Cluozza seinen Ruf als futterkräftigste Alp zu verdanken. Heute tummeln sich hier Gamsen und Steinböcke, und vielköpfige Marmeltierfamilien graben im tiefgründigen, lockeren Boden des *Festucetums* ihre Baue.

Floristisch zeigt die Assoziation geringere Selbständigkeit als das *Seslerieto-Semperviretum* oder das Elynetum. Von ersterem, dem sie am nächsten steht, unterscheidet sie sich hauptsächlich durch eine grössere Zahl von Differentialarten, während die Charakterarten nur als «hold» zu bezeichnen sind.

Die sieben, unserer Tabelle einverleibten Assoziationsindividuen stammen von folgenden Punkten:

TABELLE IX

Festuca violacea-Trifolium Thalii-Assoziation

Nr. der Assoziations-Individuen . . .	Nationalpark						Süd-Tirol
	1	2	3	4	5	6	7
Grösse der Untersuchungsfläche m ²	c. 100	c. 20	< 100	< 100	4 (20)	4 (10)	c. 10
Höhe, Meter ü. M.	2650	2450	2330	2340	2380	2420	2340
Exposition	SE	SE	W	NE	W	W	E
Neigung	30	30	30	5-10	25	30	5-10
Geologische Unterlage	Nor.-Rät.	H.-Dol.	Rät	H. Dol.	Rät	Rät	Dol.
Dauer der Schneedecke in Monaten	c. 7½	c. 7	c. 6-7	c. 6½	c. 6½	c. 6½	—
Humus %	—	15	—	17	9,6	14	—
pH der Wurzelschicht	—	5,8-6,6	—	5,4	6,1	6,0	—
Restwasser %	—	4,0	—	4,0	3,0	5,0	—
Charakterarten:							
<i>Festuca violacea</i> v. <i>genuina</i>	3·2	3·2	2·2	1·2	3·2	3·2	—
<i>Trifolium Thalii</i>	+	1·1	+	+	1·2	1·2	3·2-3
<i>Crepis aurea</i>	+	+	+	(+)	—	—	—
<i>Phaca frigida</i>	+	—	+	1-2·2	—	—	—
<i>Trollius europaeus</i>	—	—	+	+	—	(+)	+
<i>Alchemilla pectoralis</i>	+	—	—	+	+	+	—
<i>Trifolium badium</i>	—	+	—	—	—	—	1·1
Verbands-Charakterarten:							
<i>Sesleria coerulea</i>	1·1	+	2·2	+	1·2	+	—
<i>Leontodon hisp.</i> v. <i>opimus</i>	+	+	+	+	1·1	+	1·1
<i>Anthyllis vulneraria</i> v. <i>alpestris</i>	+	—	2·2	+	+	+	—
<i>Saussurea alpina</i>	1·1	—	—	+	—	+	—
<i>Erigeron uniflorus</i>	—	—	+	+	+	+	—
<i>Festuca pumila</i>	—	—	—	+	—	+	—
<i>Helianthemum alpestre</i>	—	—	1·2	+	—	—	—
<i>Astragalus alpinus</i>	—	—	—	2·2	+	—	—
<i>Pedicularis verticillata</i> *	—	—	1·1	+	—	—	—
<i>Gentiana verna</i> var.	1·1	—	—	+	—	—	—
<i>Scabiosa lucida</i>	—	+	+	—	(+)	—	—
<i>Minuartia verna</i>	—	—	+	—	—	—	—
<i>Erigeron neglectus</i> *	+	—	—	—	—	—	—
Ordnungs-Charakterarten:							
<i>Potentilla Crantzii</i>	+	+	+	+	+	+	—
<i>Hedysarum obscurum</i>	+	—	+	2·4	—	—	—
<i>Carex Ornith.</i> v. <i>elongata</i>	—	—	+	—	+	—	—
<i>Oxytropis campestris</i>	—	—	+	+	—	—	—
<i>Aster alpinus</i>	+	—	—	—	—	—	—
<i>Arabis corymbiflora</i>	—	—	—	—	(+)	—	—
Differentialarten gegenüber <i>Seslerieto Semperviretum</i>							
a) Indifferente:							
<i>Alchemilla glaberrima</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ligusticum Mutellina</i>	1·1	1·1	+	1·1	1·1	1·1	—
<i>Sieversia montana</i>	2·1	2·1	+	—	1·1	1·1	—
b) Neutrophile:							
<i>Taraxacum alpinum</i>	+	+	—	+	+	+	1·1
<i>Phleum alpinum</i>	2·1	+	—	—	1·1	1·1	—
<i>Cirsium spinosissimum</i>	1·1	1·1	—	—	—	(+)	+
c) Azidiphile:							
<i>Potentilla aurea</i>	—	1·1	+	+	+	2·2	—
<i>Luzula spicata</i>	—	—	—	+	+	+	+
<i>Anemone sulfurea</i>	—	+	+	—	+	+	—
<i>Sibbaldia procumbens</i>	—	—	—	+	+	+	+
<i>Euphrasia minima</i>	—	+	—	+	+	+	—
<i>Veronica alpina</i>	—	—	—	+	+	—	1·1
<i>Leontodon pyrenaicus</i>	—	—	—	1·1	+	1·1	—
<i>Ranunculus pyrenaicus</i>	—	+	—	—	—	+	—
<i>Veronica bellidioides</i>	—	—	—	+	—	(+)	—
<i>Chrysanthemum alpinum</i>	—	—	—	—	(+)	+	—
<i>Sempervivum montanum</i>	+	—	—	—	—	—	—
Begleiter:							

<i>Ranunculus montanus</i>	1.1	+	+	1.1	2.1	1.1	3.1
<i>Myosotis alpestris</i>	1.1	+	+	+	+	+	+
<i>Campanula Scheuchzeri</i>	1.1	+	+	1.1	1.1	+	+
<i>Anlhoxanthum odoratum</i>	+	1.1	+	+	1.1	1.1	—
<i>Galium asperum</i>	+	+	+	+	+	+	—
<i>Lotus cmniculatus</i>	—	1.1	+	+	+	—	+
<i>Viola calcarata</i>	1.1	—	+	+	+	+	—
<i>Soldanella alpina</i>	+	—	+	—	+	+	+
▲ <i>Carex sempervirens</i>	+ . 2	—	2.2	—	(+)	+ . 2	—
<i>Trifolium pratense</i> v. <i>nivale</i>	—	1.1	+	—	+	(+)	—
<i>Homogyne alpina</i>	—	—	+	+	+	1.1	—
<i>Senecio Dmonicum</i>	1.1	+	+	—	(+)	—	—
<i>Botrychium Lunaria</i>	+	—	+	—	—	+	+
<i>Polygonum viviparum</i>	—	—	—	+	1.1	1.1	+
<i>Silene acaulis</i>	—	—	—	+	(+)	+	—
<i>Anemone vernalis</i>	—	—	+	+	—	+	—
▼ <i>Elyna myosuroides</i>	—	—	+	—	+	(+)	—
<i>Gentiana nivalis</i>	—	+	—	—	+	+	—
<i>Cladonia pyxidata</i>	+	—	+	+	+	+	—
<i>Cetraria islandica</i>	—	—	—	rr	rr	—	—
<i>Rhacomitrium conescens</i>	—	—	+	+	(+)	+	—
<i>Musci div.</i>	—	rr	rr	ar	rr	rr	—

Nr. 1. Ostseite des P. Murtèr über Praspöl, 2650 m. Nr. 2. Südosthang des P. Terza, 2450 m. Nr. 3. Oberhalb Blockhaus Cluozza bei Murtèr, 2330 m. Nr. 4. Plan dels Poms, oberhalb Plan Larscheida, 2340 m. Nr. 5. Murtèr-Cluozza, 2380 m. Nr. 6. Murtèr-Cluozza, 2420 m. Nr. 7. Südtirol, Schlernplateau, 2340 m.

Ausser den in der Tabelle aufgeführten, kommen in obigen Assoziationsindividuen noch folgende Spezies vor:

In Nr. 1. *Sempervivum arachnoideum*, *Achillea nana*, *Carduus defloratus*.

In Nr. 2. *Agrostis rupestris* (azidiphil), *Calamagrostis tenella* (azid.), *Crocus vernus*, *Cerastium strictum*, *Alchemilla flabellata*, *Hippocrepis comosa*, *Euphorbia Cyparissias*, *Gentiana punctata* (azid.), *Gentiana campestris*, *Satureia alpina*, *Solidago Virga aurea*, *Tussilago farfara*.

In Nr. 3. *Selaginella Selaginoides*, *Nigritella nigra*, *Coeloglossum viride*, *Cerastium strictum*, *Biscutella laevigata*, *Hippocrepis comosa*, *Polygala alpestris*, *Vaccinium Vitis idaea* (azid.), *Campanula barbata* (azid.), *Carduus defloratus*.

In Nr. 4. *Selaginella Selaginoides*, *Avena versicolor* (azid.), *Deschampsia caespitosa*, *Salix reticulata*, *Dryas octopetala*, *Pirola minor*, *Vaccinium Vitis idaea*, *V. uliginosum* (beide azid.), *Phyteuma orbiculare*, *Antennaria carpatica*. Ferner vereinzelt meist kümmerliche Exemplare der Moose: *Ditrichum flexicaule*, *Heterocladium squarrosulum*, *Climacium dendroides*, *Ptychodium plicatum*, *Brachythecium albicans*.

In Nr. 5, innerhalb der 4 m²-Probefläche: *Thesium alpinum*, *Hippocrepis comosa*, *Polygala alpinum*, *Thymus serpyllum* ssp. *polytrichus*, *Veronica aphylla*, *V. fruticans*, *Bellidiastrum Michelii*. Ausserhalb der 4 m²-Probefläche im gleichen, ca. 20 m² messenden Assoziationsindividuum: *Nardus stricta*, *Festuca Halleri* (beide azidiphil), *Luzula multiflora*, *Silene vulgaris*, *Alchemilla colorata*, *Gentiana engadinensis*, *Hieracium Auricula*.

In Nr. 6, innerhalb der 4 m²-Probefläche: *Polytrichum juniperinum* (azid.), *Alchemilla colorata*, winzige Moosreste (2 Arten indet.), Ausserhalb der 4 m²-Probefläche in demselben Assoziationsindividuum ca. 10 m²: *Tortella tortuosa*, *Polygala alpinum*, *Veronica aphylla*, *V. fruticans*, *Arnica montana* (azid.).

In Nr. 7 (vom Schlern) (*Ranunculus montanus-Trifolium Thalii*-Fazies): *Deschampsia caespitosa*, *Cerastium Cerastioides*, *Callianthemum rutifolium*.

Wie aus der Tabelle IX ersichtlich ist, schwankt die Grösse der Assoziationsindividuen beträchtlich. Ob 10 m²-Flächen genügen, um die normale charakteristische Artenkombination der Assoziation zu vereinigen ist fraglich. Sicher unter dem Minimalraum der Assoziation liegen 4 m²-Flächen. Wir haben zwei solcher untersucht (Aufnahme 5 u. 6), die 47 resp. 45 Arten (also nahezu die doppelte Zahl gleich grosser Curvuletum-Flächen) enthielten. Eine Vergrösserung der Flächen auf ca. 20 resp. ca. 10 m² hatte einen Zuwachs von 15 resp. 10 Arten zur Folge.

Die Zugehörigkeit der Assoziation zum Seslerion coeruleae geht aus unserer Tabelle deutlich hervor. Bei Einbeziehung weiterer Assoziationsindividuen würde diese Verwandtschaft wohl noch besser hervortreten. *Sesleria coerulea* selbst fehlt selten in der *Festuca violacea-Trifolium Thalii*-Assoziation. Die Charakterarten verlangen nährstoffreiche Böden von mittlerer Feuchtigkeit. Als weitere Charakterart, in unsern Aufnahmen allerdings nicht vorhanden und überhaupt im Ofengebiet selten, ist *Campanula thyrsoidea* zu nennen. Die Differentialarten, die dem nächstverwandten *Seslerieto-Semperviretum* abgehen, rekrutieren sich ausschliesslich aus den Kategorien der Azidiphilen und Neutrophilen. Trotz der günstigen Bodenverhältnisse ist die Artenzahl der Assoziation im Durchschnitt geringer als im *Seslerieto-Semperviretum*, dagegen erheblich grösser als im *Garicetum firmiae*. Moose und Flechten sind meist nur in wenigen Arten und kümmerlichen Individuen vorhanden; der dichte Rasenschluss und der Lichtentzug durch die hochhalmigen Gräser ersticken die Mooschicht.

Lebenshaushalt, Entwicklung. — Die *Festuca violacea-Trifolium Thalii*-Assoziation tritt im Gebiet stets mit und neben dem *Seslerieto-Semperviretum* auf; Mischungen und Verzahnungen der zwei Gesellschaften sind häufig. Im Landschaftsbild wirkt der Gegensatz

zwischen dem helleren, oft von **Schuttlücken** durchbrochenen *Seslerieto-Semperviretum* und dem sattgrün-glänzenden Festuca violacea-Rasen auffallend. Bald wird man gewahr, dass ersterem die trockeneren, steilen und früher schneefreien **Hänge** und Bergrippen, letzterem die etwas vertieften, länger schneebedeckten Einbuchtungen und Bodenfallen zufallen. **An schneearmen** oder ständig schneefreien Stellen wird man ihn vergeblich suchen. Die langdauernde **Schneebedeckung** und günstige Wasserversorgung sind der Grund des Auftretens einer Reihe von «**Schneeschtüzligen**»¹, die dem *Seslerieto-Semperviretum* fehlen; dadurch erklärt sich auch die Abwesenheit von Xerophyten in der Festuca violacea-Trifolium Thalii-Assoziation. Besondere **Üppigkeit** erlangt die Assoziation am Piz **Murtaröl** und anderwärts, wo «**Schneegwächten**» den Rasen bis in den Sommer hinein mit Wasser speisen. Der tiefgründige, krümelige, mässig bis schwach saure Boden ist auch der Ansiedlung von nitratliebenden Arten wie Taraxacum *officinale*, *Cirsium spinosissimum*, Poa alpina, *Phleum alpinum* günstig, was auf **Stickstoffreichtum** deutet.'

Die Kleinlebewelt des Bodens findet hier zusagende Existenzbedingungen und der Bakteriengehalt scheint hoch, einigen Angaben bei **DÜGGELI** (l. c. 1925), die sehr wahrscheinlich auf unsere Gesellschaft Bezug haben, nach zu schliessen. Die Durcharbeitung der Böden wird gerade in dieser Pflanzengesellschaft durch die Tätigkeit der Murmeltiere, die vor ihren Bauen bis **0,50 m** hohe Erd- und Steinhäufen aufwerfen, nicht unwesentlich befördert.

Trotz hoher jährlicher **Stoffproduktion** bleibt die Humusanreicherung in der Festuca violacea-Trifolium Thalii-Assoziation hinter jener im Elynetum und Curvuletum erheblich **zurück**. Das Mittel aus **6** untersuchten Proben aus dem **Wurzelbereich** ergab nur **14,2 %** Humus (Extreme 9,2 und 17,0 %). Damit Hand in Hand geht die geringere Fähigkeit des Bodens, das Wasser zurückzuhalten. Das Restwasser im lufttrockenen Boden **beträgt im Mittel 4 %** (Extreme **3** und **5 %**).

Die geringere **Humusmenge** in der Festuca *violacea-Trifolium Thalii*-Assoziation dürfte einerseits auf den stärkeren Abbau der Humusstoffe im weniger sauren Medium, anderseits aber wohl auch auf der geringeren Humusproduktion selbst beruhen. Gegenüber Carex curvula und *Elyna* mit ihren Begleitern zeigen Festuca violacea und die meisten ihrer Begleitarten eine viel schwächere Ausbildung der **Festigungsgewebe**, namentlich der schwerer zersetzbaren verholzten Elemente, die für die Humusbildung vor allem in Betracht fallen. Dagegen besitzt die krümelige **Feinerde** in der Festuca violacea-Trifolium-Thalii-Assoziation stets eine **beträchtliche** Mächtigkeit.

Der üppigste Graswuchs herrscht in schwächer sauren **Assoziationsindividuen**; mit zunehmender H-Ionenkonzentration geht er, wohl auch qualitativ (Abnahme der Leguminosen) zurück. Da in **unserm** Klima Humus-Feinerdebildung **infolge** der Auswaschung stets mit einer Reaktionsänderung von der basischen (OH) **zur** sauren (H) Seite hin verbunden ist, so wäre, die lokalklimatischen Faktoren gleichgesetzt, das beste **Futterwachstum** dort zu erwarten, wo bei genügend tiefgründigem, humosem Feinerde-Boden (schwach sauer) die vorzüglichen basiphil-neutrophilen Futterkräuter (besonders Leguminosen) gerade noch konkurrenzfähig sind. Dieses günstige Gleichgewicht zwischen Humusproduktion

¹ *Alchemilla glaberrima*, *Trifolium Thalii*, *Ligusticum Mutellina* etc.

² Untersuchungen über Nitrifikationsvermögen und Bakteriengehalt gerade dieser Böden wären erwünscht. Nach GAARDER und HAGEM (1922) scheint ein Nitrifikationsoptimum bei pH 6.4 also in ähnlichen schwach sauren Böden zu liegen.

(= **Aziditäts-Zunahme**) und Basenverbleib scheint im Kalkgebirge in den schwach sauren bis fast neutralen Ausbildungen der *Festuca violacea-Trifolium Thalii*-Assoziation verwirklicht.

Die **pH-Amplitude** von *Festuca violacea* (der Art) selbst überschreitet jene der *Festuca violacea-Trifolium Thalii*-Assoziation, sowohl nach der basischen als nach der sauren Seite hin. Sie reicht nach unsern Untersuchungen von 7,0—5,1 pH. Bei 7,0—6,8 pH stockt die Art aber bereits im **Seslerieto-Semperviretum**; bei 5,4—5,1 pH fanden wir sie im **Übergangsgürtel** zwischen *Festuca violacea-Trifolium Thalii*-Assoziation und *Curvuletum*, so z. B. oberhalb **Murtèr-Cluozä**. Dank ihrer weiten **pH-Amplitude** und der **Konkurrenzkraft** ihrer hochhalmigen Horste fällt der Art die dynamisch-genetisch wichtige Aufgabe zu, **basiphile** Gesellschaften des *Seslerion coeruleae* (und *Arabidion coeruleae*) in das azidiphile *Curvuletum* überzuführen. *Festuca violacea* selbst spielt hiebei als Reaktionsänderer die Hauptrolle; sie wird dadurch zu einem wichtigen Förderer der Podsolierung auf **Rendzina**-böden im Kalkgebirge.

Untrügliche Zeiger dieses Bodenbildungs-Prozesses sind die in den fortgeschrittenen Phasen der *Festuca violacea-Trifolium Thalii*-Assoziation sich einstellenden azidiphilen Differentialarten, die dem *Seslerieto-Semperviretum* mit Ausnahme einiger weniger fehlen. Aber auch diese wenigen Arten finden wir im *Seslerieto-Semperviretum* zusammengedrängt auf diejenigen Assoziationsindividuen (Nr. 8, 10 und 11, Tabelle IX), die sich durch starkes Hervortreten von *Festuca violacea* auszeichnen. Zu den 11 Azidiphilen der *Festuca violacea-Trifolium Thalii*-Assoziation, die aus Tabelle X ersichtlich und zum Teil auch quantitativ reichlich vertreten sind, kommen noch hinzu: *Agrostis rupestris*, *Calamagrostis tenella*, *Festuca Halleri*, *Avena versicolor*, *Nardus stricta*, *Vaccinium Vitis idaea*, *V. uliginosum*, *Gentiana punctata*, *Campanula barbata*, *Arnica montana*, die nur je in einer Aufnahme vorhanden waren. Diesen 21 Arten stehen im *Seslerieto-Semperviretum* nur sechs spärlich vorkommende Azidiphile gegenüber. Auf die gesamte Gefässpflanzenzahl der **Assoziationsindividuen** 1—6 der *Festuca violacea-Trifolium Thalii*-Assoziation berechnet, machen die Azidiphilen 19 % aus. Schon bevor die detaillierten Bodenuntersuchungen an Hand genommen wurden, war uns das reichliche Vorkommen azidiphiler Arten in dieser Gesellschaft über Kalksubstrat aufgefallen. Wir waren daher keineswegs überrascht, in den untersuchten Bodenproben schwach bis mässig saure Reaktion nachweisen zu können. Das Maximum der Azidiphilen fällt natürlich mit den höchsten Wasserstoffzahlen zusammen und liegt innerhalb unserer Assoziation bei 6,1—5,4 pH, also schon in den, gegen die Endphase zusteuernden Assoziationsindividuen, während die **pH-Amplitude** der optimalen Phase etwa 6,5—5,9 pH beträgt. Die Schwankungen, sowohl innerhalb einzelner **Assoziationsindividuen**, als auch zwischen verschiedenen Individuen sind verhältnismässig **gross**. Hieraus erklärt sich auch die weniger ausgeglichene Zusammensetzung der Rasendeckie. Ein Aziditäts-Ausgleich, wie im *Curvuletum* etwa durch Diffusion, ist hier ja ausgeschlossen oder doch sehr erschwert. Innerhalb des optimalen **pH-Bereichs** der Assoziation entscheiden natürlich lokallimatische Faktoren (vor allem Schneeschuck und Bodenfeuchtigkeit) über ihr Vorkommen oder Fehlen.

Der Verlauf der **pH-Kurve** in der *Festuca violacea-Trifolium Thalii*-Assoziation ist bestimmend für ihre genetische Stellung im **Entwicklungszyklus** (Klimaxkomplex) des *Cari-cion curvulae*. Diese Kurve greift einerseits auf die neutrophil-basiphilen *Seslerion*- und *Arabidion*-Gesellschaften, andererseits aber auch auf jene der azidiphilen, dem klimatischen

Klimax genäherten Gesellschaften über. Wir können sie als «verbindend» bezeichnen. Die Assoziation ist eine labile Übergangsgesellschaft.

Die als Ausgangspunkt der Entwicklung zu betrachtenden Assoziationen sind: die basiphilen: Arabidetum coeruleae und *Seslerieto-Semperviretum*, ferner neutrophile bis mässig azidiphile Fazies des Elynetums.

Auf die Entstehung der *Festuca violacea-Trifolium Thalii*-Assoziation haben wir schon bei der Besprechung des Arabidetum coeruleae hingewiesen (p. 201).

Die Entwicklung aus dem *Seslerieto-Semperviretum*, besonders kräuterreichen Fazies desselben, ist im Val Tantermozza und im Val Cluozza vielfach festzustellen. Die umgekehrte «rückläufige» Sukzession: *Festucetum* → *Seslerieto-Semperviretum* ist schon aus bodenklimatischen Gründen ausgeschlossen. Die Umwandlung des *Seslerieto-Semperviretums* an mässig steilen, gebuchteten Abhängen in die *Festuca violacea-Trifolium Thalii*-Assoziation wird um so mehr befördert, je ausgedehnter das Regen- und Schmelzwasser-Einzugsgebiet ist und je besser dadurch die Bodendurchfeuchtung geregelt wird. *Festuca violacea* selbst ist in den meisten Assoziationsflecken des *Seslerieto-Semperviretums* schon frühzeitig und oft reichlich vorhanden (s. Tab. IX).

Aus lokalklimatischen Gründen selten zu beobachten ist die Sukzession *Elynetum* → *Festuca violacea-Trifolium Thalii*-Assoziation. Bei der Besprechung des *Elynetums* findet man indessen Angaben über ein seit 1917 unter Kontrolle stehendes Dauerquadrat auf Plan del's Poms, das schon jetzt die Tendenz zeigt, sich in die *Hedysarum*-reiche Fazies der *Festuca violacea-Trifolium Thalii*-Assoziation umzuwandeln (s. p. 261).

Das Eingreifen der *Festuca violacea-Trifolium Thalii*-Assoziation in irgendeiner Sukzessionsreihe charakterisiert die beginnende Versauerung des Bodens. Die Weiterentwicklung der *Festuca violacea-Trifolium Thalii*-Assoziation führt in der alpinen Stufe meist direkt zum klimatischen Klimax. Nur an wenigen Stellen, an und unterhalb der Baumgrenze, fanden wir Andeutungen, die darauf schliessen lassen, dass dort auch eine Entwicklung zum *Loiseleurieto-Vaccinion* möglich ist. In warmen Lagen bis ca. 2450 m (2400 m im Schlerngebiet) folgt bei fortgeschrittener Auslaugung und Versauerung auf die *Festuca violacea-Trifolium Thalii*-Assoziation das *Festucetum Halleri* und behauptet sich als Lokalklimax. Viel allgemeiner, namentlich an zahlreichen Stellen oberhalb Murtèr-Cluozza zu verfolgen, ist aber der direkte Übergang in die *Carex curvula*-Assoziation. Dem unterliegenden Rätalk (90 % CaCO₃) ist eine 20–35 cm mächtige Verwitterungs- und Feinerde-Schicht überlagert (*Rendzina*), die in der Wurzelschicht der Pflanzen vollständig entkalkt ist und an den Stellen, wo sich *Carex curvula* schon festgesetzt hat, stets zwischen 6 und 5 pH liegende Wasserstoff-Zahlen ergibt. Schneebedeckung und Wasserversorgung sind hier bei den konkurrierenden Gesellschaften günstig. Ausschlaggebend ist die H-Ionenkonzentration des Bodens. Und da sich diese, dem Gesetz der Bodenbildung in der alpinen Stufe folgend, unter den gegebenen Verhältnissen nur in der Richtung der Aziditätszunahme bewegen kann, so ist auch der Ausgang nicht zu bezweifeln: er endet mit dem Sieg des *Curvuletums*. Während das pH-Optimum der *Festuca violacea-Trifolium Thalii*-Assoziation zwischen 6,5 und 5,8 pH liegt, ergaben mehrere (5) Proben aus dem Übergangsgürtel gegen das *Curvuletum* Werte zwischen 5,4 und 5,1 pH und bestätigen somit obige auf Beobachtungstatsachen beruhende Annahme.

Ganz augenfällig geht dem Wechsel Sn den Mengenverhältnissen der im Ringen begriffenen Kampfarten *Carex curvula* und *Festuca violacea* auch der sukzessive Ersatz der

Begleitarten parallel. Die zunehmende Vitalität und **Konkurrenz**kraft der *Curvuletum*-Azidiphilen bei steigender **Wasserstoffionen-Konzentration** des Bodens ist unbestreitbar.

An reichlich vom Schmelzwasser befeuchteten, ziemlich lange schneebedeckten Stellen ist besonders die Ligusticum Mutellina-reiche Fazies des Curvuletums als Folge-Stadium des *Festuceto-Trifolietum* Thalii anzutreffen. Sie gedeiht schon auf weniger stark sauren Böden (5,3 pH) gut.

Verbreitung, Varianten. — Vorkommen und Verbreitung der Gesellschaft sind noch ganz ungenügend bekannt. Sie dürfte in den Kalkketten der Zentralalpen ziemlich verbreitet sein, doch ist ihre Abgrenzung, schon der reichen Faziesbildung wegen, nicht immer leicht. **Hieher** zu ziehen ist zum mindesten die erste Subassoziation des *Trifolietum* Thalii **LÜDIS** (1921, p. 207) mit reichlicher Festuca violacea, vielleicht auch ein Teil der übrigen Subassoziationen (exkl. Dryas- und Salix retusa-Subassoziation); **hieher** auch das *Trifolietum* Thalii **RÜBELS** (1912, p. 161) ganz oder doch pro maxima parte. Die Assoziation reicht wenig unter die Waldgrenze herab. Im Ofengebiet geht sie von ca. 2250 bis 2650 m am Piz **Murtèr**. In Südtirol ist Festuca violacea im Seslerieto-Semperviretum sehr häufig und dominiert stellenweise in der genannten Assoziation. Eine Trifolium Thalii- und Ranunculus montanus-reiche Fazies der Pestuca *violacea-Trifolium Thalii*-Assoziation beobachteten wir am **Schlern** bei 2340 m (s. Tab. IX, Nr. 7).

Wohl zu dieser Assoziation zu stellen ist ein Bestand mit dominierender Carex ferruginea, wie er gelegentlich an berieselten **Hängen** auf basischen bis schwach sauren Böden zur Ausbildung gelangt. Wir haben im Ofengebiet nur e i n e n derartigen Bestand angetroffen, am Südosthang des Piz **Murtèr** bei 2500 m auf Rätalk. Er setzt sich folgendermassen zusammen (Fläche ca. 50 m²):

3.3	Carex <i>ferruginea</i>	1. i	Homogyne alpina
2.2	— sempervirens	1. i	Carduus defloratus
2.2	Festuca violacea	1. 1	Senecio Doronicum
1. 1-2	<i>Sesleria</i> coerulea	1. i	Leontodon <i>hispidus</i> v. opimus
1. 1	Poa alpina	+ . 1	Carex <i>Ornithopus</i> v. elongata
i. i	Polygonum viviparum	+ . 1	— <i>ericetorum</i>
1. 1	Ranunculus montanus	+ . 2	<i>Luzula</i> silvatica ssp. Sieberi
1. i	Potentilla <i>Crantzii</i>	+ . 1	Biscutella laevigata
1. 1	Anthyllis Vuln. v. <i>alpestris</i>	+ . 2	Dryas octopetala
1. i	Helianthemum <i>alpestris</i>	+ . 1	Thesium <i>alpinum</i>
1. 1	— grandiflorum	+ . 1	Gentiana campestris
1. 1	Ligusticum <i>Mutellina</i>	+ . 1	<i>Pedicularis verticillata</i>
1. 1	Myosotis alpestris	+ . i	Aster alpinus
1. 1	Scabiosa lucida	+ . 1	Bellidiastrum Michellii
1. i	Galium pumilum	+ . 1	<i>Saussurea</i> alpina
	ssp. anisophyllum	+ . i	Leoniodon pyrenaicus (rr.)
1. i	Campanula Scheuchzeri		

Trotz des **Vorherrschens** von Carex ferruginea ist diese Gesellschaft vom Caricetum feruginei der Nordalpen durchaus verschieden. Viele der bezeichnendsten Arten desselben fehlen überhaupt den inneralpinen Ketten oder zählen hier zu den Seltenheiten, so: Festuca

pulchella, Orchis globosus, Anemone *narcissiflora*, A. *alpina* ssp. *eualpina*, Alchemilla *spec.*, Lathyrus *luteus*, Linum *alpinum*, Viola *lutea*, Cerinthe *glabra*, Pedicularis *foliosa* und andere Arten.

13. Elynetum (Nacktriedrasen)

Nach dachgähem Aufstieg von Praspöl nähern wir uns dem windbestrichenen Hochjoch von Murtër (s. Fig. ?). Ein äsendes Gemsrudel, das uns schon lange gewittert, späht vom Piz Terza herüber und verschwindet **alsdann** gemächlich hinter dem breiten Felsrücken. Unter den schweren Bergschuhen knirscht der harte, goldbraun-glänzende Nackt-

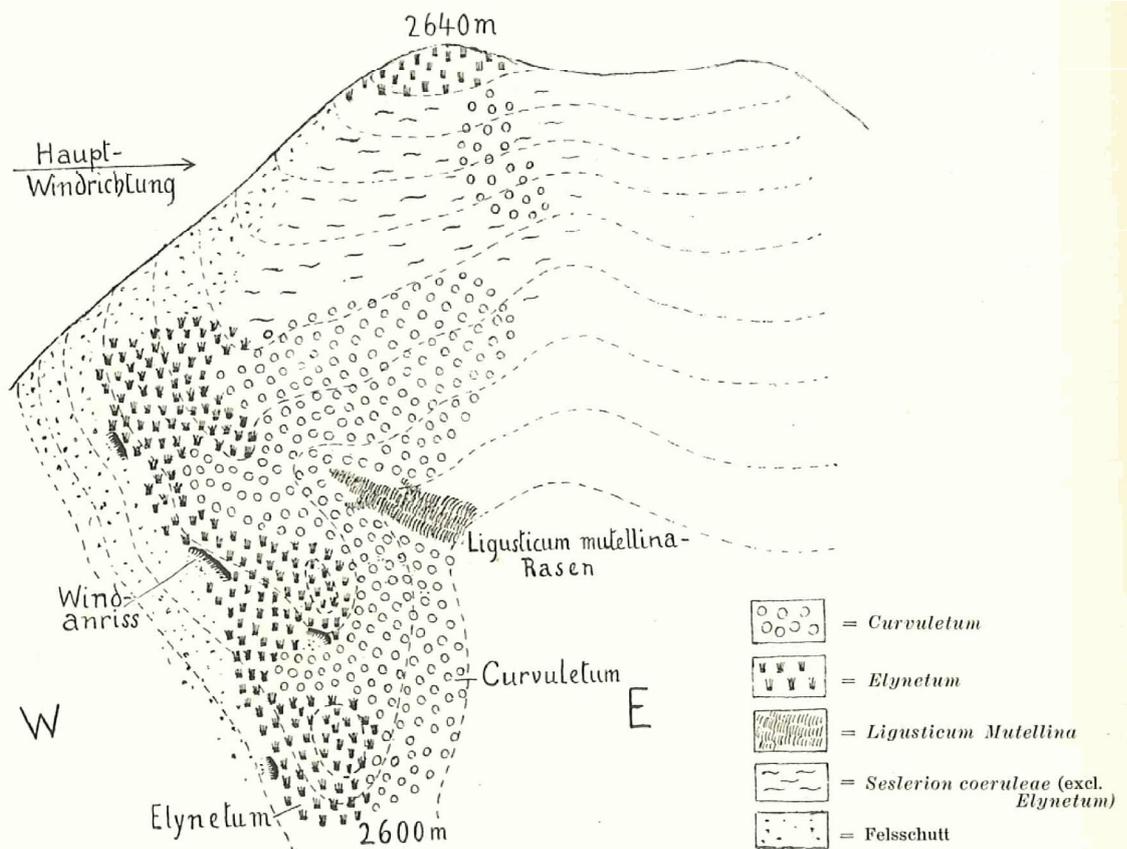


Fig. 17. Alternanz von *Elynetum* und *Curvuletum* im Windbereich am Murtërjoch, 2600 m.

riedrasen, der die Gratschneide überkleidet. In seiner borstenstraffen Tracht hebt er sich scharf ab vom angrenzenden krausen Krummseggegehälm. Ein schmales Band, worin *Elyna* und *Carex curvula* um die Vorherrschaft ringen, trennt die **beiden** Assoziationen.

Der Umriss des Elynetums bezeichnet die Grenzlinie der auch im Hochwinter meist schneefrei geblasenen, von den Schneekristallen geschauerten Windecke. Hier oben am

Ökologische Charakteristik	Parkgebiet und Mittelbünden															Bernina	Südtirol	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
Nr. der Assoziationsindividuen . . .	2400	2400	2330	2520	2600	4(20)	4(100)	1(c,20)	4(40)	4(50)	4(50)	4(50)	50-100	4	1(c4)			
Grösse der Assoziationsindivid. in m ²	2400	2400	2330	2520	2600	4(20)	4(100)	1(c,20)	4(40)	4(50)	4(50)	4(50)	2600	2440	2660			
Höhe, Meter ü. M.	W	S	E	0	0-5°	SE	flach	NW	SW	SW	SW	SW	E	SE	W			
Exposition	c.5°	0	0-5°	0	0-5°	5°	0	5°	5-10°	0	0	0	5-10°	5-10°	0			
Nelung	exp.	exp.	exp.	exp.	exp.	exp.	exp.	exp.	exp.	exp.	exp.	exp.	exp.	exp.	exp.			
Windinfluss	0-	0-	0-	kurz	0-	0-	1-2	0-	0-	0-	0-	0-	kurz	0-	kurz			
Approximative Schneedauer, Monate	Rät	Raibl.	Dol.	Dol.	Rät	Kalk	Pin. Schutt	Rät	Rät	Rät	Rät	Rät	Schutt	Dol.	Dol.			
Geologische Unterlage	7-7	7-7	13 ¹	—	—	7,6	4-5	6,4	7,8	8,7	7,6	7,6	—	—	—			
Restwasser %	27	27	52	51	—	35	22	33	34	50	31	—	—	—	—			
Humus der Wurzelschicht, % . . .	6,7	6,7	6,2	6,2	6,1	6,0	5,8	5,8	5,7	5,6	5,5	—	—	—	—			
pH der Wurzelschicht	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
Floristische Zusammensetzung																		
Charakterarten und Dominante:																		
▲ <i>Elyna myosuroides</i>	4-3	—	—	—	4-3	3-3	4-3	4-3	4-3	4-3	4-3	4-3	4-3	4-3	4-3			
<i>Dianthus glacialis</i>	—	—	—	—	—	—	(+)	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Draba siliquosa</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Carex capillaris v. minima</i> . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
— <i>altrata</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Cerastium alpinum v. lanatum</i> . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Arenaria ciliata ssp. tenella</i> . .	1-2	+2	+2	+2	1-1	—	1-2-1	—	(+)	1-1	1-1	1-1	—	—	—			
<i>Saussurea alpina</i>	—	(+)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Erigeron uniflorus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Gentiana tenella</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Viscaria alpina</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
Verbands-Charakterarten:																		
▲ <i>Festuca pumila</i>	2-2	1-2	+2	+2	1-2	2-2	2-2	1-2	1-2	2-2	2-2	2-2	1-2	+2	(+)			
▲ bas. <i>Sestertia coerulescens ssp. calcarea</i>	1-2	1-2	2-2-3	—	1-2	(+2)	(+2)	—	—	—	—	—	—	—	—			
▲ <i>Carex rupestris</i>	—	—	1-1-2	—	1-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
bas. <i>Minuartia verna v.</i>	1-1	—	+2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
bas. <i>Gentiana verna v.</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
bas. <i>Pedicularis verticillata*</i> . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
bas. <i>Helianthemum alpestre</i> . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
bas. <i>Leontopodium alpinum*</i> . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
bas. <i>Carex firma</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
bas. <i>Sedum atratum</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
Ordnungs-Charakterarten:																		
<i>Potentilla Crantzii</i>	1-1	—	1-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
bas. <i>Oxytropis campestris</i>	—	1-2	1-2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
bas. <i>Hedysarum obscurum</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Aster alpinus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
Indifferente und neutrophil-basiphile Begleiter:																		
<i>Carex ericetorum</i>	1-2-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Polygonum viviparum</i>	—	+2	+2	+2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Sitene acutis</i>	+2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Antennaria carpatica</i>	1-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Ligusticum simplex</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Campanula Scheuchzeri</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Agrostis alpina</i>	—	1-2	2-2	+2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Gentiana brachyphylla</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Poa alpina</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Gentiana nivalis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Anemone vernalis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
bas. <i>Draba aizoides</i>	—	(+)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Lloydia serotina</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Alchemilla colorata</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Selaginella Selaginoides</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Galium anisophyllum</i>	—	(+)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Minuartia setoides</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Gentiana campestris</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Botrychium Lunaria</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Carex sempervirens</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Salix serpyllifolia</i>	—	(+)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
▲ bas. <i>Dryas octopetala</i>	+2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
bas. <i>Veronica aphylla</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
Azidiphile Arten (des <i>Carrion curvulae</i>):																		
<i>Luzula spicata</i>	—	(+)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Avena versicolor</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Euphrasia minima v. minor</i> . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Androsace obtusifolia</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Veronica bellidifolia</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Sestertia disticha</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Carex curvula</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Hieracium glanduliferum</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Festuca Halleri</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Potentilla aurea</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Agrostis rupestris</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Leontodon pyrenaicus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
Moosschicht:																		
<i>Cetraria islandica v. crispa</i>	1-1	1-1	1-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Cladonia pyxidata</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Thamnolia vermicularis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Cetraria nivalis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
— <i>cutellata</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
— <i>juniperina</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Peltigera rufescens</i>	—	(+)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Cladonia silvatica</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Rhizidium rugosum</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Tortella tortuosa</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
<i>Polytrichum juniperinum</i>	1-2	(+)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			

1 Die fetten Zahlen bedeuten Mittelwerte aus je mehreren Untersuchungen. 2 bas. = basiphile Arten.

III, 70
 a spec.,
 und an-
 Hoch-
 spät
 1 Fels-
 Nackt-

n
 Mutellina
 coerulescens (excl.
 Elynetum)
 00 m.
 r sich
 worin
 en.
 meist
 en am

Murtèrjoch entfaltet der schneidende Nordwest seine ganze gewaltige Stosskraft. Er hat am Westrand den Rasen stellenweise aufgerissen (Windanrisse; s. Fig. 17), unterwühlt ihn und nagt und gräbt nun langsam, unaufhaltsam weiter. Die **halbentwurzelten**, glattgescheuerten, von Flechtenschorfen überwallten Elyna-Horste sterben schliesslich ab und werden ein Spiel des Windes. Aber auch das im Laufe der Jahrhunderte mühsam aufgespeicherte und zusammengehaltene Feinerdekapital verfällt dem gleichen Schicksal. Ja die Gewalt der furchtbaren Winterstürme vermag **Steinplatten** von 100—200 Gramm Gewicht aufzuwirbeln und mit sich zu **reissen** (BR.-BL. 1913, p. 53). Unter diesen lebensfeindlichen Verhältnissen kämpft der Nacktriedrasen einen harten Kampf gegen Wind, Austrocknung und Frost. Nur die wind- und kältehärtesten Arten haben Aussicht, ihn zu bestehen. Trotzdem ist die floristische Zusammensetzung des alpinen **Nacktriedrasens** in seiner Gesamtheit nicht übereinstimmend einheitlich. Unsere Assoziationsstabellen zeigen vielmehr, dass im Gebiet z w e i floristisch durchaus abweichende Parallel-Gesellschaften vorkommen, in welchen *Elyna* den Ton angibt: das *Elynetum* im engeren Sinn, zum *Seslerion coeruleae* gehörig, mit vielen basipbil-neutrophilen Arten (s. Tabelle X) und das azidiphile *Curvuletum elynetosum*, eine Subassoziation des *Curvuletums* und als solche dem Verband des *Caricion curvulae* zuzurechnen (s. Tab. XIV). Das *Elynetum sensu stricto* entspricht dem früher (BR.-BL. 1913, p. 100) als «*Elynetum* auf Kalkboden», das *Curvuletum elynetosum* der als *Elyneto-Curvuletum* (auf kalkarmem Boden) ausgeschiedenen Gesellschaft.

Über die floristische Zusammensetzung des *Elynetums* gibt vorstehende Tabelle **Aufschluss**. Die verzeichneten Assoziationsindividuen stammen von folgenden Punkten:

Nr. 1. Oberhalb dem Murter-Leer im Val **Cluozza**, 2400 m. Nr. 2. Grat des **Madlein**, 2400 m. Nr. 3. Vorsprung bei **Plan dels Poms**, 2330 m. Nr. 4. **Übergang Valbella-Chachlot**, 2520 m. Nr. 5. **Piz Murtaröl**, 2600 m. Nr. 6. **Ochsenkopf**, oberhalb **Parpan**, **Plessuralpen**, 2500 m. Nr. 7. **Thäli ob Cresta im Avers**, 2570 m. Nr. 8. **Zuoberst** in der Alp **Farur am Grat**, 2460 m. Nr. 9. **Aufstieg von Alp Murtèr-Cluozza**, 2550 m. Nr. 10. Grat zwischen **Piz Terza** und **Piz Murtèr**, 2600 m. Nr. 11 und 12. **Ebenda**, 2590 m und 2600 m. Nr. 13. **Val Torta** im Val del Fain, 2750 m. Nr. 14. **Schlern** (Südtirol), 2440 m. Nr. 15. **Rotherdspitze** (Südtirol), 2560 m.

Von den 15 Aufnahmen stammen 9 aus dem Ofengebiet (Nr. 1—5, 9—12), 2 aus der **Plessurgruppe** (Nr. 6, 8), 1 aus dem Avers in **Südbünden** (Nr. 7), 1 aus dem **Berninagebiet** (Nr. 13) und zwei aus Südtirol (Nr. 14, 15).

Ausser den in der Tabelle aufgeführten fanden sich noch folgende Arten in obigen Aufnahmen:

In Nr. 1. *Carex nigra*, *Viola calcarata*, *Solorina saccata* s. l., *Cornicularia aculeata*, *Ditrichum flexicaule*, *Tortella fragilis*, *Desmatodon latifolius*, *Encalypta apophysata*, *E. commutata*, *Bryum caespitium*, *Polytrichum piliferum*, *Pseudoleskea atrovirens*, *Brachythecium salebrosus*.

In Nr. 2. Auf der 4 m²-Fläche: *Thalictrum alpinum*, *Saxifraga oppositifolia*, *Parnassia palustris*, *Gentiana Chusii*, *Dermatocarpon cartilagineum*, *Lecanora epibrya*. Ausserhalb des Quadrates: *Saxifraga Aizoon*, *Antennaria dioeca*.

In Nr. 3. Auf der 1 m²-Fläche: *Ranunculus alpestris*, *Alchemilla* spec., *Physcia pulverulenta* var. *muscidea*, *Ditrichum flexicaule*, *Plagiopus Oederi*, *Myurella julacea*, *Chrysohypnum chrysophyllum*. Ausserhalb des Quadrates, ferner: *Peltigera aptosa*, *Bilimbia sphaeroides*, *Lophozia Floerkei*, *Plagiochila asplenioides*, *Pohlia cruda*, *Mnium orthorhynchum*, *Plagiothecium pulchellum*, *Thuidium abietinum*, *Luzula multiflora*, *Chamorchis alpinus*, *Salix reticulata*, *Alchemilla flabellata*, *Lolus corniculatus*, *Viola rupestris*, *Hieracium alpinum* (azidiphii).

In Nr. 4. Auf der 4 m²-Fläche: *Thalictrum alpinum*, *Dicranum* spec., *Ptychodium plicatum*. Daneben in demselben Assoziations-Individuum: *Solorina saccata* s. l., *Carex nigra*, *Leontodon hispidus*.

In Nr. 5. In 6—8 Quadratmetern: *Salix reticulata*, *Salix herbacea* (1 Indiv.) (azidiphil), *Minuartia biflora*, *Vaccinium uliginosum* (azidiphil), *Bartsia alpina*, *Homogyne alpina*, *Physcia pulverulenta*, *Dicranum*

neglectum, *Stereodon revolutus*, *Thuidium abietinum*. Ausserhalb der 4 m²: *Saxifraga ascendens*, *Tortula ruralis*, *Bryum elegans*, *Stereodon Vaucheri*, *Brachylhegium collinum*.

In Nr. 6. Auf der 4 m²-Fläche: *Nigritella nigra* (1 Indiv.), *Luzula multiflora*, *Androsace Chamaejasme*, *Primula farinosa*, *Dicranum neglectum*, *Bryum speo*.

In Nr. 7. Auf der 4 m²-Fläche: *Trisetum spicatum*, *Saxifraga ascendens*, *Androsace Chamaejasme*, *Gentiana prostrata* (wohl azidiphil und Verbands-Charakterart des *Caricion curvulae*), *Veronica fruticans*, *Dicranum spec.*

In Nr. 8. Auf der 4 m²-Fläche: *Luzula multiflora*, *Androsace Chamaejasme*, *Cladonia gracilis*, *Alectoria ochroleuca*. Ausserhalb: *Draba fladnizensis*, *Saxifraga Aizoon*, *S. bryoides* (azidiphil), *S. moschata*, *Alchemilla vulgaris*, *Taraxacum alpinum*.

In Nr. 9. Auf der 1 m²-Fläche: *Loiseleuria procumbens* (azidiphil), *Thuidium abietinum*. Ausserhalb: *Salix reticulata*, *Pohlia cruda*, *Plagiothecium pulchellum*.

In Nr. 10. Auf der 4 m²-Fläche: *Cerastium strictum*, *Draba fladnizensis*, *Alchemilla spec.*, *Taraxacum alpinum*, *Cladonia gracilis*. Ausserhalb: *Salix herbacea* (azidiphil), *Oxytropis lapponica*, *Mnium orthorhynchum*, *Bryum species*, *Peltigera spuria*, *Cladonia macrophyllodes*.

In Nr. 11. Auf der 4 m²-Fläche: *Cerastium strictum*, *Veronica fruticans*, *Taraxacum alpinum*. Ausserhalb: *Antennaria dioeca* (azidiphil).

In Nr. 12. *Cerastium strictum*, *Alchemilla spec.*; *Cladonia gracilis*. Ausserhalb: *Poa nemoralis* var. *glauca*, *Carex nigra*, *Astragalus alpinus*.

In Nr. 13. *Juncus Jacquini*, *Cardamine resedifolia*, *Saxifraga exarata*, *Phyleuma pedemontanum*, *Achillea nana*, *Chrysanthemum alpinum*, *Hieracium alpinum*, *Desmatodon latifolius*.

In Nr. 14 (Schlern). Innerhalb der 4 m²: *Carex verna*, *Callianthemum rutifolium*, *Primula longiflora*, *Bartsia alpina*, *Achillea Clavenae*.

In Nr. 15 (Rotherdspitze). Auf der 4 m²-Fläche: *Carex verna*, *Juncus Jacquini*, *Callianthemum rutifolium*, *Myosotis alpestris*. Ausserhalb: *Oxytropis Halleri*, *Armeria alpina*, *Bartsia alpina*, *Homogyne alpina*, *Drepanocladus uncinatus*.

Die Moose sind mit wenigen Ausnahmen Kümmerformen mit stark herabgesetzter Vitalität. Die Flechten dagegen sind besser entwickelt und nehmen, wie aus der Tabelle ersichtlich, stets einen nicht unbeträchtlichen Anteil an der Zusammensetzung der Assoziation. Neben dem *Curvuletum elynetosum* ist das Elynetum die flechtenreichste Rasengesellschaft der alpinen Stufe. Das mehr oder weniger reichliche Auftreten der *Cetrarien* und von *Thamnolia vermicularis* gestattet, wie beim *Firmetum caricetosum mucronatas*, eine *Cetraria*-reiche «Windfazies» des *Elynetums* zu unterscheiden.

Der Treuegrad der Charakterarten variiert innerhalb des weitgefassten Gebietes, dem unsere Aufnahmen entstammen. Wir haben daher auch hier eine Gradation nicht vorgenommen. Zweifellos überall nur «hold» ist *Erigeron uniflorus*. Von den übrigen Arten dürfen *Draba siliquosa*, *Dianthus glacialis* und *Cerastium alpinum* v. *lanatum* durchgehends als «fest», innerhalb der östlichen Bündneralpen aber als *treu* zu bezeichnen sein.

Da die lokalklimatischen Verhältnisse, welche das Elynetum in erster Linie bedingen, meist nur an engbegrenzten Stellen sich auswirken, hält es schwer, grössere zusammenhängende, hinreichend homogene Probestellen zu finden. Auch die von uns wo immer möglich gewählte Grösse von 4 m² stellt zweifellos noch nicht den Minimalraum der Assoziation dar.¹

Im Laufe der letzten paar Jahre ist es uns immerhin gelungen, wenigstens zwei Flächen von ca. 50 m², zwei von 20 m² und zehn von 4 m² zu analysieren. Wir haben ferner fünf 1 m²- und 15 1/2 m²-Flächen floristisch untersucht. Diese Untersuchungsflächen liegen über Mittel- und Ostbünden und Südtirol verstreut; die meisten stammen aber aus dem engeren Parkgebiet. Sie ergeben folgendes Resultat:

¹ Der Minimalraum entspricht der Flächengrösse, bei der die Art-Arealkurve (Fig. 18) ± horizontalen Verlauf annimmt.

Zahl der Probeflächen	Grösse	Mittlere Artenzahl	Extreme
15	0,5 m ²	21	12/32
5	1 m ²	28	25/30
10	4 m ²	35	30/40
2	20 m ²	46	45/47
2	c. 50 m ²	56	56/57

Auf Grund dieses Zahlenmaterials erhalten wir folgende Artenverteilungskurve:

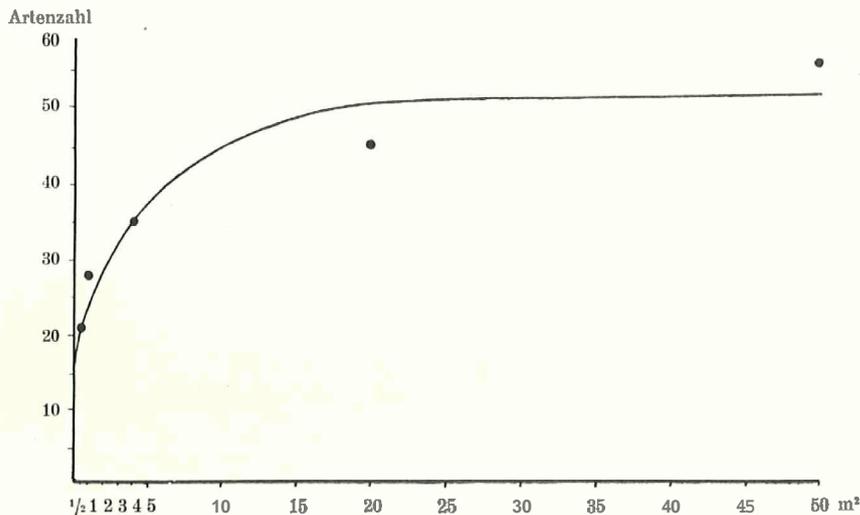


Fig. 18. Verhältnis zwischen Artenzahl und Flächengrösse im *Elynetum*.

Die vollständigen Artenlisten einiger 1 m²- und aller 4 m²-Flächen können unserer Tabelle (und deren Anhang) leicht entnommen werden, da die Arten, die ausserhalb der Flächen vorkommen, in Klammer gesetzt sind. Zehn 1/2 m²-Flächen stammen vom Grat des Piz Murtaröl zwischen 2590 und 2660 m. Sie geben ein anschauliches Bild von der floristischen Variationsbreite der Gesellschaft. Jede einzelne Fläche kann schliesslich als besondere fazielle Ausbildung betrachtet werden und damit ist die Variationsmöglichkeit des *Elynetums* am Murtaröl-Grat noch nicht erschöpft. In den meisten Fällen wäre es allerdings unmöglich gewesen, grössere als 1/2 m²-Flächen unter das Messband zu bekommen.* Nr. 1—3 sind *Carex rupestris*-reiche Initialphasen, die aber unter sich ziemlich abweichen. Sie zeichnen sich durch Artenarmut aus (12—16 Arten pro 1/2 m²). Nr. 8 und 9 sind ziemlich moos- und flechtenreich und zeigen die höchsten Artenzahlen (26—32, s. Tab. XI).

Lebenshaushalt. — Das gesellige, herdenweise Auftreten von *Elyna* wird durch lokalklimatische Faktoren bedingt: Schneefreiheit im Winter, Austrocknung und beträchtliche, oft rasche Temperaturschwankungen des Standortes, die namentlich im Frühjahr und Winter vielfaches Gefrieren und Auftauen zur Folge haben. An warmen Sommertagen kann die Temperatur der Bodenoberfläche im Elynarasen auf 50° ansteigen, während er im Winter Kältegraden von 30—35° unter Null ausgesetzt ist. Nicht, dass *Elyna* dauernde Schneefreiheit zu ihrem Gedeihen benötigte. Sie entwickelt sich ebensogut unter mässigem Schneeschutz. Aber nur an schneefreien Windecken vermag sie auf die Dauer

* Die meist unregelmässigen Flächen wurden mit einer roten Leine umgrenzt.

TABELLE XI

Elynetum (Probeflächen von 0,50 m² am Murtarölgrat)

Nr. der Aufnahme	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Elyna myosuroides</i>	2-3	4	4	3	4	5	5	5	5	4
<i>Carex rupestris</i>	2-3	2	2	1	1	+	1	+	+	-
<i>Festuca pumila</i>	1-2	1	1	2	+	+	+	+	+	1
<i>Sesleria coerulea</i>	+	1	+	1	1	-	-	+	+	1
<i>Polygonum viviparum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Campanula Scheuchzeri</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Agrostis alpina</i>	-	-	+	-	-	+	-	-	+	+
<i>Poa alpina</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-
<i>Carex capillaris</i> v. <i>minima</i>	+	-	-	1	-	+	-	-	-	-
- <i>firma</i>	-	+	-	-	1	-	-	-	-	-
- <i>ericetorum</i>	+	-	+	+	+	+	-	+	-	+
- <i>sempervirens</i>	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+
- <i>alrata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Lloydia serotina</i>	+	-	-	1	+	+	+	+	+	+
<i>Salix herbacea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
- <i>reticulata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Silene acaulis</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Minuartia verna</i>	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-
- <i>biflora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Arenaria cil.</i> ssp. <i>tenella</i>	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
<i>Anemone vernalis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Draba carinthiaca</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
- <i>dubia</i>	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
- <i>aizoides</i>	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+
<i>Potentilla Crantzii</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
<i>Alchemilla colorata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Hedysarum obscurum</i>	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Oxytropis campestris</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Ligusticum simplex</i>	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
<i>Vaccinium uliginosum</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Androsace obtusifolia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Gentiana brachyphylla</i>	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+
- <i>campestris</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Pedicularis verticillata</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Bartsia alpina</i>	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Erigeron uniflorus</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Aster alpinus</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Saussurea alpina</i>	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
<i>Antennaria carpatica</i>	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+
<i>Homogyne alpina</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Physcia pulverulenta</i>	+	-	-	-	+	+	+	-	+	-
<i>Peltigera rufescens</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>Cetraria islandica</i> v. <i>crispa</i>	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-
- <i>juniperina</i>	-	1	-	-	-	-	+	-	-	-
- <i>nivalis</i>	-	-	+	-	+	-	+	+	+	-
<i>Gladonia pyxidata</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
- <i>rangiformis</i>	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+
- <i>silvatica</i>	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-
<i>Thamnolia vermicularis</i>	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+
<i>Dicranum neglectum</i>	+	-	+	-	+	-	-	+	-	-
<i>Tortella tortuosa</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Tortula ruralis</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>Bryum elegans</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>Polytrichum juniperinum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Thuidium abietinum</i>	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-
<i>Stereodon revolutus</i>	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
- <i>Vaucheri</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-
<i>Brachythecium collinum</i>	+	-	-	+	+	+	-	+	+	-
<i>Rhytidium rugosum</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Artenzahl total	16	12	16	18	26	22	22	26	32	23

im Wettbewerb mit andern Glumifloren das Feld zu behaupten. Dies erklärt die **standörtliche** Lokalisierung des *Elynetums*, wie sie aus der ökologischen Charakterisierung am Kopf unserer Tabelle ersichtlich ist. Keines der in Tabelle X verzeichneten **Assoziationsindividuen** erhält mehr als höchstens **zwei-** bis dreimonatliche Schneebedeckung. Die Mehrzahl von ihnen ist auch im Hochwinter nur kurze Zeit, nach ruhigem Schneefall verhüllt und wird bald wieder freigeblasen. Alle untersuchten Flecken liegen an dem Windangriff frei ausgesetzten Gratrücken und Vorsprüngen, deren mittlere Neigung etwa 5—10° beträgt. In der Artenliste gelangt die Trockenheit des Standorts deutlich **zum Ausdruck**. Ganz besonders **trocken-** und **windhart** sind die Strauchflechten:

Thamnolia vermicularis

Alectoria ochroleuca

Cetraria juniperina

Cetraria islandica v. *crispa*

— *cucullata*

— *nivalis*

Am windhärtesten ist die zitrongelbe *Cetraria juniperina*. Da die oberste Bodenschicht im *Elynetum* eine sehr hohe wasserzurückhaltende Kraft (Retentionskraft) besitzt, so ist eigentlicher Wassermangel aber wohl nur im Winter durch Gefrieren zu befürchten. Während der Vegetationsperiode dürfte Wasser stets in genügendem Masse zur Verfügung stehen. Lufttrockene *Elyna*-Erde aus der Wurzelschicht enthielt im Mittel **8,6 % H₂O** (Mittel aus 32 Proben; Minimum **3,1 %** [Humusgehalt 26 %]; Maximum **13,3 %** [Humusgehalt 52 %]). Bei hohem Humusgehalt ist in der Regel auch mehr Restwasser vorhanden, doch enthielt z. B. der humusreichste *Elyna*-Boden (67 % Humus) nur **6,7 % H₂O**.

Mit seinem dichten Schopf ligninreicher **Stengel-** und **Blatt-Triebe** ist das **Nacktried-**gras ein **vorzüglicher** Humusbildner und Humusmehrer. Die starke Verholzung der **Blatt-** und **Stengelteile** verlangsamt indessen die Zersetzung. Die *Elyna*-**Polster** sind daher **von** einer dicken, mehrschichtigen, lang erhalten bleibenden Strohtunika fest umhüllt.

Die Ansicht, *Elyna* sei zwar **humusbedürftig**, aber unfähig, selbst Humus zu bilden (BROCKMANN-JEROSCH 1907, p. 309) wird durch die neueren Untersuchungen nicht bestätigt. Der mittlere Humusgehalt der Wurzelschicht beträgt **30—40 %** (Mittelwert aus 35 Proben von zahlreichen Assoziationsindividuen¹; Maximum 67 %, Minimum 20 %). Im *Curvuletum* liegt der Mittelwert tiefer (bei 20—30 %), im *Caricetum firmae* beträgt er weniger als 20 %. Der Humusaufbau überwiegt somit den Abbau beträchtlich, die Verwesung ist geringer als der Zuwachs. Dies überrascht durchaus nicht, wenn man den büstendichten Wuchs der 10—15 (—20) cm hohen Halme in Betracht zieht. Genaue Angaben über die jährliche **Stoffproduktion** dieser und anderer alpiner Gesellschaften wären übrigens sehr erwünscht. Da *Elyna* die verwesenden Humusstoffe fest zusammenhält, so hebt sich allmählich das Niveau des gewachsenen Bodens und er **kann** in günstigen Fällen 25—30 cm Mächtigkeit erreichen. Es sind dies Böden mit Rendzina-Struktur, wie sie im 2. Kapitel eingehend beschrieben sind.²

¹ Bei den neueren Aufnahmen wurde stets mindestens eine Bodenprobe der floristisch analysierten 1 m²- oder 4 m²-Fläche entnommen.

Die übrigen Proben wurden, falls mehrere Proben aus demselben Assoziationsindividuum stammen, innerhalb der floristisch mehr oder weniger homogenen Fläche an möglichst ungleichen Stellen entnommen, um ein Bild der Variationsbreite zu erhalten. **E i n z e l n e** Bodenproben sind in den Tabellen in gewöhnlicher Schrift, **M i t t e l** in Fettschrift angegeben. Die Probeentnahme geschah wie gewöhnlich in der Wurzelschicht ca. 5 cm tief.

² Humuspodsol mit merkbar geschiedenem Auswaschungs- und tieferliegendem Humus-Ausfällungshorizont haben wir im *Elynetum* nicht beobachtet.

Trotzdem der **jährliche Zuwachs** und damit die **Humusproduktion** des *Elynetums* jene anderer **Rasengesellschaften** übersteigt, werden im *Elynetum* doch geringere **Humusmengen** **angehäuft** als z. B. im *Curvuletum*. Der **Humusabbau** in den länger schneefreien, sich stärker erwärmenden und **dabei** weniger sauren *Elynetum*-Böden geht eben auch rascher vonstatten. Am **Murtèrgrat** besass die **Humusschicht** im *Elynetum* eine Dicke von 13 cm, im **hartangrenzenden** *Curvuletum* von 15 cm. **Humusschichten** von 20–25 cm Dicke wie im *Curvuletum* haben wir im *Elynetum* nicht **beobachtet**. Eigentlicher **Rohhumus** wird übrigens nur in der wenige Zentimeter **mächtigen** obersten Schicht gebildet. Der Abbau der Zellulose setzt **rasch** ein und die **tieferen Feinerdeschichten** sind mit gut **zersetztem** Humus gemengt. Die auch im *Elynetum* **reichlich vorhandenen Bodenbakterien** befördern die Zersetzung. Eine Probe, von **DÜGGELI** auf der Alp Murtèr bei **2200 m** entnommen und in Zürich **untersucht**, ergab für ein Gramm feuchte Erde folgende **Bakterienzahlen** (l. c. p. 219):

Auf Gelatine gedeihend	3,500,000
Auf Agar gedeihend	3,600,000
In Zuckeragar hoher Schicht gedeihend	120,000
Harnstoffvergärer	1,000
Pektinvergärer	1,000
Anaërobe Buttersäurebazillen	100
Anaërobe Eiweisszersetzer	10
Anaërobe stickstoffbindende Bakterien	100

Somit enthält das *Elynetum* bedeutend mehr **Bakterienkeime** als ein normales *Curvuletum*.

Elyna **zeichnet** sich aus durch ihre **Unempfindlichkeit** gegenüber **Schwankungen** in der H-Ionenkonzentration des Bodens. Kaum ein **anderer wichtiger Rasenbildner** kann sich hierm **mit** ihr messen. *Carex curvula*, *Festuca Halleri*, *Nardus stricta* besiedeln nur saure Böden mit bedeutendem Überschuss an freien H-Ionen; *Sesleria coerulea* und *Festuca pumila* sind an **basische** bis schwach saure Böden **gebunden**; *Sesleria sphaerocephala*, *Carex firma*, *C. mucronata* sind **ausgesprochen basiphil** und gedeihen nur bei einem **Überschuss an freien OH-Ionen**. *Elyna* **dagegen** findet sich **sowohl** auf basischen, als auf neutralen und stark **sauren** Böden. Nur *Festuca violacea* verhält sich ähnlich, doch **sind** ihre **lokalklimatisch-edaphischen Ansprüche höher** und **ihr Wirkungsbereich ist weniger ausgedehnt**. Das *Elynetum* als **Assoziation** selbst **beginnt** seine Entwicklung auf basischen oder neutralen Böden. Mit dem **Humusaufbau** geht, wie früher (p. 233) dargelegt, die **sukzessive Versauerung** Hand in Hand. Die **Verwitterungsschicht** unter dem *Elynetum* reagiert aber **meist** noch basisch, und kann über 50 % CaCO_3 enthalten. Eine **Aufwärtsbewegung** der Basen ist hier wohl nur in sehr beschränktem Masse möglich, denn **sonst** hätten wir nicht, wie dies tatsächlich der Fall ist, 28–39 cm über der **Kalkunterlage** eine **ausgesprochene** «heterotope» Kolonie vorwiegend **azidiphiler und neutrophil-azidiphiler** Arten.

Unsere Aufnahmen Nr. 2–44, der **optimalen** Entwicklung der Gesellschaft **entsprechend**, beziehen sich sämtlich auf **Assoziationsindividuen mässig** saurer Böden. Während die **Extreme** der Initial- und **Terminalphasen zwischen** weiten Grenzen schwanken, zeigt diese optimale Entwicklungsphase des *Elynetums* einen verhältnismässig engen **pH-Bereich** (Schwankung 5,5–6,2). **Fassen** wir dagegen alle **untersuchten Bodenproben** aus dem *Elynetum* **zusammen**, so **erhalten** wir das Seite 338 **dargestellte Kurvenbild**. Die **verbindende, Kurve** des *Elynetums* greift einem&-auf die basische *Firmetum*-Kurve, an&~

seits auf die stark saure Curvuletum-Kurve über. Dieses **Übereinandergreifen** der **Aziditätswerte** ist eine wichtige Voraussetzung für die Auswirkung der Sukzession.

Entwicklung. — Die allmähliche Erhöhung der Bodenoberfläche durch Humuszuwachs wird dem Elynetum an Windecken verderblich. Die äolische Erosion setzt ein. Windanrisse im Elynetum-Rasen sind eine durch die ganze Alpenkette allgemein verbreitete Erscheinung. Wir haben sie früher ziemlich eingehend beschrieben (BR.-BL. 1913, p. 60). Oft geht die Abtragung bis auf den festen Untergrund, und von **neuem** müssen Boden und Vegetationsdecke mühsam aufgebaut werden. *Dryas* und *Salix serpyllifolia* sind auch hierbei wieder die tätigsten Pioniere. Ist die **Feinerde** nicht vollständig verblasen, so können auch **neutrophile** und **azidiphile** Arten (*Loiseleuria*, *Vaccinium uliginosum*) den Wiederaufbau beschleunigen. Dadurch unterscheidet sich diese Regeneration von der primären **progressiven** Entwicklung (Südhang des Munt la Schera bei 2430 m).

Angaben über die normale **progressive** Entwicklung des Elynetums finden sich schon in der Arbeit über die Vegetationsverhältnisse der Schneestufe (BR.-BL. 1913, p. 132, 133). Heute **können** wir manches vertiefen und begründen, weil die **Ökologie** der Gesellschaft besser bekannt ist und weil seit **1917** im Park auch Dauer-Untersuchungsflächen der Beobachtung unterliegen.

Niemals erscheint das Elynetum als erste Pionierassoziation. Als Vorstadien können sehr verschiedene Gesellschaften eingreifen: *Salix serpyllifolia*-, *Dryas*-, *Loiseleuria*-Teppiche, *Sesleria coerulea*- und *Festuca pumila*-Rasen, vor allem aber das *Caricetum firmae* und ihm zuzurechnende Varianten und Fragmente. Abgestorbene *Dryas*- und *Salix serpyllifolia*-Spaliere, namentlich in der Randzone des Elynetums, lassen oft die Art seiner Entstehung erkennen.

Alle Entwicklungsreihen beginnen mit offenen Pionierstadien auf basischen Böden. Das Zusammenwirken von Humusaufbau und Basenauslaugung bedingt ein allmähliches Zurücktreten der basiphilen und deren Ersatz durch azidiphile Arten. Dieselben suchen vorerst die dicken Humuslagen der Elyna-Polster auf. Mit der Konsolidierung der **Humusdecke** steigt zusehends die Zahl der azidiphilen Begleiter. Schliesslich bildet sie über dem basischen Untergrund eine eigentliche Isolierschicht. Die Niederschläge fliessen rasch ab und führen die löslichen Bestandteile des Bodens mit sich in die Tiefe. In der Oberschicht kommen mehr und mehr die kolloiden Eigenschaften des hochdispersen **Humusbodens** zur Geltung und damit sind auch die Voraussetzungen für ein typisches *Elynetum* geschaffen.

Der für den Verlauf der Sukzession charakteristische Parallelismus zwischen **Bodenreaktion** und Begleitflora ist aus unserer **Kurvendarstellung (Fig. 19)** ersichtlich.¹ Es sei hervorgehoben, dass die Tabelle X, die als Grundlage der Kurve diente, in ihrer vorliegenden Gestalt fertig ausgearbeitet war, **bevor** die Bodenuntersuchungen **anhand** genommen wurden. Wenn die **pH-Werte** sich in überraschend regelmässiger Folge der Tabelle einfügen, so ist dies kein Zufall, sondern vielmehr ein Beweis dafür, dass **allmähliche kleine ökologische Veränderungen** auch eine **allmähliche sukzessive Änderung** der Artenkombination der Gesellschaft bedingen.

Die Azidiphilen-Kurve zeigt sehr schön das Ansteigen von links nach rechts mit zunehmender H-Ionenkonzentration des Bodens. Bei etwa 6,2 pH findet ein plötzliches starkes Emporschnellen der Azidiphilen statt; pH 6,2 scheint für manche derselben ein Grenzwert.

¹ Da Flechten und Moose in der allerersten Humusschicht verankert sind, haben wir sie bei der Ausarbeitung der Kurve unberücksichtigt gelassen.

Die Abnahme der **Charakterarten** zwischen 5,5 und 5,0 pH ist aus der Kurve nicht ersichtlich, weil in unserer Tabelle keine überreifen Elyneten aufgenommen sind. Dagegen ist der Abfall der Charakterarten in den weniger sauren Assoziationsindividuen mit einem pH von 6,8—6,3 (Tab. X, 1, 2, 15) scharf ausgeprägt. Das Charakterartenmaximum liegt zwischen 6 und 5,5 pH im Optimum der Assoziation. Es entspricht den stärker ausgelaugten, dem Bodenklimax näherliegenden **Rendzinaböden** und fällt auch mit dem Gipfel der pH-Kurve für Elynetum-Böden gut zusammen (s. p. 313).

In diesem **Entwicklungszustand** nun, bei einem pH von 5,8—5,5, kann sich *Carex curvula* im Elynetum festsetzen (s. Tab. X, Nr. 8—12). Ein heftiger Wettbewerb setzt ein **zwi-**

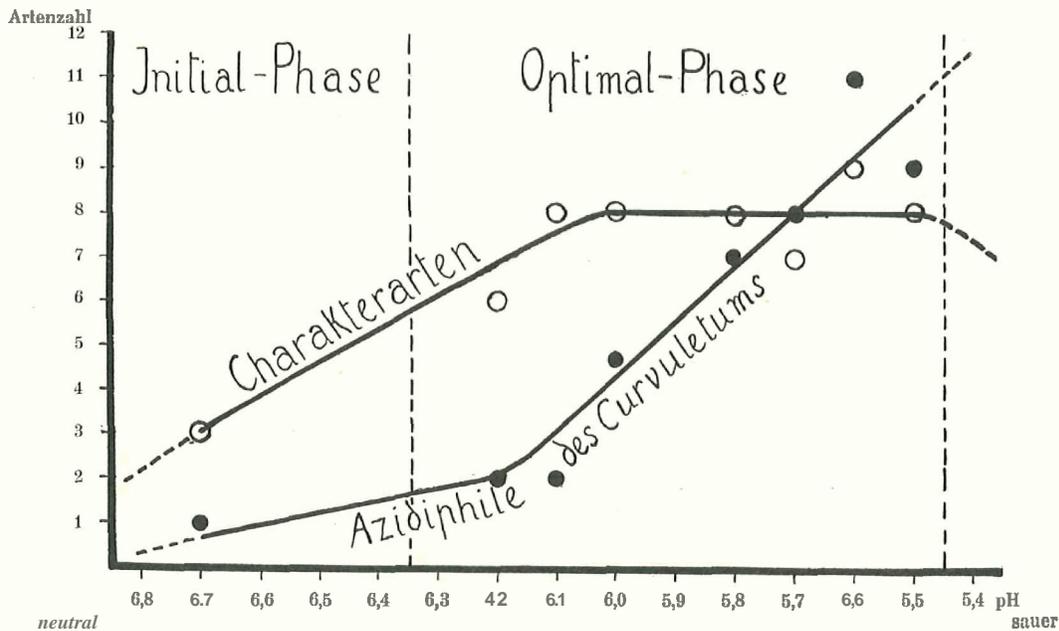


Fig. 19.

Kurve der Charakterarten und Sukzessionsrichtung im *Elynetum* (*Elynetum* [mässig-sauer] → *Curvuletum* [sehr sauer]). Assoziationsindividuen Nr. 2 bis 12 der Tabelle X, angeordnet nach der H-Ionenkonzentration des Bodens.

schen der durch das Lohralklima begünstigten *Elyna* und *Carex curvula*., welche durch den normalen Verlauf der Bodenbildung (Versauerung) unterstützt wird. Ob der **Übergang** vom *Elynetum* zum *Curvuletum* zur vollen Auswirkung **kommt**, hängt vom Fortschreiten der Bodenbildung, an der *Carex curvula* selbst aktiv beteiligt ist, ab. An stark windgefehten Punkten bildet sich ein labiles Gleichgewicht zwischen *Elynetum* und *Curvuletum* heraus, während an weniger exponierten Stellen das *Curvuletum* über kurz oder lang den Platz behauptet und durch fortschreitende Azidifikation seinen Besitzstand immer mehr befestigt.

Die zeitlichen Assoziationsverschiebungen im Kontaktgebiet zwischen *Curvuletum* und *Elynetum* sollen am **Murtèrgrat** genauer verfolgt werden. Schon heute aber **kann** auf Grund zahlreicher **Bödenanalysen** in dieser schmalen Obergangszone festgestellt werden, dass *Carex curvula* in die Domäne des **Nacktriedgrases** vordringt. Sie überschreitet hier den normalen pH-Bereich der *Carex curvula*-Assoziation beträchtlich und stösst tief in den Reaktionsbereich des *Elynetums* (pH 5,8) vor. Die äussersten sauren pH-Werte für *Elyna*. da-

gegen (5,2 pH), liegen schon an der Grenze des Reaktionsbereichs der wohlentwickelten *Curvuleta*. *Elyna* kann somit dem *Curvuletum* nicht gefährlich werden; die gesetzmässige Entwicklung muss vom *Elynetum* zum *Curvuletum* fortschreiten.

Über genaue zeitliche Veränderungen innerhalb des *Elynetums* sind wir unterrichtet durch zwei experimentelle Daueruntersuchungsflächen von je 1 m², unterhalb Plan des Poms bei 2330 und 2340 m in E-Exposition, die seit 1917 der Beobachtung unterstehen. Fläche A, stark windexponiert, zeigt ein **Frühstadium** mit reichlich *Dryas*, Fläche B, günstiger gelegen und länger schneebedeckt, eine weiter fortgeschrittene Phase der Gesellschaft. Das Gebiet wird seit 1911 nur noch gelegentlich von Gensen beweidet. Die erste Revision fand nach 5 Jahren (1922) statt. Schon innerhalb dieser kurzen **Beobachtungszeit** war eine Verschiebung der Artenkonstellation nachweisbar. Fläche A zeigte 1922 folgende Zusammensetzung:

Krautschicht:

4 · 2-3	<i>Elyna myosuroides</i>	1 · 2	<i>Sesleria coerulea</i>
2 · 1-2	<i>Agrostis alpina</i>	1 · 1	<i>Polygonum viviparum</i>
2 · 2	<i>Dryas octopetala</i>	1 · 1	<i>Antennaria carpatica</i>
ac	<i>Selaginella Selaginoides</i>	2 Ind.	<i>Alchemilla colorata</i>
ac	<i>Ranunculus alpestris</i>	i Ind.	— species
ac	<i>Gentiana brachyphylla</i>	r	<i>Oxytropis campestris</i>
ac	<i>Campanula Scheuchzeri</i>	ar	<i>Ligusticum simplex</i>
r	<i>Botryrhium Lunaria</i>	r	<i>Pedicularis verticillata</i>
r	<i>Potentilla Crantzii</i>	ar	<i>Galium anisophyllum</i>
ar	<i>Carex capillaris</i>		

Moosschicht:

	<i>Rhytidium rugosum</i> ¹	rr	<i>Plagiopus Oederi</i>
	<i>Ditrichum flexicaule</i> ²	rr	<i>Myurella julacea</i>
r	<i>Tortella tortuosa</i>	r	<i>Chrysohypnum chrysophyllum</i>
1 · 1	<i>Cetraria islandica</i>	1 · 1	<i>Cladonia pyxidata</i>
1 · 1	— <i>nivalis</i>	+ · 1	<i>Thamnolia vermicularis</i>
1 · 1	— <i>cucullata</i>	+ · 1	<i>Peltigera aptosa</i>

Von 1917 bis 1922 hatten an **Individuenzahl** etwas abgenommen: *Selaginella Selaginoides*, *Dryas*, *Alchemilla colorata*, *Pedicularis verticillata*; etwas zugenommen: *Ligusticum simplex* und die *Cetrarien*.

Völlig verschwunden waren: *Festuca pumila*, *Carex rupestris*, *Bryum species*, *Mnium orthosynchum*.

Neu eingestellt hatten sich: *Physcia pulverulenta* v. *muscidea*, *Plagiopus Oederi*, *Myurella julacea*. Die Veränderung, so geringfügig sie erscheinen mag, darf als schwache Konsolidierung der Assoziation aufgefasst werden.

Einen stärkeren Artenwechsel konnten wir innert derselben Zeit im Quadrat B feststellen. Dasselbe zeigte am 5. August 1922 folgende Zusammensetzung:

¹ Etwas mehr als X der Moosschicht deckend.

² Pölsterchen von 5 cm Durchmesser.

3 · 2 <i>Elyna myosuroides</i>	+ (rr) <i>Salix herbacea</i>
3 · 2 <i>Agrostis alpina</i>	+ (rr) <i>Ranunculus alpestris</i>
1 (ac) <i>Carex capillaris</i>	+ (3 Ind.) <i>Oxytropis campestris</i>
1 (c) <i>Polygonum viviparum</i>	+ (4 Ind.) <i>Hedysarum obscurum</i>
1 (c) <i>Alchemilla</i> cf. <i>vulgaris</i>	+ (rr) <i>Viola rupestris</i>
1 (c) <i>Campanula Scheuchzeri</i>	+ (rr) <i>Gentiana brachyphylla</i>
1 (c) <i>Galium anisophyllum</i>	+ (rr) <i>Veronica aphylla</i>
+ 2 <i>Helianthemum alpestre</i>	+ (rr) — <i>fruticans</i>
+ (ac) <i>Potentilla Crantzii</i>	+ (1 Ind.) <i>Pedicularis verticillata</i>
+ (rr) <i>Botrychium Lunaria</i>	+ (rr) <i>Antennaria carpatica</i>
+ (r) <i>Selaginella Selaginoides</i>	

Moosschicht:

rr <i>Cetraria islandica</i>	rr <i>Mnium orthorhynchum</i>
rr — <i>nivalis</i>	rr <i>Climacium dendroides</i>
r <i>Peltigera aptosa</i>	rr <i>Thuidium abietinum</i>

Elyna und *Agrostis alpina* sind ziemlich gleichmässig verteilt und decken je nahezu die halbe Fläche. *Helianthemum alpestre* ist in einem Sträuchlein von ca. 10 cm Durchmesser vorhanden. Das Mengenverhältnis der dominierenden Arten hat seit 1917 keine nennenswerte Verschiebung erfahren, wohl aber hat sich die Begleitflora von Jahr zu Jahr verändert. Eine erste Kontrolle 1918 ergab gegenüber 1917 ein Plus von drei Arten: je einem jungen Pflänzchen von *Viola rupestris*, *Ranunculus alpestris* und *Oxytropis campestris*. 1922 hatte sich *Oxytropis campestris* auf drei Individuen vermehrt. Neu hinzugekommen waren: *Salix herbacea*, *Gentiana brachyphylla*, *Veronica fruticans*, *Hedysarum obscurum* (vier Individuen), Verschwunden waren: *Salix reticulata*, *Dryas octopetala*, *Carex ericetorum*, *Cerastium fontanum*, *Erigeron uniflorus*, *Tortella fragilis*. Sämtliche Moose und Flechten sind sehr kümmerlich und scheinen im Abgehen; sie leiden unter der Bedeckung durch die dünnen Grashalme. Der das Quadrat abgrenzende dicke Eisendraht war von abgestorbenen Pflanzenteilen nahezu vollständig verdeckt.

Der Artenwechsel, der sich innerhalb fünf Jahren auf diesem kleinen Rasenfleck vollzogen hat, zeigt schlagend, dass die Stabilität der alpinen Rasenvegetation nicht zu hoch eingeschätzt werden darf. Es ist ja klar, dass in einem Gebiet wie die alpine Stufe der Kalkalpen, wo die Aussenbedingungen (namentlich die edaphischen) selbst ständigem Wechsel unterworfen sind, von einer annähernd definitiven Stabilisierung der Vegetation keine Rede sein kann. Bezeichnend für die Richtung der Sukzession im untersuchten Fleck B ist der Ersatz der basiphilen *Salix reticulata* durch die azidiphile *Salix herbacea* und ferner die Verdrängung der neutrophil-basiphilen *Dryas*. Dies bedeutet einen ersten Schritt gegen den klimatischen Klimax. Bei der reichlichen Humusanhäufung dürfte sich die Sukzession verhältnismässig rasch abwickeln, wenn auch Veränderungen von ähnlichem Ausmass bei der nächsten Untersuchung 1927 nicht zu erwarten sind. Die Aufhebung des Weidrechts im Nationalpark (1911) mag das raschere Fortschreiten der Sukzession begünstigt haben. Beweidung hemmt ja stets die natürliche Entwicklung der Vegetation. Andererseits ist aber nicht zu vergessen, dass die kurzdauernde und nicht sehr intensive Beweidung durch Schafe im Sommer heute durch den ganzjährigen Weidgang der Gemsen wettgemacht wird.

Während die Entwicklung der Untersuchungsfläche A auf unabsehbare Zeit beim Stadium des Elynetum typicum verharren dürfte, hat es den Anschein, als ob Fläche B sich gegen die Fesluca violacea-Trifolium Thalii-Assoziation (also einen bessern, ertragsreicheren Weidetypus) hin entwickle. Die schon jetzt einwandfrei nachgewiesene Einwanderung und Ausbreitung der Leguminosen deutet auf die werdende Hedysarum-Fazies der Festuca violacea-Trifolium Thalii-Assoziation. Ob nun aber diese Variante gerade im untersuchten Quadratmeter zur vollen Ausbildung gelangt, ist eine andere Frage. Je nach den Bodenverhältnissen und andern beeinflussenden Aussenfaktoren kann sich ja die Sukzession derart abrollen, dass an einer gegebenen Stelle überhaupt keine der an der Entwicklung beteiligten Assoziationen zur vollen Entfaltung kommt. Dagegen ist die Entwicklungstendenz gegen den Vegetationsklimax nichtsdestoweniger klar erkennbar.

Verbreitung. — Unsere Tabelle enthält Elyneten aus Südtirol, Ost-, Mittel- und Westbünden. FTJRRER (1914) erwähnt solche aus dem Bormiesischen. In Begleitung von W. LÜDI haben wir die Assoziation im Berner Oberland angetroffen. In ähnlicher Ausbildung erscheint sie wieder in den Savoyer und Grayischen Alpen und am Lautaret. In den Westalpen existieren ausserdem lokale Varianten (z. B. an der Grande Turra oberhalb Lanslebourg am Mont Cenis), die vielleicht als Subassoziationen zu bewerten sind. Am weitesten gegen Südwesten vorgeschoben fanden wir ein Elynstium im Quellgebiet der Durance (Provence). Es krönt bei ca. 2270 m, oberhalb Nevache, eine windbestrichene Kuppe auf Kalkschutt und erscheint hier als Folgestadium auf Dryas-Teppiche. Es enthält:

Elyna myosuroides	Potentilla Crantzii
<i>Draba siliquosa</i>	Lotus corniculatus
Arenaria ciliata ssp. <i>tenella</i>	<i>Anthyllis</i> Vulneraria v. Dilleni
Carex atrata	<i>Helianthemum alpestre</i>
Erigeron uniflorus	Gentiana cf. Rostani
Carex <i>sempervirens</i>	— brachyphylla
<i>Sesleria coerulea</i>	<i>Myosotis alpestris</i>
Poa alpina	Euphrasia <i>salisburgensis</i>
Festuca <i>duriuscula</i>	Campanula <i>Scheuchzeri</i>
Minuartia verna	Aster alpinus
* <i>Carex curvula</i>	Antennaria carpatica
<i>Draba aizoides</i>	* — dioeca
Sempervivum arachnoideum	* <i>Hieracium glanduliferum</i>
Saxifraga moschata	* — glaciale
Dryas octopetala	<i>Dicranum</i> spec.
Alchemilla colorata	Cetraria <i>islandica</i>

Die floristische Übereinstimmung dieses nur wenige Quadratmeter messenden Assoziationsindividuums mit den Individuen unserer Tabelle aus den Ostalpen ist bemerkenswert. Auch hier wird die Weiterentwicklung gegen das Curvuletum angedeutet durch das Vorhandensein von *Carex curvula* und zwei oder drei ihrer azidiphilen Begleiter (mit Stern [*] bezeichnet).

Floristisch stärker abweichend sind die *Elynetum*-ähnlichen Bestände der Zentralpyrenäen (BR.-BL. 1913, p. 104). Ob wir es hier mit einer Subassoziation unseres *Elynetums* oder mit einer selbständigen, wenn auch nahe verwandten Assoziation zu tun haben, müssen weitere Untersuchungen lehren.

VI. Ordnung. *Caricetalia curvulae*

(Curvuletumartige Rasengesellschaften)

Das Gegenstück der *Seslerietalia* des Kalkgebirgs bilden in den Itristallinen Ketten die *Caricetalia curvulae*. Ihr fahlbrauner Rasen sticht vom freudigen Grün der *Seslerietalia* schon aus der Ferne ab. Diesem Farbengegensatz entspricht auch eine fundamentale Verschiedenheit in der Artzusammensetzung.

Im Ofengebiet ist die Ordnung der *Caricetalia curvulae* nur durch den Verband des *Caricion curvulae* vertreten. Ihm verwandt scheint das *Pestucion variae* der Süd- und Westalpen, der Auvergne und der Pyrenäen. Ob das *Juncetum trifidi* der Tatra und ihm nahestehende Gesellschaften dem *Caricion curvulae* angeschlossen werden müssen oder ob sie einen eigenen Verband darstellen, werden die im Gang befindlichen Arbeiten der Krakauer Pflanzensoziologen ergeben. Ausser Zweifel steht dagegen ihre Zugehörigkeit zu den *Caricetalia curvulae*.

Soweit sich die Ordnung heute überblicken lässt, sind sämtliche hieher zu stellenden Assoziationen ausgeprägt azidiphil und nehmen mit Böden von mässigem bis geringem Nährstoffgehalt vorlieb. Der dicht horstförmige Wuchs und die starke Ligninproduktion der dominierenden Glumifloren stempelt sie zu vorzüglichen Humusbildnern. Zwar bleiben der Jahreszuwachs und damit die Stoffproduktion der *Caricetalia curvulae* hinter jenen der *Seslerietalia* (mit Ausnahme des *Firmetums*) zurück. Da aber auch die Zersetzung im sauren Medium langsamer arbeitet und Bodenorganismen spärlicher vorhanden sind, wird im Laufe der Zeit doch eine stellenweise beträchtliche, bis 25 cm mächtige, saure Humusschicht aufgehäuft, die trockenorfähliche Struktur annehmen kann.

Die Ordnung der *Caricetalia curvulae* umfasst fast ausschliesslich alpine Trockenwiesen, die allerdings stellenweise tief in die subalpine Stufe herab vorstossen. Nur gewisse feuchte Fazies des *Curvuletums* sind als Frischwiesen anzusprechen. Ihre maximale Ausbreitung und unbedingte Vorherrschaft erlangt die Ordnung in den relativ trockenen inneren Silikatlletten, wogegen in den feuchten niederschlagsreichen Aussenlletten die *Salicetalia*-Schneeböden und die Zwergstrauchgesellschaften erfolgreich den Wettbewerb mit den *Caricetalia* aufnehmen und an Ausdehnung gewinnen.

Während Weide- und Wildheuertrag der *Caricetalia curvulae* hinter dem *Seslerietalia*-Rasen zurücksteht, ist ihre bodenbildende Berasungskraft im Hochgebirge jener der *Seslerietalia* weit überlegen. Durch die Substratverhältnisse in den Silikatlletten begünstigt, reichen *Caricetalia*-Assoziationen auch bedeutend höher als die Rasen der *Seslerietalia*, die im Ofengebiet nur in winzigen, tischbreiten Flecken bis 2950 m vorstossen. Die *Caricetalia* dagegen kleiden die meisten Gipfel zwischen 2700 und 2800 m in ihr düsteres Gewand und erklettern als Plänklerrasen Bergkämme von 3000 bis 3100 m Höhe (Piz Nuna, Piz Plazèr, Piz Sesvenna). Die letzten verlorenen *Caricetalia curvulae*-Vorposten des Engadins kleben bei 3250 m an der spitzen Gneispyramide des Piz Languard über Pontresina.

Floristisch ist die Ordnung durch eine grosse Zahl von Charakterarten gut umschrieben'. Wir nennen hier nur die Ordnungs-Charakterarten soweit sie aus unsern Tabellen hervorgehen, ohne die Charakterarten der Assoziationen und Verbände beizufügen:

<i>Koeleria hirsuta</i>	<i>Trifolium alpinum</i> (?)
<i>Juncus Jacquini</i>	<i>Laserpitium Halleri</i>
— <i>trifidus</i>	<i>Gentiana Kochiana</i>
<i>Anemone sulfurea</i>	<i>Phyteuma hemisphaericum</i>
<i>Sempervivum montanum</i>	<i>Achillea moschata</i>
<i>Potentilla aurea</i>	<i>Arnica montana</i>

VIa. Caricion curvulae-Verband

Als Vegetationsklimax der alpinen Stufe des Gebietes bildet der Verband des *Caricion curvulae* das Schlussglied der Vegetationsentwicklung. Die Klimaxgesellschaft kann sich selbstverständlich auf sauren Böden schon vor Abschluss der Bodenbildung einfinden. Sie beschleunigt dann dieselbe, ohne selbst weitere Umwandlungen zu erfahren, Diese mehr theoretischen Erwägungen¹ von prinzipieller Bedeutung galt es unvoreingenommen auf Grund der Beobachtungstatsachen zu prüfen, um die Beziehungen zwischen Bodenbildung und Vegetationsentwicklung in der alpinen Stufe näher zu präzisieren. Hiezu hat der eine von uns (B.) im Sommer 1925 in den ausgedehntesten Kalkgebirgen der Alpen, den Südtiroler Dolomiten, zahlreiche Vegetationsaufnahmen gemacht, Bodenproben gesammelt und Profile notiert, während der andere (J.) im Oberengadin und Bergell speziellen Bodenstudien oblag. Aus verschiedenen Teilen der Alpen wurden so eine grosse Zahl von Vegetationsaufnahmen und etwa 150 Bodenproben, sowie eine Reihe von Bodenprofilen aus dem *Caricion curvulae* zusammengebracht.

Floristisch zerfällt der Verband im Ofengebiet in zwei gut geschiedene Assoziationen, die ihrerseits wieder Subassoziationen und zahlreiche, durch das Vorherrschen bestimmter Begleitarten charakterisierte Fazies umfassen.

Als Verbands-Charakterarten sind zu nennen:

<i>Agrostis rupestris</i>	<i>Androsace obtusifolia</i>
<i>Luzula lutea</i>	<i>Euphrasia minima</i>
— <i>spicata</i>	var. <i>minor</i> Jord.
<i>Silene exscapa</i>	<i>Veronica bellidioides</i>
<i>Minuartia recurva</i>	

Es sind, wie die spezifischen Charakterarten der Assoziationen des Verbandes, neutrophil-azidiphile und azidiphile Arten.

14. Festucetum Halleri

(*Festuca Halleri*-Rasen)

Festuca Halleri bildet einen wichtigen Nebenbestandteil der trockeneren Fazies des *Krummseggenrasens*. Die Art ist aber anspruchsvoller als *Carex curvula* in Bezug auf

¹ Wohl zum erstenmal ist 1913 auf die hohe dynamisch-genetische Bedeutung von *Carex curvula* für den Aufbau der hochalpinen Rasendecke hingewiesen worden (BR.-13~1913, p. 87).

Wärme und Vegetationsdauer (Aperzeit) und siegt im Kampf mit der Krummsegge, sobald unter sonst übereinstimmenden Relief- und Bodenverhältnissen die schneefreie Vegetationszeit etwa sieben Monate überschreitet. Wir sehen daher das *Curvuletum* gegen unten sich zerteilen, um den Konstituenten des *Festucetum Halleri* mehr und mehr Raum zu gewähren, bis schliesslich am gleichen Abhang unter ähnlichen Bodenverhältnissen, aber 100 bis 200 m tiefer, der Krummseggenrasen durch die Assoziation von *Festuca Halleri* ersetzt ist. Nicht bloss im Ofengebiet, sondern auch anderwärts in den inneralpinen Ketten (Westtirol, Zermatt, Plessuralpen) kann das Ineinandergreifen der zwei Pflanzengesellschaften verfolgt werden; ein scharfgetrenntes Nebeneinander gehört zu den Ausnahmen. Die Verzahnung der beiden Assoziationen ist nirgends klarer erkennbar als am Südhang des Muntett oberhalb Lü. Das *Festucetum Halleri* beginnt hier an der Waldgrenze bei ca. 2300 m und wird herrschend bei 2350 m. Hundert Meter höher tauchen die ersten *Carex curvula*-Horste auf, die sich rasch mehren, sodass flachere Stellen schon bei 2470 m, steile bei 2500 m den Mischbestand *Curvuletum-Festucetum Halleri* tragen. Bei 2560 m ist in Süd-lage an schwach geneigten Hängen (10–15°) die Vorherrschaft des gutentwickelten *Curvuletums* unbestritten; am Steilhang (30°) steigt die Mischung noch etwas höher. Ihr höchstes Vorkommen im Gebiet hat die Assoziation am spitzen Gipfelkegel des Mt del Gaier im Scarltal, wo sie in SE-Lage bis etwas über 2600 m vordringt.

Organisation. — Zehn floristisch genau untersuchte Assoziationsindividuen stammen von folgenden Lokalitäten:

Nr. 1. Crap Nair ob Cierfs, 2470 m. Nr. 2. Val Nuna gegen Piz Macun, 2550 m. Nr. 3. Muntett ob Lü, 2400 m. Nr. 4. Alp da Munt, oberhalb Cierfs, 2375 m. Nr. 5. Marangun-Sesvenna, 2400 m. Nr. 6. Mt del Gaier, oberhalb Scarl, 2600 m. Nr. 7. Val da Barcli, bei Zernez, 2410 m. Nr. 8. Pizet, oberhalb Cierfs, 2370 m. Nr. 9. Sellajoch, Südtirol, 2250 m, Dolomit, Boden tiefgründig. Nr. 10. Schlern, Südtirol, 2340 m, Dolomit, Boden tiefgründig.

Ausser den in unserer Tabelle angeführten, enthalten obige Aufnahmen nach folgende Arten:

Nr. 1. In der 4 m²-Fläche: *Psoroma hypnorum*, *Cladonia* spec., *Polytrichum piliferum*, *Desmatodon latifolius*, *Dicranum* cf. *Mühlenbeckii*, *Bryum* spec., *Gnaphalium supinum*. Ausserhalb der 4 m²-Fläche in ca. 10 m² ferner: *Silene vulgaris*.

Nr. 2. *Polytrichum piliferum*, *Leontodon hispidus*, *Hieracium* spec.

Nr. 3. *Tortella* spec., *Bryum* spec., *Silene acaulis*, *S. nutans*, *Cerastium strictum*, *Sempervivum arachnoideum*, *Saxifraga exarata*, *Potentilla Crantzii*, *Hippocrepis comosa*, *Polygala alpinum*, *Vaccinium Myrtillus*, *Erigeron uniflorus*, *Aster alpinus*.

Nr. 4. In der 100 m²-Fläche: *Carex ericetorum*, *Arctostaphylos Uva ursi*. In 200 m²: *Peltigera rufescens*, *Tortella* spec., *Phleum alpinum*, *Carex verna*, *Sempervivum* (Wulfeni?), *Sibbaldia procumbens*, *Potentilla Crantzii*, *Trifolium pratense* v. *nivale*, *Polygala alpestris*, *Gentiana nivalis*, *Crepis conyzifolia*.

Nr. 5. *Phleum alpinum*, *Polygonum viviparum*, *Trifolium pratense* v. *nivale*, *Polygala alpestris*, *P. alpinum*, *Helianthemum grandiflorum*, *Erigeron alpinus*, *Senecio Doronicum*.

Nr. 6. *Peltigera rufescens*, *Cetraria nivalis*, *Cladonia gracilis*, *Tortella* spec., *Bartramia ityphylla*, *Bryum* spec., *Elyna myosuroides*, *Antennaria carpatica*.

Nr. 7. *Cladonia macrophyllodes*, *Festuca violacea*, *Poa Chaixii* (rr.), *Juncus Jacquini*, *Trifolium alpinum*, *Helianthemum grandiflorum*, *Vaccinium Myrtillus*, *Calluna*, *Soldanella alpina*.

Nr. 8. *Peltigera aphosa*, *Saxifraga bryoides*, *Gentiana nivalis*.

Nr. 9. Im 1 m-Quadrat: *Dicranum* spec., *Heterocladium squarrosulum*, *Crocus vernus*, *Ligusticum simplex*. In ca. 10 m²: *Festuca alpestris* (r°), *Elyna myosuroides*, *Polygonum viviparum*, *Trifolium repens*, *Primula minima*, *Bartsia alpina*, *Pedicularis verticillata* (rr.).

Nr. 10. Im 1 m-Quadrat: *Desmatodon latifolius*, *Juncus Jacquini*, *Selaginella Selagoides*.

In ca. 10 m²: *Elyna myosuroides*, *Silene acaulis*, *Callianthemum rutifolium*, *Ligusticum simplex*, *Gentiana brachyphylla*, *Veronica alpina*, *Achillea Millefolium*, *Hieracium alpinum* (r).

Festucetum Halleri

Nr. der Assoziationsindividuen . . .	Ofengebiet								Siidtirol	
	<i>Vacc. ulig.-Faz.</i>	<i>Avena-Fazies</i>	<i>Piloselloiden-reiche Fazies</i>			<i>Veronica bellidioides-Fazies</i>				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Grösse der Untersuchungsfläche in m ²	4 (10)	c. 100	c. 100	100 (200)	c. 100	c. 200	100 (200)	100	1 (10)	1 (10)
Höhe, Meter ü. M	2470	2550	2400	2375	2400	2600	2410	2370	2250	2340
Neigung und Exposition	25° E	30° SE	30° S	30° S	35° S	35° SE	30° S	20" E	10° S	10° SW
Windschutz	offen	geschützt	geschützt	geschützt	geschützt	geschützt	geschützt	offen	geschützt	geschützt
Schneedauer in Monaten	7	6½	6	6	6½	7	6	6½	6-7	6-7
Geologische Unterlage	Verruc.	Gr.-Gneis	Gneis	Gneis	Gr.-Gneis	Gr.-Gneis	Gneis	Verruc.	Dolom.	Dolom.
Humus %	—	—	22	13	—	—	37	11	27	40
pH der Wurzelschicht	—	—	5,6	5,9	5,9	—	5,2	5,1	5,5	4,9
Charakterarten:										
4 <i>Festuca Halleri</i>	3·2	1·2	3·2	3-4.2	3·2	3-4.2	3·2-3	3.2	3·2	3·2
<i>Pedicularis tuberosa</i>	(+)	—	+	—	+	+	(+)	+	+	(+)
<i>Hypochoeris uniflora</i>	—	+	—	(+)	+	—	—	—	+	(+)
<i>Hieracium gr. furcatum</i>	—	+	—	(+)	(+)	—	—	—	+	+
— <i>glaciale</i> ssp. <i>angustifolium</i>	+	—	+	—	+	(+)	+	+	—	—
— <i>niphobium</i> ssp. <i>niphostribes</i>	—	—	+	—	+	—	+	—	—	—
— <i>glaciale</i> ssp. <i>canofloccosum</i>	—	—	+	—	—	—	—	—	+	(+)
— <i>brnchycomum</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	+	(+)
<i>Campanula barbata</i>	+	+	1·1	+	+	—	1.1	1.1.	1.1	(+)
Verbands-Charakterarten:										
<i>Veronica bellidioides</i>	1·1	+	1·1	+	+	2·2	1·1	1·2	(1.1-2)	1·1
<i>Luzula lutea</i>	(+)	—	+	+	+	+	1·1	+	—	—
<i>Sesecio carniolicus*</i>	—	+	+	+	—	—	+	+	(+)	—
4 <i>Agrostis rupestris</i>	—	—	1·2	1·2	+	—	+	+	—	(+)
<i>Luzula spicata</i>	—	—	+	+	+	—	+	+	(+)	(+)
<i>Androsace obtusifolia</i>	—	+	(+)	—	—	+	+	+	—	—
<i>Euphrasia minima</i>	—	+	—	—	—	+	1·1	—	+	+
<i>Minuartia sedoides</i>	+	—	(+)	—	—	+	—	+	—	—
<i>Carex curvula</i>	(+)	—	—	—	—	+	1·2	—	—	—
<i>Hieracium glanduliferum</i>	—	—	—	—	—	+	—	—	1·1	+
Ordnungs Charakterarten:										
<i>Potentilla aurea</i>	1·1	+	1·1	+	1·2	+	2·2	1·1	1·1	+
<i>Gentiana Kochiana</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	1·1	1·1
<i>Phyteuma izemisphearicum</i>	+	+	1·1	+	+	+	+	+	1·1	1·1
<i>Sempervivum montanum</i>	1·1	1·1	+	+	+	+	+	1·1	—	—
<i>Anemone sulfurea</i>	+	1·1	+	+	—	—	+	+	1·1	—
4 <i>Juncus trifidus</i>	1·2	1·2	1·2	—	1·2	+	1·2	—	—	—
<i>Arnica montana</i>	—	1·1	—	(+)	+	—	1·1	+	1·1	1·2
<i>Potentilla grandiflora</i>	—	—	+	+	+	—	—	—	—	—
<i>Laserpitium Halleri</i>	—	—	+	+	+	—	—	—	—	—
<i>Achillea mosckala</i>	—	1·2	1·2	—	—	+	—	—	—	—
<i>Koeleria hirsuta</i>	—	—	+	—	+	—	—	—	—	—
Begleiter:										
4 <i>Avena versicolor</i>	2·2	2-3-1-2	1·1	(+)	+	1·1	1·1	+	1·1	2.1-2
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	(+)	1·1	+	+	+	+	1·1	+	+	(+)
<i>Anemone vernalis</i>	+	1·1	+	+	+	+	+	+	1·1	+
<i>Sieversia monlana</i>	+	+	+	(+)	+	+	1·1	+	1·1	1·1
<i>Antennaria dioeca</i>	(+)	1·2	1·2	+	+	1·2-3	+	+	1·2	(+)
<i>Juniperus nana</i>	(+)	+	+	(+)	1·2	+	+	+	—	—
4 <i>Carex sempervirens</i>	—	1·2	1·2	1·2	1·2	—	1·2	—	1·2	1·2
4 <i>Nardus stricta</i>	—	—	1·2	1·2	1·2	—	1·2	1·2	—	1·2
<i>Silene rupestris</i>	+	+	+	1·1	+	—	(+)	1·1	—	—
<i>Ranunculus montanus</i>	—	+	+	+	+	—	+	+	+	—
<i>Poa alpina</i>	(+)	—	+	T	+	—	—	1·2	—	(+)
<i>Gentiana campestris</i>	—	1·1	1·1	+	+	—	+	—	+	+
<i>Myosotis alpestris</i>	(+)	—	+	T	+	—	—	+	—	(+)
<i>Galium anisophyllum</i>	—	+	+	+	+	—	+	—	(+)	—
<i>Campanula Scheuchzeri</i>	—	+	+	+	+	—	—	—	(+)	+
<i>Leontodon pyrenaicus</i>	+	—	+	—	—	+	2·1	—	+	2·2
<i>Agrostis alpina</i>	—	—	+	—	1·2	+	—	—	+	(+)
<i>Luzula multiflora</i>	—	—	+	(+)	—	—	+	—	(+)	+
<i>Nigritella nigra</i>	—	—	+	+	—	—	(+)	—	(+)	(+)

<i>Vaccinium</i>	(+)	—	+	+	—	+	+	—	+	—
<i>Chrysanthemum alpinum</i>	+	—	—	+	—	—	—	+	+	—
<i>Deschampsia flexuosa</i>	+	1.2	—	+	—	—	—	+	(+)	—
<i>Vaccinium uliginosum</i>	2.2	—	—	—	—	+	+	1.1	—	—
<i>Ligusticum Mutellina</i>	+	—	—	—	—	+	+	+	—	—
<i>Homogyne alpina</i>	—	—	—	—	+	—	+	—	(+)	(+)
<i>Cardamine resedifolia</i>	+	+	—	—	—	—	+	—	—	—
<i>Loiseleuria procumbens</i>	1.2	—	—	—	—	—	(+)	—	—	—
<i>Empetrum nigrum</i>	(+)	—	—	—	—	—	—	+	—	—
<i>Botrychium Lunaria</i>	—	—	+	+	+	—	—	—	+	(+)
<i>Daphne striata</i>	—	+	1.1	+	1.1	—	+	—	—	—
<i>Solidago Virya aurea</i>	—	+	+	+	+	—	+	—	—	—
<i>Thesium alpinum</i>	—	+	+	(+)	—	—	+	—	—	—
<i>Lolus corniculatus</i>	—	—	+	+	+	—	1.1	—	—	—
<i>Thymus polytrichus</i>	—	—	+	1.1	+	—	—	—	—	—
<i>Veronica fruticans</i>	—	—	+	1.1	+	—	—	—	—	—
<i>Carlina acaulis</i>	—	—	+	+	—	—	—	—	(+)	—
<i>Hieracium Pilosella</i>	—	—	+	2.2	—	—	—	1.2	—	—
<i>Carex Ornithopus var. elongata</i>	—	—	+	—	+	—	—	—	—	—
<i>Phyteuma belonicifolium</i>	—	—	—	+	—	—	+	—	—	—
Moosschicht:										
♠ <i>Polytrichum juniperinum</i>	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
<i>Cetraria islandica</i>	+	+	+	+	+	+	+	1.1	1.2	1.1
<i>Cladonia pyxidata</i>	+	+	+	+	+	1.1	+	+	+	—
— <i>rangiferina</i>	+	—	—	—	—	+	—	1.1	+	3.2
<i>Rhacomitrium canescens</i>	+	+	+	+	—	—	—	+	—	—

Das Festucetum Halleri ist eine artenreiche Gesellschaft, die zu ihrer vollen Entfaltung eines grösseren Raumes bedarf und daher mit **kleinen** Untersuchungsflächen nicht erfasst werden kann. Leider sind grössere homogene **Flächen** nicht leicht aufzutreiben. Wir konnten drei 100 m²-**Flächen** untersuchen. Sie enthielten im Mittel 63 Arten. Drei 10 m²-**Flächen** enthielten 47 Arten, während wenige 4 m²- und 1 m²-**Flächen** im Mittel **33** resp. 29 Arten ergaben. Die Art-Arealkurve (Fig. 20) **zeigt**, dass 4 m²- und wohl auch **10 m²-Flächen** zur Erfassung der Assoziation nicht hinreichen. Die mittlere Artenzahl ist bei gleicher Flächengrösse bedeutend höher als im Curvuletum.

Mengenverhältnis und **Soziabilität** der Arten schwanken stark, sodass von einer **Homogenität**, wie z. B. im Curvuletum oder Caricetum *firmae*, nicht gesprochen werden kann. Festuca Halleri bildet feste Horste (Soziabilität 3), deckt aber nicht wie die Krummsegge

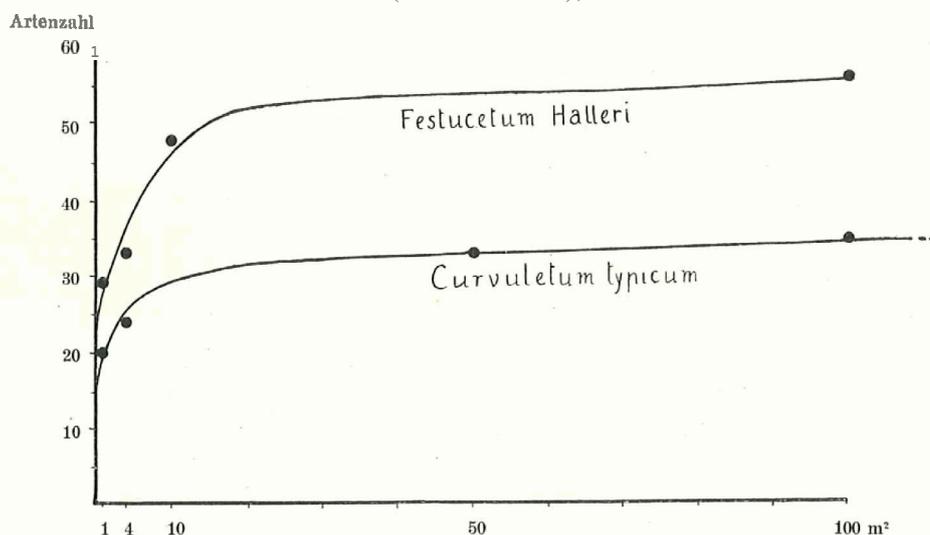


Fig. 20. Verhältnis zwischen Artenzahl und Flächengrösse im *Caricion curvulae*.

grössere zusammenhängende Flächen. Stets sind andere Rasenbildner reichlich **beigemischt** und in einer Variante kann Avena versicolor die Führung übernehmen. Carex *sempervirens*, Juncus trifidus, Potentilla aurea und Veronica bellidioides bilden meist einen wichtigen Bestandteil der Assoziation. Juncus *trifidus* wird lokal an windbestrichenen Stellen auf kleinen Flächen herrschend, während *Carex sempervirens* in den nördlichen und südlichen Aussenketten der Alpen ganz oder teilweise Festuca Halleri zu ersetzen scheint. Wie weit das Caricetum sempervirentis mehrerer Autoren mit dem Festucetum Halleri der Zentralalpen übereinstimmt, bleibt noch näher zu untersuchen. In der meist sehr schwach entwickelten Moosschicht fehlt Polytrichum *juniperinum* niemals und erscheint namentlich als «**Lückenbüsser**» an offenen Rasenstellen, auf abgestorbenen oder abgebrannten **Pflanzenhorsten**. Cetraria islandica und Cladonia rangiferina mit *Polytrichum* können lokal im Festucetum Halleri dominieren (Cladonia *rangiferina*-Fazies: am **Schlern** ganz lokal bei 2340 m) und deuten auf etwas erhöhte H-Ionenkonzentration des Bodens (pH 4,9).

Unter den Charakterarten **des** Festucetum Halleri sind namentlich die zahlreichen Kleinarten von Hieracium gr. Pilosellina und Auriculina bemerkenswert. Ausser den in unserer Tabelle erwähnten, dürften noch mehrere andere hinzukommen. Der kurze und

etwas lockere Rasen in warmer sonniger Lage ist dem Gedeihen dieser kurzstengeligen, sich durch Sprossung ausbreitenden jungen Arten offenbar günstig. *Campanula barbata* erlangt im *Festucetum Halleri* ihr bestes Gedeihen im Gebiet, ist aber doch wohl nur lokal charakteristisch, da sie anderwärts auch im Nardetum reichlich auftritt.

Lebenshaushalt, Entwicklung. — Das *Festucetum Halleri* vertritt an lokalklimatisch ähnlichen Standorten der kristallinen Ketten das *Seslerieto-Semperviretum* des Kalkgebirgs. Warme **Sonnenhänge** mit einer mittleren **Aperzeit** von sechs bis sieben Monaten sagen ihm besonders zu. Der **pH-Bereich** der azidiphilen Assoziation reicht von **6—4,9 pH**, das Optimum scheint zwischen **5,9** und **5,5** zu liegen, nähert sich also sehr dem Bereich des *Curvuletum elynetosum*. Auch die Artenliste dieser Gesellschaft zeigt vielfache Anklänge an das *Festucetum Halleri*.

Die *Festucetum Halleri*-Böden sind feinerdreich, oft ziemlich tiefgründig (bis **50 cm** am **Schlern**) und trocken. Die Humusbildung steht hinter *Elynetum* und *Curvuletum* zurück, ist aber immer noch reichlich (**11—41 %** im Wurzelbereich, Mittel aus sieben Bestimmungen **23 %**). Die wasserhaltende Kraft dieser Böden ist entsprechend dem geringeren Humusgehalt gleichfalls etwas niedriger, schwankt aber wie der Humus innert weiter Grenzen. Lufttrockener Boden enthielt noch **2,1—9 %** Wasser.

Das *Festucetum Halleri* kann sich auf jeder Bodenunterlage einstellen, sobald durch fortschreitende Bodenbildung der **Einfluss** des basischen Substrates ausgeschaltet ist. Auf kalkreicher Unterlage werden wir daher die Assoziation nur an tiefgründigen Stellen antreffen, während sie auf den Silikaten, ganz ähnlich wie das *Curvuletum*, schon in den **Frühstadien** der Bodenbildung als Pioniergesellschaft auftritt. Ausgedehnte, Hunderte von Quadratmetern messende Flecken trafen wir am Schlernstock, wo sie unten an die spärlichen *Curvuletum* **anschiessen** (vergl. Tab. XII Nr. 10). Der Dolomit-Untergrund ist **dasselbst** von einer bis 50 cm mächtigen Feinerdeschicht überlagert; die Bodenbildung blickt auf eine lange Vergangenheit zurück. Im Ofengebiet dagegen erscheint die Assoziation auf Kalksubstrat deshalb sehr selten, weil ihre Entstehungsmöglichkeit sehr begrenzt ist. Der von ihr eingenommene Höhengürtel umfasst die steilen **Talflanken**. Schwach geneigte Hochflächen ausserhalb des Sturzschuttbereichs, wo die klimatische Bodenbildung einsetzen könnte, fehlen fast ganz. Immerhin ist es uns gelungen, wenig über der eiszeitlichen **Schliffgrenze** an der breit ausladenden Schulter des Munt della Bescha oberhalb Cierfs bei 2580 m *Festucetum Halleri*-**Fragmente** auch auf Dolomit nachzuweisen. Die überlagernde Feinerdeschicht ergab **6 pH**.

öfters geht die Assoziation aus Zwergstrauchbeständen (*Juniperus nana*, *Arctostaphylos Uva ursi*, *Calluna*-Gesträuch) hervor, die zur Verbesserung der Weide gereutet oder abgebrannt worden sind (Alp da Munt, Scarltal). Aber es hat den Anschein, als vermöchte der *Festuca Halleri*-Rasen auch ohne menschliches Zutun im Zwergstrauchgestrüpp **Fuss** zu fassen. Obschon ihre **Hauptverbreitung** tiefer liegt, dringen *Juniperus*, *Arctostaphylos Uva ursi* und *Calluna* als **Block-** und **Felsschuttberaser** in günstigen warmen Lagen 100 bis 200 m über die Baumgrenze vor. Sie bilden **dünne** Lagen von Rohhumus, der sich rascher zersetzt, als der Rohhumus des *Loiseleurieto-Vaccinion* und weniger sauer reagiert. **Rohhumus** unter *Juniperus nana* ergab **6,1—5,8 pH**. Den extrem azidiphilen *Curvuletum*-Begleitern sagen diese Böden nicht zu. Wohl aber manchen Arten des *Festucetum Halleri*, deren **pH-Bereich** mehr gegen den Neutralpunkt verschoben ist: *Carex sempervirens*, *Deschampsia flexuosa*, *Nardus stricta*, *Avena versicolor*, um nur die Arten von hohem Kampfwert

zu nennen. Wo sich **Lücken** und Schädigungen des Strauchteppichs zeigen, dringen sie ein, beschatten und überwachsen die Kriechtriebe der Sträucher und beschleunigen ihren Abgang. Schneearme Winter oder vorzeitiges **Ausapern** begünstigen in hohem Masse die Ausbreitung des Festucetum Halleri auf Kosten der *Juniperus-Arctostaphylos*- und Calluna-Sträucher. So vernichtete das trockene und kalte Frühjahr 1925 in der alpinen Stufe **Ostbündens** und Tirols ganze Komplexe von Calluna und Arctostaphylos und schon im Spätsommer waren die Folgen hievon in der Verschiebung der Konkurrenzskraft zwischen Rasen und Zwerggesträuch allenthalben klar erkennbar. Am Osthang des Piz Dora oberhalb Cierfs war sogar das ziemlich trockenharte *Vaccinium uliginosum* stark mitgenommen und gegenüber *Festuca Halleri* deutlich im Zurückgehen. Die Verdrängung von *Arctostaphylos* und *Juniperus* durch das Festucetum Halleri haben wir auch auf dem Granitgneis des Munt Falein beobachtet. Sie findet natürlich erst ihren Abschluss, wenn der **grobblockige** Felsschutt eingesponnen und mit einer Rohhumusschicht überzogen ist. Diese Rohhumusschicht aus zum Teil noch unverwesten *Juniperus*nadeln ergab 6,1 pH, während der Verwitterungsboden selbst, worin die Wacholdersträucher wurzelten, **ebenda** 5,3 pH zeigte. Im Gegensatz zu den Zwergsträuchern des *Loiseleurieto-Vaccinion*, die extrem sauren Rohhumus bilden, scheinen also die *Juniperus*-Nadeln \pm **aziditätsvermindernd** zu wirken.

Eng verknüpft mit der Genese ist die Frage nach der Dauer der Gesellschaft. Haben wir im Festucetum Halleri eine klimatische Klimaxgesellschaft vor uns? Die Frage kann nicht generell gelöst, sie muss vielmehr für jedes einzelne Klimagebiet gesondert untersucht werden. Je grösser die **Lufttrockenheit** und je geringer die Niederschläge, um so günstiger stehen die Verhältnisse für das Festucetum *Halleri*. Daher ist die Assoziation in den Trockengebieten der zentralalpiner Täler den konkurrierenden Gesellschaften des *Loiseleurieto-Vaccinion* und *Rhodoreto-Vaccinion* ganz entschieden überlegen. Dies gilt vor allem für das **Trockenzentrum** von Zermatt, wo das Festucetum Halleri sehr verbreitet ist und wohl eine besondere **Subassoziatio**n darstellt. Auch im Ofengebiet sind Niederschlags- und Luftfeuchtigkeitsverhältnisse der Assoziation günstig. Ein ausgeprägter **Zwergstrauchgürtel** fehlt; an seiner Stelle dehnen sich auf kalltarmer Unterlage die verschiedenen **Varianten** der *Festuca Halleri*-Weide. Trotzdem dürfte das Festucetum *Halleri* hier zur Hauptsache als **lokalklimatisch** bedingte Dauergesellschaft aufgefasst werden. Dafür spricht seine Lokalisierung auf warme Steilhänge. Es hält sich überall, wo nicht durch menschlichen Eingriff ein künstliches Zurückdrängen der Zwergsträucher stattgefunden hat.

Der allmähliche Reliefausgleich in der oberen **Hälfte** seines **Verbreitungsgebietes** müsste die Umwandlung **grösserer** Festucetum Halleri-Flächen in das *Caricetum curvulae* zur Folge haben. Diese Sukzession wird nicht nur durch direkte Beobachtungen gefordert, sondern auch die Aziditätsverhältnisse, die im *Festucetum* ihren klimatisch möglichen **Endwert** noch nicht erreicht haben, sprechen dafür. Schliesslich darf nicht ausser acht gelassen werden, dass das *Curvuletum* an flachen Stellen **mit** reichlicher Schneelagerung **bis** zur Waldgrenze, am **schneereichen** Passübergang von Urezzi nach Alp Astras sogar etwa 100 m unter die dortige klimatische Waldgrenze, herabreicht.

Falls also das Festucetum Halleri **im** Ofengebiet einen klimatischen Klimax darstellt, so **könnte** derselbe doch nur in einem sehr **schmalen** Gürtel an der obern Waldgrenze zur Auswirkung gelangen; im untern Grenzgebiet der Krummsegge, wo dieselbe ihre **Konkurrenz**kraft nicht mehr voll zu entfalten vermag.

Zu untersuchen bleibt, ob der Festucetum Halleri-Gürtel am Schlernstock in **Südtirol** klimatisch bedingt ist, oder ob sich hier zwischen der Baumgrenze (2300 m) und dem Curvuletum (2450 m) das Loiseleurieto-Vaccinion als klimatische Schlussgesellschaft einschaltet.

Va ianten. — Die Assoziation ist entsprechend ihrer geringen **Homogenität** ziemlich vielgestaltig. Einige der wichtigsten Fazies sind in Tabelle XII **zusammengestellt**, doch werden anderwärts zweifellos noch weitere Fazies zu unterscheiden sein. Unsere Aufnahme Nr. 1 (Tab. XII) zeigt ein Vaecinium uliginosum-reiches *Festucetum* auf Verrucano, hervorgegangen aus einem lockeren Zwergstrauchteppich (Mischbestand Festucetum *Halleri-Loiseleurieto-Vaccinion*). Noch sind neben den lebenden, zahlreiche abgestorbene (erfrostene) Strauchreste vorhanden. Aufnahme Nr. 2 ist ein Avena *versicolor*-reiches *Festucetum*. Als optimale, Hieracien-reiche Fazies können die Aufnahmen Nr. 3–5 aufgefasst werden. Sie zeichnen sich aus durch etwas schwächere H-Ionenkonzentration (5,9–5,5 pH), die mit dem Vorhandensein mehrerer neutrophil-azidiphiler Begleitarten (*Carex Ornithopus*, *Potentilla grandiflora*, *Laserpitium Halleri*, *Thymus polytrichus*, *Veronica fruticans*) zusammenfällt. Weniger artenreich ist die Veronica *bellidioides*-Fazies (Nr. 6–8); sie zeigt etwas erhöhte Bodenversauerung (pH 5,2–5,1) an.

An₇-stark beweideten Stellen nahe der Waldgrenze kann aus dem Festucetum Halleri durch die selektive Wirkung des Weidgangs ein **Nardus-Rasen** hervorgehen. Diese Nardus-reiche Fazies mit viel Festuca *rubra* haben wir im Gebiet nur oberhalb Lü und in der Alp da Munt beobachtet. **Im Waldgebiet** der subalpinen Stufe zwischen 2000 und 2250 m haben sich nach Kahlschlag und intensiver Beweidung anthropo-zoogen bedingte *Nardeta* eingestellt, die da und dort (Alp da Munt, hinteres Scarltal) mit dem schwächer beweideten Festucetum Halleri in Berührung treten und eine Reihe seiner Begleitarten übernommen haben. Nardus nimmt auch natürlicherweise in bodenfeuchten, lange **schneebedeckten** Einbuchtungen und Vertiefungen **überhand**. Die Art erträgt nämlich längere Schneebedeckung als Festuca *Halleri*. Allerdings kommt diese Nardus-reiche Fazies im Gebiet nur in wenigen kleinen Flecken vor.¹

Verbreitung. — Die Höhenverbreitung des Festucetum Halleri im östlichen Bünden liegt zwischen 2250 und 2600 m; **oberhalb 2400 m** ist die Assoziation aber fast nur in **Südlage** anzutreffen. **Üppig** entwickelt und ausgedehnte Flächen beherrschend fanden wir sie **im Scarltal**, im obersten Münstertal, am Hang des Munt Baselgia bei Zernez. Die **Allgemeinverbreitung** der Assoziation ist nur lückenhaft bekannt. Ihr Hauptareal ist zweifellos **zentralalpin**; in den nördlichen **Aussenketten** wird sie stellenweise (**Lauterbrunnental**, Hochwangkette in Graubünden und wohl vielfach anderwärts) durch das Nardetum und Loiseleurieto-Vaccinion ersetzt. östlich kennen wir sie aus den Südtiroler Dolomiten auf Melaphyr und Dolomit bis zum Sellajoch; westlich erscheint sie verbreitet in den Bergen um **Zermatt** auf **kalkarmer** Unterlage, wo sie bei 2900 m ihr maximales **Höhenvorkommen** erreicht.

15. Curvuletum typicum

(Krummseggenrasen)

Über keine alpine Pflanzengesellschaft ist seit KERNER (1863) so viel geschrieben worden, wie über die Assoziation der **Krummsegge**. Trotzdem ist das **Thema** nichts weniger

¹ Vergl. dagegen BR.-BL., 1926.

TABELLE XIII

Carex curvula-Assoziation (Curvuletum typicum)

Table with 25 columns representing different sites (1-25) and rows for ecological characteristics, floristic composition, and species distribution. The table is divided into sections: 'Ökologische Charakteristik', 'Ofengebiet, Mittel- und Südbünden', 'Südtiroler Dolomiten', 'Floristische Zusammensetzung', and 'Begleiter: a) Krautschicht:'. It includes data for various species like Carex curvula, Sesleria disticha, and others across the different sites.

als erschöpft. Um aber unnötige Wiederholungen zu vermeiden, sei auf die jüngste Zusammenfassung bei SCHRÖTER (1924, p. 428—438) verwiesen, wo namentlich auch die spezielle Ökologie von *Carex curvula* einlässlich behandelt wird.

Organisation, Fazies. — Die Grundlage der neuen, aus unsern Untersuchungen sich ergebenden Gesichtspunkte bildet vorstehende Assoziationstabelle.

Normale Fazies: Nr. 1. Sesvenna-Marangun, 2520 m, Moränenriiclren, Boden zum Teil Humuspodsol. Nr. 2. Muntett ob Lü, 2580 m. Nr. 3. Munt Baselgia ob Zernez, 2650 m. Nr. 4. Parpaner Schwarzhorn, Südgrat, mesozoische Schiefer und Moräne, 2600 m. Nr. 5. Südseite des Sertigpasses, 2650 m. Nr. 6. Stragliavita im Val Sampuoir, 2700 m, flacher Kamm. Nr. 7. Val da Barcli, zwischen Zernez und Laschadura, 2670 m. Nr. 8. Am Nunasee, 2600 m, Hochplateau. Nr. 9. Mot del Gaier, oberhalb Scarl, 2800 m. Nr. 10. Südgrat des Pizzo Forcellina, Bergell, 2810 m.

Nivale Fazies: Nr. 11. Piz Plazèr, Scarl, 2900 m. Nr. 12. Piz Sesvenna, Südabfall, 3040 m.

Prinula glutinosa-Fazies: Nr. 13. Nordhang des Munt Falein, 2520 m. Nr. 14. Martrel, Scarl, 2700 m.

Campanula Scheuchzeri-Alchemilla glaberrima-Fazies: Nr. 15. Südhang des Piz Term (Murtèr), 2600 m. Nr. 16. Murtèrgrat, 2590 m, nahe dem Übergang, an *Elynetum* angrenzend. Nr. 17. Piz Murtaröl, 2575 m. Nr. 18. Murtèrgrat, Westseite, 2640 m. Nr. 19. Murtarölgrat, 2500 m, über 100 m² grosse Fläche. Nr. 20. Murtarölgrat, 2450 m, flache Vertiefung, Rendzinaboden. Nr. 21. Valbella, oberhalb Fontauna da Scarl, 2520 m, auf Dolomit. Nr. 22. Ochsenkopf, oberhalb Parpan (Mittelbiinden), Serpentschutt, 2600 m.

Südtiroler Dolomiten-Fazies: Nr. 23. Fassajoch, 2300 m (zwischen Seiseralpe und Durontal), ausgedehnte Fläche; Melaphyr. Nr. 24. Schlernplateau; zwischen Hauptgipfel und Burgstall, 2470 m, über 1000 m² messende Fläche in flacher, lange schneebedeckter Depression auf Dolomitunterlage. Sehr homogen. Nr. 25. Am Aufstieg zur Rotherdspitze, W50 m, flache Mulde am Grat, Roterde auf Dolomit.

Ausser den in der Tabelle angeführten Arten kamen in den untersuchten Assoziationsindividuen noch vor:

Nr. 1. *Agrostis alpina*, *Antennaria dioeca*, *Hieracium alpinum*, *Dermatocarpon carfilagineum*, *Thamnolia vermicularis*.

Nr. 2. Innerhalb der 100 m²-Fläche: *Cardamine resedifolia*, *Celraria nivalis*; *Bryum spec.*, *Dicranum scoparium* v. *alpestre*, *Rhacomitrium canescens*.

Nr. 3. Ausserhalb der 4 m², in der 100 m²-Fläche: *Taraxacum alpinum*.

Nr. 4. Innerhalb der 100 m²-Fläche: *Nardus*, *Carex sempervirens*, *Ranunculus montanus*, *Hieracium alpinum*; *Lophozia lycopodioides*, *Dicranum scoparium* v. *alpestre*, *Brachythecium collinum*, *Cladonia macrophyllodes*, *Psora demissa*, *Psoroma hypnorum*.

Nr. 5. *Soldanella pusilla*; *Musci* sehr spärlich.

Nr. 6. *Hieracium alpinum*; *Thamnolia vermicularis*, *Celraria cucullata* reichlich, *Alectoria ochroleuca*; *Lopkizia alpesris*, *Sphenolobus minutus*, *Alicularia scularis*, *Conostomum boreale*, *Pohlia nutans*, *P. polymorph.* *Bryum spec.*, *Ceratodon purpureus*, *Dicranum sp.*

Nr. 7. In der 4 m²-Fläche: *Vaccinium Vitis idaea*; *Solorina crocea*; *Bryum spec.* In der 100 m²-Fläche ferner: *Vaccinium uliginosum*.

Nr. 8. *Cardamine resedifolia*, *Antennaria dioeca*; *Urceolaria scaposa*, *Thamnolia vermicularis*, *Cetraria cucullata* reichlich; *Scapania curta*; *Polilia polymorpha*, *Heterocladium squarrosulum*, *Rhytidium rugosum*.

Nr. 9. *Agrostis alpina*, *Vaccinium Vitis idaea*, *Erigeron uniflorus*, *Achillea moschata*, *Antennaria dioeca*; *Musci* sehr spärlich mit reduzierter Vitalität.

Nr. 10. *Carex sempervirens*, *Luzula spadicea*, *Bartsia alpina*, *Veronica alpina*, *Pedicularis Kernerii*; *Musci* sehr spärlich und kümmerlich.

Nr. 11. *Solorina crocea*, *Celraria juniperina*, *C. nivalis*, *C. cucullata*; *Dicranoweisia crispula*.

Nr. 12. *Poa laxa*, *Cardamine resedifolia*, *Saxifraga exarata*, *Erigeron uniflorus*; *Pannaria nebulosa*, *Solorina crocea*, *Stereocaulon alpinum*, *Alecloria ochroleuca*, *Thamnolia vermicularis*, *Cetraria cucullata*, *Cornicularia aculeata*; *Lophozia confertifolia*, *Pohlia polymorpha*, *P. cruda*, *Bryum spec.*

Nr. 13. Innerhalb der 4 m²-Fläche: *Luzula spadicea*. (sehr spärlich), *Empetrum nigrum* (rr.), *Vaccinium uliginosum*, *Erigeron uniflorus*, *Doronicum Clusii*, *Cladonia rangiferina*.

Nr. 14. In der 4 m²-Fläche: *Bryum spec.* In der 200 m²-Fläche: *Saxifraga Seguieri*, *Hierncium alpinum*, *Musci* sehr spärlich.

Nr. 15. *Botrychium Lunaria*, *Selaginella Selaginoides*, *Lotus corniculatus*, *Myosotis alpestris*, *Gentiana campestris*, *Galium pumilium* ssp. *anisophyllum*, *Campanula barbata*, *Leontodon hispidus* v. *opimus*; *Musci* (rr).

Nr. 16. In der 4 m²-Fläche: *Calamagrostis tenella*, *Taraxacum alpinum*; *Lophozia lycopodioides*, *Pohlia commutata*. Ausserhalb, in ca. 50 m²: *Soldanella pusilla*, *Brachythecium glaciale*, *Psoroma hypnorum*.

Nr. 17. *Festuca pumila*, *Sesleria coerulea*, *Agrostis alpina*; *Bilimbia sphaeroides*, *Pannaria nebulosa* v. *cwonata*, *Caloplaca aurantiaca*; *Pohlia gracilis*, *P. commutata*, *Polytrichum formosum*, *Bryum spec.*, *B. elegans*, *Heterocladium squarrosulum*, *Chrysohypnum chrysophyllum*, *Brachythecium reflexum*.

Nr. 18. *Festuca pumila*; *Pannaria nebulosa*; *Lophozia alpestris*, *L. confertifolia*, *L. Floerkei*, *Pohlia commutata*, *Tortella fragilis*, *Bryum pendulum*, *B. inclinatum*, *Oncopkoria virens*.

Nr. 19. *Sesleria coerulea*, *Barbsia alpina*, *Bryum spec.*, *Musci* (rr).

Nr. 20. In ca. 4 m²: *Minuartia biflora*, *Viola calcarata*, *Veronica alpina*, *Erigeron uniflorus*, *Taraxacum alpinum*; *Pohlia carinella*, *Bryum elegans*, *Brachythecium reflexum*. Ausserhalb, in ca. 6 m²: *Nardus stricta*, *Phyleuma ltemispliaericum*.

Nr. 21. *Agrostis alpina*, *Carex nigra*, *Minuartia verna*, *Thalictrum alpinum*, *Viola calcarata*, *Veronica alpina*, *Erigeron uniflorus*.

Nr. 22. In der 100 m²-Fläche: *Nardus stricta*, *Calamagrostis tenella* (steril), *Luzula spadicea*, *Sagina saginoides*, *Soldanella pusilla*, *Gentiana nivalis*, *Arnica montana*; *Musci* (rr).

Nr. 23. In der 100 m²-Fläche: *Agrostis alpina*, *Vaccinium uliginosum*, *Soldanella pusilla* (?), *Primula minima*, *Hieracium alpinum*; *Dermatocarpon cartilagineum*, *Psoroma hypnorum*.

Nr. 24. in der 1 m²-Fläche: *Carex sempervirens*, *Salix serpyllifolia*, *Taraxacum alpinum*. In der 1000 m²-Fläche ferner: *Callianthemum rutifolium*, *Soldanella* (pusilla?), *Gentiana prostrata*, *Arnica montana*; *Musci* (rr) (reduzierte Vitalität).

Nr. 25. *Festuca pumila* (r.), *Sesleria coerulea* (r.), *Carex sempervirens*, *Luzula spadicea*, *Salix retusa*, *S. reticulata* (rr.), *Silene acaulis*, *Callianthemum rutifolium*, *Alchemilla flabellata* (1 indiv.), *Hedysarum obscurum* (rr.), *Vaccinium uliginosum*, *Armeria alpina* (r.), *Gentiana prostrata*, *Myosotis alpestris*, *Veronica alpina*; *Psoroma kypnorum*.

Das Tatsachenmaterial, das unserer Tabelle zugrunde liegt, ist grösstenteils in den letzten Jahren zusammengetragen; nur wenige Aufnahmen stammen aus früheren Jahren und mögen daher in Bezug auf die Kryptogamen weniger vollständig sein. Die Moose kommen übrigens namentlich in den feuchteren Fazies, meist sehr spärlich, steril und zum Teil bis zur Unbestimmbarkeit verkümmert vor. Soziologisch sind sie, mit Ausnahme von *Polytrichum juniperinum*, von ganz untergeordneter Bedeutung und zeigen oft minimale Standortsabweichungen an: ein kleines Loch im Rasen durch den Tritt eines Weidetieres entstanden, ein tierisches Exkrement, ein abgestorbenes *Curvula*-Polster etc. Von epiphytischen Flechten, die an toten Zweigen der Zwergsträucher oder auf abgestorbenen *Curvula*-polstern leben, seien genannt: *Caloplaca pyracea*, *C. stillicidiorum*, *Rinodina umiarsa*, *Lecidea parasema*, *Psoroma hypnorum* etc.

Das *Curvuletum typicum* ist eine der wenigen alpinen Pflanzengesellschaften, deren einzelne Assoziationsindividuen in homogener Ausbildung manchmal mehrere hundert Quadratmeter bedecken. Wir haben, wo vorhanden, meist 100 m²-Flächen untersucht.

Auf 100 m² wachsen im Mittel (Mittel aus sieben genau untersuchten Flächen aus der Ostschweiz und Südtirol, Tab. Nr. 2, 3, 4, 7, 10, 22, 23) 37 Arten (Minimum 31, Maximum 42). Sobald an die Homogenität der Probeflächen geringere Anforderungen gestellt werden, erhöht sich diese Zahl natürlich beträchtlich. Andererseits bringt aber eine auch stark vergrösserte homogene Probefläche keine nennenswerte Steigerung mehr. Das gegen 1000 m² messende *Curvuletum* des Burgstall (Nr. 24) enthält unter Ausschluss der Randpartien nur

38 Arten. Die mittlere Artenzahl der 1 m^2 - und 4 m^2 -**Flächen** differiert wenig. In Figur 20 ist die **Artverteilung** mit zunehmender Flächengrösse dargestellt. An einer relativ homogen entwickelten Gesellschaft, wie das Curvuletum, wären auch weitergehende statistische Untersuchungen leicht durchzuführen. Vorderhand sind allerdings wichtigere Aufgaben zu lösen. Es darf auch nicht ausser Acht gelassen werden, dass gegenüber dieser rein **zahlenmässigen** Behandlung der Assoziation nicht nur die mehr oder minder grosse **Artenübereinstimmung**, sondern namentlich auch der **soziologische Wert** der einzelnen Konstituenten schwer in die Wagschale fallen. Die soziologische Tragweite reiner Statistik scheint neuerdings vielfach überschätzt zu werden. Geht doch **ROMELL** (1925, p. 300) sogar so weit, die gute Begrenzung einer Assoziation von der Übereinstimmung zwischen den Kurven des Frequenz- und des Konstanz-Prozents abhängig zu machen. Im Gegensatz hiezu sind wir mit **M. DENIS** (1925, p. 31) der Ansicht «*que la délimitation de l'association relève plus de l'esprit de finesse que de l'esprit de géométrie*»¹.

Ausser den weiter unten beschriebenen Subassoziationen zeigt das Curvuletum in den zentralen Ketten Graubündens mehrere **fazielle** Abänderungen. Sie entsprechen geringeren ökologischen Verschiedenheiten, die in quantitativen Verschiebungen wichtigerer Begleiter der Kraut- oder Mooschicht zum Ausdruck kommen. Die wichtigeren dieser Fazies sind in Tabelle **XIII** aufgenommen. Wie über die Unterscheidung unwichtiger **phenotypischer** Formen der Sippsystematik, so kann man auch über die Nützlichkeit und Notwendigkeit der Abgrenzung möglichst vieler Fazies verschiedener Ansicht sein. Wir **schliessen** uns hierin völlig **W. KOCH** (1926, p. 108) an, der vor zu weitgehender Aufspaltung der Assoziation warnt. Die Legende von der Realität der kleinsten **unterscheidbaren** «*Einheiten*», die «*Assoziationen*» darstellen sollen, dürfte nachgerade fallen gelassen werden. Unterscheidbare und **floristisch** charakterisierbare Vegetationsflecke sind ja in unendlicher Vielfältigkeit vorhanden. Ihre «*Einheit*» besteht aber oft **bloss darin**, dass sie sich **einmal** in einer Untersuchungsfläche bestimmter Grösse einfangen liessen, sich in qualitativ und quantitativ übereinstimmender Zusammensetzung jedoch nicht wiederholen.

Die bemerkenswerteste Fazies des osträtischen Curvuletums ist die Campanula Scheuchzeri-Alchemilla glaberrima-Fazies (s. Tab. XIII, Nr. 15—21) auf Rendzina-Böden des **Kalkgebirgs**. Gegenüber der normalen Ausbildung des Curvuletum typicum ist sie durch das spärliche Vorhandensein einiger indifferenten oder mehr oder weniger neutrophiler Differential-Arten ausgezeichnet (vor allem Alchemilla glaberrima, Ligusticum simplex, *Ranunculus montanus*, Carex *ericetorum*, Elyna myosuroides, Selaginella Selaginoides); Campanula Scheuchzeri fehlt selten. Vielleicht mit Ausnahme von Alchemilla glaberrima kommen diese Arten gelegentlich, wenschon selten, auch in der Normalfazies auf **Silikatboden** vor. Andererseits ist von den Charakterarten der Assoziation Phyteuma *pedemontanum* nie in der Campanula-Alchemilla **glaberrima-Fazies** nachgewiesen worden. Dass auch die übrigen Charakterarten **darin** weniger hervortreten als in der Normalfazies, hängt mit der Genese der Gesellschaft zusammen. Aus den Gesellschaften des *Seslerion coeruleae* hervorgegangen, isoliert im Kalkgebirge gelegen, ist hier der floristische Ausgleich durch die erschwerte Einwanderung zweifellos im Rückstand (vergl. **PALMGREN** 1921). Wie sehr dieser Ausgleich auch **durch** die Aziditätsverhältnisse beeinflusst wird, zeigen die Aufnahmen Nr. 20 und 21 im **pH-Maximumgebiet** (pH 5,3; 5,8), die der **Assoziations-Charakter-**

¹ Vergl. auch **PAVILLARD J.**, De la Statistique en phytosociologie, Montpellier 1923.

arten völlig entbehren und daher nicht voll entwickelte **Assoziationsindividuen**, sondern nur Entwicklungsphasen darstellen. Innerhalb der Campanula Scheuchzeri-Alchemilla *glaberrima*-Fazies bezeichnet das reichliche Vorkommen von Ligusticum Yutellina (Nr. 16, 19) eine etwas **bodenfeuchtere**, reichliche Schneebedeckung und Windschutz liebende Subfazies. Auch die Primula glutinosa-Fazies, in Graubünden auf die östlichste Grenzmark beschränkt, zieht Windschutz und lange Schneebedeckung vor und zeigt höhere Bodenfeuchtigkeit an. Hievon kann eine flechtenreiche Variante (Nr. 14) als Subfazies unterschieden werden (nur am Munt Falein angetroffen). Die *Primula integrifolia*-Fazies auf Serpentin (Nr. 22) deutet ebenfalls auf reichliche, langdauernde Schneebedeckung und Bodendurchfeuchtung im **Frühsommer**, während die *Nivalfazies* (Nr. 11, 12) in der allgemeinen Verarmung aller Artkategorien den selektiven Einfluss der Höhenlage erkennen lässt.

Das Studium der Tabelle XIII ergibt ferner, dass die 25 Aufnahmen (die nicht etwa eine Auslese, sondern so ziemlich unser ganzes Beobachtungsmaterial aus dem Ofengebiet umfassen) vor allem hinsichtlich der mehr oder weniger **gesellschaftsvagen Begleiter** und der dominierenden *Carex curvula* übereinstimmen. Die **Charakterarten** dagegen zeigen eine deutliche Anreicherung über die als Initialphasen zu betrachtenden **Aufnahmen** Nr. 20 und 21 zu den ausgeglicheneren Assoziationsindividuen. Diese Anreicherung geht Hand in Hand mit der «ontogenetischen» Entwicklung der Assoziation. Sind auch durch besondere Verhältnisse bedingte Abweichungen möglich — in der Biologie gibt es ja keine absoluten (exakten) Gesetze — so dürfen wir doch den Satz aufstellen: Nicht die **dominierende** Art und auch nicht die Gesamt-Artzahl an und für sich, sondern das Vorhandensein der mehr oder weniger **vollständigen Charakterartengruppe** gibt den besten Anhaltspunkt zur Beurteilung des Entwicklungsgrades einer Gesellschaft. Optimal entwickelte Assoziationsindividuen **mit** einem Maximum von Charakterarten müssen auch grösste **Übereinstimmung** in Bezug auf die massgebenden ökologischen Faktoren erkennen lassen.

Die 10 Curvuletten der typischen Fazies (Nr. 1—10 unserer Tabelle) leisten der Anforderung nach ökologischer Gleichartigkeit weitgehend Genüge (übereinstimmende **Vegetationsdauer** und daher ähnliche Bodenfeuchtigkeit, ähnliches kallrarmes Substrat, ähnliche Bodentiefe und **Bodenstruktur**, Abwesenheit löslichen Kalkes im Boden und nahe übereinstimmende Wasserstoffionen-Konzentration [**4,7—4,9 pH**] etc.). Die mittlere **Charakterartenzahl** beträgt 5 (Maximum 6, Minimum 4) (inkl. **Verbands- und Ordnungscharakterarten** 14, Maximum 17, Minimum 11). Die Campanula Scheuchzeri-Alchemilla *glaberrima*-Fazies in guter Ausbildung (Nr. 15—19) unterscheidet sich ökologisch durch im Mittel etwas geringere Bodenneigung und durch die Gesteinsunterlage, während die H-Ionenkonzentration sich ebenfalls zwischen 4,9 und 4,7 **pH** bewegt. Die mittlere Charakterartenzahl dieser Fazies sinkt auf **3**, **Verbands- und Ordnungscharakterarten** inbegriffen auf 9 (Maximum 15, Minimum 7) Arten. Sobald aber im Curvuletum typicum die H-Ionenkonzentration unter **5,3—5,2 pH** herabgeht¹, verschwinden auch die Charakterarten des *Curvuletums* mit Ausnahme der dominierenden *Carex curvula* (vergl. Nr. 20, 21, 22, 25); wir sind ins **Maximumgebiet des pH-Faktors** eingetreten.

Die Charakterartengruppe in ihrer Gesamtheit erscheint hier somit auch als der beste **Zeiger** für die spezifische Gesellschaftsökologie im Optimumgebiet der Assoziation; sie

¹ Dieser Wechsel macht sich im *Curvuletum cetrarietosum* und *C. elynetosum* erst bei etwas geringerer H-Ionenkonzentration bemerkbar.

reagiert z u e r s t auf Veränderungen der Lebensbedingungen. Die s t e t e n Arten allein oder in ihrer Gesamtheit, soweit sie nicht zur Charakterartengruppe gehören, sind gegenüber Änderungen weniger empfindlich, haben einen weiteren ökologischen Spannungsbereich und besitzen daher auch einen viel geringeren Indikationswert.

Dies zeigt scharf untenstehende Kurve, welche die Variation der Steten und der Charakterarten zur Variation eines ökologisch dominierenden Faktors wie das pH in Parallele setzt.

Die steten Arten ergeben eine horizontale, von der Variation des ökologischen Faktors (pH) unbeeinflusste Kurve, die Charakterarten aber konzentrieren sich auf das pH-Optimum der Assoziation (4,8 pH) (s. pH-Kurve der Assoziation p. 308).

Lebenshaushalt, Entwicklung. — Die Kauptzüge der Ökologie des *Curvuletum typicum* können der Charakterisierung am Kopf der Tabelle XIII entnommen und an den ein-

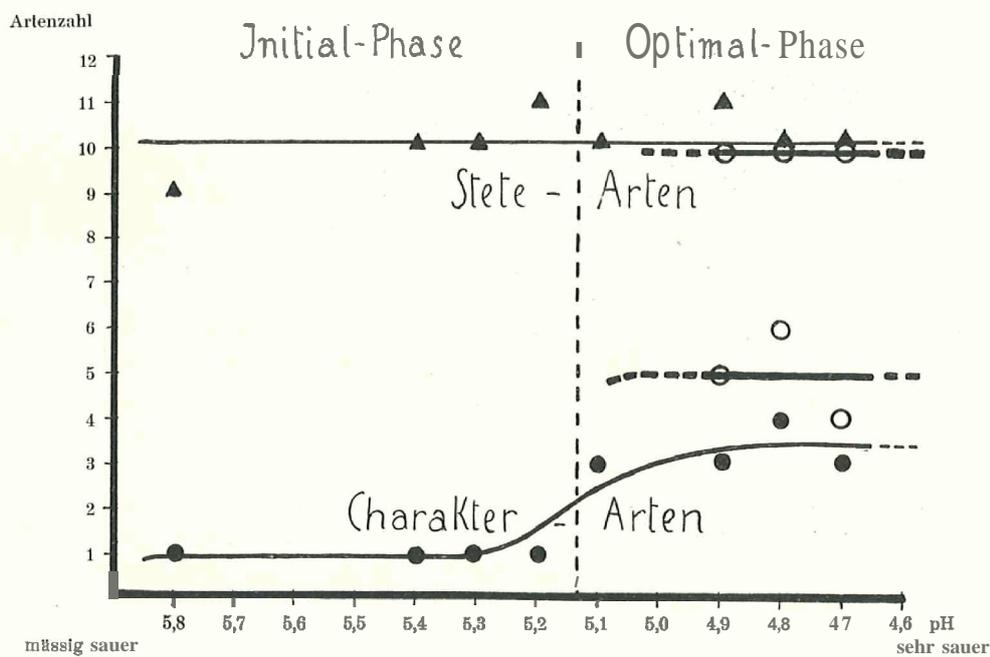


Fig. 21. Kurve der Steten und der Charakterarten im *Curvuletum* (fette Linie Normalfazies, dünne Linie *Campanula Scheuchzeri-Alchemilla glaberrima*-Fazies).

zelen Assoziationsindividuen nachgeprüft werden. Es ist daraus ersichtlich, dass *Curvuleteten* zwar in jeder Exposition vorkommen, dass sie aber mit zunehmender Meereshöhe mehr und mehr auf Südhänge zurückgedrängt werden. Auch die Neigungs- und Wasserabfluss-Verhältnisse zeigen ähnliche Verschiebungen. Die mittlere Neigung der Assoziationsindividuen zwischen 2300 m und 2800 m beträgt 5–10°. Mit der Meereshöhe steigt die Neigung; oberhalb 2800 m kann sich die Gesellschaft überhaupt nur noch an Steilhängen behaupten, die der Schneelagerung ungünstig sind (Minimum 30°, Maximum 42°). Ferner ergibt sich, dass bei mittlerer Meereshöhe alle *Curvuleteten* auf Kalksubstrat (Nr. 15–25) an nahezu flachen oder nur schwach geneigten Hängen auftreten, was bei den Assoziationsindividuen auf Silikatunterlage nicht der Fall ist.

Den Windeinflüssen und der Schneevertelung gegenüber verhalten sich nicht nur die Subassoziationen (*Curvuletum cetrarietosum*, *C. elynetosum*), sondern auch die einzelnen Fazies verschieden. Wind- und Schneeschutz verlangen die *Primula glutinosa*- und *P. integrifolia*-Fazies und die *Ligusticum*, *Mutellina*-Subfazies. Die übrigen Ausbildungen des *Curvuletum typicum* haben weniger eng begrenzte Ansprüche; sie ertragen ziemlich starke Windwirkung zur Vegetationszeit und sind während der ungünstigen Jahreszeit **schnee-**

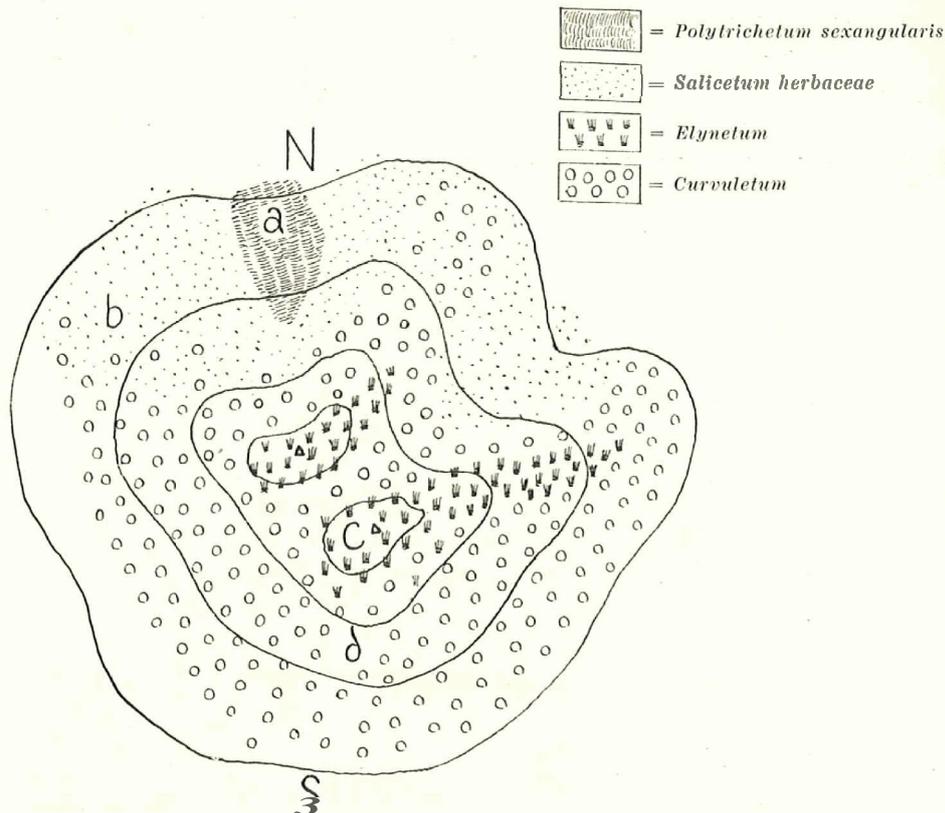


Fig. 22.
Kontaktassoziationen des *Curvuletums* am Ochsenkopf
oberhalb Parpan, 2400 m.

bedeckt. Die Schneedauer schwankt zwischen 7 und 8½ Monaten, kann aber in ungünstigen Jahrgängen auch etwas länger dauern.

Die Bodenfeuchtigkeit unterliegt grossen Schwankungen. Im Vorsommer sind die *Curvuletum*-Böden mit Wasser vollgesogen; infolge ihres hohen Humusgehaltes halten sie auch nach Regen das Wasser lange zurück. Im August-September dagegen kann, besonders nach Föhnperioden, starke Austrocknung stattfinden. Immerhin hält der Humus einen relativ hohen Prozentsatz von Wasser dauernd fest, sodass Wassermangel nie zu befürchten ist. Lufttrockener *Curvuletum*-Boden, der mehr als ein halbes Jahr im warmen Zimmer aufbewahrt worden war, enthielt noch 8 % Wasser (Mittel aus 50 Proben). Aussere xerophytische Anpassungen sind daher im *Curvuletum typicum* selten und viel weniger ausgeprägt als im *Elynetum* oder im *Curvuletum cetrarietosum*.

Das Curvuletum ist ein vorzüglicher Humusproduzent. Unzersetzter Rohhumus ist aber nur in der obersten, 3–5 cm dicken, trockentorfartigen Bodenschicht vorhanden. Er ist kompakt, von braunschwarzer Färbung, mit dem Messer leicht und glatt schneidbar und besteht grösstenteils aus Scheidenresten von *Carex curvula*. Darunter folgt eine immer noch sehr humusreiche, **dunkle**, besser zersetzte und mit viel **Feinerde** gemengte Bodenschicht, die im Maximum 65 cm Mächtigkeit erreicht. Entgegen den **Angaben** von Graf **LEININGEN** (1912, p. 485) sei ausdrücklich festgestellt, dass der Humusgehalt des Curvuletum-Bodens beträchtlich höher ist als jener des Caricetum *firmae*. Er beträgt im Mittel (aus 50 Proben, welche der Wurzelschicht entnommen sind) 25–35 %; die obern und untern Grenzwerte betragen 63 % **resp.** 17 % (Caricetum *firmae* Mittel unter 20 %). Die **Humuskurve** der Rhizosphaere **im** Curvuletum *typicum* steigt von 17 rasch auf ca. 30 % und hierauf allmählich bis 63 %, die höchste im Curvuletum festgestellte Humus-Prozentzahl. Noch höhere Zahlen (69 %) werden in Mischbeständen mit **Zwergsträuchern** (*Loiseleuria*) erreicht. Die Humuskurve der Art *Carex curvula* reicht nach unten wie nach oben über jene des Curvuletums (p. 321) als Gesellschaft hinaus. Vereinzelte, auch sehr üppige, aber auf Schutt und in Felspalten wurzelnde *Carex curvula*-Horste zeigen stets Humusprozent, die beträchtlich unter dem Mittel liegen. Die Humuskurve des *Carex curvula*-Bodens ist in Figur 8, II. Teil, dargestellt. Diese enge Kurve gibt einen Ausdruck für das Verhältnis zwischen Humusaufbau und Abbau in der Klimaxgesellschaft. Da der Aufbau unter den gegenwärtigen **Klimaverhältnissen** im sauren Boden den Abbau übersteigt, reichert sich allmählich, wenn **auch** zweifellos sehr langsam, eine immer bedeutendere Humusschicht an und man kann sich fragen, ob die andauernde Humuszunahme nicht zu einer Veränderung der **Bodenstruktur** selbst führt, indem an Stelle des Podsolbodens, der im Curvuletum oft angetroffen wird, zuletzt ein humusreicherer Bodentyp ohne Auswaschungshorizont tritt.

Auf Grund namentlich unserer Beobachtungen in den Südtiroler Dolomiten sind wir geneigt, diese Frage zu bejahen. Nicht das Humuspodsol, sondern die reinen, sauren, alpinen Humusböden, die **im** Curvuletum z. B. am Munt Baselgia ob Zernez, namentlich aber in grosser Ausdehnung in den **Südtiroler** Dolomiten vorkommen, würden dann dem **Bodenklimax** der alpinen Stufe in den zentralen und südlichen Alpen entsprechen. Dieser kalkfreie, saure, humus- und feinerdereiche Bodenklimax wird in der alpinen Stufe auf jedweder Unterlage vom Caricion *curvulae*, dem **Vegetationsklimax** besiedelt. Während sich dieser Vegetationsklimax aber **auf** stark basischen Böden **erst** bei fortgeschrittener Bodenbildung einstellt, erscheint er auf **sauren** Verwitterungsböden schon frühzeitig und beschleunigt seinerseits die Bodenreife.

Während die **pH-Extreme** der Art *Carex curvula* zwischen **6,0** und **4,0** pH schwanken, die Art also einen ziemlich weiten **pH-Bereich** besitzt, schwanken die Aziditätswerte im **Curvuletum** *typicum* nur zwischen **5,4–4,2** und die normale Fazies auf kristallinem Substrat zeigt einen noch engeren **pH-Bereich** (**4,9–4,6** pH).

Die **pH-Kurve** des Curvuletum *typicum*, berechnet nach 61 Bodenproben, ist im Abschnitt über alpine Böden dargestellt (S. 305). Sie reicht tief in das stark saure Gebiet hinein (**pH 4,2**). Damit reiht sich die Gesellschaft ans **äusserste** Ende unserer azidiphilen Assoziationen und bezeichnet das klimatische **pH-Extrem**. Dem **Bodenklimax**, die sauersten Böden des Gebietes einschliessend, entspricht der Vegetationsklimax: die ausgeprägt azidiphilste Assoziation der alpinen Stufe. Die Richtigkeit der **Klimaxhypothese** ist damit er-

wiesen. Der Reifezustand eines alpinen Bodens und der Entwicklungszustand der Vegetation aber findet auch in der **H-Ionenkonzentration** einen Ausdruck.

Innerhalb ein und desselben homogenen Assoziationsindividuums bestehen geringe **pH-Variationen**. Ein über **100 m²** grosses Curvuletum am **Murtèrgrat**, dem **13** regelmässig verteilte Proben entnommen wurden, ergab die auf S. **310** dargestellte Kurve der **pH-Schwankungen**.

Gegen den Einfluss der Berieselung durch Regen und Schmelzwasser von höher liegenden Kalkschutthängen her **schützt** die starke Pufferung dieser Humusböden, die **pH-Änderungen** erschwert.

Es ist möglich, dass im gleichartigen zusammenhängenden Curvuletum-Rasen ein gewisser **pH-Ausgleich**, vielleicht durch Diffusion stattfindet.

Unsere **pH-Werte** beziehen sich in der Regel auf die Böden der obersten Wurzelschicht in ca. **5–10 cm** Tiefe. Mit zunehmender Tiefe **findet** eine rasche **pH-Abnahme** statt, parallel zur Abnahme des Humusgehaltes und der wasserhaltenden Kraft des Bodens. Auch die Tiefe der ausgewaschenen Feinerdeschicht spielt hierbei mit. Das in Fig. **24** dargestellte junge Curvuletum auf Dolomitschutt in Valbella ergab in der Wurzelschicht **2–5 cm** tief **5,8 pH**, aber schon bei **12 cm** Tiefe **7,3 pH**, welche Zahl bis **25 cm** Tiefe konstant blieb. Die Auswaschung war hier also noch nicht **weit** fortgeschritten.

Anders verhielt sich die Abnahme auf tiefergründigen, feinerdereichen Böden über Serpentin und Schlerndolomit.

Abnahme von pH, Humusgehalt und Restwasser mit der Tiefe im Curvuletum am Ochsenropf bei Parpan auf Serpentin (**2500 m**).

Bodentiefe	Ca CO, %	pH	Humus %	Restwasser %
2–3 cm	0	5,4	31	8,3
5–6 cm	0	5,4	11	5,3
15 cm	0	5,8	—	—
Serpentinschutt	± 0	6,8	—	—

Abnahme von Humusgehalt, pH und Restwasser mit der Tiefe im Curvuletum am Schlern bei **2470 m** auf Dolomit.

Bodentiefe	pH	Humus %	Restwasser %
2–5 cm	5,2	42	11,0
15–20 cm	5,6	16	8,1
30–35 cm	6,0	7,9	5,3

Zur Verdeutlichung diene nebenstehende **Kurvenfigur**.

Die meisten Begleiter des Curvuletums beziehen ihre Baustoffe aus der obersten **humusreichen** Schicht und zehren somit vom abgelagerten Flugstaub. Nur wenige Arten schieben ihre Wurzeln weiter vor; am tiefsten reichen einzelne feine Faserwurzeln von *Carex curvula*, die bis **40 cm**, also in das mässig saure **pH-Gebiet** (**6 pH**) vorstossen.

Im **Kalkgebirge** wird die Bodenreife zur ausschlaggebenden Voraussetzung für das *Curvuletum*. Daher gelangt die Assoziation über **Kalksubstrat** nur dort zur Ausbildung, wo

mergelige oder schieferige Schichten den Gesteinszerfall begünstigen und die löslichen Basen rasch ausgewaschen werden oder über mechanischer Verwitterung wenig ausgesetzten kompakten Kalk- und Dolomitgesteinen in geomorphologisch ausgereifterem Gelände. Der «tote» Untergrund bleibt: hier kalkreich, aber durch Einschwemmung (Regen- und Schmelzwasser), äolische Ablagerung und vor allem durch die aufbauende Tätigkeit der dynamisch-genetisch wichtigen Rasenbildner selbst reichert sich im Laufe der Jahrhunderte und Jahrtausende über dem kalkreichen Substrat eine mehr oder weniger mächtige «lebende» Bodenschicht an, die, den Gesetzen der Bodenbildung folgend, zum Bodenklimax

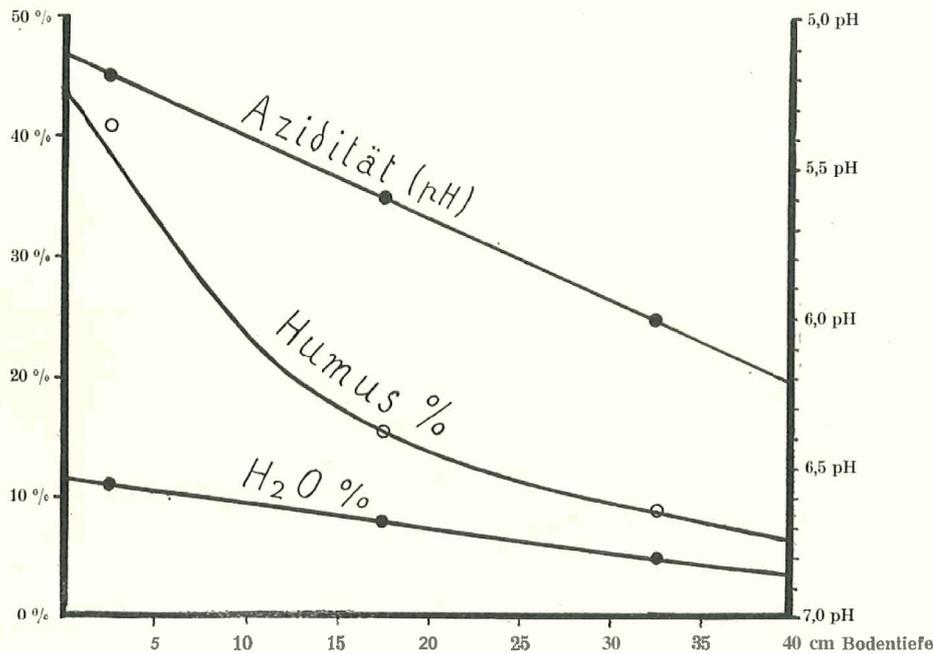


Fig. 23.

Parallelismus zwischen abnehmendem pH, Humusgehalt und Restwasser (lufttrocken) mit der Bodentiefe im Klimax-*Curvuletum* am Schlern.

hinsteuert. Das *Curvuletum* vermag sich festzusetzen, sobald die H-Ionenkonzentration der Wurzelschicht auf etwa 5,8—5,5 pH angestiegen ist.

Die günstigsten Bedingungen für die Entstehung des *Curvuletums* im Kalkgebirge müssten mässig geneigte Hochflächen bieten, die von den Vereisungen wenig in Mitleidenschaft gezogen worden sind. Die Reise, die den einen von uns (B.) 1925 ins Schlerngebiet führte, bestätigte seine Erwartungen. Nicht nur fanden sich auf dem Dolomit des Schlern zahlreiche kleinere *Curvulaflecke* und Fragmente, sondern im flachen Sattel zwischen Schlerngipfel und Burgstall konnte auch ein mehr als 1000 m² messendes, sehr homogen entwickeltes *Curvuletum* festgestellt werden. Die Unterlage ist ein eisenreicher, braunrot gefärbter, feinerdiger und steinfreier Dolomit-Verwitterungsboden von über ½ m Mächtigkeit.

Damit war der Beweis für die weit über die Grenzen unseres Untersuchungsgebietes hinausreichende Bedeutung des *Curvuletums* als Vegetationsklimax der alpinen Stufe erbracht. Aber auch durch das ganze mittlere und westliche Bünden, Uri, Glarus (Hch. JENNY-

LIPS schriftlich), die Tessiner- und mindestens einen Teil der Walliser Alpen herrscht oberhalb 2300—2400 m bis zur Rasengrenze derselbe Klimax, und aus dem Berner Oberland wissen wir durch W. LÜDI, dass das Curvuletum als Schlussglied der Vegetationsentwicklung auch auf Dogger und disgeogenem Kalk (Malm) zur Ausbildung gelangt. Dass auch in den Zentralpyrenäen Curvuleten oder Fragmente solcher auf Kalksubstrat vorkommen, haben wir schon anderwärts (BR.-BL. 1913, p. 87) erwähnt.

Verschieden weit fortgeschrittene Curvuletum-Böden auf kalkreicher Unterlage sind durch untenstehende Profile dargestellt. Die sie bedeckende Vegetation ist aus Tab. XIII (Nr. 21 und 22) ersichtlich.

Fig. 24 zeigt eine Initialphase des Curvuletems auf jungem, nur in seiner obersten Schicht entsäuertem Dolomit-Rohboden. Wie weit auf derartigen Böden neben dem Humus-

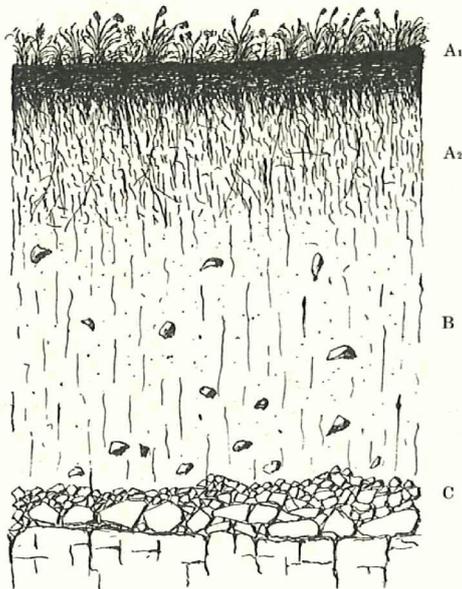


Fig. 24. Bodenprofil im Curvuletum von Valbella (Nr. 21).

- A₁ = Schwarzer Humus (2 cm) pH 5,8
- A₂ = Humose Feinerde (6 cm)
- B = Hellgraue Verwitterungserde (12 cm)
pH 7,3
- C = Dolomit-Verwitterungsschutt pH 7,3

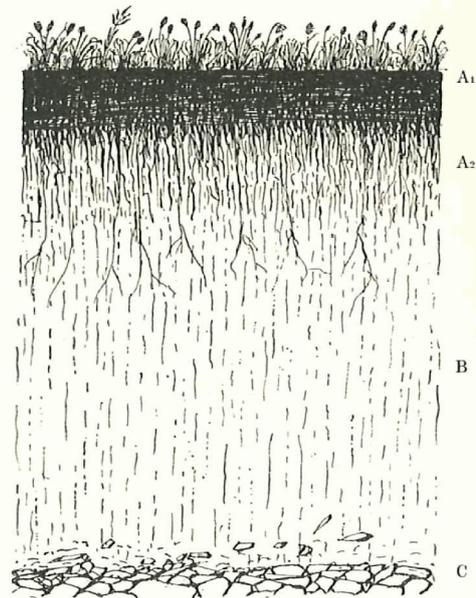


Fig. 25. Bodenprofil im Curvuletum am Ochsenkopf (Nr. 22).

- A₁ = Schwarzer Humus (2–3 cm) pH 5,4
- A₂ = Graubraune humose Feinerde (4–5 cm)
pH 5,4
- B = Gelbbrauner Verwitterungsboden (18–20 cm)
pH 5,8
- C = Serpentin schutt pH 6,8

aufbau und der durch den sauren Humus bedingten Verdrängung der Kationen (namentlich Ca, Mg, Al, Fe) auch direkte Auslaugung durch Senkwasser möglich ist, können wir nicht entscheiden. Jedenfalls sind in **unsern** Dolomitgebirgen azidiphile Arten nie auf Rohböden, sondern stets nur an humusreichen Stellen vorhanden. Die **Säurewirkung** in Profil 1 macht sich nur etwa 6–8 cm tief geltend, was aber für die Ansiedlung der Krummsegge hinreicht; allerdings bleibt die **Pflanze** hier **kümmertlich**. Bei ca. 8–10 cm erfolgt unvermittelt ein Reaktionsumschlag, der volle 1,5 pH beträgt. Die dünne isolierende *Curvuletum*-Humusschicht ist indes nicht gleichförmig genug und stellenweise vielleicht auch nicht dick genug, um **basiphile** Arten gänzlich auszuschalten (*Minuartia verna*, *Viola calcarata*, *Sedum atra-*

tum). Dieses *Initial-Curvuletum* misst wenige Quadratmeter. Auf Grund der topographischen Verhältnisse waren in Valbella ausgedehnte *Curvuleten* über Dolomitsubstrat zu erwarten. Solche fanden sich allerdings; aber es liegt hier auch auf dem Dolomit viel Moränenmaterial aus den Münstertaler Sililtatketten, das die geologische Karte nicht verzeichnet. Die reinen, nicht mit **Erratikum** überstreuten Dolomitmöden sind daher sehr beschränkt.

Fig. 25 gibt ein Profil des *Curvuletum*-Bodens ob Parpan auf Serpentschutt bei 2500 m.

Dieses Bodenprofil auf Serpentin ist einem weiter entwickelten homogenen und ausgedehnten *Curvuletum* entnommen. Die Auslaugung reicht tiefer als das Wurzelwerk; auch die unteren Bodenschichten reagieren sauer. Basiphile Arten, die auf dem anstehenden Serpentin der nächsten Umgebung dominieren, dringen nicht ins *Curvuletum* ein; von neutrophil-indifferenten ist nur noch *Gentiana nivalis* darin vorhanden.

Noch schönere, weiter entwickelte *Curvuleten* auf basischen Gesteinen kleiden die flachen Hänge des Murtaröl- und Murtergrates im Val Cluozza (s. Fig. 2, Fig. 17).

Auf basischem Substrat muss die **Boden-Azidität** hier erst durch langwierige Veränderungen unter Mitwirkung der **Vegetation** erhöht werden, bis die untere pH-Grenze von *Carex curvula* erreicht ist und die Art sich ansiedeln kann.

Anders im **Silikatgebirge**. Hier ist in der Regel schon der offene **Verwitterungsboden** sauer genug, um *Carex curvula* zuzulassen und es sind dem **Relativitätsgesetz** (LUNDEGÅRDH-MITSCHERLICH) entsprechend, **andere**, lotal klimatische oder edaphische Faktoren, die die Konkurrenzverhältnisse und damit das Vorhandensein oder Fehlen des *Curvuletums* bestimmen. Auf grobblockigem Gneis- und Granitschutt ist *Carex curvula* ein vorzüglicher Rasenpionier (s. Fig. 26). Eine dünne Humusdecke, durch die dominierende Art selbst aufgebaut, gestattet auch den Charakterarten und Begleitern sich einzunisten. Das typische *Curvuletum* entsteht hier ohne weiteres als erste Rasenassoziation und vermag sich auch dauernd zu behaupten.

Das *Curvuletum* kann aber auch in jeder **andern** Rasenassoziation Fuss fassen, sobald die durch das Relief bedingte Schneebedeckung sich nicht allzuweit in den Sommer **hinein** erstreckt, die Aperaturzeit unter 4 bis 4½ Monate **sinkt** und die H-Ionenkonzentration des Bodens sich dem für die alpine Stufe gefundenen **Endwert** (4,8—4,0 pH) nähert.

In diesem engen Reaktionsbereich wirkt sich die **Konkurrenzskraft** der **Krummsegge** sieghaft aus, und das *Curvuletum* wird (von Katastrophen abgesehen) seinen Platz auch

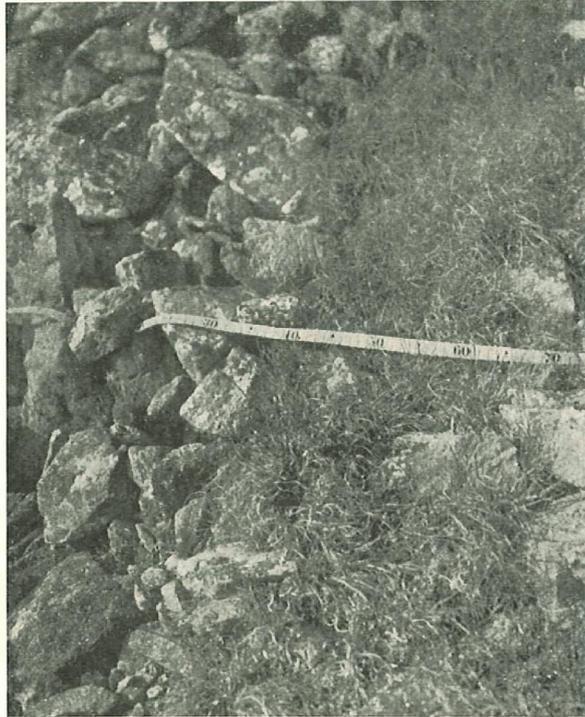


Fig. 26. *Carex curvula* als Pionier im Gneisschutt am Munt Falein, 2620 m.

(Phot. H. Jenny-Lips und Br-BL)

behaupten, bis **Klimaänderungen**, diese **mächtigsten** Triebkräfte der **Vegetationsgestaltung**, die **gegenwärtig** herrschenden **Vorbedingungen** umgestalten und **auch** der **Bodenbildung** eine **andere Richtung** weisen.

In optimaler Entwicklung treten *Curvuletum* im **Silikatgebirge** sowohl auf **Humuspodsol-Böden** als auch auf dem **Bodenklimax**, dem alpinen **Humusboden**, in **übereinstimmender** floristischer Ausprägung **auf**. **Beispiele solcher Humuspodsol- und Klimaxböden** sind im **bodenkundlichen** Teil, **wo** die *Curvuletum*-Böden **besonders** eingehend besprochen werden, gegeben.

Verbreitung. — Das *Curvuletum typicum* herrscht in der alpinen Stufe der zentralen **Urgebirgsketten**. Es **erstreckt sich** im **Ofengebiet** und den umliegenden **inneralpinen** Ketten von der Baumgrenze (ca. **2300 m**) bis zu den obersten **Rasenflecken** bei und über **3000 m**.

Unter besonderen **lokalklimatischen Verhältnissen** (**Beschattung**, reichliche **langdauernde** Schneebedeckung) kann **es** auch **nach** unten **an** Raum gewinnen und bis unter die klimatische Waldgrenze **herabsteigen**. Dies ist in **ausgedehntem** Masse der Fall im Hintergrund des **Val Scarl** **an** Pass von Urezzi **nach** Alp Astras bei 2200 m (lokale Baumgrenze 2400 m). Vom Winde **aufgehäufte** Schneemassen bleiben **hier lange** liegen, **beeinträchtigen** den **Baumwuchs** und bewirken eine lokale **Dépression** der Höhengrenzen. **Kleinere** *Curvuletum*-Fragmente steigen hier in Nordexposition **bis 2160 m** **herab**. Auch im Schlerengebiet und in Faasa beginnt das *Curvuletum* als **Klimax** bei 2400 m, während **lokalklimatisch** bedingte *Curvuletum* sich schon bei 2170 m (am **Mahleckenjoch**) einstellen (**lokale Baumgrenze** bei 2230 m [Arve]; am **Schlern** bei 2300 m).

Die horizontale **Verbreitung** der Assoziation erstreckt sich von einem Ende der **Algenkette** zum **andern**, doch sind **sowohl** die **westalpinen** als die **ostalpinen** *Curvuletum* noch ganz ungenügend **bekannt**. Auch in den **Pyrenäen** scheinen *Curvuletum* in **ziemlich grosser** Ausdehnung vorzukommen (**Canigou-Massiv** [Ostpyrenäen]; Umgebung von **Gavarnie** in den **Zentralpyrenäen** etc.). Sie sind durch **besondere** westliche Begleitarten **ausgezeichnet** und stellen zum **mindesten** eine eigene **Subassoziatio**n dar. Im **Mont Dore-Massiv** der Auvergne, wo *Carex curvula* **am** **Puy Ferrand** bei 1820 m **ziemlich kümmerlich** gedeiht, steht die **Art zweifellos** hart **an** der Grenze ihrer **Erhaltungsmöglichkeit** und **es** kommt **unter** den herrschenden **Klimaverhältnissen** **nicht** einmal zur Ausbildung von **Assoziationsfragmenten**.

Mit der **Herausschälung** geographischer **Varianten** des *Curvuletums* der Alpen dürfte **zweckmässigerweise** noch **zugewartet** werden, bis Untersuchungen über **ausgedehntere** Gebiete vorliegen. Ansatzpunkte **zu** einer geographischen Gliederung **zeigen** sich **schon** innerhalb der **Schweizeralpen**, **wo** namentlich eine **zentralpenninische** **Variante** mit *Senecio uniflorus* und *Chrysanthemum alpinum* var. *pubescens* als **lokalen** Charakterarten **Beachtung verdient** (Br.-Bl. 1921, p. 28).

Das **rätische** *Curvuletum* **erhält** seine **geographische** **Prägung** durch *Primula integrifolia* und *Senecio carniolicus*, das **ostalpine** durch *Primula glutinosa*, *P. minima* und *Senecio carniolicus*, wozu **vielleicht** noch **andere** **Arten** treten. Innerhalb der grossen, über weitere Gebiete **verbreiteten** **Rassen** werden geographische **Unterrassen** **unterschieden** werden müssen. Das rätische dürfte als **e** **h** **e** **Unterrasse** des **ostalpinen** *Curvuletums* aufzufassen **sein**.

15a. Subassoziatio *Caricetum curvulae cetrarietosum*

(Windflechtenreiches *Curvuletum*)

An **Gräten** und **Kämmen** des **Gneis-** und **Granitketten**, **wo** die Bodenverhältnisse, **namentlich** die **relativ** hohe **H-Ionenkonzentration** *Carex curvula* in der **Konkurrenz** mit

den Windeckenberasern *Elyna* und *Agrostis alpina* begünstigt, vermag die Krummsegge auch im Strichbereich des Windes herrschend zu werden. Ihre Ausbreitung an windexponierten Stellen bewirkt eine weitere pH-Zunahme und damit ist einer Sukzession zum *Elynetum* oder zum *Curvuletum elynetosum* im eigentlichen Sinne des Wortes der Boden entzogen. Das *Curvuletum cetrarietosum* ist eine lokallimatisch bedingte Dauergesellschaft, die an windexponierten Standorten das *Curvuletum typicum* ersetzt.

Diese Subassoziation tritt oft nur in Fragmenten auf, weshalb Assoziationsindividuen von einiger Ausdehnung selten sind. Die in Tabelle XIV verzeichneten Aufnahmen stammen von folgenden Punkten:

1. Muntett oberhalb Lü, 2560 m. 2. Munt Falein, 2660 m (Scarl). 3. Thälhorn in Safien, 2855 m, Gipfel-*Curvuletum*. 4. Mot del Hom, oberhalb Scarl im Val Sesvenna, 2760 m.

Ausser den in die Tabelle aufgenommenen Arten kommen in den vier Assoziationsindividuen noch vor:

In Nr. 1. *Agrostis rupestris*, *Trisetum spicatum*, *Cerastium alpinum*, *Saxifraga Seguieri*, *Sibbaldia procumbens* (letztere beiden lokal etwas geschützt), *Loiseleuria procumbens*, *Soldanella pusilla*, *Homogyne alpina*, *Cladonia silvatica*, *Desmalodon latifolius*, *Pohlia nulans*, *Dicranum Mühlenbeckii*.

In Nr. 2. *Sedum alpesre*, *Cladonia uncialis*, *C. silvatica*.

In Nr. 3. *Salix herbacea*, *Sibbaldia procumbens*, *Primula integrifolia*.

In Nr. 4. *Poa laxa*, *Cerastium uniflorum*, *Alectoria lanata*, *Bryum* spec., *Tortella*, *Rhacomitrium canescens*, *Polytrichum piliferum* (Aufnahme von H. GAMS in Br.-Bl. 1918, p. 39).

Wichtige Differentialarten gegenüber dem *Curvuletum typicum* sind die windharten: *Potentilla frigida* und *Minuartia recurva*, wie auch die gegen Windeinfluss wenig empfindlichen Strauchflechten: *Thamnotia vermicularis*, *Cetraria cucullata*, *C. nivalis* und *Alectoria ochroleuca*. Letztere ersetzt auf stark saurem Boden die ebenfalls äusserst windharte *Cetraria juniperina*, die schwach saure bis basische Böden vorzieht und auch ins *Caricetum firmiae* eindringt. Im *Curvuletum typicum* erscheinen *Potentilla frigida* und *Minuartia recurva* sehr selten; dagegen gehören sie zu den bezeichnenden Arten des *Curvuletum elynetosum*.

Lebenshaushalt, Entwicklung. — Die Wirkung des Windes auf die Hochgebirgsvegetation hat der eine von uns (B.) 1913 ausführlich behandelt. Neben der direkten mechanischen Schädigung durch Abrasion, der physiologischen durch Erhöhung der Wasserabgabe und daraus folgenden Vertrocknung der namentlich bei gefrorenem Boden ungenügend belieferten verdunstenden Organe und der indirekten Windwirkung durch Verblasen loser Erdpartikel und organischer Reste, kommt noch eine bisher unberücksichtigte indirekte Wirkung des Windes zur Geltung. Die durch den Wind schneefrei gefegten «Windecken» zeigen nämlich gegenüber angrenzenden schneebedeckten Stellen stets eine verminderte Wasserstoffionen-Konzentration der Bodenlösung. Schneefreiheit wirkt hier demnach aziditätsvermindernd. Schon die pH-Zahlen der in der Tabelle XIII enthaltenen Assoziationsindividuen windoffener Bestände lassen diesen Umstand erkennen. Wir fügen einige weitere Vergleiche bei. Auf anstehendem Granitgneis nahe dem Sesvennagletscher fanden wir folgende pH-Werte unter *Carex curvula*:

1. Im *Curvuletum* mit *Loiseleuria* gemischt 4,4 pH
2. Im optimalen *Curvuletum typicum* 4,7 pH
3. Stark windgefeht; *Carex curvula* mit *Sesleria disticha* auf
Loiseleuria folgend 5,4 pH
(fragmentarisches *Curvuletum cetrarietosum*)

Am Munt Falein auf Granitgneis bei 2660 m:

TABELLE XIV

Subassoziationen des *Curvuletums*

Nr. der Assoziationsindividuen . . .	<i>Curvuletum cetrarietosum</i>				<i>Curvuletum elynetosum</i>					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Grösse der Fläche in m ²	100	4 (101)	c. 30	—	1 (5)	c. 4	6. 100	c. 10	1 (4)	c. 5
Höhe, Meter ü. M.	2560	2660	2855	2760	2410	2804	2400	2510	2430	2380
Neigung und Exposition	5° N	5° S	10° SW	—	10° S	E	5° W	10° P?	SE	15° E
Windeinfluss	mässig	stark	mässig	stark	s.stark	stark	stark	mässig	mässig	stark
Approx. Schneedauer in Monaten	c. 6	c. 6(?)	5-7(?)	—	0-1	0-2	kurz	kurz	—	kurz
Geologische Unterlage	Gneis	Gneis	BS.	Gneis	Si	Si	Si	Amph.	Melaph.	Melaph.
Restwasser %	—	5,0	—	—	—	—	—	4,0	—	—
Humus der Wurzelschicht %	32,2	17,3	—	—	36	—	—	17,3	—	—
pH der Wurzelschicht	6,2	5,4	—	—	5,7	—	5,5	5,9	6,2	—
Dominanten:										
<i>Elyna myosuroides</i>	—	+ . 2	—	—	+ . 2	4 . 3	4 . 3	4 . 4	4 . 3	4 . 3
<i>Agrostis alpina</i>	—	—	—	+	3 . 2	+ . 2	1 . 2	+	—	1 . 2
Charakterarten des Curvuletums:										
<i>Carex curvula</i>	5 . 5	3 . 2-3	4 . 3	1 . 2	+ . 2	—	+ . 2	+ . 2	+ . 2	—
<i>Sesleria disticha</i>	+ . 1	+ . 1	1 . 2	3 . 2	—	1 . 2	—	+	—	—
<i>Phyteuma pedemontanum</i>	1 . 1	+	+	1 . 1	—	+	—	+	—	—
<i>Hieracium glanduliferum</i>	—	—	—	—	+	—	+	+	+	1 . 1
<i>Senecio carniolicus</i>	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Potentilla frigida</i> ¹	1 . 1	+	+	+ . 1	+	+	1 . 1	+	—	—
Verbands-Charakterarten:										
<i>Minuartia sedoides</i>	1 . 2	+	+	1 . 2	+	+	+ . 2	+	(+)	+
<i>Festuca Halleri</i>	+	1 . 2	—	+	+ . 2	—	+ . 2	+	2 . 2	1 . 2
<i>Veronica bellidoides</i>	1 . 1	+	+	—	+	—	+	+	+ . 2	+
<i>Luzula spicata</i>	+	+	+	+	—	+	—	+	(+)	—
— <i>lutea</i>	+	+	—	+	—	—	+	+	(+)	+
<i>Silene exscapa</i>	+	—	—	+	—	+ . 2	+	+	—	—
<i>Euphrasia minima</i> v. <i>minor</i>	+	(+)	—	+	—	—	+	+	+	—
<i>Minuartia recurva</i> ¹	+ . 2	+ . 2	—	—	1 . 2	1 . 2	1 . 2	1 . 2	1 . 2	1 . 2
Ordnungs-Charakterarten										
<i>Pliyleuma hemisphaericum</i>	+	—	—	+	+	—	+	—	2 . 1	1 . 1
<i>Koeleria hirsuta</i>	—	—	—	—	1 . 2	—	+	—	—	+
<i>Potentilla aurea</i>	+	—	—	—	—	—	—	—	+	—
<i>Juncus trifidus</i>	—	—	—	—	+	—	—	—	—	+
<i>Achillea moschata</i>	—	+	—	—	—	—	+	—	—	—
<i>Sempervivum montanum</i>	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—
Begleiter:										
<i>Avena versicolor</i>	+	1 . 1	+	1 . 1	—	—	1 . 1	+	+	1 . 1
<i>Polygonum viviparum</i>	+	+	—	—	+	—	—	+	+	+
<i>Erigeron uniflorus</i>	+	—	+	+	+	—	—	+	+	1 . 1
<i>Anemone vernalis</i>	—	+	—	—	+	—	+	+	+	1 . 1
<i>Antennaria dioeca</i>	—	1 . 2	+	—	—	—	+	+	+	+
<i>Saxifraga brymdes</i>	+	—	+	+	—	+	+	+	—	+
<i>Gentiana brachyphylla</i>	—	—	+	+	—	—	—	+	+	+
<i>Chrysanthemum alpinum</i>	1 . 1	+	+	1 . 1	—	+	—	—	—	—
<i>Saxifraga exarata</i>	+	+	—	+	—	—	+	—	—	—
<i>Ligusticum simplex</i>	—	—	+	+	—	—	—	—	+	1 . 1
<i>Poa alpina</i>	+	+	+	—	—	—	—	—	+	—
<i>Lloydia serotina</i>	+	—	+	—	—	—	—	1 . 1	—	—
<i>Antennaria carpatica</i>	+	—	—	—	+	—	+	—	—	—
<i>Leontodon pyrenaicus</i>	+	—	+	—	—	—	—	—	+	—
<i>Salix serpyllifolia</i>	—	—	—	—	—	+	+	—	+	+ ³
<i>Carex ericetorum</i>	—	—	—	—	—	—	+	—	1 . 1	+
Moosschicht:										
<i>Cetraria islandica</i> v. <i>crispa</i>	+	2 . 2	2 . 2	1 . 1	1 . 1	1 . 1	2 . 1	+	1 . 1	1 . 1
— <i>cucullata</i>	+	+	1 . 1	—	1 . 1	1 . 1	+	—	—	—
<i>Thamnolia vermicularis</i>	+	+	1 . 2	—	—	1 . 1	2 . 1	1 . 1	+	—
<i>Cladonia pyxidala</i>	+	+	—	+	+	—	—	+	1 . 2	—
<i>Cetraria nivalis</i>	+	+	1 . 1	+	+	+	—	—	—	—
<i>Alecforia ochroleuca</i>	—	—	—	+	+	1 . 1	1 . 1	1 . 1	—	—
<i>Polytrichum juniperinum</i>	+	1 . 2	—	—	(+)	+	+	+	+	+

¹*Potentilla frigida* und *Minuartia recurva* charakterisieren ganz besonders die beiden windharten Subassoziationen des *Curvuletums*.

1. Im geschlossenen Curvuletum am lange schneebedeckten,
windgeschützten Hang 4,9 pH
2. Im exponierten Curvuletum cetrarietosum 5,3 pH

Unter sonst übereinstimmenden Bodenverhältnissen, auf derselben Unterlage an derselben Lokalität ergibt der Boden im Curvuletum bei Wind- (und Schnee-) Schutz 0,4 bis 0,7 pH höhere Zahlen als an windoffenen und daher über Winter meist schneefreien Stellen. Als Ursache dürfen vielleicht die häufigen und beträchtlichen Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen im Boden, das öftere Gefrieren und Auftauen im Laufe des Winters und Frühjahrs betrachtet werden. Durch Trockenheit und Frost werden die Humusstoffe ausgefällt (RAMANN 1917, p. 152).

Das Gesagte gilt natürlich nicht nur für die Böden des *Curvuletum cetrarietosum*, sondern auch für das Elynetum und das Curvuletum elynetosum.

Die Humusproduktion im Curvuletum *cetrarietosum* bleibt hinter jener des Curvuletum *typicum* etwas zurück, unseren wenigen Proben nach zu schliessen. Auch ist der Standort der Anhäufung dicker Humusschichten ungünstig. Die meist geringe Bodenfeuchtigkeit und die starken Schwankungen, denen sie unterliegt, schliessen die trockenscheuen: *Gnaphalium supinum*, *Ligusticum Mutellina*, *Alchemilla glaberrima* und andere Arten des *Curvuletum typicum* aus. Sie sind durch trocken- und windharte Arten ersetzt.

Das Curvuletum *cetrarietosum* kann sich sowohl primär als Erstbesiedler auf Gneisschutt und Granitgrus einstellen, als sekundär auf zerstörten Loiseleuria-Teppichen an Windecken. Die erste Entstehungsart ist die Regel. Als Vorläufer erscheint gelegentlich eine Initialphase von Polster-Chamaephyten, die namentlich an hochgelegenen, windbestrichenen Passlücken lange im offenen Anfangsstadium verharret. Das schönste Beispiel eines solchen «Polsterbodens» bietet die Fuorcla *Stragliavita* zwischen Val Laschadurella und Val Sampoioir bei 2700 m auf Granitgneis. Er setzt sich zur Hauptsache zusammen aus:

<i>Minuartia recurva</i>	<i>Ranunculus glacialis</i>
— <i>sedoides</i>	<i>Festuca Halleri</i>
<i>Saxifraga exarata</i>	<i>Sesleria disticha</i>
— <i>bryoides</i>	<i>Carex curvula</i>

Polster-Chamaephyten sind vorherrschend. Angrenzend gedeiht ein Curvuletum mit viel *Sesleria disticha* und Flechten.

Auf glazialen Rundhöckern im Hintergrund von Marangun-Sesvenna konnten wir während einiger Jahre die Entwicklung des Curvuletum *cetrarietosum* aus dem durch Winderosion zum Absterben gebrachten Loiseleuria-Teppich verfolgen. *Carex curvula* und *Sesleria disticha* breiten sich zusehends auf Kosten der hart mitgenommenen Loiseleuria aus. Aufnahme Nr. 4 unserer Tabelle stellt ein Assoziationsindividuum mit dominierender *Sesleria disticha* dar. Diese *Sesleria disticha*-Fazies des Curvuletum *cetrarietosum* ist durch ganz Ost- und Mittelbünden an windexponierten Kämmen oberhalb 2400 m anzutreffen, meist aber nur in kleineren Flecken. Sehr selten fehlt darin *Carex curvula*. Eine scharfe Scheidelinie zwischen Curvuletum *typicum* und Curvuletum *cetrarietosum* existiert nur in jenen seltenen Fällen, wo ein plötzlicher Umschlag der massgebenden ökologischen Faktoren (Windeinfluss, Schneefreiheit im Winter) nachzuweisen ist. Der allmähliche Übergang der einen Subassoziation in die andere ist mehrfach, besonders schön am Muntett ob Lü, zu verfolgen.

Die Höhenverbreitung des *Curvuletum cetrarietosum* bleibt hinter jener des *Curvuletum typicum* zurück und überschreitet kaum 2700—2800 m. In höheren Lagen vermag sich ein mehr oder weniger geschlossener **Rasen** an **Windecken** wegen **lokalklimatischer Ungunst** nicht mehr zu behaupten. **Dagegen stösst** die Gesellschaft im zentralen Wallis am **Gornergrat** bei Zermatt bis über 3000 m vor.

15b. Subassoziation *Curvuletum elynetosum*

(*Elyna*-reiches *Curvuletum*)

Wir haben *Elyna* als erfolgreichen Vorkämpfer der klimatischen Schlussgesellschaft auf kalkreicher Unterlage kennen gelernt. Im *Elynetum* herrscht das Nacktriedgras an windbestrichenen Gräten auf ursprünglich basischen Böden, die es in saure überführt, wobei die ursprünglich basiphil-neutrophile Begleitflora nach und nach von neutrophil-azidiphilen Elementen durchsetzt wird. Aber auch auf primär sauren Böden vermag die hochgradig indifferente Horstpflanze sich auszubreiten an Stellen, die extremer Windwirkung ausgesetzt und wintersüber oft schneefrei sind. Allerdings zeigt hier die sie begleitende Artengemeinschaft eine vom *Ellynetum* stark abweichende Zusammensetzung, und wenn auch gewisse gemeinsame Züge durchscheinen, so müssen doch die in Tabelle XIV (Nr. 5—8) dargestellten **Assoziationsindividuen** auf Grund der gesamten Artenkombination nicht etwa dem *Elynetum*, sondern dem *Curvuletum* zugerechnet werden.

Diese Trennung der Bestände, worin *Elyna* dominierend auftritt, und ihre Einordnung bei verschiedenen **Gesellschaftsordnungen** wird in erster Linie durch die Verteilung der Ordnungs-Charakterarten gefordert.

Die Verteilung der Ordnungs-Charakterarten der *Seslerietalia* und *Caricetalia curvulae* auf die in Betracht fallenden Assoziationen ergibt folgendes Bild.

Charakterarten der *Seslerietalia coeruleae*:

	im <i>Elynetum</i>	im <i>Curvuletum elynetosum</i>	im <i>Curvuletum typicum</i>
Artenzahl	24	3	1

Charakterarten der *Caricetalia curvulae*:

	im <i>Elynetum</i>	im <i>Curvuletum elynetosum</i>	im <i>Curvuletum typicum</i>
Artenzahl	10	16	22

Diese Verteilungstabelle zeigt ohne weiteres die Affinität zwischen *Curvuletum elynetosum* und *Curvuletum typicum*, wie auch die floristische Divergenz zwischen *Curvuletum elynetosum* und *Elynetum* (3 : 24).

Die verhältnismässig hohe Zahl von *Caricetalia*-Charakterarten im *Elynetum* hängt mit der genetischen **Entwicklung** dieser gegen das *Curvuletum* leitenden Assoziation zusammen. Ein Blick auf die Azidiphilen-Kurve (p. 258) zeigt, dass die Frühstadien des *Elynetums* (Nr. 1—5) auf Böden mit geringer H-Ionenkonzentration (7,1—6,1 pH) nur wenige Charakterarten der *Caricetalia curvulae* besitzen (vier Arten), die zudem sehr spärlich vertreten sind. Erst in der optimalen und besonders in der stärker sauern Terminal*phase werden sie mit der sich ausbreitenden *Carex curvula* etwas zahlreicher, sind aber doch nur in geringer Individuenmenge vorhanden.

Bei Beurteilung der Gesellschaftszugehörigkeit fallen die dominierenden, aber indifferenten *Elyna* und *Agrostis alpina* mit ihrer weiten ökologischen Amplitude viel weniger

ins Gewicht, als die ökologisch enger angepassten Charakterarten. Gerade das Beispiel des Elynetums und des Curvuletum elynetosum illustriert sinnfällig die Konsequenzen der pflanzensoziologischen Systematik auf floristischer Grundlage.

Wo ausgeprägte qualitativ-floristische Unterschiede vorliegen, dürfen wir aber in der Regel auch auf das Vorhandensein **ökologischer** Abweichungen schliessen, selbst dann, wenn sich dieselben mit den uns gerade zur Verfügung stehenden Messinstrumenten nicht scharf genug herausarbeiten lassen.

Die vier Assoziationsindividuen des Curvuletum elynetosum unserer Tabelle stammen von Eolgenden Punkten:

Nr. 5. Grat zwischen Spitzige Lun und Planailjoch (Tirol), 2410 m. Nr. 6. Gliemspass am Piz Linard, 2805 m. Nr. 7. Gratrücken oberhalb Spitzige Lun ob Mals (Tirol), 2400 m. Nr. 8. Muuttett, oberhalb Lü, 2570 m.

Ausser den in der Tabelle enthaltenen, fanden sich in den vier Assoziations-Individuen noch folgende Arten:

In Nr. 5. In der 1 m²-Fläche: *Sempervivum arachnoideum*, *Thymus serpyllum* ssp. *polytrichus*, *Hieracium glaciale*. Ausserhalb des *Quadrates*: *Alchemilla colorata*, *Geniiana nivalis*, *G. campestris*, *Hieracium Auricula*. In Nr. 6. *Alectoria nigricans*, *Salix herbacea*. In Nr. 7. *Rhytidium rugosum*, *Saxifraga Aizoon*, *Geniiana campestris*, *Yeronica fruticans*, *Hieracium* cf. *glaciale*. In Nr. 8. *Potentilla Crantzii*.

Die Artenliste der Tabelle zeigt **grosse** Ubereinstimmung mit dem Curvuletum *cetrarietosum*. Der Wechsel der dominierenden Arten übt auf die Zusammensetzung der Rasenbegleiter einen sehr geringen Einfluss aus, Dagegen macht sich die gegenüber dem *Curvuletum* cetrarietosum etwas verringerte H-Ionenkonzentration des Bodens im **Vorhandensein** vereinzelter mehr neutrophiler und neutrophil-basiphiler Begleiter bemerkbar (*Draba dubia*, *Carex ericetorum*, *Sempervivum arachnoideum*, *Potentilla Crantzii*).

Auch die Genese der Gesellschaft nimmt öfter einen **etwas** verschiedenen Gang, indem das Caricetum elynetosum sich auch auf *Salix serpyllifolia*-Teppichen aufbauen kann. Andererseits gewinnt *Carex curvula* gegenüber Elyna und *Agrostis alpina* an Raum, sobald in der Oberschicht ein **pH** von ca. 5,5 hergestellt ist. An allen, nicht allzu extremer **Windwirkung** ausgesetzten Kuppen ist somit die Sukzession: *Agrostis alpina*-Fazies → *Curvuletum* cetrarietosum möglich.

Die *Agrostis alpina*-Fazies des Curvuletum elynetosum (Tab. XIII, Nr. 5) erscheint selten und wohl nur auf humusarmen, ausgeblasenen Rohböden. Sie kann hier eine Initialphase des Curvuletum elynetosum darstellen.

Die Aufnahmen 9 und 10 der Tabelle stellen zwei Repräsentanten einer **Mischgesellschaft** zwischen Curvuletum elynetosum und Elynetum dar. Die geringere Zahl **neutrophil-basiphiler** Arten und das Vorkommen vieler Begleiter des Curvuletum elynetosum haben uns bewogen, die **beiden** Aufnahmen hier anzuschliessen. Ausser den in der Tabelle aufgenommenen Arten sind noch vorhanden:

In Aufnahme Nr. 9. Innerhalb der 1 m²-Fläche: *Dermatocarpon cartilagineum*, *Peltigera rufescens*, *Tortella fragilis*, *Cardamine resedifolia*, *Draba carinthiaca*, *Saxifraga moschata*. Ausserhalb desselben in ca. 4 m² ferner: *Cerastium strictum*, *Alchemilla flabellata*, *Potentilla Crantzii*, *Taraxacum alpinum*.

In Aufnahme Nr. 10: *Peltigera rufescens*, *Juncus Jacquini*, *Saxifraga moschata*, *Androsace obtusifolia*, *Thymus polytrichus*, *Campanula Scheuchzeri*.

Zur endgültigen Klarstellung und Einordnung dieser bisher nur auf Melaphyr beobachteten Gesellschaft reichen unsere Beobachtungen nicht hin.

VII. Ordnung. Rhodoreto-Vaccinietalia

(Alpenrosen-*Vaccinium*-Gesträuch)

Soziologisch höher als die Rasengesellschaften stehen die grösstenteils aus immergrünen Ericaceen zusammengesetzten, in der Regel deutlich **zweischichtigen, dichtgeschlossenen** Zwergstrauchgesellschaften. Ihr Hauptareal liegt in der subalpinen **Stufe**; da sie jedoch mehrfach über die Baumgrenze hinaufreichen und wenigstens **eine** Assoziation im Klimaxgebiet des *Caricion curvulae* ihre beste Entwicklung erlangt, ist eine kurze Besprechung an dieser Stelle notwendig. Man darf allerdings **nicht** erwarten, in den relativ trockenen **inneralpinen** Ketten ausgedehnte Alpenrosen-*Vaccinium*-Zwergstrauchheiden studieren zu können. Hier mehr als anderswo suchen sie Baumschatten, und wo die Baumgrenze überschritten wird, sind sie auf **lokalklimatisch** besonders begünstigte Standorte beschränkt. Die üppigen Alpenrosen- und Vaccinienfelder der feuchten Nordalpen, die noch im nördlichen **Mittelbünden (Stäzerhornkette)** einen ausgesprochenen Zwergstrauchgürtel oberhalb der Waldgrenze (1900—2250 m) bilden und als klimatische Klimaxgesellschaft aufgefasst werden müssen, sind **im** Ofengebiet **zusammengeschrumpft** und übersteigen nirgends die hochliegende Baumgrenze.

Die *Rhodoreto-Vaccinietalia* sind ausgesprochen azidiphil, fliehen daher kalkreiche Böden und schaffen durch Anhäufung von Blatt- und Zweigresten eine mehr oder minder mächtige Schicht dunkeln bis schwarzen, extrem sauren Humus, der infolgedessen auch nach Freistellung nur schwer von Rasenpflanzen besiedelt werden kann. Werden Alpenrosengebiete gereutet oder abgebrannt, so sind beträchtliche Kallmengen zur Entsäuerung notwendig, sonst stellen sich Rhododendron- und *Vaccinium*-Gestrüpp rasch wieder ein. Die Ordnung umfasst nur **azidiphile**, indifferente und wenige neutrophile Arten. Die Bestände von Rhododendron hirsutum, Erica carnea, *Juniperus* nana, aber auch jene von *Calluna* und *Arctostaphylos Uva ursi* gehören nicht mehr **hierher**.¹ Da sie im Ofengebiet kaum über die Baumgrenze emporreichen, so werden sie besser im Zusammenhang mit der subalpinen Vegetation behandelt.

Als Ordnungs-Charakterarten sind u. a. *Vaccinium uliginosum*, *Luzula silvatica* ssp. Sieberi, Hieracium *alpinum* ssp. *Halleri* zu betrachten; bei eingehender Untersuchung werden ihrer noch weitere dazukommen.

Wir unterscheiden **im** Ofengebiet zwei *Rhodoreto-Vaccinietalia*-Verbände: das subalpine Rhodoreto-Vaccinion und das subalpin-alpine *Loiseleurieto-Vaccinion*. Nur das letztere fällt in den Kreis unserer Betrachtung.

¹ Dagegen kommen Mischungen mit den drei letztgenannten Arten vor, was Lüdi (1921) veranlasst haben mag, sie zu einem Gesamttypus «*Rhodoretum*» zusammenzuschliessen.

VII a. Loiseleurieto-Vaccinon-Verband

Im Gegensatz zu den feuchtkalten Gebieten der Subarktis, wo die Chamaephytengesellschaften oberhalb und nördlich der Baumgrenze eine ungeheure Verbreitung erlangen und als Klimaxgesellschaften anzusprechen sind, haben die Assoziationen des *Loiseleurieto-Vaccinon* in den warmen und relativ trockenen Zentralalpen ein räumlich sehr beschränktes Vorkommen. Sie können hier zum mindesten nicht überall als Klimaxgesellschaften gelten. Im Ofengebiet halten sie sich fast ausschliesslich an die schattigen und feuchteren, nebelreicheren Nord-, Nordost- und Nordwesthänge und sind nur über Iralkarmen Gesteinen gut entwickelt.¹ Die schönsten *Loiseleurieto-Vaccinon*-Bestände des Ofengebietes überkleiden die weiten Verrucano-Sturzblockreviere am Nordosthang des Piz Dora oberhalb Cierfs zwischen Wald- und Baumgrenze (2200—2400 m). In trockenen, sonnigen Lagen werden sie bis zur Baumgrenze und etwas darüber von Beständen des Zwergwacholders (*Juniperus nana*), der Bärentraube (*Arctostaphylos Uva ursi*) und des Heidekrautes (*Calluna vulgaris*) ersetzt.²

Zum *Loiseleurieto-Vaccinon* rechnen wir zwei im Gebiet als Dauergesellschaften auftretende Assoziationen: das *Empetreto-Vaccinietum* und das *Loiseleurietum cetrariosurn*.

Um diese beiden Extreme gravitieren zahlreiche Fazies, die ihres spärlichen Vorkommens wegen nicht leicht zu erfassen, und die auch vielfach durch Übergänge miteinander verbunden sind.

Unser spärliches Beobachtungsmaterial gestattet die Herausschälung von **Verbands-Charakterarten** noch nicht. Eine spezielle monographische Bearbeitung der *Rhodoretum-Zwergstrauchheiden* steht übrigens in Aussicht und ist auch dringend notwendig.

Unsere Assoziationslisten ergeben eine floristisch ziemlich weitgehende Ähnlichkeit zwischen *Loiseleurietum cetrariosum* und *Empetreto-Vaccinietum uliginosi*. Diese Ähnlichkeit ist wohl vor allem der soziologisch ähnlichen Einstellung der dominierenden Zwergsträucher zuzuschreiben, die edaphisch ähnliche **Wuchsbedingungen** schaffen. Die **Humusbildung** ist in der Regel sehr reichlich. Der Humus der obersten fast schwarzen Schicht kann 75 % ausmachen.

Die Feuchtigkeitsspeicherung wird dadurch und durch den dicht deckenden **Strauchmantel**, der die Erwärmung der Bodenoberfläche verhindert und die Verdunstung herabsetzt, begünstigt. Somit sind die Vorbedingungen zur Anhäufung von beträchtlichen **Rohhumusschichten** gegeben. Im Ofengebiet blickt die Bodenbildung auf eine zu junge Vergangenheit zurück; aber in den früher endgültig eisfrei gewordenen Südtiroler Dolomiten haben wir im *Loiseleurieto-Vaccinon* **Humusschichten** von 1 Meter Mächtigkeit gemessen. Sie waren mit einem festen Stock ohne besondere Mühe zu durchstechen. Es ist bemerkenswert, dass diese humusreichste Gesellschaft der Zentralalpen mit dem *Curvuletum* auch die höchste H-Ionen-Konzentration zeigt (pH 4,2).

Entscheidend für das Vorkommen der einen oder **andern** Assoziation und auch für die lokale Färbung der einzelnen Fazies massgebend sind Windeinfluss und Schneedauer.

¹ Auch SZAFER, PAWLOWSKI und KULCZYNSKI (1923, p. 28) heben für die Tatra die verringerte Vitalität der Heidelbeere auf Kalkunterlage ausdrücklich hervor.

² Diese Alternanz zwischen *Loiseleurieto-Vaccinon* und *Junipereto-Arctostaphyletum* ist im Ofengebiet mehrfach scharf ausgeprägt. Schon im Haupttal des Engadins am Westhang des Munt Baselgia, oberhalb Zernez (2400 m), kleiden *Juniperus-Arctostaphylos*-Bestände mit *Calluna* die steilen SSW-Hänge, während in lokaler WNW-Exposition das *Loiseleurieto-Vaccinon* herrscht.

Das *Empetretum-Vaccinietum* gedeiht nur bei winterlicher Schneebedeckung, während das *Loiseleurietum cetrariosum* auch an wintersüber **schneearmen** oder schneefreien Windecken konkurrenzfähig ist und dort eine oder mehrere «Windfazies» ausbildet. Den Änderungen der lokalklimatischen Faktoren entsprechen aber nicht nur Verschiebungen in der Dominanz, sondern auch das Auftreten spezifischer Differentialarten, namentlich auch in der Mooschicht.

Als schlechte Weide verhasst, unterliegen die **Gesellschaften** des *Loiseleurieto-Vaccinietum* nicht selten menschlichen Eingriffen (Reuten, Abbrennen). Stärker geltend macht sich aber wohl stellenweise der Einfluss intensiver Beweidung. Er begünstigt im Kampfgebiet den Rasen gegenüber dem **Zwerggesträuch**.

16. *Loiseleurietum cetrariosum*

(Flechtenreiche *Loiseleuria*-Heide)

Die **Alpenazalee** *Loiseleuria procumbens* überschreitet die Waldgrenze beträchtlich und spielt in der alpinen Stufe eine wichtige Rolle als Vegetationspionier und als **Wiederberaser** von Windanrissen auf sauren Böden in **Initialphasen** des Elynetums, des *Curvuletum* und des Festucetum *Halleri*. Auch in manchen Zwergstrauchgesellschaften erscheint sie mehr oder minder regelmässig und wo durch den Tritt des Grossviehs **Weidehöcker-Landschaften** im *Caricion curvulae* entstanden sind, umspinnen *Loiseleuria*-Spalier die vegetationsarmen **Steilborde** der Höcker (Pass von Urezzi nach **Astras** bei 2250 m).

Seine optimale Entwicklung und volle Konkurrenzkraft entfaltet der Spalierstrauch aber an früh ausapernden, schneearmen oder schneefreien Windecken und Vorsprüngen an und wenig über der Baumgrenze. Die geschlossenen bis **tischgrossen** Teppiche sind hier von Strauchflechten reichlich durchwirkt, enthalten aber im übrigen eine spärliche **artenarme** Begleitflora. In diesen Zwergstrauchteppichen hat die **windharte** *Alectoria ochroleuca* ihren bevorzugten Standort und **kann** stellenweise **mitdominieren** (M. 3, Soz. 5). Sie dürfte, wie schon E. FREY (1922, p. 44) annimmt, **mit** *Alectoria nigricans* und *Cladonia uncialis* als Charakterart des *Loiseleurietum cetrariosum* zu betrachten sein. *Loiseleuria* kann als **assoziationshold** bezeichnet werden. Die Abgrenzung gegenüber der nächstverwandten *Empetrum-Vaccinium uliginosum*-Assoziation wird ferner durch eine Reihe von **Differentialarten** erleichtert. Es sind **windharte** Flechten wie *Cetraria cucullata*, *C. nivalis*, *Thamnolia vermicularis* im *Loiseleurietum*; im *Empetretum-Vaccinietum* dagegen **schneeschutzbedürftige** Astmoose und Lebermoose (*Hylacomium splendens*, *B. Schreberi*, *B. triquetrum*, *Lophozia lycopodioides*) sowie die Flechte *Peltigera* aphlosa. Eingehenderes Studium dürfte die Zahl der Differentialarten noch wesentlich erhöhen. Schon auf Grund der zahlreichen **Differentialarten** ist es angezeigt, die **beiden** sonst nahe verwandten Gesellschaften als Assoziationen zu bewerten. Hierin weichen wir von ED. FREY ab, der in seiner sehr anschaulichen Tabelle (1922, p. 44) die **unserm** *Empetretum-Vaccinietum* entsprechende *Vaccinium uliginosum*-Subassoziation dem *Loiseleurietum* unterordnet. Es ist bezeichnend für den **subkontinentalen Klimacharakter** des Ofengebietes, dass wir nur drei **einigermassen normalentwickelte Assoziationsindividuen** des *Loiseleurietum cetrariosum* untersuchen konnten, die zudem am gleichen **Berghang** gelegen sind. Wir stellen sie hier nebeneinander.

Windexponierte *Loiseleurietum cetrariosum* vom Nordosthang des Piz Dom, Münstertal

(2320—2380 m), auf flachgründigem Verrucano-Sturzschnitt, Boden nicht völlig von der Vegetation bedeckt.

Flächengröße, m ²	c. 4	4 (c. 40)	4 (6)
Meereshöhe	2380	2320	2320
Neigung und Exposition	10° E	15° N	10° NE
Humus %	75,17	—	—
pH	4,3	—	—
Strauch- und Krautschicht:			
<i>Loiseleuria procumbens</i>	4·4	4·5	5·5
<i>Vaccinium uliginosum</i>	2·2	1·1	1·1
<i>Empetrum nigrum</i>	1·2	2·3	—
<i>Vaccinium Vitis idaea</i>	—	—	+°
<i>Deschampsia flexuosa</i>	+	+	+
<i>Sesleria disticha</i>	1·2	+·2	+°
<i>Minuartia sedoides</i>	+	(+)	+
<i>Phyleuma hemisphaericum</i>	+	+	+
<i>Chrysanthemum alpinum</i>	+	1·1	+
<i>Hieracium alpinum</i>	+	rr	(rr)
<i>Avena versicolor</i>	+	(+)	—
<i>Festuca Halleri</i>	+·2	+·2	—
<i>Luzula lulea</i>	+	(+)	—
<i>Sempervivum montanum</i>	—	+	rr°
<i>Senecio carniolicus</i>	rr	—	(rr)
<i>Homogyne alpina</i>	+	(+)	—
<i>Leontodon pyrenaicus</i>	+	(+)	—
<i>Saxifraga bryoides</i>	—	—	+
<i>Veronica bellidioides</i>	—	(+)	—
<i>Euphrasia minima</i>	+	—	—
Moosschicht:			
<i>Cetraria islandica</i>	2·2	2·2	3·2
<i>Cladonia silvatica</i>	2·2	3·3	—
<i>Cetraria cucullata</i>	—	rr	2·2
<i>Cladonia pyxidata</i>	+	+	+
<i>Thamnochloa vermicularis</i>	—	rr	+
<i>Peltigera rufescens</i>	—	+	rr
<i>Cetraria nivalis</i>	—	+	—
<i>Cladonia uncialis</i>	—	—	+
— <i>rangiferina</i>	—	—	1·1
<i>Dicranum cf. Mühlenbeckii</i>	1·2	1·2	rr
<i>Polytrichum piliferum</i>	+	+	—
<i>Polytrichum juniperinum</i>	+	+	—

Im Mittel wachsen auf 4 m² der übrigens recht homogenen **Assoziationsindividuen** 20 Arten. Die Gesellschaft ist also artenarm, was einerseits auf starke Konkurrenz der deckenden *Loiseleuria*, andererseits aber auch auf die ungünstigen lokalklimatischen und Bodenverhältnisse (extrem saure Böden) zurückgeführt werden kann.

Lebenshaushalt. — Unsere Aufnahmen sind nach abnehmendem Schnee- und Windschutz angeordnet. Jede der drei Untersuchungsflächen kann als besondere Fazies aufgefasst werden. Am windhärtesten ist die *Cetraria cucullata*-Fazies (Nr. 3). Ebenfalls sehr

windhart ist eine von *Alectoria ochroleuca* dominierte Fazies, wie wir sie 1911 auf einem Moränenrücken am Westhang des Piz d'Err (Oberhalbstein) untersucht haben und wie sie neuerdings Du Rietz (1924, p. 59) aus dem Lungau angibt. Zahlreiche Hochgebirgstouren im Winter ergaben, dass diese beiden Fazies winterliche Schneefreiheit gut ertragen und auch gegen Schneegebläse wenig empfindlich sind. Unter den Zwergsträuchern ist am widerstandsfähigsten *Loiseleuria procumbens*; hierauf folgt *Vaccinium uliginosum*, dessen Jungtriebe aber hier oft abfrieren und das stets reduzierte Vitalität zeigt; *Empetrum nigrum* erträgt winterliche Schneefreiheit an Windecken überhaupt nicht. Daher das absolute Vordringen von *Loiseleuria* in der Kontaktzone der drei Arten an Windecken. Schneereiche Winter verschieben das Arten-Gleichgewicht etwas zugunsten von *Empetrum*, das mit seinen aufstrebenden Zweigenden die flachen *Loiseleuria*-Teppiche überwächst. Aber ein einziger schneearmer Winter setzt dem Vordringen ein Ziel und vernichtet die *Empetrum*-Triebe, die sich zu weit in den *Loiseleuria*-Bereich vorgewagt haben. Im Sommer 1925 fanden wir im *Loiseleurietum cetrariosum* am Piz Dora viele über Winter abgetötete *Empetrum*-sprosse, während *Loiseleuria* durchaus nicht gelitten hatte. Wir sehen also auch hier wieder, wie schwankend die quan-

titative Zusammensetzung selbst sogenannter «stabiler» Dauer-

gesellschaften sein kann. Wichtiger als die Dauer der Aperierteit ist für die Ausbildung der einzelnen Assoziationen des *Loiseleurieto-Vaccinion* und deren Fazies der Windschutz. Tritt im Vorwinter (November-Dezember) nach spärlichen Schneefällen oder nach schneefressenden Föhnstürmen heftige Kälte, von nördlichen Winden begleitet, ein, so wird Windschutz zur absoluten Lebensnotwendigkeit für die empfindlichen immergrünen Gewächse. Gerside diese schneearmen Perioden entscheiden über die Existenzmöglichkeit der Zwergstrauchgesellschaften. Ihre topographische Anordnung ist denn auch der beste Ausdruck für die Widerstandskraft der Gesellschaften gegen Windinflüsse.

Das trockenharte *Loiseleurietum cetrariosum* ist eine Pionierassoziation windoffener, flachgründiger Fels-, Moränen- und Schuttrücken. Auf steinigem Verwitterungsboden der Silikate, der meist mässig sauer reagiert (6—5,5 pH), baut sich unter dem dichten Blätter-schild eine fast ausschliesslich aus Blatt- und Zweigresten der Alpenazalee bestehende, braunschwarze Humusschicht auf. Der Humusgehalt der Oberschicht beträgt ca. 30—75 %, ist also sehr hoch. Die wenigen pH-Untersuchungen ergaben 4,4—4,3 pH. Durch Humuszuwachs ist die Wasserstoffionen-Konzentration des Bodens mithin um 1—1,5 pH erhöht worden. Die Begleitflora umfasst fast ausschliesslich ausgesprochen azidiphile, humikole Arten. Neutrophile oder basiphile Arten sind in dieser extrem azidiphilen Assoziation nie auch nur zufällig anzutreffen. Das Vorkommen der Gesellschaft über Kalksubstrat ist aus-

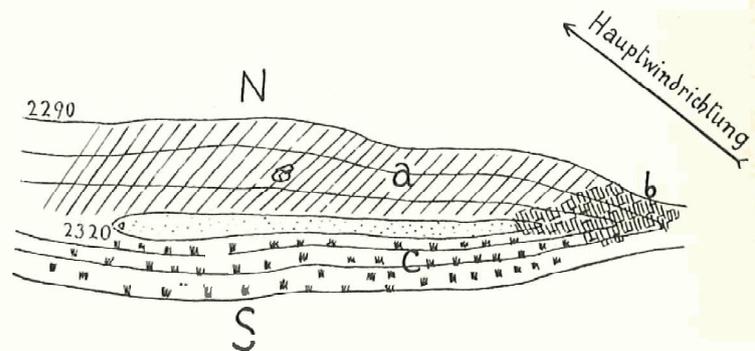


Fig. 27. *Loiseleurietum cetrariosum* auf einer Schuttkuppe (Diluvialmoräne?) am NE-Hang des Piz Dora.

a = *Cladonia silvatica*-reiche Fazies, mässig schneebedeckt (Aufn. Nr. 2).

b = *Cetraria cucullata*-reiche Fazies, schneefrei im Winter, windoffen (Aufn. Nr. 3).

c = *Festuca Halleri*-Mischrasen.

geschlossen, da an den exponierten Windecken auf Kalk die Sukzession nur bis zum *Elynetum* führt und an weniger exponierten Standorten mit fortgeschrittener Bodenbildung die Pionierassoziation des *Loiseleurietum cetrariosum* nicht mehr konkurrenzfähig ist. Anders verhält es sich mit *Loiseleuria*-Teppichen, die nicht unter obigen Assoziationsbegriff fallen; sie finden sich über jeder Unterlage an humusreichen Stellen. Deshalb aber *Loiseleuria* als «humusbedürftig» zu bezeichnen, wie dies seit KERNER (1863, p. 268) immer wieder geschieht, ist ungenau. Als Rohbodenpionier auf Urgestein ist der Strauch durchaus nicht humusbedürftig, wohl aber im höchsten Grade humusschaffend (s. auch GWOT, 1920).

Nach dem Gesagten erscheint auch die Angabe KERNERS (l. c. p. 274), dass sich *Loiseleuria* überall dort einstelle, wo bei halbwegs günstigen Verhältnissen *Cnrex curvula* und andere Rasenbildner im Laufe langer Zeiträume genügend Humus angesammelt haben, sehr unwahrscheinlich und wir pflichten LÜDI (1921, p. 98) bei, der eine Umwandlung des *Curvuletums* in ein *Loiseleurietum* für ausgeschlossen hält. Das Umgekehrte dagegen ist möglich, obwohl die extremen Windverhältnisse in der Regel eine Sukzession ausschliessen. (Vernichtung des *Loiseleuria*-Teppichs am Sesvennagletscher durch den Wind und nachherige Ausbreitung des windharten *Curvuletum cetrarietosum* (s. p. 283). Das *Loiseleurietum cetrariosum* scheint also nicht unter allen Umständen eine lokalklimatisch bedingte Dauer-gesellschaft darzustellen, sondern die Möglichkeit einer Weiterentwicklung zum *Curvuletum* muss auch hier zugestanden werden.

Verbreitung. — Im Ofengebiet sind die wenigen *Loiseleuria cetrariosa* auf den Höhengürtel von 2250—2450 m beschränkt; fragmentarisch reichen sie bis ca. 2650 m am Sesvennagletscher. In Mittelbünden findet sich die Assoziation da und dort, aber stets nur in kleineren Flecken, die 50 m² kaum überschreiten. Viel grössere Bedeutung erlangt sie in den feuchteren nördlichen Alpenketten. ED. FREY (1922, p. 44) gibt von der Grimsel eine Reihe von Aufnahmen, die mit den unsern grösste floristische Übereinstimmung zeigen, aber etwas artenreicher sind und für die üppigere Entwicklung der Assoziation im ozeanisch angehauchten oberen Haslital zeugen. Du RIETZ führt (1924, p. 57, 59) einige Meterquadrate unserer Assoziation vom Bernina und vom Speiereck im Lungau (Salzburg) an.

17. Empetreto-Vaccinietum

(*Empetrum*-*Vaccinium uliginosum*-Heide)

Standörtlich weniger eng begrenzt und daher auch etwas weiter verbreitet als das *Loiseleurietum cetrariosum* ist das verwandte *Empetreto-Vaccinietum*. Ihm ist der Grossteil der alpinen Zwergstrauchheiden auf sauren Böden zuzurechnen, die unter den verschiedensten Namen, wie *Empetretum*, *Vaccinietum uliginosi* u. a. in die pflanzensoziologische Literatur eingeführt worden sind. Selbstverständlich kann auch diese Assoziation nur auf Grund der gesamten Artenkombination gefasst und umschrieben werden, denn, sowohl *Empetrum*, als besonders auch *Vaccinium uliginosum* vermögen unter recht verschiedenen Aussenbedingungen herrschend zu werden. Würde man die von diesen Arten dominierten Bestände zu einer Assoziation oder einer höheren Einheit zusammenfassen, so erhielte man ein buntes Durcheinander. Wenn wir bei der Benennung *Empetrum* voranstellen, so geschieht dies nicht, weil die Art reichlicher vertreten ist oder häufiger vorkommt, das Gegenteil ist vielmehr der Fall, sondern weil ihre ökologische Amplitude

in der alpinen Stufe viel enger ist, als jene von *Vaccinium uliginosum*. Gut ausgebildete *Empetreto-Vaccinieta* sind im Val Scarl, im Val Nuna und im oberen Münstertal auf Granitgneis, Gneis, Verrucano vorhanden, doch liegen sie teilweise noch innerhalb der Baumgrenze, in der alpinen Stufe und sind nur an wenigen Punkten von einiger Ausdehnung. Unsere Aufnahmen stammen von folgenden Lokalitäten:

Nr. 1. Nordhang des Piz Dora, 2200 m (Münstertal). Nr. 2. Ebenda bei 2390 m; beide auf Verrucano-Schutt. Nr. 3. Murt Falein, Westhang (Scarl), 2420 m, auf Granitgneis. Nr. 4. Val Nuna, 2400 m, N, Zweiglimmer-Granitgneis.

Als mehr oder weniger zufällige Einsprengsel kommen in Aufnahme Nr. 4 ausser den aufgeführten noch folgende Arten vor: *Solorina crocea*, *Bartramia ityphylla*, *Polytrichum piliferum*, *Bryum* spec., *Agrostis rupestris*, *Salix herbacea*, *Primula viscosa* All., *Bartsia alpina*. Aufnahmen 1—3 sind in der Tabelle vollständig enthalten.

Die mittlere Artenzahl unserer 4 m²-Flächen des *Empetreto-Vaccinietums* beträgt 26 Arten (Maximum 27, Minimum 24), gegenüber 20 im *Loiseleurietum cetrariosum*. Die Konkurrenz der herrschenden Zwergsträucher und Flechten ist hier weniger intensiv als im *Loiseleuria*-Teppich. Wir haben aber in den regenreichen Südtiroler Dolomiten 4 m²-Flächen des *Empetreto-Vaccinietums* (Varianten ohne *Empetrum*) untersucht, die infolge Verarmung der Mooschicht im Mittel nicht mehr als 20 Arten zählten. Die mittlere Artenzahl ist in den einzelnen Varianten (Fazies, Subassoziationen) verschieden und hängt ganz wesentlich von der Ausbildung der Mooschicht (Bodenschicht) ab.

Schon unsere wenigen Aufnahmen kennzeichnen die Vielgestaltigkeit des *Empetreto-Vaccinietums*. Die vier Aufnahmen stellen vier verschiedene Fazies dar. Weitere, stärker abweichende Fazies kommen in den Südtiroler Dolomiten vor, wo sich auf Melaphyr auch *Salices* (*Salix* *retusa*, *S. giabra*, *S. hastata*) der Assoziation beimischen. Die Grenze des *Empetreto-Vaccinietums* gegenüber dem *Rhodoreto-Vaccinion* ist nicht leicht zu ziehen; doch dürften die *Vaccinium Myrtillus*-Bestände der Alpen (in voller Vitalität) wohl stets zu letzterem und nicht zum *Empetreto-Vaccinietum* zu stellen sein.

Lebenshaushalt. — Der Lebenshaushalt des *Empetreto-Vaccinietums* zeigt manche Übereinstimmung mit dem *Loiseleurietum cetrariosum*. Da beide Assoziationen oft miteinander alternieren, wobei ersterer die tiefer liegenden geschützteren, letzterer die windoffenen Stellen zufallen, ohne dass eine wesentliche Änderung in der Bodenzusammensetzung und Reaktion festzustellen wäre, so müssen lokalklimatische Verhältnisse die gegenseitige Abgrenzung bedingen. Ausschlaggebend erscheint der Windschutz und die dadurch beeinflusste, erhöhte Bodenfeuchtigkeit. Einen Maßstab hierfür gibt die Dauer der Schneebedeckung. Das *Loiseleurietum cetrariosum* gedeiht am besten ohne oder bei ganz kurzer Schneebedeckung, während das *Empetreto-Vaccinietum* Schneeschutz benötigt. Ausgiebige Schneebedeckung begünstigt die moosreichen Fazies und *Empetrum*, kürzere Durchtränkung mit Schneewasser fördert *Vaccinium uliginosum*. Stellen, wo der Schnee mehr als etwa sieben Monate liegen bleibt und die erst Ende Juni ausapern, sind dagegen dem Aufkommen der Assoziation feindlich und werden schneetälchenartigen Gesellschaften überlassen. Auch das *Curvuletum* und *Nardus*-reiche Rasen ertragen längere Schneebedeckung und verlangen eine kürzere Vegetationsdauer als das *Empetreto-Vaccinietum*.

Die Zersetzung der Blatt- und Zweigreste geht im *Empetreto-Vaccinietum* rascher vonstatten als im *Loiseleurietum cetrariosum*, da die Mischung der organischen Teile mit alkalischem Flugstaub und die Durchfeuchtung sie begünstigen. Die *Loiseleuria*-Teppiche mit ihrem dichtgeschlossenen Blattschild wirken dagegen abschliessend und die unverwesten

Nr. des Assoziations-Individuums	1	2	3	4
Flächengröße m ²	4 (10)	4 (10)	4	c.50
Meereshöhe	2200	2390	2420	2400
Neigung, Exposition	20° N	5° NE	25° W	N
Windschutz	geschützt	geschützt	etwas geschützt	geschützt
Humus %	27,5	15,7	—	—
pH	4,7	4,8	—	—
Strauch- und Krautschicht:				
<i>Empelnim nigrum</i>	3·2—3	3·3	3·3	+·2
<i>Vaccinium uliginosum</i>	2·2	2—3·2	2·1	3·2
<i>Loiseleuria procumbens</i>	2·2	—	2·3	2·2
<i>Vaccinium Myrtillus</i>	+	+	—	1·1
— <i>Vitis idaea</i>	+	—	+	1·1
<i>Rliododendron ferrugineum</i>	(+)	—	—	+°
<i>Pinus Cembra</i>	1 Keimling	—	—	—
<i>Juniperus nana</i>	—	r°	r°	—
<i>Arctostaphylos alpina</i>	2—3·3	—	—	—
<i>Avena versicolor</i>	1·1	1·1	1·1	1·1
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	+	+	+	1·1
<i>Homogyne alpina</i>	1·1	1·1	1·1	+
<i>Leontodon pyrenaicus</i>	1·1	1·1	1·1	+
<i>Chrysanthemum alpinum</i>	—	+	+	+
<i>Veronica bellidioides</i>	—	(+)	+	+
<i>Euphrasia minima</i>	+	—	+	+
<i>Lycopodium Selago</i>	(+)	(+)	—	+
<i>Anthezanthum odoratum</i>	(+)	(+)	—	—
<i>Desclampsia flexuosa</i>	1·1	+	—	—
<i>Festuca Halleri</i>	—	+	1·2	—
<i>Sesleria disticha</i>	—	—	1·2	+
<i>Carex curvula</i>	—	(+)	—	+·2
<i>Luzula lutea</i>	—	+	+	—
<i>Soldanella pusilla</i>	—	1·1	—	1·1
<i>Gentiana punctata</i>	—	+	—	+
<i>Hieracium alpinum</i> ssp. <i>Halleri</i>	—	—	+	1·1
<i>Luzula maxima</i> ssp. <i>Sieberi</i>	(+)	—	—	—
<i>Sedum alpestre</i>	—	(+)	—	—
<i>Potentilla auren</i>	—	+	—	—
<i>Ligusticum Mutellina</i>	—	+	—	—
<i>Androsace obtusifolia</i>	—	—	+	—
<i>Melampyrum pratense</i> var.	+	—	—	—
<i>Senecio carniolicus</i>	—	—	rr	—
Moosschicht:				
<i>Cladonia rangiferina</i>	1·1	3·2	+·2	1·1
<i>Cetraria islandica</i>	2·1	1·1	1·1	1·1
<i>Cladonia pyxidata</i>	+	+	1·1	+
— <i>gracilis</i>	+	+	+	+
— <i>silvatica</i>	1·1	—	3·3	+
<i>Peltigera aphlosa</i>	+	+	+	—
— <i>rufescens</i>	—	—	—	+
<i>Psoroma hypnorum</i>	+	—	—	+
<i>Lophozia lycopodioides</i>	1·1	+	—	+
<i>Dicranum Mühlenbeckii</i>	+	1·2	+	1·2
<i>Polytrichum juniperinum</i>	—	+	+	1·2
<i>Hylocomium splendens</i>	1·2	—	—	+
— <i>Schreberi</i>	1·2	—	—	—
— <i>triquetrum</i>	(+)	—	—	—
<i>Dicranum scoparium</i> v. <i>alpestre</i>	—	+	—	—
<i>Polytrichum formosum</i>	—	—	+	—
<i>Rhacomitrium canescens</i>	—	+	—	—
<i>Aulacomnium palustre</i> v. <i>fasciculare</i>	—	—	+	—

trockentorfartigen Stoffe bleiben länger erhalten. Der prozentuale Humusgehalt der **Wurzelschicht** (2—5 cm tief) im Empetreto-Vaccinietum ergab folgende Zahlen: 27 %, 39 %, 44 %, 58 %, ist also sehr hoch. Nur in einem noch jungen Bestand auf flachgründigem steinigem **Schuttboden** sank der **Humusanteil** auf 15 %. Entsprechend dem **Humusreichtum** ist auch die wasserzurückhaltende Fähigkeit des Bodens eine grosse (6—10 %).

Die **Wasserstoffionen-Konzentration** zeigt im Vergleich zum Loiseleurietum *cetrarium* eine grössere Amplitude (4,8—4,3 pH). Ausserhalb des Gebietes wurde von uns in der Südtiroler Fazies (*Vaccinium uliginosum* und *Loiseleuria* dominierend, daneben *Salix retusa*) 5 pH festgestellt; der Humusgehalt betrug hier 58,4 %. Die stärkste H-Ionenanreicherung findet in der schwarzen **Humusschicht**, worin die meisten Arten der **Moos- und Krautschicht** wurzeln, statt. Schon wenige Zentimeter tiefer, im Wurzelbereich der **Zwergsträucher** selbst, sinkt die **pH-Konzentration** wesentlich, wie folgendes Beispiel zeigt:

Empetreto-Vaccinietum am Pizet ob Cierfs, 2370 m, flacher **Gratrücken**, NE.

Bodenschichten	Tiefe	Humus %	pH
10 cm schwarzer Humus	2—5 cm	48	4,2
20 cm graue Verwitterungserde	15 cm	—	5,0

Entwicklung. — Im Silikatgebiet kann das *Empetreto-Vaccinietum* in verschiedenen Pioniergesellschaften auf frischen bis mässig feuchten Böden Fuss fassen und auch selbständig frühzeitig an der Bodenbildung teilnehmen. Manche *Empetreto-Vaccinieta* zwischen **Wald- und Baumgrenze** sind zweifellos wenig **veränderte** Teile der Bodendecke des **gelichteten** oder zurückgedrängten **Arven-Lärchenwaldes**. Andere sind **Entwicklungsstadien** der Berasung grobblockigen **Sturzschuttes**, vorzüglich an schattigen, windgeschützten **Hängen**. Als erster Pionier des Blockgewirres tritt *Rhododendron ferrugineum*, gelegentlich von Farnen (*Athyrium alpestre*, *Dryopteris Linnaeana*, D. *Filix* mas, D. *Lonchitis*, D. *austriaca*) begleitet, auf. In den Zwischenräumen zwischen den Felsblöcken sammelt sich mässig saurer Humus an, worin auch die weniger tief wurzelnden und weniger Schatten ertragenden **Vaccinien** (zuerst meist V. *Myrtilus*) Fuss fassen. Ihnen gesellt sich bald auch *Empetrum nigrum* zu und es entscheiden **schliesslich** lokalklimatische Verhältnisse, ob das *Rhodoreto-Vaccinien* oder das *Empetreto-Vaccinietum* obsiegt.

Auf **kalkreicher** Unterlage kann sich das *Empetreto-Vaccinietum* in *Dryas*-, *Salix retusa*-, *S. reticulata*-, *Arctostaphylos* alpina-Teppichen einnisten. *Vaccinium uliginosum*, öfter mit V. *Myrtilus* vermischt, erlangt nach und nach das Uebergewicht und die unausbleibliche **Versauerung** der Rhizosphaere vertreibt *Salix reticulata*, *Dryas* und etwaige **basiphile** Arten, während sich nach und nach die azidiphilen Begleiter des *Empetreto-Vaccinietums* einstellen. Sehr lange hält *Salix retusa* stand, vielleicht, weil sehr tief im basischen Untergrund wurzelnd. Jedenfalls ist sie in den meisten *Empetreto-Vaccinieta* auf **kalkreichem** Substrat (Dolomit, Melaphyr) der Grödener Dolomiten noch vorhanden, während sie den Assoziationsindividuen der ostbündnerischen Silikatketten völlig fehlt.

Verbreitung. — Das *Empetreto-Vaccinietum* kommt in zahlreichen Fazies durch die ganze Alpenkette vor. In den **luftfeuchten**, niederschlagsreichen Gebieten sehr verbreitet und üppig, bildet es einen wichtigen Bestandteil des **Zwergstrauchgürtels**. In den **inneralpinen** Trockengebieten ist die Assoziation zur Hauptsache auf die subalpine Stufe beschränkt.

ZWEITER TEIL

DIE ALPINEN BÖDEN

VON

HANS JENNY

AGR.-CHEM. LABORATORIUM DER E.T.H. ZÜRICH

(VORSTAND PROF. DR. G. WIEGNER)

I. Bodenreaktion

A. Allgemeines über Wasserstoffionen

Bekanntlich nehmen die Pflanzen ihre mineralischen Nährstoffe aus den **Bodenlösungen** in Form von Ionen auf. Ionen **sind** elektrisch geladene Atome oder Atomkomplexe; sie können positiv (Kationen) oder negativ (Anionen) geladen sein. Wichtig sind vor allem die Kationen, d. h. die basischen Bestandteile der dissoziierten Salze, insbesondere die einwertigen Na^+ , K^+ , NH_4^+ -Ionen, die zweiwertigen Mg^{++} und Ca^{++} -Ionen und die dreiwertigen Al^{+++} und Fe^{+++} -Ionen. Ihnen wurde während der ganzen Untersuchung besondere Aufmerksamkeit geschenkt. In den Bodenlösungen findet man neben den erwähnten Kationen noch das **Wasserstoffion** H^+ , das zur eigentlichen Ernährung der Pflanze nicht notwendig ist, im Gegenteil, das analog einem **Stoffwechselprodukt** von den Pflanzenwurzeln ausgeschieden wird. Rein physikalisch-chemisch betrachtet, muss ganz allgemein die Konzentration der Kationen in der Pflanze zur Konzentration der Kationen in der Bodenlösung (**einschliesslich** der H^+ -Ionen) in einem bestimmten Verhältnis stehen. Änderungen der Wasserstoffionkonzentration in der Bodenlösung müssen somit Änderungen der **Ionenverhältnisse** in der Pflanze nach sich ziehen. Es sind bereits genügend Fälle bekannt, wo ganz geringe Änderungen der Wasserstoffionkonzentration grosse Wirkungen im Stoffwechsel der Pflanzen hervorrufen. Vermehrt **man** z. B. die Wasserstoffionkonzentration von $0,0000001 \text{ g H}^+$ pro Liter auf $0,000001 \text{ g H}^+$ pro Liter, so wird das Wachstum der kalkliebenden Luzerne stark gehemmt und gewisse **Bakterienarten**, wie Azotobakter, gehen zugrunde. Dieser tiefgreifende Einfluss des H^+ findet in seiner abnormen Struktur eine Erklärung.

«Wasserstoffion» ist mehr als nur Mode. Das Wasserstoffion nimmt unter allen Ionen eine Sonderstellung ein, sein Einfluss ist vielfach dominierend. Dank der leichten Bestimmung kann es eingehender studiert werden als andere Ionen. Man wird bei weitem geobotanischen Untersuchungen die Wasserstoffionkonzentration nicht mehr ausser Acht lassen dürfen.

Das Wasserstoffion ist das einfachst gebaute Ion¹. Es besteht aus nur einem positiven Atomkern. Die kreisenden Elektronen, die für die anderen Kationen charakteristisch sind, fehlen ihm ganz, Es ist dehydratisiert und ungemein beweglich, wie folgende **Vergleichszahlen** zeigen:

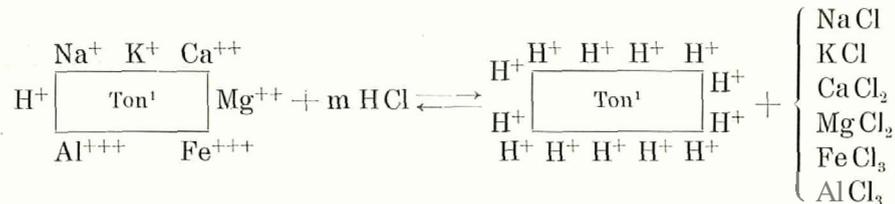
Ionenbeweglichkeiten einiger Kationen (LE BLANC 1925)

Na^+	=	43,2
$\frac{1}{2} \text{Ca}^{++}$	=	51
$\frac{1}{3} \text{Fe}^{+++}$	=	43
H^+	=	315

¹ K. FAJANS formuliert das H^+ allerdings als $(\text{H}_3\text{O})^+$, um den geringen Dipoleffekt zu erklären.

H⁺ diffundiert energisch durch Zellwände, koagulierte **Tonsuspensionen** und kolloide **Eiweisslösungen** stärker als zweiwertige Ionen; die Adsorbierbarkeit an Oberflächen kolloider Stoffe ist sehr gross, ebenfalls der Basenaustausch (grösser als von Cs⁺, Ba⁺⁺). An die starke chemische Aktivität des Wasserstoffions als Bestandteil aller Säuren braucht nur erinnert zu werden (eine Säure ist um so stärker, je mehr H⁺ sie abdissoziiert).

Der **Einfluss** der Wasserstoffionen macht sich nicht nur in der Organismenwelt, sondern auch in der **Bodenbeschaffenheit** bemerkbar. H⁺-Ionen werden von kolloidem Ton und Humus — den Nährstoffkammern des Bodens — kräftig adsorbiert und verdrängt durch Basenaustausch die übrigen Kationen nach folgendem Schema:



¹ **Ton** bedeutet Kolloidton. Das sog. Entgiften der H⁺ durch andere Ionen lässt sich auf solche Austauschreaktionen an Kolloiden zurückführen.

Die nunmehr in die Bodenlösung verdrängten Kationen wandern mit dem versickernden Regenwasser in die Tiefe. Die Oberkrume verarmt an Pflanzennährstoffen. Physikalisch wird der Boden durch Änderung des Dispersitätsgrades in Mitleidenschaft gezogen, **Quellungszustand**, Wasserführung und **Luftzirkulation** nehmen andere Ausmasse an. Wasserstoffionenreiche, also saure Böden, zeichnen sich durch einseitige Vegetation und Mikroflora aus. Saure Reaktion fördert die Degradation der Böden.

B. Die Wasserstoffionen im Ofengebiet (Il Fuorn)

Weitaus der **grösste** Teil der Gesteine des **Nationalparkes** und des Ofengebietes überhaupt besteht aus **kalkreichen** Sedimenten (**Engadiner Dolomiten**), nur im Scarl herrscht das **Kristalline** vor. Demnach müsste man vorwiegend alkalisch reagierende Böden erwarten. Die Untersuchungen in der alpinen Stufe des engeren und weiteren Parkgebietes weisen aber einen überraschend hohen Prozentsatz saurer Böden auf, wie Tabelle 1 zeigt.

TABELLE 1

Bodenreaktionen in der alpinen Stufe des Nationalparkes und der angrenzenden Gebiete

Geologische Unterlage	Alkalische Böden pH > 7	Neutrale Böden pH = 7	Saure Böden pH < 7
Urgestein (98 Proben)	0 %	0 %	100 %
Kalkreiche Sedimente (126 Proben)	13 %	7 %	80 %

Urgesteinsböden reagieren ausnahmslos sauer, Böden auf Kalk zum grössten Teile. Am spärlichsten sind neutrale Böden; sie sind nur temporäre **Übergangstypen** der herrschenden **Bodenentwicklung** von alkalisch zu sauer.

Obige Zahlen geben jedoch kein richtiges Bild der gesamten Verbreitung saurer Böden im Parkgebiet. Dazu müsste man pro Flächeneinheit stets die gleiche Anzahl von Bodenproben fassen. Ferner wurden nur solche Böden analysiert, die bereits so weit verwittert waren, dass sich mehr oder weniger geschlossene Pflanzengesellschaften auf ihnen ansiedeln konnten. Die ausgedehnten, fast vegetationsfreien Kalkgeröllhalden, **Kalkschutthänge** und Felsen, die weite Gebiete des **Parkes** einnehmen, reagieren bestimmt nicht sauer (vergl. **Fig. 10**, Seite 327, Bezeichnung «K»).

Wichtiger als die Kenntnis der geographischen Verbreitung alkalischer und saurer Böden scheint uns die Tatsache, dass die alkalischen und neutralen Böden des Gebietes immer sehr junge Böden darstellen, die allmählich in schwachsaure, dann in starksaure übergehen. Dieser Entwicklungsgang gilt für die alpinen Böden überhaupt und ist eine Folge des perhumiden Hochgebirgsklimas (vergl. **Fig. 1**, Seite 299). In der sogenannten Humusschicht bilden sich reichliche Mengen Wasserstoffionen (aus **Humussäuren**), die mit dem Sickerwasser in die Verwitterungsschicht gelangen, wo sie alle Karbonate in Lösung bringen und durch Basenaustausch die adsorbierten Kationen verdrängen, so dass sich allmählich unter der Humusschicht ein sandiger H⁺-reicher und nährstoffarmer Boden bildet (Bleicherde). Die Versauerung der alpinen Böden ist klimatisch bedingt und schreitet unaufhaltsam vorwärts.



Fig. 1. Schema der H⁺-Anreicherung.

Die **Entstehung** der H⁺-Ionen verläuft im besonderen nach folgenden **Gesichtspunkten**:

1. Die **Dissoziation des Wassers** liefert H⁺-Ionen. 1 Liter Wasser enthält bei 18° C 0,85 · 10⁻⁷ g Wasserstoffionen. Die Menge ist an und für sich gering, aber die Niederschläge sind reichlich und die Hydrolyse kann während langer Zeiträume wirken. Der gesamte Auflösungsprozess der Steine durch Verwitterung ist eine Folge der Dissoziation des Wassers.

2. Die **Hydrolyse der Salze** von **schwachen Basen** und starken **Säuren** liefert H⁺-Ionen, z. B. Eisensulfat.

3. **Starke anorganische Säuren** entstehen bei der Zersetzung organischer Stoffe, z. B. **Schwefelsäurebildung** in Hochmooren.

4. Pflanzenbestandteile zersetzen sich unter dem **Einfluss** der Bakterien zu **Kohlensäure** und Wasser. **Kohlensäure** reichert sich in Bodenlösungen **um so mehr** an, je niedriger die Temperatur ist. Bei 16° gilt für CO₂ in Wasser nach G. **WIEGNER** (1926) $pH = 4,94 - \frac{1}{2} \log CO_2$ (CO₂ gemessen in Volumprozenten der Luft, im Gleichgewicht mit der Lösung). Zum Beispiel:

Bodenluft CO ₂	pH in der Bodenlösung
0,0 %	7,07
0,1 %	5,45
1,0 %	4,95
5,0 %	4,60

5. **Bildung organischer Säuren** durch Humuszersetzung (Humussäuren). Imperhumiden Alpenklima werden die Humusstoffe schlecht zersetzt. Der Abbau endet bei hochmolekularen Säurekomplexen, Humussäuren, die adsorptiv ungesättigt sind, sogenannte **Schutzwirkung** zeigen und die Auswaschung **kolloider Verbindungen** beschleunigen. Humusböden mit reichlichen Mengen organischer Säuren **sind im Ofengebiet vielfach** vertreten, es sind dies die sauersten Böden, die wir gefunden haben. Ihnen ähnlich sind die gefürchteten **Rohhumusböden** in Waldgebieten.

C. Die Bestimmung der Wasserstoffionen

1. Die Entnahme der Bodenproben und deren Zubereitung

Einige Angaben über die Gewinnung und Zubereitung der Bodenproben sind nötig, um die Arbeitsmethode zu charakterisieren.

Die Bodenproben wurden bis Wurzeltiefe genommen, meist etwa 10 cm tief, seltener bis 5 cm oder bis 20 cm. Nur bei **Profilstudien** fassten wir Erdproben aus tieferen Schichten. Die Pflanzen wurden sorgfältig ausgegraben, sodass insgesamt etwa 100–200 g Erde an den Wurzeln haften blieben. Die Proben wurden, **mit** Etiketten versehen, in **Tuchhüllen** verpackt, in das **Agr.-Chem.** Laboratorium der Eidgenössischen Technischen Hochschule gesandt und dort in säurefreiem Raum an der Luft getrocknet. Die **pH-Differenzen** von frischen und lufttrockenen Proben sind gering.

Das gebräuchliche Mischungsverhältnis von Boden und **destilliertem** Wasser beträgt 1 : 2,5 (20 g Boden + 50 ccm dest. Wasser). Dieses Verhältnis musste oft etwas überschritten werden, da die Humusstoffe alles Wasser aufsaugten und sehr voluminös wurden. Wir fügten nach dem **Quellen**, aber doch 24 Stunden vor der Messung, noch etwas **Wasser** hinzu, sodass **30–40 ccm** klare **Lösung** leicht abgehebert werden konnte. Ähnlich verfuhr auch W. **BRENNER** (1924). Die Resultate werden dadurch kaum geändert, da die sauren Humusböden ein ausserordentlich starkes Puffervermögen besitzen.

Nach **24stündigem** Stehenlassen und mehrmaligem **Schütteln** der **Aufschlammungen** wurde die Wasserstoffionenkonzentration bestimmt. Näheres über **Trocknen**, Reinheit des Wassers, Einfluss der Kohlensäure **etc.** vgl. H. **JENNY** (1925) und G. **WIEGNER** (1926).

2. Messung der Wasserstoffionenkonzentration pH

Nach dem Vorschlage von S.P.L. **SÖRENSEN** (1909) wird die Wasserstoffionenkonzentration durch das Zeichen **pH** ausgedrückt. **pH** ist der negative **Logarithmus** der Wasserstoffionenkonzentration in Grammäquivalenten **pro** Liter gemessen. Auf Grund der Dissoziationsgleichung des Wassers $[H] \cdot [OH] = K_w = 10^{-14,14}$ bei 18° C, kann man sowohl **Säurekonzentrationen** als auch Basenkonzentrationen durch **pH** ausdrücken. Zur **Übersicht** diene folgende Skala, Tabelle 2.

TABELLE 2
Reaktionswerte

pH = 11	pH = 10	pH = 9	pH = 8	pH = 7	pH = 6	pH = 5	pH = 4	pH = 3
sehr stark	stark	mässig	schwach	neutral	schwach	mässig	stark	sehr stark
alkalisch	alkalisch	alkalisch	alkalisch		sauer	sauer	sauer	sauer

Die Benennung «sauer», «stark sauer» etc. ist dem biologischen Sprachgebrauch entnommen. Für einen Chemiker, der mit hochprozentigen Lösungen zu arbeiten gewohnt ist, ist eine Lösung von pH 4 noch lange nicht stark sauer. Der Biologe hört mit pH 3 auf zu arbeiten, der Chemiker beginnt erst.

Auf die Theorie des pH kann hier nicht eingegangen werden. **Wir** verweisen auf die **Originalwerke** von S.P.L. **SÖRENSEN** (1909), M. **CLARK** (1925) und L. **MICHAELIS** (1922).

Alle Messungen wurden mit dem **Bjerrumkeil**¹ ausgeführt unter Verwendung der

¹ Keilapparat nach N. **BJERRUM** von Dr. **HILTNER**, Fabrik Altmann, Berlin.

Indikatoren Methylrot, Bromkresolpurpur, Bromphenolblau. Die Genauigkeit der Messung beträgt $\pm 0,05$ pH. Kontrollmessungen mit dem Jonoskop¹ nach L. MICHAELIS ergaben übereinstimmende Werte.

D. Die Pufferung der Böden (Titrationskurven)

Unter der Pufferwirkung eines Bodens kann man den Widerstand verstehen, den er äusseren Einflüssen entgegensetzt, um seine Eigenreaktion pH konstant zu erhalten.

Wenig gepufferte Böden, die bei reichlichen Regenfällen, grosser Trockenheit, hoher Kohlensäureproduktion, Temperaturschwankungen u. a. ihr pH leicht ändern, sind sehr «nachgiebig» und vermögen nur solche Pflanzen zu tragen, die entweder pH-indifferent sind, oder einen sehr weiten pH-Bereich besitzen. Da sich in bezug auf pH alle Einwirkungen in einer Vermehrung oder Verminderung der Wasserstoffionen äussern, so kann man das Puffervermögen eines Bodens durch Zusatz von Säure und Lauge bestimmen. Über die spezifischen Puffersubstanzen selbst (schwache Säuren, Salze schwacher Säuren mit starken Basen, amphotere Elektrolyte, austauschfähiger Ton und Humus, kolloides Eisen- und Aluminiumhydroxyd) wird damit nichts ausgesagt, sondern nur die Grösse der Pufferwirkung wird gemessen.

Nach dem Vorschlage von W. BRENNER (1924) ermittelt man die Pufferwirkung oder deren reziproken Wert, die Nachgiebigkeit, durch die pH-Änderungen der Eigenreaktion, hervorgerufen durch Zusatz von 1 ccm $\frac{n}{10}$ Säure (HCl) und 1 ccm $\frac{n}{10}$ Lauge (NaOH) zu 10 g Boden in 30 ccm Wasser.

Allgemein teilen wir die Böden nach ihrem Puffervermögen folgendermassen ein:

TABELLE 3
Pufferung der Böden

Bodenart	Pufferang gegen Säurezusatz	Pufferung gegen Laugenzusatz
Sandböden (Bleicherden)	sehr gering	sehr gering
Tonböden	gut	gut
Kalkböden	sehr stark	gut
Humusböden	gut	sehr stark

Die untersuchten Parkböden ordnen sich in dieses Schema gut ein, wie Tabelle 4, Seite 302 zeigt.

Am stärksten gepuffert ist der *Firmetum*-Boden, ein ausgesprochener Kalkboden mit Humus. Die zugesetzte Säure wurde vollständig weggepuffert, gegen Lauge wurde nur 0,1 pH nachgegeben. Gut gepuffert ist auch das ziemlich saure *Elynetum*, sowohl gegen Säure, als auch gegen Lauge, da Humus allgemein ein grosses alkalisches Puffervermögen besitzt. Etwas weniger ist das *Curvuletum* gepuffert; die reichlich vorhandenen Humus-säuren vermögen zwar noch grössere Mengen Lauge zu neutralisieren, aber Säurezusatz erhöht die Bodenazidität deutlich.

¹ Jonoskop, geliefert vom schweiz. Serum- und Impfinstitut, Bern.

Sämtliche Bleicherdehorizonte sind schlecht gepuffert, ihre Nachgiebigkeit ist sehr gross. Es ist dies eine Folge der klimatisch bedingten Auswaschung sämtlicher Salze und auch der Puffersubstanzen. Die etwas geringere alkalische Nachgiebigkeit der Bleicherde unter Wald lässt sich durch das Vorhandensein von Humus (2,87%) erklären.

TABELLE 4
Puffervermögen einiger alpiner Böden

Bodenart	Eigenreaktion	Pufferung gegen Säure		Pufferung gegen Lauge		Bemerkungen
	pH	pH	Nachgiebigkeit	pH	Nachgiebigkeit	
1. Humusbtiden:						
<i>Curculetum</i>	5,3	4,8	0,5	5,6	0,3	gutes Puffervermögen, relativ konstante pH-Werte.
<i>Elynetum</i>	5,5	5,3	0,2	5,7	0,2	
<i>Firmetum</i> (mit Kalk)	7,2	7,2	0,0	7,3	0,1	
2. Bleicherden:						
Podsol unter <i>Curculetum</i>	5,5	< 4,1	> 1,4	6,6	1,1	schlechtes Puffervermögen, relativ inkonstante pH-Werte.
Podsol im Oberengadin	6,0	< 4,0	> 1,9	7,0	1,0	
Podsol unter Wald (Cluozza)	6,4	4,8	1,6	6,9	0,5	

E. Die pH-Variationskurven

1. Allgemeines

Wir versuchen, wo immer möglich, Gesetzmässigkeiten in der **Pflanzenökologie** rechnerisch zu fassen und durch Kurven darzustellen. Die Übersichtlichkeit gewinnt dadurch ungemein; eine Kurve kann komplizierte Zusammenhänge aufhellen, viel besser als Tabellen es vermöchten.

Als dankbares, leicht zu bewältigendes Gebiet haben sich die pH-Variationskurven erwiesen. Es handelt sich darum, Zusammenhänge zwischen einzelnen Arten und Pflanzengesellschafteneinerseits und der Bodenreaktion andererseits zu studieren. Gewöhnlich geht man dabei so vor: Man bestimmt den pH-Wert eines Standortes, vielleicht noch einen zweiten derselben Pflanze, nimmt das Mittel und findet den Wert G_1 . Für eine andere Art findet man den Wert G_2 , für eine dritte G_3 usw. Stellt man die gefundenen Werte einander gegenüber und versucht Gesetzmässigkeiten zu konstruieren, so treten Widersprüche auf und es hat den Anschein, mit pH sei nicht viel anzufangen. Zufälligkeiten in der **Probenahme** spielen hier eben eine grosse Rolle. Besser ist es, zahlreichere **Bodenproben** einer Art oder einer Gesellschaft nach bestimmten Gesichtspunkten zu wählen und zu analysieren. Man findet dann z. B. die Werte D, E, F, G, H, I, K. Der arithmetische Mittelwert ist G, die Variationsbreite reicht von D bis K. Aber auch hier ergeben sich Schwierigkeiten bei der Vergleichung der Resultate verschiedener Pflanzen. Wo ist das Maximum, **wieviele** Exemplare sind jedes Mal untersucht worden, sind einseitige Stand-

ortseinflüsse ausgeschaltet etc.? Wir haben versucht, die Relation zwischen Vegetation und Bodenreaktion vom Zufall so unabhängig als **möglich** zu machen, um genaue Auskunft über Variationsbreite, Maximum der Verbreitung, Durchschnittswerte, mögliche extreme Werte zu erhalten. Hier kann nur die statistische Untersuchung zum Ziele führen. Die Gesetzmässigkeiten der grossen Zahlen kommen zur Anwendung. Es sollten so viele Exemplare gesammelt werden, dass lokale **Standortseinflüsse**, mangelhafte Probeentnahme, **Analysenfehler** etc. nicht mehr ins Gewicht fallen. Dann gilt die **GALTONSche** Zufallskurve und man hat die Möglichkeit, die **pH-Variationsbreite** exakt zu definieren und die **pH-Eigentümlichkeiten** verschiedener Arten oder Gesellschaften einander zahlenmässig gegenüberzustellen.

Es war uns selbstverständlich nicht möglich, die Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen auf sämtliche besprochene Assoziationen anzuwenden. Dazu fehlten uns Zeit und Mittel. Wir mussten uns **darauf** beschränken, an einer einzigen Assoziationsfolge: *Firmetum* → *Elynetum* → *Curvuletum*, die wünschbare Methode zu demonstrieren.

2. Die pH-Variationskurve von *Carex curvula*

a) Berechnung (Näheres bei W. JOHANNSEN 1913, P. RIEBESELL 1916, L. MICHAELIS 1922)

Im ganzen untersuchten wir 125 Bodenproben von *Carex curvula*. Um vor lokalen **Standortseinflüssen** gefeit zu sein, sammelten wir ausserhalb des Parkgebietes noch im Münstertal, im Tirol, im Oberengadin, im Bergell, Veltlin, Avers, Lenzerheide, ferner erhielten wir einzelne Proben aus **übrigen** Teilen der Schweiz (Glarnerland, Wailis). Die **pH-Resultate** verteilen sich folgendermassen:

TABELLE 5
Verteilungstafel der pH-Werte von *Carex curvula* (125 Proben)

pH-Werte (x)	6,0	5,9	5,8	5,7	5,6	5,5	5,4	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,8	4,7	4,6	4,5	4,4	4,3	4,2	4,1	4,0
Häufigkeit (y) beobachtet	0	1	2	1	3	4	8	10	10	13	14	15	11	12	8	7	3	0	2	1	0
Häufigkeit (y) berechnet	0,2	0,5	1,0	1,9	3,3	5,1	7,4	9,8	12,0	13,5	14,1	13,5	12,0	9,8	7,4	5,1	3,3	1,9	1,0	0,5	0,2
Differenz	-0,2	+0,5	+1,0	-0,9	-0,3	-1,1	+0,6	+0,2	-2,0	-0,5	-0,1	+1,5	-1,0	+2,2	+0,6	+1,9	-0,3	-1,9	+1,0	+0,5	-0,2

Der Mittelwert beträgt **pH 4,98 ± 0,02**. Zeichnet man die experimentelle **Häufigkeitskurve**, indem man auf der Abszisse die **pH-Werte**, auf der Ordinate die zugehörigen Häufigkeiten aufträgt, so entsteht eine Verteilungskurve, wie sie in Fig 2, Seite 304 als Treppenkurve gezeichnet ist. Es liegt eine typische **GALTONSche** Zufallskurve vor. Die anschmiegende ideale Verteilungskurve, die eine mathematische Behandlung erlaubt, lässt sich nach der Formel von **GAUSS** berechnen:

$$y = \frac{h}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-h^2 x^2}$$

darin bedeuten: **x = pH-Werte.**

y = Häufigkeit der *Carex curvula*-Proben pro Argument x.

h = Parameter.

e, π = Naturkonstanten (e = 2,718, π = 3,142).

Der Parameter h **charakterisiert** allgemein eine vorgelegte Reihe, er ist ein Mass der Variabilität. Man bezeichnet ihn auch als **Streuungskoeffizienten**. h ist das einfachste Mass, um verschiedene **Variationskurven** miteinander zu **vergleichen**. Es ist besser als die **Variationsbreite**, die **stark von** der Zahl der untersuchten **Individuen abhängt** und besser als das **Quartil**, das nur gewisse, **mittlere** Gruppen der **Verteilungstafel** berücksichtigt.

Wir berechneten h **nach** der sogenannten direkten Methode, indem wir **zuerst** die Streuung σ (Standardabweichung, **mittlerer Fehler**) bestimmten, d. h. die Quadratwurzel des durchschnittlichen Quadrats der Abweichungen vom **Mittel**

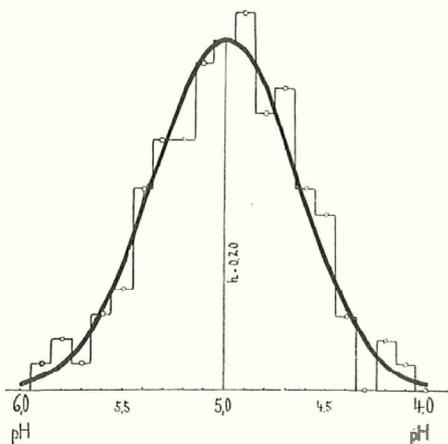


Fig. 2. Theoretische und experimentelle pH-Variationskurve von *Carex curvula* (125 Individuen).

Ordinate: Häufigkeiten; Abszisse: pH.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum y \Delta^2}{n}}$$

dabei bedeuten: σ = Streuung.

y = Häufigkeit der Individuen, die dem Argument x **zukommen**,

Δ = Abweichung vom **arithmetischem Mittelwert** (0,1 pH als Einheit **gerechnet**).

n = Anzahl aller **untersuchten Proben**.

Für *Carex curvula* ergibt die Streuung den Wert $\sigma = 3,49$. Der Parameter h (**Streuungskoeffizient**) steht in folgender Beziehung mit σ :

$$h = \frac{1}{\sigma \sqrt{2}} = 0,202$$

Wir begnügen uns mit dem pH-Variabilitätsmass $h = 0,20$.

Eleganter lässt sich h nach folgender Überlegung **bestimmen** (sogenannte **Maximalmethode**):

$$y = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x^2}$$

setzt **man** $x = 0$, so wird $y = \frac{h}{\sqrt{\pi}}$, denn $\left[e^{-h^2 x^2} \right]_{x=0} = 1$, und

$$h = y \cdot \sqrt{\pi}$$

y bedeutet die **relative** Häufigkeit des Argumentes $x = 0$. **Bei** einer **symmetrischen** Verteilung kann **man für** $x = 0$ den arithmetischen Mittelwert **nehmen** und das zugehörige y einsetzen. Für *Carex curvula* **berechnet** sich

$$h = y \cdot \sqrt{\pi} = \frac{14}{125} \cdot \sqrt{\pi} = 0,198.$$

Die **beiden** h -Werte **stimmen** für *Carex curvula* sehr gut **überein**.

Dieses **theoretische** Verfahren eignet sich nur, wenn ein sehr **grosses** Beobachtungsmaterial vorliegt, das sich **einer stetigen** Verteilungskurve stark nähert. **Wir** **benützten** die **Methode** zur Überschlagsrechnung und **Kontrolle**.

Die **theoretischen** Häufigkeitswerte (berechnete Werte) sind in Tabelle 5, Seite **303** den **beobachteten** gegenübergestellt. Die **Differenzen** sind gering. Die **Übereinstimmung** ist **eine** sehr grosse. In Fig. 2 ist die ideale **Verteilungskurve** für 125 Bodenproben von *Carex curvula* in die experimentelle **Treppenkurve** **ingezeichnet**.

b) Schlussfolgerungen

Carex curvula ist streng an bestimmte pH-Werte gebunden, die für sie charakteristisch sind. Man kann direkt von einer pH-Eigenschaft von *Carex curvula* reden, die sich, wie jede andere messbare Eigenschaft, variationsstatistisch behandeln lässt. Deshalb tritt in den nachfolgenden Ausführungen, je nach der Problemstellung, pH als Eigenschaft oder als ökologischer Faktor auf.

Wir haben wahllos sowohl schöne Individuen aus typischen *Curvuletum*-Rasen als auch Pioniere auf Felsblöcken, Kümmerlinge auf Weiden oder Prachtexemplare auf Humuspölkern in die Untersuchung einbezogen, unbekümmert um geologische Unterlagen, Feuchtigkeitsverhältnisse, Licht etc. So war es möglich, eine reine Zufallskurve zu erhalten, ohne Schiefheit, ohne Mehrspitzigkeit, ohne Defekt.

Die pH-Variationskurve ($h = 0,20$) kennzeichnet die pH-Variabilität der «Art» *Carex curvula*, nicht aber die pH-Variabilität eines einzelnen *Carex curvula*-Individuums oder gar eines *Curvuletums*.

Wollte man erfahren, in welchem pH-Bereich ein einzelnes *Carex curvula*-Individuum gedeiht, so müsste man eine reine Linie züchten und deren Exemplare auf pH-Standortswerte untersuchen. Man würde wahrscheinlich für eine reine Linie einen enger begrenzten Bereich finden (größerer h-Wert) als für die ganze Art. Vorliegende Kurve charakterisiert eine Population von Biotypen¹.

Carex curvula ist eine ausgesprochene azidiphile Pflanze. Ihre Variationsbreite reicht von pH 5,8—4,2 für 100 Exemplare.

Dass die Variationsbreite (pH-Spielraum) mit zunehmender Individuenzahl grösser wird, liegt auf der Hand. Ob aber die Vergrößerung direkt proportional erfolgt, oder irgend einer anderen Funktion gehorcht, liesse sich experimentell schwer ermitteln. Die GAUSSSCHE Formel dagegen gibt eindeutigen Bescheid. Integriert man nämlich von 0 bis $\pm x$, so erhält man die Fläche I, die die Verteilungskurve für die Werte $\pm x$ einschliesst, sie entspricht der Anzahl der untersuchten Individuen. Mit Hilfe von x, y, I lässt sich die Abhängigkeit der Variationsbreite von der Individuenzahl genau formulieren. Wir haben die Verhältnisse in Figur 3 für *Carex curvula* ($h = 0,20$) graphisch dargestellt. Es ergibt sich hieraus, dass die pH-Variationsbreite viel langsamer zunimmt, als die Individuenzahl. Der Übersichtlichkeit halber ist die X-Achse durch $y = 1$ gelegt worden, die Zahl für 500 ist extrapoliert.

Folgende interessante Frage kann mit der Verteilungsformel innerhalb ihres Gellungsbereiches beantwortet werden: Wieviele Exemplare der azidiphilen Art *Carex curvula* müsste man untersuchen, um darunter eines zu finden, das auf neutralem Boden (pH 7) vorkommt?

Aus der Formel

$$y = \frac{0,20}{\sqrt{\pi}} e^{-0,20^2 x^2}$$

wird für $x = \text{pH } 7$ $y = 1,07 \cdot 10^{-8}$, oder für $y = 1$ wird I ca. $10^8 = 100$ Millionen.

Die Zahl hat vieles für sich. Sie gibt ein drastisches Bild, wie «säuretreu» *Carex curvula* ist und schliesst

¹ Nicht ausgeschlossen ist die Möglichkeit, dass infolge des extremen Standortes von *Carex curvula* die Selektion einen oder wenige Biotypen isoliert hat.

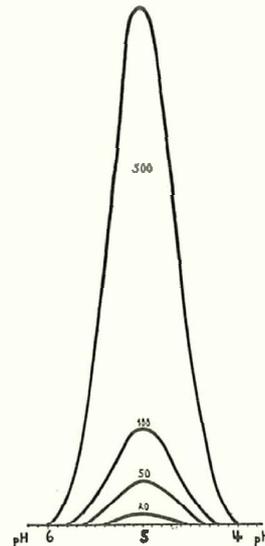


Fig. 3.

Abhängigkeit der pH-Variationsbreite von der Zahl der untersuchten Individuen für *Carex curvula*.
Ordinate: Häufigkeiten
Abszisse: pH

doch die Möglichkeit nicht aus, dass unter 100 Millionen Exemplaren eines sich findet, das aus irgendwelchen Gründen befähigt ist, auf neutralem Boden zu gedeihen. Bis jetzt wurde *Cnrex curvula* noch nie auf neutralem oder alkalischem Boden gefunden und wird schwerlich je gefunden werden.

Die pH-Variationskurve sagt natürlich über kausale Zusammenhänge zwischen Pflanzenwachstum und Bodenreaktion nichts aus. Warum *Carex curvula* azidiphil ist, weiss man nicht; physiologische Laboratoriumsversuche wären zur Lösung dieser Frage dringend notwendig. Bis jetzt ist es nicht gelungen, aus dem vorliegenden Versuchsmaterial feinere ökologische Zusammenhänge innerhalb der *Carex curvula*-Kurve aufzudecken.

Beispielsweise könnte man vermuten, dass *Carex curvula*-Pioniere, die sich auf Urgesteinsfelsen in Spalten und Ritzen einnisten und grössere *Curvula*-Bestände begründen, einen besonderen Gang in den pH-Werten erkennen liessen. Die Erfahrung bestätigte die Ansicht nicht. 8 *Carex curvula*-Pioniere aus den verschiedensten Gebieten hatten folgende pH-Werte:

pH 5,2 5,2 5,1 5,0 5,0 4,8 4,7 4,6

Es herrschen weder einseitig hohe noch einseitig niedere Zahlen vor. Die Werte gruppieren sich um das arithmetische Mittel der Kurve, wie es Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen verlangen.

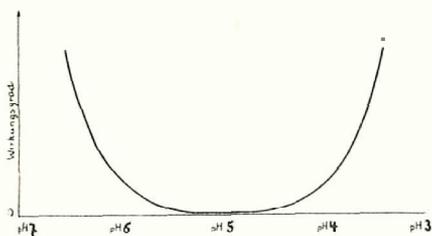


Fig. 4.

Wirkung von pH als ökologischer Faktor auf das Wachstum von *Cnrex curvula*.

Ordinate: Wirkungsgrad; Abszisse: pH.

Anschliessend möchten wir zur Streitfrage, ob pH ein dominierender Standortsfaktor sei oder nicht, folgende Bemerkung beifügen: Massgebend scheint in erster Linie das LUNDEGÄRDH-MITSCHERLICHSCHE Relativitätsprinzip (LUNDEGÄRDH 1925) zu sein. Gewiss kann pH ökologisch zum ausschlaggebenden Faktor werden, nämlich wenn pH im Minimum oder im schädlichen Maximum vorhanden ist. Im sogenannten Optimumgebiet dagegen hört pH auf, eine ausschlaggebende Rolle zu spielen, wie sich dies an folgender Beobachtungsreihe illustrieren lässt.

In ausgedehnten *Curvuleten* wurden eine Anzahl Bodenproben von ausserordentlich schönen üppigen Individuen (mit durchschnittlich 15—20 cm langen Trieben) und von schlecht entwickelten Kümmerlingen (mit 3—5 cm langen Trieben) gesammelt und analysiert; es zeigten sich folgende pH-Werte:

schöne Exemplare:	pH 5,6	5,5	5,3	5,0	4,9	4,7	4,7	4,6
Kümmerlinge:	pH 5,6	5,2	5,1	5,0	5,0	4,8	4,7	4,5

Befriedigend wäre es gewesen, die einzelnen Individuen einzuzücheln und die Produktion an organischer Substanz in Beziehung zu pH zu setzen. Umstände halber müssen wir uns mit Worten statt mit Zahlen begnügen.

Auffallend ist, dass sich bei gleichen pH-Werten sowohl grosse als auch kleine Exemplare entwickeln und dass sich diese Erscheinung über einen ganzen pH-Bereich erstreckt. pH ist mithin zwischen pH 5,6—4,6 — im sogenannten Optimumgebiet — ein indifferent Standortsfaktor, die Bodenreaktion ist ökologisch nicht von ausschlaggebender Bedeutung, andere Vegetationsfaktoren müssen hier das Wachstum der einzelnen Pflanzen dominierend beeinflussen und die grossen Wachstumsunterschiede bedingen. Innerhalb des indifferenten Gebietes (Optimumgebiet) haben deshalb pH-Messungen für ökologische Studien nur beschränkten Wert.

Fig. 4, Seite 306, veranschaulicht die Zusammenhänge schematisch. Die **beiden** aufsteigenden Äste der Kurve sind auf Grund des **MITSCHERLICHschen** Wirkungsgesetzes der Wachstumsfaktoren und der **pH-Variationskurve** gezeichnet. Ähnliche genotypische Grundlage der Individuen darf im vorliegenden Falle vorausgesetzt werden.

Wahrscheinlich hängt hier die vegetative Entwicklung der einzelnen Pflanzen vom Stickstoffgehalt des Bodens ab. Stickstoffgehalt und Humusgehalt im Boden verlaufen **einigermaßen** parallel. Die Bodenproben der schön ausgebildeten Exemplare weisen durchschnittlich einen höheren Humusgehalt auf, als die der Kümmerlinge:

schöne Exemplare: 34,7% 36,1% 41,6% 55,3% 59,0% Humus
 Kümmerlinge: 12,4% 17,2% 18,0% 18,8% 24,4% 24,7% Humus

3. Die pH-Variationskurve des *Curvuletum typicum*

a) Berechnung

Zur Bearbeitung standen **61** Bodenproben aus Krummseggenbeständen zur **Verfügung**, und zwar wurden auch hier weitgehend Bezirke ausserhalb des **Parkes** berücksichtigt. Die Erde wurde stets unter *Carex curvula* genommen. Da aber die **Krummsegge** stark dominiert, schöpfen auch alle Begleiter ihre Nahrung aus derselben Wurzelerde. Die Variationskurve wurde ebenfalls nach der **GAUSSschen** Formel berechnet. Die beobachteten und berechneten **Häufigkeitszahlen** sind in Tabelle 6 zusammengestellt.

TABELLE 6
 Verteilungstafel der pH-Werte des *Curvuletums* (61 Proben)

pH-Werte (x)	5,5	5,4	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,8	4,7	4,6	4,5	4,4	4,3	4,2	4,1
Häufigkeit (y) beobachtet	1	1	1	2	5	7	11	8	1	6	5				0
Häufigkeit (y) berechnet	0,2	0,5	1,3	2,7	4,7	7,1	9,0	9,8	9,0	7,1	4,7	2,7	1,3	0,5	0,2
Differenz	+0,8	+0,5	-0,3	-0,7	+0,3	-0,1	+2,0	-1,8	+2,0	-1,1	+0,3	-0,7	-1,3	+0,5	-0,2

Die **Übereinstimmung** von Rechnung und Beobachtung ist auch hier **sehr gut**. Die kleine Depression an der Spitze der Kurve ist ohne Belang, sie würde sich bei steigender Probenzahl rasch ausgleichen. Aus der Rechnung resultieren folgende Konstanten:

TABELLE 7
 Konstanten der Variationskurven von *Curvuletum* und *Carex curvula*

Konstanten	<i>Curvuletum</i>	<i>Carex curvula</i>
Mittelwert	pH 4,82 ± 0,03	pH 4,98 ± 0,02
Streuung (0,1 pH als Einheit gerechnet)	$\sigma = 2,47$	$\sigma = 3,49$
Parameter (Variabilitätsmass)	$h = 0,28$	$h = 0,20$
Variationsbreite für 100 Exemplare ($y = 1$)	pH 5,4—4,2	pH 5,8—4,2

b) Schlussfolgerungen

Das *Curvuletum* ist eine **ausgesprochen azidiphile** Assoziation. Gegenüber *Carex curvula* liegt das **Maximum** der Verbreitung bei einer etwas saureren Bodenreaktion, bei **pH 4,8** statt bei **5,0**. Der Parameter **h** ist **grösser**, d. h. die Häufung der Proben um den Mittelwert ist **ansgeprägter**, die **pH-Variabilität** ist kleiner. Die **pH-Variationsbreite** ist kleiner als bei *Carex curvula*, die Kurve ist höher und steiler (Fig. 5). Doch ist die **Verschiedenheit** nicht besonders gross, lange nicht so gross, wie **gegenüber** anderen Assoziationen, vgl. Fig. 7, Seite 313. Die **Differenz der Mittelwerte** erfüllt die mathematischen Forderungen einer einwandfreien **Divergenz beider** Versuchsreihen ($m_{\Delta} = 0,16 \pm 0,1$) befriedigend.

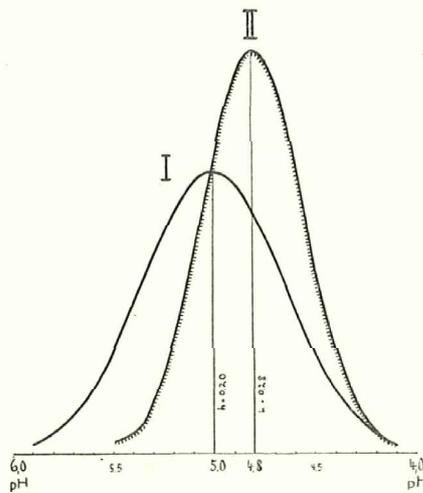


Fig. 5.
pH-Variationskurven der Art *Carex curvula* (I) und der Assoziation *Curvuletum* (II) (für je 100 Individuen).
Ordinate: Häufigkeiten; Abszisse: pH.

Zu Beginn der Untersuchung nahmen wir an, **dass** *Curvuletum* werde einen bedeutend **grösseren** **h-Wert**, also eine viel kleinere **pH-Variationsbreite** ergeben. Auch hier liegt eben eine Population vor, wenn man diesen Ausdruck auf eine Summe von Assoziationsindividuen anwenden darf. Die aufgenommenen *Curvuleten* **variieren** in ihrer eigenen Zusammensetzung. Dieser **Verschiedenheit** in der floristischen Ausbildung entspricht auch eine gewisse **Fluktuation der Bodenreaktion**.

c) Die **pH-Linie** im *Curvuletum typicum*

Um Einsicht in die räumliche Verteilung der **pH-Werte** innerhalb eines **Assoziationsindividuum**s zu erhalten, wurde das mächtige, **schön** ausgebildete *Curvuletum* auf der **Alp Murtèr**, Val **Cluozza**, eingehender analysiert. Schon **früher** hatte der eine von uns (H. JENNY 1925) den Begriff der «**Bodenlinie**» aufgestellt, um auf Grundlage räumlicher Verbreitung gewisser **Bodeneigenschaften** einen bestimmten **Bodentyp** graphisch zu **charakterisieren**. Analoges Vorgehen empfahl sich auch hier. In der Längsrichtung des *Curvuleturns* wurde fiktiv **eine** gerade Linie gelegt, dieser folgend alle drei Meter eine **Bodenprobe** entnommen. Die gefundenen **pH-Werte** trugen wir in ein Koordinatensystem so ein, dass auf der Abszisse die fortlaufende Nummer der **Bodenprobe** (gemäss unserer Aufnahme), auf der Ordinate die zugehörigen **pH-Werte** aufgetragen wurden. Das **Bild** wird durch Linie I *Curvuletum* in Fig. 6, Seite 310, dargestellt. Die **pH-Werte** weichen wenig **voneinander** ab, d. h. die Wasserstoffionen sind im ganzen Bestand recht **gleichmässig** verteilt, der Boden scheint sehr homogen zu sein. Die ganze Linie liegt im stark sauren Gebiet. Der Mittelwert der Linie entspricht recht gut dem Mittelwert der allgemeinen **Variationskurve**. Ganz anders ist die **pH-Linie** im angrenzenden *Elynetum* gestaltet, die viel mehr schwankt. Ebenfalls sei hier schon auf die ruhige **pH-Linie** im *Firnetum* hingewiesen.

Bestimmungen der **Gesamtazidität** nach G. DAIKUHARA ergaben folgende Werte: Probe 1 = 70,00 ccm, Probe 10 = 74,38 ccm, 1/10 n NaOH für 100 g Boden mit 1/1 n KCl geschüttelt.

d) pH-Änderungen im Bodenprofil des *Curvuletums*

Tabelle 8 orientiert über pH-Änderungen mit zunehmender Bodentiefe. Die Profile stammen aus Val Sesvenna (Nr. 1, 2, 3, 4), Murtaröl (5), Murtèr (6), Ochsenkopf b. Parpan (7), Munt Baselgia b. Zernez (8), Val Bella (9) und Rotherdspitz, Tiroler Dolomiten, (10).

TABELLE 8
pH-Änderungen im *Curvuletum* mit zunehmender Bodentiefe

Bodentiefe	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6	Nr. 7	Nr. 8	Nr. 9	Na 10	Bemerkungen
5 cm	pH 4,6	pH 5,3	pH 4,9	pH 5,5	pH 5,0	pH 4,6	pH 5,4	pH 4,8	pH 5,8	pH 5,2	H ⁺ -Produktion ↓ abnehmender Säuregrad
10 cm		5,1		5,4			5,8		7,3	5,6	
20 cm	4,8			5,4				5,3			
30 cm	5,7	5,2	5,3	6,3	5,7 6,5 7,8	6,8			7,3		
Geologische Unterlage	Granit-Gneis			Rät-Kalk und Mergel		Serpen- tin	Granit- gneis	Dolomit			

In der Regel ist die oberste Bodenschicht am sauersten, die unteren Horizonte sind am wenigsten sauer. Die Differenzen können von oben bis unten 2,8 pH betragen, entsprechen also einer H⁺-Konzentrationsabnahme um nahezu das Tausendfache. Abweichungen im Sinne einer verkehrten Reihenfolge der pH-Werte, wobei untere Schichten saurer sind als obere, kommen vor; sie werden im Kapitel Flugstaub, Seite 316, zu erklären versucht.

4. Die pH-Variationskurve des *Elynetums*

a) Berechnung

Es wurden 50 Proben von *Elyna*-Beständen aus dem Ofengebiet, Mittelbünden und Tirol analysiert. Die beobachteten und berechneten Häufigkeitswerte sind in Tabelle 9 zusammengestellt.

TABELLE 9
Verteilungstafel der pH-Werte im *Elynetum* (50 Proben)

pH-Werte (x)	7,2	7,1	7,0	6,9	6,8	6,7	6,6	6,5	6,4	6,3	6,2	6,1	6,0	5,9	5,8	5,7	5,6	5,5	5,4	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9
Häufigkeit (y) beobachtet	1	1	1	0	2	1	2	1	3	4	3	4	4	4	4	4	4	3	1	1	2	0	0	0
Häufigkeit (y) berechnet	0,2	0,3	0,5	0,8	1,1	1,4	1,6	2,2	2,7	3,4	3,8	4,0	4,1	4,0	3,8	3,4	2,7	2,2	1,6	1,4	1,1	0,8	0,5	0,3
Differenz	+0,8	+0,7	+0,5	-0,8	+0,9	-0,4	+0,4	-1,1	+0,3	+0,6	-0,8	0	-0,1	0	+0,2	+0,6	+1,3	+0,8	-0,6	-0,4	+0,9	-0,8	-0,5	-0,3

Die Übereinstimmungen scheinen auf den ersten Augenblick nicht ganz genügend. Im sauren Gebiet macht sich eine kleine Unregelmässigkeit bemerkbar. Doch lässt sich theoretisch ableiten, dass sie mit zunehmender Individuenzahl bald verschwinden würde (KAPTEYNSche Kurven). Im Vergleich mit den Tabellen 6 und 11 ist die Variationsbreite

ausserordentlich gross. Es überrascht daher nicht, dass sich die **Häufigkeiten** weniger regelmässig gruppieren. Bei der 50 Proben **enthaltenden** Reihe kann — in **Anbetracht** der grossen **Variabilität** — die **Übereinstimmung** von Beobachtung und Rechnung als sicher genug bezeichnet werden, um die **Wahrscheinlichkeitsbetrachtung** anzuwenden. Folgende Konstanten berechnen sich aus der Formel von **GAUSS**:

Mittelwert: **pH 6,05 ± 0,07**

Streuung $\sigma = 4,78$ (**0,1 pH** als Einheit gerechnet)

Parameter $h = 0,15$ (Variabilitätsmass)

Variationsbreite für 100 Exemplare ($y = 1$) **pH 7,0—5,0**

Fig. 7, Seite 313, gibt die Kurve für **100** Exemplare.

b) Schlussfolgerungen

Das *Elynetum* ist vom *Curvuletum* in Bezug auf die Aziditätsverhältnisse gänzlich verschieden. Die Variabilität ist mehr als doppelt so gross ($h_{\text{Elyn.}} = \frac{1}{2}h_{\text{Curv.}}$), die Variationsbreite reicht vom alkalischen bis ins saure Gebiet; das *Elynetum* ist weniger streng an bestimmte Wasserstoffionenkonzentration gebunden. Immerhin liegt das Maximum des Vorkommens bereits im schwachsauren Gebiet, bei ca. **pH 6,05**. Die Kurve ist sehr flach. Die maximale Häufung der Individuen beschränkt sich nicht ausgesprochen auf den arithmetischen Mittelwert, sondern reicht von **pH 6,26—5,84** ($6,05 \pm 3 \cdot 0,07$). Es variiert auch die floristische Zusammensetzung des *Elynetums* stark. Im ersten Teil der Arbeit ist der Zusammenhang zwischen Azidität und Zahl der azidiphilen Arten innerhalb des *Elynetums* dargestellt (s. S. 258).

c) Die pH-Linie im *Elynetum*

Dieser **pH-Linie** liegt das grosse *Elynetum* auf Alp Murtèr, Val Cluozza, zugrunde, das sich neben dem oben beschriebenen *Curvuletum* ausdehnt. Der Vergleich der **beiden**

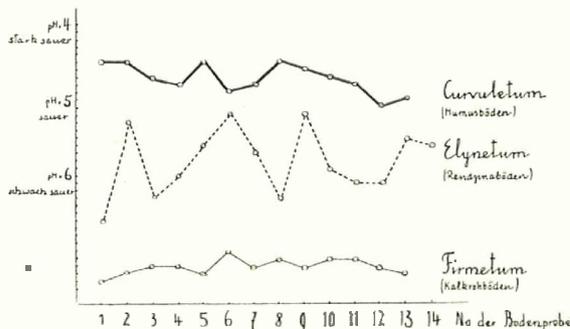


Fig. 6. pH-Linien im *Curvuletum*, *Elynetum* und *Firmetum* (räumliche Verteilung der pH-Werte in grossen Beständen).

pH-Linien ist **umso** interessanter, sind doch bei **beiden** Assoziationen ursprünglich gleiche edaphische Bedingungen vorhanden. In **beiden** Fällen ist die geologische Unterlage Rätmergel. Oberflächlich betrachtet, könnte man die **beiden** Standorte für ökologisch identisch halten; die nähere Bodenuntersuchung und chemische Analyse deckt hingegen unverkennbare Differenzen auf. Aus Fig. 6 geht deutlich hervor, dass die ganze Kurve im schwachsauren Gebiet liegt und dass die **Verteilung der Wasserstoffionen vie~ungleichmässiger** ist als im *Curvuletum*. Die extremen Werte liegen

weit auseinander. Die örtlichen **pH-Schwankungen** sind beträchtlich. Die *Elynetum*-Böden sind heterogene Böden mit unregelmässiger Anordnung der verschiedenen Bodenkomponenten und sind **darin** den Moränenböden im Mittellande ähnlich.

Bestimmungen der Gesamtazidität nach G. DAIKUHARA ergaben folgende **Werte**: Probe **Nr. 4 = 13,55** ccm, Probe 7 = **8,75** ccm, Probe 9 = **15,30** ccm 1/10 NaOH für 100 g Boden mit 1/1 n KCl geschüttelt.

d) pH-Änderungen im Bodenprofil des *Elynetums*

Folgende Profiluntersuchungen liegen vor: Ochsenkopf b. Parpan (1), Alp Murtèr (2, 3).

TABELLE 10

pH-Änderungen im *Elynetum* mit zunehmender Bodentiefe (Rendzinaprofile)

Bodentiefe	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3
0–10 cm	pH 5,9	pH 6,6	pH 6,9 pH 7,6
10–20 cm	pH 6,8	pH 6,7	
über 20 cm			
Geologische Unterlage	S	Rätkalk und Mergel	

Auch im *Elynetum* ist die oberste Bodenschicht am säurereichsten. Die Bodentiefe ist meist geringer als beim *Curvuletum*.

5. Die pH-Variationskurve im *Firmetum*

a) Berechnung

Da *Carex firma* eine ausgesprochen kalkstete Pflanze ist, lassen sich ihre möglichen pH-Werte nach der WIEGNERschen Formel (Seite 299) berechnen. Unter Zugrundlegung der häufigst vorkommenden Kohlensäurewerte im Boden könnte man die pH-Variationskurve des *Firmetums*, wie überhaupt streng calciphiler Gesellschaften ohne jede pH-Bestimmung aus der Formel ableiten. Die Variationsbreite muss etwa von pH 7,8–6,8 reichen; nach den bisherigen pH-Messungen von Kalkböden liegt das Maximum der Verteilung zwischen pH 7,0 und 7,5. Zur Kontrolle wurde pH von 21 *Firmetum*-Proben, die meist aus dem engeren Parkgebiet stammen, gemessen:

TABELLE 11

Verteilungstafel der pH-Werte im *Firmetum* (21 Exemplare)

pH-Werte (x)	7,6	7,5	7,4	7,3	7,2	7,1	7,0	6,9	6,8
Häufigkeit (y) beobachtet	1	0	3	5	3	5	1	1	2
Häufigkeit (y) berechnet	0,5	1,2	2,4	3,5	4,0	3,5	2,4	1,2	0,5
Differenz	+ 0,5	– 1,2	+ 0,6	+ 1,5	– 1,0	+ 1,5	– 1,4	– 0,2	+ 1,5

Auch die pH-Werte der Hochgebirgskalkböden gehorchen der Karbonatformel. Zuzufolge des engen Variationsbereiches lässt sich schon mit 21 Proben eine ausgesprochene Verteilungskurve aufstellen, deren Symmetrie unverkennbar ist. Es lassen sich folgende Konstanten berechnen:

$$\text{Mittelwert} = \text{pH } 7,19 \pm 0,04$$

$$\text{Streuung } G = 1,99 \text{ (0,1 pH als Einheit gerechnet)}$$

$$\text{Parameter } h = 0,36 \text{ (Variabilitätsmass)}$$

$$\text{Variationsbreite für 100 Exemplare (y = 1) pH} = 7,7\text{--}6,7$$

In Fig. 7, Seite 313 ist die Kurve für 100 Exemplare angegeben.

b) Schlussfolgerungen

Wie vorausgesehen, ist die **pH-Variationskurve** des *Firmetums* ausserordentlich steil. Das Maximum der Verteilung beschränkt sich auf wenige **pH-Werte**. Der **pH-Bereich** ist eng. Das *Firmetum* ist eine typisch **basiphile** Assoziation, sie meidet saure Böden, aber auch stark alkalische Reaktionen, **ihr** bevorzugter OH-Ionenbereich erstreckt sich von $C_{OH}10^{-6,4}$ bis $10^{-7,4}$ Grammäquivalente pro Liter. Sicher ist, dass das *Firmetum* Wasserstoffionen meidet; wie weit es OH⁻-Ionen feindlich ist, weiss man nicht, da ja pH für Kalkböden durch die Kohlensäure begrenzt ist. Es ist möglich, dass bei Züchtungsversuchen *Carex firma* noch in alkalischeren Nährlösungen als **pH 7,7** gedeihen würde.

Selbstverständlich gelten auch hier die allgemeinen Betrachtungen über Gesetzmässigkeiten innerhalb der Kurve, wie sie oben besprochen wurden; speziell sei auf den ersten Teil verwiesen, wo die Abnahme der **basiphilen** Arten mit der Abnahme der alkalischen Reaktion illustriert wird (S. 202).

c) Die **pH-Linie** im *Firmetum*

Die Aufnahme **der Linie** geschah in der Gegend von Plan del Poms, **unterhalb** der Alp Murtèr gegen Punt Praspöl. **Wir** fanden hier **nicht** so **grosse** zusammenhängende **Bestände** wie beim *Curvuletum* oder *Elynetum*. In Fig. 6, Seite 310, sind nur die sieben ersten Proben aus einer **ganzen Linie** **entnommen**, der Rest ist **stückweise** **zusammengesetzt**. Man muss sich **zwischen** den einzelnen Proben immer Stellen von vegetationsfreiem Schutt und Gerölle vorstellen.

Die Kurve **bietet** nach dem oben **Gesagten** nichts **Neues**. **Sie liegt im schwachalkalischen** Gebiet, die **pH-Schwankungen** sind **gering**. Die H⁺-Ionen oder besser die **überwiegenden** Hydroxyl-Ionen sind sehr gleichmässig verteilt. Die Kurve ist **charakteristisch** für **pH-Linien in Kalkböden** mit **geringer pH-Schwankung** **trotz** hohem Karbonat-Gehalt; der im **vorliegenden Falle** 50—92% CaCO₃ beträgt.

d) **pH-Änderungen** im **Bodenprofil** des *Firmetums*

Das Firmetum ist **Anfangsassoziation auf Kalkschutt**. Von **Bodenprofilen** kann **hier** kaum **gesprochen** werden, Feinerde ist meist **nur** wenige cm vorhanden, sodass sich **Profilstudien von** selbst erübrigen.

6. Vegetationsentwicklung und Bodenrealition

Das *Curvuletum* bildet den Vegetationsklimax der alpinen Stufe. Sehr verschiedene Assoziationen leiten zu diesem Schlussglied der Entwicklung hin. Eine der wichtigsten auf Kalkböden ist die Sukzession:

Firmetum ↔ *Elynetum* ↔ *Curvuletum*,

der wir besondere Aufmerksamkeit geschenkt haben, um an diesem Beispiel die **innige Verknüpfung** von Pflanzensoziologie und **Bodenkunde** hervorzuheben. Anschliessend an die obigen **pH-Betrachtungen** versuchen wir nun die Assoziationsfolge in Bezug auf die Bodenreaktion **zahlenmässig** zu erfassen.

TABELLE 12
Vegetationsentwicklung und Bodenreaktion

Konstanten	<i>Firmetum</i>	<i>Elynetum</i>	<i>Curvuletum</i>
Mittelwert	pH 7,19 ± 0,04	pH 6,05 ± 0,07	pH 4,82 ± 0,03
Variabilitätsmass	h = 0,36	h = 0,15	h = 0,28
Variationsbreite für 100 Expl. (y = 1)	pH 7,7 — 6,7	pH 7,0 — 5,0	pH 5,4 — 4,2
pH-Bereich	1,0 pH	2,0 pH	1,2 pH
Gesamtazidität (1/10 ccm NaOH)	0,00	12,80	72,18
Azidität	alkalisch $\xrightarrow{\text{zunehmender Säuregrad des Bodens}}$ stark sauer		
Bodentyp.	Kalkrohböden	entkalkte Böden (Rendzina)	Podsolböden, saure Humusböden

Der gesamte pH-Bereich für die drei Assoziationen erstreckt sich von pH 8—4 und umfasst so ziemlich alle Reaktionsmöglichkeiten des Bodens. (Ausnahmsweis extreme Werte von pH 3 und pH 9 sind in anderen Ländern allerdings gefunden worden.) Drei ausgesprochene Maxima sind sichtbar, Fig. 7, sie bezeichnen die Bodenreaktion, bei der die betreffenden Assoziationen am häufigsten vorkommen, und umgrenzen die pH-Optima. Ihr gegenseitiger Abstand beträgt je 1,2 pH. Man kann somit für die vorliegende Assoziationsfolge sagen, dass mit der Erhöhung der Wasserstoffionenkonzentration je um das Zehnfache eine neue Assoziation auftritt.

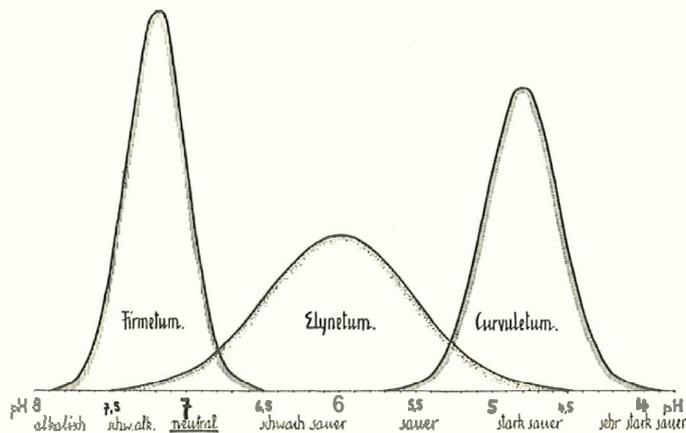


Fig. 7.

Wichtig sind die Kurvenenden, die ineinander übergreifen und die die Übergangsstellen zweier Assoziationen markieren. Innerhalb dieser «neutralen» Zonen, die etwa 0,5 pH breit sind, kommen beide Assoziationen nebeneinander vor. pH ist hier für die Charakterisierung der Assoziationen unmassgeblich. Hingegen ist pH in diesen Gebieten ein stark dominierender Standortsfaktor. Geringe Änderungen der H⁺-Ionenkonzentration begünstigen je nach Ausschlag die Entwicklung der einen oder anderen Gesellschaft, z. B. ist pH 6,7 für das *Firmetum* hemmender Faktor im Maximumgebiet, für das *Elynetum* dagegen wirksamer Faktor im Minimumgebiet. Im sogenannten Optimumgebiet — pH-Bereich unter der Kurvenspitze — ist jedoch pH ein indiffe-

Vegetationsentwicklung und Bodenreaktion für die Sukzession *Firmetum* → *Elynetum* → *Curvuletum* (je 100 Individuen). Ordinate: Häufigkeiten; Abszisse: pH.

renter Standortsfaktor, wie es bei *Carex curvula* durch Beispiele belegt worden ist (Seite 272, 279).

Das *Firmetum* ist ein engbegrenztes basisches Anfangsglied der Entwicklungsreihe, das *Curvuletum* ist das engbegrenzte saure Schlussglied. Der Übergang bildet das wenig empfindliche *Elynetum* mit grosser pH-Variabilität.

F. Der Kalkgehalt der Parkböden

1. Allgemeines

Ausser dem H⁺-Ion nimmt auch das Ca⁺⁺-Ion unter den Kationen eine Sonderstellung ein. Sein Einfluss auf die Bodenbildung ist vielseitig. CaCO₃ neutralisiert Säuren, begünstigt das Bakterienleben und damit die Humuszersetzung. Kalzium-Ionen im allgemeinen erzeugen die erwünschte Krümelstruktur und regulieren damit den **Wasserhaushalt** des Bodens. Infolge seiner doppelten elektrischen Ladung vermag das Kalziumion die schädlichen adsorbierten H⁺-Ionen an Kolloiden messbar zu verdrängen, wirkt somit entgiftend auf Pflanzen ein und verbessert die ganze **Bodenstruktur**.

Doch äussern sich diese ökologischen Vorteile nur bei relativ niederen Kalkmengen. Extrem kalkreiche Böden sind durch ihre ungünstigen physikalischen Verhältnisse nur zu bekannt. Ihre Wasserführung ist die denkbar schlechteste, ihre Fruchtbarkeit gering, sodass sie nur wenigen Pflanzen geeignete Standorte zu bieten vermögen. Beimengungen von Humus verbessern Kalkböden sofort bedeutend.

2. Die besonderen Verhältnisse im Nationalpark

Die **ungünstigen, extrem kalkhaltigen Felsen, Block- und Schutthalden sind bezeichnend für den Park**. Wo hingegen, **infolge** Vegetation, die Bodenbildung bereits wirksam eingesetzt hat, ändern sich die Verhältnisse. Der Boden gelangt zeitweise in optimale Bedingungen für reichliches Pflanzenwachstum, um dann **infolge** Versauerung wieder zu degenerieren. Wie in Tabelle I, Seite 298, angegeben, reagierten 80% der untersuchten Böden aus Kalkgebieten sauer. Folgende Übersicht orientiert über einige **Kalkzahlen** verschiedener Assoziationen aus dem Park. Die Analysen wurden nach der LUNGE-RITTENER Methode (F. P. TREADWELL, 1922) und nach M. PASSON (G. WIEGNER, 1926) ausgeführt. Selbstverständlich wurde nur die Kohlensäure gemessen und dann auf CaCO₃ umgerechnet, da bodenkundlich die verschiedenen Karbonate wie Kalzium-Magnesium-Eisenkarbonate, in ihrer Wirkung ähnlich sind.

TABELLE 13

Einige **Karbonatzahlen** aus dem Parkgebiet (alpine Region) und ihr zugehöriges pH

% CaCO ₃	0,12%	0,4%	1,0%	2,8%	5,5%	8,2%	14,3%	15,0%	50%	51%	64%	66%	92%
pH	7,0	7,0	6,6	6,9	6,9	6,9	6,9	7,1	7,2	6,8	6,9	7,3	7,1

Der Karbonatgehalt schwankt sehr, von 0,12 bis 92%. Die hohen Kalkwerte stammen ausnahmslos aus dem *Firmetum*, die übrigen Proben sind gereifteren Böden entnommen, mit **anspruchsvollerer** Vegetation und fortgeschrittener Auswaschung. Deutlich geht hervor, dass

die Reaktion karbonathaltiger Böden nicht von der Menge CaCO_3 abhängt. Die Kohlensäure allein ist massgebend, wie es die Formel von G. WIEGNER (1926) verlangt: für Kohlensäure in Wasser (16°) bei Gegenwart von CaCO_3 als Bodenkörper gilt $\text{pH} = 7,47 - \frac{2}{3} \log \text{CO}_2$ (CO_2 gemessen in Volumprozenten der Luft, im Gleichgewicht mit der Lösung). Einige Werte:

Bodenluft CO_2	pH bei 16°
0,0 ‰	10,23
0,1 ‰	8,13
1,0 ‰	7,47
5,0 ‰	7,00

Die günstigen Bedingungen für **reichliche Produktion** neutraler gesättigter Humusstoffe **infolge** des perhumiden Klimas **und** des Kalkgehaltes bewirken eine optimale konstante Kohlensäure-**entwicklung** durch Bakterien. Diese erklärt das relativ häufige Vorkommen niederer pH-Werte, innerhalb der von der Formel geforderten Grenzen.

II. Flugstaub

A. Allgemeines

P. TREITZ (1924) erkühnte sich an der internationalen **bodenkundlichen** Konferenz in Prag zur **Behauptung**: «Der allmächtigste bodenbildende und pflanzengestaltende Faktor des Klimas ist die jährlich niederfallende Menge des **Flugstaubes**». Dieser sehr frappierenden These steht man unwillkürlich skeptisch gegenüber, **um** so mehr als genaue Vorstellungen von Menge und Wirkung des Flugstaubes meist fehlen. Doch scheinen unsere Flugstaubmessungen in der Tat für einen nicht zu unterschätzenden, **bodenbildenden** Faktor im Gebirge zu sprechen.

P. TREITZ (1924) formuliert die **Wirkung** der niederfallenden Staubmasse folgendermassen:

«1. wirkt sie regelnd auf die Auslaugungsprozesse ein, ersetzt vermittels ihres Gehaltes an Basen den Verlust an löslichen Salzen (Kalk, Eisen, Kali usw.), den der Boden durch die Auslaugung erfährt. Je **grösser** die Staubmenge, eine um so energischere Auslaugung kann sie paralisieren;

2. wirkt die abgelagerte Staubmasse als Impfstoff auf die Lebenstätigkeit des Bodens fördernd ein, da in ihr alle Sporen, Eier, Samen, Myzelfäden enthalten sind, welche die Gemeinschaft des Edaphons ausmachen.»

In diesem Zusammenhange darf nicht unerwähnt bleiben, dass schon lange namhafte Forscher die Ernährung der Hochmoore auf Fliigstaubdüngung zurückführen.

B. Flugstaubmessungen im Val Cluoza

Über die Quantitäten des jährlichen Flugstaubes liegen nur wenige Daten vor. P. TREITZ (1924) hat allerdings auf hochliegenden Plateaus Schneeproben eingesammelt und den Staub dieser Schneeschmelzen untersucht. Zahlen werden keine gegeben. Auf dem Puy de **Dôme** bestimmte ALLUARD (P. TREITZ, 1924) niederfallende **Staubmengen** während zehn Jahren und erhielt 1000 kg Staub jährlich pro Hektar. LÓCZY (P. TREITZ, 1924) fand am Balatonsee 266 kg jährlich pro Hektar.

Wir benützten zu unseren Flugstaubmessungen zwei Regen-Totalisatoren der Eidg. Meteorologischen Zentralanstalt. Der eine steht auf der Alp **Murtèr** (Val Cluoza) bei 2340 m, oberhalb der Waldgrenze, der andere ist im Talboden, nahe beim Blockhaus Cluoza, ca. 1850 m ü. M. unterhalb der Waldgrenze aufgestellt (siehe **Fig. 10**, Seite 327). **Anlässlich** der alljährlichen Ausmessung der gefallenen Niederschläge wurde der im Totalisator befindliche Staub gesammelt, eine etwas mühsame und zeitraubende Arbeit, da die Regenmesser eine

¹ Leider wurde dieser Totalisator auf Wunsch ästhetischer Parkbesucher im Herbst 1925 entfernt. Damit wird eine wissenschaftlich vielversprechende Beobachtungsreihe jäh abgebrochen.

sehr enge Ausflussöffnung besitzen. Das Wasser wurde sorgfältig abgegossen und der übrig bleibende Brei aus Öl und Flugstaub in Blechbüchsen verpackt nach Zürich gesandt, dort ausgeäthert, der Staub gewogen und teilweise analysiert. Es war unmöglich, rein quantitativ vorzugehen. Etwelche Verluste konnten nicht vermieden werden. Die Zahlen sind somit sämtlich etwas zu klein, schätzungsweise 5%, maximal 10%. Die Fangfläche der Totalisatoren beträgt 200 cm². Tabelle 14 erläutert die gefundenen Ergebnisse:

TABELLE 14
Flugstaubmessungen im Val Cluoza

Ort und Zeit	Staubmenge im Totali- sator	CaCO ₃ %	Staubmenge		CaCO ₃ pro ha	Bodenzuwachs Annahmen: spez. G. = 2,65 Porenvolumen = 50%
			pro m ²	pro ha		
Alp Murtèr (2340 m) August 1923 bis August 1924 August 1924 bis August 1925	28 g	37,0	1,40 kg	14000 kg	5180 kg	1,08 mm
	37 g	16,5	1,85 kg	18500 kg	3052 kg	1,42 mm
Talboden (1850 m) August 1924 bis August 1925	15 g	15,0	0,75 kg	7500 kg	1125 kg	0,58 mm

Sämtliche Werte sind unerwartet hoch. Jährliche Kalkdüngungen von 50 Doppelzentner pro Hektar, wie sie in den intensivsten landwirtschaftlichen Betrieben nicht vorkommen, und ein Bodenzuwachs im Freiland von 1—1,4 Meter pro 1000 Jahre! Die Zahlen erheischen eine kritische Prüfung der vorhandenen Möglichkeiten und Kousequenzen.

Zum vornherein sei betont, dass das Parkgebiet ein vorzüglicher Staublieferant ist. Die kahlen Felsen und Schutthalden und die leicht verwitterbaren Kalkschieferschichten bieten prächtige Angriffsflächen für den Wind. Hohe Flugstaubwerte sind deshalb zu erwarten.

Der wichtigste Einwand ist der, dass im Totalisator der Staub liegen bleibt, vom Boden aber wieder aufgewirbelt und fortgeweht werden kann. Gewiss gilt diese Überlegung für vegetationslose Böden, wohl schwerlich aber für Grasfluren, Weiden und Wälder. Wer je in der landwirtschaftlichen Praxis Gelegenheit hatte, leichte, staubförmige Dünger zu streuen, wird erstaunt gewesen sein, wie sie schnell und hartnäckig an den Pflanzen festhaften und mit dem Boden verwachsen. Wir glauben, obigen Einwand zurückweisen zu dürfen; auf alle Fälle hat er keine Berechtigung für den Totalisator im Talbodeu, der in einer Waldlichtung steht. Die Grössenordnung der Zahlen wird somit wohl richtig sein.

Ferner könnte man einwenden, dass bei derart hohen Kalkdüngungen überhaupt keine sauren Böden vorkommen sollten. Wir haben über diesen Punkt nähere Untersuchungen angestellt und, in Anlehnung an landwirtschaftliche Verhältnisse, das Kalkdüngedürfnis im *Curvuletum* auf Murtèr nach G. DAIKUHARA (Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung, Band 3, Seite 254, 1924) bestimmt:

Gesamtazidität: Probe I : 70,00 ccm $\frac{1}{10}$ NaOH für 100 g Boden (pH 4,4)

Probe II: 74,37 ccm $\frac{1}{10}$ NaOH für 100 g Boden (pH 4,7)

Mittel: 72,18 ccm Gesamtazidität.

Daraus berechnet sich die nötige Kalkdüngung (1 ccm = 2 dz CaCO_3) zu ca. 14000 kg pro ha. Zur Beseitigung der Azidität wäre also auf der Alp Murtèr die 3—5fache Menge des tatsächlich niederfallenden Flugstaubes nötig. Dabei ist es noch sehr fraglich, ob die Methode von G. DAIKUHARA für die Ermittlung der Kalkdüngung saurer alpiner Humusböden ohne weiteres benützt werden darf. Wir neigen zur Annahme, dass die so ermittelten Werte noch viel zu niedrig sind, indem wir uns auf das starke Puffervermögen der Humusböden gegen alkalische Einflüsse stützen.

C. Schlussfolgerungen

Es bleibt nichts übrig, als anzunehmen, dass im Hochgebirge die Versauerung, Auswaschung und mechanische Abschwemmung nie geahnte Ausmasse erreicht. An Hängen und Halden wird der niederfallende Staub grösstenteils mechanisch abgetragen, während er sich auf Plateaus, in Mulden und auf Terrassen anreichern kann und dort zur Entstehung tiefgründiger Böden beiträgt. Er unterliegt dann der chemischen Auslaugung.

Für wichtig erachten wir den Flugstaub als Nährstoffquelle der Pflanzen. Die kurzen Wurzeln mancher Arten vermögen kaum die mächtigen sauren Humuspolster und die Bleicherden zu durchsetzen, um im nährstoffreicheren Untergrund die Kationen aufzunehmen. Die alpine Vegetation ist daher zum grossen Teil auf die Mineralzufuhr durch Flugstaub angewiesen. Aus der Flugstaubzufuhr (CaCO_3) erklärt sich auch die oft beobachtete Eigentümlichkeit, dass in Bodenprofilen der alleroberste Horizont weniger sauer reagiert, als die folgenden Schichten.

Der Kalkgehalt ist für das Jahr 1924/25 in beiden Totalisatoren der gleiche, ein Zeichen dafür, dass Herkunft und Zusammensetzung des Flugstaubes für das Cluoz-Gebiet einheitlich war. Dass der windgeschützte Apparat im Talboden viel weniger Staub enthält, ist einleuchtend. Hingegen ist der hohe Kalkgehalt im Jahre 1923/24 nicht ohne weiteres verständlich. Ob hier vielleicht die Windhäufigkeit und Stärke, die grossen Schwankungen unterliegen, oder die Dauer der Schneebedeckung mitgewirkt haben?

Ein Vergleich mit dem Diluvium drängt sich auf. Die vegetationslosen, verwitterten Moränen und Flussanschwellungen im Tieflande nach dem Rückzuge der Gletscher waren dem Staubtransporte besonders günstig. Ebene, grasbestandene Flächen verhinderten die Wegfuhr der sich ablagernden Staubmassen, sodass die Bodenbildung sich ungehemmt auswirken konnte. Es entstand der Löss. Lössmächtigkeiten von 20 Metern kommen bei Basel vor; ihre Entstehungszeit berechnet sich nach unseren Flugstaubmessungen in der Grössenordnung von 10 bis 20,000 Jahren, Zahlen, die durchaus im Bereiche der Möglichkeiten liegen, ohne dass man zu einem besonderen ariden Steppenklime greifen müsste (A. HELM, 1919).

III. Humus

A. Methodisches

Als Humus bezeichnen wir alle **Pflanzenbestandteile**, die der Zersetzung mehr oder weniger unterliegen. Wichtig ist die Tatsache, dass die Humusstoffe kolloide Zerteilungen, Dispersoide von wechselndem Dispersitätsgrade sind (G. WIEGNER 1918).

Zur **Bestimmung** verbrennt man meist die organische Substanz und misst die entwickelte Menge Kohlensäure, multipliziert mit dem empirisch ermittelten Faktor 0,471 und gibt das Resultat als «Humus» an. Die genauesten Verbrennungswerte liefert die sehr umständliche Elementaranalyse. Einfacher und auch sehr genau ist die Verbrennung mit Silberbichromat, weniger genau die Verbrennung mit Kaliumbichromat (R. BALKS 1925). Alle **Resultate** der Kohlensäuremethoden leiden **naturgemäss** an der Ungenauigkeit des Umrechnungsfaktors.

Humusreiche, kalkfreie Böden analysierten wir erfolgreich durch einfaches Wegglühen der organischen Substanz und **Wasserbestimmung** bei 110° C. Der Glühverlust wurde gleich «Humus» gesetzt. Fehlerquellen sind hier die Wassermengen, die beim Trocknen bei 110° C nicht entweichen. Es handelt sich hier in der Hauptsache um chemisch gebundenes und kolloid gebundenes Wasser.

Eingedenk dieser Ungenauigkeiten haben wir die Prozentzahlen meist nur in ganzen Zahlen angegeben, um durch Aufschreiben vieler Stellen nicht eine Genauigkeit vorzutäuschen, die gar nicht vorhanden ist. Vielfach wurden die Werte nach Intervallen von 10% zu 10% gruppiert. Im ganzen liegen etwa 180 Humusbestimmungen von Bodenproben der alpinen Stufe vor, die zum weitaus grössten Teile von Herrn H. PALLMANN ausgeführt wurden.

B. Natur des Humus

Der Humus der Parkböden kommt, **bodenkundlich** betrachtet, in zwei Modifikationen vor. Erstens als gesättigter, milder, neutraler Humus der Kalkböden und zweitens als adsorptiv ungesättigter, saurer Humus der **kalkfreien** Böden, in Solform. Letztere Art überwiegt stark und zeigt in Wasseraufschlämmungen stets **schwachgrünliche** Trübungen, die deutlich das **TYNDALL-Phänomen** erkennen lassen. Im Ultramikroskop ist ein schwacher Lichtkegel mit wenigen gröberen Teilchen in **Brownscher** Bewegung sichtbar, der sich durch Koagulation mit Ca⁺⁺-Ionen in zahlreiche Ultramikronen auflöst. Der saure Humus ist somit nahezu maximaldispers und damit für ausgiebige Schutzwirkung besonders geschaffen¹.

Auf die speziellen chemischen, **kolloidchemischen** und bakteriologischen Humusfragen konnte nicht eingegangen werden, obwohl sie neuerdings im Vordergrund des Interesses

¹ Sclutzkolloide, besonders Gelatine, Eiweißstoffe, Kohlehydrate, schützen schon in hohen Verdünnungen kolloide Zerteilungen vor gegenseitiger und Elektrolytausfällung. Die Wirksamkeit wird durch die sog. Goldzahl gemessen (R. ZSIGMONDY 1918). So schützen z. B. 0,00001 g Gelatine 10 ccm Formolgold (10–20 $\mu\mu$) gegen 1 ccm 10% NaCl. Die Rolle der Schutzwirkung bei der Bodenbildung wird im letzten Kapitel besprochen.

stehen. Der erlaubte Umfang der **Arbeit** wäre **überschritten** worden. Einen guten Einblick in die komplizierte Materie gibt H. **WAKSMANN** (1925).

C. Humusgehalt und pH

Naheliegender scheinen Gesetzmässigkeiten zwischen Humusgehalt (in Prozenten) und pH zu sein, da je nach dem **Zersetzungsgrade** organische Säuren verschiedener Konstitution erzeugt werden. Unser **Analysenmaterial** beweist aber im Gegenteil, dass **pH**-Schwankungen vom Humusgehalt eher unabhängig sind. Ein gewisser Parallelismus wäre noch am ehesten innerhalb einer Assoziation zu erwarten, sind doch hier die Bedingungen für eine gleichartige **Humusbildung** besonders günstig. Als Beispiel seien 53 **Humusbestimmungen im Curvuletum** und ihr zugehöriges **pH** angeführt. Die mittlere **Schwankung m** wurde nach der Formel $m = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n(n-1)}}$ Bezeichnungen vergleiche Seite 304, berechnet.

TABELLE 15
Zusammenhang zwischen Humusgehalt und pH im *Curvuletum*

pH	5,4	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,8	4,7	4,6	4,5	4,4
Mittlerer Humusgehalt in %	36,4	35,6	27,5	24,2	36,1	34,7	24,6	38,0	33,8	40,0	41,5
	± 14,5	± 7,9	± 3,2	± 5,0	± 4,3	± 4,0	± 4,4	± 5,7	± 5,2	± 5,9	± 13,8

Der Gang der **pH-Werte** wird hier vom Humusgehalt nicht beeinflusst. Auffallend sind die grossen **Humusschwankungen** für jede Reaktionszahl. Einige Humusgrenzwerte, **innerhalb** deren gleiche **pH-Werte** vorkommen, seien notiert:

pH	Humusgehalt
5,4	11—62 % 12—42 %
4,7	24—59 %
4,4	25—69 %

Auch für andere **Assoziationen** lässt sich kein gegenseitiger Einfluss bestimmt feststellen. Die ganze Chemie der **Humuskörper** ist eben viel zu kompliziert, als dass einfach die Summe der organischen Substanz in Beziehung zu **pH** gesetzt werden könnte. Man müsste zu feineren **Untersuchungsmethoden** greifen und **organisch-chemische** und **kolloid-chemische** Reaktionen beziehen. Wie mannigfaltig und empfindlich **Humusstoffe** reagieren, geht **u. a.** daraus hervor, dass auch bei alpinen **Humusböden** einfaches Gefrieren und **Wiederauftauen** **pH** messbar verändern kann,

D. Humusgehalt und H₂O

Der **Wassergehalt** des lufttrockenen Humus ist ziemlich konstant. Der Quotient $\frac{\text{Wasser}}{\text{Humus}}$ im lufttrockenen Zustande des Bodens schwankt nur zwischen 0,2—0,3. **CRUMP** (**LUNDEGÅRDH** 1925) schliesst aus der Konstanz, dass es in erster Linie der **Humus** ist, der die letzten, für die Pflanzen fast unerreichbaren **Wassermengen** festhält. Die **grosse wasser-speichernde** Kraft des Humus ist für die **Wasserbilanz** der alpinen Böden bedeutungsvoll.

E. Die Humuszersetzung

Die Zersetzung der organischen Substanz ist ein biologischer Prozess. M. DÜGGELI (1925) leistet neuerdings den Nachweis, dass sich auch in der alpinen Stufe, speziell im Gebiete des Nationalparkes, ein reiches Bakterienleben entfalten kann. **Bodenkundlich** interessiert besonders die Leistungsfähigkeit der Bakterien im Hochgebirgsklima. Nach den vorbildlichen Untersuchungen von WOLLNY (1897) nimmt die Humuszersetzung, gemessen an der **Kohlensäureproduktion**, mit fallender Temperatur rasch ab. Damit ist die Möglichkeit zu Humusanreicherungen im alpinen Klima mit einer tiefen mittleren Jahrestemperatur gegeben. In Tabelle 16 sind die Humusgehalte der Assoziationen *Firmetum*, *Elynetum* und *Curvuletum* zusammengestellt und die Werte nach ihrer Häufigkeit in Klassengrenzen von 10% Humus geordnet.

TABELLE 16
Verteilungstafel der Humuswerte

Humusgehalt	0–10%	10–20%	20–30%	30–40%	40–50%	50–60%	60–70%	70–80%	80–90%
Zahl der Proben									
<i>Firmetum</i>	1	4	8	5	0	0	0	0	0
<i>Elynetum</i>	0	0	4	10	4	3	2	0	0
<i>Curvuletum</i>	0	4	24	13	7	7	3	0	0
Total	1	8	36	28	11	10	5	0	0

Zeichnet man die Reihe «*Curvuletum*» in ein Koordinatensystem (Abszisse: Humusgehalt, Ordinate: Häufigkeit) ein, so erhält man eine einseitig schiefe GALTONSche Kurve, deren Maximum stark nach links verschoben ist (Fig. 8). Im Gegensatz zu der streng symmetrischen pH-Variationskurve des *Curvuletums*, Seite 308, besteht eine konstante Abweichung gegen den Humusbereich 20 bis 30%, obwohl auch hier bei der Probeentnahme wahllos vorgegangen wurde, da es sich ja um die gleichen Proben handelt wie bei den pH-Bestimmungen.

Wir deuten die Kurve als instruktives Bild der Humuszersetzung im alpinen Klima. Würde nämlich die von den Pflanzen gebildete organische Substanz gar nicht zersetzt, so wäre das Maximum der Kurve bei 90% Humus, da *Carex curvula* etwa 8–12% Asche enthält. Würde aber aller Humus zersetzt, so wäre das Maximum der Verteilung bei 0% Humus. Liegt nun das Maximum zwischen diesen beiden Werten, so bezeichnet es denjenigen Humusgehalt, bei dem sich Pflanzenproduktion und Pflanzenzersetzung das Gleichgewicht halten. In *Curvuletum*-Böden, deren Humusgehalt zum grössten Teile zwischen 20–30% liegt, wird somit das Gleichgewicht von Produktion und Abbau erreicht, wenn noch ca. 1/3 der ursprünglichen Pflanzenmasse vorhanden ist. Ein Blick auf den Kurvenverlauf lässt die Entwicklung der Humusanreicherung besser verfolgen.

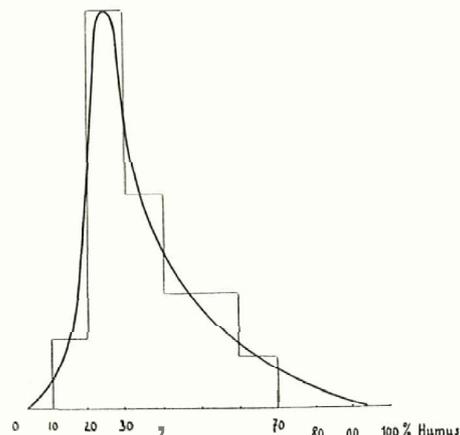


Fig. 8
Humusverteilungskurve «*Curvuletum*»
(zugleich Verwesungskurve).
Ordinate: Häufigkeiten; Abszisse: % Humus.

Die produzierten Pflanzenmassen werden anfangs **rasch** abgebaut. Wahrscheinlich werden zuerst leichtzersetzliche **Eiweisskörper**, Kohlehydrate und Fette zerstört. Es ist deshalb kein Zufall, dass uns **nicht ein einziger** Boden mit über 70% **Humus** begegnet ist. Allmählich nimmt die **Intensität** der Zersetzung ab. **Die Ligninstoffe trotzen der Zerstörung**, da die Bakterien **infolge Kalkmangel**, Säure und niederer Temperatur die vollständige Umwandlung der organischen Stoffe innerhalb einer Vegetationsperiode **nicht mehr bewältigen** können. Stetig strebt die **Kurve** dem **Zersetzungsendwert** zu, der sich variationsstatistisch als Maximalwert der Häufigkeiten **kennzeichnet**. Von **hier an** fällt die Kurve rasch dem Nullwert zu. Sie **umschliesst** mit diesem Aste solche Böden, die **infolge** günstiger **Wärmeverhältnisse**, oder anderer **Faktoren** eine **höhere Humuszersetzung ermöglichen**.

Die einzelnen Assoziationen sind **hinsichtlich** ihrer Humusproduktion etwas verschieden. Das *Firmetum* ist der **schwächste Humusproduzent**, da der Kalkgehalt der Firmetenböden die **Humusstoffe sättigt** und weil alkalische **Reaktion** die Bakterientätigkeit begünstigt. Das *Elynetum* ist ein relativ **guter Humusbildner**. Seine Produktion an organischer **Substanz**, **speziell** von **schwer zersetzlichen Ligninstoffen** ist **am grössten** von allen drei Assoziationen. Das *Curvuletum* nimmt eine **Mittelstellung** ein. Hier ist der Abbau **infolge** ausgeprägter Azidität **wohl** am geringsten; *Curvuletum*-Böden sind regelrechte **Humusböden**.

Fasst man alle drei Assoziationen zusammen, so **liegt** die **Grenze** von **Pflanzenproduktion** und Abbau **zwischen 20—40%**. Da **mithin** Jährlich die Produktion an **organischer Substanz** den Abbau **derselben überwiegt**, müssen Humusanhäufungen um so mehr hervortreten, je **ungünstiger** Boden und Klima für die **Bakterientätigkeit** sind und je **reichlicher** die **Pflanzenproduktion** sich gestaltet.

Der Abbau der **Humusstoffe** bis auf 20—40% ist in **Anbetracht** des **perhumiden** Klimas relativ **gross**. **Möglich**, dass die Zersetzung schon bei etwas höheren Humuszahlen zum **Stillstande** kommt, dass aber die Werte **infolge mineralischer Flugstaubzufuhr** erniedrigt werden.

IV. Bodenbildung

A. Einleitung

Die Schweiz im allgemeinen und die Zentralalpen im besonderen sind **bodenkundlich** noch wenig durchforscht (vergl. H. BROCKMANN 1925). Auf E. RAMANNS **Bodenkarte** von Europa sind die Hochgebirgsböden von den klimatischen Bodenzonen durch besondere Schraffur getrennt angegeben. Dank der extremen klimatischen Verhältnisse ist jedoch die Bodenbildung im Hochgebirge weit fortgeschritten. Die einzelnen **Endtypen** erkennt man im Gelände schon von Auge und der Entwicklungsgang lässt sich gut verfolgen. E. RAMANNS (1918) Vorschlag, die auf kleiner und kleinster Fläche vorkommenden Böden der Gebirgshochlagen zu studieren — nicht weil sie praktisch von Bedeutung sind, sondern weil sie geeignet erscheinen, die klimatischen Grundlagen der Bodenbildung hervortreten zu lassen — haben wir ausgiebig befolgt.

B. Allgemeines

Das Klima beeinflusst die Wasserbewegung im Boden und damit auch die **Wander-**richtung der Verwitterungsprodukte. **Überwiegt** die Verdunstung die Niederschlagsmenge (arides Klima), so bewegt sich der Wasserstrom von unten nach oben. Die Kationen werden fortwährend in der Oberkrume angereichert. Es bilden sich **Krusten-** und Salzböden aus. Ist hingegen die Niederschlagsmenge **grösser** als die Verdunstung (humides Klima), so bewegt sich der Wasserstrom im Prinzip von oben nach unten, die oberen Bodenschichten werden ausgelaugt und die Salze in die Tiefe geführt; es entstehen Braunerdeböden, Podsolböden, Laterit. Eine **Mittelstellung** nimmt die fruchtbare russische Schwarzerde, der Tschernosem, ein, mit ganz geringer Bewegung der Mineralbestandteile.

Ältere gereifte Böden lassen im Profil unschwer gewisse Horizonte erkennen, die sich meist durch verschiedene Färbung voneinander abheben. Sie werden allgemein folgendermassen bezeichnet:

- A = **Auswaschungshorizont (Eluvialhorizont)**, Bodenschichten, aus denen beim **Bodenbildungsprozess** etwas ausgelaugt wurde.
- B = **Anreicherunghorizont (Illuvialhorizont)**, Schichten, in denen sich die **Ver-**witterungsprodukte angereichert haben.
- C = Muttergestein.

Sind innerhalb der einzelnen Horizonte noch besondere morphologische Verschiedenheiten feststellbar, so benützt man die Bezeichnungen A_1 , A_2 , B_1 , B_2 etc.

Die Erfahrung lehrt nun, dass sich unter gleichen klimatischen Bedingungen, die hauptsächlich durch Niederschlag, Temperatur, Verdunstung gekennzeichnet sind, stets gleiche Horizonte ausbilden, ganz unbekümmert um die geologische und **petrogra-**phische Art des **Muttergesteins**. Die Bodenbildung ist somit letzten Endes eine reine Funktion des Klimas und strebt innerhalb desselben einem **Gleichgewichtsstand** zu, dem

Bodenklima. Seit dieser Erkenntnis hat sich die Bodenkunde als selbständige Wissenschaft von anderen Disziplinen losgelöst. Literatur: K. GLINKA (1914), E. RAMANN (1918), G. WIEGNER (1918).

Die Schweiz gehört, mit Ausnahme einiger Gebiete im Wallis, dem humiden und perhumiden Gebiete an. Die Regenfaktoren nach R. LANG (1920) (Niederschlag dividiert durch mittlere Jahrestemperatur) und die Befeuchtungsfaktoren nach A. MEYER (1926) (Niederschlag dividiert durch Sättigungsdefizit) sind für sämtliche Teile des Landes sehr hoch. Es sind demnach in erster Linie humide Bodentypen zu erwarten, besonders Braunerde und Podsol.

C. Einteilung der Bodenarten

B. AARNIO und H. STREMMER (1924) unterscheiden folgende grössere Gruppen einheitlicher Böden:

1. Böden mit Umlagerung der wasserlöslichen Salze: Salzböden.
2. Böden mit Umlagerung der leicht löslichen Stoffe, einschliesslich der Karbonate: Rendzina, Tschernosem.
3. Böden mit Umlagerung der Sesquioxide¹: Podsol, Terra rossa, Laterit.

In der Schweiz finden sich vornehmlich die Böden der zweiten und dritten Gruppe. Im perhumiden Hochgebirgsklima erachten wir es für zweckmässig, einen vierten klimatischen Typ, die alpinen Humusböden, auszuscheiden, da sich diese weit verbreitete und gut definierbare Bodenart nicht in die genannten Gruppen einreihen lässt.

Einige Bemerkungen zur RAMANNSchen Braunerde seien hier angeführt, da die schweizerischen Böden gewöhnlich zur Braunerde, dem Bodentyp des gemässigen Klimas, gerechnet werden.

Nach E. RAMANN (1918) bilden die Braunerden die vorherrschende Bodenformation von Mitteleuropa. Ihnen entspricht die Formation der winterkahlen Laubbäume. Die Braunerden sind durch eine schmutziggelbbraune Farbe charakterisiert, verursacht durch Eisenoxyd und Humusstoffe. Der Einfluss des Grundgesteins tritt besonders hervor. Die löslichen Salze, einschliesslich der Karbonate und Sulfate, sind ausgewaschen, dagegen wenig oder nicht: Fe, O₃, Al₂O₃, P, O₅.

Soweit Beobachtungen vorliegen, darf jedoch für die humiden Gebiete der Schweiz die Braunerde nicht als Klimax betrachtet werden, und zwar aus folgenden Gründen: Im schweizerischen Mittelland — dem ausgeprägten «Braunerdegebiet» — sind in jüngster Zeit wiederholt deutliche Podsolierungen auf Hochterrasse, Moräne und Molasse gefunden worden (H. GESSNER, A. MEYER, H. JENNY), und mehr oder weniger deutliche Übergänge lassen sich vielfach feststellen. Ferner treten unerklärliche Erscheinungen im Gebirge auf. Bei Zerne, 1500 m ü. M., findet man schöne Podsolprofile (Analyse Nr. 4), 1000 m höher auf der Alp Murtèr, Braunerde nach E. RAMANNS Definition. Es ist nicht einzusehen, warum in grösserer Höhe, in einem noch humideren Klima als dem Podsolklima, auf einmal Braunerde entstehen soll, die doch einem gemässigten Klima entspricht! Betrachtet man aber die Braunerde in unseren Gebieten als Übergangstyp, als morphologische Bezeichnung junger, unfertiger Böden, so beheben sich die Schwierigkeiten, und der Bodenentwicklung zum humiden Endstadium, dem Podsol, wird kein Zwang angetan. Damit schliessen wir uns nur den Ansichten K. GLINKAS (1924), H. STREMMERS (1924) und W. LEININGENS (1926) an, die die Braunerden zu den podsoligen Böden rechnen (sols podsolés primitifs). Auch A. MEYER (1926) bezeichnet die Braunerden als eine Podsolvarietät.

¹Sesquioxide = Al₂O₃ + Fe₂O₃.

Die Böden wurden durch Analysen charakterisiert, nach F. P. TREADWELL und W. F. HILLEBRAND, vergl. G. WIEGNER (1926). Es wurden nur die notwendigsten Bestandteile ermittelt, gerade hinreichend, um die Bodentypen voneinander abzugrenzen. Äusserer Umstände halber können eingehendere Analysen erst später publiziert werden. Im Gegensatz zu P. NIGALI (1926), der unreife Böden untersucht, liegen nur gut gereifte Böden vor, die Verhältnisse sind hier reinlicher und leichter zu überblicken.

D. Bodenbildung im Hochgebirge

Die Bodenbildung im Hochgebirge sei durch folgendes Schema dargestellt:

TABELLE 17
Schema der Bodenbildung im Hochgebirge

Muttergestein	Böden mit Umlagerung der leicht löslichen Stoffe, einschliesslich der Karbonate	Böden mit Umlagerung der Sesquioxide	Klimax
Silikatroliböden	Braunerden	Podsol	Alpine Huinusböden
Kalkrohböden	Rendzina	Podsol	
Endodynamomorph		Ektodynamomorpli	

In niedern Lagen (Mittelland) wird Podsol zum Klimax.

1. Rohböden

Die Rohböden dehnen sich hauptsächlich oberhalb der Waldgrenze aus und werden in höhern Regionen neben Schnee und Eis die alleinherrschende Bodenart. Die höchsten Gipfel des Engadins (Piz Bernina, 4055 m), wo nur physikalischer Gesteinszerfall durch Frost und Wärme stattfindet, sind mit *P r o s t e r d e n* bedeckt. Die nackten Felsen werden von Algen, Flechten und Moosen besiedelt, die der periodischen **Austrocknung** widerstehen.

a) Urgestein, besonders Granit, zeigt an windgefügten Orten charakteristische Detailverwitterungen, es bleiben nur hervorstehende Feldspäte übrig, die die Gesteinsoberfläche wie eine Rasper gestalten und das Klettern erleichtern. Folgende höhere Pflanzenassoziationen sind Pionie e auf **Silikatrohböden**:

Androsacetum multiflorae

Oxyrietum

b) Bei **Kalkrohböden** (Engadiner Dolomiten) tritt neben dem physikalischen Gesteinszerfall bereits die chemische Verwitterung in den Vordergrund. Kohlensäurehaltiges Wasser **löst** die Karbonate als Bikarbonate; da an steilen Hängen die verbleibenden Rückstände, die Tonerdesilikate, fortwährend weggeschwemmt werden, bilden sich nur Rinnen und **Karren** aus. Der Karbonatgehalt beträgt bis 92% CaCO_3 . Assoziation der Gipfelfelsen:

Androsacetum helveticae

Assoziationen im Geröll und Schutt:

Thlaspectum rotundifolii

Arabidetum coeruleae

Firmetum

c) Lokale **Humusanhäufungen** auf Rohböden. Direkt auf nackten **Granitplatten** aufliegend, finden sich manchmal bis 50 cm mächtige saure Humuspolster (pH 4,9) in einigen m² Ausdehnung, meistens aus *Carex curvula* bestehend. Die **Gesteinsunterlage** scheint kaum verwittert zu sein.

In Spalten und Klüften der Karren kalkreicher Berglagen siedeln sich vielfach **höhere** Pflanzen an (z. B. *Sesleria coerulea*) und füllen allmählich die Rinnen mit nahezu **neutralem**, gesättigtem Humus (pH 6,8) mehrere Dezimeter hoch an.

2. Böden mit Umlagerung der leichtlöslichen Stoffe, einschliesslich der Karbonate (Rendzina)

a) Urgesteinsböden. Verwitterte **Silikatböden** verfallen rasch der **Podsolierung**. Jüngere **Übergangstypen** entsprechen der **RAMANNSCHEN** Braunerde. Die vorhandenen Humusstoffe verleihen den Böden **einen** schmutzigen Farbton, hellere, gelbbraune oder dunklere braunrote Färbungen sind recht häufig, besonders im Gebiete der **Gneise** und Glimmerschiefer. Der Einfluss des Muttergesteins tritt sehr stark hervor. Folgende Pflanzenassoziationen sind für die alpine Stufe bezeichnend:

Festucetum Halleri und Varianten

Caricetum curvulae cetrarietosum

Caricetum curvulae elynetosum

b) **Kalkböden**. Auf Kalk bildet sich an geneigten Hängen relativ rasch **Rendzina**¹ aus.

a) **Morphologische Charakterisierung**. **Rendzina** ist durch zwei deutliche Horizonte gekennzeichnet:

B-Horizont: Anreicherungshorizont, dunkle Tonböden.

C-Horizont: **Muttergestein**, Kalk- und Mergelschichten.

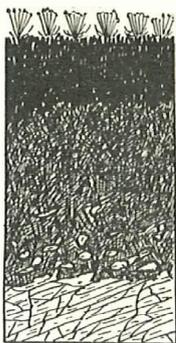


Fig. 9.

Rendzinaprofil.

Im **Hochgebirge**, besonders unter *Elynetum*, entwickelt sich die oberste Schicht des B-Horizontes leicht zu einem sehr humusreichen A₁-Horizont. B. AARNIO und H. STREMMER (1924) bemerken folgendes:

Die Rendzina bildet sich auf weichem Kalk oder Mergel. Die oberste Schicht ist reich an **Humusstoffen**, welche sich schwierig im Wasser lösen. Die **Humusanhäufung** (1,5—7 %) bewirkt, dass die dunkle oder schwarze **Färbung** der Humuskalkböden **besonders im feuchten Zustande** hervortritt. Aus den Analysen geht hervor, dass Kieselsäure und die Sesquioxide sehr stark **angereichert sind**, wie auch Kali. Kalk ist kräftig **ausgelaugt**. Der Bodenbildungsprozess geht also in dem Sinne vor sich, dass der kohlensaure Kalk ausgelaugt wird, während die Silikatsgesteine und deren Verwitterungsprodukte **zurückbleiben (B-Horizont)**. Wenn der **Humus-**

Horizont kalkfrei wird, werden die Humusstoffe beweglich und Rendzina verändert sich zu **podsoligen Böden (GLINKA)**.

¹ Rendzina (polnisch) bedeutet nach K. GLINKA zäher, toniger Boden.

Rendzina stimmt, abgesehen vom hohen Humusgehalt, mit der RAMANNSCHEN Braunerde nahezu überein. Es ist aber eine rein **morphologische** Bezeichnung humoser, mehr oder weniger ausgelaugter **Kalkböden** und wurde auch von uns benutzt, um den Gegensatz dieser Böden zur **klimatischen Braunerde** zu betonen.

Auch S. MIKLASZEWSKI (1924) zeigt für Polen, dem klassischen Lande der Rendzina, «que le climat essaie de les transformer en podsols complètes».

β) Bildung des Rendzinaprofiles. Rendzina ist die herrschende Bodenart des Parkgebietes auf Kalk. Sobald sich Vegetation auf Kalkrohböden einstellt, beginnt die Bodenbildung unmittelbar. Der Gesteinsgrus, der durch Wechselwirkung von Wärme und Frost, von Kalkfelsen und Mergelschichten abbröckelt, wird von den Pflanzenwurzeln zusammengehalten. Kräftige Kohlen säureproduktion durch reichliche Zersetzung der adsorptiv gesättigten und grobdispersen neutralen Humusstoffe beschleunigt die Bikarbonatbildung. Kalzium- und Magnesiumkarbonat wird in grossen Mengen gelöst. Die Silikatrückstände reichern sich an, $[\text{Al}(\text{OH})_3]^+$, $[\text{Fe}(\text{OH})_3]^+$ und $[\text{SiO}_2]^-$ in Solform fällen sich gegenseitig und durch Ca^{++} zu adsorptionsfähigen Tonsubstanzen, den Nährstoffkammern des Bodens, aus. Kali wird adsorbiert, Phosphorsäure wird als Eisenphosphat unlöslich gemacht. Deutlich beginnt sich der humusreiche B-Horizont vom Untergrunde abzuheben. Der Boden ist relativ tiefgründig, 20–40 cm Feinerde, fruchtbar und ermöglicht anspruchsvollen Assoziationen ein üppiges Gedeihen. Der reiche Humusgehalt lockert die zähen, bindigen Tone und schafft eine günstige Wasserführung. Der Boden ist vom alpwirtschaftlichen Gesichtspunkte aus im Optimumzustand. pH schwankt von 6,5 bis 5,5. Folgende reichlich organische Substanz produzierende Assoziationen sind für Rendzinaböden typisch:

Seslerieto-Semperviretum

Festuca violacea-Trifolium Thalii-Assoziation

Elynetum

γ) Rendzinapodsole. Sind sämtliche Karbonate gelöst, so wird mit zunehmender

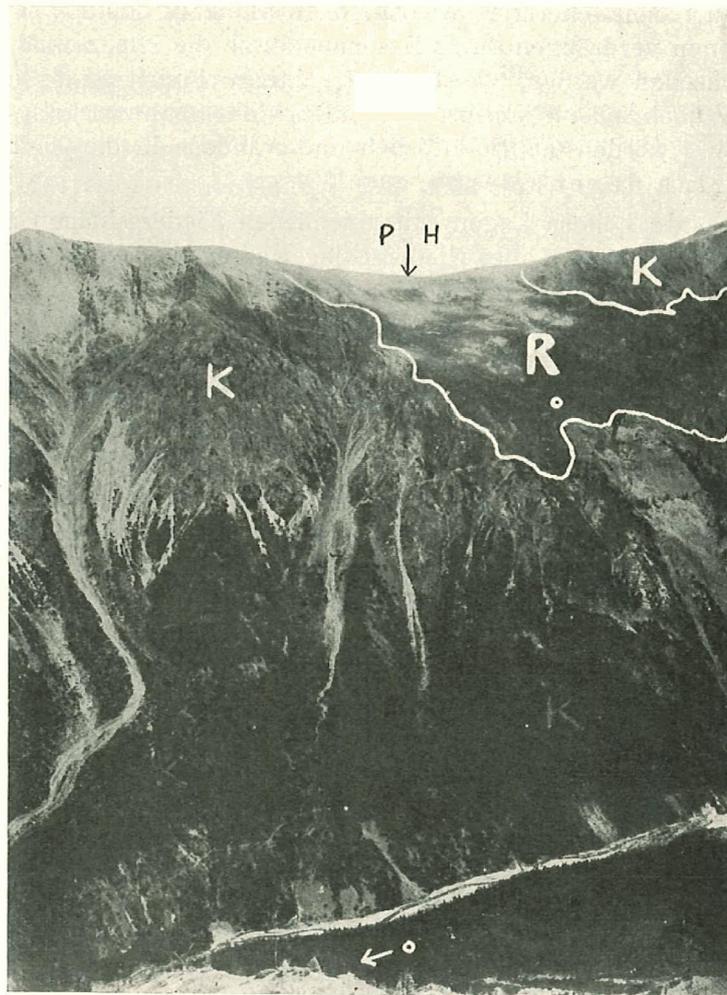


Fig. 10. Val Cluozza mit Alp Murtèr.
Talboden 1850 m ii. M., Passhöhe 2600 m ii. M.

K = Kalkrohböden P = Rendzinapodsol
R = Rendzinaböden H = alpine Humusböden
O = Flugstaubtotalisatoren

Humusanreicherung der oberste A,-Horizont deutlich sauer. pH nimmt rasch ab. Die H⁺-Ionen verdrängen durch Basenaustausch die Pflanzennährstoffe, die in den Untergrund gewaschen werden, sodass der fruchtbare Boden an löslichen Stoffen verarmt. Humus geht in hochdisperse Form über und beginnt **Schutzwirkung** auszuüben. $[\text{Al}(\text{OH})_3]^+$, $[\text{Fe}(\text{OH})_3]^+$, $[\text{SiO}_2]$ werden als Sole löslich und wandern in die Tiefe. Der Boden wird sandig, Rendzina degeneriert.

In höhern Lagen mit reichlichen Niederschlägen und tieferer Temperatur, wo auf ebenen Flächen alles Niederschlagswasser einsickert, findet sich bereits deutliche **Podsolierung**.¹ Der obere Teil des B-Horizontes, unter der **Humusschicht** A₁ wird durch **Auslaugung** fahler, es entsteht ein **A₂-Horizont**. Der B-Horizont wird durch **Anreicherung** von **Eisenhydroxyd** hellbraun. Der oberste **Humushorizont** wird stark sauer und auch in den **anderen** Horizonten nimmt die Azidität zu, wenn schon von oben nach unten abnehmend. Der Boden verarmt an Puffersubstanzen und unterliegt grossen Schwankungen in der **Wasserstoffionen**-konzentration. Ein Wechsel im Vegetationsbild tritt ein. Langsam nehmen einzelne ausgesprochen azidiphile Arten überhand, später stellen sich azidiphile Assoziationen ein. Der Podsoltyp wird immer ausgeprägter, der A₁-Horizont immer mächtiger und wird charakteristisch für die Entwicklung der **Bodenbildung**, die über Podsol hinaus zum Klimax, dem alpinen Humusboden, führt. Vegetation auf Rendzinapodsolen:

Elynetum
Salicetum herbaceae
Curvuletum

6) Ober die Mächtigkeit der Rendzinaprofile gibt Tabelle 18 Aufschluss. -

TABELLE 18

Mächtigkeit der Rendzinaprofile

Rendzina						Rendzinapodsole			
Horizont	Alp Murtèr					Horizont	Murtaröl		Parpan
	cm	cm	cm	cm	cm		cm	cm	cm
A ₁	12	25	13	20	15	A ₁	8	35	3
B	4	40	11	15	17	A ₂	2	3	5
C	Rätkalk und -mergel					B	25	10	18
Assoziationen:	<i>Elynetum</i> <i>Festucetum violaceae</i>			<i>Curvuletum</i>		C	Rätkalk		Serpentin mit Kalk
						Assoziationen:	<i>Curvuletum</i>		<i>Elynetum</i>

Auffallend sind die variierenden Schichthöhen des tonigen B-Horizontes. Mächtige Schichtdicken sind alpwirtschaftlich von unschätzbarem Werte, denn sie garantieren einen nachhaltigen Bodenertrag. Die Alp **Murtèr** kann im allgemeinen als tiefgründig bezeichnet werden,

¹ Über Podsol vergleiche Seite 330.

während andere Parkgebiete, z. B. Mot **Madlein**, La **Schera**, stellenweise viel flachgründiger sind. — Der humusreiche A₁-Horizont hat bereits einen bedeutenden Anteil am Aufbau des Profiles **inne**.

Die Rendzinapodsole lassen schmale, aber deutliche Bleicherdestreifen von 2–5 cm Mächtigkeit erkennen. Der B-Horizont ist dominierend, mit Ausnahme des einen Profils, bei dem die **Humusschicht 35 cm** misst. Schmale A₁-Horizonte sind eigentlich nur unter dem *Salicetum herbaceae* häufig, das minimale Mengen Humus produziert.

ε) Analysen von Rendzinaböden:

ANALYSE 1

Profil Alp Murtèr, 2450 m

Analyse der luft-trockenen Substanz	Horizonte		
	A ₁	B	C
In HCl löslich:			
SiO ₂	—	—	—
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	—	15,16	11,68
CaO	—	1,44	3,85
MgO	—	0,33	0,59
K ₂ O	—	0,09	0,03
P ₂ O ₅	—	0,15	0,06
H ₂ O (1100)	5,78	4,40	1,10
CO ₂	0,00	0,00	0,30
Humus	25,70	2,05	2,00
pH	5,8	6,6	6,7
Pufferung (Nachgiebigkeit):			
gegen Säure	0,3	2,0	0,0
gegen Lauge	0,3	0,1	0,4

A₁ = 0–10 cm, Humus

B = 10–14 cm, gelber, toniger Boden

C = 14–? cm, dunkle, bituminöse Schiefer

Vegetation: *Elynetum*

ANALYSE 2

Profil Alp Murtèr, 2250 m

Analyse der luft-trockenen Substanz	Horizonte		
	A ₁	B	C
In HCl löslich:			
SiO ₂	—	—	—
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	—	13,03	1,94
CaO	—	0,38	46,00
MgO	—	0,05	0,75
K ₂ O	—	0,12	0,00
P ₂ O ₅	—	0,21	0,00
H ₂ O (1100)	11,21	6,41	0,30
CO ₂	0,00	0,00	36,10
Humus	35,32	17,85	0,00
pH	6,0	6,9	7,6
Pufferung (Nachgiebigkeit):			
gegen Säure	0,2	1,4	0,0
gegen Lauge	0,1	0,3	0,2

A₁ = 0–25 cm, Humus

B = 25–65 cm, dunkelgrauer, schwerer Ton

C = 65–? cm, Kaikfels

Vegetation: *Elynetum*

Die Auswaschung der Karbonate ist augenscheinlich, die Sesquioxyde sind angereichert, besonders in Analyse 2, wo die 82% CaCO₃ des Untergrundes im B-Horizont verschwunden sind. **Tonbildung** ist aus den Analysen nicht zu erkennen, da die **Gesamtkiesel-säure** nicht bestimmt ist. Phosphorsäure ist ebenfalls angereichert, auch Kali. Die Pufferung gegen Lauge ist immer noch gross, **infolge Humusanreicherung**, die Pufferung gegen Säure gering, wegen Abwesenheit der Karbonate.

Analyse Nr. 6 (S. 335) zeigt die Verhältnisse in einem Rendzina-Podsol. Es lässt sich auch hier die Umlagerung der Karbonate (60%) erkennen, ferner die **Anreicherung** der Sesquioxyde. Bereits sind **infolge Schutzwirkung** des sehr sauren Humus, der eine **zehnmal** höhere Wasserstoffionenkonzentration als bei den Rendzinaprofilen aufweist, Aluminium und Eisen in Solzustand übergegangen, umgelagert worden und die Trennung von A₂ und B ist bereits von Auge sichtbar. Auch die **Puffersubstanzen** sind im B-Horizont angereichert worden, haben

sich im **A₂-Horizont** dagegen stark vermindert. Diese Kriterien scheinen ebenso empfindlich zu sein, wie die Wanderung der Sesquioxide.

Vier weitere ausführliche Profilanalysen von Böden aus Berglagen, die zum Rendzina-typ zu zählen sind, finden sich bei P. NIGGLI (1926), Nr. 7, 8, 9, 10.

3. Böden mit Umlagerung der Sesquioxide (Podsol)

a) Morphologische und klimatische Charakterisierung

Podsol ist **Klimax** in extrem humiden Gebieten und ist eine in Europa weit verbreitete und wohl die beststudierte **Bodenart** (O. TAMM, 1920). Örtliche geologische und petrographische Einflüsse treten stark zurück und ein einheitlicher Bodentyp überdeckt die verschiedensten Gesteine. Auch im Hochgebirge kann Podsol auf jeder Gesteinsunterlage beobachtet werden.

Podsol ist durch scharfe Dreiteilung des Profils gekennzeichnet:

A-Horizont, **A₁: Humusschicht**, im Hochgebirge oft sehr stark ausgeprägt

A₂: Bleicherdeschicht, hellgrau bis weiss, mit starker Auswaschung.

B-Horizont, **Anreicherungsschicht**, ockergelb bis tief braun gefärbt, reich an **Humus- und Eisenverbindungen** (Ortsstein der nordischen Gebiete).

C-Horizont, Muttergestein.

Nach H. STREMMER (G. WIEGNER, 1918) beginnt die Podsolierung bei mehr als **600 mm** Niederschlag (Deutschland). — Ofengebiet und **Engadin** gehören zu den **kontinentalsten** Gegenden der Schweiz und sind durch gesteigerte **Wärmegegensätze** zwischen Sommer und Winter gekennzeichnet. Die Schneegrenze liegt bei **2900—3000 m**, die Waldgrenze bei **2150—2300 m**.

Für die analysierten **Podsole** gelten folgende klimatologische Daten:

TABELLE 20

Klimatologische Daten zu Podsolprofilen im Engadin (siehe BRUNIES, 1918)

Ort	Meereshöhe	Mittlere Jahres- temperatur	Niederschlag	Befeuchtungsfaktor (N. S. Quotient)
Zernez (Eisenpodsol)	1500 m	5°	650 mm	575
Muragl (Eisenpodsol)	1730 m	1°	800 mm	707
Murtaröl (Rendzinapodsol)	2570 m	0°*	1000—1200* mm	500—2400
Sesvenna (Humuspodsol)	2520 m	-1°*	1200—1500* mm	600—3000

*extrapoliert

Die zahlenmässige Erfassung der Befeuchtungsgrösse, d. h. der Wert: «Niederschlag minus Verdunstung», ist noch sehr unvollkommen. In der letzten Kolonne von Tabelle 20 wurde der **N. S.-Quotient** (Niederschlag dividiert durch Sättigungsdefizit) nach A. MEYER **versuchsweise** ermittelt. Als Sättigungsdefizit für Zernez und Muragl wurde der Wert von Bevers **1,13** eingesetzt, die Werte für Murtaröl und Sesvenna liegen im Vergleich zu anderen **Höhenstationen** zwischen **0,5—2** (A. MEYER, 1926). Der **Regenfaktor** nach R. LANG (Niederschlag dividiert durch mittlere Jahrestemperatur) **wird** den Verhältnissen noch weniger gerecht. Für das Podsol Zernez berechnet sich der **Regenfaktor** der **frostfreien** Zeit zu **105**, statt mindestens zu **160**; es **dürfte** also nach R. LANG gar kein Podsol entstehen.

Überhaupt wird im Gebirge die Verwendungsmöglichkeit der üblichen Klimadaten, die sich nur auf Luftmessungen beziehen, mit zunehmender Höhe beschränkter. Das Boden-

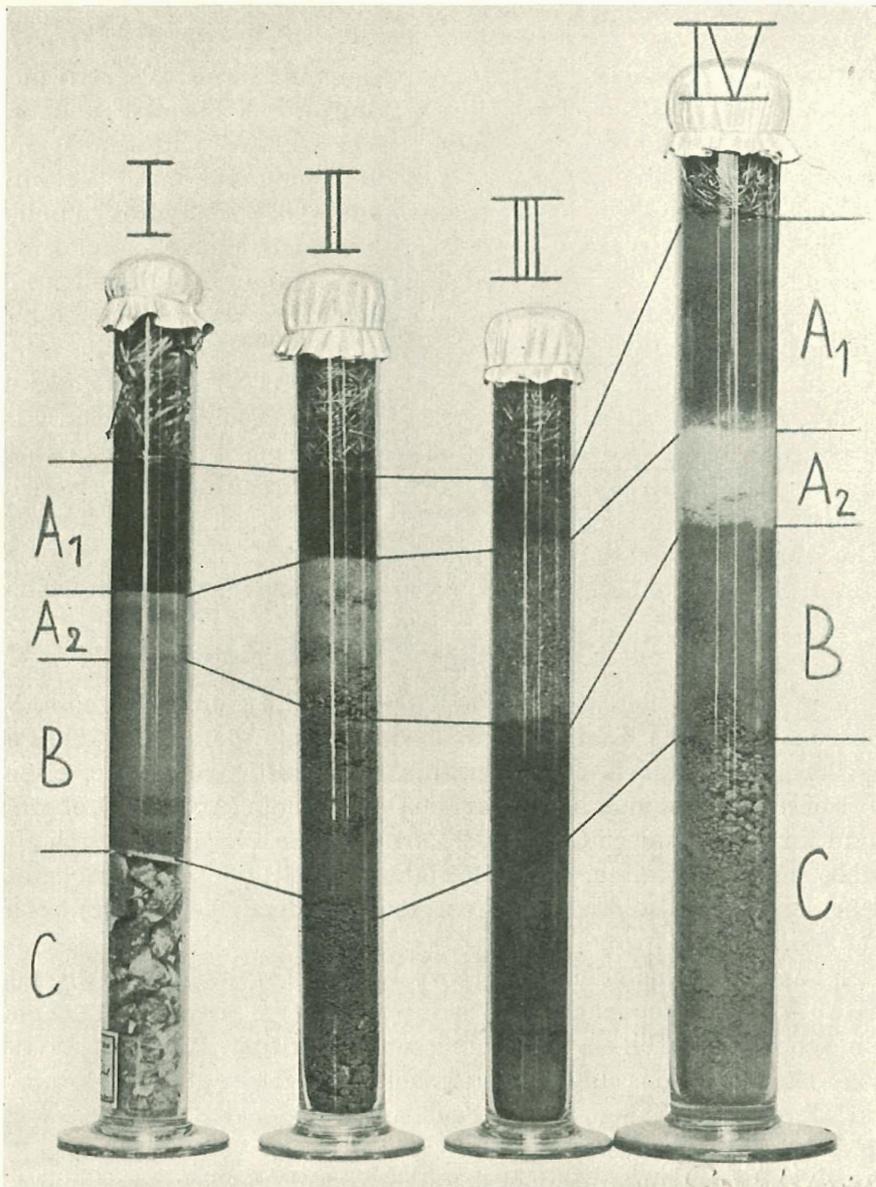


Fig. 11. Engadinér Podsole.

I. Rendzinpodsol, Murtaröl, 2400 m
II. Eisenpodsol, Zernez, 1500 m

III. Humuspodsol, Val Sesvenna
IV. Eisenpodsol, Muragl, 1800 m

klima tritt immer mehr in den Vordergrund. Man denke nur **daran**, dass sich bei je **100 m** Steigung die schneefreie Zeit um nicht weniger als 11 Tage **verkürzt** (BRUNIES, 1918) und dass **im Sommer tagstüber Bodenoberflächentemperaturen** von 50° gemessen werden, während

nachts die Erde wieder gefriert. Windverhältnisse, die die **Verdunstung** nachhaltig beeinflussen, und die Mengen des oberirdisch abfließenden Wassers ändern sich mit wechselndem Relief innerhalb weiter Grenzen.

b) Bildung des Podsolprofiles

Nach G. WIEGNER (1918) ist das reichliche Auftreten von saurem, adsorptiv ungesättigtem Humus für Podsol charakteristisch. Die **Schutzwirkung**, durch Eiweisse und Kohlehydrate hervorgerufen, ist schon in hohen **Verdünnungen** sehr wirksam und schützt Suspensionen und **Suspensioide** vor gegenseitiger und **Elektrolytausfällung**. Die durch Verwitterung entstehenden kolloidalen Zerteilungen von **Aluminiumhydroxyd**, Eisenhydroxyd und Kieselsäure bleiben deshalb im Solzustand. Alle **einen Zerteilungen** wandern allmählich aus dem **A₂-Horizont** (der ursprünglich obersten B-Horizontschicht) in den B-Horizont, wo sie kapillar entladen oder durch Adsorption gefällt werden. Wahrscheinlich ist auch, dass **im** Sommer die herabsteigenden Kolloide, wenn der **Wasserstrom** zeitweise von unten nach oben steigt, durch die Kationen des Untergrundes zu irreversiblen Gelen ausgeflockt werden. Zur gegenseitigen Koagulation von Aluminiumhydroxyd und Kieselsäure, zur **Tonbildung**, kommt es nicht. Alles, was im Boden fein zerteilt ist, wird durch sauren Humus mobil gemacht und ausgewaschen. Grobkörnige, leicht wasserdurchlässige Böden, besonders im **nährstoffarmen A₂-Horizont**, sind die Folgeerscheinungen. Der durch koaguliertes Eisenhydroxyd ockergefärbte B-Horizont enthält meist reichliche Mengen Kationen, die vielfach adsorptiv festgehalten sind. Hier finden **Pflanzenwurzeln**, sofern sie tief genug einzudringen vermögen, reichliche Nährstoffe (**Ortsteinhorizont**).

c) Podsole im Parkgebiet und Engadin

Podsol findet sich besonders deutlich auf Urgestein im ganzen **Engadin**. Mulden und Becken in höheren Lagen des **Kristallinen** sind **Idealgebiete** für ausgeprägte Podsolierung. Gänzlich ausgebleichte, fast weisse **A₁-Horizonte** und kräftig rotbraune, eisenreiche Anreicherungs Horizonte (B) sieht man bei Muragl **im** Oberengadin (Analyse 3), oberhalb La Rösa **im** Puschlav und an vielen **andern** Orten. Bei **Zernez** ist die Bleicherde durch Humus leicht gefärbt, ebenfalls **im** Val **Sesvenna**. Der **Ortsteinhorizont** ist in letzterem Boden **schokoladebraun**. Ein sehr schönes **Podsolprofil mit Analysen** aus dem **Oberengadin** beschreibt auch W. LEININGEN (1908):

In höheren Lagen, oberhalb der Waldgrenze, tritt auf Urgestein eine Abart des gewöhnlichen **Eisenpodsol**s, das sogenannte **Humuspodsol** (**Val Sesvenna, Mot Falein**) auf, mit einem dunkeln, **schokoladefarbigem**, stark humosen B-Horizont. B. FROSTERUS (1924) gibt für fennoskandische Humuspodsole einen **Humusgehalt** im B-Horizont bis 12% an. Wir finden 11,22% Humus. Eisenpodsole haben nach B. FROSTERUS weniger als 3% Humus. Wir finden 2,68 und 3,51% **im** **Anreicherungs**horizont B.

Hohe Wasserstoffionenkonzentrationen sind für Podsole **im** Park **bezeichnend**. Neben dem **A₁-Horizont** ist die Bleicherde **A₂** gewöhnlich am sauersten. Im B-Horizont ist die Azidität wegen **Kationenreichtums** geringer, im C-Horizont steigt sie wieder an. **Rendzina-Podsole** haben kalkreiche C-Horizonte mit neutraler **bis** alkalischer **Reaktion**.

Die oft hervorgehobene mangelhafte **Durchlüftung** der Podsolprofile konnte nicht beobachtet werden. Podsol auf Urgestein ist vielfach grobkörnig und durchlässig, einzig der **aluminium-** und eisenreiche B-Horizont neigt manchmal zur leichten Verklüftung. **Rendzina-Podsole** sind in der **Übergangsphase** sehr feinsandig.

Eine mässige, nicht übertriebene **Wasserdurchlässigkeit**, wie sie schwach lehmigen Sanden zukommt, beschleunigt die **Umlagerungsprozesse**. Moränen, Bergsturzgebiete, Schotterterrassen verhindern stagnierendes Wasser und lassen die Niederschläge gut und nicht zu rasch durchsickern. Solche Böden zeigen fast immer beginnende Podsolierung, sofern sie nicht zu jung sind.

Will man im Gelände nach **Podsol** sondieren, so achte man auf den braunen Ortsteinhorizont, nicht etwa auf die Bleicherde. Der eisenreiche B-Horizont ist viel auffälliger und man findet dann in der Regel auch die Bleicherde, die meist durch Humus verunreinigt und in feuchtem Zustand schlecht kenntlich ist.

In höheren Lagen verlieren die älteren Böden den typischen **Podsolcharakter** und gehen in die alpinen Humusböden über, die das **Schlussglied** der Bodenbildung im Hochgebirge markieren.

Podsol auf Kalk ist seltener (vgl. über Rendzinapodsole). Ebene Flächen in **grosser** Höhe, Bergrücken und **Nordhänge** sind die bevorzugten Orte **klimatischer** Bodentypen. Da auf Kalkböden zuerst **alle** Karbonate ausgewaschen und grosse Mengen Ton wieder dispergiert werden müssen, sind die **Silikatgesteine** in der Podsolierung zeitlich bedeutend im Vorsprung.

Von den Pflanzengesellschaften scheint auf Podsolböden das *Curvuletum* sich besonders zu gefallen.

d) Mächtigkeit der Podsol-Horizonte

Über die Mächtigkeit der verschiedenen Podsolhorizonte gibt Tabelle 21 Aufschluss:

TABELLE 21

Mächtigkeit der Podsolhorizonte

Horizonte	Eisenpodsole		Humuspodsole		
	Muragl	Zernez	Val Sesvenna		Mot Falein
A ₁	8–12 cm	10–15 cm	2–3 cm	2–3 cm	2–3 cm
A ₂	4–5 cm	10–15 cm	2–11 cm	3–4 cm	8–11 cm
B	10–20 cm	15–30 cm	3–5 cm	6–8 cm	5–6 cm
C	über 20 cm	über 50 cm	über 1 m	über 30 cm	Über 20 cm

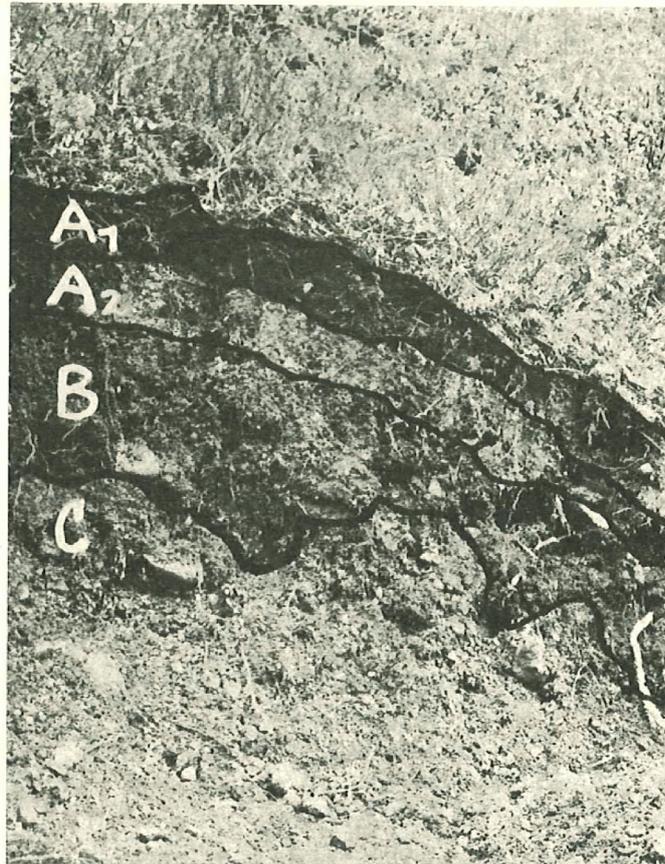


Fig. 12. Podsolprofil am Eingang ins Val Clouza (Zernez, 1500 m).
Vergleiche Analyse.

Ähnliche Masse findet O. TAMM (1920) im nordschwedischen Nadelwaldgebiet, vgl. auch B. AARNIO und H. STREMMER (1924), die zahlreiche Podsolanalysen veröffentlicht haben. Die auffallende Übereinstimmung alpiner und nordischer Podsole in Mächtigkeit und chemischer Zusammensetzung ist ein schöner Beweis für die Theorie der Klimatypen.

Die Schichthöhen sind nicht so gross, wie bei den schwachpodsoligen Profilen des schweizerischen Mittellandes, die H. GESSNER (1925) beschrieben hat. Die Denudation im Gebirge lässt eben tiefe Bodenbildung nur schwer aufkommen. Bezeichnend ist aber, dass sich innerhalb des wenig mächtigen Solum-Horizontes doch schon deutliche Bleicherden und Ortserden entwickelt haben. Gegenüber den spätreifen Rendzinapodsolen (Tabelle 18) sind die A₂-Horizonte der Silikatpodsole 2–3mal mächtiger.

Die Sesvenna-Podsole liegen auf Silikatmoränen des Sesvenna-Gletschers. Angesichts der rückläufigen Gletscherbewegung lässt sich das Alter dieser Podsole auf ca. 1000 Jahre schätzen. In Gebieten mit weniger extrem perhumidem Klima verläuft die Podsolierung entsprechend langsamer. O. TAMM (1920) berechnet für Nord- und Mittelschweden, dass 6000 bis 7000 Jahre nötig sind, um bis 15 cm Bleicherde und 10–30 cm Ortserde zu erzeugen.

e) Analysen von Podsolprofilen

ANALYSE 8

1. Eisenpodsol, 1730 m über Meer

Profil Muragl (Oberengadin)

Analyse der luft-trockenen Substanz	Horizonte			
	A ₁	A ₂	B	C
In HCl löslich:	%	%	%	%
SiO ₂	—	0,06	0,67	0,31
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	—	1,35	8,41	6,28
CaO	—	0,35	0,10	0,27
	—	0,18	0,33	0,28
K ₂ O	—	—	—	—
	—	0,01	0,20	0,05
H ₂ O (110°)	7,60	4,11	3,68	2,92
CO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00
Humus	6,80	0,98	2,68	1,94
pH	5,6	5,5	5,7	6,2
Pufferung: (Nachgiebigkeit)				
gegen Säure	0,4	> 1,9	—	—
gegen Lauge	0,3	1,0	—	—

A₁ = 0–10 cm, dunkelbrauner Humus
 A₂ = 10–16 cm, weisser, feiner Sand
 B = 16–30 cm, ockerbrauner, gröberer Sand
 C = 30–7 cm, grauer, grobkörniger Sand,
 Aluvionen
 Vegetation: Magerwiese

ANALYSE 4

2. Eisenpodsol, 1500 m über Meer

Profil bei Zernez (Unterengadin)

Analyse der luft-trockenen Substanz	Horizonte			
	A ₁	A ₂	B	C
In HCl löslich:	%	%	%	%
SiO ₂	—	0,14	0,15	0,69
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	—	3,99	17,00	9,70
CaO	—	0,24	0,50	10,90
MgO	—	0,34	0,37	3,73
K ₂ O	—	—	—	—
P ₂ O ₅	—	0,00	0,07	0,00
H ₂ O (110°)	5,41	1,20	2,00	0,81
CO ₂	0,00	0,00	0,00	3,21
Humus	28,85	2,87	3,51	2,68
pH	6,0	6,4	6,8	7,2
Pufferung: (Nachgiebigkeit)				
gegen Säure	0,1	1,6	—	—
gegen Lauge	0,2	0,5	—	—

A₁ = 0–16 cm, dunkelbrauner Humus
 A₂ = 16–30 cm, hellgrau gebleichte Schicht
 B = 30–50 cm, dunkelgelbes Gerölle
 C = 66–? cm, dunkelgrauer Schutt mit Geröll.
 Bergsturzgebiet
 Vegetation: Koniferenmischwald

ANALYSE 5

3. Humuspodsol, 2520 m
Profil Val Sesvenna (Scarl)

Analyse der luft-trockenen Substanz	Horizonte			
	A ₁	A ₂	B	C
In HCl löslich:	%	%	%	%
SiO ₂	—	10,56	21,71	11,8
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	—	1,79	4,56	2,91
CaO	—	0,22	0,74	0,29
MgO	—	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	—	—	—	—
P ₂ O ₅	—	0,00	0,10	0,10
H ₂ O (110°)	8,40	3,00	4,40	2,72
CO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00
Humus	27,50	4,61	11,22	6,12
pH	5,5	5,4	5,4	6,3
Pufferung: (Nachgiebigkeit)				
gegen Säure	0,3	> 1,4	—	—
gegen Lauge	0,2	1,0	—	—

ANALYSE 6

4. Rendzinpodsol, 2570 m
Profil Murtaröl (Cluza)

Analyse der luft-trockenen Substanz	Horizonte			
	A ₁	A ₂	B	C
In HCl löslich:	%	%	%	%
SiO ₂	—	—	—	—
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	—	11,18	13,50	1,39
CaO	—	0,30	0,25	33,58
MgO	—	0,30	0,00	0,54
K ₂ O	—	—	—	—
P ₂ O ₅	—	0,11	0,24	0,00
H ₂ O (110°)	10,20	3,40	4,10	3,03
CO ₂	0,00	0,00	0,00	28,40
Humus	22,43	0,51	2,95	0,00
pH	5,0	5,7	6,5	7,8
Pufferung: (Nachgiebigkeit)				
gegen Säure	0,4	> 1,6	1,2	0,0
gegen Lauge	1,3	0,8	0,1	0,0

A₁ = 0—3 cm, braunschwarzer Humus
A₂ = 3—13 cm, rötlichweisse Bleicherde
B = 13—18 cm, liumusreiche, scliokoladebraune Schicht
C = 18—? cm Gesteinstrümmer mit Humus (Moräne)
Vegetation: *Curvuletum*

A₁ = 0—35 cm, brauner Humus
A₂ = 35—38 cm, hellgrauer, sandiger Ton
B = 38—45 cm, gelbbrauner, sandiger Ton
C = 45—? cm, Kalkfels mit vielen Calzitadern
Vegetation: *Curvuletum*

In allen Profilen ist die Anreicherung der Kationen, besonders der Sesquioxyde im B-Horizont, bedeutend. Eine Ausnahme in Bezug auf CaO macht Profil, wo der Anreicherungs-horizont B etwas weniger Kalk enthält als die übrigen Schichten. Dies ist auch schon im Norden beobachtet worden (vergl. B. AARNIO und H. STREMMER). Humus ist überall vorhanden, besonders in den A₁-Horizonten, wo er regelmässig sehr sauer ist. Auch der Humus reichert sich im B-Horizont an und erreicht sogar im Humuspodsol 11,22%. In den Auslaagehorizonten A₂ verbessert er das an und für sich schwache Puffervermögen, besonders in Profil 1. Magnesium wird gegenüber Kalzium weniger ausgewaschen, sodass der ernährungsphysiologisch wichtige Kalkfaktor $\frac{\text{MgO}}{\text{CaO}}$ manchmal grösser als 1 werden kann. Derartige Böden sollen für die Pflanzen giftig sein und ihr Wachstum hemmen.

Auf ein eigenartiges, aber hin und wieder vorkommendes Bodenprofil in Wald, z. B. bei Il Pra am Eingang ins Val Cluza, hat uns Forstingenieur H. HABEGGER aufmerksam gemacht:

10 cm Humus
10—20 cm graue Verwitterungserde
1—5 cm tiefschwarze Kohlschicht
3—8 cm ziegelrote Erde (Verwechslung mit Ortstein leicht möglich)
über 30 cm graue Verwitterungserde.

H. HABEGGER führt das Profil auf frühere Waldbrände zurück. Die Holzkohlenschicht besteht aus Überresten verbrannter Baumleichen, die ziegelrote Schicht wurde durch die Hitze gebrannt. Die kahlen Flächen wurden von Verwitterungserde, die aus höheren Hängen herabfiel, wieder zugedeckt, Vegetation stellte sich von neuem ein und bildete den obersten Humushorizont.

4. Die alpinen Humusböden

a) Klimatische Humusbildung

Im Gegensatz zum humiden Flachlande ist im Hochgebirge mit 2500 mm Niederschlag und mittleren Jahrestemperaturen unter 0° die Bodenbildung mit dem Podsolstadium noch nicht abgeschlossen. Zwanglos reihen sich die alpinen Humusböden als Klimax an.

Nachdem schon früher K. GLINKA (1914) und E. RAMANN (1918) die Humusböden als Eigenschaften der kalten Zonen beschrieben haben, hat R. LANG (1920) die klimatische Humusbildung perhumider Zonen deduktiv abgeleitet. Ähnlich erklärt auch L. TSCHERMAK (1921) die Entstehung der alpinen Humusböden.

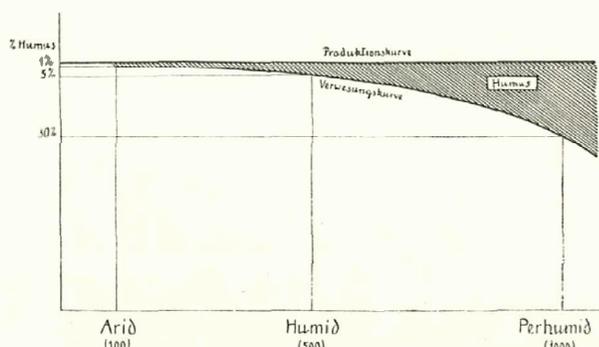


Fig. 13. Schema der klimatischen Humusbildung bei konstanter Pflanzenproduktion und unter Gleichheit aller übrigen Faktoren. (Die eingeklammerten Zahlen bedeuten NS-Quotienten.)

Morphologisch und geographisch wurde der Alpenhumus oder Alpenmoder u. a. von EBERMAYER und W. LEININGEN untersucht, letzterer beschränkte sich aus forstlichen Gründen auf das Vorkommen in der montanen Stufe. Wir legen im folgenden Wert auf die prinzipielle Entwicklung der Hochgebirgsböden, die sämtliche Phasen der Bodenbildung durchlaufend, im alpinen Humusboden enden.

Die klimatische Humusbildung ist von der Differenz: Pflanzenproduktion minus Verwesung abhängig.

Im ariden Steppengebiet ist die Pflanzenproduktion relativ gering, die organischen Stoffe werden nahezu vollständig zersetzt. Im humiden, waldreichen Klima erreicht die Pflanzenproduktion ihr Maximum, die Verwesung ist noch sehr gross, vermag aber mit der Produktion nicht Schritt zu halten, sodass sich der Humus anreichert. Mit steigender Humidität des Klimas nimmt die Pflanzenproduktion wieder ab, die Zersetzung nimmt aber, infolge ungünstiger mikrobiologischer Bedingungen, rascher ab, sodass die Differenz: Pflanzenproduktion — Pflanzenabbau = Humusanreicherung immer grösser wird und in der alpinen Stufe die Böden schon 30% Humus enthalten. Schliesslich resultiert theoretisch ein Stadium, in dem die Produktion noch eine endliche Grösse, der Abbau aber bereits Null ist.

Fig. 13 erläutert die klimatische Humusbildung schematisch unter der Annahme konstanter Pflanzenproduktion und unter Gleichheit aller übrigen Faktoren. In den ariden Steppengebieten, in den waldlosen Gegenden humider Gebiete und in der alpinen Stufe kann, im Gegensatz zu Wäldern, die Produktion an organischer Substanz annähernd als gleich gross eingesetzt werden. Das bietet den Vorteil, dass nur noch die Verwesungskurve festgelegt werden muss. Deren Ordinaten bezeichnen denjenigen Humusgehalt, bei dem Pflanzenproduktion und Abbau der organischen Substanz im Gleichgewicht sind. Für die alpine Stufe wurde dieser Wert unter Zugrundlegung der maximalen Häufigkeitszahlen im Mittel zu 30% berechnet (Seite 321).

Für **arides** Klima gibt E. W. HILGARD (1914) einen durchschnittlichen Humusgehalt der Böden von 1% an. Schwieriger zu bewerten sind **Humuszahlen** aus dem humiden Gebiet. B. AARNIOS (1925) Analysen von Braunerden unter Wald ergeben 10% Humus, doch ist diese Zahl für obige Betrachtung nicht brauchbar, da ja die **Produktionskurve** als Gerade gedacht ist, **Waldgebiete** mit viel organischer Substanz somit ausgeschaltet sind. Wir behelfen uns so, dass wir aus dem reichhaltigen Analysenmaterial des **Agr.-Chem. Lab.** der E. T. H. die **Humusgehalte** der Wiesen- und Weideböden ausschieden und im Mittel, mit sehr geringen Abweichungen, 5% Humus fanden. Die drei Werte eingesetzt, erlauben eine ganz plausible Verwesungskurve zu zeichnen und die klimatische Humusanreicherung lässt sich befriedigend quantitativ fassen. Auf der Abszisse sind die zugehörigen N.S.-Quotienten zur **Charakterisierung** des Klimas eingetragen.

b) Die Humusböden im Ofengebiet (Il Fuorn)

Die alpinen **Humusböden** sind dadurch gekennzeichnet, dass in ihrem Profil der nur aus zersetzten Pflanzenbestandteilen und Flugstaub bestehende **A₁-Horizont** über die anderen Horizonte dominiert.

Der klimatische Humus der Alpen ist vom Trockentorf der Wälder leicht zu unterscheiden. Die Pflanzenbestandteile sind, dank des günstigen **Lichtklimas** und **infolge** reichlicher Flugstaubzufuhr und **Frostwirkung** so weit abgebaut, dass sie von blossen Auge nicht mehr zu erkennen sind. Sie liefern einen dunkeln, im **trockenen** Zustande leicht pulverisierbaren Mull. Der Unterschied zwischen Alpenhumus, **Trockentorf** und Rohhumus ist jedoch nur äusserer Art und die vielen **Terminologie**streite über Humusablagerungen treffen nicht den Kernpunkt der Sache. Als **Hauptkriterien** für Rohhumus müssen Azidität und feindisperser Zustand angesehen werden, denn dies sind die gefürchteten Eigenschaften der ungesättigten Humusstoffe. Beide sind auch beim Alpenmoder **reichlich vorhanden**. Die Frage nach der **Erkennbarkeit** der **Pflanzenreste** ist wohl nur sekundärer Natur.

Die Mächtigkeit der alpinen Humusböden, die in wechselnder Menge aus organischer Substanz und Flugstaub zusammengesetzt sind, beträgt im Ofengebiet 30–65 cm, in den Tiroler Dolomiten ist

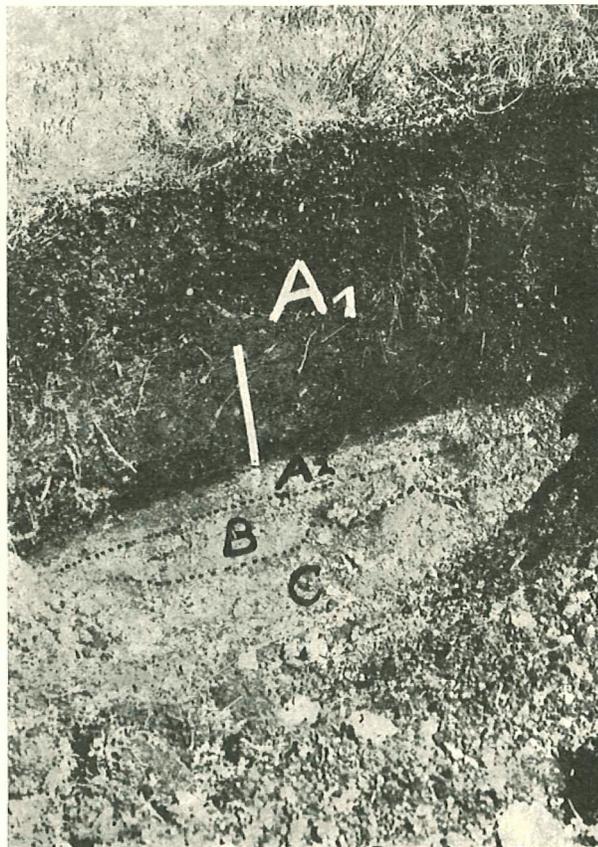


Fig. 14. Alpiner Humusboden auf Murtèr, 2600 m. A₁-Horizont 60 cm mächtig, A₂ B-Horizonte gehen nahezu unkenntlich ineinander über. Vegetation: *Curvuletum*.

H. HABEGGER führt das Profil auf frühere Waldbrände zurück. Die Holzkohlenschicht besteht aus Überresten verbrannter Baumleichen, die ziegelrote Schicht wurde durch die Hitze gebrannt. Die kahlen Flächen wurden von Verwitterungserde, die aus höheren Hängen herabfiel, wieder zugedeckt, Vegetation stellte sich von neuem ein und bildete den obersten Humushorizont.

4. Die alpinen Humusböden

a) Klimatische Humusbildung

Im Gegensatz zum humiden Flachlande ist im Hochgebirge mit 2500 mm Niederschlag und mittleren Jahrestemperaturen unter 0° die Bodenbildung mit dem Podsolstadium nicht abgeschlossen. Zwanglos reihen sich die alpinen Humusböden als Klimax an.

Nachdem schon früher K. GLINKA (1914) und E. RAMANN (1918) die Humusböden als Eigenschaften der kalten Zonen beschrieben haben, hat R. LANG (1920) die klimatische Humusbildung perhumider Zonen deduktiv abgeleitet. Ähnlich erklärt auch L. TSCHERMAK (1921) die Entstehung der alpinen Humusböden.

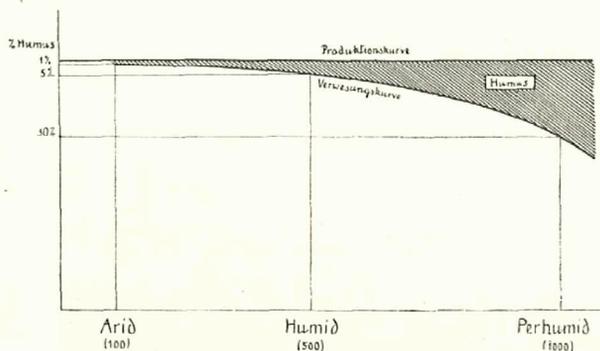


Fig. 13. Schema der klimatischen Humusbildung bei konstanter Pflanzenproduktion und unter Gleichheit aller übrigen Faktoren. (Die eingeklammerten Zahlen bedeuten NS-Quotienten.)

Morphologisch und geographisch wurde der Alpenhumus oder Alpenmoder u. a. von EBERMAYER und W. LEININGEN untersucht, letzterer beschränkte sich aus forstlichen Gründen auf das Vorkommen in der montanen Stufe. Wir legen im folgenden Wert auf die prinzipielle Entwicklung der Hochgebirgsböden, die, sämtliche Phasen der Bodenbildung durchlaufend, im alpinen Humusboden enden.

Die klimatische Humusbildung ist von der Differenz: Pflanzenproduktion minus Verwesung abhängig.

Im ariden Steppengebiet ist die Pflanzenproduktion relativ gering, die organischen Stoffe werden nahezu vollständig zersetzt. Im humiden, waldreichen Klima erreicht die Pflanzenproduktion ihr Maximum, die Verwesung ist noch sehr gross, vermag aber mit der Produktion nicht Schritt zu halten, sodass sich der Humus anreichert. Mit steigender Humidität des Klimas nimmt die Pflanzenproduktion wieder ab, die Zersetzung nimmt aber, infolge ungünstiger mikrobiologischer Bedingungen, rascher ab, sodass die Differenz: Pflanzenproduktion — Pflanzenabbau = Humusanreicherung immer grösser wird und in der alpinen Stufe die Böden schon 30% Humus enthalten. Schliesslich resultiert theoretisch ein Stadium, in dem die Produktion noch eine endliche Grösse, der Abbau aber bereits Null ist.

Fig. 13 erläutert die klimatische Humusbildung schematisch unter der Annahme konstanter Pflanzenproduktion und unter Gleichheit aller übrigen Faktoren. In den ariden Steppengebieten, in den waldlosen Gegenden humider Gebiete und in der alpinen Stufe kann, im Gegensatz zu Wäldern, die Produktion an organischer Substanz annähernd als gleich gross eingesetzt werden. Das bietet den Vorteil, dass nur noch die Verwesungskurve festgelegt werden muss. Deren Ordinaten bezeichnen denjenigen Humusgehalt, bei dem Pflanzenproduktion und Abbau der organischen Substanz im Gleichgewicht sind. Für die alpine Stufe wurde dieser Wert unter Zugrundlegung der maximalen Häufigkeitszahlen im Mittel zu 30% berechnet (Seite 321).

Für arides Klima gibt E. W. HILGARD (1914) einen durchschnittlichen **Humusgehalt** der Böden von 1% an. Schwieriger zu bewerten sind **Humuszahlen** aus dem humiden Gebiet. B. AARNIOS (1925) Analysen von Braunerden unter Wald ergeben 10% Humus, doch ist diese Zahl für obige Betrachtung nicht brauchbar, da ja die Produktionskurve als Gerade gedacht ist, **Waldgebiete** mit viel organischer Substanz somit ausgeschaltet sind. Wir behelfen uns so, dass wir aus dem reichhaltigen Analysenmaterial des **Agr.-Chem. Lab.** der E. T. H. die **Humusgehalte** der Wiesen- und Weideböden ausschieden und im Mittel, mit sehr geringen Abweichungen, 5% Humus fanden. Die drei Werte eingesetzt, erlauben eine ganz plausible **Verwesungskurve** zu zeichnen und die klimatische Humusanreicherung lässt sich befriedigend quantitativ fassen. Auf der Abszisse sind die zugehörigen N.S.-Quotienten zur **Charakterisierung** des Klimas eingetragen.

b) Die **Humusböden** im Ofengebiet (Il Fuorn)

Die alpinen **Humusböden** sind dadurch gekennzeichnet, dass in ihrem Profil der nur aus zersetzten Pflanzenbestandteilen und Flugstaub bestehende **A₁-Horizont** über die anderen Horizonte dominiert.

Der klimatische Humus der Alpen ist vom **Trockentorf** der Wälder leicht zu unterscheiden. Die Pflanzenbestandteile sind, dank des günstigen **Lichtklimas** und infolge reichlicher Flugstaubzufuhr und **Frostwirkung** so weit abgebaut, dass sie von blossem Auge nicht mehr zu erkennen sind. Sie liefern einen dunkeln, im **trockenen** Zustande leicht **pulverisierbaren** Mull. Der Unterschied zwischen Alpenhumus, **Trockentorf** und Rohhumus ist jedoch nur **äusserer** Art und die vielen **Terminologiestreite** über **Humusablagerungen** treffen nicht den Kernpunkt der Sache. Als **Hauptkriterien** für Rohhumus müssen Azidität und feindisperser Zustand angesehen werden, denn dies sind die gefürchteten Eigenschaften der ungesättigten Humusstoffe. Beide sind auch beim **Alpenmoder** reichlich vorhanden. Die Frage nach der Erkennbarkeit der Pflanzenreste ist wohl nur sekundärer Natur.

Die Mächtigkeit der alpinen **Humusböden**, die in wechselnder Menge aus organischer Substanz und Flugstaub zusammengesetzt sind, beträgt im Ofengebiet 30–65 cm, in den Tiroler Dolomiten ist

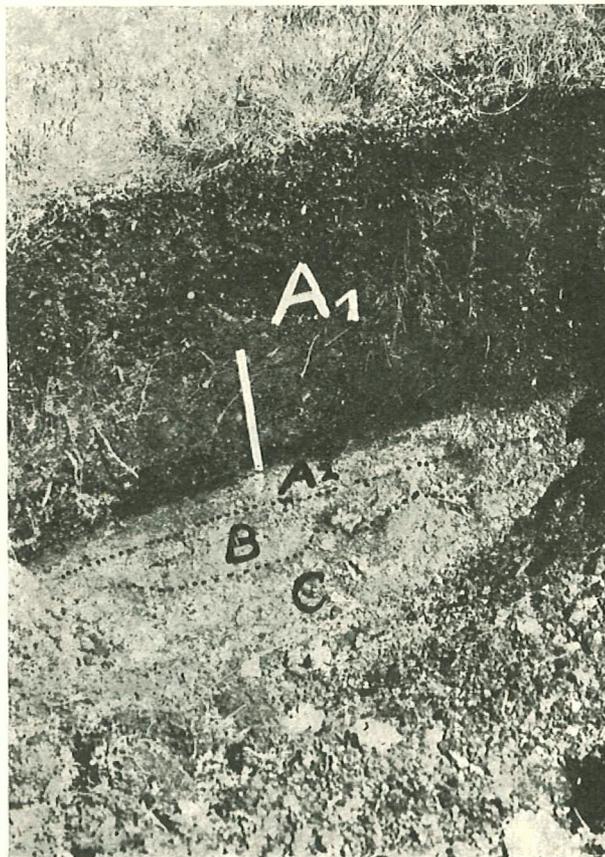


Fig. 14. Alpiner Humusboden auf Murtèr, 2600 m. A₁-Horizont 60 cm mächtig, A₂ B-Horizonte gehen nahezu unkenntlich ineinander über. Vegetation: *Curvuletum*.

die Humusanhäufung manchmal grösser, bis zu 1 m. Die Reaktionszahlen bewegen sich zwischen pH 5—4. Der Dispersitätsgrad ist hoch, vgl. Seite 319. Die Humusböden sind die sauersten Hochgebirgsböden, die gefunden wurden. Ihre allmähliche Entwicklung lässt sich erst unter Berücksichtigung der Vegetationssukzessionen richtig verstehen. Dem Bodenklimax alpiner Humusböden entspricht auch der Vegetationsklimax: *Caricion curvulae*, die einzige Pflanzengesellschaft, die die Humusböden in der alpinen Stufe restlos beherrscht.

Die Humusböden sind, wie auch das Podsol, als **echte Klimatypen** von der geologischen Unterlage unabhängig und bilden sich in grosser Mächtigkeit sowohl auf Kalk als **auch auf Urgestein**. Fig. 14, Seite 337, zeigt ein Humusbodeiprofil auf Kalk, hervorgegangen aus Rendzina.

c) Die Entwicklung des Humusbodens

Im Kristallinen ist die klimatische saure Humusanreicherung ohne weiteres verständlich. Normalerweise verwittert das Gestein zur fruchtbaren Braunerde unter Besiedelung besonderer Pflanzengesellschaften [Seite 325 a)]. Mit fortschreitender Humusbildung und Versauerung wird das Podsolstadium erreicht und zwar vielfach als Humuspodsol. Mit zunehmender

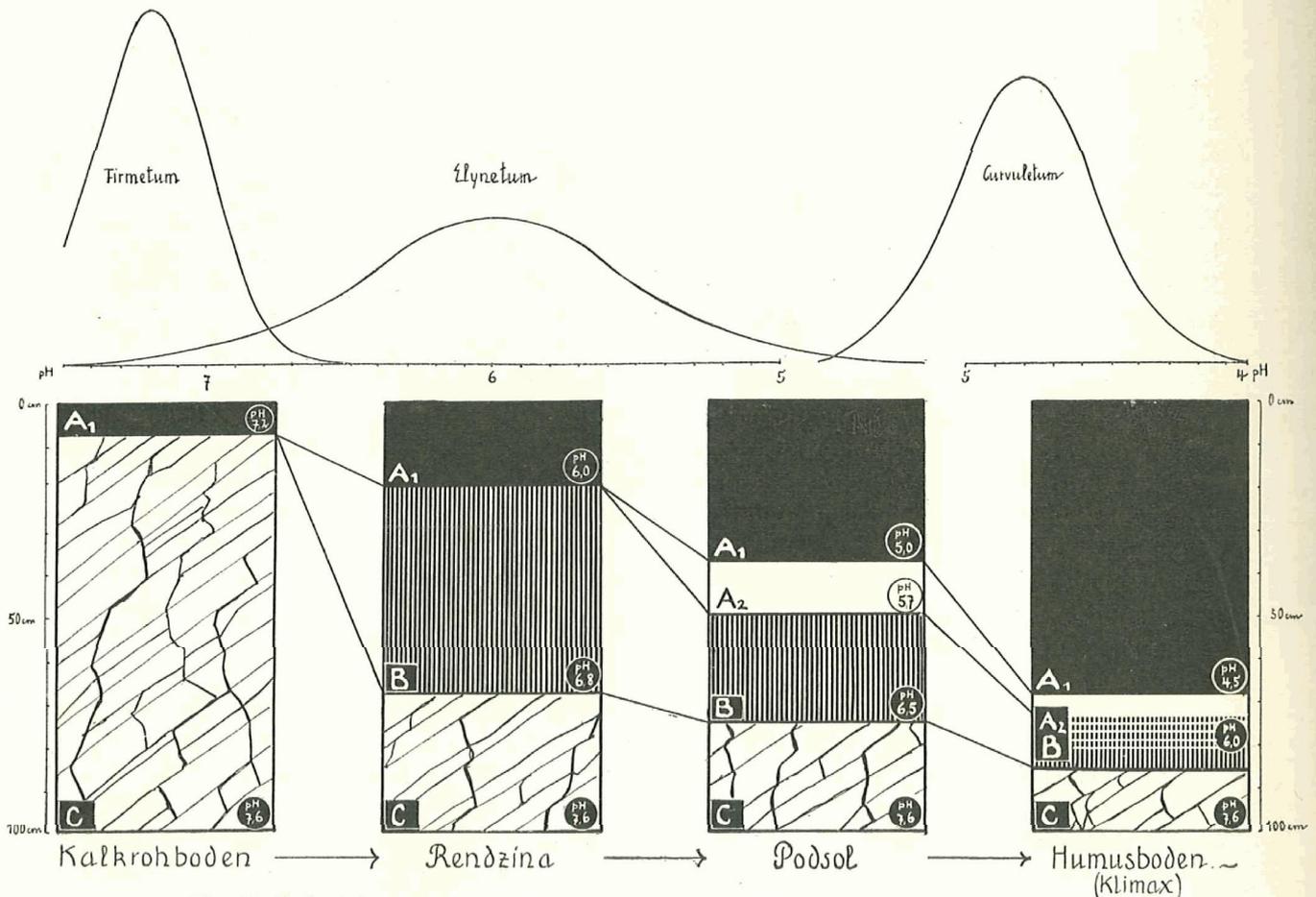


Fig. 15. Bodenbildung und Vegetationsentwicklung auf Kalk im Hochgebirge (schematisch).

Ausdehnung des A_1 -Horizontes geht die starke Auswaschung des A_2 -Horizontes parallel. Der Übergang des A_1 -Horizontes zum alpinen Humusboden ist nur eine Frage der Zeit.

Interessanter ist die prinzipiell gleiche Entwicklung auf Kalk, die durch Fig. 15 erläutert wird.

Der zerklüftete Kalkrohboden mit alkalischer bis neutraler Reaktion (pH 7,6—6,8) wird von den Pionierassoziationen, z. B. vom *Firmetum* besiedelt, das die wichtige, anfangs noch basische und neutrale Humusschicht A_1 schafft. Wie beschrieben, tritt bei der vermehrten Humusproduktion im perhumiden Alpenklima starke Auswaschung der Karbonate ein, unter Bildung von nährstoffreichem Ton und Lehm (B). Es entstehen Rendzinaböden von verschiedenem Auslaugungsgrad, die die Grundlage der fruchtbaren Kalkalpen bilden. Das streng kalziphile *Firmetum*, dessen maximale Verbreitung bei pH 7,2 liegt, wird durch das *Elynetum*, durch das kräuterreiche *Festucetum violaceae* u. a. Assoziationen ersetzt, die sich der beginnenden Versauerung anzupassen vermögen. Rendzinaböden stellen Übergangsphasen dar mit notwendig rasch wechselnder chemischer Zusammensetzung. Der Reaktionsbereich umfasst bis 2 pH, von pH 7—5. Nur solche Assoziationen sind auf Rendzina beständig, die eine grosse pH-Variabilität besitzen, z. B. das *Elynetum*, dessen maximale Häufigkeit bei pH 6 liegt, das aber sowohl auf neutralem, wie auch auf stark saurem Boden gedeiht. Das *Elynetum* ist wahrscheinlich auch gegen andere Ionen ziemlich indifferent, denn die grossen Umlagerungsprozesse der Kationen, die im Rendzinastadium vor sich gehen und zur Entstehung des B-Horizontes führen, scheinen der Vitalität dieser Assoziation keinen Abbruch zu tun.

Das kräftige Pflanzenwachstum erhöht den humosen A_1 -Horizont unter gleichzeitiger Aziditätssteigerung. Ist aller Kalk ausgewaschen, die Humusstoffe sauer und hochdispers genug, um Schutzwirkung auszuüben, so verändert sich Rendzina zu podsoligen Böden. Die Versauerung des A_1 -Horizontes erreicht die Reaktionszahl pH 5. Deutlich bildet sich in den oberen Teilen des B-Horizontes ein schmaler Bleicherdestreifen A_2 aus, der schon für das Auge ein leicht erkennbares Merkmal degenerierter Rendzinaböden darbietet. Sämtliche Bodenhorizonte werden H^+ -Ionenreicher. Die herrschenden Assoziationen vermögen der klimatischen Entwicklung nicht zu folgen, das *Elynetum* wird durch das *Curvuletum* ersetzt, das seine maximale Verbreitung bei pH 5 hat. Der bereits dominierend gewordene A_1 -Horizont bietet homogene Standortbedingungen genug, um extrem säureliebenden Pflanzenassoziationen, wie dem *Curvuletum*, mit engem pH-Bereich, Genüge zu leisten. Die steigenden Mengen saurer, hochdisperser Humusstoffe setzen sämtliche Kolloide in Bewegung, sodass zuletzt die A_2 -B-Horizonte nahezu unkenntlich, feinsandig und fahlgelb ineinander übergehen und manchmal nur wenige Zentimeter Mächtigkeit haben. Der anfangs unscheinbare, neutrale A_1 -Horizont ist nun zum stark sauren (bis pH 4) Hauptbestandteil des Bodenprofils geworden, während der zeitweise in der Rendzina als Übergangsglied vorherrschende B-Horizont zusammengeschrumpft ist. Der Klimax, der alpine Humusboden, der ausschliesslich vom Vegetationsklimax, dem *Curvuletum*, besiedelt wird, ist erreicht.

In diesem Zusammenhange sei noch einmal auf Fig. 6, Seite 310, verwiesen, wo sogenannte Bodenlinien durch grosse Vegetationsbestände gelegt wurden: *Firmetum*, *Elynetum*, *Curvuletum*, und die zugleich Aufschluss über die pH-Verteilung in Kalkrohböden, Rendzina und Humusböden geben. Anfangsglied (Kalkrohböden) und Schlussglied (Humusböden) der Entwicklungsreihe weisen eine recht regelmässige Verteilung der H^+ - bzw. OH^- -Ionen auf, währenddem die vom *Elynetum* besiedelte Übergangsphase (Rendzina) noch sehr unausgeglichen ist.

Über die geographische Verteilung der Bodentypen im Val Cluoz orientiert **Fig. 10**, Seite **327**. Vom Cluozatalboden (1850 m) aufsteigend **erklimmt** man mühsam die **Runsen, Schuttkegel** und zerklüfteten Felswände der **Kalkrohböden (K)** und betritt nahe beim **Flugstaubtotalisator** (2340 m) die Alp **Murtèr**. Leicht steigt man die flachen Hänge mit den tiefgründigen, sehr fruchtbaren **Rendzinaböden (R)** hinan, wo sich üppige Vegetation entfaltet. Auf der **Passhöhe** (2600 m) liegen nahe beieinander **Rendzina podsol**-Stadien (**P**) und ausgeprägte über $\frac{1}{2}$ m hohe **Humusböden (H)** mit prachtvollen *Curvuleten*. Noch **ausgeprägtere Podsole** findet man in den Mulden des gegenüberliegenden Grates, auf **Murtaröl**.

Zusammenfassung

Boden und Vegetation der Alpen befinden sich nicht im Ruhezustand, sondern sind in fortwährender Umwandlung begriffen. Zwischen Boden- und Vegetationsentwicklung herrschen vielfache Wechselbeziehungen. Beide streben einem bestimmten Endzustand, dem Boden- und Vegetationsklimax, zu.

Im perhumiden Klima der alpinen Stufe bewegt sich die Bodenbildung stets von basischen oder schwach sauern Rohböden zu stark sauern Klimaxböden. Diese Entwicklung ist irreversibel.

Dasselbe gilt auch von der in gleichsinniger Richtung verlaufenden **Vegetationsentwicklung**. Die gesetzmässige Sukzession führt hier, eine gewisse Bodenreife vorausgesetzt, auf jeder beliebigen Gesteinsunterlage zu demselben Endstadium, dem *Caricion curvulae*. Dieser azidiphilen Pflanzengesellschaft des Gebietes entspricht der stark saure Bodenklimax (alpiner **Humusboden**). Boden- und Vegetationsklimax sind in den Silikatketten verbreitet. Über Kalksubstrat können sie nur an beschränkten Stellen (mässig steilen Hängen, flachen Rücken) zur restlosen Auswirkung gelangen.

Der Verlauf der Vegetationsentwicklung gestaltet sich zum Kampf der azidiphilen Pflanzenarten gegen die weniger azidiphilen oder basiphilen Arten. Basiphile Arten sind als Boden- und Vegetationspioniere von hohem aufbauendem Wert. Azidiphile Arten und Pflanzengesellschaften befördern die endgültige Konsolidierung des Bodenklimax.

Die Anordnung der Pflanzengesellschaften nach der **flopistischen** Verwandtschaft bringt auch ihre **ökologische** Übereinstimmung zum Ausdruck.

Die besten Indikatoren der Gesellschaftsökologie sind nicht die Steten, sondern die Gruppe der Charakterarten. Ihr Maximum fällt mit der optimalen Entwicklung der Assoziation zusammen. Die graphische Formulierung der Untersuchungsergebnisse ermöglichte eine scharfe Fassung der Abhängigkeitsverhältnisse. Kurvenmässig dargestellt ergeben die steten Arten eine von der Variation des ökologischen Faktors (pH) wenig beeinflusste Gerade; die Charakterarten dagegen lassen im engen **pH-Bereich** des Assoziationsoptimums ein starkes Anschwellen erkennen (s. p. 258, 273).

Der zur normalen Ausbildung einer Assoziation nötige Minimalraum (**Minimal-Arēal**) kann durch die Art-Areallurve ermittelt werden.

Die gegenseitigen Beziehungen zwischen bestimmten Assoziationen und der Bodenreaktion konnten durch die **GALTONSche** Verteilungskurve mathematisch festgelegt werden.

Die grosse Bedeutung des Flugstaubes für die Vegetationsentwicklung und Bodenbildung geht aus exakten Flugstaubmessungen hervor.

Das Gleichgewicht von Humusproduktion und Humusabbau im alpinen Klima wurde variationsstatistisch ermittelt. Es liegt bei einem hohen Humusgehalt und hat **notwendigerweise** eine stetige Zunahme der Humusschicht zur Folge.

Die Entwicklung der alpinen Böden führt zwangsläufig, nachdem sie das **Braunerde-** oder **Rendzinastadium** und das Podsolstadium erreicht hat, zum Klimax, dem alpinen Humusboden.

Literaturverzeichnis

- AARNIO, B. und STREMMER, H., Zur Frage der Bodenbildung und Bodenklassifikation. *Memoires sur la nomenclature et la classification des sols*. Helsinki, 1924.
- AARNIO, B., Braunerde in Fennoskandia. *Mitteilungen der internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft*, Neu Folge, Band I, Nr. 2, Rom 1925.
- ALECHIN, W. W., Ist die Pflanzenassoziation eine Abstraktion oder eine **Realität**? *Englers Bot. Jahrb. Beibl.* 136, 1925.
- BÄR, JOHANNES, Die Flora des Val **Onsernone (Kt. Tessin)**. Diss. Univ. Zürich, Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. Zürich 59, 1914.
- BASSALIK, K., Über die Silikatzersetzung durch **Bodenbakterien**. *Zeitschr. für Gährungsphysiologie*, II, III, 1913.
- BOLLETER, REINHOLD, Vegetationsstudien aus dem Weisstannental. Diss. Univ. Zürich. Beil. zum 57. Bd. d. Jahrb. St. Gall. Natw. Ges., 1920.
- BRAUN (-BLANQUET), J., Die Vegetationsverhältnisse der **Schneestufe** in den Rätisch-Lepontischen Alpen. *Neue Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges.* 48, 1913.
- Eine pflanzengeographische Exkursion durchs Unterengadin und in den schweizerischen Nationalpark. *Beitr. geobot. Landesaufnahme* 4, 1918.
 - Schedae ad Floram raeticam exsiccata **Jahresb.** Naturf. Ges. Graubündens 1917/26.
 - Prinzipien einer Systematik der Pflanzengesellschaften auf floristischer Grundlage. *Jahrb. St. Gall. Naturwiss. Ges.* 57, 1921.
 - Etudes **sur la végétation méditerranéenne** III, Concentration en ions H et **calcimétrie** du sol de quelques associations de la garigue languedocienne. *Bull. Soc. bot. France 4^e série*, Band XXIV, 1924. .
 - Zur Wertung der Gesellschaftstreu in der Pflanzensoziologie. *Vierteljahrsschrift der Züch. Nat. Ges. LXX*, 1925.
 - mit THELLUNG, A., Observations **sur la** Vegetation et la Flore des environs de Zermatt. *Bull. Soc. Murithienne* XLI. Sion 1921.
 - mit PAVILLARD, J., **Vocabulaire** de Sociologie végétale, 1922; 2^e édition, 1925. Montpellier.
- BRENNER, W., Über die Reaktion finnländischer Böden. *Memoires sur la nomenclature et la classification des sols*, Helsinki, 1924.
- BROCKMANN-JEROSCH, H., Die Flora des Puschlav und ihre Pflanzengesellschaften. Leipzig, 1907.
- Die Vegetation der Schweiz I, *Beitr. zur Geobotan. Landesaufnahme*. Zürich, 1925.
- BRUNIES, S. E., Die Flora des **Ofengebietes** (Siidost-Graubtinden). *Jahrb. Nat. Ges. Graubündens*, 48, 1906.
- Der schweizerische Nationalpark. Neue Ausgabe, Basel 1918.
- CHODAT, F., La concentration en ions Hydrogene du Sol et son importance pour la constitution des Formations végétales. *Thèse Univ. Genève*, 1924.
- CLARK, M. The determination of Hydrogen ions, 2. Auflage, Baltimore, 1923.
- COAZ, J. und SCHRÖTER, C., Ein Besuch im Val **Scarl**, Seitental des Unterengadins. Bern, 1905.
- DAIKAHURA, siehe Verhandlungen des Ausschusses für Boden und Düngung des Verbandes **landw. Versuchsstationen** im deutschen Reiche: Wesen, Bedeutung und Bestimmung der sog. Bodenazidität. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung*, Bd. 3, Heft 4, 1924.
- DENIS, MARCEL, Essai **sur la végétation** des Mares de Fontainebleau. *Ann. Sc. Nat. Bot.* VII, 1925.
- DÜGGEL, M., Studien über die Bakterienflora alpiner **Böden**. *Festschrift Carl Schröter*. Veröffentl. d. Geobot. Inst. Rübel, 3, Zürich, 1925.
- Du RIETZ, G. E., Studien über die Vegetation der Alpen mit derjenigen Skandinaviens verglichen. *Ergebnisse der J. P. E.* 1923. Veröffentl. d. Geobot. Inst. Rübel, 1, 1924.
- FREY, EDUARD, Die Vegetationsverhältnisse der Grimselgegend im Gebiet der zukünftigen Stauseen. Bern, 1922.

- FROSTÉRUS**, B., Die Klassifikation der **Böden** und Bodenarten Finnlands. Memoires sur la nomenclature et la classification des sols, Helsinki, 1924.
- FURRER**, E., **Vegetationsstudien** im Bormiesischen. Diss. Univ. **Zürich**. **Viertelj.** Nat. Ges. Zürich, 59, 1914.
 — Kleine Pflanzengeographie der Schweiz. Zürich, 1923.
 — Natur und Kulturbilder aus den Abruzzen. **Jahrb.** S. A. C. **LVIII**, 1923.
- GAARDER**, T. und **HAGEM**, O., Meddel. fra Vestlandets forstl. **försökstation**, No. 4, 1921.
- GEILINGER**, G., Die Grignagruppe am Comersee. **Beih. Bot. Centralbl.** 24, 2, 1908.
- GESSNER**, H. und **SIEGRIST**, R., Bodenbildung, Besiedelung und Sukzession der Pflanzengesellschaften auf den Aareterrassen. **Mitt. der aarg. Naturf. Gesellschaft.** Heft 17, 1925.
- GLINKA**, K., Die Typen der Bodenbildung. Berlin, 1914.
- GLINKA**, C., **Différents types d'après lesquels se forment les sols et la classification de ces derniers.** Memoires sur la nomenclature et la classification des sols, Helsinki, 1924.
- GRISCH**, **ANDREAS**, Beiträge zur Kenntnis der pflanzengeographischen Verhältnisse der **Bergtunerstöcke**. Diss. Univ. Zürich. **Beili. Bot. Centralbl.** 22, 2, 1907.
- GUYOT**, **HENRY**, Le Valsorey, Esquisse de botanique **géographique et écologique. Matériaux pour le levé géobotanique de la Suisse** 8, 1920.
- HEER**, **OSWALD**, Die Vegetationsverhältnisse des **südöstlichen** Teils des Kantons Glarus. **Mitt. aus dem Gebiete der theoretischen Erdkunde.** Zürich, 1835.
- HEIM**, A., Geologie der Schweiz, Bd. I. Leipzig, 1919.
- HESS**, **EUGEN**, **Über die Wuchsformen der alpinen Geröllpflanzen.** Diss., **Beih. Bot. Centralbl.** XXVII, 2, 1909.
- HILGARD**, E. W., **Soils**, New York 1914.
- JÄGGLI**, **MARIO**, **Monografia** floristica del Monte **Camoghè** presso Bellinzona. Diss. **Univ. Zürich**, **Boll. Soc. Tic. Sc. Nat.** 4, 1908.
- JENNY**, H., Reaktionsstudien an schweizerischen Boden. **Landw. Jahrbuch der Schweiz** 1925.
- JOHANNSEN**, W., Elemente der exakten **Erblichkeitslehre**. 2. Auflage 1913, Jena.
- KERNER**, A. v. **MARILAUN**, Das Pflanzenleben der Donauländer. Innsbruck, 1863.
- KOCH**, **WALO**, Die Vegetationseinheiten der Linthebene unter **Berücksichtigung** der Verhältnisse in der **Nordostschweiz**. Systematisch-kritische Studie, Diss. E. TH., **Jahrb. St. Gall. Naturw. Ges.** 61. Band, **II.** Teil 1926.
- KÜRSTEINER**, J., **Über den Bakteriengehalt von Erdproben der hochalpinen und nivalen Region.** **Jahrb. S. A. C.** **LXIII**, 1923.
- LANG**, R., Verwitterung und Bodenbildung als Einführung in die Bodenkunde. **Stuttgart** 1920.
- LE BLANC**, M., Lehrbuch der Elektrochemie. 12. Auflage 1925. Verlag **Oskar Leiner**, Leipzig.
- LEININGEN** W. zu, **Über Humusablagerungen in den Kalkalpen.** **Naturw. Zeitschr. f. Forst- und Landwirtschaft.** 6. Jahrg. Heft **11**.
 — **Über Humusablagerungen im Gebiete der Zentralalpen.** **Ibid.** 10. Jahrg. Heft 10.
- LÜDI**, **WERNER**, Die Sukzession der Pflanzenvereine. **Allgem. Betrachtungen über die dynamisch-genetischen Verhältnisse der Vegetation in einem Gebiet des Berner Oberlandes.** **Mitt. Naturf. Ges. in Bern**, 1919.
 — Die Pflanzengesellschaften des Lauterbrunnentales und ihre Sukzession. **Beiträge zur geobot. Landesaufnahme** 9, 1920.
 — Die Untersuchung und Gliederung der Sukzessionsvorgänge in unserer Vegetation. **Festband H. Christ. Verb. Nat. Ges. in Basel XXXV**, I, Basel 1923.
- LUNDEGÅRDH**, **HENRIK**, Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das **Pflanzenleben**. Jena, 1925.
- LUQUET**, **AIMÉ**, La végétation des **Monts Dore d'Auvergne**. These Paris 1926.
- MAYER** A., **Über einige Zusammenhänge zwischen Klima und Boden in Europa.** Diss. E. T. H. **Zürich**, 1926.
- MEYLAN**, CH., Les **Hépatiques** de la Suisse. **Beitr. z. Kryptogamenflora der Schweiz** VI, I, 1924.
- MICHAELIS**, **LEONOR**, **Einführung** in die Mathematik für Biologen und Chemiker, 2. Auflage, Berlin, 1922.
 — Die Wasserstoffionenkonzentration, 2. Aufl. 1. Teil, 1922, Berlin.
- MIKLASZEWSKI**, S., **Nomenclature et classification des sols. Mémoire relatif a la Pologne. Mémoires sur la nomenclature et la classification des sols.** Helsinki, 1924.
 — **Contribution à la connaissance des sols «Rendzina».** **Comptes rendus de la conférence extraordinaire agropédologique à Prague 1922, Institut agropédologique de l'État à Prague II**, 1924.
- NIGGLI**, P., Die chemische Gesteinsverwitterung in der Schweiz. **Schweiz. Mineralog. u. Petrographische Mitt.** Bd. **X.** Heft 2, 1926.

- OETTLI, M., Beiträge zur Ökologie der Felsflora. Diss. Zürich, Jahrb. St. Gall. Naturw. Ges. 1903.
- PALMGREN, ALVAR, Die Entfernung als pflanzengeographischer Faktor. *Acta Soc. pro Fauna et Flora fennica* 49, 1, 1926.
- PAVILLARD, J., De la *Statistique* en Phytosociologie. Montpeilier, 1923.
- QUARLES VAN UFFORD, L. H., Etudes *écologiques* de la Flore des *pierriers*. Thèse Univ. Lausanne, 1909.
- RAMANN, E., Bodenbildung und Bodeneinteilung (System der Böden). Berlin, 1918.
- RAUNKIAER, C., Forskellige Vegetationstypers forskellige Inflydelse paa Jordbundens Surhedsgrad (*Brintion*-koncentration) K. Danske Vidensk. Selsk. *Biolog. Meddels.* III, 10, 1922.
- RIEBESSEL, P., Die mathematischen Grundlagen der Variations- und Vererbungslehre. *Mathematische Bibliothek*, herausgegeben von W. Sietzmann und A. Witting. Bd. 24. Leipzig und Berlin, 1916.
- ROMELL, LARS-GUNNAR, Om inverkan av *växtsamhälle*nas struktur på växtsamhällsstatistikens resultat. Bot. Notiser Lund, 1925.
- ROTH, AUGUST, Das *Murgtal* und die Flumseralpen. Eine pflanzengeographische Studie. Diss. Univ. Zürich, Jahrb. St. Gall. Natw. Ges. 1922.
- RÜBEL, EDUARD, *Pflanzengeographische* Monographie des Berninagebietes. Leipzig 1912.
— Das *Curvuletum*. Mitteil. aus dem Geobotanischeu Institut *Rübel*, 1, 1924.
- SAGER, J. L., *Studies in Soil acidity*. Cambridge, 1923.
- SCHMID, E., Vegetationsstudien in den Urner *Reusstälern*. Diss. Univ. Zürich, Ansbach 1923.
- SCHINZ, HANS, und KELLER, ROBERT, Flora der Schweiz. III. Aufl. II. Teil, 1914. IV. Aufl. I. Teil, Zürich 1924.
- SCHRÖTER, C., Das Pflanzenleben der Alpen. Eine Schilderung der *Hochgebirgsflora*. II. Auf. Lief 1—3, Zürich, 1925.
— Über die Flora des Nationalparkgebietes im Unterengadin. Jahrb. S. A. C. 52, Bern, 1918.
- SÖRENSEN, S. P. L., Enzymstudien II. *Biochem. Zeitschr.*, Bd. 21, 1909.
- SPITZ, ALBRECHT, und DYRENFURTH, GÜNTHER, Geologische Karte der Engadiner Dolomiten zwischen Schuls, Scarfs und dem *Stilfserjoch*. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, Neue Folge. Auf. XLIV, Spezialkarte Nr. 72, gedruckt 1913—1915.
- STEBLER, F. G., und SCHRÖTER, C., Versuch einer *Übersicht* tiber die Wiesentypen der Schweiz. Landw. Jahrb. d. Schweiz. 6, 1892.
- STREMMER, H., Die Verbreitung der Bodentypen in Deutschland. *Memoires sur la nomenclature et la classification des sols*, Helsinki, 1934.
- SZAFER, W., Zur soziologischen Auffassung der Schneetälchenassoziationen. Ergebnisse der J. P. E. durch die Schweizeralpen. Veröffentl. d. Geobot. Inst. *Rübel* 1, Zürich, 1924.
- SZAFER, W., PAWLOWSKI, B., KULCZYNSKI, S., Die Pflanzenassoziationen des Tatragebirges. *Bull. Acad. Polon.* 1, Cracovie, 1923.
- TAMM, O., Bodenstudien in der Nordschwedischen Nadelwaldregion. 1920, Stockholm.
- TREADWELL, F. P., Anleitung zur qualitativen und quantitativen Analyse, Bd. II, Auflage 1922, Zürich.
- TREITZ, P., La *géographie* des Sols. *Bull. Soc. Hongroise de Géographie* XLI, 1—10., 1914.
— Wesen und Bereich der Agrogeologie, *Comptes Rendus de la conférence* extraordinaire *agropédologique* à Prague 1922. Prague, 1924.
- TSCHERMAK, L., Alpenhumus, das Gesetz seiner Bildung. *Centralblatt für das Forstwesen* 1921.
- VOLKART, A., Untersuchungen tiber den Parasitismus der Pedicularisarten. Diss. Zürich, 1899.
- WALTON, JOHN, A., Spitsbergen Salt Marsh. *Journ. of Ecology* X, 1, 1922.
- WAKSMANN, SELMANN A., Wath is Humus? New Jersey Agricultural Experiment Station, *Department of Soil Chemistry and Bacteriology*. Reprintial from the Proceedings of the National Academy of Science, Vol. II, No. 8. August 1925.
- WETTER, ERNST, Ökologie der Felsflora *kalkarmer* Gesteine. Diss. E. T. H., Jahrb. St. Gall. Naturw. Ges. 1918.
- WIEGNER, G., Boden und Bodenbildung in kolloidchemischer Betrachtung. 3. Aufl. 1924, Leipzig.
— *UnterMitwirkung* von H. Jenny, *Anleitung* zum quantitativen agrikulturchemischen Praktikum. Berlin, 1926.
- WLODEK, JAN, und STRZEMIENSKI, KAZIMIERZ, Untersuchungen über die Beziehungen zwischen den Pflanzenassoziationen und der Wasserstoff-Ionen-Konzentration in den *Böden* des Chocholowska-Tales (Tatra, Polen). *Bull. Ac. polon. Sc. et lettres, série B*, 1924.
- WOLLNY, E., Die Zersetzung der organischen Stoffe und die Humusbildungen. Heidelberg, 1897.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	III
Begrenzung des Gebietes	V

I. TEIL

Die alpinen Pflanzengesellschaften

Allgemeines	183
Übersicht der Vegetationseinheiten	183
Ober Assoziationstabellen	184
Azidiphile und basiphile Arten	185
Boden- und Vegetationsklimax,	186
I. Ordnung. Potentilletalia caulescentis	187
Ia. Potentillion caulescentis-Verband	187
1. Androsacetum helveticae	188
Ib. Androsacion multiflorae-Verband	190
2. Androsacetum multiflorae	191
II. Ordnung. Thlaspeetalia rotundifoliae	193
IIa. Thlaspeion rotundifolii-Verband	193
3. Thlaspeetum rotundifolii papaveretosum	194
Organisation	195
Lebenshaushalt	195
Entwicklung	197
Varianten	197
IIb. Arabidion coeruleae-Verband	198
4. Arabidetum coeruleae	199
Lebenshaushalt, Entwicklung	199
Verbreitung	203
5. Salicetum retusae-reticulatae	203
Verbreitung	205
III. Ordnung. Androsacetalia alpinae	206
IIIa. Androsacion alpinae-Verband	206
6. Oxyrietum digynae	206
Lebenshaushalt. Entwicklung	207
Gletscherenden-Pioniere	208
Charakterartenkurve und Sukzessionsverlauf	209
Verbreitung. Varianten	209

	Seite
7. Luzuletum spadiceae	210
Organisation, Varianten	210
Lebenshaushalt, Entwicklung	211
Verbreitung	212
IV. Ordnung. Salicetalia herbaceae	213
IV a. Salicion herbaceae-Verband	213
Alternanz der Assoziationen	214
Anpassungen der Salicion herbaceae-Pflanzen	215
8. Polytrichetum sexangularis	216
Lebenshaushalt, Entwicklung	216
Dauerquadrat am Macunsee	218
Verbreitung	219
9. Salicetum herbaceae	220
Lebenshaushalt, Entwicklung	221
Bakteriengehalt des Bodens	221
Einfluss der Düngung	222
Sukzessionsschema der Schneetälchenserie	224
Verbreitung	224
V. Ordnung. Seslerietalia coeruleae	225
V a. Seslerion coeruleae	225
Relative Stoffproduktion	227
10. Caricetum firmae typicum	227
Organisation, Varianten	228
Lebenshaushalt, Entwicklung	229
Dynamisch-genetische Bedeutung von <i>Dryas</i>	232
Sukzession und pH	233
Sukzessionsschema des <i>Caricetum firmae</i>	234
Verbreitung	234
10 a. Subassoziation von <i>Carex mucronata</i>	235
11. Seslerieto-Semperviretum	236
Lebenshaushalt	238
Bakteriengehalt des Bodens	239
Entwicklung	239
Verbreitung	242
11 a. Subassoziation Seslerietum festucetosum pumilae	243
12. Festuca violacea-Trifolium Thalii-Assoziation	244
Lebenshaushalt, Entwicklung	245
Bedeutung der Assoziation für die Bodenbildung	247
Verbreitung, Varianten	249
13. Elynetum	250
Organisation	252
Art-Arealkurve	253
Lebenshaushalt	253
Humusbildung im <i>Elynetum</i>	255
Bodenbakterien	256
Entwicklung	257
Sukzessionsrichtung und Charakterarten	258
Daueruntersuchungsflächen	259
Verbreitung	261

	Seite
VI. Ordnung. Caricetalia curvulae	262
VIa. Caricion curvulae-Verband	263
14. Festucetum Halleri	263
Organisation	264
Art-Arealkurve für das <i>Caricion curvulae</i>	265
Lebenshaushalt , Entwicklung	266
Beziehungen zu den Zwergstrauchgesellschaften	267
Varianten	268
Verbreitung	268
15. Curvuletum typicum	268
Organisation. Fazies	269
Kurve der steten Arten und Charakterarten in Beziehung zum Säuregrad des Bodens	273
Lebenshaushalt , Entwicklung	273
Humusaufbau im <i>Curvuletum</i>	275
Bodenklimax	275
Bodenprofile im werdenden <i>Curvuletum</i>	277
Verbreitung	280
15a. Subassoziation Caricetum curvulae cetrarietosum	280
Lebenshaushalt. Entwicklung	281
Einfluss des Frostes auf das pH des Bodens	283
15b. Subassoziation Curvuletum elynetosum	284
Affinität zwischen <i>Elynetum</i> und <i>Curvuletum elynetosum</i>	284
Entwicklung	285
VII. Ordnung. Rhodoreto-Vaccinietalia	286
VIIa. Loiseleurieto- Vaccinion-Verband	287
16. Loiseleurietum cetrariosum	289
Abgrenzung	289
Lebenshaushalt , Entwicklung	289
Verbreitung	291
17. Ernpetreto-Vaccinietum	291
Lebenshaushalt	292
Entwicklung	294
Verbreitung	294

II. TEIL

Die alpinen Böden

I. Bodenreaktion	297
A. Allgemeines über Wasserstoffionen	297
B. Die Wasserstoffionen im Ofengebiet (II Fuorn)	298
C. Die Bestimmung der Wasserstoffionen	300
1. Entnahme der Bodenproben und deren Zubereitung	300
2. Messung der Wasserstoffionenkonzentration pH	300
D. Die Pufferung der Böden (Titrationskurven)	301
E. Die pH-Variationskurven	302

	Seite
1. Allgemeines	302
2. Die pH-Variationskurve von <i>Carex curvula</i>	303
a) Berechnung	303
b) Schlussfolgerungen	305
3. Die pH-Variationskurve des <i>Curvuletum typicum</i>	307
a) Berechnung	307
b) Schlussfolgerungen	308
c) Die pH-Linie im <i>Curvuletum typicum</i>	308
d) pH-Änderungen im Bodenprofil des <i>Curvuletums</i>	309
4. Die pH-Variationskurve des <i>Elynetums</i>	309
a) Berechnung	309
b) Schlussfolgerungen	310
c) Die pH-Linien im <i>Elynetum</i>	310
d) pH-Änderungen im Bodenprofil des <i>Elynetums</i>	311
6. Die pH-Variationskurve im <i>Firnetum</i>	311
a) Berechnung	311
b) Schlussfolgerungen	312
c) Die pH-Linie im <i>Firnetum</i>	312
d) pH-Änderungen im Bodenprofil des <i>Firnetums</i>	312
6. Vegetationsentwicklung und Bodenreaktion	312
F. Der Kalkgehalt der Parkböden	314
1. Allgemeines	314
2. Die besonderen Verhältnisse im Nationalpark	314
II. Flugstaub	316
A. Allgemeines	316
B. Flugstaubmessungen im Val Cluozza	316
C. Schlussfolgerungen	318
III. Humus	319
A. Methodisches	319
B. Natur des Humus	319
C. Humusgehalt und pH	320
D. Humusgehalt und H ₂ O	320
E. Die Humuszersetzung	321
IV. Bodenbildung	323
A. Einleitung	323
B. Allgemeines	323
C. Einteilung der Bodenarten	324
D. Bodenbildung im Hochgebirge	325
1. Die Rohböden	325
a) Urgestein	325
b) Kalkrohböden	325
c) Lokale Humusanhäufungen auf Roliböden	326
2. Böden mit Umlagerung der leichtlöslichen Stoffe, einschliesslich der Karbonate (Rendzina)	326

	Seite
<i>a)</i> Urgesteinsböden	326
<i>b)</i> Kalkblöden	326
<i>α)</i> Morphologische Charakterisierung	326
<i>β)</i> Bildung des Rendzinaprofiles	327
<i>γ)</i> Rendzinapodsole	327
<i>6)</i> Mächtigkeit der Rendzinaprofile	328
<i>ρ)</i> Analysen von Rendzinaböden	329
3. Böden mit Umlagerung der Sesquioxide (Podsol)	330
<i>a)</i> Morphologische Charakterisierung	330
<i>b)</i> Bildung des Podsolprofils	332
<i>c)</i> Podsole im Parkgebiet	332
<i>d)</i> Mächtigkeit der Podsolhorizonte	333
<i>e)</i> Analysen von Podsolprofilen	334
4. Die alpinen Humusböden	336
<i>a)</i> Klimatische Humusbildung	336
<i>b)</i> Die Humusböden im Ofengebiet (Il Fuorn)	337
<i>c)</i> Die Entwicklung des Humusbodens	338
Zusammenfassung	341
Literaturverzeichnis	342