

Zeitschrift: Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse
Herausgeber: Schweizerische Botanische Gesellschaft
Band: 42 (1933)
Heft: 2

Artikel: Pflanzensoziologische und bodenkundliche Untersuchungen im Oberengadin : mit besonderer Berücksichtigung der Zwergstrauchgesellschaften der Ordnung Rhodoreto-Vaccinietalia
Autor: Pallmann, H. / Haffter, P.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-28412>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 12.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Pflanzensoziologische und bodenkundliche Untersuchungen im Oberengadin mit besonderer Berücksichtigung der Zwergstrauchgesellschaften der Ordnung Rhodoreto-Vaccinietalia.

Von H. Pallmann und P. Haffter.

Eingegangen am 14. Juli 1933.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
A. Einleitung	357
B. Klimatologisch-bodenkundlicher Ueberblick über das Oberengadin . . .	361
C. Die Ordnung Rhodoreto-Vaccinietalia im Oberengadin	374
I. Zur Nomenklatur und Methodik der pflanzensoziologischen Unter- suchungen	374
II. Allgemeines über die Ordnung Rhodoreto-Vaccinietalia	381
III. Die Systematik der Ordnung Rhodoreto-Vaccinietalia	382
IV. Der Verband Rhodoreto-Vaccinietum	383
a) Die Assoziation Rhodoreto-Vaccinietum	384
1. Soziologische Ergebnisse	384
a) Das Rhodoreto-Vaccinietum cembretosum	397
β) Das Rhodoreto-Vaccinietum calamagrostidetosum	403
γ) Das Rhodoreto-Vaccinietum extrasilvaticum	404
2. Die Standortsverhältnisse im Rhodoreto-Vaccinietum	408
b) Die Assoziation Empetreto-Vaccinietum	427
1. Soziologische Resultate	427
a) Das Empetreto-Vaccinietum hylocomietosum	438
β) Das Empetreto-Vaccinietum cetrarietosum	438
2. Die Standortsverhältnisse des Empetreto-Vaccinietum	440
V. Der Verband Loiseleurietum-Vaccinietum	444
a) Die Assoziation Loiseleurietum cetrariosum	445
1. Soziologische Resultate	445
a) Das Loiseleurietum cetrariosum cladinetosum	454
β) Das Loiseleurietum cetrariosum alectorietosum	454
2. Die Standortsverhältnisse im Loiseleurietum cetrariosum	455
Literatur	463

A. Einleitung.

Jedes natürliche System sucht unter dem Zwange seiner verschiedenen Zustandsgrößen ein bestimmtes *Gleichgewicht* anzustreben. Durch raschere oder langsamere Zustandsänderungen trachtet es aus dem *Instabilitätsbereich* herauszukommen. Dieses System ist erst dann stabil, wenn es das von der Natur begünstigte Gleichgewicht erreicht hat. Ohne erneute Veränderung seiner zustandsbedingenden Größen

wird es im Gleichgewichte verharren, seine Eigenschaften ändern sich im Laufe der Zeit nicht mehr. Jede aufgezwungene Veränderung der Zustandsgrössen macht *cet. par.* das System wieder instabil; es strebt dann nach einem neuen Gleichgewicht, um mit den neuen Umweltsbedingungen wieder in Einklang zu kommen.

Ein Gas, dessen Eigenschaften von Druck, Temperatur und Volumen abhängen, stellt eines der einfachsten Systeme der physikalischen Chemie dar. In diesem lassen sich sämtliche Gleichgewichte vorausberechnen, die durch eine Veränderung seiner Variablen: Temperatur, Druck und Volumen sich einstellen müssen. Ist der funktionelle Zusammenhang zwischen den einzelnen Zustandsgrössen eindeutig bekannt, dann reduziert sich die ganze Gleichgewichtsvorausage auf eine belanglose mathematische Aufgabe. Diese Prognose gestaltet sich um so einfacher, je weniger Veränderliche das Gleichgewicht beherrschen und je eindeutiger und einfacher die Funktionen dieser Grössen sind.

Ein System von ausserordentlicher Komplexität seiner Faktoren findet sich in der äussersten Grenzschrift der festen Erdkruste gegen die Atmosphäre. In diesem natürlichen System sind die drei grossen zustandsbedingenden Gegenspieler: der *Boden*, das *Klima* und die *Vegetation*. Jede bodenkundliche und pflanzensoziologische Forschung sucht nach dem endlichen Gleichgewichtszustand, den einerseits der Boden unter der Wirkung des Klimas und der Vegetation, und anderseits die Vegetation unter dem Einfluss des Bodens und des Klimas anstreben. Sie sucht nach der Richtung und Intensität der zum Gleichgewicht führenden Prozesse: den Reaktionen, die das petrographische Ausgangssubstrat der Bodenbildung, das Muttergestein, zum fertigen Klimaxboden umwandeln, bzw. den floristisch-oekologischen Umbildungen, welche über die Anfangs- zu den Klimaxgesellschaften überleiten.

Im angeführten System (Gaszustand als Funktion von Temperatur, Druck und Volumen) sind sowohl die Temperatur wie auch der Druck und das Volumen eindeutige und einfache Zustandsgrössen, deren Wirkungen auf die Gleichgewichtseinstellung bekannt sind. Bei dem zur Diskussion stehenden System: Boden, Klima und Vegetation, liegen die Verhältnisse naturgemäss unvergleichbar komplizierter. Anstelle eindeutiger Variabler treten *Sammelgrössen* auf wie: der Boden, das Klima und die Vegetation, die ihrerseits wieder eine unübersehbare Anzahl bekannter und unbekannter Veränderlicher in sich schliessen. Im Faktorenkomplex *Boden* sind rein *chemische Potenzen* (Chemismus des anorganischen und organischen Bodenanteils, Reaktion (pH), Bindefestigkeit der Ionen an die Bodenteilchen) den *physikalischen* Faktoren überlagert (Dichte, Lockerheit des Bodengefüges, Dispersitätsgrad usw.). Alle diese Einzelfaktoren, in sich wieder komplex, haben ihren

bestimmten Einfluss sowohl auf die weiteren Bodenbildungsprozesse wie auch auf die Vegetationsentwicklung.

Aehnlich verhält es sich mit dem *Klima* der erdnahen Luftschicht. Diesem entspringen die Grosswerte : Temperatur, Niederschläge, Feuchtigkeit und Verdunstung, die in grossen Zügen auch dem Bodenklima ihren Stempel aufdrücken.

Wie bei den Faktorengruppen Boden und Klima umfasst auch der Komplex *Vegetation* eine Unzahl Einzelvariabler, von denen wenige bekannt sind, der grössere Teil aber noch unerkannt der Entdeckung und Erforschung harrt. Die Vegetation (inkl. Mikroflora) beeinflusst das Gesamtsystem einesteils auf rein *physikalische Art* : Lockerung des Bodensubstrates durch Wurzeln und quellbare Stoffe, durch eingelagerten Humus, Festigung des Bodens an rutschigen Hängen, Abschluss der Bodenschicht gegen die Atmosphäre durch dichten Wurzelfilz, Verhinderung der Keimung und Wurzelung angewehrter Samen durch dichtstehende Bodenvegetation und Wurzelfilz, Beschattung usw. Ihr Einfluss kann anderseits *chemischer Art* sein : sie beeinflusst die Prozesse durch die Erzeugung organischer Stoffwechselprodukte, durch die Humusbildung und Produktion von Schutzkolloiden. Wichtig ist die Fördertätigkeit der Wurzeln, die anorganische Verbindungen aus tiefern Bodenschichten an die Erdoberfläche schaffen.

Alle diese mannigfachen Komplexfaktoren haben ihren bestimmten Einfluss auf die Ausbildung des Bodenklimax und der dazugehörigen Klimaxvegetation. Je nach ihrer Art hemmen oder fördern sie die Stabilisierungsprozesse. Sie sind entscheidend für die spezielle Sukzessionsrichtung vom Muttergestein zum Boden und von der Initialgesellschaft zur Klimaxvegetation.

Die Wirkung dieser verschiedenen, nur teilweise angeführten Faktoren auf die Bildungsprozesse des Bodens und der Vegetationsdecke sind heute erst zum geringsten Teil eindeutig bekannt, man ahnt von verschiedenen die Wirkungsweise; Analogieschlüsse, der physikalischen Chemie oder experimentellen Physiologie entlehnt, werden in zweckentsprechender Abänderung auf das schwierige Kapitel der Bodenbildung und der Vegetationsentwicklung übertragen.

Boden, Klima und Vegetation bilden eine strenge *Einheit*. Die Eigenart des Bodens spiegelt sich in den charakteristischen Zügen der von ihm beherbergten Vegetation wider; diese letztere zeigt ihrerseits tiefgreifende Rückwirkungen auf die Bodenbildung. Beiden zusammen gibt das Klima (General- und Lokalklima) das spezielle Gepräge.

Pflanzensoziologische Untersuchungen ohne gleichzeitige Berücksichtigung der Standortverhältnisse (Boden und Klima) sind heute kaum mehr denkbar. Doch auch der Bodenkundler nimmt bei seinen Untersuchungen vorteilhaft Zuflucht zur Pflanzensoziologie. Die innigen Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Bodentypen und den

diesen angepassten Pflanzengesellschaften macht er sich zunutze. Ihm erscheinen die Pflanzengesellschaften als augenfällige *Indikatoren* bestimmter *Bodentypen*. Die unlängst durchgeführte Bodenkartierung der Schweiz (H. P a l l m a n n unter Mitwirkung von H. G e s s n e r 1931 und 1932) wurde durch die zweckdienliche Anwendung phytosoziologischer Erkenntnisse stark gefördert.

Die nachfolgenden Untersuchungen bezwecken, wenigstens in einem Ausschnitte, die mannigfachen und reizvollen Zusammenhänge zwischen einigen wenigen Assoziationen der Ordnung Rhodoreto-Vaccinietalia und ihren Standortsverhältnissen aufzudecken. Diese Pflanzengesellschaften der obern subalpinen und der untern alpinen Stufe sind auch vom rein bodenkundlichen Standpunkt aus von Interesse. In dieser Zone beginnen nämlich, wie später noch dargelegt werden soll, bestimmte Bodentypen zu entarten und in stetigem Uebergange neuen Typen Platz zu machen.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden zur Hauptsache im Oberengadin durchgeführt. Die geförderten Ergebnisse dieser Arbeit gelten also streng genommen nur für dieses Untersuchungsgebiet. Zahlreiche Exkursionen in vergleichbare Gegenden der Alpen zeigten aber, dass die meisten gezogenen Schlüsse verallgemeinert werden dürfen. Kleinere Abweichungen in der charakteristischen Artenverbindung der untersuchten Assoziationen sind aus pflanzengeographischen Gründen immer zu erwarten. Auf nähere Vergleiche der hauptsächlich im Oberengadin untersuchten Pflanzengesellschaften mit den entsprechenden Assoziationen anderer Gebiete wurde absichtlich verzichtet. Die bodenkundlichen Ergebnisse lassen sich, besonders was das Vorkommen und die Eigentümlichkeiten bestimmter Bodentypen anbetrifft, auf das ganze schweizerische alpine Areal übertragen.

Die hier vorliegenden Untersuchungen wurden auf Anregung von Herrn Prof. Dr. C. S c h r ö t e r, Zürich, begonnen und gelangten Ende 1932 zum vorläufigen Abschluss. Bei den soziologischen Aufnahmen im Felde durften wir uns der weitgehenden Mithilfe Dr. J. B r a u n - B l a n q u e t's (Dir. der *Sigma* Montpellier) erfreuen. Herrn Dr. B r a u n - B l a n q u e t gebührt sowohl für die vielen Anregungen, wie auch für die wertvollen Hinweise bei der Ausarbeitung der Ergebnisse unser innigster Dank. Besondern Dank schulden wir ferner Herrn Dr. W. K o c h (Konservator der botanischen Sammlungen der E. T. H. in Zürich), der uns mit seiner grossen soziologischen Erfahrung unschätzbare Dienste leistete und uns bei mancher Bestimmung kritischer Arten hilfreich beistand.

Herrn Prof. Dr. G. W i e g n e r (Vorstand des agrikulturchemischen Laboratoriums an der E. T. H.) danken wir bestens für die lebenswürdige Ueberlassung der für die chemischen Untersuchungen benötigten Laboratorien und Apparate.

Zahlreiche Bestimmungen von Flechten, Moosen und Phanerogamen verdanken wir den Herren Dr. Ed. Frey (Bern), Dr. Ch. Meylan (Ste-Croix) und Dr. E. Baumann (Zürich).

Zürich und St. Moritz, Juni 1933.

Die Verfasser.

B. Klimatologisch-bodenkundlicher Ueberblick über das Oberengadin.

Die besondern klimatischen und bodenkundlichen Verhältnisse des Oberengadins finden ihre hinreichende Erklärung in der Geomorphologie dieser Landschaft und in den speziellen petrographischen Eigenschaften der dort zutage tretenden Gesteinsarten.

Die im Tertiär von SE. nach NW. vorstossenden Gesteinsmassen schufen als Zeugen mächtigster geotektonischer Prozesse die Bergriesen des Engadins (A. Heim 1919, J. Früh 1930). Auf relativ engem Raume treffen sich hier die gewaltigen *Ostalpinen Ueberschiebungsdecken* mit den *Penninischen Schichtenkomplexen*. Die Geologie des eigentlichen Untersuchungsgebietes wird vornehmlich durch die Unterostalpinen Decken beherrscht, die weiter in die Albula-, Err-, Sella-, Bernina-, Languard- und Campo-Decken aufgeteilt werden können. Ihre Deckenkerne bestehen zur Hauptsache aus Gesteinen granitischer und dioritischer Magmen, aus Gneisen und Glimmerschiefern. Zwischen die einzelnen Decken eingeklemmt und mit den kristallinen Gesteinen stark verfaltet, finden sich mesozoische Sedimente, in denen basische Eruptiva (Ophiolithe) oft in grosser Mächtigkeit auftreten.

Mit einem gigantischen Hochstau haben diese Decken ihren Vorstoss aus der Gegend des Veltlins begonnen und das grossartige Massiv der Bernina hinterlassen. In flachem, wellenförmigem Verlaufe senkten sie sich beim weiteren Vordringen unter die aktuelle Talsohle des Inn, um nochmals aufbrandend die linksseits des Flusses liegenden Erhebungen des Julier-Ot-Albulamassivs aufzubauen. Die Mulde des obersten Inntales, wie auch das Tal des Berninabaches sind typische Deckenmulden; sie verdanken ihre Anlage also nicht der erosiven Verwitterung, sondern dem undulatorischen Vorstoss der Ueberschiebungsdecken. Nur die Seitentäler können vollständig auf Rechnung des Verwitterungsabtrages gesetzt werden.

Noch während der Hochfaltung der Gesteinsmassen begann die Erosion. Der Oberlauf des Inn wurde schon frühzeitig wichtiger Einzugsgebiete beraubt. Die Maira zapfte sein oberstes Einzugsgebiet ab und schickt nun ihr Wasser bei Maloja durch das Bergell nach dem Po und zur Adria. Am Julier- und am Albulapass wiederholt sich dieser Wasserraub. Hier werden frühere Einzugsgebiete des Inn gegen den Rhein hin entwässert, desgleichen am Bernina- und Ofenpass gegen den Po und die Etsch. Dem Inn fehlen heute im Oberlauf die grossen Wassermengen, die ihn zu energischer Erosion befähigen könnten.

Dieser Mangel an erosiver Stosskraft wird noch durch den ausgesprochenen Geschiebemangel verschärft. Die im Oberlaufe aufgestauten Seen (Silser-, Silvaplaner-, Campferer- und St. Moritzersee), die dem obersten Engadin seinen besondern Reiz verleihen, entziehen dem jungen Fluss frühzeitig das erosionsbeschleunigende Geschiebe. Ohne die ungestüme Kraft, die dem jugendlichen Oberlaufe eigentlich gebührt, fliesst der Inn durch den meist flachen und nur schwach geneigten Talgrund.

Das Oberengadin hat durch diese mangelnde Erosion das Gepräge einer verhältnismässig alten und ausgereiften Landschaft angenommen. Die gewaltige Hochstauung der Ueberschiebungsdecken, kombiniert mit mangelnder Erosion, bilden die Ursache der grossen mittleren Massenerhebung des Oberengadins. Wird nach H. Liez (1903) diese ganze Landschaft ideell eingeebnet, so resultiert eine mittlere Höhe von zirka 2450 m, eine Massigkeit des Gebietes, die sich nur noch in den Walliser-alpen und in gewissen Gegenden des Berner Oberlandes wiederfindet. (Ueber den Zusammenhang zwischen Massenerhebung und Schnee-grenze siehe weiter unten.)

Die Klimatologie des Oberengadins leitet sich aus der landschaftlichen Gestaltung ab. Zwei hohe Gebirgswälle flankieren den NE-wärts fliessenden Inn. Die Regenwinde werden schon an den Aussenseiten dieser Ketten abgefangen und ihres Wassers beraubt. Das scharfe Tal-knie zwischen Ladis und Landeck (zirka 25 km unterhalb der Schweizergrenze) erhöht noch diesen Regenschutz. Die Regenarmut ist denn auch oberhalb der Talabknickung am ausgesprochensten. Die Niederschläge nehmen dann gegen den Oberlauf des Inn wieder langsam zu, um bei Maloja, also schon im Bereiche der aufsteigenden italienischen Regenwinde, das Maximum zu erreichen. Das nachstehende Niederschlagsdiagramm kann diese Verhältnisse am besten er-hellen.

Tabelle 1.

Mittlere Jahresniederschläge des Inn-tales
(nach J. Maurer, R. Billwiler und Cl. Hess 1909)

Station	Meereshöhe	Mittlere Jahresniederschläge
(Berninahospiz) .	(2309 m)	(ca. 160 cm) (E. Rübel 1912)
Maloja	1817 m	126 cm
Sils-Maria . . .	1812 m	96 cm
Bervers	1713 m	83 cm
Süs	1438 m	76 cm
Schuls	1290 m	65 cm
Remüs	1220 m	63 cm
Martinsbruck . .	1082 m	64 cm
Landeck	813 m	74 cm
Innsbruck . . .	570 m	87 cm
Rosenheim . . .	447 m	138 cm

Das Niederschlagsmittel der drei Oberengadiner Talstationen beträgt demnach 102 cm, eine Menge, die in Anbetracht der Höhenlage des Gebietes sehr gering ist. Das Engadin gehört zu den niederschlagsärmsten Gegenden der ganzen Schweiz.

Die Niederschlagsmaxima entfallen durchwegs für sämtliche Talstationen auf den Sommer :

	Maximum im Sommer	Minimum im Winter
Sils-Maria	34,1 %	13,5 % der Jahresniederschläge
Bevers	37,2 %	12,9 % „ „

Auf die Monate, deren mittlere Temperatur höher als Null Grad C beträgt (April bis und mit Oktober, also während der eigentlichen Vegetationsperiode), entfallen in :

Sils-Maria	71 % des jährlichen Niederschlages
Bevers	74 % „ „ „

Nebel tritt im Oberengadin verhältnismässig selten auf, in nennenswerten Mengen nur im Herbst, bis die Seen zugefroren sind; er erreicht in den Morgenstunden eine Mächtigkeit von zirka 100 m über der Talsohle und verflüchtigt sich meist rasch. Im Sommer werden gegen Abend (bei schönem Wetter) über der Waldgrenze durch den abklingenden Malojawind oft grosse Nebelfetzen das Tal abwärts getrieben, lösen sich aber, je weiter talwärts sie gelangen, in der noch trockenen Luft auf. Nur bei Eintritt schlechten Wetters wälzt die « Malojaschlange » ihre kompakten Nebelmassen durch das Tal.

Entsprechend der Höhenlage des Oberengadins (Talstationen 1700 bis 1820 m) liegen die mittleren Jahrestemperaturen sehr tief. So zeigen die Stationen Bevers, St. Moritz, Pontresina und Sils-Maria die in Tabelle 2 aufgeführten Temperaturverhältnisse.

Tabelle 2.
Temperaturmittel der Oberengadiner Talstationen.

	Bevers	Pon- tresina	St. Moritz	Sils-Maria	Bernina- hospiz
Höhe ü M.	1713	1810	1853	1812	2309
Mittlere Jahrestemp. in Celsiusgraden	1,3	1,2	2,5	1,5	— 0,3
Januarmittel	— 9,9	— 8,7	— 6,6	— 8,1	— 7,9
Jahresschwankung	21,7	19,4	18,6	19,3	

Im Sommer erwärmt sich die Talsohle des Inn sehr stark, man registriert die relativ hohe mittlere Sommertemperatur von 11,5 Grad C. Nach einem langen und strengen Winter steigt demnach die Tempera-

tur rasch an und erreicht unter Berücksichtigung der Höhenlage des Tales relativ hohe Werte.

Die aus besonders sorgfältig ausgeführten Psychrometerablesungen bestimmte *relative Luftfeuchtigkeit* (J. Maurer, R. Billwiler und Cl. Hess loc. cit.) beträgt im Jahresmittel sowohl für Sils wie auch für Bevers 76 %. Während der Monate April bis Oktober (mittlere Temperatur über Null Grad) sinkt die Luftfeuchtigkeit unbedeutend und beträgt für Sils-Maria 74,7 % und für Bevers 73,3 %. Die grösste Lufttrockenheit herrscht im Sommer. Während der warmen Sommermonate erreicht die relative Feuchtigkeit ihren Tiefstand: in Sils-Maria mit 72 %, in Bevers mit 70 %. Nur in den Nacht- und frühen, kühlen Morgenstunden steigt sie rapide an, um fast den Maximalwert der Sättigung zu erreichen.

Auch das *Windregime* zeigt eine starke Beeinflussung durch die Morphologie des Oberengadins. Das SW-NE verlaufende, zudem noch von hohen Bergwällen gesäumte Haupttal ist den grossen Luftströmungen weitgehend entzogen. Die schon erwähnte Talbiegung unterhalb Martinsbruck verstärkt noch den Windschutz. Es sind hauptsächlich die vorherrschenden Lokalwinde, die sich hier bemerkbar machen. Eine eigentümliche und oft diskutierte Luftströmung besitzt das Oberengadin im sog. *Malojawind*. Im Gegensatz zum *feuchten* Südwestwind, der turbulent, in einzelne Stösse aufgelöst, besonders vor Eintritt schlechten Wetters das Tal durchbraust, zeichnet sich der *trockene*, aus der gleichen Richtung wehende Malojawind durch seine gleichförmige aber intensive Strömung aus. Vorzugsweise bei schönem Wetter setzt er um 10 Uhr mit einigen heftigen Stössen ein und beherrscht dann während 6—7 Stunden das Tal. Seine grösste Intensität erreicht er über dem freien Seengebiet, verliert dann gegen Zuoz immer mehr an Stosskraft. Unterhalb Zuoz wird er bald durch den aufsteigenden NE-Talwind abgebremst und aufgehoben.

In der Gegend der zentral im Oberengadin gelegenen Muottas Murail blasen nach W. Mörikofer (1924) Beobachtungen mehr als die Hälfte aller Winde aus SW. Von Süden macht sich lediglich die Luftströmung vom Berninapass her bemerkbar. Ausser den besprochenen Hauptlokalwinden, Maloja-, SW- und Berninawind, kommen ferner all die kleinern lokalen Luftströmungen in Betracht, die als periodische Tal- und Bergwinde aus den grössern und kleinern Seitentälern mit nicht zu unterschätzenden Intensitäten blasen.

Schliesslich sind noch kurz die *Schneeverhältnisse* zu erwähnen. Die Schneegrenze (siehe J. Jegerlehner 1902, E. d. Imhof 1900, C. Schröter 1926, J. Braun-Blanquet 1913, H. Liez 1903) steigt im Oberengadin infolge der grossen Massigkeit (mittlere Massenerhebung zirka 2450 m) höher als in den meisten andern alpinen Gebieten. Die kleine Zusammenstellung in Tabelle 3 soll dies verdeutlichen.

Tabelle 3.

Schneegrenze und mittlere Massenerhebung.

Orographische Schneegrenze (mittlere Höhe der Gletscherbasis)	Mittlere Massenerhebung in m	Gebiet
3200 m	2884	Monte Rosa (Wallis)
2960 m	2472	Bernina (Oberengadin)
2700 m	2114	Pizzo Centrale (Gotthard)
2450 m	1247	Säntis

Die *Dauer* der winterlichen *Schneebedeckung* des Talbodens beträgt in Bevers (1713 m) im Mittel 5½ Monate und erstreckt sich vom 15. November bis gegen den 30. April. Die übrigen Talstationen weichen nur unwesentlich von diesen Werten ab. (Sils-Maria wird in der Regel etwas später schneefrei [12. Mai].) Diese Werte gelten allerdings nur für den Talgrund, der baumfrei der Frühlingssonne ungehinderten Zutritt gestattet. Im N-exponierten Walde der Talhänge bleibt der Schnee bis sieben Monate liegen, wie mehrjährige eigene Beobachtungen zeigten. Das Gleiche gilt für die etwas erhöhten und waldfreien Lagen in schattiger N- und NE-Exposition.

Die klimatischen Grosswerte zeigen ihre deutliche Abhängigkeit von der Geomorphologie des Gebietes. Die längs des Innlaufes SW-NE verlaufenden Gebirgsketten schirmen das Tal gegen die hauptsächlichsten Regenwinde ab und bilden somit die Ursache der relativen Niederschlagsarmut. Die Hochlage des Engadins bietet die hinreichende Erklärung für die niedern mittleren Jahrestemperaturen.

Welche Rolle spielt das Klima bei der Bodenbildung? (H. P a l l m a n n 1932, 1933). Gelangen Gesteine aus dem Erdinnern, sei es durch aktiven Aufstieg oder durch Abtrag früher überlagernder Schichten an die Erdoberfläche, so treten sie aus sog. *Tiefenbedingungen* unter völlig abweichende *Oberflächenbedingungen*. Das Reaktionsmilieu erfährt einschneidende Veränderungen seiner Umweltfaktoren. Im Gegensatz zu den Tiefenbedingungen sind die Oberflächenverhältnisse durch niedern Druck und tiefe Temperaturen gekennzeichnet. Wasser, Sauerstoff und Agenzien organogenen Ursprungs treten in verstärktem Masse oder als gänzlich neue Faktoren auf. Das im Erdinnern stabile Gestein wird an der Oberfläche instabil, es sucht sich mit den veränderten Umweltsbedingungen ins Gleichgewicht zu setzen: *es verwittert*. Der Grossteil der veränderten Zustandsgrössen ist im Komplex *Klima* (Wetter) enthalten oder direkt davon abhängig. Die durch das Auftreten dieser neuen Zustandsgrössen eingeleiteten Stabilisierungsprozesse tragen daher die passende Bezeichnung: *Verwitterung*. Diese Stabilisierungsreaktionen leiten über die verschiedenen Sukzessionsstadien, vom Muttergestein über den Rohboden und unreife Profile

nach dem Gleichgewicht des *Bodenklimax*, der mit seinen klimatischen (und biotischen) Umweltfaktoren im stabilen Einklang steht.

Die zahlreichen, oft schwer entwirrbaren Wechselbeziehungen zwischen dem Klima, der Vegetation und der Bodenbildung drängen nach einer gewissen Abstraktion der Begriffe und der Stoffbehandlung.

Die Bodenbildung wird durch die beiden klimatischen Grosswerte : Niederschlag und Temperatur, in bestimmte Bahnen gelenkt. Diese bestimmen die Richtung der Verwitterungsprozesse. Das Wasser ist das A und O jedes chemischen Verwitterungsvorganges. Je mehr Niederschläge in tropfbarer Form dem verwitternden System zugeführt werden, um so rascher erfolgen die einfachen Lösungsvorgänge und um so durchgreifender verlaufen die silikatzersetzenden Hydrolysenprozesse. Genügende Niederschläge stets vorausgesetzt, werden durch steigende Temperaturen, wie übrigens alle physikalisch-chemischen Reaktionen, auch die Verwitterungsumsetzungen beschleunigt. Die Verwitterungsintensität ist somit irgend eine positive Funktion von Niederschlag und Temperatur, die man formulieren kann :

$$\text{Verwitterungsintensität} = + f (\text{Niederschlag mal Temperatur})$$

Sinkt die Temperatur auf oder unter den Nullpunkt, oder fehlen die Niederschläge, so hört jede chemische Verwitterung auf. Wir finden die erste Forderung in den höhern Regionen der alpinen und nivalen Stufe erfüllt, wo infolge der tiefen Temperaturen rein physikalisch zerfallene Rohböden oder humose Ablagerungen mit unverwittertem Mineralanteil kennzeichnend für die dortigen Böden sind.

Jede verwitterungsartige Bodenbildung lässt zwei grundlegende Phasen erkennen :

- I. Die *Aufbereitung* des bodenbildenden Muttergesteins und
- II. Die *Wanderung* der aufbereiteten Stoffe im Bodenprofil.

Wie bereits oben angetönt wurde, sind die Aufbereitungsprozesse hinsichtlich ihrer Intensität eine positive Funktion des Produktes : Niederschlag mal Temperatur.

$$\text{Aufbereitung} = + f (N \cdot T)$$

Der *Aufbereitungsvorgang* des Muttergesteins umfasst jene vielfältigen *Dispergierungserscheinungen*, *Hydratationen*, *Oxydationen*, *Lösungsprozesse*, *Hydrolysenvorgänge* und *Koagulationen*, die aus dem ursprünglich zusammenhängenden, massigen Felsstück das feinerdisperse Bodenteilchen liefern. Dieses unterscheidet sich dank der erfolgten Aufbereitung hauptsächlich durch die nachfolgend zusammengestellten Merkmale vom ursprünglichen Verwitterungsprodukt :

Tabelle 4.

Unterscheidende Merkmale zwischen Verwitterungsprodukt und dem Bodenteilchen.

Eigenschaften des Verwitterungsproduktes (unverwittertes Muttergestein)	Eigenschaften des Verwitterungsproduktes (Bodenteilchen)
1. Gewöhnlich massig ausgebildet. Oberflächenentwicklung je Gewichtseinheit klein.	Locker. Oberflächenentwicklung je Gewichtseinheit groß.
2. Hauptmasse in der Regel grobdispers, kristallin.	Hauptmasse gelartig oder als lockere Neukristalle.
3. Kristallgerüste dicht gepackt, schwach hydratisiert, Ionenbindungen fest.	Gerüste der Verwitterungsminerale lockerer, stark hydratisiert mit abgeschwächten Ionenbindungen.
4. Permutoide Oberflächen fehlen. Ionenumtauschvorgänge spielen eine untergeordnete Rolle. Adsorptionsvermögen klein.	Permutoide Oberflächen stark entwickelt. Ionenumtauschprozesse wichtig. Adsorptionsvermögen groß.
5. Wasserhaltende Kraft- bzw. Wasserkapazität klein.	Wasserhaltende Kraft- bzw. Wasserkapazität groß.
6. Pflanzennährstoffe in schwer resorbierbarer Form.	Pflanzennährstoffe in leicht aufnehmbarer Form.

Diese Aufbereitung, die eigentliche Stabilisierung des Muttergesteins an der Erdoberfläche, zeigt innerhalb nicht allzu extremer Klimata keine grossen qualitativen Unterschiede, die Verschiedenheiten des Klimas wirken sich lediglich im *Tempo* der Aufbereitung, in der Verwitterungsintensität aus.

Der starke klimatische Einfluss auf die Bodenbildung beginnt sich erst in der *Wanderung* der verschiedenen Aufbereitungsprodukte innerhalb des Bodenprofils bemerkbar zu machen. Die Richtung dieser Wanderung, wie auch deren Intensität, sind Funktionen der Quotienten: Niederschlag dividiert durch Temperatur (*Lang-Faktor*), bzw. Niederschlag dividiert durch das absolute Sättigungsdefizit der Luft (N:S-Quotient nach A. Meyer).

$$\left. \begin{array}{l} \text{Intensität der Wanderung} \\ \text{und Wanderungsrichtung} \end{array} \right\} = f(N:T) = f(N:S)$$

Starke Niederschläge kombiniert mit niedriger Temperatur, also geringerer Verdunstung, verursachen einen im Bodenprofil absteigenden Wasserstrom. Durch diesen absinkenden Strom des Bodenwassers werden die wanderungsfähigen, hochdispersen und echt gelösten Stoffe aus der oberen Verwitterungsschicht gegen den Untergrund transportiert, dort unter Umständen wieder angereichert oder aber mit dem Grundwasser in die nahen Flüsse und von diesen ins Meer gebracht. Die obersten Bodenschichten werden an löslichen und wanderungsfähigen Stoffen ausgelaugt, sie verarmen und versauern. Durch diese Stoffverschiebung von oben nach unten bilden sich stofflich und mor-

phologisch unterscheidbare Bodenschichten. Die bestimmte *Anordnung* der Bodenhorizonte innerhalb des Gesamtprofils (Muttergestein bis Erdoberfläche), wie auch die speziellen *morphologischen und chemischen Eigenschaften* dieser distinkten Bodenschichten bilden die grundlegenden Kennzeichen für die verschiedenen *Bodentypen*.

Als *abstrakter Bodentypus* bildet sich ein Verwitterungsprofil, das mit sämtlichen Umweltfaktoren der *natürlichen Landschaft* (petrographischen, klimatischen und biotischen) im *Gleichgewichte* steht. Dieser Bodentypus entspricht dem Klimax.

Der im Bodenprofil absteigende Strom des Bodenwassers bildet das Kennzeichen der *humiden Bodenbildung*. Die bodenkundlich wichtige Humidität kann in relativem Masse durch verschiedene, von Temperatur, Niederschlag und Feuchtigkeit der Luft abhängige Zahlenwerte erfasst werden. Für die klimatischen Verhältnisse des Oberengadins wurden der *Lang'sche Regenfaktor* (R. Lang 1922) sowie der *Meyer'sche N-S Quotient* (Alf. Meyer 1926) berechnet und in nachfolgender Tabelle 5 zusammengestellt:

Tabelle 5.
Humiditätswerte nach Lang und Meyer für zwei Stationen des Oberengadins.

Talstation	Lang'scher Regenfaktor ¹ (Niederschlag: Temperatur)	Meyer'scher NS-Quotient ² (Niederschlag: Sättigungsdefizit der Luft)
Bevers	645	687
Sils-Maria	646	783

¹ *Langfaktor* = Jahresniederschläge in mm dividiert durch mittlere Jahrestemperatur (Celsiusgrade).
² *NS-Quotient nach Meyer*: Niederschlag in mm dividiert durch absolutes Sättigungsdefizit der Luft. Dieses absolute Sättigungsdefizit berechnet sich wie folgt:
Annahme N = 830 mm, T = 1.3° C, relative Feuchtigkeit = 76 %.
Die maximale Wasserdampfspannung bei 1.3° C = 5.034 mm Hg.
Die Wasserdampfspannung bei 76 % Sättigung = 5.034 mm · 0.76 = 3.826 mm Hg.
Der NS-Quotient beträgt demnach 830: (5.034—3.826) = 687.
(Sättigungsdrucke des Wassers nach Landolt-Börnstein 1923.)

Ein Vergleich dieser berechneten Humiditätswerte mit den entsprechenden Quotienten anderer Gebiete deutet auf ausgesprochen *perhumide* Verhältnisse. Trotz relativ geringer Niederschläge resultieren zufolge niedrigerer Temperaturen diese perhumiden Humiditätszahlen. Entsprechend diesen Humiditätswerten sind im Oberengadin *humide* und *perhumide* Bodentypen zu erwarten. Wird diese Erwartung durch die Erfahrung bestätigt? Perhumide Bodentypen, wie das stark ausgelaugte Eisenpodsol,¹ lassen sich in weiter Verbreitung nachweisen (siehe auch H. J e n n y 1926 und 1930; W. von L e i n i n g e n 1912). Darin stimmt

¹ Bezüglich der morphologischen und chemischen Kennzeichnung der verschiedenen Bodentypen siehe Teil C, Abschnitt IV, Kapitel a: Die Standortverhältnisse des Rhodoreto-Vaccinietum.

die rein klimatologische Voraussage absolut mit der Beobachtung überein und doch zeigt es sich, dass diese Prognose mit den notwendigen Vorbehalten zu versehen ist. Die vorausgesagten Eisenpodsole finden wir als perhumideste Bildung nur an ganz bestimmten, scharf umgrenzten Standorten, zur Hauptsache auf sauren und intermediären Eruptivgesteinen im Arven-Lärchenwald. Ausserhalb des Waldes treten diese Typen mehr und mehr in den Hintergrund und ziehen sich auf die humideren Zwergstrauchgesellschaften an schattigeren N- und NE-Expositionen zurück. Die klimatisch geforderten Eisenpodsole fehlen zum Beispiel den weitverbreiteten anthropogenen Wiesenformationen (Mähwiesen im Talgrund und an den untern Flanken der Berghänge, Alpweiden der höhern Lagen). Hier finden sich Braunerdevarianten verschiedener Podsolierungsgrade und wechselnder Reife.

Die vielfältige Beeinflussung der Bodenbildung durch das Klima, die Vegetation und das Muttergestein kommt in diesen Varianten deutlich zum Ausdruck. Auch das Alter der Bodenprofile ist bei der Beurteilung der edaphischen Verhältnisse massgebend.

Es wurde schon weiter oben darauf hingewiesen, dass der Geomorphologe die engadinische Tallandschaft als ziemlich ausgereift, ja greisenhaft bezeichnet (A. Heim, 1919). Die mangelnde Erosion der Hauptflüsse konserviert auf lange Zeiten hinaus die Talformen. Im Gegensatz zu diesem relativen Reifestadium der Landschaftsmorphologie des Oberengadins sind die Bodenbildungen als ausgesprochen jung zu bewerten, die *Engadinerböden sind vielfach noch in Bildung begriffen* und tendieren erst gegen den Klimax. Dieses Jugendstadium der Böden ist nicht nur auf die kurze Zeit seit der letzten talüberdeckenden Vergletscherung zurückzuführen, sondern beruht grösstenteils in der noch bestehenden Unausgeglichenheit des Reliefs. Diese stark wechselnden Geländeformen sind die Ursache stark differenter Lokalklimata, die ihre deutlichen Rückwirkungen auf die Vegetationsentwicklung und die Bodenbildung der entsprechenden Standorte haben. Verschiedenheiten der Hangneigung, der Exposition, der Geländeformen (Kuppen, Gräte oder Mulden) und der Vegetation dokumentieren sich durch ihre eigenen Lokalklimata, die den Einfluss des Generalklimas der Gegend weitgehend verändern und verdecken können. Sonn- und windexponierte Lagen haben eine geringere Humidität, während an schattigeren Nordlagen (bevorzugte Waldlagen des Oberengadins) diese verstärkt erscheint. Unter vergleichbaren Verhältnissen wird beispielsweise der Podsolierungsvorgang in Nordlagen begünstigt und an den etwas trockeneren Südhängen stark gehemmt. Auf diese Verhältnisse soll noch weiter unten anlässlich der eingehenderen Behandlung der untersuchten Pflanzengesellschaften eingegangen werden.

Steile Böschungswinkel der Abhänge erzeugen grössere oder kleinere Rutschungen der Verwitterungsprofile, frisches unzersetztes

Gesteinsmaterial wird mit dem Rieselwasser nach tiefern Punkten des Abhanges herabgeschwemmt und dort den Böden aufgelagert : all diese im Relief begründeten Umstände hemmen die Ausreifung der Bodentypen.

Neben den erwähnten geophysikalischen Faktoren ist auch der Chemismus des Muttergesteins von Einfluss auf die Bodenbildung. Enthält das Muttergestein grössere Mengen relativ leicht löslicher Basen (Kalk- und Magnesiumkarbonate), so kann die Podsolierung unter Umständen total verhindert werden. Verschiedene elektrolyt- (bzw. koagulations-) empfindliche Aufbereitungsprodukte (Oxyde des Eisens, des Aluminiums und des Titans) werden durch diese Basen ausgeflockt, dadurch als grobdisperse Phasen wanderungsunfähig gemacht und bereits in den obersten Bodenhorizonten zurückgehalten. Diese koagulierten, das heisst zusammengeballten, grobdispersen Teilchen können nicht mehr mit dem einsinkenden Bodenwasser in die unteren Horizonte infiltriert werden, sondern verbleiben an Ort und Stelle ihrer initialen Aufbereitung. Die Gegenwart dieser energisch koagulierenden Basen unterbindet ebenfalls die Versauerung der sich anhäufenden Humusstoffe. Diese werden neutralisiert, gekrümelt, milde und verlieren in diesem Zustande die sog. Schutzwirkung (siehe S. 410). Die durch chemische Verwitterungsreaktionen aus dem Muttergestein herauspräparierten Sesquioxyde werden durch diese milden Humusstoffe nicht mehr geschützt und bleiben auch aus diesem Grunde als wanderungsunfähige Bodenkomponenten in den obern Bodenhorizonten zurück.

Die chemischen wie auch die morphologischen Profileigenschaften dieser karbonathaltigen Böden unterscheiden sich durch grundlegende Merkmale von den podsolierten Typen. Nur saure und intermediäre Eruptivgesteine bzw. kalkarme oder kalkfreie Sedimente ermöglichen unter optimal humiden Bildungsbedingungen die Entstehung der Podsole. Die mesozoischen Sedimente hingegen verhindern durch ihren Gehalt an basisch wirkenden Kalk- und Magnesiumkarbonaten die typische, generalklimatisch geforderte Podsolierung. Auf diesen mesozoischen Sedimenten stellen sich rendzinaartige Bodentypen ein, bei denen sich das humide Klima des Oberengadins lediglich in einer beginnenden bis deutlichen Entbasung (Ausläugung der Karbonate und Humusversauerung) der obersten Bodenhorizonte kundgibt.

Der Einfluss des Muttergesteins auf die Ausbildung der Bodentypen wird vielfach unterschätzt. Kalksedimente liefern selbst in perhumiden Gegenden Bodentypen, die der Rendzina (Humuskarbonatboden) angehören und in ihrer Entwicklung nur in den seltensten Fällen bis zum eigentlichen Eisenpodsol fortschreiten. Auch in diesen seltensten Fällen dürften solche ausgesprochenen Podsolierungen in der Regel auf kalkärmere Varianten des Muttergesteins oder auf lokal-

klimatisch gesteigerte Humiditäten zurückzuführen sein. Bei bodenkundlichen Untersuchungen sind in allen Fällen die petrographischen Verhältnisse der Muttergesteine zu berücksichtigen. Das schliessliche Gleichgewicht des Klimaxbodens wird in den allermeisten Fällen durch den ursprünglichen Chemismus des Muttergesteins mitbestimmt. Selbst in den perhumiden Gegenden der Alpen bilden sich auf massigen Kalken Bodentypen, die zur Gruppe der Rendzina gehören, während an den gleichen Lokalitäten auf sauren Unterlagen die Podsole sich entwickeln.

In einer generalklimatisch und petrographisch vergleichbaren Landschaft bildet sich ein charakteristischer Bodenklimax aus, welcher der Klimaxvegetation zugeordnet ist. Um diesen charakteristischen Klimaxboden versammeln sich eine Reihe abweichender Bodenvarianten, deren Eigenschaften, chemische wie morphologische, sich mehr oder weniger vom Klimaxboden unterscheiden. Diese abweichenden, um den Klimaxboden gescharten Bodentypen verdanken ihre Entstehung lokalklimatischen bzw. petrographischen Einflüssen und der speziellen Reliefgestaltung des Geländes. Diese vom Bodenklimax abweichenden Typen stellen *Sukzessionsstadien* dar, die alle im Laufe der Zeit gegen den Klimax tendieren. Rohböden stehen noch am Initialpunkt der Bodenbildung, unreife Profile streben allmählich über klimaxähnliche Bodentypen gegen den eigentlichen klimabedingten Schlussboden (progressive Sukzession). An lokalklimatisch übermässig humiden Orten stellen sich Bodenprofile ein, die über das generalklimatisch gesteckte Ziel hinausgeschossen sind und im Laufe der Zeit sich wieder langsam in den natürlichen Klimaxboden zurückverwandeln (regressive Sukzession).

Alle diese in einer generalklimatisch und petrographisch vergleichbaren Gegend sich vorfindenden Bodentypen bilden in ihrer Gesamtheit die Bodenserie. Diese Bodenserie enthält den Klimaxboden als namengebenden Typus und die einzelnen davon abweichenden Serienglieder als Sukzessionsstadien. Die Zugehörigkeit eines Bodens zu einer bestimmten Bodenserie ergibt sich streng genommen aus seiner speziellen *Entwicklungstendenz*, die im namengebenden Bodenklimax kulminiert. Durch progressive bzw. regressive Sukzession tendieren die verschiedenen Serienböden gegen den Klimax.

Jede Höhenstufe der Alpen besitzt ihre eigene klimabedingte und petrographisch beeinflusste Bodenserie, die ihren Namen dem Klimaxtypus der entsprechenden Höhenstufe entlehnt.

Die Bodenverhältnisse auf kalkarmen oder kalkfreien Muttergesteinen gestalten sich wie folgt :

Die *subalpine* Stufe des Oberengadins ist durch die *Eisenpodsolserie* gekennzeichnet. Diese erstreckt sich über die verbreiteten sauren Muttergesteine von der Talsohle bis zur obern Waldgrenze bei 2230 m. Der namengebende Klimaxtypus ist das Eisenpodsol, das kennzeichnend für die Schlussvegetation des *Arven-Lärchenwaldes* ist. Neben diesem

Eisenpodsol finden sich in dieser Höhenstufe gemäss den besonders vorherrschenden lokalklimatischen und petrographischen Verhältnissen, dem Relief und der Vegetation, die einzelnen Serienböden in grösserer oder geringerer Verbreitung.

An rutschigen Hängen oder im Bereiche des ständigen Steinschlages, häufig auch im Gebiete stark frequentierter Lawinenzüge, auf frischen Alluvionen und Moränen, ferner im Blockschuttbereich der Felswände herrschen die *Rohböden* mit ihren charakteristischen Assoziationen vor. Auf stabilisierten, also nicht mehr bewegten Hängen, im Gebiete der anthropogen geschaffenen Wiesen- und Weidenformationen finden sich *braunerdeähnliche Profile* verschiedenen Podsolierungs- und Reifegrades. Zwischen den Rohböden, den podsolierten Braunerden verschiedener Reife und dem Bodenklimax dieser Höhenstufe bestehen alle graduellen Uebergänge. Die einzelnen angeführten Serienglieder (Rohboden — leicht podsolierte unreife Braunerde — podsolige Braunerde — Eisenpodsol — Humuspodsol) sukzedieren im Laufe der Zeit nach dem Klimaxboden; bei ungestörter Entwicklung streben diese Sukzessionsglieder gegen das dem Arven-Lärchenwald zugehörnde Eisenpodsol.

Die *alpine* Stufe erhält durch die *Humussilikatbodenserie* ihr Gepräge. In diesen Hochlagen ist die Verwitterungsintensität dank tiefer Temperaturen sehr stark abgebremst. Die mineralischen Anteile des Bodens werden durch die chemischen Verwitterungsreaktionen nur unwesentlich angegriffen und kaum aufgeschlossen. Der chemische Angriff des anorganischen Anteils geht kaum weiter als bis zur Oxydation der Ferroverbindungen und zur hydratationsartigen Auflockerung der Kristallgerüste. Zur Hauptsache dispergieren der Frost und die Wärmeschwankungen das Gestein. Nur an lokalklimatisch etwas geschützteren Lagen (etwas wärmer und feuchter) zeigen sich ausgesprochene Podsolierungen, die aber nie im Eisenpodsol der subalpinen Stufe ausmünden.

Die Bodenbildung in der alpinen Stufe steht infolge tiefer Temperaturen und *gesteigerter Verdunstung* unter dem Zeichen stark reduzierter Verwitterungsintensität. Ungehindert durch Waldbestände oder hohe Sträucher braust der Bergwind über die niedrigwüchsigen Pflanzengesellschaften oder Kahlstellen des alpinen Höhengürtels und verdunstet das Wasser der nicht selten flachgründigen Bodenprofile.

Die Wirkung der Flugstaubdüngung (siehe auch H. J e n n y 1926 und 1930, W. v o n L e i n i n g e n 1912) darf in dieser Höhenstufe nicht unterschätzt werden. In nächster Nachbarschaft der mehr oder minder nackten Rohböden werden alljährlich ansehnliche Mengen frischer unverwitterter und düngender Staubpartikel auf die Verwitterungs- und Humusschichten abgesetzt. Der Humus dieser vorwiegend *vegetabilisch aufgebauten Humussilikatböden* wird durch den Flugstaub teilweise ab-

gesättigt und koaguliert. In dieser baumlosen und windexponierten Hochgegend ist auch die Bedeutung des *Frostes* für die Humuskoagulation noch zu erwähnen. Werden Humusstoffe bei Gegenwart kleiner oder grösserer Elektrolytkonzentrationen intensiv ausgefroren, so reichern sich zwischen den einzelnen Eiskristallen die Koagulatoren an und führen die Humusstoffe in krümelige, grobdisperse Form über. Flugstaub und starke Frostwirkung unterstützen sich gegenseitig bei der Koagulation dieser organischen Kolloide. Der gekrümelte Humus verliert zum grössten Teil sein Schutzvermögen, das bei der Bildung der Eisenpodsole eine ausschlaggebende Rolle spielt.

An lokalklimatisch für die Podsolierung etwas günstigeren Standorten vermag der nur partiell koagulierte Humus in gewissen Fällen die aufbereiteten Sesquioxide zur Wanderung mit dem absinkenden Bodenwasser zu zwingen. Da aber von gröber dispersen Humuskolloiden für den gleichen Schutzeffekt grössere Quantitäten an schützender Phase benötigt werden, so beobachtet man bei den podsolierten Profilen der alpinen Stufe eine parallel der Eisen- und Aluminiumwanderung verlaufende Humusanreicherung in den untern Bodenschichten. Die grossen Schutzkolloidmengen wandern zusammen mit der geschützten Phase der Sesquioxide (Eisen und Aluminium) gegen den Untergrund und werden dort im Anreicherungshorizont wieder ausgefällt. Die Humuspodsole¹ der Alpen zeigen Anreicherungshorizonte (B-Schichten), die über 10 % Humus haben.

Die *alpine Serie* enthält den *Humussilikatboden* als namengebenden Typus. Dieser Klimaxboden ist der normalen Krummseggenassoziation (*Curvuletum*) eigen. Als Serienglieder treten Rohböden (rutschige Hänge, Block- und Schutthalden), unreife, schwach podsolige Braunerden (alpine Weidegesellschaften) und Humuspodsole auf (an feuchteren Stellen des *Curvuletums* und unter gewissen, in die alpine Stufe hinaufgedrungenen Zwergstrauchgesellschaften).

Die *nivale Stufe* wird durch die einheitlichere *Rohbodenserie* gekennzeichnet, die als schwach verbreitete Serienglieder an lokalklimatisch günstigeren Stellen Humussilikatböden und sehr selten Humuspodsole aufweist.

Auf den kalkreichen Muttergesteinen (CaCO_3 -Gehalt über 40 %) fehlen die eben erwähnten, durch das Eisenpodsol als extremen Typus gekennzeichneten Bodenserien. An ihre Stelle treten die Serien der *Humuskarbonatböden* (*Rendzinen*), die kurz folgendermassen charakterisiert werden können: Im Humuskarbonatboden findet sich freies CaCO_3 im ganzen Profil. Durch seine Gegenwart reagiert der Boden alkalisch. Die grosse Menge relativ leicht löslicher Erdalkalkarbonate vermag bei der herrschenden neutralen bis alkalischen Reaktion (pH grösser als 7) die Sesquioxide (Fe und Al) am Ort ihrer Aufbereitung zu fällen. Diese umkleiden als dünne Gelhäute das Mineralkorn im Verwitterungsprofil und

¹ Analyse von Humuspodsolon siehe Teil C, Abschnitt IV, Kapitel a: Die Standortverhältnisse des *Rhodoreto-Vaccinietum*.

isolieren es so vor weiterem Angriff. Die Wanderung dieser Sesquioxidkolloide im absteigenden Wasserstrom unterbleibt. Wie diese anorganischen Kolloide werden auch die Humusstoffe ausgeflockt. Die Infiltration dieser grobdispersen Humusteilchen in tiefere Bodenschichten wird verhindert. Es bilden sich dunkle, humusreiche Horizonte mit krümeligem Mullhumus.

Diese Humuskarbonatböden können im perhumiden Hochgebirgsklima eine Entkalkung erleiden. Diese Entkalkung führt zwangsläufig eine Versauerung im Gefolge. Mit ihr beginnen die obersten Humushorizonte die typische Krümelstruktur zu verlieren. Eine Umwandlung zur Einzelkornstruktur wird erkennbar. Diese Profile, die häufig eine schwache Abwanderung der anorganischen Kolloide (Fe, Al und Ti) nach unten aufweisen, werden als *degradierte Humuskarbonatböden* bezeichnet.

Die *subalpine* Stufe des Untersuchungsgebietes und grösstenteils des ganzen übrigen Alpenareals wird auf diesen basischen Muttergesteinen durch die Serie der *Humuskarbonatböden* charakterisiert. Ihre zugeordneten Serienglieder umfassen: Rohböden — unreife (juvenile) Humuskarbonatböden — Humuskarbonatböden — degradierte Humuskarbonatböden. Unter dem Nadelwald sind die zwei letzten Serienglieder am häufigsten.

In der *alpinen Stufe* findet sich auf diesen basischen Muttergesteinen die Serie der « *alpinen Humuskarbonatböden* ». Die tiefe Temperatur hat in dieser Höhe die chemischen Verwitterungsreaktionen im allgemeinen stark abgebremst, ohne indessen die Auflösung des Kalkes entscheidend hemmen zu können. Es resultieren schliesslich humusreiche, schwach versauerte Bodenprofile, die ihre Entstehung und ihr Mächtigerwerden hauptsächlich der Vegetation verdanken. Diese « *alpinen Humuskarbonatböden* » entsprechen eigentlich degradierten Humuskarbonatböden, wachsen aber unter den speziell alpinen Bedingungen in die Höhe (Auf- und Einlagerung von Humus) und stehen damit in gewissem Gegensatz zu den typischen chemischen Verwitterungsprofilen der subalpinen und montanen Stufe, welche durch eine der Tiefe zu fortschreitenden Verwitterung der Mineralanteile an Mächtigkeit gewinnen. Diese alpinen Humuskarbonatböden (Alpenhumusböden s. str.) bilden die Parallele zu den Humussilikatböden auf sauren Muttergesteinen.

Die *Glieder* dieser Serie sind: Rohböden — unreife Humuskarbonatböden (skelett- und kalkreich) — Humuskarbonatböden — alpine Humuskarbonatböden (degradiert).

An Standorten mit gesteigerter Lokalthumidität oder auf kalkärmern Varianten des Muttergesteins zeigt das letzte Serienglied mehr oder weniger deutliche Podsolierungserscheinungen.

Die *Kalkrohböden* bildet den Abschluss in der *nivalen* Stufe.

C. Die Ordnung Rhodoreto-Vaccinietalia im Oberengadin.

1. Zur Nomenklatur und Methodik der pflanzensoziologischen Untersuchungen.

Jede Systematik hat zur Voraussetzung, dass sich ihre Einheiten durch eine Reihe bestimmter Merkmale kennzeichnen und voneinander unterscheiden. Im Schwerpunkt pflanzensoziologischer Systematik steht als Fundamenteinheit die *Assoziation* (Assoziation: im Sinne der Zürich-Montpellier-Schule). Die Pflanzenassoziatio zeichnet sich durch eine charakteristische Artenkombination mit bestimmten ökologischen Ansprüchen aus. Sie ist charakterisiert durch eine Reihe synthetischer

und analytischer Merkmale, die unten kurz angeführt werden. Die Assoziation ist eine *abstrakte* Einheit, gewissermassen die *ideale* Pflanzengruppierung, welche sich aus der Synthese sämtlicher in der Natur vorkommender und naturgemäss leicht variierender Einzelbestände (Assoziationsindividuen) ergibt. Das ursprüngliche Erkennen und Erfassen einer bestimmten Artengruppierung als Assoziation ist Sache des subjektiven soziologischen Feingefühls. Ihre objektive Bestätigung ergibt sich aus der floristisch-statistischen und ökologischen Untersuchung einer grösseren Anzahl als typisch erachteter natürlicher Einzelbestände.

Die der vorliegenden Arbeit zugrunde gelegten pflanzensoziologischen Untersuchungsmethoden entsprechen den von J. Braun-Blanquet (1921, 1925, 1928), J. Pavillard (1922, 1923, 1925) und W. Koch (1926) entwickelten Richtlinien.

Die floristisch-statistische Untersuchung der Pflanzengesellschaften basiert auf zwei grundlegenden Gruppen von Merkmalen, solcher analytischer und solcher synthetischer Natur.

Der natürliche Einzelbestand bildet vorerst den Gegenstand *analytischer* Erforschung. Als analytische Individualmerkmale dienen :

- I. Die floristische Zusammensetzung (Artenliste).
- II. Das mengenhafte Auftreten der Einzelarten innerhalb des Assoziations-individuums (Abundanz).
- III. Der horizontale Deckungsgrad der Arten innerhalb des Vegetationsteppichs (Dominanz).
- IV. Die Häufungsweise der Arten (Einzelwachstum, Gruppen-, Herden- oder Teppichbildung) (Soziabilität).
- V. Der Verteilungsmodus der Arten über die Fläche des Einzelbestandes. Die Arten sind gleichmässig oder ungleichmässig über das Areal verteilt (Frequenz).
- VI. Die Vitalität der verschiedenen Arten im Assoziationsindividuum.
- VII. Der Vertikalaufbau des Einzelbestandes in einzelne Schichten (Baum-, Strauch-, Kraut-, Moos- oder Flechtenschicht).

Die *quantitative Festlegung* dieser *analytischen Gesellschaftsmerkmale* II bis V geschieht nach der sog. Schätzungsmethode. Ihrer quantitativen Angabe genügen Fünferskalen den meisten Ansprüchen.

Abundanz und Dominanz werden mit gutem Erfolge kombiniert geschätzt, die oben angeführten Gruppen II und III werden also zusammengezogen und durch *eine* Zahl charakterisiert. Folgende Zusammenstellung orientiert über die konventionellen Skalenwerte.

Kombinierte Schätzung von Menge und Deckungsgrad.

Skalenwert	Mengenhaftes Auftreten der Art und Dominanz
1	Reichlich, aber mit geringem Deckungswert (Sträucher spärlich)
2	Sehr zahlreich oder mindestens $\frac{1}{20}$ des Areals deckend
3	Individuenzahl beliebig, $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ " " "
4	" " $\frac{1}{2}$ " $\frac{3}{4}$ " " "
5	Mehr als $\frac{3}{4}$ der Bestandesfläche deckend

Einer notwendigen Erweiterung dieser Fünferskala nach kleineren Werten wird durch die Einführung folgender Zeichen Rechnung getragen:

+ ziemlich spärlich bis sehr spärlich auftretend, mit geringem Deckungswert;

rr nur 1 oder sehr wenige Artenexemplare mit zu vernachlässigendem Deckungswert.

In den Assoziationstabellen bilden diese Zahlen die erste Ziffernreihe der Vertikalkolonnen.

Auch die *Soziabilität* der Arten wird nach einer Fünferskala angegeben.

Soziabilitätsgrade.

Skalenwert	Häufungsweise der Arten (Soziabilität)
1	Einzeln wachsend
2	Gruppen- oder horstweise wachsend
3	Truppweise wachsend (kleinere Flecken oder Polster)
4	Kleine Kolonien bildend oder in ausgedehnten Flecken oder Teppichen wachsend
5	In grossen Herden wachsend

In der Assoziationstabelle wird der Soziabilitätsgrad durch die zweite Zahl der Vertikalkolonnen angegeben.

Die *Frequenz* stellt einen Annäherungsausdruck für die Regelmässigkeit der Artenverteilung über die ganze Fläche des Einzelbestandes dar. Der Frequenzgrad einer Art ist hoch, wenn diese sehr regelmässig über das ganze Areal verteilt ist, so dass der mittlere gegenseitige Abstand zwischen den einzelnen Art-exemplaren möglichst konstant bleibt. Die Frequenzbestimmung erfolgt durch wahlloses Auslegen von Metallrahmen bestimmter Grösse (25×25 cm) über das ganze Assoziationsindividuum. Tritt eine Art in 100 % aller Fälle im solcherart über die ganze Fläche ausgelegten Rahmen auf, so ist diese Art sehr regelmässig über das betreffende Areal verteilt. Fünf Frequenzklassen vermitteln eine zahlenmässige Angabe des Frequenzgrades.

Frequenzklasse	Die untersuchte Art findet sich in X% aller ausgelegten Rahmen konstanter Grösse
I	0— 20 %
II	21— 40 %
III	41— 60 %
IV	61— 80 %
V	81—100 %

Die Arten gleicher Frequenzklassen werden in Gruppen zusammengezogen und diagrammatisch dargestellt.

Findet eine bestimmte Pflanzenart in der untersuchten Assoziation zusagende ökologische Bedingungen und behauptet sie gegenüber ihren Mitkonkurrenten erfolgreich den Platz im Artenmosaik, dann zeichnet sich diese Art gewöhnlich durch eine hohe *Vitalität* aus. Die Angabe der Vitalität orientiert demnach über die innere Zugehörigkeit einer bestimmten Art zur Assoziation. In den nachfolgenden Untersuchungen sind die Vitalitätsangaben in negativem Sinne aufgezeichnet, indem die *nicht oder seltener fruktifizierenden* Zwergsträucher mit

dem Index • hinter der Soziabilitätszahl gekennzeichnet wurden. Dieser Index wurde nur dort eingesetzt, wo durch mehrjährige Kontrolle \pm dauernde Sterilität konstatiert wird.

Der Raum des Assoziationsindividuums wird für die Untersuchung in vertikaler Richtung in verschiedene *Schichten* zerlegt. Den speziellen Verhältnissen des Oberengadins angepasst, werden die *Baumschicht*-, die kombinierte *Strauch/Krautschicht* und die *Moos-Flechtenschicht* untersucht. In der Mooschicht (vereinfachend für Moos-Flechtenschicht) werden nur Bodenmoose und Bodenflechten berücksichtigt, epilithische und epiphytische Kryptogamen fallen weg. Alle unterschiedenen Schichten werden als autonom betrachtet und in ihnen die analytischen Merkmale I bis VI getrennt untersucht. Nur die Baumschicht (Stämme über 5 m Höhe) erforderte ein vereinfachtes Verfahren, hier wird auf die Angabe der Soziabilität verzichtet und nur der Deckungsgrad der Baumkronen nach einer der vorigen entsprechenden Fünferskala angegeben. Die Stammzahl des Einzelbestandes wird ausgezählt und in der Legende zur Assoziationstabelle verzeichnet.

Die *analytischen Merkmale* beschreiben das Aeussere, die Struktur des einzelnen Assoziationsindividuums. Sie geben Aufschluss über die floristische Zusammensetzung und die spezifische qualitative und quantitative Verteilung der Arten innerhalb des natürlichen Einzelbestandes.

Die Konstruktion der abstrakt gedachten Assoziation gründet sich auf die zweite Gruppe der sog. *synthetischen Gesellschaftsmerkmale*. Erst durch vergleichende Synthese aller einzeln untersuchten *realen* Einzelbestände ergibt sich die abstrakte (ideale) Assoziation.

Folgende fünf *Gesellschaftsmerkmale* dienen der Synthese:

- I. Die Gesellschaftsstetigkeit.
- II. Die Gesellschaftskonstanz.
- III. Die Gesellschaftstreue.
- IV. Die charakteristische Artenkombination.
- V. Der Minimalraum.

I. Die *Gesellschaftsstetigkeit*. Die Gesellschaftsstetigkeit gibt quantitativen Aufschluss über das mehr oder weniger ständige Vorkommen einer bestimmten Art in sämtlichen Einzelbeständen einer Assoziation. Der Stetigkeitsgrad orientiert über das prozentuale Vorkommen einer Art in all den untersuchten Einzelbeständen.

Die Stetigkeitsangabe bezieht sich auf das *ganze* Assoziationsindividuum, unbekümmert um seine Flächenausdehnung, vorausgesetzt, dass es das minimale, zur normalen Ausbildung des charakteristischen Artenmosaiks benötigte Areal aufweist oder überschreitet. Auch die Stetigkeit wird nach einer Fünferskala angegeben.

Stetigkeitsklassen.

Stetigkeitsklasse	Prozentuales Vorkommen einer Art, bezogen auf alle untersuchten <i>Einzelbestände</i>
I. Selten vorhanden	0— 20 %
II. Nicht oft vorhanden	21— 40 %
III. Oefter vorhanden	41— 60 %
IV. Meist vorhanden	61— 80 %
V. Stets vorhanden	81—100 %

II. Die *Gesellschaftskonstanz*. Zwischen dieser und der Gesellschaftsstetigkeit bestehen, in Anlehnung an die Auffassung der Zürich-Montpellier-Schule, keine prinzipiellen Unterschiede. Während für die Ermittlung der Stetigkeit Assoziationsindividuen verschiedenster Arealgrößen (Restriktion siehe unten) dienen können, beziehen sich die Konstanzzahlen auf *flächengleiche* Einzelbestände. Die quantitative Abstufung der Konstanzklassen befolgt mit entsprechender Abänderung der Benennung die gleiche Prozentskala wie die der Stetigkeit.

III. Unter *Gesellschaftstreue* versteht man die Gebundenheit einer Art an eine bestimmte Pflanzengesellschaft. Die Arten höherer Treuegrade kommen nur ausnahmsweise in andern Assoziationen vor; sie sind charakteristisch für die eine ausgezeichnete Gesellschaft; es sind dies die Charakterarten. Diese *Charakterarten*¹ zeichnen sich in der Regel durch sehr enge ökologische Amplituden aus, sie finden ihre optimalen Existenzbedingungen in ihrer soziologischen Einheit. Aus diesem Grunde sind sie die besten Zeiger typischer Assoziationsindividuen und charakteristische Indikatoren der Standorte bzw. ihrer Bodenverhältnisse. Treten Charakterarten in gewissen Fällen in nahverwandte Assoziationen über, gewöhnlich unter deutlichen Zeichen verminderter Vitalität, so werden sie in diesen als sog. übergreifende Charakterarten bezeichnet und in der Assoziations-tabelle durch einen Sternindex (*) kenntlich gemacht.

IV. Die *charakteristische Artenkombination* einer Pflanzengesellschaft rekrutiert sich aus den Charakterarten und den Arten der beiden höchsten Stetigkeitsklassen (61—100 %) (Klassen IV und V). Hierin sind die meisten «aufbauenden Arten»² inbegriffen.

V. Der *Minimalraum* (siehe auch H. Kylin 1926, daselbst weitere Literaturangaben) ist ein konventionelles Gesellschaftsmerkmal. Eine normal ausgebildete Assoziation bedarf eines bestimmten minimalen Areals, damit der Grossteil der charakteristischen Arten (zirka 80 % der charakteristischen Artenkombination) in ihm enthalten ist. Diese Fläche wird als Minimalraum oder Minimalareal bezeichnet.

Die folgerichtige Kombination all dieser Merkmale ergibt als abstrakten Begriff die Assoziation. Nach ihrer floristischen Verwandtschaft können verschiedene Assoziationen unter sich zu einer nächst höheren soziologischen Einheit, dem *Verbande*, zusammengefasst werden. Dieser Verband ist durch eigene Verbands-Charakterarten gekennzeichnet, die gleichzeitig all seinen untergeordneten Assoziationen als Gesellschaftscharakterarten dienen. Verwandte Verbände bilden als nächst höhere Einheit die *Ordnung*, welche wiederum durch besondere Ordnungs-Charakterarten ausgezeichnet ist.

Die *Subassoziationen* sind der grundlegenden soziologischen Einheit, also der Assoziation, untergeordnet. Sie unterscheiden sich von

¹ Siehe S. 388.

² a) «Aufbauende» Arten zeichnen sich bei der Bildung einer Assoziation durch positive Bautätigkeit aus; durch die Entwicklung dieser Arten wird die Assoziationsgenese beschleunigt.

b) «Zerstörende» bzw. «abbauende» Arten leiten innerhalb einer Pflanzengesellschaft deren Umwandlung in eine andere Sukzessionsstufe ein.

c) «Erhaltende» Arten stehen hinsichtlich ihres Bauwertes zwischen den beiden sub a und b genannten Gruppen.

(J. Braun-Blanquet 1928, S. 271; W. Ludi 1928).

der Assoziation und untereinander nicht durch eigene Charakterarten, sondern durch sog. *Differentialarten*.¹ Diese unterscheidenden Arten finden in ihrer Subassoziations optimalere Existenzbedingungen als in den andern, dadurch eben unterscheidbaren Schwestersubassoziations. Die Ausbildung von Subassoziations beruht wohl meistens auf rein ökologischen Ursachen der Standorte.

Die *Fazies* werden den Subassoziations untergeordnet. Von diesen unterscheiden sie sich weder durch Differential- noch durch Charakterarten, sondern lediglich durch das mengenhafte Ueberwiegen bestimmter Arten. In den vorliegenden Untersuchungen wurden keine *Fazies* ausgeschieden.

Eine konsequente systematische Benennung der soziologischen Einheiten wurde angestrebt. Wenn immer möglich, wird nach dem Vorschlag von W. K o c h (1926) und J. B r a u n - B l a n q u e t (1921, 1928) der taxonomische Wert einer soziologischen Einheit (Ordnung, Verband, Assoziation, Subassoziations, *Fazies*) durch festgesetzte Wortenden gekennzeichnet. Diese Suffixe werden speziellen Gattungs- oder Artnamen angehängt. Das befolgte Vorgehen zeigt sich in nachstehender Tabelle.

Tabelle 6.

Das einem Gattungs- oder Artnamen angehängte Wortende kennzeichnet den taxonomischen Wert einer soziologischen Einheit.

Soziologische Einheit	Suffix	Beispiel
Ordnung	-etalia	Rhodoreto-Vaccinietalia
Verband	-ion	„ -Vaccinion
Assoziation	-etum	„ -Vaccinietum
Subassoziations ²	-etosum	Rhod.-Vacc.cembretosum

² *Fazies*, von denen vorliegende Arbeit keine aufweist, werden durch das Suffix-Osum gekennzeichnet.

Aus der Lage und den Schutzeinrichtungen (vor der ungünstigen Jahreszeit) der überdauernden Erneuerungsorgane lassen sich häufig Rückschlüsse auf die Umweltbedingungen der Pflanzen ziehen. Nach C. R a u n k i a e r (1905) werden alle Arten, die in dieser Hinsicht (Lage und Schutzeinrichtungen) miteinander übereinstimmen, in sog. *Lebensformenklassen* zusammengefasst. Für die vorliegenden Studien wurde das durch J. B r a u n - B l a n q u e t (1928; siehe auch F. R. B h a r u c h a 1933) modifizierte Raunkiaersche System übernommen, dessen Gliederung durch folgende Zusammenstellung ersichtlich ist, wobei nur die für vorliegende Arbeit in Betracht kommenden Klassen und Unterabteilungen Berücksichtigung fanden.

¹ Weist eine Gesellschaft nur wenige Charakterarten auf, so können zur Abgrenzung zweier verwandter Assoziations vorteilhaft auch diese Differentialarten verwendet werden (J. B r a u n - B l a n q u e t 1928, S. 52).

Tabelle 7.

Lebensformen nach C. Raunkiaer, modifiziertes System nach J. Braun-Blanquet.

Abkürzungen	Lebensformen	
T.	Therophyta	Einjährige
G. b	Geophyta bulbosa	Knollen-Erdpflanzen
G. r	„ rhizomatosa	Rhizom- „
H. c	Hemikryptophyta caespitosa	Horstpflanzen
H. r	„ rosulata	Rosettenpflanzen
H. sc	„ scaposa	Schaftpflanzen
Br. Ch. r	Bryo-Chamaephyta reptantia	Deckenmoose
Ch. l	Chamaephyta lichenosa	Strauchflechten
Ch. r	„ reptantia	Kriechstauden
Ch. p	„ pulvinata	Polsterpflanzen
Ch. v	„ velantia	Spaliersträucher
Ch. s	„ suffrutescentia	Halbsträucher
Np	Nanophanerophyta	Sträucher
Mp	Macrophanerophyta	Bäume

In den Assoziationstabellen I, II und III bezeichnen die den Pflanzennamen vorgesetzten Abkürzungen die in Tabelle 7 verzeichneten Lebensformen.

Das für jede Assoziation konstruierte *biologische Spektrum* (Spektrum der Lebensformen) gibt über die quantitative Verteilung der verschiedenen Arten auf die angegebenen Lebensformengruppen Aufschluss. Von einer zu weitgehenden Detaillierung der Lebensformen wurde Abstand genommen und nur die fünf Klassen: Therophyta, Geophyta, Chamaephyta (inkl. Bryo-Chamaephyta), Hemikryptophyta und Phanerophyta ausgeschieden.

Die Assoziationstabellen werden nach folgenden Prinzipien angeordnet:

Die floristische Zusammensetzung der einzelnen unterschiedenen vertikalen Schichten wird getrennt angeführt. An erster Stelle stehen die Charakterarten: Assoziations-Charakterarten, dann Verbands-Charakterarten und Ordnungs-Charakterarten. Die übrigen Arten, deren Stetigkeit über 12% beträgt, sind als Begleiter bezeichnet und nach ihrem abnehmenden Stetigkeitsgrade aufgeführt. Begleitarten mit einer Stetigkeit unter 12% sind nicht mehr in die Assoziationstabelle aufgenommen worden, sondern figurieren als « Zufällige » in der dazugehörigen Legende.

Varietäten¹ und Subspezies werden im Text durch ein hinter die Gattungsnamen gesetztes Kreuz + gekennzeichnet. Die Arten der

¹ Benennung nach H. Schinz und R. Keller, Flora der Schweiz, 4. Auflage. Moose nach J. Ammann und Ch. Meylan, Flore des mousses de la Suisse, Genève 1918. — Flechten nach G. Lindau, Kryptogamenflora für Anfänger, Bd. 3.

charakteristischen Artenverbindung der Assoziation sind gesperrt gedruckt.

Die Grösse des untersuchten Bestandes wird in m² am Kopfe der Assoziationstabellen angegeben. Oft ist in einem grössern Assoziations-individuum zuerst eine kleinere Fläche untersucht worden, die Grösse dieser Fläche figuriert an erster Stelle, während das Gesamtareal des Bestandes in Klammern beigefügt wird. Die in der erweiterten Aufnahme *neu* hinzugekommenen Arten stehen dann ebenfalls zwischen Klammern.

II. Allgemeines über die Ordnung Rhodoreto-Vaccinietalia.

Im Oberengadin wird diese Ordnung, samt den ihr zugeteilten soziologischen Untereinheiten, durch einen Grundstock von *Ordnungs-Charakterarten* gekennzeichnet, von denen besonders die Ericaceen (speziell die Vaccinien, Rhododendron ferrugineum, Loiseleuria procumbens) und Empetrum nigrum augenfällig sind. Diesen für die Gesamtordnung charakteristischen Sträuchern gesellen sich ferner Homogyne alpina, Melampyrum silvaticum, Lycopodium Selago und die Flechten und Moose: Peltigera aphtosa, Cladonia elongata, Dicranum Mühlenbeckii und Polytrichum alpinum bei.

Das Dominieren einer oder mehrerer dieser Ordnungs-Charakterarten, das Auftreten spezieller Verbands- und Assoziations-Charakterarten mit mehr oder weniger steten Begleitern führt dann zur konsequenten Ausscheidung entsprechender soziologischer Untereinheiten (siehe folgendes Kapitel III).

Die Ordnung Rhodoreto-Vaccinietalia hat im Oberengadin ihre *Hauptverbreitung* in der *obern subalpinen Stufe*. Ihr Areal liegt demnach, allgemein betrachtet, zwischen dem Klimaxgürtel des Piceion excelsae und dem des alpinen Caricion curvulae; doch verschafft sich die untersuchte Ordnung durch den zugeordneten Verband Loiseleurieto-Vaccinion Eingang in die alpine Stufe.

Die subalpine Stufe kann zweckmässig in zwei Klimaxgebiete geschieden werden: in eine *untere subalpine Stufe*, gekennzeichnet durch das dem untersuchten Gebiete fehlende *Piceion*, und in eine *obere subalpine Stufe*, die dem eigentlichen Klimaxgebiet des *Rhodoreto-Vaccinion* entspricht.

Die untere Grenze dieses letztern Klimaxareals und damit auch der Rhodoreto-Vaccinietalia deckt sich im Oberengadin ungefähr mit der untern Grenze des Untersuchungsgebietes, dem Talboden bei Bevers (1700 m), während seine obere Verbreitungsgrenze im Mittel bei 2400 m liegt. Diese Höhenlagen können am besten durch die Angabe folgender Daten umschrieben werden:

Die Baumgrenze (Arve, Lärche) dürfte im Untersuchungsgebiet im grossen Mittel bei ca. 2300 m, die jetzige klimatische Waldgrenze (zusammenhängende Baumbestände) bei 2230 m liegen. Der eigentlichen Kampfzone kommt demnach ein Gürtelstreifen von etwa 70 m zu. Die mittlere Zwergbaumgrenze wäre auf ca. 2400 m zu fixieren.

Nach E. Rübel (1912) liegt im Berninagebiet die obere Baumgrenze bei 2300—2310 m, die klimatische Waldgrenze bei 2250 m, die mittlere Zwergbaumgrenze bei 2400—2420 m (oberste Arve 2580 m, oberste Lärche 2660 m). H. Brockmann (1907, 1919) gibt die obere Baumgrenze im Oberengadin wie folgt an: Bernina 2350 m, Juliergebiet 2250 m, Gegend um Sils-Maria 2300 m.

Die klimatische Waldgrenze sinkt im Seengebiet des Oberengadins gegen Maloja ab. Während im Berninagebiet die grösseren Seitentäler: Val Roseg, Val Morteratsch nahezu die gleichen Verhältnisse wie das Haupttal des Inn aufweisen, sind die Täler: Val del Fain, Val Minor und Val Arlas zur Zeit gänzlich waldfrei. Im Tal des Berninabaches verschwindet in der Gegend der Berninahäuser der Wald schlagartig, und nur noch wenig übriggebliebene Zeugen sprechen von seiner früheren Existenz. In die andern Seitentäler des Oberengadins (Val Saluver, Val Suvretta, Val Julier, Val Fex und Val Fedoz) dringt der Wald kaum ein. Die Waldgrenze zeigt am Eingang dieser Seitentäler, mit Ausnahme der linken Talflanke des Fextales, eine scharfe und plötzliche Depression bis zur Talsohle.

Für die vorliegenden Untersuchungen der Ordnung *Rhodoreto-Vaccinietalia* spielt neben der Baumgrenze (2300 m)¹ hauptsächlich die Waldgrenze (2230 m) eine grosse Rolle. Diese letztere bildet, sei es als aktuelle oder als klimatische Grenze, eine wichtige Trennungslinie zwischen verschiedenen untersuchten Assoziationen resp. ihren Unterabteilungen. Die *Zwergbaumgrenze* (2400 m) fällt mehr oder minder mit der obern Grenze der *Zwergstrauchgesellschaften* (2400 m) zusammen und bildet den Abschluss der Ordnung gegen die alpinen *Rasengesellschaften*.² Die nähern diesbezüglichen Verhältnisse, wie auch die speziellen Bodenverhältnisse innerhalb der Ordnung werden weiter unten im Zusammenhang mit den einzelnen Assoziationen behandelt.

III. Die Systematik der Ordnung *Rhodoreto-Vaccinietalia*.

Die systematische Gliederung dieser soziologisch hochstehenden Ordnung lehnt sich der von J. Braun-Blanquet (1926) vorgeschlagenen Klassifikation an.

Der vorwiegend subalpinen Ordnung werden zwei charakteristische Verbände zugeordnet: dem *Rhodoreto-Vaccinion* wird das *Loiseleurieto-Vaccinion* gegenübergestellt. Die den beiden genannten Verbänden beigeordneten Assoziationen und Subassoziationen sind in der nachstehenden tabellarischen Zusammenstellung (8) angeführt:

¹ Die Baumgrenze wird von den meisten Autoren als Grenze zwischen subalpiner und alpiner Stufe betrachtet.

² Alle diese Grenzen sind natürlich unscharfe, \pm breite Uebergangsgürtel.

Tabelle 8.

Die systematische Gliederung der Ordnung Rhodoreto-Vaccinietalia.

Verband	Assoziationen	Subassoziationen
I. Rhodoreto-Vaccinon	$\left\{ \begin{array}{l} a) \text{ Rhodoreto-Vaccinietum} \\ b) \text{ Empetreto-Vaccinietum} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ Rh. Vacc cembretosum} \\ 2. \text{ " " calamagrostidetosum} \\ 3. \text{ " " extrasilvaticum} \\ 1. \text{ Emp. Vacc. hylocomietosum} \\ 2. \text{ " " cetrarietosum} \end{array} \right.$
II. Loiseleurieto-Vaccinon	$\left\{ \begin{array}{l} a) \text{ Loiseleurietum} \\ \text{cetrariosum} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ Lois. cetr. cladinetosum} \\ 2. \text{ " " alectorietosum} \end{array} \right.$

Im Laufe der Untersuchungen ergaben sich einige notwendige Abweichungen von der ursprünglichen Braun'schen Gliederung. Sie führten zur Einordnung des Empetreto-Vaccinietum in den Verband des Rhodoreto-Vaccinon, während bis anhin diese Gesellschaft im Verbands des Loiseleurieto-Vaccinon figurierte. Die floristisch-statistische Auswertung der später zur Diskussion stehenden Assoziations Tabellen, sowie auch die ökologische Annäherung des Empetreto-Vaccinietum an das Rhodoreto-Vaccinietum extrasilvaticum liessen diese Umgruppierung angezeigt erscheinen.

IV. Der Verband Rhodoreto-Vaccinon.

Unter vergleichbaren klimatischen, petrographischen und pflanzengeographischen Verhältnissen bildet dieser Verband den Klimax, d. h. die Schlussgesellschaft der oberen subalpinen Stufe der Schweizeralpen.

Das Rhodoreto-Vaccinon weist nachstehende Verbands-Charakterarten auf :

Hieracium alpinum + Halleri
 Melampyrum pratense
 Hylocomium splendens
 » triquetrum
 Dicranum scoparium
 Lophozia lycopodioides

Diesen Verbands-Charakterarten gesellen sich ferner die aus den beiden untergeordneten Assoziationen : Rhodoretum und Empetretum übergreifenden Charakterarten zu :

Luzula silvatica + Sieberi
 Lycopodium alpinum
 » clavatum
 Cladonia furcata

Das Rhodoreto-Vaccinon wird aufgeteilt in die beiden Assoziationen :

I. Rhodoreto-Vaccinietum
 II. Empetreto-Vaccinietum.

Im Engadin erstreckt sich das Verbandsareal von der Talsohle (1700 m) bis gegen 2400 m, im grossen Mittel von 1800 m bis zu 2300 m

Die Ausbildung des Verbandes wird im Oberengadin durch verschiedene Faktoren, klimatische wie anthropogene, einigermassen erschwert. Das eher trocken-kontinentale Klima des Hochtales ist dem feuchtigkeitsheischenden Verbands nicht förderlich, dazu gesellt sich noch die austrocknende Wirkung des Malojawindes, der im gleichen ungünstigen Sinne wirkt.

Die intensive Durchweidung des Waldes, das ausgedehnte Roden früheren Waldareals zur Gewinnung von Wiese und Weide hemmen im Engadin die ungestörte Entwicklung des Schlussverbandes.

Die floristischen und ökologischen Verhältnisse dieser zwei näheren Gesellschaften werden in den folgenden Unterabschnitten erörtert.

a) Die Assoziation Rhodoreto-Vaccinietum.¹

(Alpenrosen-Heidelbeerengesellschaft.)

1. Soziologische Ergebnisse.

Diese Assoziation ist im Oberengadin auf den zwischen der Talsohle (1700 m) und der Waldgrenze (2230 m) liegenden Höhengürtel beschränkt. Die Alpenrosengesellschaft ist demnach der obern subalpinen Stufe eigen. Zwischen 1700 m und 1800 m sind allerdings die Assoziationsindividuen aus verschiedenen Gründen (landwirtschaftliche Kulturflächen, forstliche Eingriffe) spärlich oder schlecht ausgebildet. Mehr oder minder verarmten Einzelbeständen begegnet man in seltenen Fällen bis zur Baumgrenze (2300 m).

Die floristischen Bestandesaufnahmen der Rhodoreten sind in der Assoziationstabelle I vereinigt. Die floristisch-statistische Auswertung dieser Zusammenstellung ergibt folgende soziologische Kennzeichen der Gesellschaft :

¹ Der Kürze halber wird im Text die Bezeichnung Rhodoretum (oder Rh.) verwendet.

Assoziationstabelle I. Rhodoreto-Vaccinietum.

Legende zur Assoziationstabelle 1 des Rhodoreto-Vaccinietum.

(Lage der untersuchten Einzelbestände.)

1. NW-Hang der Crestalta am Campfersee. Saures kristallines Blockmaterial. 2 Arven. *Ranunculus aconitifolius* + *platanifolius* L.
2. Südlich Berninafälle ob Morteratsch. Saures kristallines Gestein. Rundhöcker und Blockschutt. 2 Lärchen, 7 junge Arven.
3. Am Fussweg Muottas Murail-Samaden, ob Chauntaluf. Gneis. 1 alte Arve, 4 Lärchen, 2 Arvenkeimlinge und 1 Fichtenkeimling. *Peltigera rufescens* Weis.
4. Ob Lej marsh. Aeltere Moräne des Talgletschers. Saure Silikatgesteine. SW-lich Olympiaschanze. 2 Arven, 1 Lärche, 2 junge Arven.
5. Zwischen Lej marsh und Hahnensee. Gneisblockschutt. 3 alte Arven, 1 Lärche, 10 Arvenkeimlinge, 6 Lärchenkeimlinge. *Plagiochila asplenioides* Dum.
6. Ob S-Ufer des St. Moritzersees. Granit. Blockig. 3 Arvenhochstämme, 1 Lärche, 1 Fichte. *Rhodobryum roseum* Weis, *Ptilium crista castrensis* L, *Pedicularis recutita* L. 7 Arven- und 1 Lärchenkeimling. *Festuca violacea* Gaudin, *Alnus viridis* Chaix, *Fragaria vesca* L.
7. N-Hang der Mott'ota. SW-lich Sils-Maria. Glimmerschiefer (?). Blockig. 2 Arvenhochstämme, 3 Lärchen, 1 Lärchenkeimling und 3 Arvenkeimlinge.
8. Ob S-Ufer des Campfersees, am Weg nach Crestalta. Saures Blockmaterial, Granit usw. 4 Arven.
9. Zwischen Inn und Lej marsh. Gestein wie sub 8. Blockig. 4 Arven, 2 Lärchen, 6 Arven- und 4 Lärchenkeimlinge. Ferner *Festuca violacea* Gaudin, *Gentiana Kochiana* Perr. und Song. *Antennaria dioeca* (L) Gärtner.
10. Ob Seepromenade am Inn gegenüber Campfer. Gestein wie sub 8. Blockig. 2 Arven, 1 Lärche, 1 Arvenkeimling. *Carex sempervirens* Vill.
11. Ob Campfersee gegenüber Campfer. Gestein wie sub 8. Blockig. 4 Arven, 1 Lärchenkeimling. *Hieracium vulgatum* Fries.
12. SW-lich Lej marsh. Blockig. Gestein wie sub 8. 2 Arven mit 14 Keimlingen, 2 Lärchen mit 3 Keimlingen.
13. NW-lich Villa Story. Biotitschiefer. Ziemlich blockig. 4 Arven, 1 Lärchenkeimling. *Ptilium crista castrensis* L.
14. Am Fussweg Muottas Murail-Samaden ob Chauntaluf. Gneis. 3 Arven, 1 Lärche mit 13 Keimlingen.
15. E-lich Alpina St. Moritz. Granit. 3 Arven mit 2 Keimlingen, 2 Lärchenkeimlinge. *Sambucus racemosa* L.
16. Ob Lej marsh an Waldstrasse nach Crap San Gian. Granit und Moräne. 1 Arve, 2 Lärchen.
17. NE-lich Fuss der Olympiaschanze. Gestein wie sub 16. 1 Arve, 2 Lärchen, 1 Fichte, *Fragaria vesca* L.
18. N-lich Julierschanze, gegenüber Suvrettahaus. Biotitschiefer und Moräne. Blockig. 2 Arven mit 2 Keimlingen, 1 Lärche und 1 Keimling. *Sambucus racemosa* L.
19. N-lich Julierschanze gegenüber Villa Saxifraga. Biotitschiefer und Moräne. Blockig. 1 Arve, 3 Lärchen, *Polygonum viviparum* L.
20. Fussweg Suvrettahaus-Innbrücke San Gian, ältere Moräne des Talgletschers. 1 Arve und 6 Keimlinge, 3 Lärchen, 1 Fichte, *Potentilla Crantzii* (Crantz) Beck.
21. Rosatschpromenade im Lawinenzuge. Granit und Schutt. 2 Arven, *Euphrasia minima* Jacq. *Polygonum viviparum* L. *Poa alpina* L. *Rumex Acetosella* L.

22. Zwischen Lej marsh und Hahnensee. Granit und Hangblockschutt. 1 Lärche. *Luzula spadicea* (All.) Lam. *Poa nemoralis* L. *Phleum alpinum* L. *Silene vulgaris* (Mönch) Garcke. *Myosotis pyrenaica* Pourret.
23. Am Moränenanschnitt des Suvrettabaches ob Campfer, südlich Brücke. Schwach blockig, alternierend mit *Empetretum*. Lärchenkeimling. *Lotus corniculatus* L.
24. Am Moränenanschnitt des Suvrettabaches W-lich Brücke. Schwach blockig, alternierend mit *Empetretum*. 2 Arvenkeimlinge, 1 Lärchenkeimling; *Aconitum Napellus* L.; *Phyteuma betonicifolium* Vill.; *Carex sempervirens* Vill.; *Calluna vulgaris* (L.) Hull; *Luzula spadicea* (All.) Lam; *Polygonum viviparum* L.; *Peltigera rufescens* (Weis) Schoer.
25. Am Moränenanschnitt des Suvrettabaches SE-lich Brücke; ziemlich blockig. 10 Arven-Keimlinge, 3 Lärchenkeimlinge, *Carex sempervirens* Vill.; *Calluna vulgaris* (L.) Hull; *Selaginella selaginoides* (L.) Link; *Pedicularis tuberosa* L.; *Primula integrifolia* L.; *Pohlia cruda* L.; *Plagiochila asplenioides* Dum.
26. Schlucht unter Alp da Pontresina. Val del Fain. Gneis, Casannaschiefer. Felsig, treppig, *Phyteuma betonicifolium* Vill.; *Luzula spadicea* (All.) Lam.
27. Alp Giop ob St. Moritz. Quarzphyllit. *Sieversia montana* (L.) R. Br.; *Phyteuma betonicifolium* Vill.; *Euphrasia minima* Jacq.; *Calluna vulgaris* (L.) Hull; *Alnus viridis* (Chaix) DC.; *Selaginella selaginoides* (L.) Link; *Pedicularis tuberosa* L.; *Potentilla Crantzii* (Crantz) Beck; *Poa alpina* L. *Campanula barbata* L.; *Phleum alpinum* L.; *Thesium alpinum* L.; *Mnium spec.*; *Rhodobryum roseum* Weis.
28. Ob Orchasweg, Osthang Piz Albana. Orthogneis und Quarzphyllit. Ueberwachsene Blockhalde. *Juncus trifidus* L.; *Cardamine resedifolia* L.; *Dryopteris Lonchitis* (L.) O. Kuntze.
29. Lawinenzug am Cavlocciosee S-lich Maloja. Altkristalline Paraschiefer. Alternierend mit *Alnetum viridis*. *Sieversia montana* (L.) R. Br.; *Phyteuma betonicifolium* Vill.; *Alnus viridis* (Chaix) DC.; *Agrostis tenella* (Schrader) R. & S.; *Athyrium alpestre* (Hoppe) Nylander; *Plagiochila asplenioides* Dum.
30. NE-Hang des Piz Albana. Aeltere Moräne des Talgletschers. Alternanz mit *Loiseleurietum* und *Empetretum*. *Euphrasia minima* Jacq. ex Lam. u. DC.; *Dicranoweisia crispula* Hus.
31. Abhang ob linker Moräne (saure Silikatgesteine) des Morteratschgletschers. Alternanz mit *Empetretum*. *Campanula barbata* L.; *Lotus corniculatus* L.; *Coeloglossum viride* (L.) Hartmann; *Rhacomitrium lanuginosum* Ehrh.
32. Schlaglichtung beim Cavlocciosee. S-lich Maloja. Altkristalline Paraschiefer. Grobblockig. *Cladonia degenerans* Flk.; *Cladonia digitata* Schoer; *Sphagnum acutifolium* Ehrh.
33. NE-Hang des Piz Albana. Aeltere Moräne des Talgletschers. Alteranz mit *Empetretum* und *Loiseleurietum*. *Sieversia montana* L.; *Euphrasia minima* Jacq. ex Lam. u. DC.; *Dicranoweisia crispula* Hus.

Geologische Karten : Err-Juliergruppe, Ost-Blatt, 1 : 25 000, von H. P. Cornelius 1932. Geol. Komm. d. Schw. Natf. Ges. — Val Bregaglia : 1 : 50 000, R. Staub. — Sondrio-Bormio : 1 : 100 000, Blatt XX, G. Theobald 1854.

Von den *Ordnungs-Charakterarten* sind die Zwergsträucher, einschliesslich der gesellschaftsholden rostblättrigen Alpenrose reichlich vertreten. *Rhododendron ferrugineum*, *Vaccinium Myrtillus* und *Vacc. Vitis idaea* gehören bei wechselnder Häufigkeit und Vitalität in die höchste Stetigkeitsklasse. *Empetrum nigrum*, in der arvenreichen Waldsubassoziatioon häufig lichtertrübe Geiltriebe bildend, stösst noch in die zweithöchste Stetigkeitsklasse vor, während *Vaccinium uliginosum* und *Loiseleuria procumbens* in jeder Beziehung im Walde in den Hintergrund rücken und nur noch in der waldfreien Subassoziatioon extrasilvaticum mit hoher Stetigkeit und guter Entwicklung in Erscheinung treten.

Von den andern Ordnungs-Charakterarten zeigt *Homogyne alpina* noch maximale Stetigkeit. *Lycopodium Selago* ist ebenfalls in einer Subassoziatioon (*Rhodoretum extrasilvaticum*) reichlich zu finden. *Peltigera aptosa*, *Dicranum Mühlenbeckii*, *Cladonia elongata* und *Polytrichum alpinum* sind im *Rhodoretum* (die Subassoziatioon *calamagrostidetosum* ausgenommen) ziemlich zahlreich und gleichmässig vertreten, doch erreicht von diesen Kryptogamen nur *Peltigera aptosa* höhere Stetigkeit und gute Entwicklung.

Die *Verbands-Charakterarten* *Hieracium* + *Halleri*, *Melampyrum pratense* und die aus dem *Empetretum* übergreifenden Bärlapparten *Lycopodium alpinum* und *clavatum* zeigen im allgemeinen (ausser beim *Rhodoretum extrasilvaticum*) schwache Stetigkeit und Abundanz, dagegen treten in der Moosschicht speziell *Hylocomium splendens* und *H. triquetrum* hervor, die hier ihre (für diese Höhenstufe) optimale Entwicklung erlangen und zur höchsten Stetigkeitsklasse vorstossen. Weniger zahlreich sind *Dicranum scoparium* und *Lophozia lycopodioides* vertreten.

Als *Assoziations-Charakterarten* sind neben *Pinus Cembra* die mesophilen Sträucher und Kräuter zu erwähnen, wie: *Lonicera coerulea* (höchste Stetigkeit), dann die ebenfalls hochsteten, in andere Assoziationen der Ordnung übergreifenden *Rhododendron ferrugineum* und *Melampyrum silvaticum* (als Ordnungs-Charakterarten), *Calamagrostis villosa* und *Luzula* + *Sieberi* (als Verbands-Charakterarten). Als Assoziations-Charakterarten sind weiter zu bewerten (nach abfallender Stetigkeit angeordnet): *Oxalis acetosella*, *Linnaea borealis*, *Hieracium murorum*, *Sorbus aucuparia*, *Dryopteris* + *spinulosa*, *Poa Chaixii*, *Rosa pendulina*, *Pyrola minor*, *Rubus idaeus*, *Ribes petraeum*, *Luzula luzulina*, *Luzula* + *erythranthemum*, *Lycopodium annotinum*, *Prenanthes purpurea*,¹ *Lonicera nigra*. In der Moosschicht sind die diesbezüglichen Vertreter: *Polytrichum formosum*, *Cladonia furcata* (welche als Verbands-Charakterart auch ins *Empetretum* übergreift) und *Brachythecium*

¹ Neu für Oberengadin.

Starkei. All diese zuletzt genannten Arten zeigen im Rhodoretum, mit Ausnahme von *Oxalis acetosella* und *Linnaea borealis*, mittlere bis geringe Stetigkeit, schwache Abundanz und scheinen in dieser Gesellschaft ihr Optimum *nicht* zu erreichen. Sie sind ja grösstenteils ebenfalls Charakterarten des die untere subalpine Stufe besiedelnden *Piceetum excelsae* (resp. des *Piceion*) und sind wohl aus dieser Assoziation ins Rhodoretum eingewandert. Da dieser Verband dem untersuchten Teile des Oberengadins fehlt, können sie wohl zum mindesten als *lokale* bzw. aus dem *Piceion* übergreifende Charakterarten des Rhodoretum betrachtet werden, um so eher, als die betreffenden Arten in der untersuchten Höhenstufe mehr oder weniger eng an das Rhodoretum gebunden sind und beinahe nur in dieser Assoziation auftreten. Es ist wohl angezeigt, dass Charakterarten eines bestimmten Klimaxgebietes (z. B. des *Piceion*) beim Uebertritt in ein anderes Klimaxgebiet (z. B. des Rhodoreto-Vaccinien) auch in letzterem als (lokale) Charakterarten bewertet werden können. Jedes Klimaxgebiet repräsentiert in dieser Beziehung eine in sich geschlossene autonome Einheit.

Von den Begleitern treten *Larix decidua*, *Deschampsia flexuosa*, *Leontodon pyrenaicus*, *Potentilla aurea*, *Hylocomium Schreberi* und *Cetraria islandica* dank ihrer hohen bis maximalen Gesellschaftstetigkeit in die *charakteristische Artenkombination* des Rhodoretum ein. Die weiteren Begleiter, meist mesophile Phanerogamen oder Kryptogamen, spielen in der Assoziation eine untergeordnete Rolle, können aber zum Teil als Differentialarten zur Abgrenzung der Assoziation gegenüber dem Empetretum bzw. den Subassoziationen des Rhodoretum unter sich Verwendung finden (siehe Tabelle: Differentialarten, weiter unten).

Je nach den speziellen Standortverhältnissen mischen sich im Rhodoretum den Zwergsträuchern charakteristische Koniferen meist in relativ dichtem Kronenschlusse bei (*Pinus Cembra*, *Larix decidua* und in tieferen Lagen *Picea excelsa*). Im Gefolge dieser *schattenden* Nadelhölzer erscheinen im Verein mit der Heidelbeere die humikolen und feuchtigkeitsheischenden Sträucher, Kräuter und Moose. Wo das Licht hingegen freieren Zutritt hat, kann *Calamagrostis villosa* zur Vorherrschaft gelangen und zusammen mit mesophileren Arten eine gut fassbare Subassoziation bilden.

Im waldfreien Rhodoretum geben dann die Zwergsträucher, besonders die rostblättrige Alpenrose zusammen mit lichtliebenden Kräutern und speziell Flechten den Ton an. Eine Beimengung typisch alpiner Arten ist im Rhodoretum (im Gegensatz zum Empetretum) noch nicht zu konstatieren.

Die Assoziation Rhodoretum kann in drei distinkte Subassoziationen unterteilt werden, deren Entstehung grösstenteils auf Standortunterschiede zurückgeführt werden darf. Diese drei floristisch und

ökologisch gut unterschiedenen Subassoziationen werden weiter unten näher erörtert.

$$\text{Rhodoreto-Vaccinietum} \left\{ \begin{array}{l} \text{I } \text{Rhodor.-Vacc. cembretosum} \\ \text{II } \text{Rhodor.-Vacc. calamagrostidetosum} \\ \text{III } \text{Rhodor.-Vacc. extrasilvaticum} \end{array} \right.$$

Die Subassoziationen sind in der Assoziationstabelle I nach zunehmendem Lichtgenuss angeordnet. Am Anfang stehen die beiden Waldsubassoziationen: Rh. cembretosum und calamagrostidetosum, auf der rechten Seite der Tabelle erscheinen die Aufnahmen der waldfreien Subassoziation extrasilvaticum.

Innerhalb der Subassoziationen wurden die Bestandesaufnahmen nach Abnahme der feuchtigkeitsliebenden Moose resp. nach der Zunahme der trockenheitstragenden Flechten angeordnet.¹

Durch diese Anordnung soll schon ein Hinweis auf die später auszuführenden Zusammenhänge zwischen der floristischen Zusammensetzung des Bestandes und der Beschattung, Feuchtigkeit und Verdunstungsgrösse gegeben werden.

Ueber die *floristisch-statistische Organisation* der Assoziation, d. h. über das Gesellschaftsgefüge, geben die folgenden Tabellen 9 bis 16 Aufschluss.

Zur Berechnung der Stetigkeitswerte wurden die in der Assoziationstabelle I und die mindestens 2 mal in der dazugehörigen Legende vorkommenden Arten verwendet.

Tabelle 9.

Auf 33 untersuchte Assoziationsindividuen des Rhodoretum verteilen sich die beobachteten Arten auf die einzelnen Stetigkeitsklassen wie folgt:

Stetigkeitsklasse	I	II	III	IV	V
(vorhanden in ... % der 33 Einzelbestände)	0—20 %	21—40 %	41—60 %	61—80 %	81—100 %
Auf diese Stetigkeitsklassen entfallen ... % der beobachteten Arten.	44 %	20 %	14 %	11 %	11 %

Tabelle 9 zeigt demnach, dass beispielsweise von 101 der im Rhodoretum vorhandenen Arten 44 % in der ersten Stetigkeitsklasse auftreten, also in 0—20 % aller Einzelbestände beobachtet werden (siehe Fig. 1).

Zwischen den einzelnen unterschiedenen Subassoziationen ergeben sich gewisse Unterschiede im Stetigkeitsverhalten, die aus folgender Zusammenstellung hervorgehen :

¹ Dieses Anordnungsprinzip wurde auch bei den Assoziationstabellen II und III befolgt.

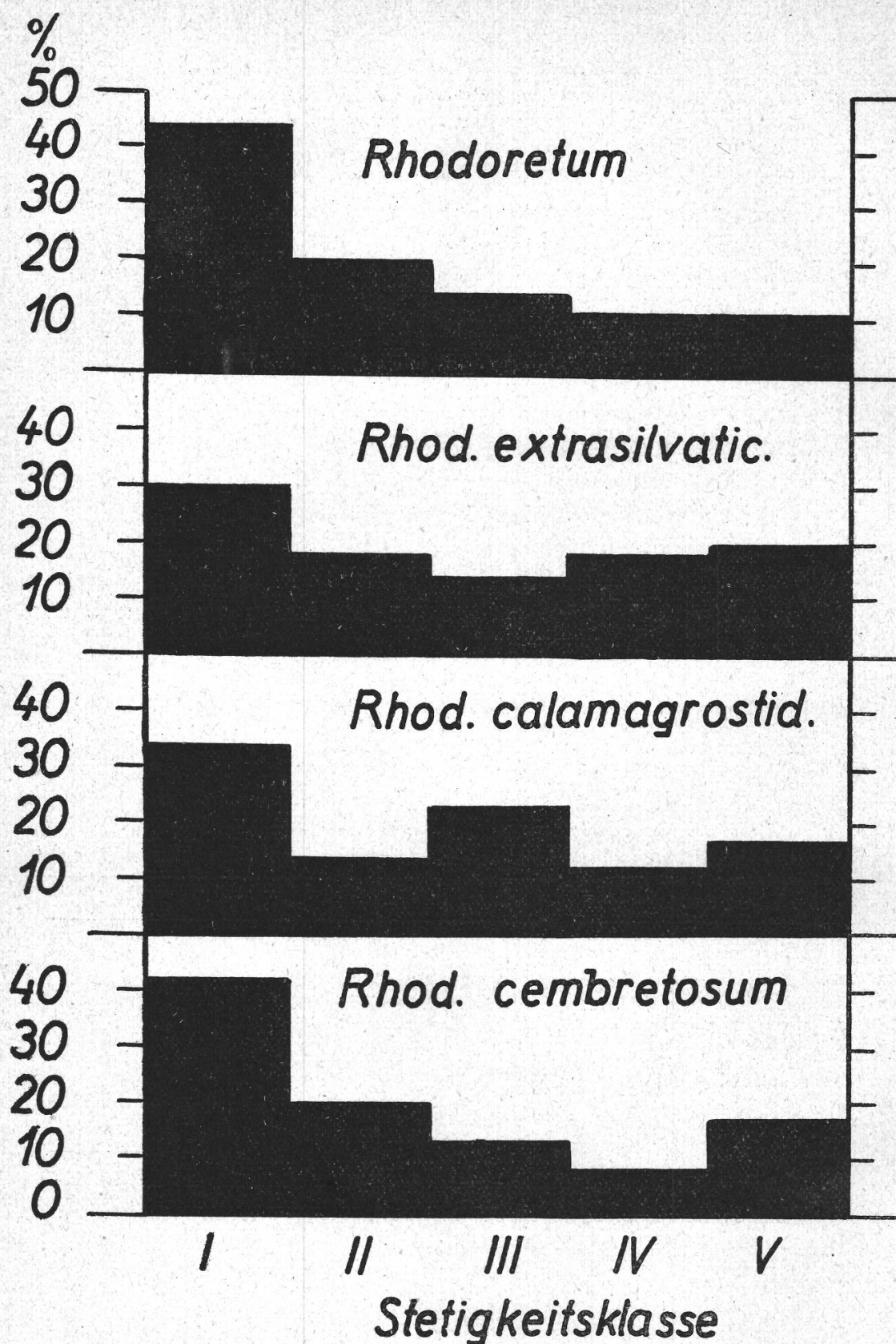


Fig. 1.

Stetigkeits-Diagramme des Rhodoreto-Vaccinietum.

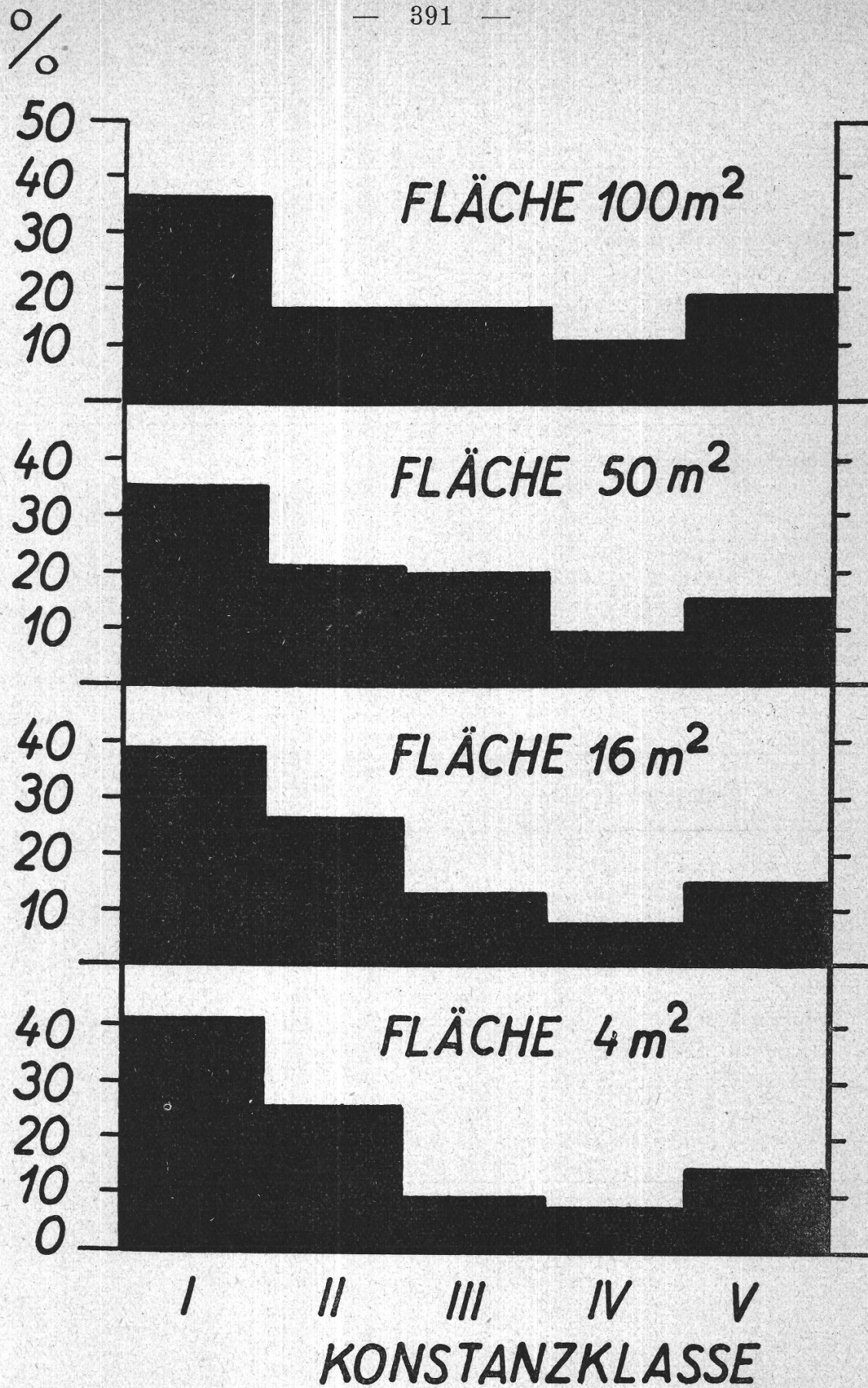


Fig. 2.
Konstanz-Diagramme des Rhodoreto-Vaccinietum.

Tabelle 10
(siehe Fig. 1).
*Die Stetigkeitsverhältnisse in den verschiedenen Subassoziationen
des Rhodoreto-Vaccinietum.*

Stetigkeitsklasse	I	II	III	IV	V
Rhodoretum cembretosum . .	42 %	20 %	13 %	8 %	17 %
„ calamagrostidetosum	34 %	14 %	23 %	12 %	17 %
„ extrasilvaticum .	30 %	18 %	14 %	18 %	20 %

Tabelle 11.
Im Rhodoretum erscheinen im Mittel je Einzelbestand:

Rhodoretum cembretosum	32.2 Arten (Max. 40, Min. 28)
„ calamagrostidetosum . .	30.5 Arten (Max. 44, Min. 22)
„ extrasilvaticum	42.0 Arten (Max. 58, Min. 30)

Die *Konstanzbestimmung* innerhalb des Rhodoretum wurde auf Flächen von 4, 16, 50 und 100 m² durchgeführt. Die gewonnenen Resultate finden sich in Tabelle 12 (Fig. 2).

Tabelle 12
*Die prozentuale Verteilung der Arten auf die 5 Konstanzklassen
(Ergebnis aus 10 Einzelbeständen).*

Konstanzklasse		Untersuchte Fläche der Einzelbestände			
		4 m ²	16 m ²	50 m ²	100 m ²
I entsprechend	0— 20 %	41 %	38 %	35 %	36 %
II	21— 40 %	26 %	26 %	21 %	17 %
III	41— 60 %	10 %	13 %	20 %	17 %
IV	61— 80 %	8 %	8 %	9 %	11 %
V	81— 100 %	15 %	15 %	15 %	19 %

Von Interesse ist das sogenannte *Minimalareal* des Rhodoretum, auf dem schon der Hauptteil charakteristischer Arten vorhanden ist (Tabelle 13, Fig. 3).

Tabelle 13.
*Der Minimalraum des Rhodoreto-Vaccinietum
(Ergebnis aus 10 Einzelbeständen).*

Auf ein Areal von	entfallen im Mittel folgende Prozente der charakteristischen Arten ¹
1/4 m ²	50.9 %
1 m ²	63.5 %
4 m ²	74.8 %
16 m ²	85.4 %
50 m ²	92.9 %
größer als 50 m ²	100.0 %

¹ Charakteristische Arten = Arten der charakteristischen Artenkombination.

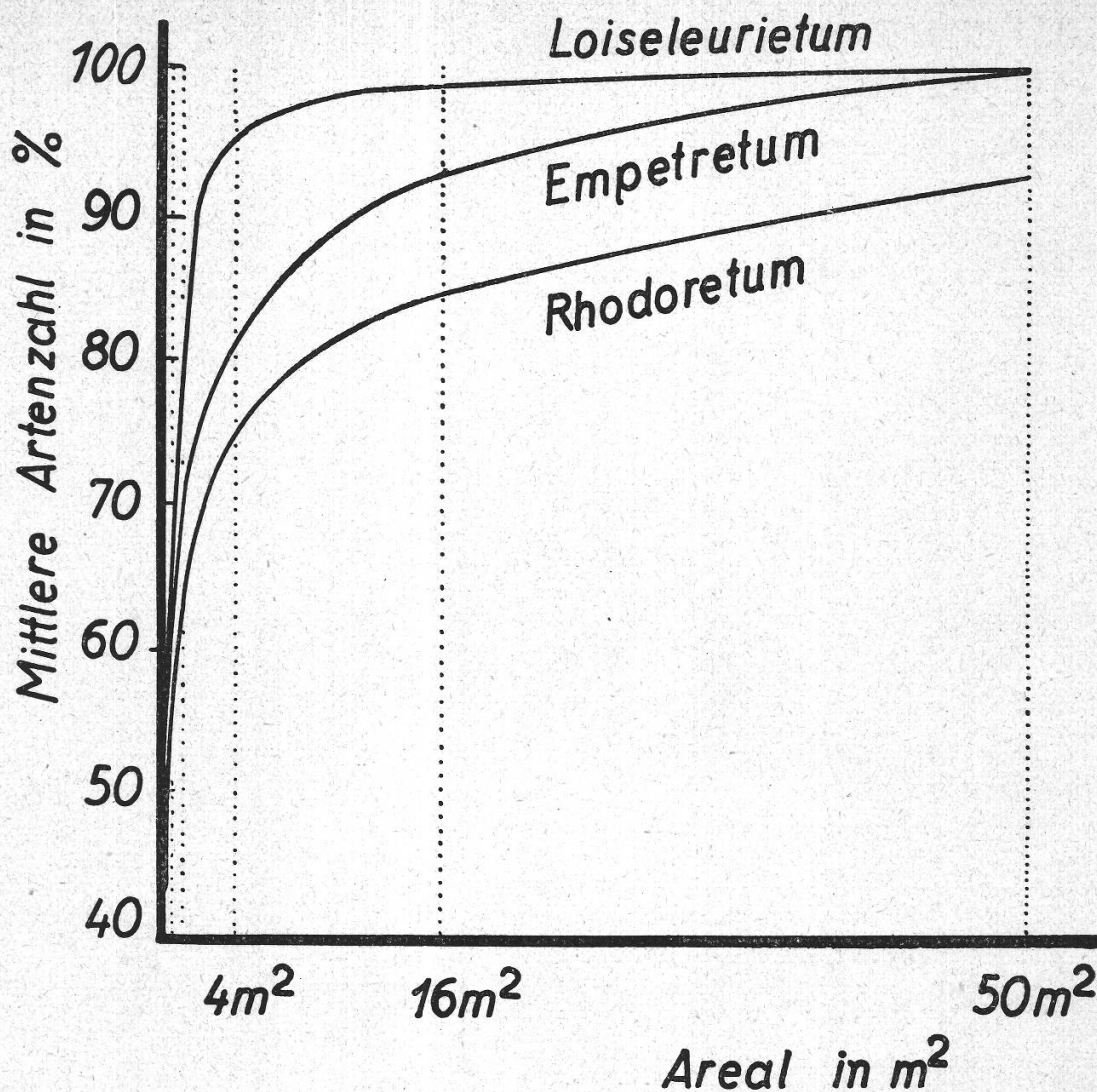


Fig. 3.

Minimum-Arealkurven des Rhodoreto-Vaccinietum, des Empetreto-Vaccinietum und des Loiseleurietum cetrariosum.

Das *Minimalareal* des Rhodoretum, das nach üblicher Konvention mindestens 80 % sämtlicher charakteristischer Arten der Gesellschaft in sich schliesst, liegt demnach zwischen 4 und 16 m². In Fig. 3¹ ist diese Abhängigkeit der Artenzahl vom untersuchten Areal graphisch aufgezeichnet. Aus dieser Darstellung geht hervor, dass die Artenzahl stetig, nach einer Exponentialfunktion, mit zunehmendem Areal anwächst, dass also der Begriff Minimalraum eine blosse Konvention darstellt und nicht durch einen Knickpunkt der Kurve objektiv festgelegt ist.

Die *biologischen Spektra* (nach C. Raunkiaer, modifiziert nach J. Braun-Blanquet) des Rhodoretum, seiner Waldsubasso-

¹ Wegen Platzersparnis sind in diese Fig. 3 auch die später zu diskutierenden Minimumarealkurven des Empetretum und des Loiseleurietum eingezeichnet.

ziationen und der waldfreien Subassoziation sind in Tab. 14 fixiert. Der Berechnung liegen die in der Assoziationstabelle I angeführten Arten zugrunde.

Tabelle 14.

(Fig. 4.)¹

Die biologischen Spektra des Rhodoretum und seiner Subassoziationen

Lebensformenklassen	Rhodoreto-Vaccinietum	Subassoziationen	
		Rhodoreto cembretosum und calamagrostidetosum	Rhodoreto extrasilvaticum
Phanerophyta . .	14 %	17 %	13 %
Chamaephyta . .	42 %	39 %	47 %
Hemikryptophyta	33 %	34 %	31 %
Geophyta . . .	6 %	7 %	6 %
Therophyta . .	3 %	3 %	3 %

Ausser dem erwarteten Rückgang der Phanerophyten (Bäume und Sträucher) und einem deutlichen Zuwachs der Chamaephyten im Rh. extrasilvaticum sind zwischen den beiden Gruppen von Subassoziationen keine scharfen Unterschiede zu konstatieren.

Von Interesse ist die Verschiebung der Quotienten :

- I. *Stete Arten zu Gesamtartenzahl* und
- II. *Charakterarten zu Gesamtartenzahl* innerhalb der drei unterschiedenen Subassoziationen des Rhodoretum (J. Braun-Blanquet 1928, S. 60).

Tabelle 15.

Das Verhältnis der Steten (Stetigkeitsklasse IV und V) zur Gesamtartenzahl und der Charakterarten zur Gesamtartenzahl in den Subassoziationen des Rhodoretum.

Subassoziation	Stete: Gesamtartenzahl ²	Charakterarten: Gesamtartenzahl ³
Rhodoreto-Vaccinietum cembretosum . . .	0.57	0.67
Rhodoreto-Vaccinietum calamagrostidetosum	0.51	0.61
Rhodoreto-Vaccinietum extrasilvaticum . .	0.44	0.53

² Je grösser der Quotient Stete zu Gesamtartenzahl, um so einheitlicher ist die Assoziation in ihren Einzelbeständen vertreten.

³ Je grösser der Quotient Charakterarten zu Gesamtartenzahl, um so schärfer ist die Assoziation floristisch und ökologisch gekennzeichnet.

Mit zunehmendem Lichtgenuss, mit steigender Möglichkeit des Eindringens von Arten aus der Umgebung und weniger extremen Bodenverhältnissen werden diese Quotienten in der Reihe von Rh. cembretosum über das Rh. calamagrostidetosum zum waldfreien Rh. extrasilvaticum immer kleiner. Die Zahl der Begleiter wächst rascher als die Zahl der charakteristischen Arten.

¹ Zwecks Raumersparnis sind in Fig. 4 auch die weiter unten zu besprechenden biologischen Spektra des Empetretum und des Loiseleurietum eingetragen.

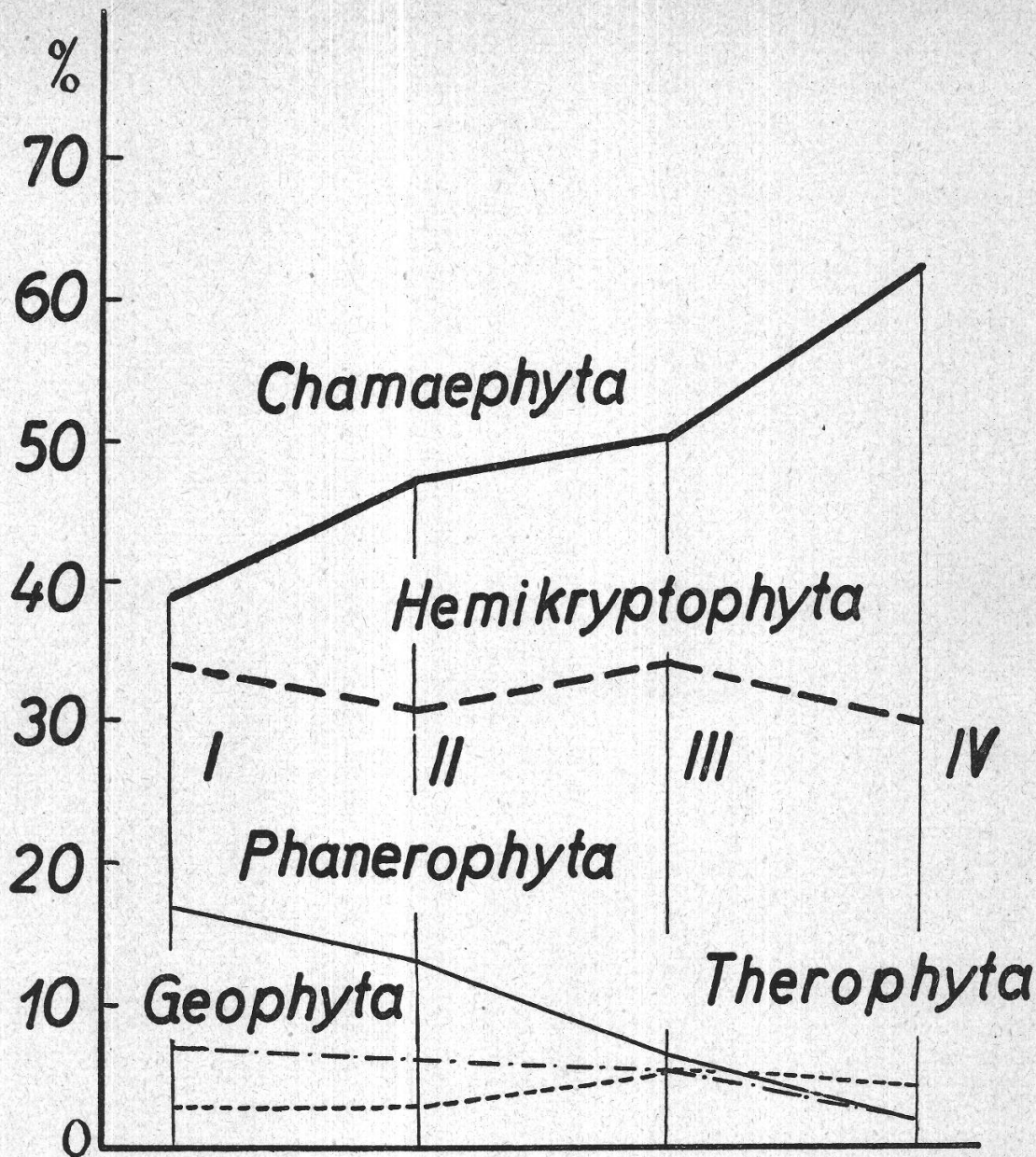


Fig. 4.

Das Spektrum der Lebensformen in verschiedenen Assoziationen der Ordnung Rhodoreto-Vaccinietalia.

Legende: Vertikale I = Rhod. cembretosum & calamagrostidetosum
 II = Rhodoretum extrasilvaticum
 III = Empetreto-Vaccinietum
 IV = Loiseleurietum cetrariosum

Ueber die räumliche Regelmässigkeit der Artenverteilung im Einzelbestande vermag das Frequenzdiagramm in *erster Annäherung* Aufschluss zu geben. In nachfolgender Tabelle 16 sind Beispiele einiger Frequenzermittlungen gut definierter Einzelbestände des Rhodoretum gegeben. Die Frequenzbestimmung bezieht sich streng genommen auf den Einzelbestand, sie dient als analytisches Merkmal. Versuchsweise wurde aber aus den einzelnen Diagrammen für die *synthetische Asso-*

ziation die Verteilung der Arten auf die verschiedenen Frequenzklassen berechnet. Aus den 13 Frequenzdiagrammen angeführter Einzelbestände (Nr.) wurden die Mittelzahlen mit den dazugehörigen Fehlern ermittelt.

(Mittlerer Fehler des Mittels $= \sqrt{\sum x^2 : n (n-1)}$; mittlerer Fehler der Einzelbeobachtung $= \sqrt{\sum x^2 : n}$).

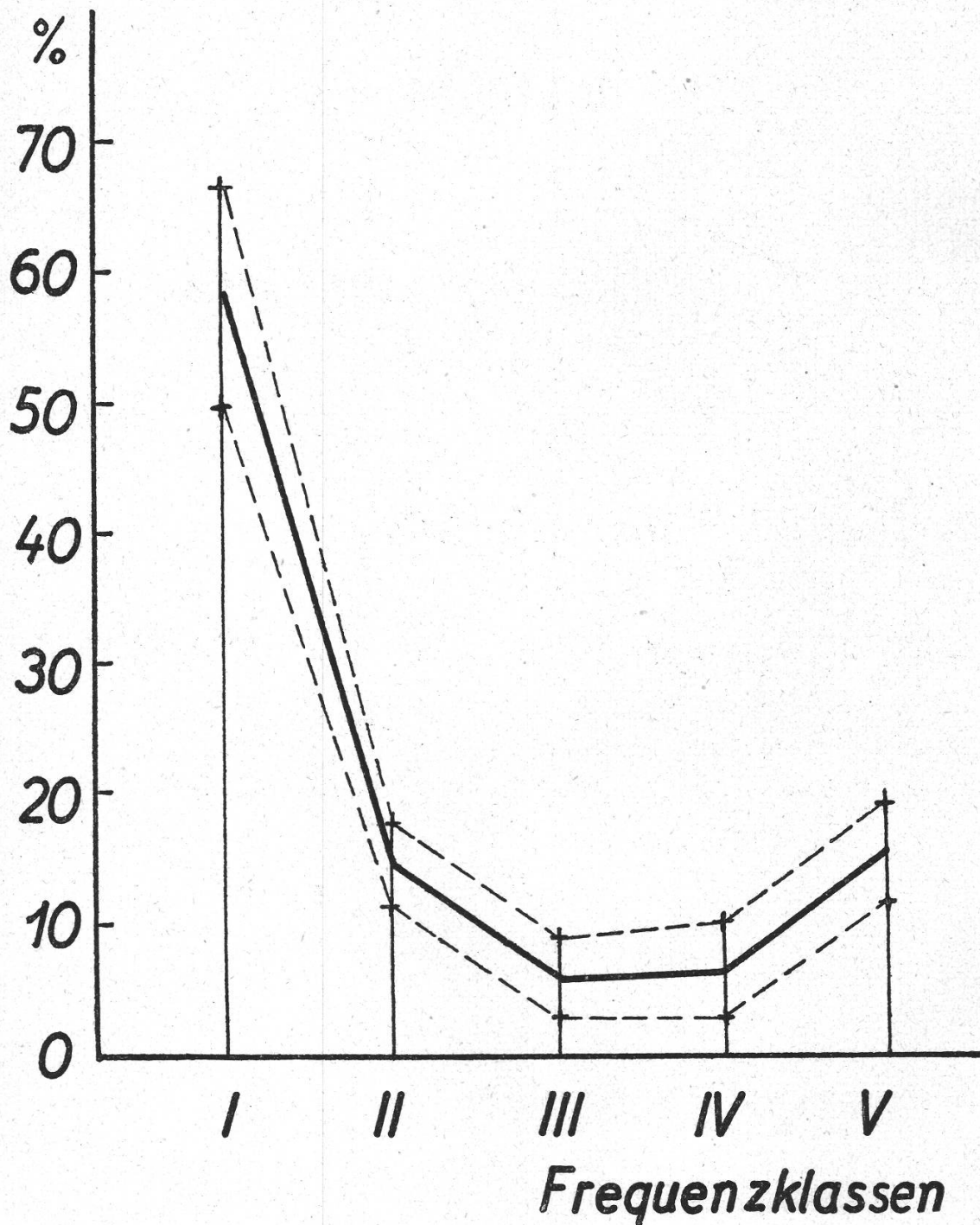


Fig. 5.

Frequenz-Diagramm des Rhodoreto-Vaccinietum. (Das zwischen den gestrichelten Linien liegende Feld stellt den Fehlerbereich der Mittelwertkurve dar.)

Tabelle 16.

(Fig. 5.)

Die in den bezeichneten Einzelbeständen des Rhodoretum vorkommenden Arten verteilen sich auf die einzelnen Frequenzklassen wie folgt:

Einzelbestand (Nummern in Assoziations- tabelle I)	Prozentuale Verteilung der Arten auf die verschiedenen Frequenzklassen				
	I	II	III	IV	V
	0—20 %	21—40 %	41—60 %	61—80 %	81—100 %
4	43 %	18 %	7 %	11 %	21 %
8	69 %	12 %	3 %	3 %	13 %
13	66 %	10 %	3 %	7 %	14 %
15	68 %	14 %	3 %	0 %	15 %
16	50 %	10 %	14 %	10 %	16 %
19	56 %	16 %	3 %	3 %	22 %
24	51 %	14 %	6 %	12 %	17 %
25	55 %	18 %	6 %	6 %	15 %
27	58 %	17 %	6 %	7 %	12 %
28	61 %	18 %	7 %	5 %	9 %
Frequenzwerte in der syn- thetischen Assoziation .	57.7 %	14.6 %	5.8 %	6.4 %	15.5 %
Durchschnittlicher Fehler des Mittels plus-minus	2.71 %	1.01 %	1.06 %	1.21 %	1.23 %
Durchschnittlicher Fehler der Einzelbeobachtung ¹ plus-minus	8.13 %	3.03 %	3.19 %	3.64 %	3.70 %

¹ Dieser mittlere Fehler der Einzelbeobachtung ist in Fig. 5 jeweilen durch + auf den Ordinaten angegeben. Das zwischen den + Zeichen liegende Feld stellt den Fehlerbereich der Mittelwertkurve dar.

a) Das Rhodoreto-Vaccinietum cembretosum.
(Arvenwald-Subassoziation).

Diese arvenreiche Subassoziation zeichnet sich neben dem stärkern Auftreten der Koniferen (Arve und Lärche, in den tiefern Lagen auch Fichte) besonders augenfällig durch das verstärkte Erscheinen von Vaccinium Myrtillus und dessen Ueberwiegen über Rhododendron ferrugineum aus. Die Heidelbeere scheint im Waldesdunkel konkurrenzkräftiger zu sein. Die andern Zwergsträucher treten in dieser Subassozi-ation bezüglich ihres Deckungswertes stark zurück, ohne indessen aus den hohen Stetigkeitsklassen zu verschwinden. Sie machen humi- kolen und feuchtigkeitsertragenden Pflanzen Platz, wie : Oxalis aceto- sella, Linnaea borealis, Pyrola minor, Luzula + Sieberi, Prenanthes purpurea usw. Mit ihnen erscheinen : Sorbus aucuparia, Ribes petraeum.

Lonicera nigra und *L. coerulea*, *Rubus idaeus* und *Rosa pendulina*. Arten mesophileren Gepräges sind vertreten durch: *Gentiana punctata*, *Solidago* + *alpestris*, *Campanula Scheuchzeri*, *Ligusticum Mutellina*, *Peucedanum Ostruthium*, *Veratrum* + *viride* usw., die zum Teil erst in den andern Subassoziationen des *Rhodoretum* stärker zur Geltung kommen. Im *Rhodoretum cembretosum* finden auch die feuchtigkeitsliebenden Moose ihre Hauptverbreitung und besten Existenzbedingungen, speziell *Hylocomium splendens* und *H. triquetrum* sowie *Polypodium formosum*; die « trockeneren » Flechten treten sichtlich zurück.

Ueber die Differentialarten, welche auf Grund ihres bevorzugenden Vorkommens diese Subassoziation von den Schwestersubassoziationen (*calamagrostidetosum* und *extrasilvaticum*) unterscheiden, gibt nachstehende Tabelle 17 Aufschluss.

Tabelle 17.

Differentialarten des Rhodoretum cembretosum gegen die Subassoziationen Rh. calamagrostidetosum und Rh. extrasilvaticum.

Differentialarten gegen das Rh. calamagrostidetosum	Differentialarten gegen das Rh. extrasilvaticum
A. Ch. A. <i>Lonicera nigra</i>	A. Ch. A. <i>Pinus Cembra</i> <i>Larix decidua</i>
O. Ch. A. <i>Peltigera aphtosa</i> <i>Gentiana punctata</i>	A. Ch. A. { <i>Linnaea borealis</i> , <i>Sorbus aucuparia</i> <i>Rosa pendulina</i> , <i>Ribes petraeum</i> <i>Hieracium murorum</i> , ¹ <i>Pyrola minor</i> <i>Luzula nemorosa</i> + <i>erythranthemum</i> <i>Luzula luzulina</i> , <i>Prenthes purpurea</i> <i>Lonicera nigra</i>
O. Ch. A. <i>Dicranum Mühlenbeckii</i> Alle Cladonien	<i>Peucedanum Ostruthium</i>
<p>A. Ch. A. = Assoziations-Charakterarten. O. Ch. A. = Ordnungs-Charakterarten. V. Ch. A. = Verbands-Charakterarten.</p> <p>¹ <i>Hieracium murorum</i> gilt in dieser Abhandlung als Sammelbezeichnung für die Gesamtsektion <i>Vulgata</i> Fr.</p>	

Die Differentialarten des *Rhodoretum* gegen die im nächsten Kapitel zu besprechende Assoziation:² *Empetretum-Vaccinietum*, eine Gesellschaft des gleichen Verbandes, erscheinen in Tab. 18.

² Assoziationsscheidende Differentialarten umfassen definitionsgemäss auch die A. Ch. A.

Tabelle 18.

Differentialarten des Rhodoreto-Vaccinietum gegen das dem gleichen Verbande angehörende Empetreto-Vaccinietum.

A. Ch. A.	{ Pinus Cembra Lonicera coerulea Linnaea borealis Dryopteris + spinulosa Pyrola minor Luzula luzulina Prenanthes purpurea Brachythecium Starkei Rhododendron ferrugineum Hieracium murorum Poa Chaixii Rubus Idaeus Luzula + erythranthema	A. Ch. A.	{ Oxalis acetosella Sorbus aucuparia Rosa pendulina Ribes petraeum Lycopodium annotinum Veratrum + viride Larix decidua Potentilla aurea Geranium silvaticum Picea excelsa Solidago + alpestris Polytrichum formosum
-----------	--	-----------	---

Die Subassoziation *Rh. cembretosum* besiedelt, wie es die Benennung andeutet, den aktuellen subalpinen Gürtel des Arven-Lärchenwaldes. Durch das besondere Hervorheben von *Pinus Cembra* in der Namengebung soll über das mengenhafte Auftreten der Arve bzw. ihr eventuelles Ueberwiegen über die Lärche nichts ausgesagt werden. Die engere ökologische Bindung der Arve an die untersuchte Gesellschaft rechtfertigt die gewählte Bezeichnung.

Die untere Arealgrenze dieser Subassoziation liegt im Oberengadin bei zirka 1720 m, d. h. beinahe am tiefsten Punkte des Untersuchungsgebietes (Innfluss bei Bevers 1700 m). Diese Höhe dürfte mit der untern klimatischen Grenze des Arven-Lärchenwaldes zusammenfallen. Nicht weit unterhalb Bevers wird dieser Wald an den tieferen Talflanken durch den Fichtenwald ersetzt. Ueber diesem zieht sich dann der Arven-Lärchenwald zwischen 1900 m und 2250 m den Talhängen entlang. Wie bereits angetönt, sinkt dann bei fehlender Fichtenkonkurrenz und abnehmender Kontinentalität der Arvegürtel im obersten Teil des Oberengadins bis auf 1700 m (Bevers) hinab.

Die obere Grenze des *Rh. cembretosum* liegt im Haupttale bei zirka 2120 m, doch dürfte diese Subassoziation wohl befähigt sein, bis zur klimatischen Waldgrenze (2230 m) ansteigen zu können; dies zeigen hochgelegene, mehr oder minder gut ausgebildete Assoziationsfragmente.

Die Hauptverbreitung hat diese Subassoziation im Inntale auf der rechten Talseite, also in NW-Auslage. Die Paralleltäler Val Roseg und Morteratsch weisen diesbezüglich ähnliche Verhältnisse auf.

Prinzipiell könnte sich das *Rh. cembretosum* auch auf der linken SE-exponierten Talseite einfinden, dort werden aber die für eine optimale Ausbildung dieser Subassoziation lokalklimatisch eher ungünstigen Vorbedingungen (stärkere Insolation und Wärmeeinstrahlung, dadurch verminderte Humidität) in ihrer

Hemmwirkung durch den frühern ausgedehnten Waldschlag zwecks Wiesen- und Weidegewinnung noch verstärkt. Wo hingegen der Wald am SE-Hange noch stehen geblieben ist oder erfolgreich aufgeforstet wurde, da wird er, soweit es die Verhältnisse gestatten (nicht zu steil, kein Grobblockgebiet), vom Frühling bis zum Herbst als Viehweide benutzt und ist aus diesem Grunde stark mit eingeschleppten Wiesen- und Weidepflanzen durchsetzt. Daher kommt es am linken Talhang beinahe nirgends zu einer typischen Ausbildung des *Rhodoretum cembretosum*, lediglich Ansätze hierzu sind vorhanden. Auch die Wälder der rechten Talseite werden durchweidet, doch in geringerem Masse; die topographische Gestaltung des Geländes ist dort für die Waldweide ungünstiger (Grobblockgebiet, grössere Steilheit usw.).

Speziell auf extrem grobblockigen Standorten kommt eine artenarme Variante der Waldsubassoziaton vor, welche die charakteristische Artenkombination in etwas reduzierter Form aufweist. Begleiter fehlen dieser Variante vollständig; fast alle darin vorhandenen Arten sind Charakterarten.

Diese etwas einseitig zusammengesetzte Grobblockvariante wurde nicht in die Assoziationsstabelle I einbezogen, sondern nachstehend in Tab. 19 wiedergegeben.

Tabelle 19.

Grobblockvariante des Rhodoretum cembretosum.

Lichter Arven-Lärchenwald. Spuondas südl. Celerina. 1750 m. W. Exposition. Neigung 30°. Bodentiefe stark wechselnd. Grobblockgebiet. Humoser Grobblockboden der Eisenpodsolserie. Grösse des Assoziationsindividuum 100 qm.

Artenliste.

Pinus Cembra	} Deckg.	2—3	Deschampsia flexuosa	1.2
Larix decidua			Dicranum Mühlenbeckii	+2
Rhododendron ferrugineum		3.3	„ scoparium	+2
Calamagrostis villosa		1.2	Polytrichum formosum	+2
Oxalis acetosella		1.1	Brachythecium Starkei	+1
Melampyrum silvaticum		2.1	Hylocomium splendens	3.4
Linnaea borealis		1.1	„ Schreberi	3.4
Sorbus aucuparia		rr	„ triquetrum	rr
Vaccinium Myrtillus		3.3	Lophozia lycopodioides	+2
Homogyne alpina		+1	Peltigera aptosa	+1
Vaccinium Vitis idaea		2.2		

In dieser gelichteten Parkwaldvariante kann zufolge grösseren Lichtgenusses die Alpenrose erfolgreich mit der Heidelbeere konkurrieren.

Die Artenarmut dieser Grobblockvariante dürfte auf das Fehlen mineralischer Nährstoffe im sauren ausgelaugten Rohhumusboden zurückzuführen sein. Die groben Blöcke werden nur unregelmässig und oberflächlich von Rohhumusdecken übersponnen, die äusserst basenarm sind und nur eine extrem azidiphile und genügsame Vegetation zulassen.

In den mit *Pinus silvestris* + *engadinensis* Heer vermischten Wäldern zwischen Lej da Staz, Pontresina und Bevers konnte die Subassoziaton *cembretosum* nirgends in reinem Zustande festgestellt werden. Der von der Engadinerföhre bestockte Boden ist flachgründiger, verhältnismässig trocken und wird von einem Mischbestande eingenommen, in welchem neben *Vaccinium Vitis idaea*, *Calluna vulgaris*, *Juni-*

perus + nana und oft auch *Arctostaphylos* *Uva ursi* gegenüber den Komponenten des *Rh. cembretosum* stärker hervortreten. Diese Bestände wurden deshalb in dieser Untersuchung nicht weiter berücksichtigt.

Das Vorhandensein von Waldbäumen scheint von bestimmendem Einfluss auf die floristische Zusammensetzung der Waldsubassoziation *Rh. cembretosum* zu sein, wohl hauptsächlich durch den partiellen Lichtentzug und die in der bodennahen Luftschicht herabgesetzte Verdunstung. Dadurch wird das Ueberwiegen der schatten- und feuchtigkeitsliebenden Phanerogamen und Moose begünstigt, während z. B. *Rhododendron ferrugineum* mengenmässig gegen *Vaccinium Myrtillus* zurücktritt.

Beide letztgenannten Arten, wie übrigens auch die andern *Vaccinien* und *Empetrum nigrum* sind vegetativ stark entwickelt. Die reproduktive Sphäre der erwähnten Zwergsträucher scheint dagegen bei dem mehr oder minder dichten Kronenschluss der Bäume beeinträchtigt zu sein. Trotz in der Regel reichlichem Blühen fällt der definitive Fruchtansatz sehr oft spärlich aus.

Die Dauer der Schneebedeckung beträgt nach unsern mehrjährigen Beobachtungen etwa 7 Monate (meteorologische Talstation Bevers 1710 m zirka 5½). Die Schneedecke ist jedoch infolge ungleichmässigen Kronenschlusses von sehr wechselnder Mächtigkeit und Dauer.

Ueber die Schneeverteilung im subalpinen Nadelwald wurden im März 1933 Messungen um Davos (Fichten-Lärchenwald) und in der Gegend von St. Moritz (Arven-Lärchenwald) ausgeführt. Die Resultate einiger dieser Erhebungen sind in Tabelle 20 niedergelegt. Sowohl die Fichte wie auch die Arve zeigen bezüglich der Schneeverteilung eine ausgesprochene Kronenwirkung, während die winterkahle Lärche die normale Ausbildung der Schneedecke nur unwesentlich stört. Unter den wintergrünen Koniferen liegt meistens eine sehr dünne Schneeschicht, die den dort angesiedelten Arten ungenügenden Frostschutz bietet. Die Lärche verhindert hingegen den Schneeanflug kaum und ermöglicht daher den unter der Krone vorhandenen Pflanzen die kalte Jahreszeit frostungefährdeter zu überdauern.

Wenig ausserhalb des Kronensaumes findet sich besonders bei Arve und Fichte die grösste Schneemächtigkeit. Beim Ausapern bleibt der von den Kronen abgerutschte Schnee infolge seiner dichteren Packung länger liegen und schützt im ausklingenden Winter die bedeckten Pflanzen (*Rhododendron* findet sich vorzugsweise an solchen Stellen) vor Frostschäden.

Selten stösst das gut entwickelte *Rh. cembretosum* bis zum äussersten Waldsaum vor; von aussen eindringende gesellschaftsfremde Arten schaffen eine meist ziemlich breite Uebergangszone. Am untern Waldrand, gewöhnlich gegen die flachen Talsohlen hin, sind die durch Uebergangsbestände getrennten Anstösser-gesellschaften meistens kulturell bedingte Weiden- und Wiesenassoziationen oder seltener Moorgesellschaften. An der oberen Waldgrenze stösst es gewöhnlich an Zwergstrauch- und Alpweidengesellschaften. In mehr oder weniger breiten Uebergangsgürteln greifen diese anstossenden Assoziationen ineinander. Solche Mischbestände werden selbstredend bei der floristischen und ökologischen Auswertung der Assoziationen nicht berücksichtigt.

Tabelle 20.

Der Einfluss des Baumbestandes auf die Regelmässigkeit der Schneeverteilung im subalpinen Nadelwald.

Messungen im Arven-Lärchenwald des Oberengadins und im Fichten-Lärchenwald bei Davos (Anfang März 1933).

* == Standort des Baumstammes (über 10 m Höhe).

Schneehöhe in cm.

Stammdistanz in m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	m Stammdistanz
Kronenradius in m	Picea 3 m . . .	* 0	5	25	40	52	42	42	10	0 *	Picea		2 m
	Picea 2.5 m . . .	* 0	0	15	45	45	58	60	55	50 *	Larix		2.5 m
	Picea 3.5 m . . .	* 5	5	20	40	45	60	55	50	50 *		Larix	2.2 m
	Larix 2 m . . .	* 40	60	60	65	55	52	50	0	0 *		Picea	3.2 m
	Larix 2 m . . .	* 40	50	62	50	20	0 *	0 *	Picea				2.5 m
	Larix 2.5 m . . .	* 45	52	60	58	55	65	62	50	50 *	Larix		2.5 m
	Picea 4 m . . .	* 0	1	2	6	30	50	40	34	4	0 *	Picea	2.8 m
	Picea 2.8 m . . .	* 0	0	6	20	35	50	45	42	32	5 *	Picea	3 m
	Pinus Cembra 2 m	* 0	5	80	80	85	90	90	70	60	0 *	Pinus Cembra	3 m
	Pinus Cembra 3 m	* 5	5	20	80	90	85	90	65	35	0 *	Pinus Cembra	2.5 m

β) Das *Rhodoretum calamagrostidetosum*
(Reitgras-Subassoziation).

Diese Subassoziation, charakterisiert durch das Ueberwiegen des namengebenden Reitgrases, *Calamagrostis villosa*, tritt vornehmlich an den lichter Stellen des Arven-Lärchenwaldes auf. Der Deckungsgrad der Waldbäume ist hier geringer als in der Subassoziation *Rh. cembretosum*.

Die floristische Zusammensetzung der Strauch- und Krautschicht ist derjenigen der Subassoziation *cembretosum* sehr ähnlich, doch treten infolge stärkerer Insolation und Wärmeeinstrahlung weniger mesophile Arten zahlreicher auf, es sind dies: *Solidago* + *alpestris*, *Veratrum* + *viride*, *Ranunculus geraniifolius*, *Campanula Scheuchzeri*, *Anthoxanthum odoratum*, *Geranium silvaticum* usw., während die mehr lichtscheuenden Vertreter, wenigstens im Schattenbereich der Koniferen, noch keine nennenswerte Abnahme zeigen. Moose und Flechten treten stark zurück. Mit zunehmender Ueberhandnahme von *Calamagrostis villosa* verschwinden zuerst die Moose, dann die Flechten, während sich die Phanerogamen z. T. etwas länger halten können. In extremen Fällen (sehr lichter Baumbestand, sehr starke Dominanz der *Calamagrostis*) ist das *Rh. calamagrostidetosum* sehr artenarm. Diese Artenarmut ist dem dichten Wurzelfilz des Reitgrases zuzuschreiben, der, wie oft beobachtet werden konnte, jede fremde Wurzelkonkurrenz erfolgreich unterbindet. *Calamagrostis villosa* verhält sich hier ähnlich wie *Calamagrostis Epigeios* L. (Roth) im Mittelland, beide sind mit Recht gefürchtete Waldunkräuter, die unter Umständen den Jungwuchs hemmen oder verhindern.

Die Differentialarten dieser Subassoziation gegenüber den beiden Schwestersubassoziationen sind in Tabelle 21 zusammengestellt.

Tabelle 21.

Differentialarten des Rhodoretum calamagrostidetosum gegen die Subassoziationen Rh. cembretosum und Rh. extrasilvaticum.

Differentialarten gegen das <i>Rhodoretum cembretosum</i>	Differentialarten gegen das <i>Rhodoretum extrasilvaticum</i>
A. Ch. A. <i>Luzula</i> + <i>erythranthema</i> <i>Solidago</i> + <i>alpestris</i> <i>Campanula Scheuchzeri</i> <i>Geranium silvaticum</i>	A. Ch. A. <i>Pinus Cembra</i> <i>Larix decidua</i> , <i>Picea excelsa</i> <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> { <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> <i>Linnaea borealis</i>, <i>Poa Chaixii</i> <i>Hieracium murorum</i>, <i>Rosa pendulina</i> <i>Luzula luzulina</i>, <i>Luzula</i> + <i>erythranthema</i> <i>Prenanthes purpurea</i> </div> </div> <i>Veratrum</i> + <i>viride</i> <i>Ranunculus geraniifolius</i> , <i>Geranium silvaticum</i> <i>Peucedanum Ostruthium</i>

Das Rh. calamagrostidetosum findet sich nur in den untern Lagen des Waldes, nach unsern Beobachtungen steigt es selten über 2000 m. Der Schneeschutz ist wohl von kürzerer Dauer, aber die Schneeschicht erscheint homogener ausgebildet als im abgeschirmteren Rh. cembretosum.

Nach freundlicher mündlicher Mitteilung von Herrn Dr. Braun-Blanquet (1931) kommt im Unterengadin ausserhalb des Waldes eine eigentliche Calamagrostis-Assoziation vor, ein Calamagrostidetum villosae, das bis jetzt im etwas feuchteren Oberengadin noch nicht beobachtet werden konnte. In diesem Falle würde Calamagrostis villosa im Rhodoretum als Assoziations-Charakterart und im Empetretum als Verbands-Charakterart ausscheiden, oder zum mindesten nur noch als lokale Charakterart zu bewerten sein.

γ) Rhodoretum-Vaccinietum extrasilvaticum
(waldfreie Subassoziation).

In der waldfreien Subassoziation Rh. extrasilvaticum gelangt Rhododendron ferrugineum gegenüber Vaccinium Myrtillus stark zum Ueberwiegen, besonders was Deckungsgrad, Soziabilität und Vitalität betrifft. Die Alpenrose bedarf zum richtigen Gedeihen neben ausgiebiger winterlicher Schneebedeckung der Sonne und der Wärme, « sie ist ein Kind wärmeren Himmels » (Schröter 1926); im tieferen Waldesdunkel zeigt sie im Oberengadin mehr vegetative Entwicklung. Dass die Alpenrose oft als Waldpflanze bezeichnet wird, rührt wohl davon her, dass sie in den äusseren Alpenketten Bestandteil des aufgelockerten, lichterem Parkwaldes ist, in den das Licht ziemlich ungehemmten Einlass findet. Dasselbe gilt für den hochgelegenen lichten Fichtenwald. Im Oberengadin ist hingegen der Arvenwaldbestand meist ziemlich dicht und nur die Heidelbeere kann von den Sträuchern gut aufkommen. Aus diesem Grunde erscheint hier das andernorts selten zu beobachtende Rh. cembretosum. Die Alpenrose bevorzugt den lockeren, ausklingenden Wald, den Kampfgürtel bis zur Zwergbaumgrenze.¹

Aus der Assoziationstabelle I erhellt, dass im Rh. extrasilvaticum die schattenliebenden Arten gegenüber den lichtliebenden zurücktreten. Von den Zwergsträuchern kommen Vaccinium uliginosum und unter Umständen noch Empetrum nigrum neben der Alpenrose stärker zur Geltung. Auch Loiseleuria procumbens tritt in schwächerem Masse in Erscheinung. Arten der alpinen Stufe stellen sich noch nicht ein, einzig das häufigere Vorkommen von Leontodon pyrenaicus deutet deren Nähe an. Mit Ausnahme des eher trockenheitstragenden Polytrichum juniperinum weichen die Moose allmählich vor den Flechten zurück.

Die in folgender Tab. 22 verzeichneten Arten sind gegenüber den Waldsubassoziationen (Rhod. cembretosum und Rhod. calamagrostidetosum) als Differentialarten zu bezeichnen.

¹ Zwergbäume: Höhe unter 5 m.

Tabelle 22.

Differentialarten des Rhodoretum extrasilvaticum gegen die Waldsubassoziationen (Rh. cembretosum und Rh. calamagrostidetosum).

O.Ch. A. {Loiseleuria procumbens Vaccinium uliginosum Juniperus + nana Ligusticum Mutellina	A.Ch.A. Hieracium + Halleri Luzula + multiflora Phyteuma hemisphaericum Veronica bellidioides
O.Ch. A. Lycopodium Selago	A.Ch.A. Lycopodium annotinum
V.Ch.A. Lycopodium alpinum Polytrichum juniperinum	V.Ch.A. Lycopodium clavatum Cladonia crispata

Die Bezeichnung Rh. extrasilvaticum soll ein Hinweis sein, dass diese Subassoziation *ausserhalb des Waldes* und zwar meistens *über* dem geschlossenen subalpinen Walde auftritt. Ihre Hauptverbreitung erstreckt sich im Oberengadin vornehmlich in N-, NW- und NE-Auslage, von 1920 m bis 2225 m. Die obere Höhengrenze des Rh. extrasilvaticum fällt somit in grossen Zügen mit der klimatischen Waldgrenze zusammen (2230 m). Gut ausgebildete Einzelbestände dringen höchstens bis zur klimatischen Waldgrenze (2230 m) vor, mehr oder weniger verarmte Assoziationsfragmente steigen hingegen über diese hinaus bis zur Baumgrenze (2300 m) empor.

Diese seltenen Assoziationsfragmente besiedeln den Kampfgürtel (2230—2300 m) und können vielleicht als Ueberreste eines früheren Vorkommens des Rh. extrasilvaticum über der klimatischen Waldgrenze aufgefasst werden. Ein eigentlicher Rhodoretumgürtel über der Waldgrenze ist aber im Oberengadin, im Gegensatz zu den N-Alpen, nicht vorhanden.

Im allgemeinen ist das Rh. extrasilvaticum *artenreicher* als die Waldsubassoziationen (siehe Tabelle: Mittlere Artenzahl des Rh. extrasilvaticum = 42,0, mittlere Artenzahl des Rh. cembretosum = 32,2 und mittlere Artenzahl des Rh. calamagrostidetosum = 30,5). Die gegenüber den Waldsubassoziationen, trotz dem Ausscheiden mehrerer Phanerophyten, etwas vermehrte Artenzahl kann folgenden Umständen zugeschrieben werden: erhöhter Lichtgenuss, verstärktes Einwehen und Einschleppen von assoziationsvageren Arten auf dem Versamungswege oder infolge allfälliger Durchweidung, weniger ausgesprochene Verarmung des mineralreicheren Untergrundes der Böden an Nährstoffen.

Besonders in dieser Subassoziation extrasilvaticum macht sich der Viehtritt geltend, so dass aus diesem Grunde ein zoogene Artvermehrung aus den anstossenden Gesellschaften möglich wird.

Kennzeichnend für diese waldfreie Subassoziation ist deren mehr oder minder ausgeprägte mosaikartige Alternanz mit dem Empetretum. Das Rh. extrasilvaticum besiedelt als schneeschutzbedürftige Gesell-

schaft die Geländemulden, während das Empetretum die früher ausapernden flachen Geländerippen besetzt. Beide werden an trockeneren, südexponierten Stellen vom Junipereto-Arctostaphyletum verdrängt. An stärker windexponierten Kuppen findet das später zu beschreibende Loiseleurietum zusagende Bedingungen. Feuchte, wasserzügige Rinnen bilden den Standort des Alnetum viridis. Vom Weidevieh häufig getretene Stellen zeigen Anflüge des Nardetum.

Die verhältnismässige Niederschlagsarmut des subkontinentalen Untersuchungsgebietes (siehe Abschnitt B: Klimatologie) schliesst eine optimale Entwicklung des Rh. extrasilvaticum aus, so dass entgegen den «ozeanischen» äussern Alpenketten grössere zusammenhängende Einzelbestände ziemlich selten sind und man oft genötigt ist, die floristische Bestandesaufnahme aus Fragmenten zu synthetisieren.

Lässt sich innerhalb der Gesamtassoziation Rhodoretum-Vaccinietum eine *Sukzession* der Subassoziationen feststellen, in dem Sinne, dass sich die eine Subassoziation in eine andere umwandelt? In welcher Richtung verläuft diese Entwicklung? Entspricht das Rh. extrasilvaticum, verglichen mit dem Rh. cembretosum, einem Primär- oder einem Sekundärzustand? (Das Rh. calamagrostidetosum scheidet bei dieser Betrachtung aus.)

Obwohl der subalpine Waldgürtel, bevor der Mensch durch Rodung und Beweidung zerstörend eingriff, bis zur klimatischen Waldgrenze (2230 m), also bis zur oberen Verbreitungsgrenze des Rhodoretum extrasilvaticum gereicht haben wird, erscheint es unwahrscheinlich, dass das Rh. cembretosum den Primärzustand der Assoziation darstelle:

Als am Ende der letzten Eiszeit die Gletscher sich in die Alpentäler zurückzogen, drängte ihnen die ins Vorland vertriebene Vegetation wieder nach und besiedelte den vom Eis gescheuerten Boden. Glattegehobelte Fels, Schutt- und Blockhalden und talwärts verlagerte Moränenablagerungen bildeten die damaligen Standorte für die wiedereinwandernde Flora. Die zuerst sich einstellenden Rohbodengesellschaften bereiteten erst das vorliegende Substrat für die weitere pflanzliche Besiedelung vor. Mit der Zeit siedelten sich bei genügender Humusanreicherung und fortgeschrittener chemischer Verwitterung der mineralischen Bodenschichten die Zwergsträucher und andere anspruchsvollere Begleiter an. Die Ericaceen und Empetrum nigrum, deren Samen teils anemochor, teils endozochor verbreitet werden, wanderten jedenfalls rascher ein als die Arve, deren schwere Nüsschen nur von wenigen Tieren (hauptsächlich Eichhorn und Nusshäher) mehr zufällig verschleppt werden. Erst durch die Zwergsträucher, die alle samt und sonders gute Humusbildner sind und dadurch die chemische Verwitterung intensivieren, wurden die speziellen Bedingungen zur Einwanderung des subalpinen *Waldes* gegeben (speziell des Arvenwaldes).¹

Es ist anzunehmen, dass das postglaziale ursprüngliche Rhodoretum in einer dem heutigen Rh. extrasilvaticum ähnlichen Ausbildung eine gewisse Zeit hindurch bestand, bevor in diesem der Wald Fuss fassen konnte. Durch die Einwanderung der Koniferen wurde das Rhodoretum zugleich artenärmer, die schattenliebende Heidelbeere konnte sich im Waldesdunkel noch ausbreiten,

¹ Die anspruchslose Lärche, die mit ihren flugfähigen Samen ja auch Rohböden (z. B. Alluvionen) besiedeln kann, schafft auch jetzt noch oft die Bedingungen zur Ansiedelung der im Jugendstadium eher schattenliebenden Arve.

während die mehr lichtliebenden Arten in die Auflösungszone des Waldes, also nach oben, verdrängt wurden. So entstand wohl die Subassoziatio Rh. cembretosum, während die ursprüngliche Gesellschaft als Subassoziatio Rh. extrasilvaticum nach oben und an lokalklimatisch der Arvenwald-Subassoziatio unzugängliche Stellen ausweichen musste.

Aus diesen Darlegungen ergäbe sich demnach, dass das Rh. extrasilvaticum in seiner heutigen Ausbreitung bis zur klimatischen Waldgrenze (2230 m) als Vorstufe des Rh. cembretosum gelten kann, letzteres wäre demnach das Produkt der natürlichen progressiven Sukzession.

Das Rh. cembretosum dürfte nach beendigter Einwanderung der Waldbäume bis zur heutigen klimatischen Waldgrenze (2230 m) oder sogar darüber hinaus bestanden haben. (Subfossile Arvenfunde [E. Rüb el 1912, S. 269] im Untersuchungsgebiete, wie auch die neueren pollenanalytischen Ergebnisse an Oberengadinermooren von P. Keller (1930) beweisen, dass früher die aktuelle Waldgrenze höher lag und sich mit der heutigen klimatischen, theoretisch konstruierten Waldgrenze deckte.)

Die Depression der Waldgrenze, als Folge anthropogener und vielleicht noch klimatischer Einflüsse verursachte notgedrungen ein Zurückweichen der Waldsubassoziatio. Dieser nach tieferen Lagen verdrängte Wald hinterliess eine reduzierte Alpenrosen-Vacciniengesellschaft, die sich im Laufe der Zeit unter den neuen ökologischen Verhältnissen (erhöhter Lichtgenuss, gesteigerte Wärmeinstrahlung, grössere Verdunstung) in die Subassoziatio extrasilvaticum umlagerte. Diese Subassoziatio extrasilvaticum erscheint also wieder als Resultat regressiver Sukzession aus dem vertriebenen Rh. cembretosum und bildet heute das Hauptkontingent der beobachteten waldfreien Rhodoreten im Oberengadin.

Schematisch formuliert ergäbe sich folgendes hypothetische Sukzessionschema :

1. Stadium:

Ursprüngliches waldfreies Rhodoretum

Primär nach der letzten Eiszeit.

- a) bis zur heutigen klimatischen Waldgrenze;
- b) über der heutigen klimatischen Waldgrenze noch als fragmentarisches Rh. extrasilvaticum.

2. Stadium:

Sukzession dieses primären waldfreien Rhodoretum zum Rh. cembretosum

bis zur klimatischen Waldgrenze.

3. Stadium:

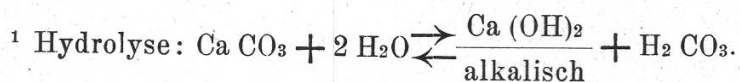
Rückläufige Sukzession aus dem Rhodoretum cembretosum zum Rhodoretum extrasilvaticum durch anthropogen bzw. klimatisch bedingte Depression des Waldes.

Nach dieser hypothetischen Darlegung erscheint das Rh. extrasilvaticum einerseits als primäre Vorstufe des Rh. cembretosum und entspricht noch den heute seltenen Assoziationsfragmenten über der klimatischen Waldgrenze. Andererseits könnte das heutige Rh. extrasilvaticum unterhalb der klimatischen Waldgrenze als Relikt des zurückgedrängten Rh. cembretosum aufgefasst werden. Wo die orographischen bzw. lokalklimatischen Verhältnisse ein erneutes Aufkommen des Waldes gestatten, kann sich das waldfreie Rhodoretum extrasilvaticum wieder in das Rh. cembretosum zurückverwandeln. Ansätze hierzu sind oft zu beobachten.

2. Die Standortsverhältnisse im *Rhodoreto-Vaccinietum*.

In der bunten Musterkarte der Gesteinsarten des Oberengadins haben sich die Rhodoreten hauptsächlich auf Böden saurer bzw. kalkarmer *Muttergesteine* angesiedelt. Die bevorzugten bodenbildenden Unterlagen bestehen grösstenteils aus Graniten, Gneisen, Quarzphylliten, Biotitschiefern, Dioriten, Glimmerschiefern oder jüngern Ablagerungen (Moränen, Hangschutt, Alluvionen), die sich aus den eben erwähnten petrographischen Komponenten zusammensetzen (Geol. Karten: H. P. Cornelius, 1932; R. Staub, 1917, 1918); G. Theobald, 1854). Die Struktur der bodenliefernden Substrate variiert demgemäss zwischen dem kompakten anstehenden Fels, über Grobblockvarianten bis zum physikalisch weitgehend dispergierten Material der Moränen oder Alluvionen. Die kalkreichen mesozoischen Sedimente, die sich im N und NE von St. Moritz, stellenweise im Val Fex, um den Silsersee, am Piz Alv und im Val del Fain vorfinden, hindern die Entwicklung der extrem azidiphilen Gesellschaft. Auf diesen zufolge der Hydrolyse¹ der Erdalkalikarbonate alkalisch reagierenden Muttergesteinen fehlt das Rhodoretum oder findet nur dann ein kümmerliches Gedeihen, wenn bei fortgeschrittener Kalkauslaugung die obersten Bodenhorizonte sauer geworden sind und dicke Rohhumusdecken die alkaliempfindlichen Wurzeln von der basischen Unterlage isolieren. Die Humidität des Engadins (wenig Niederschläge) ist anscheinend zu gering, um den auf diesen kalkigen Muttergesteinen gebildeten Böden ihren endodynamomorphen² Charakter zu nehmen. Die spärlichen Assoziationsanflüge bieten hier eine fragmentarische Kombination von Rhodoretumarten und erinnern durch eine Reihe kalkholder Reliktpflanzen an die frühere Basizität des Standortes. In Tab. 23 sind einige chemische Totalanalysen verschiedener im Untersuchungsgebiet vorkommender und von Rhodoreten bestandener Gesteine angeführt.

Aus dieser Zusammenstellung erhellt, dass die *Kieselsäure* (SiO₂) den überwiegenden Anteil der Gesteinssubstanz bestreitet. Bei SiO₂-Gehalten über 65 % tritt diese sogar als freier Quarz im Mineralverbande auf (saure Eruptivgesteine). Die *Sesquioxyde* (Fe- und Al-oxyde) sind in diesen Gesteinen vorwiegend an Kieselsäure gebunden (Feldspäte, Biotit, Muskowit usw.) und werden erst bei vorgeschrittener chemischer Verwitterung vom Kieselsäureradikal abgespalten.



²) endodynamomorph = der ursprüngliche chemische Charakter des Muttergesteines zeigt sich noch sehr deutlich im Chemismus des Bodens.

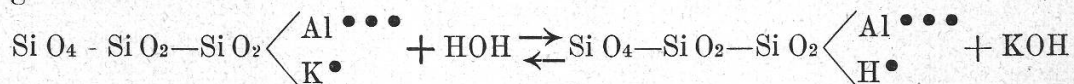
Tabelle 23.

Chemische Zusammensetzung einiger unter Rhodoretan vorkommender Muttergesteine im Oberengadin.

(n. b. = nicht bestimmt.)

Gestein Nr.	I	II	III	IV	V	VI	VII
	%	%	%	%	%	%	%
SiO ₂	49.54	57.23	61.85	61.87	64.50	65.17	67.72
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃ } + FeO }	25.74	29.06	22.04	22.75	20.16	18.62	19.87
CaO + MgO	15.50	4.41	6.55	8.67	5.83	4.69	0.97
Na ₂ O + K ₂ O	5.00	6.28	5.03	5.04	6.12	6.64	10.88
P ₂ O ₅	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	0.30	0.93	n. b.
Legende:							
Gestein Nr.	Gesteinsart und Vorkommen					Analytiker	
I.	Gabbrodiorit: Am Piz Rosatsch					L. Hezner	
II.	Biotitschiefer: Am Schafberg ob Pontresina					H. Schuppli	
III.	Psammitgneis: Am Muottas Murail					H. Schuppli	
IV.	Zoisitgneis: Bei Pontresina					H. Schuppli	
V.	Juliergranit: Umgebung von St. Moritz					L. Hezner	
VI.	Corvatschgranit: Oestlich Sils-Maria					R. Staub	
VII.	Alkaligranit: Morteratsch					J. Jakob	
(Lit. siehe: P. Niggli, F. de Quervain, R. U. Winterhalter 1930.)							

Die *Erdalkalimetalle* (Mg und Ca) sind ebenfalls silikatisch gebunden und sitzen in den Gittern der Feldspäte, der Biotite, Augite und Hornblenden in schwer löslicher Form. Das gleiche gilt von den *Alkalimetallen* (Na und K), die in den Alkalisilikaten fixiert sind. All diese Silikate sind durch ihre extreme Schwerlöslichkeit in Wasser und Kohlensäurelösungen ausgezeichnet. Die einfachen Lösungsreaktionen spielen denn auch bei der Silikatverwitterung eine nur untergeordnete Rolle. Das Wasser ist in seiner Molekülform zu inaktiv, um durch den einfachen Lösungsvorgang diese festgepackten Silikate anzugreifen. Die Verwitterung dieser resistenten Verbindungen bedarf intensiverer Angriffskräfte, zu welchen nur sehr aktive Ionenreaktionen befähigt sind. Die Wechselwirkung der hochaktiven Ionen des Wassers (dem positiven H⁺-Ion und dem negativen OH⁻-Ion) mit den Silikatmolekeln, die *Hydrolyse*, ist die wirksamste Verwitterungsreaktion der Silikatgesteine. Am folgenden, etwas schematisch dargestellten Beispiel der Orthoklashydrolyse soll diese wichtigste Reaktion kurz dargestellt werden.



Die Ionen des Wassers (H⁺ und OH⁻) reagieren mit den gelösten oder in der Oberfläche des Kristallindividuums liegenden Silikatmolekeln. Bei diesen sättigt das einfach positiv geladene Kaliumion zusammen mit den drei positiven Ladungen des Aluminiums den 4-fach negativen Rest des Orthoklases ab. Die durch die Dissoziation des Wassers gebildeten Wasserstoffionen suchen bei ihrer Annäherung an das Orthoklasmolekel die dort fixierten Al- bzw. K-Ionen zu verdrängen und sich an ihre Stelle zu setzen. An den früheren Gitterplatz eines K-Ions setzt sich ein Wasserstoffion, das Kalium tritt in das Lösungsmittel

Wasser und koppelt sich dort mit dem reaktionsbereiten Hydroxylion. Fortgesetztem Bemühen der Wasserstoffionen gelingt es schliesslich, auch das dreifach geladene und daher viel intensiver mit dem negativen Kieselsäurerest verbundene Aluminiumion zu vertreiben. Anstelle des dreiwertigen Aluminiumions tauschen drei einwertige Wasserstoffionen ein. Das Aluminium wird in das Lösungsmittel ausgetauscht, wo es sich mit den drei früheren Partnern der Wasserstoffionen, also mit den drei OH-Ionen unter Bildung des unlöslichen Aluminiumhydroxydes verbindet. Mit dem Wegrücken des Aluminiumions vom langen Kieselsäureradikal wird die Stabilität des ursprünglichen K-Al-Silikates dermassen abgeschwächt, dass der Kieselsäurerest in seine einzelnen Komponenten zerfällt: es resultieren Kieselsäureteilchen inkonstanter Stöchiometrie. Durch die intensive Hydrolyse ist also das Silikatmolekel zuerst entbast und angesäuert worden und schliesslich ganz aufgesprengt in seine Komponenten geborsten. Die kolloiddispersen elektropositiven Teilchen des Aluminiumhydroxydes koppeln sich dank ihrer gegenseitigen chemischen Affinität wieder mit den elektronegativen Kieselsäurepartikeln zu lockeren Aggregaten: sie koagulieren. Diese Koagulate attrahieren zufolge ihres hohen Dispersitätsgrades¹ und ihrer aufgelockerten Struktur einen Teil der echt gelösten Hydroxyde (KOH, NaOH, Ca(OH)₂) und bilden dann als mehr oder weniger adsorptiv gesättigte² Systeme den *Verwitterungston* (ss).

Die echten Lösungsprozesse und die intensiver wirkenden Hydrolysenvorgänge verlaufen ziemlich träge. Diese Trägheit wird teils dadurch verursacht, dass die Silikatmineralien sich im Laufe der Verwitterung mit Kolloidhäuten (Tonhäuten) umgeben, die den freien Zutritt des Wassers oder die Diffusion der Aufbereitungsprodukte ins Lösungsmittel hinaus hemmen. Die träge verlaufenden Hydrolyse- und Lösungsprozesse, wie auch die minimalen Mengen der dabei freigelegten Elektrolyte bedingen, dass schon geringe Humiditätswerte (d. h. auch geringe Niederschläge) genügen, um die Aufbereitungsprodukte (Elektrolyte und Kolloide) aus den oberen Horizonten des Verwitterungsprofils auszulaugen und nach der Tiefe zu transportieren. So reagieren denn auch die initialen Rohböden bereits deutlich sauer. Die tiefen, chemisch beinahe unverwitterten C-Horizonte der Moränen und Alluvionen haben auf diesen Muttergesteinen nur in Ausnahmefällen ein pH über 6,0.

Der durch die Initialpflanzengesellschaften geförderte Humus kann durch die kleinen Elektrolytmengen nicht mehr adsorptiv abgesättigt werden. Es resultieren beinahe von Anfang an basenarme und saure Humusarten. Dieser Humus ist als stark hydratisiertes organisches Kolloid ausserordentlich beständig gegen Elektrolyte. So koaguliert er erst bei den vielfachen Elektrolytkonzentrationen, die die empfindlicheren Al- und Fe-kolloide längst ausflocken würden. Die Beständigkeit des Humuskolloides ist gegenüber Koagulatoren um so grösser, je feiner sein Dispersitätsgrad ist. Und hier liegt eben die Bedeutung des sauren Humus für die Bodenbildung. Dieser saure Humus, grösstenteils Wasserstoffhumus, ist unter den in der Schweiz vorkommenden Humusvarianten der feinstdisperse, also auch der beständigste gegen Koagulation. Gelangt das elektro-negative Humuskolloid mit den aufbereiteten Eisen- und Aluminiumteilchen in Berührung, so lagert er sich diesen an, umhüllt sie wie mit einem Isoliermantel und überträgt so seine Elektrolytunempfindlichkeit auf die an sich viel empfindlicheren anorganischen Systeme. Bei Gegenwart nicht zu grosser Koagulatorkonzentrationen (Ca, Mg, Na, K-Ionen) *schützt* der saure Humus das Eisen- und

¹ Dispersitätsgrad = $\frac{\text{Oberfläche der dispersen Phase}}{\text{Volumen der dispersen Phase}}$.

² Die « Sättigung » bezieht sich gemäss Konvention nur auf die adsorbierten Basen (Na, K, Ca usw.) Adsorbierte Wasserstoffionen vermindern diese Sättigung.

Aluminiumhydroxyd vor Flockung. In diesen angesäuerten elektrolytarmen Verwitterungsprofilen werden also diese beiden Kolloide (Fe- und Al-Hydroxyd) dank ihrer stabilisierten hohen Dispersität wanderungsfähig und mit dem Wasserstrom gegen die tieferen Bodenhorizonte eingeschlämmt. Sie sind feinerdispers als die Zwischenräume und Kapillaren der Bodenmasse und filtrieren nach den untern Horizonten. Unter diesen Bedingungen machen sich frühzeitig typische Auslauehorizonte bemerkbar, aus denen die Basen samt den gleichzeitig aufbereiteten Kolloiden ausgewandert sind. Die Auswaschhorizonte werden nach internationaler Uebereinkunft mit dem grossen Buchstaben A bezeichnet (A = Eluvialhorizonte). In den tieferen Bodenschichten, die weniger stark verwittert sind und zum Teil von oben eingespülte Basen enthalten, wird dann die Koagulatorkonzentration grösser. Die Schutzwirkung des Humus wird ungenügend und die Kolloide werden mit dem umhüllenden Humus niedergeschlagen. Diese Anreicherungsschichten geben sich durch einen rostbraunen, von Eisensalzen herrührenden Farbton kund (Illuvialhorizonte).

Dieser kurz skizzierte Verwitterungsvorgang führt schliesslich zum Eisenpodsol, das den Klimaxboden im Rhodoreto-Vaccinietum bildet. Die Charakterisierung dieses die Assoziation kennzeichnenden Bodentypus ist die folgende :

Chemische Kennzeichen des Eisenpodsols: Die obern Horizonte sind elektrolytarm. Die leichter löslichen Salze sind ausgelaugt und erst wieder in tiefern Bodenschichten etwas angereichert. Infolge dieser Elektrolytarmut reagieren die A-Horizonte *sauer*. Der reichlich angesammelte Humus ist sehr wenig basenhaltig, vorwiegend als saurer *Wasserstoffhumus* ausgebildet und dadurch zum Teil sehr feindispers. Der hohe Dispersitätsgrad des Wasserstoffhumus befähigt ihn zur *Schutzwirkung*. Die aufbereiteten Sesquioxide werden dadurch in feiner Zerteilung gehalten und mit dem einsickernden Bodenwasser gegen die Tiefe transportiert. Die obern Horizonte (A) sind somit an Elektrolyten und aufbereiteten Kolloiden verarmt. In tiefern Bodenschichten werden die Elektrolyte wieder etwas konzentrierter und die eingespülten Eisen- und Aluminiumteilchen samt dem Humus koaguliert. Diese B-Schichten zeigen die höchsten Gehalte an Eisen- und Aluminiumoxyden. Unter extremhumiden Verhältnissen verkitten diese Anreicherungshorizonte (B) zu einer harten Ortsteinschicht. Diese Ortsteinschichten können bei schweizerischen Profilen nur relativ selten beobachtet werden. Unter den B-Schichten beginnt dann in allmählichem Uebergang das mehr oder minder unverwitterte Muttergestein (C-Horizonte).

Morphologische Charakteristik des Eisenpodsols: Eine ziemlich dicke *Rohhumusschicht* bildet den obern Profilabschluss gegen die Vegetation. Eine *blättrige Schichtung* der angesammelten Humusstoffe ist ein häufiges Kennzeichen. Die oberste, grösstenteils *unzersetzte* Humuslage, bestehend aus eben abgestorbenen Pflanzenresten, wird bei der Profilbeschreibung als A₀-Horizont festgelegt. Darunter schliesst sich die dunkler gefärbte, mehr oder minder zersetzte Rohhumusschicht

A₁ an, die in scharfer Grenze dem *ausgebleichten Mineralhorizont A₂* überlagert ist. Dieser hat dank der extremen Eisenauswanderung seine braun-gelbe Farbe eingebüsst und wegen Rückstands-anreicherung der meist quarzitischen Kieselsäure eine hellgraue¹ Farbe angenommen. Auch in dieser A₂-Schicht ist in vielen Fällen eine blättrige Struktur bemerkbar. Zur Bestätigung der extremen Auslaugung aus den A-Horizonten erscheint unter der aschgrauen Schicht eine rostrot- bis schmutzigrotbraune Anreicherungsschicht B. In diffussem Uebergang läuft diese B-Schicht über eine weniger rostiggefärbte Mineralerdeschicht BC in den frischfarbenen C-Horizont, das Muttergestein, über.

In den Tab. 24 und 25 sind die Analysenergebnisse eines typischen Eisenpodsols wiedergegeben.

Tabelle 24.

Bauschanalyse eines Eisenpodsols.

Berninabachwasserfälle ob Morterätsch. O.-Engadin. Rhodoretum cembretosum (1929).

Horizont Bezeichnung Tiefe	I A ₀ 0—3 cm	II A ₁ 3—15 cm	III A ₂ 15—22 cm	IV B 22—38 cm	V C 80 cm
pH	4.15	4.03	4.49	4.87	5.40
H ₂ O über 110°	5.02 %	3.25 %	1.23 %	4.32 %	4.42 %
H ₂ O unter 110°	14.32 %	9.37 %	0.89 %	6.32 %	5.96 %
Humus	61.84 %	41.36 %	1.87 %	2.48 %	1.06 %
Vom Glührückstand:					
SiO ₂	—	—	82.54 %	69.68 %	75.32 %
Sesquioxys	—	—	10.21 %	20.24 %	14.18 %
CaO	—	—	2.04 %	2.52 %	2.80 %
MgO	—	—	1.02 %	1.58 %	2.21 %
K ₂ O	—	—	2.52 %	3.55 %	3.40 %
Na ₂ O	—	—	0.52 %	1.82 %	1.92 %
Nicht bestimmte Anteile	—	—	1.15 %	0.61 %	0.17 %
			100.00 %	100.00 %	100.00 %

Tabelle 25.

Berechnung der Auslaugung und Anreicherung im Podsolprofil auf Grund der Annahme, dass die Zusammensetzung des frischfarbenen C-Horizontes der ursprünglichen Zusammensetzung des Muttergesteins entspricht.

Alle Analysenwerte des Eisenpodsolprofiles werden auf den „konstanten“ Kieselsäurewert 75.32 % umgerechnet.

¹ Podsol = Aschenboden (russisch).

Horizont Bezeichnung Tiefe	III A ₂ 15 – 22 cm	IV B 22 – 38 cm	V C 80 cm
SiO ₂	75.32 %	75.32 %	75.32 %
Sesquioxyde	9.33 %	21.90 %	14.18 %
CaO	1.86 %	2.73 %	2.80 %
MgO	0.93 %	1.71 %	2.21 %
K ₂ O	2.30 %	3.84 %	3.40 %
Na ₂ O	0.48 %	1.97 %	1.92 %

Aus Tab. 25 resultiert :

1. Die Sesquioxyde reichern sich im B-Horizont an.
2. Kali reichert sich etwas im B-Horizont an (Adsorption).
3. Kalk reichert sich nicht an. Gleicher Gehalt wie in C.
4. Natrium reichert sich nicht an. Gleicher Gehalt wie in C.
5. Magnesium wird leicht ausgewaschen. Gehalt in C grösser als in B.

Dieses aus Gründen der Raumersparnis nur in einer Analyse vertretene Eisenpodsol stellt den Klimaxboden der obern subalpinen Stufe auf sauren bzw. kalkarmen Muttergesteinen dar. Diesem Bodenklimax ist das Rh. cembretosum als Vegetationsklimax nebengeordnet. Es findet sich in typischer Ausbildung vorzugsweise dort, wo zwischen den dunklen Gruppen der Arve die rostige Alpenrose ihre dichten, dunkelgrünen Büsche verteilt und sich die übrigen Arten des Pflanzenteppichs zum Rh. cembretosum gruppieren. Das reife und gut ausgebildete Eisenpodsol zeigt sich in der gekennzeichneten Form meist nur im subalpinen Nadelwald. Wohl finden sich auch ausserhalb des Waldes¹ Podsole, ihr Vorkommen ist aber seltener und nie so typisch wie unter dem zugehörigen Vegetationsklimax. Andererseits wäre es aber irrig zu glauben, dass sich unter jedem Bestande des podsolzugeeigneten Rh. cembretosum ein typisches Eisenpodsol fände. Für dessen Auftreten müssen verschiedene Bedingungen erfüllt sein. Damit sich deutlich ausgeprägte, von Auge sichtbare Auslauge- und Anreicherungs-horizonte bilden können, ist ein gewisser Gehalt an mineralischer Feinerde erforderlich. Fehlt diese, so stellen sich auf den grobblockigen Substraten fast reine *Rohhumusprofile* ein, bei denen dicke, saure Humuslager die Blöcke überspannen und die wenigen mineralischen Aufbereitungsprodukte schnell zwischen dem Blockschutt in die Tiefe drainiert und weggeschafft werden. Hier sind die saure Reaktion, wie auch die relative Basenarmut des Substrates hinreichend, damit die

¹ Podsole früherer Waldstandorte. Nach dem Roden bilden sie sich langsam gegen podsolige bzw. leicht podsoliierte Braunerden zurück.

genügsame Vegetation des Rhodoretum sich einstellt. Wo diese Gesellschaft jünger ist, oder ursprünglich etwas weniger saure Muttergesteine anstanden, finden sich unreife Podsole mit fleckigen Horizonten (A_2 und B), die darauf hindeuten, dass die Podsolierungsprozesse noch in vollem Gange und die Profile unreif sind. Diese nicht ausreichend podsolierten Untertypen, deren Grundkennzeichen aber deutlich auf die Podsole deuten, werden als *podsolige Braunerden* bezeichnet. Alle Böden der Rhodoreten zeigen deutliche Zeichen schwacher oder bereits fortgeschrittener Podsolierung.

In den folgenden Tabellen (26 bis 35) sind die Resultate einer grossen Zahl von Analysen von Rhodoretenböden in gedrängter Form wiedergegeben.

Tabelle 26.

Die pH-Variation der verschiedenen Podsolhorizonte.

Blattfallschicht	A_0	die pH-Werte schwanken von	pH 3.5—4.7
Rohhumusschicht	A_1	" "	pH 3.5—4.8
Auslaugeschicht	A_2	" "	pH 4.4—4.9
Anreicherungsschicht	B	" "	pH 4.5—5.2
Muttergestein	C	" "	pH 4.7—6.0

Die elektrometrische pH-Messung¹ (Chinhydronelektrode) erfolgte nach dem Kompensationsverfahren nach Poggendorf (H. P a l l m a n n 1930). Die in den Jahren 1926 und 1927 ausgeführten kolorimetrischen pH-Bestimmungen wurden nicht verwertet. Die nach kolorimetrischen Verfahren bestimmten pH-Werte fallen bei sauren Böden häufig zu hoch aus und ergeben eine etwas zu « alkalische » Reaktion (G. W i e g n e r und H. P a l l m a n n 1929, 1931, H. P a l l m a n n 1930). Das elektrometrische Verfahren, das auch bei den vorliegenden Untersuchungen verwendet wurde, erfasst nicht nur die gänzlich freien, sondern auch die partiell an den Bodenteilchen adsorbierten und physiologisch aktiven Wasserstoffionen (Suspensionseffekt).

Einige Podsolprofile werden hinsichtlich ihrer Reaktion in Tab. 27 detaillierter angeführt.

¹ V. K r a j i n a (1933) (S. 781) ersetzt die gebräuchliche Bezeichnung pH durch aH. Dadurch soll angezeigt werden, dass: « bei der Messung der Bodenreaktion der mögliche Fehler durch Vergleich mit Standardlösungen nicht bestimmt » wurde. Es wäre interessant zu wissen, welchen speziellen Fehler der Verf. dabei im Auge hatte. Die von K r a j i n a angewendete elektrometrische Reaktionsbestimmung im Bodenfiltrat führt meistens zu sehr unsichern Resultaten. Die Reaktion der vielfach ungepufferten Bodenlösungen wird bei der Berührung mit aschehaltigen Filtern durch Umtauschprozesse und Adsorptionerscheinungen in der Regel verändert.

Tabelle 27.

Die saure Reaktion ist in den obersten, humosen Podsolhorizonten am grössten.
Mit zunehmender Bodentiefe nimmt die Azidität ab.

Verlauf der pH-Werte innerhalb des Podsolprofils.

Rhodoretum-Podsol	1	2	3	4	5	6	7	8
Horizont:								
A ₀	4.06	4.08	3.99	4.34	4.03	4.16	4.38	4.23
A ₁	3.92	3.74	4.30	4.02	4.15	4.00	4.11	4.04
A ₂	4.68	3.80	4.68	4.89	4.78	4.28	4.51	4.81
B	4.92	4.34	5.18	5.03	4.82	4.52	4.79	5.01
C	5.03	4.64	5.27	5.53	4.89	4.81	5.99	5.13
Legende:								
Nr. 1	Eisenpodsol,		Stazerwald, St. Moritz		Rhod. cembretosum		Granit	
" 2	"		Sils-Maria, Engadin		"		"	
" 3	"		Piz Albana, Campfer		"		Moräne	
" 4	Humos deg. Eisenpodsol,		Schatzalp, Davos		"		"	
" 5	" " "		Piz Albana,		" extrasilvat.		"	
" 6	" " "		Bucca di Fongio, Airolo		"		—	
" 7	Humuspodsol,		" " "		"		—	
" 8	"		" " "		"		—	

Der gesamte Vorrat an vorhandenen Wasserstoffionen (am Bodenteilchen adsorbierten und im Bodenwasser freibeweglichen) kann annäherungsweise durch Ausschütteln des Bodens mit alkalisch reagierendem Ca-Azetat (ein-normale Lösung) bestimmt werden. Die Ca-Ionen setzen sich an Stelle der am Bodenteilchen adsorbierten Wasserstoffionen und verdrängen diese letztern in die Lösung. Hier werden sie samt den ursprünglich freien H⁺-Ionen als Essigsäure gebunden, die durch Rücktitration mit Natronlauge bestimmt wird (H. Kappen 1929, daselbst weitere Lit.) (siehe Tabellen 28 und 29).

Tabelle 28.

Die Gesamtazidität der Podsolhorizonte.
(Ca-Azetat- oder hydrolytische Azidität.)

Horizonte	Ausgetauschte Wasserstoffionen
A ₀	15—40 Milliäquivalente H ⁺ in 100 g lufttrockenem Boden
A ₁	19—30 " "
A ₂	8—16 " "
B	5—15 " "
C	0—7 " "

Tabelle 29.

Die Menge austauschbarer Wasserstoffionen ist am grössten in den oberen Auslaagehorizonten und nimmt mit zunehmender Bodentiefe ab. Hydrolytische Azidität (je 100 g lufttr. Boden).

Rhodoretum-Podsol	1	2	3	4	5	6	7	
Horizont:								
A ₀	23.6	28.3	30.0	33.0	34.7	36.4	37.8	Milliäquival. H ⁺
A ₁	20.1	19.9	18.4	12.4	23.5	22.7	28.4	"
A ₂	12.9	10.0	11.2	11.4	12.4	11.8	14.2	"
B	12.9	9.8	10.4	8.2	11.2	10.7	9.8	"
C	5.8	1.9	1.2	2.7	3.7	3.1	2.7	"

Die Angabe der Gesamtazidität vermittelt einen guten Eindruck vom überragenden Anteil der Wasserstoffionen im Haushalt der Humus- und Mineralerdeilchen des Podsoles. (So entsprechen 35 Milliäquivalente austauschfähige Wasserstoffionen in 100 g lufttrockenem Boden 35 ccm normaler Salzsäure.)

Die hydratisierbaren Wasserstoffionen ziehen das Wasser begierig an sich und lockern dadurch die Gerüste der Bodenteilchen. In diesen sauren humusreichen Böden werden deshalb grosse Wassermengen ziemlich stark gebunden oder zufolge der aufdispergierten Humusstoffe magaziniert. In Tab. 30 sind Beispiele einiger Bestimmungen der *Wasserkapazität* in verschiedenen Podsolhorizonten verzeichnet.

Tabelle 30.

Mit steigender Austauschazidität der Podsolhorizonte nimmt die Wasserkapazität der entsprechenden Bodenschicht zu.

Rhodoretum-Podsol	1		2		3	
Horizont	H ⁺ in M.äq.	Wasserkapazität ¹	H ⁺ in M.äq.	Wasserkapazität	H ⁺ in M.äq.	Wasserkapazität
A ₀	23.6	235 Gew. %	34.7	401 Gew. %	33.0	326 Gew. %
A ₁	20.1	195 "	23.5	250 "	12.4	120 "
A ₂	12.9	105 "	12.4	135 "	11.4	105 "
B	12.9	100 "	11.2	105 "	8.2	75 "
C	5.8	62 "	3.7	41 "	2.7	50 "

¹ Die Wasserkapazität wird ausgedrückt in Gramm Wasser, die nach völliger Durchtränkung in 100 g ehemals lufttrockenem und durch das 2 mm Sieb getriebenem Boden zurückgehalten werden.

Für die Podsolierungsvorgänge, die Azidität und den Wasserhaushalt spielen die angereicherten sauren Humusstoffe eine grosse Rolle. Die Variation des *Humusgehaltes*² ist aus Tab. 31 ersichtlich.

² In den humusreichen Horizonten A₀ und A₁ kann die Bestimmung der organischen Substanz direkt durch Veraschen ermittelt werden. In den humusärmeren A₂-, B- und C-Schichten ist die nasse Humusverbrennung (mit H₂SO₄—

Tabelle 31.

Die Humusvariation in Rhodoretumpodsolen.

Horizont	Humusgehalt	Häufigster Humusgehalt
A ₀	20 % bis 95 %	40 % bis 80 %
A ₁	10 % „ 70 %	25 % „ 60 %
A ₂	0.5 % „ 15 % ¹	2 % „ 6 % (15) ¹
B	2 % „ 25 % ¹	5 % „ 10 % (20) ¹
C	1 % „ 5 %	1 % „ 3 %

¹ Humuspodsole eingerechnet.

Die Bildung der Engadinerböden auf meist grobkristallinen polymineralischen Gesteinen bietet die Erklärung für die ausgeprägt grobdisperse Mineralkornmischung. Die *mechanischen Analysen* (Wiegner-Gessner-Schlammapparat mit photographischer Registrierung, G. Wiegner 1926, H. Gessner 1926) dieser Podsole zeigen, dass im A₂-Horizont (Bleicherdeschicht) die sandigen Komponenten überwiegen (Fraktion 2,0—0,05 mm 35—80 %). In der Anreicherungsschicht B zeigt sich im grossen Durchschnitt eine schwache Verfeinerung des Korngemisches. Die C-Schicht (bei Alluvionen oder Moränenschutt) weicht in der mechanischen Zusammensetzung (Grobsand 2—0,1 mm, Feinsand 0,1—0,05 mm, Staubsand 0,05—0,01 mm, Rohton unter 0,01 mm ϕ) nur unwesentlich von der Anreicherungsschicht B ab.

Die in den Tab. 25 bis 31 dargestellten Untersuchungsergebnisse beziehen sich ohne Ausnahme auf das gereifte Podsol, den charakteristischen Bodentyp des Rhodoretum. Die andern, ebenfalls von der Alpenrosengesellschaft bestandenen Böden, alles Glieder der Podsolserie, sind in den erwähnten Tabellen nicht vertreten, doch haben die dort angeführten Zahlen auch grösstenteils Geltung für diese dem Podsol beigeordneten Nebentypen (Rohhumusböden des Blockgebietes mit fehlenden oder schwachentwickelten Mineralerdeschichten, podsolige Brauerden geringerer Reife usw.). Wie eine grosse Anzahl von Untersuchungen erwies, gilt diese Aussage sowohl für die pH-Werte, die hydrolytische Azidität, wie auch für den Humusgehalt und die Wasserkapazität.

In der nachstehenden Tab. 32 sind die Resultate von 220 pH-Bestimmungen statistisch ausgewertet, die sich über sämtliche Bodenvarianten unter Rhodoretum verteilen. Die gemessenen pH-Werte werden als Glieder einer statistischen Reihe betrachtet, die durch die Galton'sche Variationsgleichung (C. V. L. Charlier 1920; W. Johansen 1926; H. Jenny 1926; A. Frey 1928) beschrieben wird. Diese Gleichung besagt, dass sich die verschiedenen pH-Werte in *gesetz-*

K₂Cr₂O₇) nach Knop (G. Wiegner 1926) vorgenommen worden. Die Veraschung dieser mineralerdsreichen Proben würde wegen der gleichzeitigen Verdrängung des gebundenen Wassers zu hohe, daher fehlerhafte Humuswerte liefern

mässiger Verteilung um einen Mittelwert gruppieren. Von N untersuchten Proben wird sich die Mehrzahl mehr oder weniger eng auf die dem Mittelwert naheliegenden pH-Werte verteilen. Je weiter sich die betrachteten pH-Werte vom Mittel entfernen, um so seltener treten sie auf, um so unwahrscheinlicher ist ihr Erscheinen.

Die Galton'sche, auf der Wahrscheinlichkeitsrechnung basierende Variationsgleichung hat folgende Form:

$$I) Y = \frac{h}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-x^2 h^2}$$

Zur Berechnung der wahrscheinlichsten Verteilung der im Rhodoretum vorhandenen pH-Werte müssen sämtliche experimentell beobachteten pH-Zahlen in Klassen geordnet werden. Diese Klassen unterscheiden sich von der nächsthöheren bzw. nächstniedereren um 0,1 pH. Die Grundklasse (Klasse 0) ist durch den pH-Mittelwert fixiert. Im Rhodoretum ist dieser gleich pH 4,0. Sämtliche Proben mit pH 4,1 gehören zur Klasse +1, sämtliche Proben mit pH 3,9 zur Klasse -1 usw.

Y = die Häufigkeit der zur Klasse x gehörenden pH-Werte.

x = die Klassennummer¹ (4, 3, 2, 1, 0, -1, -2, -3, -4 usw.).

π = Konstante 3,142.

e = Basis der nat. Logarithmen 2,718.

h = Mass für die Variabilität der statistischen Reihe.

Je grösser h ist, um so enger gruppieren sich die beobachteten pH-Werte um den charakteristischen und meist auch häufigsten Mittelwert. Je grösser h einer Reihe ist, um so kleiner ist die Amplitude bzw. die Streuung der Werte. Dieses Variabilitätsmass h berechnet sich aus der Streuung s wie folgt:

$$II) h = \frac{1}{s\sqrt{2}} \quad III) \text{ wobei } s = \sqrt{\frac{\sum d^2}{N}}$$

Gleichung III ist die bekannte Fehlergleichung, worin $\sum d^2$ = Summe aller ins Quadrat erhobenen Abweichungen von der Klasse 0 ist. (Abweichung in Klasseneinheiten.) N = Anzahl untersuchter Proben.

In den untersuchten Bodenproben wurden neben der einfachen elektrometrischen² pH-Bestimmung auch die leicht austauschbaren,

¹ In den Arbeiten von H. Jenny 1926 und A. Frey 1928 wird x irrtümlich als pH-Wert angegeben, x = Klassennummer.

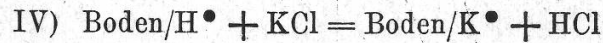
² a) Bei der kolorimetrischen pH-Bestimmung werden nur die freien, im Dispersionsmittel verbliebenen Wasserstoffionen bestimmt.

b) Bei der elektrometrischen pH-Bestimmung in Bodensuspensionen werden neben den freien auch noch die sehr locker am Bodenteilchen sitzenden, physiologisch aktiven Wasserstoffionen gemessen.

c) Durch Kaliumchloridzusatz zur Bodensuspension werden die mittelstark adsorbierten Wasserstoffionen ins Lösungsmittel ausgetauscht und dann elektrometrisch mit den freien H⁺-ionen zusammen gemessen.

d) Mit dem alkalisch reagierenden Ca-Azetat greift man am tiefsten ins Bodenteilchen hinein und findet in erster Annäherung den Gesamt-vorrat der im System vorhandenen Wasserstoffionen durch Titration der gebildeten Essigsäure.

locker adsorbierten Wasserstoffionen durch Umtausch gegen KCl ermittelt. Schüttelt man eine Bodenprobe (20 g) mit 100 ccm normaler Kaliumchloridlösung, so tauschen die leicht gebundenen Wasserstoffionen ins Lösungsmittel aus und werden am Bodenteilchen durch eine äquivalente Menge K-Ionen ersetzt. Dieser Kalium-Wasserstoff-umtausch befolgt schematisch folgende Reaktionsgleichung :



Durch die bei diesem Umtausch im Lösungsmittel gebildete Salzsäure wird das pH nach der sauren Seite verschoben. Auch diese Bestimmungen wurden mit der Chinhydronelektrode ausgeführt und in Tab. 32 statistisch ausgewertet, dargestellt.

Tabelle 32.

Die wahrscheinlichste Verteilung der Rhodaretenböden (0—15 cm Tiefe) auf die verschiedenen pH-Klassen.

(Siehe Fig. 6)

Berechnung der Galton'schen Verteilungskurve (Gleichung I).

Prozentuale Angabe der Häufigkeit γ .

Untersuchte Proben 220.

Aussage: Von N-Bodenproben im Rhodoretum entfallen höchstwahrscheinlich γ -Prozente (Häufigkeit) auf die nachstehenden pH-Werte.

pH-Wert in wässriger Suspension	Häufigkeit γ in %		pH-Wert in „KCl“ Suspension	Häufigkeit γ in %	
	beobachtet	berechnet		beobachtet	berechnet
3.3	0.00	0.30	2.5	1.82	1.24
3.4	0.46	0.86	2.6	3.64	2.27
3.5	1.82	2.09	2.7	2.27	3.82
3.6	5.00	4.36	2.8	5.00	5.79
3.7	7.28	7.69	2.9	8.64	8.10
3.8	11.37	11.53	3.0	9.55	10.32
3.9	14.55	14.70	3.1	10.92	11.88
4.0	15.92	15.95	3.2	12.28	12.15
4.1	15.00	14.70	3.3	11.37	11.88
4.2	12.28	11.53	3.4	9.09	10.32
4.3	7.74	7.69	3.5	8.64	8.00
4.4	4.10	4.36	3.6	8.19	5.79
4.5	2.27	2.09	3.7	2.73	3.82
4.6	1.82	0.86	3.8	2.27	2.27
4.7	0.46	0.30	3.9	1.83	1.24
h = 0.285. T = 2.47.			h = 0.216. T = 3.31.		
Der wahrscheinlichste pH-Wert des Rhodoretum liegt bei pH 4.0.					
Der wahrscheinlichste pH(KCl)-Wert liegt bei pH 3.2.					

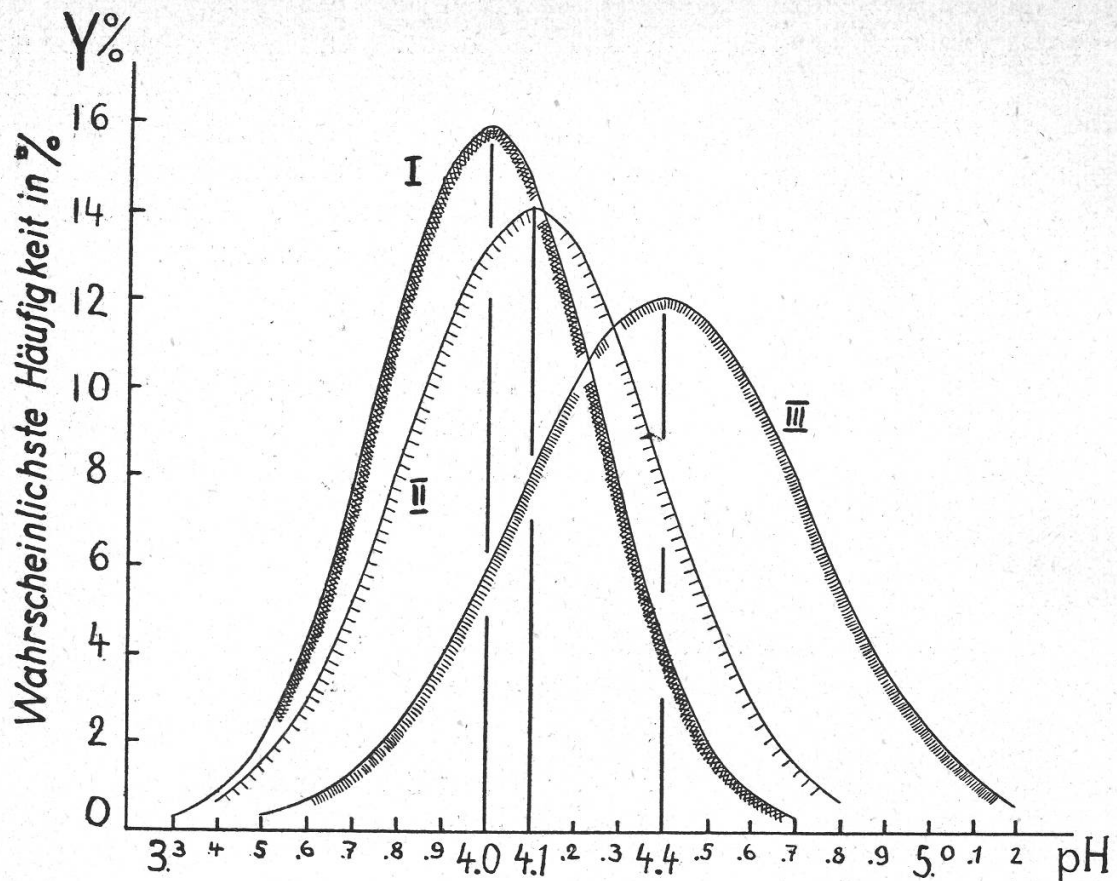


Fig. 6.

Die pH-Variation im Rhodoretum-Vaccinietum, Empetretum-Vaccinietum und im Loiseleurietum-cetrariosum. (pH-Variationen in den obersten 15 cm des Bodens.)

Legende : Kurve I = Rhodoretum.
 » II = Empetretum.
 » III = Loiseleurietum.

Die relativ flach verlaufenden Variationskurven zeigen, dass im Rhodoretum *grosse Schwankungen* dieses ökologischen Faktors auftreten. Einzelbestimmungen von solch variablen Faktoren haben für ökologische Angaben keine grosse Bedeutung. Erst durch statistische Auswertung eines grossen Untersuchungsmaterials können *Wahrscheinlichkeitsaussagen* gemacht werden, die für die Gesellschaftsökologie von Wert sind.

Selbst innerhalb eines floristisch ziemlich homogenen Einzelbestandes können grosse pH-Schwankungen auftreten, wie die kleine Zusammenstellung zeigt :

Tabelle 33.

pH-Variation innerhalb der Einzelbestände des Rhodoretum.

Bodenprobe	Rhodoretum cembretosum Nr. 6	Rhodoretum cembretosum Nr. 14	Rhodoretum extrasilvaticum Nr. 23	Rhodoretum extrasilvaticum Nr. 25
	pH	pH	pH	pH
I	4.10	3.55	4.27	4.13
II	3.75	3.92	4.10	3.78
III	4.03	4.30	3.75	3.98
IV	4.35	3.65	4.00	4.25
V	4.18	4.10	3.85	4.35
Grösste Schwankung	0.60	0.75	0.52	0.57

Die pH-Schwankungen betragen selbst in diesen floristisch ziemlich homogenen Assoziationsindividuen bis 0,8 pH. Die einzelnen Probenorte liegen 5 bis 10 m auseinander.

Zwischen den verschiedenen Subassoziationen des Rhodoretum lassen sich unschwer kleine Unterschiede in der Bodenbildung erkennen. Das *Rhodoretum cembretosum* weist als charakteristischen Typus das ausgereifte *Eisenpodsol* auf. Die Zwergsträucher haben der Humusbildung Vorschub geleistet und mit den Moosen zur Bildung dicker Rohhumusschichten beigetragen. Die Podsole sind denn auch an diesen Standorten durch wohlausgebildete Horizonte gekennzeichnet. Die A₀- und A₁-Schichten zeigen zusammen Mächtigkeiten bis zu 40 cm, variieren aber in den meisten Fällen zwischen 8 bis 20 cm. Darunter liegen die homogenen ausgebleichten A₂-Horizonte in scharfer Abgrenzung, die mit 3 bis 15 cm breiten hellen Bändern den Abschluss gegen die darunter liegenden Anreicherungshorizonte B bilden. Diese sammeln, in nach unten meist diffus auslaufenden rostbraunen Lagern, die aus den obern Horizonten herbeigebrachten Verwitterungsprodukte. Neben diesen ausgereiften und wohlausgebildeten Eisenpodsolen sind die extremen *Rohhumusböden* der Podsolserie (mangelnde Mineralerdschichten) in Block- und Felsgebieten auffallend. Diese Standorte zeigen denn auch die Minima der pH-Zahlen (also die grösste Azidität) und naturgemäss die grössten Humuswerte. Zwischen diesen beiden Bodenvarianten liegen dann die vielen podsoligen Braunerden verschiedener Reife.

Die Waldsubassoziation *Rh. calamagrostidetosum* zeigt zufolge des üppigen Krautwuchses (*Calamagrostis villosa*) einen starken Rückgang des schwarztorfigen Rohhumus. Die Hauptmasse der organischen Substanz besteht bei diesen Profilen aus schwach zersetzten Fasern des dichten Wurzelfilzes. Unter diesem Wurzelfilz finden sich nur in sehr seltenen Fällen schöne Podsolprofile. Das Profil entspricht dem der podsoligen Braunerde. Wird durch Waldschlag oder Lichtung des Baumbestandes das *Rh. cembretosum* in die Schwestersubassoziation

Rh. calamagrostidetosum umgewandelt, so bemerkt man bald die Rückverwandlung der Podsole in das Profil der podsoligen Braunerde. Diese Rückbildung führt zu einer Vernichtung des dunklen Podsolhumus¹ und zu einem mehr oder weniger ausgeprägten Rückgang der Auslaugungs- und Anreicherungszone. Die Böden dieser Subassoziation stehen in der Sukzessionsstufe deutlich vor dem Eisenpodsol der arvenreichen Alpenrosengesellschaft. Die Böden sind aber dennoch sehr sauer und liegen im grossen Mittel nur unwesentlich höher als pH 4. Der Humusgehalt unterliegt auch bei diesen Profilen grossen Schwankungen und ist im grossen Mittel etwas geringer als bei den Böden des Rh. cembretosum.

Vom bodenkundlichen Standpunkt aus ist das *Rh. extrasilvaticum* interessanter. In dieser, über der aktuellen Waldgrenze gelegenen Gesellschaft zeigen sich deutlich Anzeichen einer leicht abweichenden Bodenbildung. Hier beginnen nämlich in vielen Fällen die reinen Eisenpodsole zu degenerieren.² Humose Anreicherungszone B, mit Humusgehalten bis 25 %, zeigen, dass parallel der Verschiebung der Sesquioxide eine ausgesprochene Humusabwanderung eingesetzt hat. Podsole mit mehr als 10 % Humus im Anreicherungszone können als *Humuspodsole* bezeichnet werden. Diese dem Arven-Lärchenwald durchwegs fehlenden Humuspodsole sind der waldfreien Stufe der oberen subalpinen und alpinen Region eigen. Ausser der auffallenden Wanderung des Humus nach unten, hat sich der makrochemische Charakter dieser Profile nicht stark geändert.

Damit stellen sie sich in Gegensatz zu den nordischen Humuspodsohlen, die grundwasserbedingt sind. Diese Humuspodsole des Nordens (Schweden, Norwegen, Finnland und nördliches Russland) bilden sich da, wo der Grundwasserspiegel beinahe zur Oberfläche reicht. Unter diesen « anaeroben » Bedingungen werden die Eisensalze reduziert und beim Absinken des Grundwasserspiegels in löslicher Ferroform nach der Tiefe gespült. Als hochmobile, feinstdisperse Phasen wandern sie weiter als die gröberdispersen Aluminiumkolloide. Die anaerobe Genese der Humuspodsole und die dadurch bedingte Differenzierung der Aluminium- und Eisenanreicherungszone sind Charakteristika dieses nordischen Bodentyps. (O. Tamm 1931, B. Frosterus 1924, B. Aarnio und H. Stremme 1924).

Im Gegensatz dazu sind die Humuspodsole der Alpen, wie sie in den Zwergstrauchgesellschaften und oft auch im Curvuletum gefunden werden, ziemlich unabhängig vom Grundwasserspiegel gebildet worden. Der eventuell mögliche Einfluss des meist sauerstoffreichen Hangwassers macht anaerobe Bildungsbedingungen unwahrscheinlich.

Wir vertreten die Ansicht, dass diese Humuspodsole der Alpen Böden *geringerer Humidität* als die Eisenpodsole des Waldes sind. Wo

¹ Zoogene Vermischung der Bodenschichten. Erhöhter Kapillaranstieg in den dichtern Böden. Mangel an Koniferenhumus mit desinfizierenden ätherischen Ölen.

² Besonders augenfällig in etwas ozeanischeren, also weniger trockenen Gebieten der Alpen.

der Wald in der subalpinen Stufe fehlt oder die Rassengesellschaften die alpine Stufe überfluten, hat der Wind ungehemmten Zutritt. Auch die Wärmeeinstrahlung ist in der baumlosen und deshalb unbeschatteten Zone grösser als im schattigen Walde. Diese beiden Momente wirken sich in einer verstärkten Verdunstung an der Erdoberfläche aus. Das Wasser wird mit grösserer Geschwindigkeit aus dem Boden verdunstet, dieser trocknet rascher aus. Wenn im Walde nach heftigen Regengüssen der Humushorizont noch reichlich mit Wasser durchtränkt ist, zeigt sich der Humus der baumlosen, dem Walde überlagerten Zone schon etwas angetrocknet. Die bodenbedingende Humidität ist hier kleiner geworden.

Die Bedeutung des Frostes und des angewehten Flugstaubes¹ für die Sättigung und Koagulation des Humus wurde schon weiter oben erwähnt. Zufolge der etwas verminderten Humidität in der Bodenschicht, der beginnenden Koagulation des Humus und der daher besser gewährleisteten Luftzirkulation in den oberen Bodenhorizonten entstehen für die Mikroorganismen günstigere Lebensbedingungen. Der durch Flugstaub schwach gesättigte Humus wird an diesen Standorten etwas besser desorganisiert und zersetzt. Es entstehen Humusaufgaben mit relativ grösseren Mengen mitteldisperser Humusteilchen. Diese Humusteilchen können vorerst ohne weitere Koagulationsgefahr zwischen den Mineralkörnern hindurch nach tieferen Schichten filtrieren. Als teilweise koagulierte und daher auch instabilere Phasen werden sie aber in den elektrolytreicheren, tiefer gelegenen Horizonten total ausgeflockt und angereichert. Neben diesen mitteldispersen, aber nicht mehr vollschützenden Humusanteilen existiert in geringerer Menge noch hochschützender Wasserstoffhumus, der die Wanderung der Sesquioxide verursacht.

Der Waldrohhumus ist oft weniger zersetzt. Die pflanzliche Struktur der angereicherten organischen Substanz ist noch bei einem Grossteil der Humuslage erkennbar. Dieser schwach zersetzte Humus ist grobdispers und wird durch die Mineralkörner wie von einem Filter zurückgehalten. Neben diesen nicht filtrierenden Anteilen sind aber geringe Mengen von reinem Wasserstoffhumus vorhanden, der die Sesquioxide zum Wandern zwingt.

Diese noch vielfach hypothetische Anschauung über die Ursache der Humuspodsolierung bedarf noch weiterer experimenteller Stütze. Solche Untersuchungen sind bereits in Angriff genommen.

Der *Bauschalchemismus* und der spezielle *Verwitterungsgang* eines typischen Humuspodsols der obern subalpinen Stufe werden durch die in den Tabellen 34 und 35 niedergelegten Zahlen verdeutlicht.

¹ Die Flugstaubdüngung muss wegen der extremen Basenpufferung dieses sauren Humus zunächst keine Verminderung der pH-Azidität zur Folge haben. Pufferung = Unnachgiebigkeit des pH gegen Säure- bzw. Laugezusatz.

Tabelle 34.

Bauschanalyse eines Humuspodsols der Alpen.

Bucca di Fongio ob Airolo. Rhodoretum extrasilvaticum.

Muttergestein: Tremolaschiefer?

Horizont Bezeichnung Tiefe der Probe in cm	I A ₀ 0—5	II A ₁ 5—15	III A ₂ 15—20	IV B ₁ 20—25	V B ₂ 25—35	VI BC 60—70
	%	%	%	%	%	%
Glühverlust	79.02	45.99	3.64	32.09	24.96	14.83
Anorgan. Anteil	20.98	54.01	96.36	67.91	75.04	85.17
H ₂ O bis 110°	13.86	8.14	0.49	10.91	9.12	5.84
H ₂ O über 110°	4.73	2.93	1.08	4.50	4.99	4.88
Humus (CO ₂ · 0.47)	60.43	34.92	2.07	16.68	10.85	4.11
Vom Glührückstand:						
SiO ₂	65.94	68.85	78.90	62.24	62.29	62.22
Al ₂ O ₃	10.87	17.77	11.58	12.44	16.57	21.70
Fe ₂ O ₃	4.57	2.09	3.55	15.65	11.98	6.24
TiO ₂	0.62	1.62	1.70	2.33	1.33	0.56
CaO	6.21	1.98	2.89	2.85	2.96	3.76
MgO	1.18	1.02	0.17	1.62	1.99	2.18
MnO	0.25	0.03	0.02	0.15	0.19	0.33
P ₂ O ₅	1.23	sp	sp	sp	sp	0.22
Alkali und SO ₃ aus Diff. zu 100 %	9.13 ¹	6.64 ¹	1.19	2.72	2.69	2.79

¹ Diese hohen Zahlen sind auf die im Humus enthaltenen Alkali- und Schwefelverbindungen zurückzuführen.

Tabelle 35.

Berechnung des Verwitterungsganges beim Humuspodsol des Rhodoretum extrasilvaticum ob Airolo.

Der Berechnung liegen nur die auf den Glührückstand bezogenen Analysenwerte zugrunde.

Bei der Podsolverwitterung ist die Kieselsäurekonstanz am wahrscheinlichsten. Alle Analysenwerte werden auf den Kieselsäuregehalt des BC-Horizontes umgerechnet.

Horizont Bezeichnung Tiefe	III A ₂ 15—20 cm	IV B ₁ 20—25 cm	V B ₂ 25—35 cm	VI BC 60—70 cm
SiO ₂	62.22	62.22	62.22	62.22
Al ₂ O ₃	9.15	12.44	16.57	21.70
Fe ₂ O ₃	2.80	15.65	11.98	6.24
TiO ₂	1.34	2.33	1.33	0.56
CaO	2.28	2.85	2.96	3.76
MgO	0.13	1.62	1.99	2.18
MnO	0.02	0.15	0.19	0.33
P ₂ O ₅	sp	sp	sp	0.22
Alkali + SO ₃	0.94	2.72	2.69	2.79

Die *Wanderung* der *Verwitterungsprodukte* führt auch bei diesem Bodentypus zu einer ausgesprochenen Anreicherung des Eisens im B-Horizont, das hier im Verein mit dem eingeschwemmten Humus eine schwarzbraune, oft kohlige Zone bildet. Das Aluminiumoxyd ist anscheinend noch weiter als das Eisen gewandert und findet sein Maximum im BC-Horizont. Es bleibt weiteren Untersuchungen überlassen, zu entscheiden, ob das Al-Oxyd in diesen elektrolytarmen Muttergesteinen eventuell vollkommen in den Untergrund verschwindet oder aber eine eigene Anreicherungsschicht B₃ für sich in Anspruch nimmt. Im letzteren Falle wäre der als Uebergang zum Muttergestein benannte BC-Horizont eine dem Aluminiumhydroxyd eigene B₃-Schicht. Ausser dem in B₁ angereicherten Eisenoxyd hat sich auch das TiO₂ dort angehäuft.

In Tab. 36 sind einige *Verdunstungsmessungen* in Rhodoreten angeführt. Für diese Verdunstungsmessungen wurden sowohl geeichte Livingston'sche Atmometerkugeln, wie auch die einfachen Piche-Atmometer verwendet, deren Verdunstungskörper möglichst dicht an der Erdoberfläche lagen (W. Lüdi 1925; B. E. Livingston und F. Thone 1920; H. Walter 1928).

Die zusammengestellten Messergebnisse resultieren aus beinahe zweiwöchentlichen, ununterbrochenen Versuchsreihen. Die Verdunstungsmessungen werden weitergeführt.

Tabelle 36.

Die Verdunstungsmengen in den Rhodoreten des Oberengadins
(13.—22. August 1932).

Subassoziation Nr.	Verdunstungsmenge in ccm Wasser		Im Relativmass zum windexponierten Loiseleuriet. alectorietosum Nr. 22 verdunsten:	
	Livingston- atmometer	Piche- atmometer	Livingston	Piche
Rh. cembretosum 9	116.6 ccm	37.6 ccm	28.6 %	30.6 %
Rh. cembretosum 13	85.4 ccm	29.7 ccm	20.6 %	24.2 %
Rh. calamagrostid. 19	49.2 ccm	18.6 ccm	15.5 %	15.2 %
Rh. extrasil.-cembr. 25 ¹	75.2 ccm	15.3 ccm	18.2 %	12.5 %
Rh. extrasilvat. 24	178.2 ccm	59.8 ccm	43.0 %	48.6 %

¹ Uebergangszone von Rh. extrasilvaticum zum Rh. cembretosum

In den Waldsubassoziationen des Rhodoretum verdunstet kaum ein Drittel der Wassermenge, die im gleichen Zeitraum an den wind- und sonnexponierten Standorten des Loiseleurietum alectorietosum entweicht. Ein kleiner Verdunstungsanstieg im reinen Rh. extrasilvaticum, wie er zu erwarten ist, zeigt sich auch in Tab. 36 (siehe Fig. 14).

Eine Reihe von *Durchsickerungsversuchen*¹ in verschiedenen Subassoziationen des Rhodoretum zeigen, dass mit Ausnahme des durch dichten Wurzelfilz gekennzeichneten Rh. calamagrostidetosum die Durchlässigkeit des Bodens für Wasser sehr gut ist und die bekannte Durchlässigkeit des guten Waldbodens erreicht (H. B u r g e r 1926).

Tabelle 37.

Durchsickerungsversuche in verschiedenen Subassoziationen des Rhodoretum im Oberengadin.

Die angeführten Ergebnisse bilden das Mittel aus etwa 10 Versuchen.

Subassoziation	Durchlaufzeiten je Liter Wasser durch die natürlich gelagerte Bodenschicht
<i>Rhodoretum cembretosum</i>	Maximum 4 3 Minuten Mittel 2.5 Minuten Minimum 1.0 Minuten
<i>Rhodoretum extrasilvaticum</i>	Maximum 4 8 Minuten Mittel 2.8 Minuten Minimum 1.5 Minuten
<i>Rhodoretum cembretosum</i> mit viel ² <i>Calamagrostis villosa</i>	Maximum 18.0 Minuten Mittel 9.8 Minuten Minimum 4.0 Minuten
<i>Rhodoretum calamagrostidetosum</i>	Maximum 30.0 Minuten Mittel 19.4 Minuten Minimum 10.3 Minuten

² Randfazies eines Rhodoretum cembretosum gegen ein Rhodoretum calamagrostidetosum.

Tabelle 38.

Oekologischer Rückblick auf das Rhodoretum.

Standortsfaktor	Rhodoretum cembretosum	Rhodoretum calamagrostidetosum	Rhodoretum extrasilvaticum
a) Bodenserie	Podsolserie	Podsolserie	Podsolserie
b) Glieder der Serie	1. Rohhumusboden mit mangelnder Mineralerde auf Blockschutt 2. Unreife podsolige Braunerden mit fleckigen Horizon- ten A ₂ und B mit z. T. geringer Kol- loidverschiebung	1. Rohhumusboden, vorwiegend Wur- zelhumus und Bo- den-skelett 2. <i>Podsolige Braun- erden</i> , vielfach als Glieder rückläufiger Sukzession aus Ei- senpodsol	1. Rohhumusboden, vorwiegend Hu- mus und Boden- skelett 2. podsolige Braun- erden

¹ Ein 30 cm hoher Eisenzyylinder mit 8 cm lichter Weite und unten geschärf-tem Rand wird mit einer kräftigen Schwungbewegung ca. 5—8 cm tief in die Humusschicht getrieben. Der Boden wird sodann gründlich benetzt. Mit einer Stoppuhr werden die Einsickerzeiten für je ein Liter Wasser gemessen.

Standortsfaktor	Rhodoretum cembretosum	Rhodoretum calamagrostidetosum	Rhodoretum extrasilvaticum
b) Glieder der Serie	3. <i>Eisenpodsol</i> , mit max 5% Humus in B (Kennzeichen siehe oben)	3. <i>Eisenpodsol</i> , sel- ten	3. <i>Eisenpodsol</i> , an schattigeren La- gen N, NE-expo- sition 4. <i>Humuspodsol</i> und Uebergänge zwis- schen 3 und 4, mit starken Humus-an- reicherungen in B- Schicht
c) Reaktion 0-15 cm	um pH 4.0	um pH 4.0	um pH 4.0
d) Humusgehalt 0-15 cm (häufigste Werte)	25—80 %	25—60 %	25—80 %
e) Verdunstung in Bodennähe	klein bis mittel	klein bis mittel	etwas erhöht
f) Lichtgenuss	klein bis mittel	mittel bis gut	gut
g) Schneedecke	inhomogen	homogener	homogen

b) Die Assoziation *Empetreto-Vaccinietum*.

(Rauschbeeren-Moorbeerengesellschaft.)

1. *Soziologische Resultate.*

Das *Empetreto-Vaccinietum*¹ steigt im Untersuchungsgebiete von der aktuellen Waldgrenze bis zur oberen Grenze der subalpinen Stufe. Die untere Arealgrenze liegt im Oberengadin bei zirka 2000 m, die obere Grenze findet sich im Mittel bei 2300 m. Schwach entwickelte Assoziationsindividuen steigen noch beträchtlich höher, das höchstgelegene, allerdings ziemlich reduzierte Assoziationsfragment findet sich in einer flachgründigen Mulde nördlich der Muottas Murail bei 2480 m. Das *Empetretum* übersteigt demnach die klimatische Waldgrenze (2230 m) um ein beträchtliches, flutet sogar über die mittlere Baumgrenze (2300 m) hinaus gegen die Zwergbaumgrenze empor. Das zweischichtige *Empetretum* (Strauch-Kraut- und Moos-Flechtschicht) hat seine Hauptverbreitung über dem *Rhodoretum*, geht bis in die Kampfzone und bildet einen oft durchbrochenen Zwergstrauchgürtel zwischen dem subalpinen Wald und der alpinen Stufe. Das *Empetretum* tritt hauptsächlich mit dem *Rhodoretum extrasilvaticum* in näheren Kontakt. Die mosaikartige Durchdringung der beiden Gesellschaften ist auffallend, doch auch mit dem *Loiseleurietum* alterniert die Rauschbeerengesellschaft oft. Die zusammenfassende Assoziationstabelle II vereinigt die einzelnen Bestandesaufnahmen dieser Assoziation.

¹ Im Text als *Empetretum* bezeichnet oder als *Emp.* abgekürzt.

Von den *Ordnungs-Charakterarten* dominieren *Empetrum nigrum* (zugleich Assoziations-Charakterart) und *Vaccinium uliginosum* in Stetigkeit, Menge und Soziabilität. Alle anderen Zwergsträucher, mit Ausnahme von *Rhododendron ferrugineum*, fallen wohl noch in die höchsten Stetigkeitsklassen, stehen aber bezüglich ihrer Menge und auch ihrer Vitalität hinter den erstgenannten zurück. Die aus dem Loiseleurietum übergreifende *Loiseleuria procumbens* zeigt im Gegensatz zu ihrem Vorkommen im Rhodoretum, in der Rauschbeerengesellschaft besseres Gedeihen und mengenmässig verstärktes Vorkommen. *Vaccinium Myrtillus* und *V. Vitis idaea* erscheinen hier als Hochstete, wenn auch in herabgesetzter Menge und reduzierter Vitalität. Beide erfreuen sich reichlicher Anthese, bringen es aber seltener zur Frucht-reife. *Homogyne alpina*, noch in der höchsten Stetigkeitsklasse, zeigt gegenüber dem Rhodoretum verminderte Abundanz und Entwicklung. *Lycopodium Selago* äussert sich durch stark vermehrte Stetigkeit, wenigstens in einer der beiden unterschiedenen Subassoziationen (*Emp. cetrarietosum*), während *Melampyrum silvaticum* nur noch spärlich auftritt. In der Moosschicht ist besonders *Cladonia elongata* hochstet; *Peltigera aphtosa* und *Dicranum Mühlenbeckii* zeigen ähnliche Verhältnisse wie im Rhodoretum, während *Polytrichum alpinum* an Stetigkeit etwas zugenommen hat.

Von den *Verbands-Charakterarten* tritt besonders *Hieracium* + *Halleri* hervor, etwas schwächer sind *Melampyrum pratense*, *Luzula* + *Sieberi* und *Calamagrostis villosa* vertreten. In der Moosschicht treten die feuchtigkeits- und schattenliebenden Moose, wie z. B. *Hylocomium splendens* und *H. triquetrum*, im Vergleich zum Rhodoretum zurück und sind nur noch in der feuchteren Subassoziation, welche nach ihnen benannt ist (*Emp. hylocomietosum*) gut vertreten. *Dicranum scoparium* sowie *Lophozia lycopodioides* zeigen ähnliche Stetigkeit wie im Rhodoretum, fallen aber hinsichtlich Abundanz und Entwicklung zurück. *Cladonia furcata* erscheint nur mehr sporadisch.

An *Assoziations-Charakterarten* ist das Empetretum sehr arm. Nur die namengebende und gesellschaftsholde Ordnungs-Charakterart *Empetrum nigrum* ist nach maximaler Stetigkeit und optimaler Entwicklung unbedingt als Assoziations-Charakterart zu bewerten. *Lycopodium alpinum* und *L. clavatum* (beides Verbands-Charakterarten) sind ebenfalls mehr oder weniger assoziationsgebunden, greifen jedoch etwas ins Rhodoretum über. Beide können als Assoziations-Charakterarten aufgefasst werden. In der Moosschicht sind keine Assoziations-Charakterarten vertreten.

Der *charakteristischen Artenkombination* des Empetretum können ausser den obigen folgende Begleiter zugeordnet werden: *Leontodon pyrenaicus*, *Avena versicolor*, *Deschampsia flexuosa*, *Juniperus* + *nana*, *Cetraria islandica*, *Cladonia silvatica*, *Hylocomium Schreberi*, *Cladonia rangiferina* und *Polytrichum juniperinum*.

Assoziationstabelle II. Empetreto-Vaccinietum.

Legende zur Assoziationstabelle II des Empetreto-Vaccinietum.

(Lage der untersuchten Einzelbestände.)

1. N-Hang des Piz Albana. Auf Felsband. Orthogneis. *Luzula spadicea* (All.). Lam. & DC.; *Carex ferruginea* Scop.; *Bartsia alpina* L.; *Saussurea alpina* (L.) DC.; *Dicranoweisia crispula* Hus.; *Cetraria nivalis* L.
2. NE-Hang Mutaun. W-lich Silvaplane. Blockschutt zwischen Rundhöckern. Granit. 1 Arvenkeimling; *Lonicera coerulea* L.; *Cladonia fimbriata* L.; *Polypodium formosum* Hw.
3. Moränenanschnitt des Suvrettabaches ob Campfer. S-lich Brücke. Aeltere Moräne des Engadinertalgletschers. Alternierend mit Rhodoretum.
4. N-lich Hahnensee im Lawinenzug. Ueberwachsene Blockschutthalde. Vorwiegend Gneis. 2 Arvenkeiml.; *Saxifraga aspera* ssp. *bryoides* (L.) Gaudin.
5. N-Hang Piz Albana, gegenüber Alp Suvretta ob Campfer. Plattiger Schutt. Vorwieg. Granit. *Arctostaphylos alpina* (L.) Sprengel; *Saxifraga aspera* ssp. *bryoides* (L.) Gaudin; *Juncus trifidus* L.; *Thamnolia vermicularis* Sw.
6. Moränenanschnitt des Suvrettabaches ob Campfer. SW-lich Brücke. Muttergestein wie 3; alternierend mit Rhodoretum.
7. N-Hang Piz Albana gegenüber Alp Suvretta auf Felsband. Orthogneis und Quarzphyllit. *Festuca Halleri* All.; *Viola biflora* L.
8. Moränenanschnitt des Suvrettabaches ob Campfer. Muttergestein wie 3. Alternierend mit Rhodoretum.
9. Moränenanschnitt des Suvrettabaches ob Campfer. Muttergestein wie 3. S-lich Brücke. 1 Arvenkeiml.; *Lotus corniculatus* L.; *Peltigera canina* L.
10. Moränenanschnitt des Suvrettabaches, ob Campfer. Muttergestein wie 3. S-lich Brücke. Alternierend mit Rhodoretum. *Soldanella alpina* L.; *Gentiana Kochiana* Perr. und Song.
11. N-Hang Piz Albana. Vorwieg. Granit. 30 m unter Nr. 5. Treppig, felsig. *Silene acaulis* L.; *Sempervivum montanum* L.
12. Moränenanschnitt des Suvrettabaches ob Campfer. SSW-lich der Brücke. Muttergestein wie 3. Alternierend mit Rhodoretum. *Soldanella alpina* L.; *Mnium spec.*
13. Ob Hahnensee bei St. Moritz. Ueberwachsene Rundhöcker, Gneis. 5 Arvenkeiml.; *Dicranum neglectum* Jur.; *Peltigera canina* L.
14. Moränenanschnitt des Suvrettabaches ob Campfer. Muttergestein wie 3. Alternierend mit Rhodoretum.
15. N-Hang des Mott'ota S-lich Sils-Maria. Ueberwachsene Rundhöcker. Glimmerschiefer(?). 2 Arven- und 1 Lärchenkeiml.
16. Julierpass. SW-lich Veduta Hospiz. Granitschutt. *Agrostis rupestris* All.; *Soldanella pusilla* Baumg.; *Luzula spadicea* (All.) Lam. & DC.; *Rhacomitrium lanuginosum* Ehrh.; *Plagiochila asplenioides* Dum.
17. NE-Hang Piz Albana. Ueberwachsene Schutthalde. Vorwieg. Granit. *Sempervivum montanum* L.; *Saxifraga aspera* ssp. *bryoides* (L.) Gaudin; *Solidago Virga aurea* var. *alpestris* (Waldst. und Kit.) Gaudin; *Androsace obtusifolia* All.; *Juncus trifidus* L.
18. N-Hang Piz Albana. Ueberwachsene Schutthalde. Vorwieg. Granit.
19. N-Hang Mott'ota. Flache Mulde. Glimmerschiefer(?).
20. NE-lich Hahnensee bei St. Moritz. Ueberwachsene Rundhöcker. Gneis. 1 Arvenkeiml.; *Carex ferruginea* Scop.; *Carex brunnescens* (Pers.) Poiret. *Dicranum neglectum* Jur.

21. Val Suvretta ob Campfer. E-lich alter Alphütte. Lokalmoräne; haupt. saure Gesteine. *Plantago serpentina* All.; *Antennaria dioeca* (L.) Gärtner; *Anemone vernalis* L.
22. E-lich Alp Giop (St. Moritz) Orthogneis und Quarzphyllit. Angrenzend an Rhodoretum. *Campanula barbata* L.; *Antennaria dioeca* (L.) Gärtner; *Plantago serpentina* All. *Anemone vernalis* L.
23. N-Hang Piz Albana. Ueberwachsene Schutthalde. Vorwieg. saure Gesteine. Alternierend mit *Loiseleurietum*.
24. N-lich Muottas Murail. In Vertiefung von Rundhöckern. Gneis. *Festuca Halleri* (All.) Lam. & DC.; *Trifolium alpinum* L.; *Dicranoweisia crispula* Hw.
25. N-Hang des Piz Albana. Auf Plateau zwischen Felsblöcken. Gneis und Granit. *Arctostaphylos alpina* (L.) Sprengel; *Androsace obtusifolia* All.
26. N-Hang des Piz Albana. Ueberwachsene Blockschutthalde. Vorwieg. saure Gesteine. *Festuca Halleri* (All.) Lam. & DC.; *Arctostaphylos alpina* (L.) Sprengel.
27. Julierpass. SE-lich Veduta Hospiz. Ueberwachsene Rundhöcker. Nairporphyroid und Quarzphyllit. *Soldanella pusilla* Baumg.; *Poa alpina* L.
28. N-Hang des Piz Albana gegenüber Alp Suvretta. Ueberwachsene Blockhalde. Vorwieg. saure Gesteine. *Soldanella alpina* L.; *Dicranoweisia crispula* Hw.
29. Julierpass. W-lich Passhöhe. Ueberwachsene Rundhöcker. Granit. Angrenzend an *Loiseleurietum*. *Agrostis rupestris* All.; *Sempervivum montanum* L.
30. SE-lich Hahnensee (St. Moritz). Ueberwachsene Schutthalde. Gneis. *Cladonia deformis* L.

Zur schärferen Differenzierung des *Empetretum* gegenüber den verwandten Gesellschaften: *Rhodoretum* und *Loiseleurietum* können die in Tab. 39 angeführten Differentialarten dienen.

Tabelle 39.

Differentialarten des Empetretum-Vaccinietum gegen die Assoziationen Rhodoreto-Vaccinietum und Loiseleurietum cetrariosum.

Differentialarten gegen das Rhodoreto-Vaccinietum	Differentialarten gegen das Loiseleurietum cetrariosum
<i>Lycopodium alpinum</i> V. Ch. A.	<i>Lycopodium alpinum</i> } V. Ch. A.
* <i>Carex curvula</i>	„ <i>clavatum</i> }
<i>Calluna vulgaris</i>	<i>Vaccinium Myrtillus</i> O. Ch. A.
* <i>Polygonum viviparum</i>	<i>Hieracium</i> + <i>Halleri</i> V. Ch. A.
* <i>Primula integrifolia</i>	<i>Lycopodium Selago</i> }
* <i>Luzula lutea</i>	<i>Homogyne alpina</i> } O. Ch. A.
<i>Gymnadenia albida</i>	<i>Rhododendron ferrugineum</i> }
* <i>Salix herbacea</i>	<i>Selaginella selaginoides</i>
* <i>Sesleria disticha</i>	<i>Gymnadenia albida</i>
* <i>Euphrasia minima</i>	<i>Dicranum Müh enbeckii</i> } O. Ch. A.
<i>Nardus stricta</i>	<i>Polytrichum alpinum</i> }
* <i>Chrysanthemum alpinum</i>	<i>Hylocomium Schreberi</i>
* <i>Cladonia uncialis</i>	<i>Peltigera aphota</i> O. Ch. A.
	<i>Hylocomium splendens</i> } V. Ch. A.
	„ <i>triquetrum</i> }

Die mit * bezeichneten Arten = alpine Arten.

Neben den spärlichen Assoziations-Charakterarten ist das Empetretum demnach durch eine grosse Reihe von Differentialarten einiger massen scharf gegen diese beiden Assoziationen abgegrenzt. Die Differentialarten gegen das Rhodoretum sind ausgezeichnet durch ihren vorwiegend alpinen Charakter. Diese alpinen Arten finden sich im Empetretum erstmals ein, während sie dem Rhodoretum (inklusive dem höchstgelegenen Rh. extrasilvaticum) vollständig fehlen. Die Differentialarten der Rauschbeerengesellschaft gegen das Loiseleurietum zeigen mesophilen Charakter und sind weniger frost- und trockenheitstragend. Der Vergleich dieser Indikatorarten zeigt die Zwischenstellung des Empetretum zwischen dem Rhodoretum und dem Loiseleurietum. Dieser Umstand, wie auch das spärliche Auftreten von Assoziations-Charakterarten, berechtigt zur Frage, ob überhaupt das Empetretum als eigene Assoziation aufgefasst werden kann, oder ob es nicht besser dem Loiseleurietum bzw. dem Rhodoretum als soziologische Untereinheit beigeordnet werden muss.

Floristisch wie auch ökologisch weist jedoch die betrachtete Gesellschaft gegenüber den beiden erwähnten Assoziationen eine Reihe von Besonderheiten auf, die schon zum Teil oben angedeutet wurden. Gegenüber dem Rhodoretum unterscheidet es sich durch das Neuauftreten alpiner Arten (siehe Tab. 39), im Gegensatz zum Loiseleurietum fehlen der Rauschbeerengesellschaft die typischen windharten Flechten. Durch die folgenden ökologischen, später etwas eingehender zu diskutierenden Unterschiede weicht das Empetretum vom Rhodoretum bzw. vom Loiseleurietum ab.

Loiseleurietum	Rhodoretum
1. Schneeschutz kürzer. 2. Windexponierter. 3. Bodenazidität kleiner. 4. Höher aufsteigend. usw.	Schneeschutz bedeutend länger. Windgeschützter. Bodenazidität grösser. Weniger hoch aufsteigend. usw.

Trotzdem sich das Empetretum floristisch dem Rhodoretum extrasilvaticum stark nähert (Grossteil gemeinsamer Arten), in andern Beziehungen jedoch zum Loiseleurietum tendiert (alpine Arten), halten wir es für unstatthaft, diese Rauschbeerengesellschaft in guter Ausbildung einer der genannten Assoziationen unterzuordnen. Dem ganzen floristischen Charakter nach ist das Empetretum eine selbständige Einheit des Rhodoreto-Vaccinon-Verbandes.

Bei den Begleitern sind noch folgende Unterschiede gegenüber dem Rhodoretum zu erwähnen: Waldbäume stossen nur noch selten in diese Gesellschaft vor; die gewöhnlich kümmerlichen Exemplare scheinen beim Erreichen der Schneeschliffgrenze in ihrer weiteren Entwicklung

gehemmt zu werden. Diese zumeist seltenen Waldbaumeinsprenglinge liegen weit ausserhalb der charakteristischen Artenkombination und werden in der Assoziationstabelle II nicht angeführt, sie sind in der Begleitende untergebracht.

In der Strauch-Krautschicht findet, abgesehen vom Auftreten der bereits genannten alpinen Arten (die übrigens nicht in die charakteristische Artenkombination eintreten), keine nennenswerte Verschiebung gegenüber dem Rhodoretum statt. Von den mehr oder weniger steten Begleitern des Rhodoretum verschwinden im Empetretum: *Solidago*+*alpestris*, *Peucedanum* *Ostruthium*, *Veratrum*+*viride*, *Viola biflora* und *Geranium silvaticum*, während *Juniperus*+*nana* im Empetretum in die charakteristische Artenkombination aufrückt. *Carex sempervirens*, *Calluna vulgaris*, *Polygonum viviparum*, *Selaginella selaginoides*, *Gymnadenia albida* und *Nardus stricta* treten neu auf.

In der Moosschicht erscheinen als neu: *Cladonia uncialis* und *Cetraria crispa*, die anderen Komponenten bleiben die gleichen wie im Rhodoretum. Neben *Cetraria islandica* (welche durch ihr mengenmässiges Ueberwiegen und gutes Gedeihen einer Subassoziation [cetrarietosum] den Namen gibt) und *Hylocomium Schreberi* rücken *Cladonia silvatica* und *rangiferina*, wie auch *Polytrichum juniperinum* in die charakteristische Artenkombination vor.

Ueber das *Gesellschaftsgefüge* geben die folgenden Tabellen Aufschluss.

Die *Stetigkeitsverhältnisse* (Verteilung der Arten auf die einzelnen Stetigkeitsklassen) bleiben in grossen Zügen dieselben wie im Rhodoretum, doch ist im Empetretum die höchste Stetigkeitsklasse V prozentual etwas besser vertreten.

Tabelle 40.

(Fig. 7)

In 30 untersuchten Einzelbeständen des Empetretum verteilen sich die beobachteten Arten auf die einzelnen Stetigkeitsklassen wie folgt:

Stetigkeitsklasse	I	II	III	IV	V
	%	%	%	%	%
Vorhanden in % der 30 Einzelbestände	0—20	21—49	41—60	61—80	81—100
Auf diese Stetigkeitsklassen entfallen % der beobachteten Arten	43	19	13	10	15

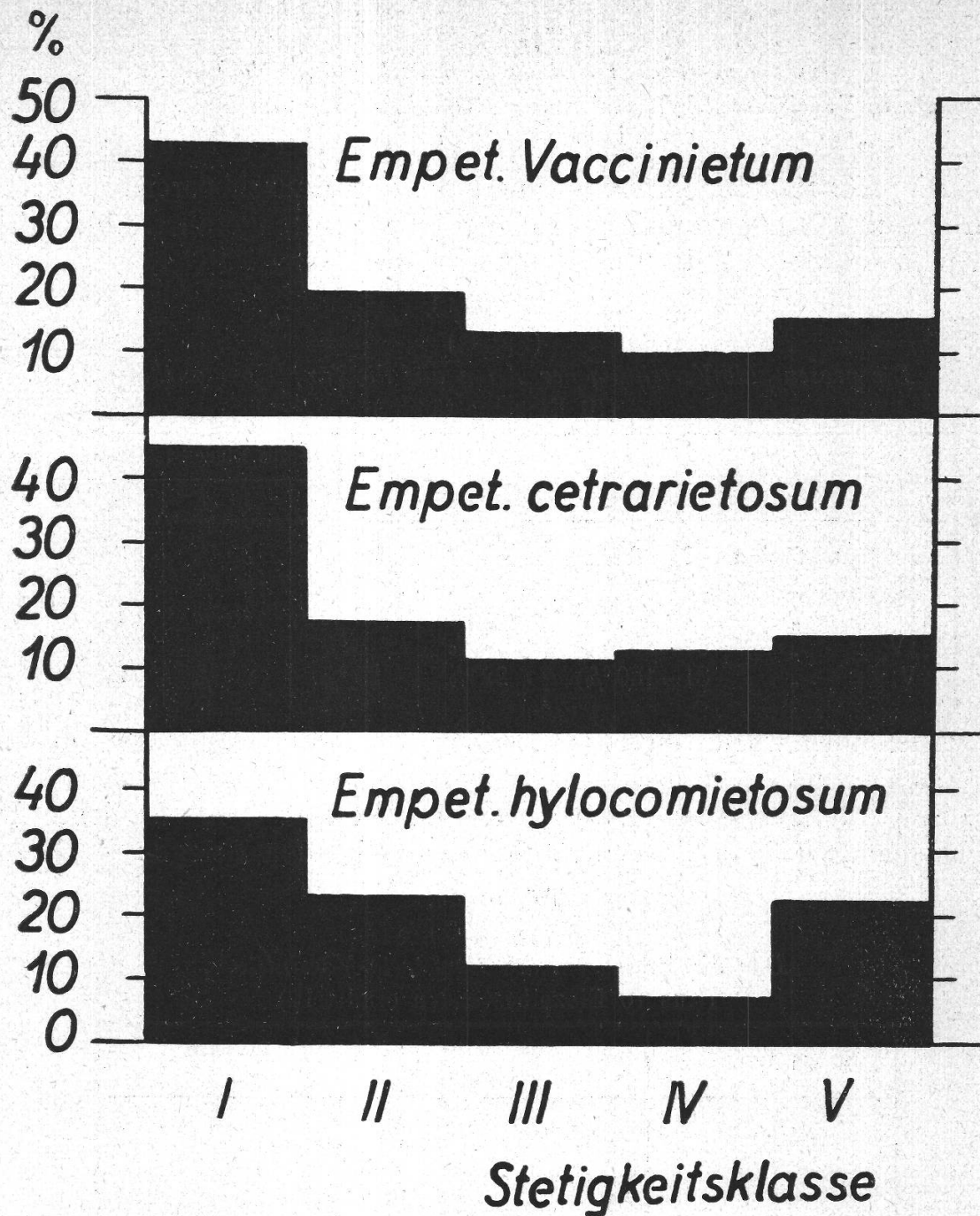


Fig. 7.

Stetigkeits-Diagramme des *Empetretum-Vaccinietum*.

Zwischen den beiden ausgeschiedenen Subassoziationen des *Empetretum* ergeben sich bezüglich der Stetigkeitsspektren gewisse Unterschiede.

Tabelle 41 (Fig. 7).

Die Stetigkeitsverhältnisse in den beiden Subassoziationen des *Empetretum-Vaccinietum*.

Stetigkeitsklasse	I	II	III	IV	V
<i>Empet.-Vaccinietum hylocomietosum</i>	%	%	%	%	%
	36	23	12	7	22
<i>„ cetrarietosum</i>	45	17	11	12	15

Tabelle 42.

Im Empetretum erscheinen im Mittel je Einzelbestand:

Empetretum-Vaccinietum hylocomietosum	32.3 Arten (Maximum 42, Minimum 23)
„ cetrarietosum	29.7 „ („ 45, „ 20)

Die *Konstanzbestimmung* innerhalb der Rauschbeerengesellschaft wurde auf Flächen von 1, 4, 16 und 50 m² durchgeführt. Die erhaltenen Resultate sind in Tab. 43 aufgeführt.

Tabelle 43.

(Fig. 8.)

Die prozentuale Verteilung der Arten auf die fünf Konstanzklassen.
(10 Einzelbestände.)

Konstanzklasse	Untersuchte Fläche des Einzelbestandes			
	1 m ²	4 m ²	16 m ²	50 m ²
I (entsprechend 0—20 ‰)	39 ‰	33 ‰	33 ‰	38 ‰
II „ 21—40 ‰)	24 ‰	21 ‰	20 ‰	13 ‰
III „ 41—60 ‰)	6 ‰	13 ‰	5 ‰	11 ‰
IV „ 61—80 ‰)	9 ‰	8 ‰	17 ‰	11 ‰
V „ 81—100 ‰)	22 ‰	25 ‰	25 ‰	27 ‰

Auch hier wurde davon abgesehen, die unterschiedenen Subassoziationen einzeln auf ihre Konstanzverhältnisse zu untersuchen.

Das Minimumareal des Empetretum ist mit 4 m² erreicht. Die nachstehende Tabelle 44 bringt die entsprechenden Belege:

Tabelle 44.

(Fig. 3.)

Das Minimumareal des Empetretum-Vaccinietum.
(Aus 10 Einzelbeständen ermittelt.)

Auf ein Areal von	entfallen im Mittel folgende Prozente der charakteristischen Arten
1/4 m ²	59.7 ‰
1,0 „	70.3 ‰
4,0 „	81.8 ‰
16,0 „	93.3 ‰
50,0 „	99.5 ‰
100,0 „ ¹	100.0 ‰

¹ Durch Synthese mehrerer Einzelbestände ermittelt.

Das den Waldschutz fliehende Empetretum zeigt die ungünstiger gewordenen Umweltsbedingungen (Schneeschutz bis 14 Tage kürzer, windexponierter, frostgefährdeter) in einer charakteristischen Verschiebung des biologischen Spektrums: die Chamaephyten treten verstärkt auf, die Phanerophyten und Geophyten ziehen sich deutlich zurück, während die Hemikryptophyten annähernd gleich wie im Rhodoretum bleiben.

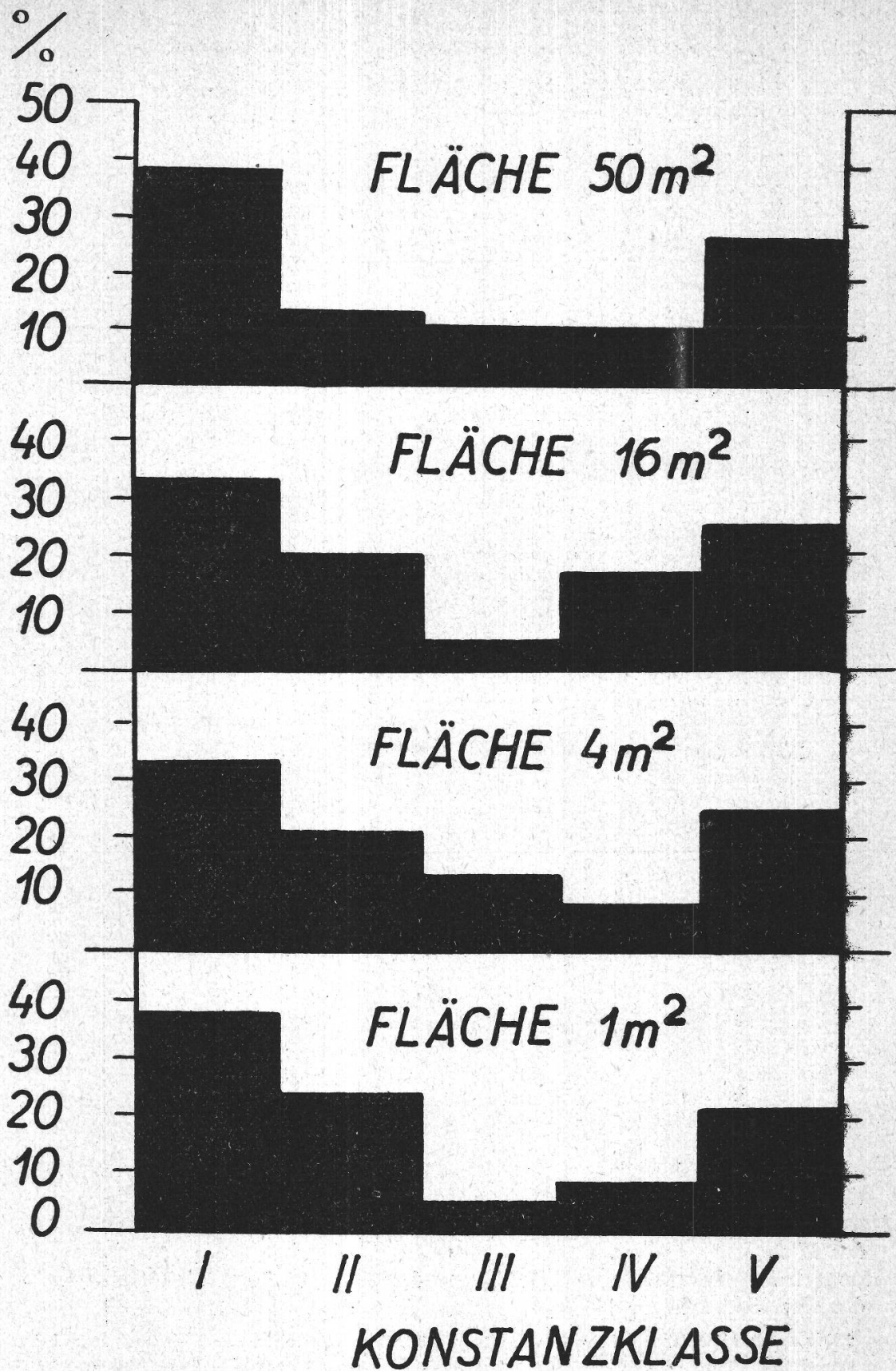


Fig. 8.

Konstanz-Diagramme des Empetreto-Vaccinietum.

Tabelle 45. (Fig. 4.)

*Das biologische Spektrum des Empetreto-Vaccinietum.*¹

Phanerophyta . . .	6 %	Hemikryptophyta . . .	34 %
Chamaephyta . . .	50 %	Geophyta	5 %
Therophyta	5 %		

Tabelle 46.

Das Verhältnis: Stete zu Gesamtartenzahl² und Charakterarten² zu Gesamtartenzahl im Empetreto-Vaccinietum.

	Stete: Gesamtartenzahl	Charakterarten: Gesamtartenzahl
<i>Empetreto-Vaccinietum</i>	0.57	0.48
<i>Empetreto-Vaccinietum</i> hylocomietosum	0.55	0.49
" " cetrarietosum .	0.59	0.46

Zwischen den einzelnen Subassoziationen machen sich nur geringfügige Unterschiede in diesen charakteristischen Quotienten bemerkbar. Sowohl die floristische Einheitlichkeit wie auch die Qualität ihrer Charakterisierung bleiben innerhalb der Subassoziationen \pm konstant.

Tabelle 47. (Fig. 9.)

Die in den bezeichneten Einzelbeständen des Empetretum vorkommenden Arten verteilen sich auf die einzelnen Frequenzklassen wie folgt:

Einzelbestand (Nummer in Assoziationstabelle II)	Prozentuale Verteilung der Arten auf die verschiedenen Frequenzklassen				
	I	II	III	IV	V
	0—20 %	21—40 %	41—60 %	61—80 %	81—100 %
1	64 %	6 %	12 %	9 %	9 %
3	52 %	13 %	8 %	13 %	14 %
8	50 %	10 %	13 %	7 %	20 %
10	48 %	16 %	9 %	2 %	25 %
12	50 %	13 %	5 %	10 %	22 %
14	55 %	10 %	10 %	5 %	20 %
17	74 %	2 %	4 %	4 %	16 %
18	57 %	13 %	3 %	3 %	24 %
28	60 %	14 %	6 %	7 %	13 %
30	51 %	14 %	8 %	11 %	16 %
Frequenzwerte in der synthetischen Assoziation	56.1 %	11.1 %	7.9 %	7.0 %	17.9 %
Durchschnittlicher Fehler des Mittels \pm	2.6 %	1.4 %	1.0 %	1.2 %	1.6 %
Durchschnittlicher Fehler der Einzelbeobachtg. \pm	7.7 %	4.3 %	3.1 %	3.5 %	4.9 %

† Der mittlere Fehler der Einzelbeobachtung ist in Fig. 9 jeweils durch + Zeichen auf den Ordinaten angegeben. Das zwischen den + -Zeichen liegende Feld stellt den Fehlerbereich der Mittelwertkurve dar.

¹ Assoziationstabelle II = Berechnungsgrundlage.

² Siehe Anmerkung S. 394.

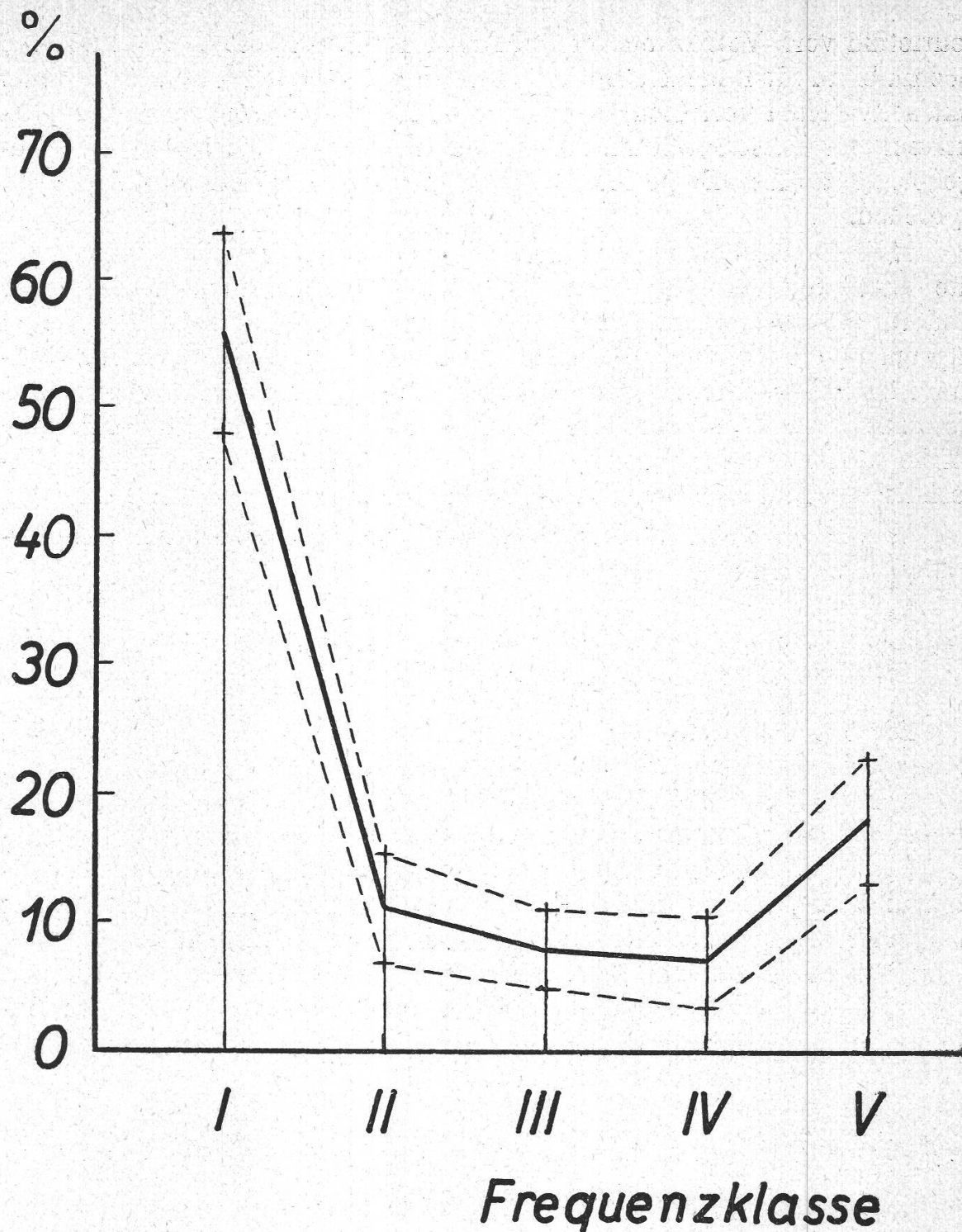


Fig. 9.

Frequenz-Diagramme des Empetretum-Vaccinietum. (Das zwischen den gestrichelten Linien liegende Feld stellt den Fehlerbereich der Mittelwertkurve dar.)

Von den bezeichnenden Arten der beiden höchsten Stetigkeitsklassen IV und V der Rauschbeerengesellschaft kommen, mit Ausnahme des dem Loiseleurietum fehlenden *Dicranum scoparium*, alle auch mehr oder weniger stet in den beiden Assoziationen Rhodoretum und Loise-

leuriety vor. Von 19 hochsteten Arten des Empetretum sind 18 Arten ebenfalls in den beiden höchsten Stetigkeitsklassen des Rhodoretum extrasilvaticum vertreten, gegen nur 11 Arten der gleichen Stetigkeitsklassen im Loiseleuriety. Auch dieser Umstand dürfte für die Zugehörigkeit des Empetretum zum Verbands Rhodoretum-Vaccinietum sprechen.

Es ist natürlich nicht angängig, bei solchen Vergleichen nur auf die Stetigkeitsverhältnisse abzustellen. Unter Berücksichtigung der andern Faktoren: gemeinsames starkes Auftreten von Empetrum nigrum und Vaccinium uliginosum (die in dieser Gesellschaft ihr Optimum zu haben scheinen), Beimengung alpiner Arten, relativ gute Abgrenzung gegen das Rhodoretum und das Loiseleuriety durch eine Reihe von Differentialarten ergibt sich floristisch ein recht charakteristisches Bild des Empetretum-Vaccinietum.

Wie schon angedeutet wurde, können zwei Subassoziationen unterschieden werden:

α) Das Empetretum-Vaccinietum hylocomietosum
(Moosreiche Subassoziation).

Diese Subassoziation zieht die *wenig* windexponierten, meist auch tiefgründigeren Geländeerhöhungen vor. Floristisch zeichnet sie sich durch relativ reichliches Vorkommen der Moose aus: Hylocomium splendens und triquetrum sind ziemlich stark vertreten. In dieser Subassoziation finden sich verhältnismässig zahlreich: Melampyrum silvaticum und M. pratense, Luzula + Sieberi, Campanula Scheuchzeri, Carex sempervirens, Primula integrifolia und P. viscosa, Gymnadenia albida, Salix herbacea, die humikolen Gräser: Sesleria disticha und Festuca rubra und ferner Lycopodium Selago. In floristisch-ökologischer Beziehung nähert sich diese Subassoziation dem ihr verwandten Rhodoretum extrasilvaticum.

β) Das Empetretum-Vaccinietum cetrarietosum
(Flechtenreiche Subassoziation).

Dieser Subassoziation fehlen Hylocomium splendens und triquetrum vollständig, während andere Moose in mehr oder weniger feuchten Vertiefungen des Geländes noch vorhanden sind, im Vegetationsbild aber hinter den Flechten stark zurücktreten. Besonders Cetraria islandica kommt hie und da im Verein mit der windhärteren Cetraria crispa und mit Cladonia furcata, C. crispata, C. macrophyllodes und der eher windharten Flechte Cladonia uncialis verstärkt zur Geltung. Cladonia uncialis und Cetraria crispa deuten schon auf eine ökologische Verwandtschaft mit dem Loiseleuriety hin.

Statistisch bewertet, scheint *Cladonia uncialis* wenigstens im Oberengadin eher dieser flechtenreichen Subassoziation des Empetretum anzugehören als dem Loiseleurietum, in dem sie auch vertreten ist. Jedenfalls darf man sie hier nicht als Charakterart des Loiseleurietum bezeichnen, wie dies Ed. Frey (1922) für das Grimselgebiet als wahrscheinlich annimmt.

Von Kräutern treten in dieser Subassoziation *Carex curvula*, *Luzula lutea*, *Nardus stricta*, *Euphrasia minima* hervor. Diesen gesellt sich auch *Lycopodium alpinum* vermehrt bei, während *Lycopodium clavatum* ziemlich gleichmässig auf beide Subassoziationen verteilt ist.

In floristisch-ökologischer Beziehung nähert sich somit diese Flechtensubassoziation des Empetretum dem Loiseleurietum, und zwar dessen Subassoziation *Lois. cladinetosum*. Sie besiedelt vorzugsweise *schwach* windexponierte, eher *flachgründige* Geländeerhöhungen.

Diese beiden Subassoziationen (*Emp. cetrarietosum* und *Lois. cladinetosum*) sind sehr oft benachbart, wobei das Empetretum die etwas wind- und frostgeschützteren Lagen besiedelt und das Loiseleurietum auf die diesbezüglich exponierten Standorte verdrängt.

Auf stabilisierten Schutthalden findet sich eine Variante¹ dieser flechtenreichen Subassoziation mit stark überwiegenden *Vaccinium uliginosum* und *Cetraria islandica*. Auch diese Variante zeigt gewisse Anklänge an das Loiseleurietum. Die in Assoziationstabelle II figurierende Aufnahme dieser Uliginosum-Variante zeigt aber dennoch die Zugehörigkeit zum Empetretum. Sie ist an etwas feuchte Stellen stabiler Schutthalden angepasst und als Rohbodenvariante dieser Gesellschaft aufzufassen.

Tab. 48 führt die gegenseitigen Differentialarten der beiden ausgeschiedenen Subassoziationen an.

Tabelle 48.

Gegenseitige Differentialarten der Subassoziationen.

Differentialarten des Empetretum-Vaccinietum hylocomietosum		Differentialarten des Empetretum-Vaccinietum cetrarietosum	
Melampyrum pratense	} V. Ch. A.	Luzula lutea	
Luzula + Sieberi		Cladonia uncialis	
Lycopodium Selago		Cetraria crispa	
Melampyrum silvaticum	O. Ch. A.		
Primula integrifolia			
Sesleria disticha			
Primula viscosa			
Hylocomium splendens	} V. Ch. A.		
„ triquetrum			

¹ Ziemlich verbreitet in N-Exposition. Es wird zu untersuchen sein, ob es sich um eine Fazies oder Subassoziation handelt.

2. Die Standortsverhältnisse des *Empetreto-Vaccinietum*.

Die standörtliche Uebereinstimmung zwischen zwei Pflanzengesellschaften ist unter vergleichbaren Umständen (gleiches Generalklima und ähnliche petrographische Verhältnisse des Untersuchungsgebietes) eine Funktion ihres soziologischen Verwandtschaftsgrades. Im Verbands des Rhodoretum-Vaccinietum stellen daher das Empetretum wie auch das Rhodoretum prinzipiell die gleichen Ansprüche an den Boden. Beide Assoziationen sind an die subalpine Podsolserie gebunden. Die zwischen den beiden Gesellschaften bestehenden soziologischen Unterschiede machen sich lediglich im mengenmässigen Auftreten der verschiedenen Serienglieder bemerkbar. Während das Rhodoretum als subalpine Klimaxgesellschaft des Untersuchungsgebietes das reife Eisenpodsol als pedologischen Klimax beigeordnet hat, steht das Empetretum floristisch wie auch ökologisch in der Sukzessionsreihe *vor* diesem natürlichen Endstadium. Sowohl der Boden, wie auch die Vegetation sind noch nicht reif, beide streben noch dem Klimax zu. Der soziologischen Unreife des Empetretum entspricht das seltene Vorkommen des Bodenklimax unter dieser Gesellschaft. Die Eisenpodsole rücken hier sichtlich in den Hintergrund, in deren Entwicklung unreifere Bodenvarianten (der Podsolserie) dominieren. Dies dokumentiert sich vorerst in einem deutlichen Rückgang der Bodenmächtigkeit. Die Verwitterungsschichten (inkl. Humusschichten) erreichen selten die Mächtigkeit der reiferen Rhodoretenböden. Böden von über 50 cm Tiefe finden sich nur noch ausnahmsweise und nur an Stellen, wo sich das Empetretum in seinem Sukzessionsverlaufe stabilisiert und den Rang einer Dauergesellschaft eingenommen hat. Während bei den Rhodoreten Bodentiefen (bis zur C-Schicht) von über 40 cm die Regel bilden, herrschen im Empetretum die dünnenschichtigeren, vielfach skelettreichen und nur bis 30 cm mächtigen Verwitterungsprofile vor. Sie finden sich vorzugsweise auf den flachwelligen und ziemlich windgeschützten Erhebungen der Talhänge, während das Rhodoretum extrasilvaticum die dazwischenliegenden tiefgründigeren Mulden besiedelt und sich zungenartig zwischen die Rauschbeerenbestände einschiebt.

Das *Empetretum* ist dem *subalpinen Nadelwald* überlagert und häufig noch über das Rhodoretum extrasilvaticum emporgestossen. Die gesteigerte Lokalthumidität des Waldes hat in dieser Region eine wirk-
same Abschwächung erlitten. Die ungehemmtere Windzirkulation, die tagsüber gesteigerte Wärmeeinstrahlung und damit erhöhte Verdunstung, ferner die verminderte Speicherung des Regenwassers in den schwächeren Bodenschichten reduzieren die bodenbedingende Humidität. Diese verschiedenen Umstände führen zwangsweise zur Ausbildung relativ weniger humider Varianten der Podsolserie. Neben den selten auftretenden Eisenpodsolon (im Grenzgebiete der Rhodoreten)

erscheinen podsolige Braunerden verschiedener Reife und variablen Podsolierungsgrades. Eine deutliche humose Podsolierung tritt aus oben genannten Gründen verstärkt in Erscheinung : die Humuspodsole treten häufiger auf. Neben diesen Bodenvarianten machen sich besonders bei den hochgelegenen Empetreten an Humussilikatböden gemahnende Profile bemerkbar und deuten damit bereits auf die Nähe der kalten, verwitterungsfeindlichen alpinen Stufe hin.

Diese zur Hauptsache vegetabilisch aufgebauten Humussilikatböden, die von H. J e n n y¹ (1930) und anderen unter den Sammelbegriff « alpine Humusböden » einbezogen wurden, sind morphologisch und chemisch folgendermassen zu kennzeichnen : Der Mineralanteil dieser Profile ist sehr wenig verwittert; ausser einer deutlichen Oxydation und Hydratation der silikatischen Komplexe hat sich deren Chemismus noch nicht stark verändert. Wegen dieser fehlenden Aufbereitung (Unreife in tieferen Lagen, reduzierte Verwitterungsintensität bei tiefen Temperaturen in der alpinen und nivalen Stufe) ist eine Wanderung von Verwitterungsprodukten unmöglich. Zwischen diese schwach verwitterten, lediglich physikalisch aufdispergierten Mineralpartikel lagert sich im Laufe der Zeit Humus ein. Die Humusproduktion überwiegt die Humuszersetzung (W. L ü d i 1923, J. B r a u n - B l a n q u e t und H. J e n n y 1926) : Die organischen Stoffe reichern sich an. Dunkle und zumeist schütterere Humushorizonte kennzeichnen diese Profile. Der Gehalt der oberen aufgewachsenen Horizonte an anorganischem Material entspricht nur dem natürlichen Aschegehalt der abgestorbenen Pflanzenteile, vermehrt um den zugeführten Flugstaub der benachbarten Rohböden. Die Reaktion dieser ascheärmen und besonders für die kältere alpine Stufe charakteristischen Humussilikatböden ist stark sauer.

Die azidiphile Rauschbeerengesellschaft stellt beinahe die gleichen Ansprüche an die Bodenreaktion wie das Rhodoretum. Die statistische Auswertung von 115 pH-Bestimmungen von vorwiegend dem Oberengadin entstammenden Proben ist in Tab. 49 dargestellt (siehe Fig. 6).

¹ H. J e n n y (1930, S. 103) vereint unter dem Sammelnamen « alpine Humusböden » folgende, innerlich nicht durchwegs zusammengehörige Böden: Torfige Berggipfelböden, Rasenerden, Bergwiesenböden, tundraähnliche Hochgebirgsböden, Flechtenhumus, Alpenmodererden, Humuspolsterböden, Gebirgstrockentorf, Alpenhumus, Pioniervegetationsböden und Alpenmull. Dieses Vielerlei sollte besser in die definierteren Gruppen der Rohböden, Humussilikatböden, Humuspodsole, Humuseisenpodsole, unreife podsolige Braunerden und Torfböden aufgeteilt werden. Dass zwischen diesen einzelnen Seriengliedern alle Uebergänge existieren, braucht nicht hervorgehoben zu werden.

Tabelle 49.

*Die wahrscheinlichste Verteilung der Empetretumböden (0—15 cm Tiefe)
auf die verschiedenen pH-Klassen.*

Berechnung der Galton'schen Verteilungskurve (Gleichung 1). Prozentische Angabe der Häufigkeit Y.

Aussage: Von N Bodenproben des Empetretum entfallen höchstwahrscheinlich Y % (Häufigkeit) auf die verschiedenen pH-Werte (115 Bodenproben).

pH-Werte in wässriger Sus- pension gemessen Aktuelle Azidität	Häufigkeit in % Y		pH-Werte mit KCl gemessen Umtausch- azidität	Häufigkeit in % Y	
	beobachtet	berechnet		beobachtet	berechnet
3.4	0.00	0.66	2.5	0.87	0.16
3.5	0.87	1.49	2.6	0.00	0.40
3.6	2.61	2.96	2.7	1.74	0.92
3.7	6.96	5.19	2.8	1.74	1.86
3.8	9.56	8.04	2.9	6.08	3.38
3.9	8.70	10.98	3.0	6.96	5.50
4.0	12.16	13.24	3.1	5.22	8.06
4.1	14.77	14.10	3.2	8.70	10.58
4.2	13.04	13.24	3.3	13.04	12.45
4.3	9.56	10.98	3.4	14.78	13.15
4.4	8.70	8.04	3.5	12.18	12.45
4.5	6.08	5.19	3.6	11.30	10.58
4.6	2.61	2.96	3.7	7.83	8.06
4.7	3.48	1.49	3.8	6.96	5.50
4.8	0.87	0.66	3.9	0.00	3.38
			4.0	1.74	1.86
			4.1	0.87	0.92

s = Streuung : 2.830
h = Parameter : 0.250
Der wahrscheinlichste pH-Wert im Empetretum liegt bei pH 4.1
Der wahrscheinlichste pH(KCl)-Wert des Empetretum liegt bei pH 3.4

s = Streuung : 3.035
h = Parameter : 0.233

Die pH-Gruppierung um das Mittel (pH 4,1) ist im Empetretum lockerer als im Rhodoretum. Die *Amplitude* dieses ökologischen Faktors scheint somit in der Klimaxassoziation enger zu sein als in der soziologisch unreiferen Rauschbeerengesellschaft. Der Vergleich der entsprechenden Kurvenkonstanten (h) liefert in erster Annäherung (ungleichwertiges statistisches Material: Rhodoretum 220 Proben, Empetretum 115 Proben) den quantitativen Beleg.

Assoziation	h = umgekehrt proportional der Variabilität
Rhodoretum	0.285
Empetretum	0.250

Parallel dem leichten Ansteigen der pH-Werte (von pH 4,0 auf pH 4,1) ist auch eine Verminderung der leicht austauschbaren Wasserstoffionen eingetreten.

Der *Humusgehalt* der Empetretumböden unterliegt den gleichen Schwankungen wie beim Rhodoretum. In den oberen 10 cm variiert er zwischen 15 und 85 %. Die Angabe einzelner Humuswerte hat keine Bedeutung. Die innere Struktur des Humus dürfte etwas von der im Rhodoretum abweichen. Ausgedehnte Untersuchungen darüber sind momentan in Angriff genommen.

Die *Verdunstung* in unmittelbarer Bodennähe ist im Empetretum deutlich angestiegen. Die Messungen wurden mit Piche- und Livingston'schen Atmometern durchgeführt und in Tab. 50 zusammengestellt.

Tabelle 50.

(Fig. 14)

Vergleichende Verdunstungsmessungen in Empetreten und Rhodoreten.

Sämtliche untersuchten Bestände liegen auf einer Moräne am Albanahang in NE-Exposition. An der Moränenbasis liegen die Rhodoreten, darüber angeordnet die Empetreten. Auf der Kuppe liegt das als Vergleichsbasis gewählte Loiseleurietum alectorietosum Nr. 22.

Ununterbrochene Versuchsreihe vom 13—22. August 1932.

	Verdunstete Wassermenge im		In Prozenten des im Loiselect. Nr. 22 verdunsteten Wassers	
	Livingston- atmometer	Piche- atmometer	Livingston- atmometer	Piche- atmometer
Loiseleurietum alectorietosum Nr. 22	414.5 ccm	122.8 ccm	100 %	100 %
Empetretum hylocomietosum Nr. 14	258.4 ccm	82.8 ccm	62.4 %	67.4 %
Empetretum hylocomietosum Nr. 8	168.2 ccm	58.2 ccm	40.6 %	47.3 %
Rhodoretum extrasilvaticum Nr. 24	178.2 ccm	59.8 ccm	43.0 %	48.6 %
Rhodoretum extrasilvaticum- cembretosum Nr. 25	75.2 ccm	15.3 ccm	18.2 %	12.5 %

Die vorliegenden Versuche (die fortgesetzt werden) zeigen eindeutig die gegenüber dem Rhodoretum, speziell dem Rh. cembretosum, erhöhte Verdunstungsintensität. Die Verdunstung im Empetretum N° 8 ist von derselben Größenordnung wie die im benachbarten Rhodoretum extrasilvaticum. Auch hierin zeigt sich die ökologische Annäherung an diese Schwestergesellschaft. Wie später gezeigt werden soll, werden an vergleichbaren Standorten die Verdunstungsdifferenzen gegenüber dem windexponierteren Loiseleurietum noch viel ausgeprägter. In Fig. 14 sind diese Verhältnisse übersichtlich zusammengestellt.

Die *Durchsickerungsversuche* in Empetreten zeigen eine weitgehende Uebereinstimmung mit denen im Rhodoretum cembretosum und extrasilvaticum. Auch hier sind kurze Einsickerungszeiten (2—5 Minu-

ten) die Regel. Da die niederwüchsige Rauschbeerengesellschaft dem weidenden Vieh leichter zugänglich ist als die höherstrauchige Alpenrosenassoziation, werden nicht selten festgetretene Böden mit längeren Einsickerzeiten beobachtet (Empetretum N° 14: Minimum: 5,0 Min.; Mittel: 13,2 Min.; Maximum: 28 Min.).

In Tab. 51 sind die untersuchten ökologischen Verhältnisse des Empetretum zusammengestellt.

Tabelle 51.

Rückblick auf die ökologischen Verhältnisse im Empetretum.

Standortsfaktor	Empetretum hylocomietosum	Empetretum cetrarietosum
a) Bodenserie	Podsolserie	Podsolserie
b) Charakteristisches Glied der Bodenserie	Unreife Podsole, meist im Uebergang zum Humuspodsol	Humussilikatboden (aklimatisch = unreif)
c) Glieder der Serie	<ol style="list-style-type: none"> 1. Eisenpodsole, sehr selten 2. Podsolige Braunerden mit starker Rohhumusaufgabe 3. Eisen-Humuspodsole in allen Reifestadien 4. Humussilikatböden auf flachgründigen Standorten (aklimatisch = unreif) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Eisenpodsole fehlen 2. Podsolige Braunerden, meist sehr flachgründig 3. Humuspodsole selten 4. Humussilikatböden sehr flachgründig (aklimatisch)
d) Reaktion	Häufigster Wert um pH 4.1	Häufigster Wert um pH 4.1
e) pH (KCl)	Häufigster Wert um pH 3.4	Häufigster Wert um pH 3.4
f) Verdunstung	Grösser als im Rhodoretum	Grösser als im Rhodoretum
g) Schneebedeckung	Bis 14 Tage kürzer als im Rhodoretum	

V. Der Verband Loiseleurieto-Vaccinien.

Diesem Verbande wurden von J. Braun-Blanquet (1926) die beiden Gesellschaften: *Loiseleurietum cetrariosum*¹ und *Empetretum Vaccinietum* zugezählt. Im Laufe dieser Untersuchungen wurde jedoch das Empetretum aus diesem Verbande ausgeschieden und dem Rhodoretum-Vaccinien angegliedert; die Gründe hierfür wurden schon weiter oben, bei der Behandlung des Empetretum, erörtert.

¹ Es wäre u. E. konsequenter, diese Assoziation als Cetrarieto-Loiseleurietum zu bezeichnen, da die windharten Flechten tonangebend sind und auch eine engere ökologische Amplitude als Loiseleuria besitzen. Dadurch hätte die Benennung cetrariosum vermieden werden können, welche durch ihre Endung — osum — eine Fazies vortäuscht. Da jedoch die Assoziation von J. Braun-Blanquet (1926, 1931) bereits unter dem Namen Loiseleurietum-cetrariosum beschrieben wurde, soll dieser auch weiter beibehalten werden.

Das Loiseleurieto-Vaccinion erscheint bisher im Oberengadin als monotyper Verband mit der einzigen Gesellschaft: Loiseleurietum cetrariosum. Die Kennzeichen des Verbandes decken sich deshalb mit denen seiner einzigen Assoziation: der Alpenazaleenassoziation.

a) Die Assoziation Loiseleurietum cetrariosum.¹

(Cetrarienreiche Alpenazaleenassoziation.)

1. Soziologische Resultate.

Die Hauptverbreitung des Loiseleurietum liegt im Oberengadin über der aktuellen Waldgrenze zwischen 2115 m und 2550 m. Im Mittel erstreckt sich dessen Areal von 2120 m bis 2400 m. Es reicht ziemlich weit in die alpine Stufe hinauf und alterniert dort mit den alpinen Rasengesellschaften.

Die bevorzugte Exposition seiner Standorte ist, den im Winter herrschenden Winden zufolge, hauptsächlich NE bis N, doch können bei lokaler Windablenkung auch anders ausgelegte Bestände vorkommen. Die strenge Lokalisierung der Alpenazaleengesellschaft an windgefegte, frostexponierte Kuppen ist charakteristisch und erleichtert deren Auffinden. Dies gilt besonders für die extrem windausgelegte alectorienreiche Subassoziation, die meist schon von weitem durch den grünlichweissen Farbton des Flechtenrasens erkennbar ist.

Die Bestandesaufnahmen des Loiseleurietum sind in der Assoziationstabelle III zusammengestellt.

In dieser zweischichtigen Dauergesellschaft figurieren von den *Ordnungs-Charakterarten* noch *Vaccinium uliginosum* und *Vacc. Vitis idaea* in den beiden höchsten Stetigkeitsklassen, doch ist speziell die Preisselbeere in Menge und Soziabilität bereits reduziert. Diese beiden Vaccinien, wie auch *Vaccinium Myrtillus*, *Empetrum nigrum* (und an günstigen Standorten das sporadisch noch auftretende *Rhododendron ferrugineum*) sind in ihrer Entwicklung gehemmt und bringen es nur unter ausnahmsweise günstigen Verhältnissen während der Vegetationsperiode zur Fruchtreife. *Homogyne alpina*, *Melampyrum silvaticum*, *Lycopodium Selago* sind spärlich vertreten. Von den *Ordnungs-Charakterarten* der Moosschicht kommt einzig *Cladonia elongata* noch mit mittlerer Stetigkeit vor, während *Dicranum Mühlenbeckii* und *Polytrichum alpinum* mit *Peltigera aptosa* in dieser Gesellschaft zurücktreten.

Da das Loiseleurieto-Vaccinion im Oberengadin *monotyp* ist, können vorläufig die Verbands- und Assoziations-Charakterarten nicht auseinandergehalten werden. Die diesbezüglichen Arten werden hier als Assoziations-Charakterarten bewertet.

¹ Im Text: Loiseleurietum bzw. Lois.

Bei optimaler Entwicklung, mengenmässig starker Verbreitung und maximaler Stetigkeit erscheint die assoziationsholde *Loiseleuria procumbens* als *Assoziations-Charakterart* an erster Stelle. Als einzige Phanerogame gesellt sich der Alpenazalee noch *Hieracium* + *alpinum* mit fast maximaler Stetigkeit bei. Das Hauptkontingent guter Assoziations-Charakterarten stellen die Flechten und von diesen besonders die windharten Arten der beiden Gattungen *Cetraria* und *Alectoria*. Optimal entwickelt erscheinen *Cetraria crispa*, *C. cucullata* und *C. nivalis* in der höchsten Stetigkeitsklasse, während *Alectoria ochroleuca*, nur an extrem wind- und frostexponierte Standorte gebunden, etwas spärlicher auftritt. Die Charakterart: *Alectoria nigricans* (neu fürs Oberengadin) ist selten.

Von den *Begleitern* sind hauptsächlich die alpinen Arten: *Chrysanthemum alpinum*, *Carex curvula*, *Phyteuma hemisphaericum* und *Leontodon pyrenaicus* zu nennen, welche mit *Avena versicolor* und *Deschampsia flexuosa* zur charakteristischen Artenkombination gehören. Als Begleiter dieser Gesellschaft erscheinen ferner *Sesleria disticha*, *Primula viscosa*, *Festuca Halleri*, *Luzula lutea*, *Polygonum viviparum*, *Saxifraga* + *bryoides*, *Veronica bellidioides*, *Salix herbacea*, *Primula integrifolia*, *P. hirsuta* und *Euphrasia minima*. Diesen gesellen sich noch *Luzula multiflora* und *Carex sempervirens* zu. Die mesophileren Arten des *Rhodoreto-Vaccinietum* sind verschwunden. In der Mooschicht gelangen *Cladonia rangiferina* und *C. silvatica* mit *Cetraria islandica*, *Thamnolia vermicularis* und *Polytrichum juniperinum* dank ihrer hohen Stetigkeit in die charakteristische Artenkombination. Daneben treten *Cladonia pleurota* und *C. uncialis* etwas schwächer in Erscheinung, während *Hylocomium Schreberi* und *Cladonia pyxidata* sehr selten sind.

Als Differentialarten des *Loiseleurietum* gegenüber dem *Empetretum* können folgende Vertreter angeführt werden:

Tabelle 52.

Differentialarten des Loiseleurietum cetrariosum gegen das Empetreto-Vaccinietum.

Hieracium + alpinum	A. Ch. A.	Cetraria crispa	} A. Ch. A.
Chrysanthemum alpinum		Cetraria cucullata	
Sesleria disticha		Cetraria nivalis	
Festuca Halleri		Alectoria ochroleuca	
Alectoria nigricans	A. Ch. A.	Thamnolia vermicularis	

Assoziationstabelle III. *Loiseleurietum cetrariosum*.

Legende zur Assoziationstabelle III des Loiseleurietum cetrariosum.

(Lage der untersuchten Einzelbestände.)

1. Moränenanschnitt des Suvrettabaches ob Campfer. W-lich Brücke. Vorwiegend saure Gesteine. Alternierend mit Empetretum.¹ Schwach windexponiert. *Hylocomium splendens* Hw.; *Hylocomium triquetrum* L.; *Cladonia macrophyllodes* Nyl.
2. Neben Nr. 1. SW-lich der Brücke. 1 Arven- und 1 Lärchenkeimling. Schwach windexponiert.
3. Neben 1. und 2. S-lich Brücke. 2 Arvenkeiml.; *Pinguicula vulgaris* ssp. *leptoceras* (Rchb.) Sch. & K.; *Dicranum scoparium* L. Schwach windexponiert.
4. Neben den obigen. S-lich Brücke mit *Rhodoretum extrasilvaticum* alternierend. Rhod. extrasilv. in Depression des Geländes. Schwach windexponiert.
5. N-Hang der Mott'ota. S-lich Sils-Maria. Glimmerschiefer? Mit Empetretum alternierend. Ziemlich windexponiert.
6. NE-Hang des Piz Albana. Auf Felswand. Orthogneis und Quarzphyllit. Mit Empetretum alternierend. Ziemlich windexponiert.
7. NE-Hang des Mutaun. W-lich Silvaplana. Auf Rundhöckern. *Antennaria dioeca* (L.) Gärtner. Ziemlich windexponiert.
8. Moränenanschnitt des Suvrettabaches. S-lich Brücke. Muttergestein wie sub 1. Kuppenlage mit mittlerer Windexposition. Etliche Arven- und ein Lärchenkeiml. *Cladonia alpestris* L.
9. NE-Hang des Mutaun. W-lich Silvaplana. Rundhöcker. Granit. Ziemlich windexponiert. *Agrostis alpina* Scop.
10. N-Hang des Piz Albana. Auf Felsband unter Kuppe. Orthogneis. Windexponiert. *Agrostis rupestris* All.
11. N-Hang des Piz Albana. Rundhöcker unter Kuppe. Orthogneis. Windexponiert. *Cladonia alpestris* L.; *Cladonia macrophyllodes* Nyl.
12. NE-Hang des Mutaun. W-lich Silvaplana auf Rundhöcker. Granit. Windexponiert. *Astrantia minor* L.
13. NE-Hang des Piz Albana. Auf der obern Schulter. Kuppenstellung. Windexponiert. *Androsace obtusifolia* All.; *Pedicularis Kernerii* Della Torre.
14. E-lich Hahnensee bei St. Moritz. In seichter Vertiefung einer Felsplatte. Saures Gestein. Gegen den Rand des Bestandes in das Loiseleurietum Nr. 33 übergehend. Windexponiert. 1 Arvenkeimling.
15. NE-Hang Mutaun. W-lich Silvaplana. Auf Rundhöcker. Granit. Windexponiert. *Astrantia minor* L.
16. N-lich Muottas Murail auf Rundhöcker. Gneis. Windexponiert. *Senecio incanus* L. ssp. *carniolicus* (Willd.) Jos. Braun; *Peltigera rufescens* Weis.; *Cladonia fimbriata* L.
17. N-Hang Piz Albana. Windanriss gegenüber alter Alp Suvretta. Moräne aus vorwiegend saurem Gestein. Windexponiert. *Pedicularis Kernerii* Della Torre.
18. Unweit Nr. 17. Auf Felsband. Orthogneis. Windexponiert.
19. E-lich Hahnensee auf flachem Rundhöcker. Gneis? Ziemlich windexponiert. 1 Arvenkeimling.
20. Auf Mutaun W-lich Silvaplana. An der Böschung einer mit *Curvuletum* bestanden Mulde. Windexponiert. Granit. *Minuartia recurva* (All.) Sch. & Thell.; *Astrantia minor* L.

¹ Bei Alternanz mit dem Empetretum ist letztere Assoziation stets an windgeschützten Stellen angesiedelt, wo die Schneebedeckung etwas länger dauert. *Rhodoretum* ebenso.

21. Julierpass. S-lich Passhöhe. Rundhöcker. Granit. Anschliessend an ein wind- und schneegeschützteres Empetretum. Windexponiert. *Agrostis rupestris* All.; *Cladonia alpestris* L.
22. Moränenanschnitt des Suvrettabaches. S-lich Brücke. Neben Windanriss. Muttergestein wie sub 1. Stark windexponiert. 1 Arvenkeimling; *Hylocomium splendens* Hw.; *Hylocomium triquetrum* L.
23. NE-lich Muottas Murail auf Rundhöcker gegen Val Champagna. Gneis. Stark windexponiert. *Cladonia fimbriata* L.
24. N-Hang des Piz Albana. Auf Felsband. Orthogneis (Quarzphyllit?). Stark windexponiert.
25. Julierpass. SE-lich der Veduta. Auf flachem, saurem Verwitterungsschutt. Stark windexponiert. *Agrostis rupestris* All.; *Polytrichum piliferum* Schreb.
26. Moränenanschnitt des Suvrettabaches. SE-lich Brücke. Windanriss der Hügelkuppe. Stark windexponiert.
27. N-Hang des Mott'ota. S-lich Sils-Maria. Glimmerschiefer? Stark windexponiert. *Saxifraga aspera* L. ssp. *bryoides* (L.) Gaudin.
28. Bernina alta. Auf Moräne vor Val Minor. Stark windexponiert. *Agrostis alpina* Scop.; *Senecio incanus* L. ssp. *carniolicus* (Willd.) Jos. Braun.
29. Berninapass. E-lich Hospiz. Auf Rundhöckern. Gneis. Stark windexponiert. *Agrostis alpina* Scop.; *Agrostis rupestris* All.
30. Zwischen Corvigliahütte und Lej Alv auf Moräne. Stark windexponiert. *Saxifraga aspera* L. ssp. *bryoides* (L.) Gaudin.; *Phyteuma pedemontanum* R. Schulz. (An der Grenze gegen Kalkgebiet).
31. N-Hang des Piz Albana. Windanriss unter kleiner Schulter gegenüber der Alp Suvretta. Sehr stark windexponiert.
32. NW-Hang der Mott'ota. S-lich Sils-Maria. Glimmerschiefer? Sehr stark windexponiert.
33. E-lich Hahnensee. Sehr stark windexponiert. Siehe Nr. 14. *Peltigera rufescens* Weis. *Polytrichum piliferum* Schreb.

Wie schon bemerkt, ist das Loiseleurietum zweischichtig. Im Gegensatz zu den oben behandelten Gesellschaften (Rhodoretum und Empetretum) findet in dieser Assoziation (besonders in der Subassoziation *alectorietosum*) häufig eine Ueberlagerung (bzw. Inversion) der dem Boden angeschmiegtten Strauch- und Krautschicht durch die üppig wuchernden Flechten statt. Vielfach glaubt man einer reinen Flechtentundra gegenüberzustehen, bei näherem Zusehen finden sich aber überall in der Tiefe der Flechten die Triebe der Loiseleuria und in ihrer Gesellschaft kleinwüchsige Exemplare der Moor- und Preisselbeere, gelegentlich auch sterile Triebe der Rausch- und Heidelbeere verborgen. Das Loiseleurietum erträgt bei schwachem oder seltener ganz fehlendem Schneeschutz den Frost und das Windgebläse hauptsächlich dank dieser schützenden Flechtenschicht. Wo die Zwergsträucher über diese Schutzdecke hinauswachsen, fallen deren Triebe der zerstörenden Tätigkeit der vom Winde verfrachteten Eiskristalle zum Opfer.

Das Gesellschaftsgefüge geht aus den nachfolgenden statistischen Zusammenstellungen hervor :

Tabelle 53.
(Fig. 10.)

Auf 33 untersuchte Assoziationsindividuen des *Loiseleurietum* verteilen sich die beobachteten Arten auf die einzelnen Stetigkeitsklassen wie folgt:

Stetigkeitsklasse	I	II	III	IV	V
(Vorhanden in % der 33 Einzelbestände)	0—20 %	21—40 %	41—60 %	61—80 %	81—100 %
Auf diese Stetigkeitsklassen entfallen % der beobachteten Arten	46 %	21 %	5 %	12 %	16 %

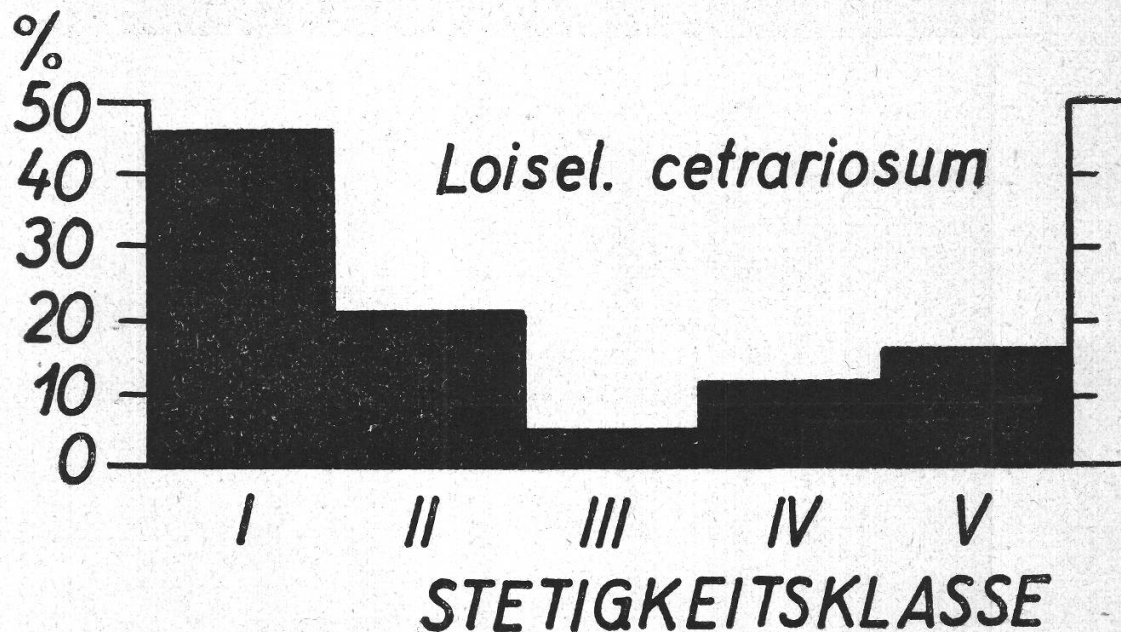


Fig. 10.

Stetigkeits-Diagramm des *Loiseleurietum cetrariosum*.

Im Einzelbestande des *Loiseleurietum* erscheinen im Mittel : 22,4 Arten (Minimum 18, Maximum 32).

Auch in dieser Gesellschaft umfasst die Konstanzermittlung Bestandesflächen verschiedener Grösse :

Tabelle 54.
(Fig. 11.)

Die prozentuale Verteilung der Arten auf die fünf Konstanzklassen.
(13 Einzelbestände.)

Konstanzklasse	Untersuchte Fläche des Einzelbestandes			
	1 m ²	4 m ²	16 m ²	50 m ² ¹
I (entspricht 0—20 %)	46 %	47 %	31 %	31 %
II („ 21—40 %)	12 %	16 %	28 %	28 %
III („ 41—60 %)	15 %	4 %	7 %	10 %
IV („ 61—80 %)	12 %	20 %	15 %	12 %
V („ 81—100 %)	15 %	13 %	19 %	19 %

¹ Durch Synthese mehrerer Einzelbestände berechnet.

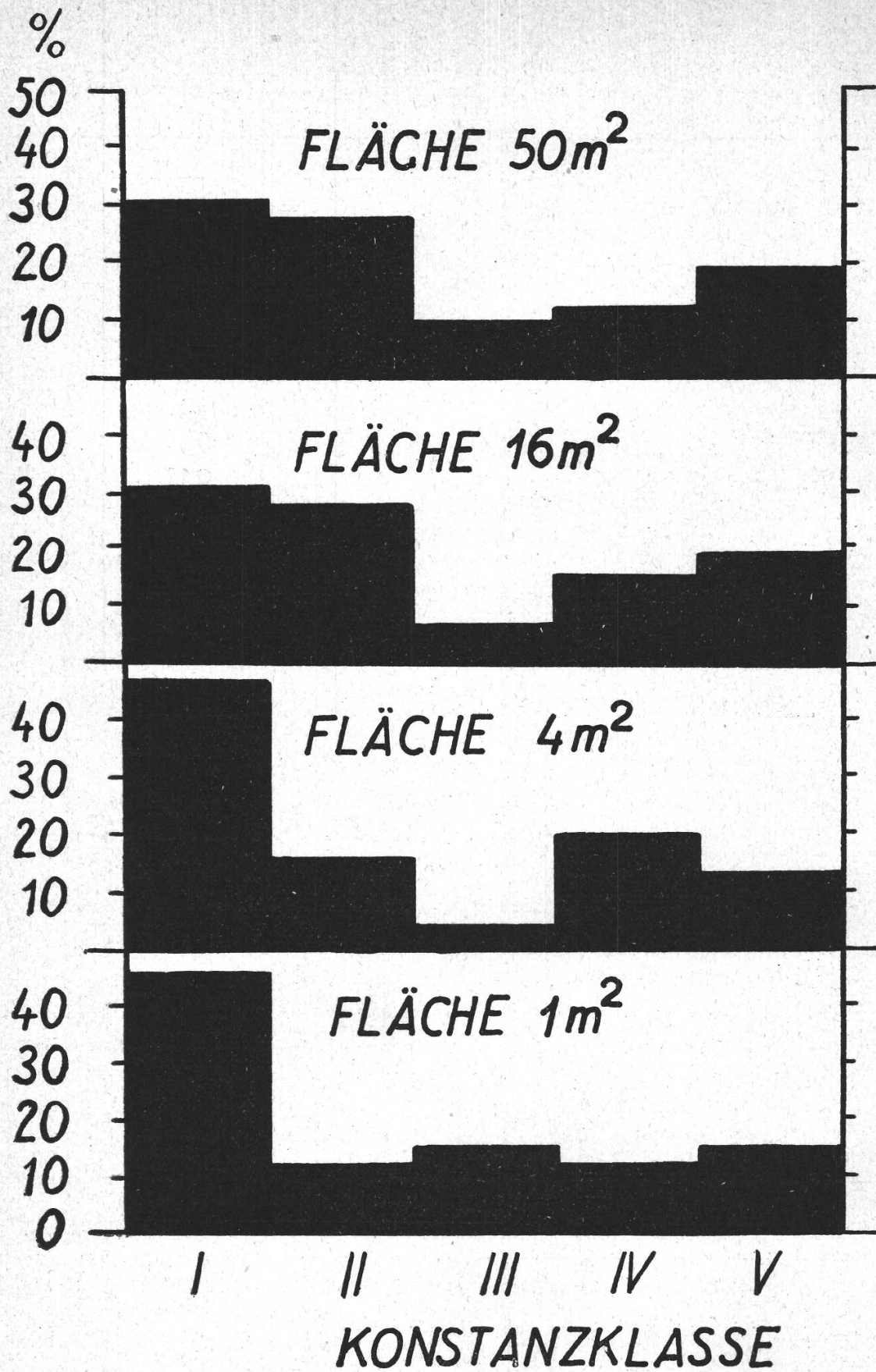


Fig. 11.

Konstanz-Diagramme des *Loiseleurietum cetrariosum*.

Wie bei den früher beschriebenen Assoziationen zeigt sich mit steigender Flächengrösse ein Ansteigen der Werte in der höchsten Konstanzklasse (V).

Noch ausgeprägter als beim Empetretum macht sich beim Loiseleurietum die Depression des Minimumareals bemerkbar. Schon bei 1—2 m² Arealgrösse ist der konventionelle Minimalraum erreicht. (80 % der Arten der charakteristischen Artenkombination.)

Tabelle 55.

(Fig. 5.)

Das Minimumareal des Loiseleurietum cetrariosum.
(13 Einzelbestände.)

Auf ein Areal von	entfallen im Mittel folgende Prozente der charakteristischen Arten
1/4 m ²	64.4 %
1.0 m ²	75.2 %
4.0 m ²	95.6 %
16.0 m ²	98.7 %
50.0 m ² ¹	100.0 %

¹ Synthese aus verschiedenen Einzelaufnahmen.

Die durch dürftigen Schnee- und Windschutz für die Pflanzen extrem ungünstig gewordenen Existenzbedingungen gehen deutlich aus dem biologischen Spektrum hervor. Die Verschlechterung der Ueberdauerungsverhältnisse (im Vergleiche zum Empetretum und gar zum Rhodoretum) bedingt ein starkes Anwachsen der erdnahen Chamaephyten, zu denen infolge des ökologisch bedingten Zwergwuchses einige der bisher als Nanophanerophyta bezeichneten Sträucher gerechnet werden. Die Phanerophyten, Geophyten und Therophyten sind aus dieser Gesellschaft beinahe vollständig verschwunden.

Tabelle 56.

(Fig. 4)

*Das biologische Spektrum des Loiseleurietum cetrariosum.*²

Phanerophyta	2 %	Geophyta	2 %
Chamaephyta	62 %	Therophyta	4 %
Hemikryptophyta	30 %		

Tabelle 57.

Das Verhältnis: Stete Arten zu Gesamtartenzahl und Charakterarten zu Gesamtartenzahl im Loiseleurietum.

Loiseleurietum cetrariosum	Stete zu Gesamtartenzahl	Charakterarten zu Gesamtartenzahl
	0,67	0,44

² Assoziationstabelle III = Berechnungsgrundlage.

Tabelle 58.

(Fig. 12)

Die in den angeführten Einzelbeständen des Loiseleurietum vorkommenden Arten verteilen sich auf die einzelnen Frequenzklassen wie folgt:

Einzelbestand (Nr. in Assoziations- tabelle III)	Prozentuale Verteilung der Arten auf die verschiedenen Frequenzklassen				
	I	II	III	IV	V
	0—20 %	21—40 %	41—60 %	61—80 %	80—100 %
2	58 %	17 %	—	8 %	17 %
3	67 %	8 %	—	8 %	17 %
4	47 %	24 %	5 %	5 %	19 %
7	67 %	9 %	6 %	6 %	12 %
8	68 %	3 %	13 %	3 %	13 %
11	61 %	4 %	9 %	—	26 %
14	48 %	14 %	9 %	5 %	24 %
16	58 %	7 %	11 %	12 %	12 %
17	45 %	11 %	11 %	5 %	28 %
22	62 %	7 %	13 %	7 %	11 %
26	50 %	15 %	10 %	5 %	20 %
31	46 %	18 %	9 %	9 %	18 %
33	52 %	8 %	4 %	4 %	32 %
Frequenz der synthetischen Assoziation	56.1 %	11.1 %	7.7 %	5.9 %	19.2 %
Mittlerer Fehler des Mittels ±	2.4 %	1.7 %	1.2 %	0.7 %	0.7 %
Mittlerer Fehler der Einzel- beobachtung ¹ ±	8.3 %	5.9 %	4.2 %	2.4 %	2.4 %

¹ Dieser mittlere Fehler der Einzelbeobachtung ist in Fig. 12 jeweilen durch + Zeichen auf den Ordinaten angegeben. Das zwischen den + Zeichen liegende Feld stellt den Fehlerbereich der Mittelwertkurve dar.

In der Alpenazaleenassoziation sind zwei floristisch und ökologisch gut unterscheidbare Subassoziationen ausgeschieden worden :

das Loiseleurietum cladinetosum und
das Loiseleurietum alectorietosum.

Diese beiden Subassoziationen durchdringen sich jedoch vielfach; besonders an den stark windausgesetzten Rändern der Gesellschaft wiegt das Lois. alectorietosum vor, während in der Mitte des Bestandes, wo meistens die Bodenmächtigkeit auch grösser ist, das Lois. cladinetosum zusagende Bedingungen findet.

In der Assoziationstabelle III sind die ausgesprochenen Lois. cladinetosumbestände an erster Stelle angeführt, am rechten Ende der Tabelle erscheinen die typischen Einzelbestände der alectorienreichen Subassoziation. Alle übrigen Glieder, welche mehr oder weniger innige Durchdringungen beider Subassoziationen darstellen, sind als gleitende Reihe aufgefasst und zwischen den reinen Vertretern angeordnet.

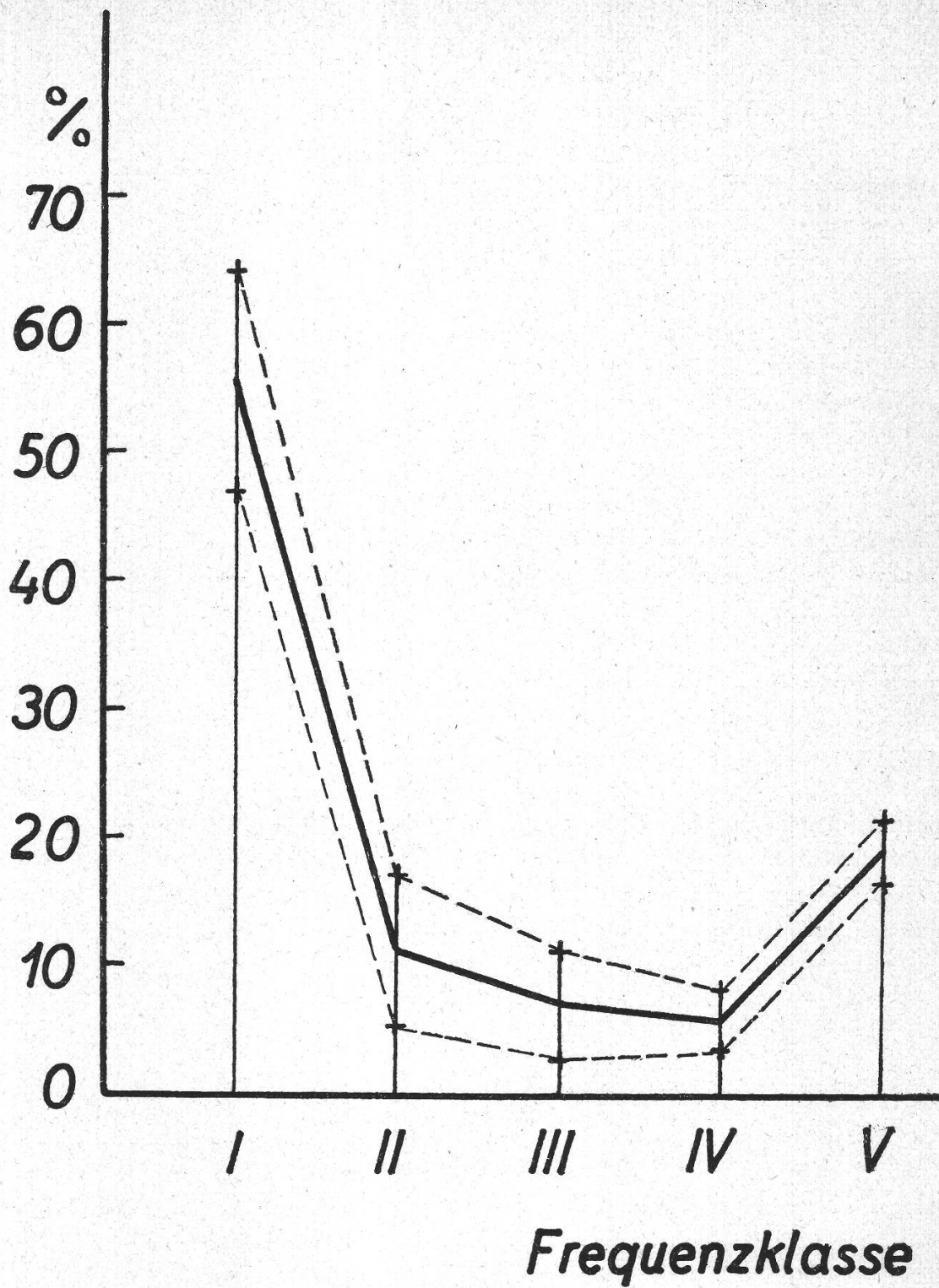


Fig. 12.

Frequenz-Diagramm des *Loiseleurietum cetrariosum*. (Das zwischen den gestrichelten Linien liegende Feld stellt den Fehlerbereich der Mittelwertkurve dar.)

α) Die Subassoziation *Loiseleurietum cetrariosum*
cladinetosum.

(Cladonienreiche Subassoziation.)

In dieser Subassoziation treten die windhärtesten Flechten fast vollkommen zurück und machen indifferenten *Cladonia*-arten Platz. *Cladonia rangiferina* und *C. silvatica* gelangen mit *Cetraria islandica* zum Dominieren. Ein spärliches Auftreten von Moosen, wie *Hylocomium Schreberi*, *Dicranum Mühlenbeckii* und *Polytrichum alpinum* deutet darauf hin, dass die windbedingte Austrocknung der Standorte noch nicht extreme Ausmasse annimmt. Die windharten, trockenheitsresistenten und frostunempfindlichen *Cetraria*-arten: *Cetraria crispa*, *C. nivalis* und *C. cucullata*, ferner *Thamnolia vermicularis*, *Alectoria ochroleuca* und *A. nigricans* fehlen dieser Subassoziation, oder finden sich höchstens gegen die exponierteren und flachgründigeren Ränder des Bestandes ein. Mit steigender Bodentiefe des Bestandes (bessere Wasserversorgung) erheben sich über den Flechtenteppich die anspruchsvolleren Zwergsträucher: hauptsächlich *Loiseleuria procumbens*, *Vaccinium uliginosum* und spärlicher *Vaccinium Vitis idaea*. Diesen gesellen sich dann seltener die nur in dieser Subassoziation vertretenen *Empetrum nigrum*, *Vaccinium Myrtillus*, *Rhododendron ferrugineum*, *Homogyne alpina*, *Melampyrum silvaticum*, *Lycopodium Selago*, *Hylocomium Schreberi*, *Polytrichum alpinum*, *Peltigera aphtosa*, *Dicranum Mühlenbeckii* und *Cladonia elongata* bei. Diese letzteren Arten treten aus dem *Empetretum* in diese relativ feuchte Subassoziation des *Loiseleurietum* über und dürfen deshalb (mit Ausnahme von *Hylocomium Schreberi*) direkt als übergreifende Charakterarten des *Rhodoreto-Vaccinion*, zu Ordnungs-Charakterarten gestempelt werden. Die Subassoziation *cladinetosum* alterniert häufig mit dem *Empetretum*.

β) Die Subassoziation *Loiseleurietum cetrariosum*
alectorietosum.

(Alectorienreiche Subassoziation.)

Diese Subassoziation ist an extrem windexponierte und dem Schneegebläse unterworfenen Standorte gebunden. Die wind- und frostharten Flechten: *Alectoria ochroleuca* und *A. nigricans*, *Cetraria crispa*, *C. nivalis* und *C. cucullata* treten mit *Thamnolia vermicularis* als charakteristische Komponenten dieser Subassoziation auf. *Cladonia rangiferina* und zum Teil auch *Cladonia silvatica* treten als weniger frost- und windresistente Arten mehr zurück. Mit Ausnahme der spalierrwüchsigen *Loiseleuria procumbens*, sowie *Vaccinium uliginosum* und *V. Vitis idaea* verschwinden die Zwergsträucher mehr und mehr und mit ihnen *Homogyne alpina*, *Melampyrum silvaticum* und *Hylocomium Schreberi*, während *Festuca Halleri*, *Luzula lutea*, *Saxifraga* + *bryoides* und *Cladonia uncialis* sich dieser Subassoziation beimengen.

2. Die Standortverhältnisse des *Loiseleurietum cetrariosum*.

Ueber dem subalpinen Nadelwald beginnt die Podsolserie auf den kalkarmen Muttergesteinen langsam ihre Alleinherrschaft einzubüssen, um der *alpinen Serie* der *Humussilikatböden* das Feld zu überlassen. Beim Empetretum sind bereits ausgesprochene Anzeichen hierfür vorhanden: die Podsolierungsprozesse erscheinen zum Teil zurückgedämmt oder in andere Bahnen gelenkt (humose Podsolierung). Bodenprofile mit deutlichen Anklängen an die Bodentypen der alpinen Stufe (Humussilikatböden) werden häufiger. Dieses allmähliche Uebernehmen der alpinen Bodenserie ist im *Loiseleurietum* besonders augenfällig.

In tieferen Lagen und besonders in der etwas feuchtere und tiefgründigere Böden bevorzugenden Subassoziaton *Lois. cladinetosum* ist die Zugehörigkeit der Standorte zur Podsolserie noch unbestritten. In seltenen Fällen stösst man sogar noch auf ausgeprägte Eisen-Humuspodsole (Humusgehalt im B-Horizont über 5 %, aber unter 10 %), die aber schon Zeichen beginnender Degeneration aufweisen. Die für die Podsole typische Horizontalblätterung der Schichten verschwindet und die ehemals scharf geschiedenen Horizonte werden diffus und undeutlicher. Grundsätzlich sind in dieser Assoziation dieselben Glieder der Podsolserie vorhanden, die bereits bei den vorangegangenen Assoziationen erörtert wurden. Das mengenmässige Vorkommen der einzelnen Bodenvarianten hat sich dagegen stark verändert. Neben den seltenen Eisen-Humuspodsolon erscheinen die Humuspodsole etwas zahlreicher. Humusreiche und unreife podsolige Braunerden stellen das Hauptkontingent, doch gesellen sich diesen in zunehmendem Masse gegen Humussilikatböden tendierende Varianten bei. Die Böden dieser Subassoziaton sind ziemlich tiefgründig, vermögen also in ihren mächtigen Humusschichten das Regenwasser zu magazinieren und längere Zeit zurückzuhalten. Damit wird eine relativ intensive Verwitterung der Mineralanteile gewährleistet und die mehr oder weniger ausgeprägte Podsolierung der Profile ermöglicht.

Anders liegen die Verhältnisse im *Lois. alectorietosum*. Diese meistens auf extrem windausgelegten und schneegefügten Kuppen angesiedelten Azaleenbestände können dank ihrer Anspruchslosigkeit, ihrer ausgesprochenen Frost- und Trockenheitsresistenz nackte Rohböden besiedeln. An diesen unwirtschaftlichen, stets flachgründigen und rasch austrocknenden Standorten geht eine sehr verlangsamte Humusproduktion mit einer stark abgebremsten Mineralverwitterung Hand in Hand. Die ständige, auch den Vegetationsteppich angreifende Winderosion hält hier den leicht wegschlämmbaren Rohboden in ständiger Neubildung. Durch die Einlagerung des Humus zwischen die Mineralkörner der Bodenschicht und die langsame Bildung einer Humusauflage entstehen

in der subalpinen oder in der unteren alpinen Stufe aklimatische und daher relativ instabile und rohbodenähnliche *Humussilikatböden*. Erst wenn durch fortgesetzten Abtrag der Kuppen diese Rohböden samt ihren Pflanzenbeständen etwas mehr in den Windschatten gelangen und sich da auch eines besseren Schneeschatzes erfreuen, erfolgt die Stabilisierung und Vertiefung dieser Bodenprofile unter gleichzeitiger Umwandlung des *Lois. alectorietosum* in die feuchtere, cladonienreiche Subassoziaton. Und damit setzt auch sofort, zufolge besserer Wasserversorgung, die Podsolierung ein. In den höher gelegenen, bereits in die kühlere alpine Stufe hinaufgedrungenen Beständen sind die Humussilikatböden stabiler und als klimatisch bedingte Profile zu betrachten.

Der *Humusgehalt* der oberen Bodenschichten unterliegt im *Loiseleurietum* naturgemäss grossen Schwankungen. Neben relativ niederen Humuszahlen (unter 15 %) sind fast reine organische Ablagerungen (über 85 % Humus) festzustellen. Im grossen Durchschnitt schwanken die entsprechenden Werte: im *Lois. alectorietosum* zwischen 15 und 60 % und in der humusreicheren Schwestersubassoziaton *cladinetosum* zwischen 35 und 75 (85) %. Neben ausgesprochen trockentorfigen Humuslagen in den obersten Bodenschichten zeigen sich pulverig-staubige, relativ gut desorganisierte A₁-Horizonte.

Verglichen mit dem *Empetretum* und dem *Rhodoretum* ist die *Bodenreaktion* im *Loiseleurietum* etwas weniger sauer. Die häufigsten Reaktionswerte gruppieren sich um pH 4,4. Die ökologische Anpassungsfähigkeit dieser Gesellschaft, die sich einerseits in der Rohbodenbesiedlung und anderseits im Vorhandensein auf reifen tiefgründigen Profilen kundgibt, dokumentiert sich auch in den grossen Schwankungen der beobachteten pH-Werte. Die variationsstatistische Berechnung der pH-Verteilung (Gleichung 1) liegt der Tabelle 59 zugrunde.

Das *Lois. alectorietosum* ist im grossen Durchschnitt etwas weniger sauer als das *Lois. cladinetosum*. Die zu kleine Anzahl von Proben aus dem *Lois. alectorietosum* verhindert eine exakte zahlenmässige Angabe. Doch dürfte die pH-Differenz zwischen den beiden Subassoziatonen 0,2 pH nicht überschreiten. Mit dem Rückgang des pH-Säuregrades sind auch die leicht austauschfähigen, durch KCl ermittelten Wasserstoffionen an Menge zurückgegangen. Der statistisch häufigste pH-KCl-Wert liegt bei pH 3,6. Für die pH-KCl-Unterschiede der beiden Subassoziatonen gilt das eben Gesagte.

Die *Bodenmächtigkeit* bezieht als differenzierender Faktor in der Gesellschaftsökologie des *Loiseleurietum* eine dominierende Stellung. Für die Ausbildung der beiden Subassoziatonen ist dieser (für den Wasserhaushalt wichtige) Bodenfaktor von beinahe entscheidendem Einfluss.

Tabelle 59.

Fig. 6.

*Die wahrscheinlichste Verteilung der Loiseleurietenböden (0—15 cm Tiefe)
auf die verschiedenen pH-Klassen.*

Berechnung der Galton'schen Verteilungskurve (Gleichung 1). Prozentuale Angabe der Häufigkeit Y.

Aussage: Von N im Loiseleurietum entnommenen Bodenproben werden höchstwahrscheinlich Y Prozent (Häufigkeit) auf die verschiedenen pH-Klassen entfallen.
(97 untersuchte Proben).

pH-Wert in wässriger Suspension gemessen	Häufigkeit Y in %		pH-Wert in KCl- Lösung gemessen	Häufigkeit Y in %	
	beobachtet	berechnet		beobachtet	berechnet
3.5	1.03	0.29	2.8	0.00	0.54
3.6	0.00	0.65	2.9	0.00	1.14
3.7	1.03	1.28	3.0	1.03	2.18
3.8	3.09	2.32	3.1	3.09	3.78
3.9	5.15	3.84	3.2	8.24	5.92
4.0	6.18	5.80	3.3	8.24	8.40
4.1	9.27	7.98	3.4	9.27	10.78
4.2	10.30	10.04	3.5	11.33	12.55
4.3	11.33	11.52	3.6	13.39	13.17
4.4	11.33	12.06	3.7	10.30	12.55
4.5	10.30	11.52	3.8	9.27	10.78
4.6	9.27	10.04	3.9	7.21	8.40
4.7	7.21	7.98	4.0	7.21	5.92
4.8	7.21	5.80	4.1	4.12	3.78
4.9	3.09	3.84	4.2	5.15	2.18
5.0	3.09	2.32	4.3	1.03	1.14
5.1	0.00	1.28	4.4	1.03	0.54
5.2	1.03	0.64			

h = 0.214
s = 3.305

h = 0.224
s = 3.165

Der wahrscheinlichste und daher häufigste pH-Wert liegt bei pH 4.4
Der häufigste pH(KCl)-Wert liegt bei pH 3.6

Die Tiefe der Humus- und Feinerdeschichten wird mit langen Stahlnadeln gemessen, die durch das Körpergewicht so weit in den Boden getrieben werden, bis sie auf dem skelettreichern Muttergestein dem Drucke starken Widerstand bieten. Bei hinreichendem Untersuchungsmaterial liefert diese rohe Methode annehmbare Resultate. Die Bestimmungen der Bodenmächtigkeiten sind in Tab. 60 statistisch ausgewertet und zusammengestellt. Die Berechnung der Verteilung der Bodentiefen fusst wenigstens beim Loiseleurietum auf der einfachen Galton'schen Verteilungsfunktion. Diese Berechnungsart kann bei den meisten statistischen Reihen angewandt werden, bei denen sich die Glieder symmetrisch um das häufigste Mittel gruppieren. Diese symmetrische Verteilung um den Mittelwert ist bei der Subassoziaton Loiseleurietum erfüllt. Die Bodenmächtigkeiten schwanken hier im Sinne

der Galtonvariation (zwischen 10 und 90 cm) um den bei 45 cm liegenden Mittelwert.

Ist diese Symmetrieforderung einer Reihe nicht erfüllt, ist diese also diskontinuierlich einseitig abgebrochen, z. B. durch die Bodentiefe Null cm, so versagt die Galton'sche Gleichung. Dies ist der Fall beim *Loisel. alectorietosum*. In dieser flachgründige Böden bevorzugenden Subassoziaton liegen die Bodentiefen asymmetrisch um den häufigsten Wert (7—8 cm) versammelt, während die Schwankung sich von 0 bis 50 cm erstreckt. An Stelle der Galtongleichung tritt die *Poisson-Bortkiewicz'sche* Reihenfunktion. Diese lautet in der von C. V. L. Charlier (1920), S. 80 ff.) gegebenen Fassung :

$$4) F(x) = N [\varphi(x) + \gamma_2 \Delta^2 \varphi + \dots]$$

In dieser Reihe bedeuten : $F(x)$ die Anzahl der Böden, die zur Tiefenklasse x gehören. N ist gleich der Zahl der Beobachtungen. γ_2 und φ sind Charakteristiken dieser statistischen Reihe, deren Berechnung aus den nachstehenden Ausführungen hervorgeht :

$$5) \varphi(x) = \frac{e^{-\lambda} \cdot \lambda^x}{x!}; \quad 6) \Delta \varphi = \varphi(x) - \varphi(x-1)$$

$$7) \lambda = \sum x \cdot F(x) : N$$

$$8) \gamma_2 = \left[\sum x^2 \cdot F(x) : 2N \right] - \frac{1}{2} \lambda - \frac{1}{2} \lambda^2$$

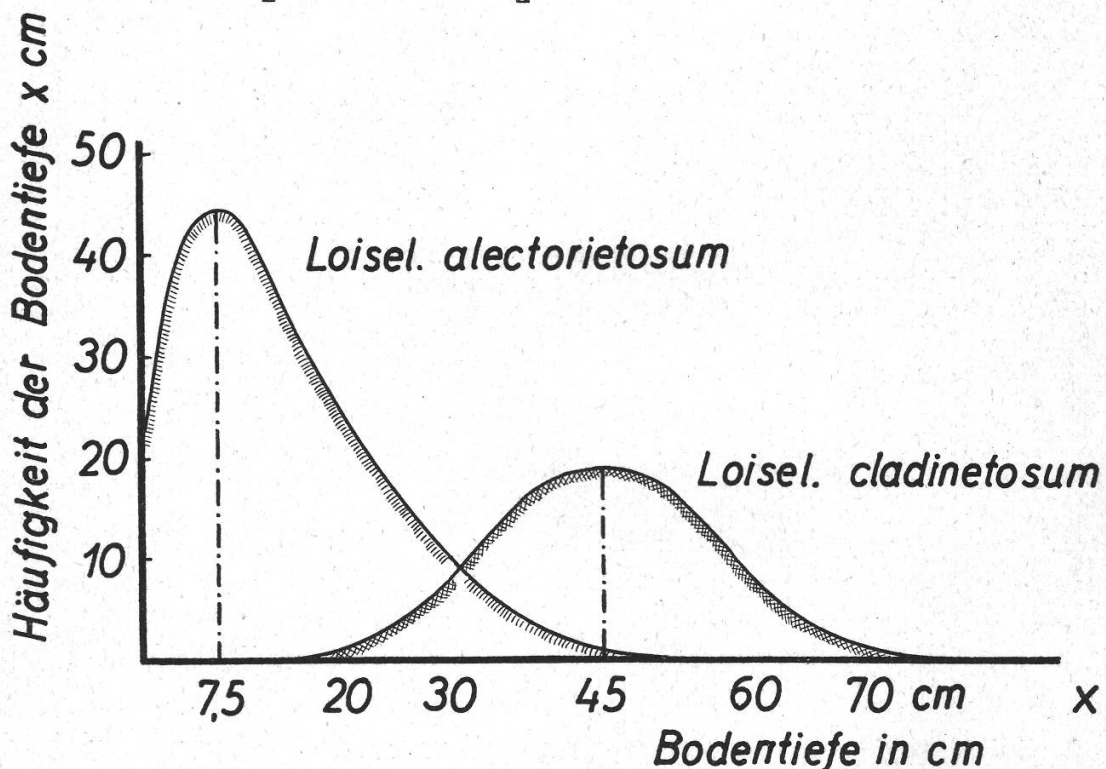


Fig. 13.

Die Variation der Bodenmächtigkeiten in den beiden Subassoziatonen des *Loiseleurietum cetrariosum*.

Die Klassenbreite beträgt in den beiden vorliegenden Reihen (Galton und Poisson-Bortkiewicz) je 5 cm Bodentiefe. Für die praktische Durchrechnung dieser Gleichung muss raumeshalber auf die zitierte Charlier'sche Abhandlung verwiesen werden.

Tabelle 60.

Die statistische Verteilung der Loiseleurietumböden auf die verschiedenen Tiefenklassen.

Aussage: Von N gemessenen Böden im Loiseleurietum entfällt höchstwahrscheinlich folgende Anzahl auf die einzelnen Bodentiefen T.

(Siehe Fig. 13)

Loiseleurietum cladinetosum.

Berechnung der Resultate nach *Galton*.
N = 134.

Häufigkeit je Tiefe T =

$$\frac{h}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-h^2 \cdot x^2}$$

Loiseleurietum alectorietosum.

Berechnung der Werte nach *Poisson-Bortkiewicz*. N = 201.

Häufigkeit je Tiefe T =

$$N [\varphi(x) + \gamma_2 \Delta^2 \varphi + \dots]$$

Bodentiefe T cm	Häufigkeit je Tiefe T		Bodentiefe T cm	Häufigkeit je Tiefe T	
	beobachtet	berechnet		beobachtet	berechnet
0 bis 2	0	0.00	0 bis 2	21	22.8
3 " 7	0	0.01	{ 3 " 7 8 " 12	41	43.1
8 " 12	6	0.08		50	42.6
13 " 17	7	0.37	13 " 17	32	32.6
18 " 22	5	1.32	18 " 22	24	23.5
23 " 27	4	3.67	23 " 27	12	16.4
28 " 32	7	8.00	28 " 32	10	10.3
33 " 37	12	13.59	33 " 37	6	5.6
38 " 42	17	18.05	38 " 42	3	2.6
43 " 47	24	18.86	43 " 47	1	1.0
48 " 52	20	18.05	48 " 52	1	0.4
53 " 57	10	13.59			
58 " 62	6	8.00			
63 " 67	6	3.67			
68 " 72	4	1.32			
73 " 77	3	0.37			
78 " 82	2	0.08			
83 " 87	0	0.01			
88 " 92	1	0.00			

Die beiden Subassoziationen unterscheiden sich demnach ökologisch sehr scharf durch die Mächtigkeit ihrer Böden. Mit abnehmender Bodentiefe, also erschwerter Wasserversorgung, verschwinden die in-

differenten oder mesophileren Arten. An ihrer Stelle erscheinen trockenheitstragende und gleichzeitig frostunempfindlichere Vertreter. In Tab. 61 sind die Wechselbeziehungen zwischen der Zusammensetzung der Flechtenmosaik und der jeweiligen Bodentiefe ersichtlich. Die in dieser Zusammenstellung Tab. 61 angeführten Bestände liegen alle auf dem gleichen Moränenhügel in Kuppenlage und sind damit direkt untereinander vergleichbar.

Tabelle 61.

Zusammenhang zwischen der Bodentiefe und der charakteristischen Flechtenverteilung im Loiseleurietum.

Charakteristische Flechtenverteilung	Mittlere Bodentiefe im Bestand			
	26 cm	34 cm	50 cm	56 cm
<i>Alectoria ochroleuca</i>	1.3	0.0	0.0	0.0
<i>Cetraria nivalis</i>	2.2	1.1	0.0	0.0
„ <i>cucullata</i>	3.3	2.2	0.0	+2
„ <i>crispa</i>	2.2	1.2	+1	+2
<i>Thamnolia vermicularis</i>	1.1	1.1	0.0	0.0
<i>Cladonia rangiferina</i>	+2	1.1	+2	3.2
„ <i>silvatica</i>	2.3	3.2	4.4	3.3

Die Windexposition nimmt in Richtung von links nach rechts ab.
Der Schneeschutz nimmt in Richtung von links nach rechts zu.

Die *Verdunstung* in der erdnahen Luftschicht ist bei all diesen Loiseleurieten durch ihre ausgeprägte Windexposition gesteigert. Die Rückwirkungen des verstärkten Wasserentzuges durch Verdunstung auf die Bodenbildung wurde schon oben dargelegt.

Tabelle 62.

Fig. 14.

Die Verdunstungsmengen im Loiseleurietum des Oberengadins.

Bestand Nr.	Verdunstung in ccm Wasser vom 13.—23. August 1932		Als Vergleichsbasis zu den andern Assoziationen wird die Verdunstung im Loiseleurietum alectorietosum Nr. 22 = 100 % festgesetzt	
	Livingston-Atmometer	Piche-Atmometer	Livingston-Atmometer	Piche-Atmometer
Loiseleurietum alectorietosum Nr. 22	414.5 ccm	122.8 ccm	100.00 %	100.00 %
Loiseleurietum cladinetosum Nr. 2	299.9 ccm	88.8 ccm	72.4 %	72.2 %
Empetretum hylocomietosum Nr. 14	258.4 ccm	82.8 ccm	62.4 %	67.4 %
Rhodoretum extrasilvaticum Nr. 24	178.2 ccm	59.8 ccm	43.0 %	48.6 %
Rhodoretum cembretosum-extrasilvaticum ¹ Nr. 25	75.2 ccm	15.3 ccm	18.2 %	12.5 %

¹ Siehe Anmerkung Seite 425. Tab. 36.

In Tab. 62 sind die vorläufigen Verdunstungsmessungen im Loiseleurietum zusammengestellt und in Fig. 14 graphisch aufgeführt. Der starke Verdunstungsanstieg ist in dieser Assoziation, verglichen mit den vorbesprochenen Gesellschaften, unverkennbar.

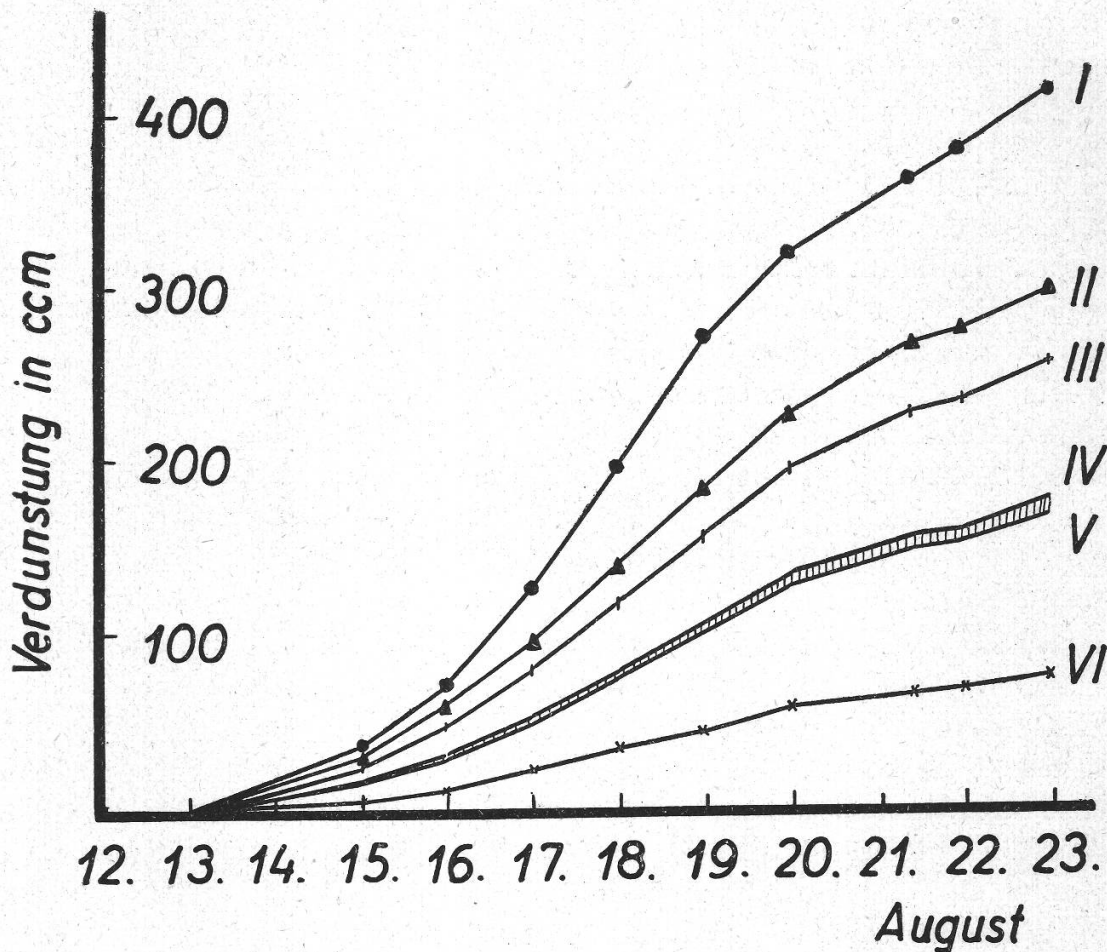


Fig. 14.

Vergleichende Verdunstungsmessungen in verschiedenen Assoziationen der Ordnung Rhodoreto-Vaccinietalia.

Legende :	I. Loiseleurietum alectorietosum	Nr. 22.
	II. Loiseleurietum cladinetosum	Nr. 2.
	III. Empetretum hylocomietosum	Nr. 14.
	V. Empetretum hylocomietosum	Nr. 8.
	IV. Rhodoretum extrasilvaticum	Nr. 24.
	VI. Rhod. extrasilv./cembretosum ¹	Nr. 25.

Der Vergleich zwischen diesen verschiedenen Assoziationen ist um so überzeugender, als sämtliche Bestände am gleichen Moränenhang in NE-Exposition liegen. Der Höhenunterschied zwischen dem tiefstgelegenen Mischbestand¹ des Rh. cembretosum mit dem Rh. extrasilvaticum und dem höchstgelegenen Lois. alectorietosum beträgt kaum 30 m. Verschiedene Beschattung und wechselnde Windexposition bilden die Ursache dieser Verdunstungs differenzen.

¹ Siehe Anmerkung S. 425, Tab. 36.

Besonders an stark windausgesetzten Orten ist für gleichbleibende Aufstellung der Atmometer Sorge zu tragen. Der Abstand vom Boden soll möglichst konstant sein. Versuche mit Picheatmometern zeigten folgende Resultate :

Im Laufe von 14 Tagen verdunsteten am gleichen Standort :

100 cm über dem Boden 202,2 ccm Wasser

60 » » » » 176,0 » »

10 » » » » 159,0 » »

Die *Durchlässigkeit* des Loiseleurietumbodens für Wasser ist sehr gut. Die Wurzeln der Spaliersträucher lockern den Boden, schaffen gute Luft- und Wasserzirkulation. Im grossen Mittel konnten folgende Einsickerungszeiten gemessen werden (Lois. cladinetosum) : je Liter Wasser : Minimum 1,1 Min.; *Mittel* : 1,5 Min.; Maximum 2,0 Min. Damit erreicht der von Zwergsträuchern besiedelte Boden die gute Wasser- und Luftdurchlässigkeit des Waldbodens.

Die *Dauer der Schneebedeckung* ist in den Loiseleurieten von Jahr zu Jahr stark verschieden. Eindeutig steht nur fest, dass der Schnee in dieser Assoziation am wenigsten lang liegen bleibt. Bei der Kontrolle der windgefeigten Loiseleurieten am N- und NE-Hang des Piz Albana waren am 10. März 1933 noch sämtliche Bestände schneebedeckt. Die Schneedecke ist im Lois. alectorietosum am dünnsten, in den etwas windgeschützteren Beständen des Lois. cladinetosum dagegen bedeutend mächtiger. Wenige sonnige Vorfrühlingstage vermögen diese Schutzdecke zu schmelzen. Im Frühjahr apert das Lois. alectorietosum zuerst aus, einige Tage später wird dann die cladonienreiche Subassoziatio schneefrei. Die Alpenazaleengesellschaft ist gewöhnlich schon grösstenteils vom Schnee entblösst, wenn die Empetreten beginnen ihr weisses Kleid abzustreifen, und erst viel später (minimal zwei Wochen) werden auch die Alpenrosenbestände über dem Walde von ihrer Schneedecke befreit.

Rückblick auf die Oekologie des Loiseleurietum cetrariosum.

Standortsfaktor	Loiseleurietum alectorietosum	Loiseleurietum cladinetosum
<i>Bodenserie</i>	Podsolserie in die Humussilikatbodenserie übergehend	Podsolserie, in die Humussilikatbodenserie übergehend
<i>Serienglieder</i>	<i>Rohböden</i> auf Moränen, sehr skelettreich. Nackter, vom Bestand übersponnener Fels. Wenig Feinerde <i>Aklimatische Humussilikatböden</i> mit wenig verwittertem Muttergestein, aber ziemlich hohem Humusgehalt	<i>Rohböden</i> , nicht oder selten vorkommend <i>Aklimatische Humussilikatböden</i> . In Uebergangsbständen Loiseleurietum alectorietosum → Loiseleurietum cladinetosum

Standortsfaktor	Loiseleurietum alectorietosum	Loiseleurietum cladinetosum
<i>Serienglieder</i>	Unreife, podsolige Braunerde mit ziemlich hohem Humusgehalt Humuspodsole (inkl. Eisen-Humuspodsole), seltener. Flachgründig, schlecht entwickelt	<i>Humusreiche, tiefgründigere podsolige Braunerden</i> <i>Humuseisenpodsole</i> , ziemlich häufig
<i>Bodenmächtigkeit</i>	Häufigster Wert zwischen 5 und 10 cm	Häufigster Wert um 40 bis 50 cm
<i>Bodenreaktion</i>	Wenig höher als pH 4.4	Um pH 4.4
<i>Humusgehalt</i>	Häufigste Werte zwischen 15 und 60 %	Häufigste Werte zwischen 35 und 75 %
<i>Verdunstung in Bodennähe</i>	Sehr gross. Höchster Wert in der Ordnung Rh. Vaccinietalia	Gross, aber deutlich kleiner als im Loiseleurietum alectorietosum
<i>Schneebedeckung</i>	Kürzeste innerhalb der Ordnung Rh. Vaccinietalia	Etwas länger als im Loiseleurietum alectorietosum

Literatur.

- Aarnio, B., und Stremme, H., 1924: Zur Frage der Bodenbildung und Bodenklassifikation. Agrogeol. Meddelanden, Helsingfors. No. 17.
- Amann, J. und Meylan, Ch., 1918: Flore des Mousses de la Suisse. Genève.
- Beger, H. R. E., 1922: Assoziationsstudien in der Waldstufe des Schanfiggs. Beih. des Jahresber. d. Naturf. Ges. Graubündens. Chur.
- Bharucha, F. R., 1933: Etude écolog. et phytosociolog. de l'association à *Brachypodium ramosum* et *Phlomis lychnitis* des Garigues languedociennes. Beih. z. Bot. Centralbl., Bd. 50, Abtg. 2, Heft 2.
- Braun-Blanquet, J., 1913: Die Vegetationsverhältnisse der Schneestufe in den Rätisch-Lepontischen Alpen. Denkschr. d. Schweiz. Naturf. Ges. Bd. 48.
- 1918: Eine pflanzengeographische Exkursion durchs Unterengadin. Beitr. zur geobot. Landesaufnahme Nr. 4.
- 1921: Prinzipien einer Systematik der Pflanzengesellschaften auf floristischer Grundlage. Jahrb. d. St. Gall. Naturf. Ges., Bd. 57.
- 1925: Zur Wertung der Gesellschaftstreue in der Pflanzensoziologie. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich, Jahrg. 70.
- unter Mitwirkung von Jenny, H., 1926: Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen. Denkschr. d. Schweiz. Naturf. Ges., Bd. 63.
- 1928: Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Biol. Studienbücher Nr. 7. Verlag J. Springer, Berlin.
- und Pavillard, J., 1928: Vocabulaire de sociologie végétale. 3^{me} éd., Montpellier.
- Braun-Blanquet, G., avec la collab. de Braun-Blanquet, J., 1931: Recherches phytogéographiques sur le massif du Gross-Glockner. Comm. n° 13, de la Station Intern. de Géobot. Méditerran. et Alpine, Montpellier.
- Brockmann-Jerosch, H., 1907: Die Flora des Puschlav. Leipzig.
- 1919: Baumgrenze und Klimacharakter. Beitr. zur geobot. Landesaufnahme, Nr. 6. Verlag Rascher & Co., Zürich.
- 1925: Die Vegetation d. Schweiz. Beitr. z. geobot. Landesaufnahme, Nr. 12. Verlag Rascher & Co., Zürich.

- Burger, H., 1922: Physikalische Eigenschaften von Wald- und Freilandböden. Mitt. d. Eidg. Zentralanst. f. d. forstl. Versuchswesen. I. Mittg., Bd. 8, Heft 1.
- 1927: II. Mittg., Bd. 14, Heft 2.
- 1929: III. Mittg., Bd. 15, Heft 1.
- 1926: Podsolboden im Schweizerwald. Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen.
- Charlier, C. V. L., 1920: Grundzüge der mathematischen Statistik. Verlag Scientia Lund.
- Cornelius, H. P., 1932: Geol. Karte der Err-Juliergruppe. 1:25 000. Spezialblatt 115. B. Ostblatt. Geol. Komm. d. Schweiz. Naturf. Ges.
- Flütsch, P., 1930: Ueber die Pflanzengesellschaften der alpinen Stufe des Berninagebietes. Jahresber. d. Naturf. Ges. Graubündens, Bd. 68.
- Frey, Alb., 1928: Anwendung graphischer Methoden in der Pflanzensoziologie. Hdb. der biol. Arbeitsmethoden (E. Abderhalden), Abtg. XI, Teil 5.
- Frey, E. d., 1922: Die Vegetationsverhältnisse der Grimselgegend im Gebiete der zukünftigen Stauseen. Mittg. d. Naturf. Ges. Bern, Heft 6 (1921).
- Frosterus, B., 1924: Die Klassifikation der Böden und Bodenarten Finnlands. Mémoires sur la nomencl. et la classific. des sols. Helsinki.
- Früh, J., 1930: Geographie der Schweiz. Bd. I. Fehrsche Buchhandlg., St. Gallen.
- Gams, H., 1918: Prinzipienfragen der Vegetationsforschung. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. in Zürich, Jahrg. 63.
- 1927: Von den Follatères zur Dent de Morcles. Beitr. zur geobot. Landesaufnahme. Nr. 15. Verlag Hans Huber, Bern.
- 1931/32: Die klimatische Begrenzung von Pflanzenarealen und die Verteilung der hygrischen Kontinentalität in den Alpen. Zeitschr. der Ges. für Erdkunde zu Berlin. Nr. 9/10 und 1/2, 5/6.
- Gessner, H., 1931: Der Boden des untersten Tessintales. Schweiz. Landw. Monatshefte, Heft 9.
- mit Siegrist, R., 1925: Bodenbildung, Besiedelung und Sukzession der Pflanzengesellschaften auf den Aareterrassen. Mittg. d. Aarg. Naturf. Ges., Heft 17.
- mit Siegrist, R., 1925: Ueber die Auen des Tessinflusses. Festschr. Carl Schröter. Veröffentlichung des Geobot. Institutes Rübel. Zürich, Heft 3.
- Gschwind, M. und Niggli, P., 1931: Untersuchungen über die Gesteinsverwitterung in der Schweiz. Beitr. zur Geologie der Schweiz. Geotechn. Serie, 17. Lieferung.
- Guyot, H., 1920: Le Valsorey, Esquisse de botanique géographique et écologique. Mat. pour le levé géobot. de la Suisse, N° 8. Verlag Rascher & Co., Zürich.
- Hager, P. K., 1916: Verbreitung der wildwachsenden Holzarten im Vorderrheintal (Kt. Graubünden). Erhebungen über die wildwachs. Holzarten in der Schweiz, Lief. 3.
- Heim, Alb., 1919: Geologie der Schweiz. 2 Bände. Verlag Chr. Herm. Tauchnitz, Leipzig.
- Jaccard, P., 1902: Lois de distribution florale dans la zone alpine. Bull. Soc. Vaudoise sc. nat., vol. 36, Lausanne.
- 1914: Etude comparative de la distribution florale dans quelques formations terrestres et aquatiques. Revue gén. de Bot., 26, 5, Paris.
- 1928: Die statistisch-floristische Methode als Grundlage der Pflanzensoziologie. Hdb. der biolog. Arbeitsmeth. (E. Abderhalden), Abt. XI, Teil 5.
- Jegerlehner, J., 1902: Die Schneegrenze in der Schweiz. Gerlands Beitr. zur Geophysik, Bd. 5, Heft 3, Leipzig.
- Jenny, H., 1926: Die alpinen Böden. Denkschr. d. Schweiz. Naturf. Ges., Bd. 63.
- 1930: Hochgebirgsböden. Hdb. der Bodenlehre, herausgeb. von E. Blanck. Bd. 3. Verlag J. Springer, Berlin.
- Jenny-Lips, H., 1930: Vegetationsbedingungen und Pflanzengesellschaften auf Felschutt. Beih. zum Bot. Centralbl., Bd. 46, II.

- Imhof, Ed., 1900: Die Waldgrenze in der Schweiz. Gerlands Beitr. zur Geophysik. Bd. 4, Heft 3, Leipzig.
- Johannsen, W., 1909: Elemente der exakten Erblchkeitslehre. Verlag Gustav Fischer, Jena.
- Kappen, H., 1929: Die Bodenazidität. Verlag J. Springer, Berlin.
- Keller, P., 1930: Postglaziale Waldperioden in den Zentralalpen Graubündens. Beih. zum Bot. Centralbl. Bd. 46, II.
- Koch, W., 1926: Die Vegetationseinheiten der Linthebene, unter Berücksichtigung des Verhaltens in der N-E-Schweiz. Jahrb. d. St. Gall. Naturf. Ges., Bd. 61, II.
- Krajina, V., 1933: Die Pflanzengesellschaften des Mlynica-Tales in den Vysoké Tatry. Beih. zum Bot. Centralbl., Bd. 50, Heft 3.
- Kylin, H., 1926: Ueber Begriffsbildung und Statistik in der Pflanzensoziologie. Botaniska Notiser, Lund.
- Lang, R., 1922: Die Verwitterung. Fortschritte der Mineralogie, Kristallographie und Petrographie. Bd. 7, Verlag Gustav Fischer, Jena.
- Leinigen, W., Graf zu, 1909: Ueber Humusablagerungen in den Kalkalpen. Naturw. Zeitschr. f. Forst- und Landwirtschaft. 6. Jahrg., Heft 11.
- 1911: Ueber das Vorkommen von Bleichsand und Ortstein in den Zentralalpen. Centralbl. f. d. ges. Forstwesen.
- 1912: Ueber Humusablagerungen im Gebiete der Zentralalpen. Naturw. Zeitschr. f. Forst- und Landwirtschaft, 10. Jahrg., Heft 10.
- Liez, H., 1903: Verteilung der mittleren Höhe in der Schweiz. Jahrb. d. Geogr. Ges. Bern, Bd. 18.
- Lindau, G., 1923: Die Flechten. Bd. 3. Verlag J. Springer, Berlin.
- Livingston, B. E. and Thone, F., 1920: A simplified, non absorbing mounting for porous porcelain atmometer. Science N. S. Vol. 52, No. 1334.
- Lüdi, W., 1919: Die Sukzession der Pflanzenvereine. Mittg. der Naturf. Ges. in Bern.
- 1921: Die Pflanzengesellschaften des Lauterbrunnentales und ihre Sukzession. Beitr. zur geobot. Landesaufnahme Nr. 9. Verlag Rascher & Co., Zürich.
- 1923: Die Untersuchung und Gliederung der Sukzessionsvorgänge in unserer Vegetation. Festband H. Christ. Verh. d. Naturf. Ges. Basel, Bd. 35, I. Teil.
- 1925: Die Ergebnisse von Verdunstungsmessungen im Lauterbrunnental (1917—1920). Festschrift Carl Schröter. Verlag Rascher & Co., Zürich.
- 1928: Der Assoziationsbegriff in der Pflanzensoziologie. Bibl. botanica, 96, Stuttgart.
- 1928: Beitrag zu den Beziehungen zwischen Vegetation und Zustand des Bodens im westlichen Berner Oberland. Ber. d. Schweiz. Bot. Ges., Heft 37.
- Maillefert, A., 1928: Les courbes de Willis: Répartition des espèces dans les genres de différentes étendues. Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat., 56.
- 1929: Le Coefficient générique de P. Jaccard et sa signification. Mémoires de la Soc. Vaud. Sc. Nat., vol. 3, N° 4, Lausanne.
- Maurer, J., Billwiler, R. und Hess, Cl., 1909: Das Klima der Schweiz. 2 Bände. Frauenfeld 1909/10.
- Meyer, Alf., 1926: Ueber einige Zusammenhänge zwischen Klima und Boden in Europa. Chemie der Erde, Bd. 2.
- Mörikofer, W., 1924: Beobachtungen zur Theorie des Malojawindes. Jahrb. d. Naturf. Ges. Graubündens. Bd. 63.
- Niggli, P., 1925: Die chemische Gesteinsverwitterung in der Schweiz. Schweiz. min.-petrogr. Mittgg., Bd. 5, Heft 2.
- de Quervain, F. und Winterhalter, R. U., 1930: Chemismus schweiz. Gesteine. Beitr. zur Geologie der Schweiz. Geotechn. Serie, 14. Liefg., Bern
- Pallmann, H., 1930: Die Wasserstoffaktivität in Dispersionen und kolloid-dispersen Systemen. Kolloidch. Beih., Bd. 30, Heft 8—12.

- Pallmann, H., 1930 : Zusammenhang zwischen der aktuellen Azidität, dem Gesamthumus und dem Gehalte an dispergierbarem Humus. Comm. n° 9 de la Stat. Intern. de Géobot. Méditerran. et Alpine, Montpellier.
- 1932 : Der Boden, seine Entstehung und seine Eigenschaften. Schweizer-Bauer. April-Sondernummer.
- 1931 : Ueber Hydratation und Quellung. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. in Zürich, Jahrg. 76.
- Pallmann, H. und Zobrist, L., 1932 : Bestimmung des Kohlenstoffgehaltes in Böden. Ber. der Schweiz. Bot. Ges., Bd. 41, Heft 1.
- 1933 : Die Bodentypen der Schweiz. Mittgg. aus dem Gebiet der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene, Bd. 24, Heft 1—2.
- Pavillard, J., 1922 : Cinq ans de Phytosociologie. Montpellier.
- 1923 : De la Statistique en Phytosociologie, Montpellier.
- 1925 : Controverses phytosociologiques, Montpellier.
- Raunkiaer, C., 1905 : Types biologiques pour la Géographie botanique. Bull. Acad. r. sc., Danemark.
- Rikli, M., 1909 : Die Arve in der Schweiz. Neue Denkschr. d. Schweiz. Naturf. Ges., Bd. 44.
- Roth, A., 1919 : Die Vegetation des Walenseegebietes. Beitr. zur geobot. Landesaufnahme Nr. 7. Verlag Rascher & Co., Zürich.
- Rübel, E., 1908 : Untersuchungen über das photochemische Klima des Berninahospizes. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. in Zürich, Jahrg. 53.
- 1912 : Pflanzengeographische Monographie des Berninagebietes. Englers Bot. Jahrb., 47.
- Schinz, H. und Keller, R., 1923 : Flora der Schweiz. I. Teil : Exkursionsflora, IV. Auflage, 1914 : II. Teil : Kritische Flora, III. Auflage. Verlag Alb. Raststein, Zürich.
- Schmid, E., 1930 : Vegetationskarte der oberen Reusstäler. Beitr. zur geobot. Landesaufnahme der Schweiz, Nr. 18. Verlag Hans Huber, Bern.
- Schnyder, Alb., 1930 : Floristische und Vegetationsstudien im Alviergebiet. Beibl. zur Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. in Zürich, Nr. 17, Jahrgang 75.
- Schröter, C., 1926 : Das Pflanzenleben der Alpen. 2 Bände. Verlag Alb. Raststein, Zürich.
- Schwickerath, M., 1929 : Die Gruppenabundanz, ein Beitrag zur Begriffsbildung der Pflanzensoziologie. Englers Bot. Jahrb., Bd. 64, Heft 1.
- Staub, R., 1917/18 : Geol. Karte des Val Bregaglia, 1 : 50 000.
- Tamm, O., 1931 : Studien über Bodentypen und ihre Beziehungen zu den hydrologischen Verhältnissen in N-schwedischen Waldterrains. Meddel. fran Statens Skogsförsöksanst., Häfte 26, No. 2.
- Theobald, G., 1854 : Geol. Karte Sondrio-Bormio, 1 : 100 000, Blatt XX.
- Walter, H., 1928 : Verdunstungsmessungen auf kleinstem Raum in verschied. Pflanzengesellschaften. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. 68, Heft 2.
- Wiegner, G., 1918 : Boden und Bodenbildung in kolloidch. Betrachtung. Verlag Th. Steinkopff, Dresden und Leipzig.
- 1926 : unter Mitwirkung von H. Jenny : Anleitung zum quantit.-agrikult.-chem. Praktikum. Sammlung naturw. Praktika. Verlag Gebr. Borntraeger, Berlin.
- 1927 : Neuere Bodenuntersuchungen in der Schweiz. Schweiz. Landw. Monatshefte, Heft 8 f.
- und Pallmann, H., 1929 : Ueber Wasserstoff- und Hydroxylschwärmionen um suspendierte Teilchen und dispergierte Ultramikronen. Verh. der II. Komm. der Intern. Bodenk. Ges. Budapest, II. Teil.
- und Pallmann, H., 1930 : Ueber den Suspensionseffekt. Ergebnisse der Agrikulturchemie, Bd. II. Verlag Chemie G. m. b. H., Berlin.