

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 126 (1975)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Baumarten an der alpinen Waldgrenze in der Schweiz  
**Autor:** Kuoch, R. / Schweingruber, F.H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-765197>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 08.02.2025

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

# Baumarten an der alpinen Waldgrenze in der Schweiz

Von R. Kuoch, Spiez, und F. H. Schweingruber, EAFV, Birmensdorf

Oxf.: 181.1 : 182.3

## 1. Einleitung

Als vor 150 Jahren K. A. Kastrofer mit seinen Beschreibungen der Wälder in den Alpen begann, ahnte wohl niemand, dass dies der Initialpunkt vieler Forschungen von Förstern, Botanikern und Naturfreunden sein werde. Mehrere Autoren, darunter A. de Candolle und O. Heer, beschrieben die Pflanzenwelt bestimmter Gegenden oder widmeten sich arealkundlichen wie vegetationsgeschichtlichen Studien. Den Stand des Wissens fasste H. Christ (1878) im heute noch sehr lesenswerten «Pflanzenleben der Schweiz» zusammen. Im ersten Viertel des 20. Jahrhunderts begann mit den Standardwerken «Pflanzenleben der Alpen» von C. Schröter und «Geologie der Schweiz» von Albert Heim die eigentliche Ära der Erforschung der Alpen. Den letzten grossen Markstein in der geobotanischen Forschungsgeschichte der Alpen setzte J. Braun-Blanquet, der Begründer der modernen Pflanzensoziologie, mit seinem Werk über die Pflanzengesellschaften im Nationalpark.<sup>1</sup> Im folgenden versuchen wir einige Ergebnisse von Arealkunde und Pflanzensoziologie in Beziehung zur Verbreitung der Waldgrenzbäume und der Bewirtschaftung der Wälder zu setzen, wobei die Verhältnisse in den nördlichen Voralpen besonders beachtet werden.

## 2. Die heutige Verbreitung der Baumarten an der Waldgrenze

### 2.1 Das eurosibirische Areal

Die folgenden Verbreitungskarten (Abbildungen 1 bis 5) sind den Werken von Walter und Straka (1970) und Meusel et al. (1965) entnommen.

Es ist längstens bekannt, dass die Verbreitungsareale der Pflanzen zum Teil Ausdruck ihrer ökologischen Konstitution sind. Alle in der subalpinen Stufe und der borealen Zone waldbildenden Arten sind an das rauhe Klima adaptiert.

<sup>1</sup> Siehe dazu die forschungsgeschichtliche Arbeit von Furrer, 1962.

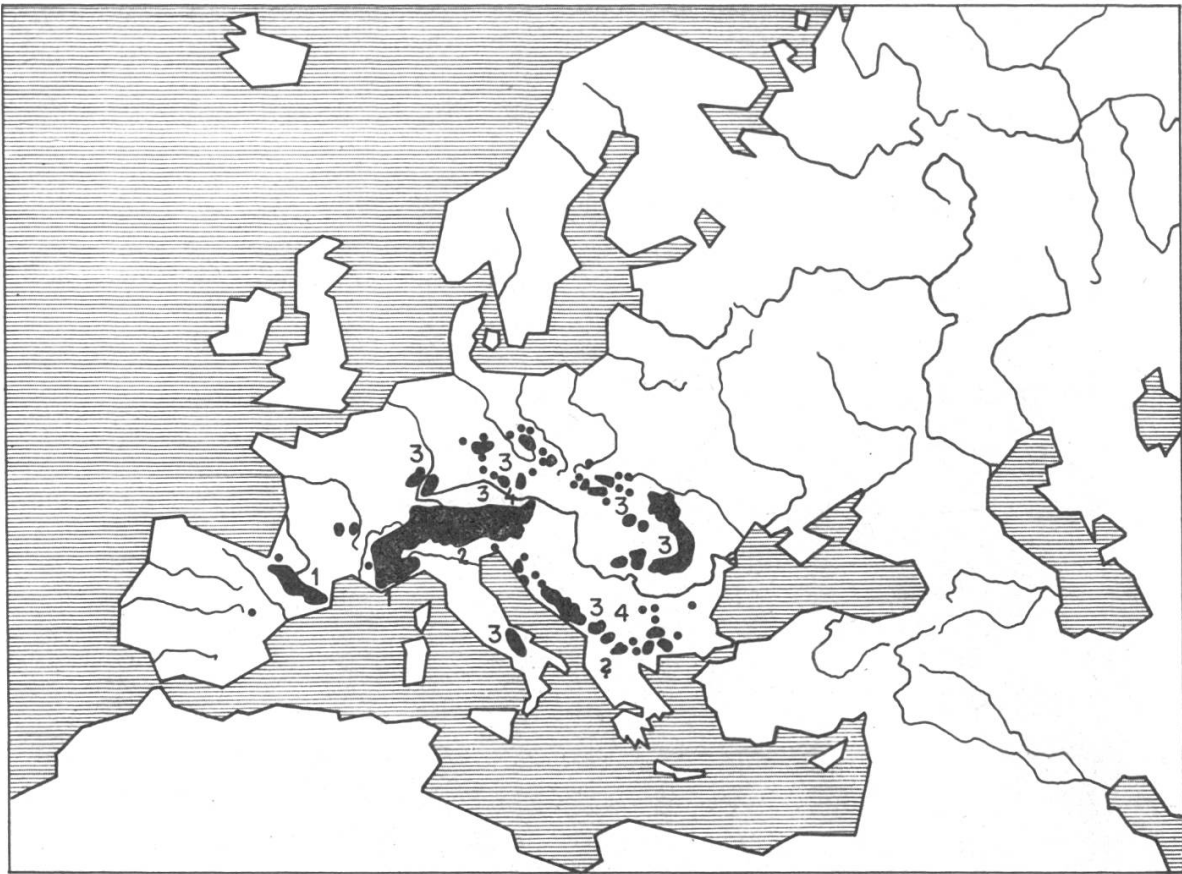


Abbildung 1. Verbreitung der Bergföhre (*Pinus mugo*) und deren Unterarten: 1 ssp. *uncinata rostrata*, 2 ssp. *uncinata rotundata* (1 und 2 aufrechte Bergföhre), 3 ssp. *pumilo*, 4 ssp. *mughus* (3 und 4 Legföhre).

Typisches Areal einer mitteleuropäisch-alpinen Verbreitung



Abbildung 2. Verbreitungsgebiet der Fichte: Im Süden *Picea abies*, im Norden *Picea obovata*. Übergangsformen befinden sich im Kontaktgebiet der beiden Arten (Dreieck: *Picea obovata*, Kreis: *Picea abies*).

Boreales Florenelement

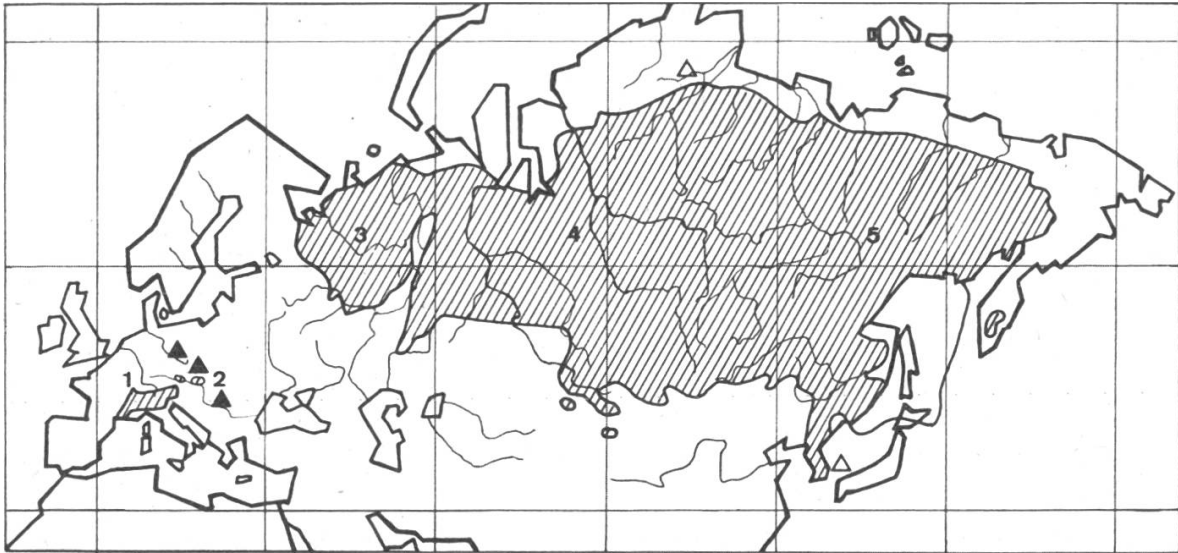


Abbildung 3. Verbreitung der Lärche: 1 *Larix decidua*, 2 *Larix decidua* var. *polonica*, 3 *Larix sukaczewii*, 4 *Larix sibirica*, 5 *Larix dahurica*.

Boreal östliches Florenelement

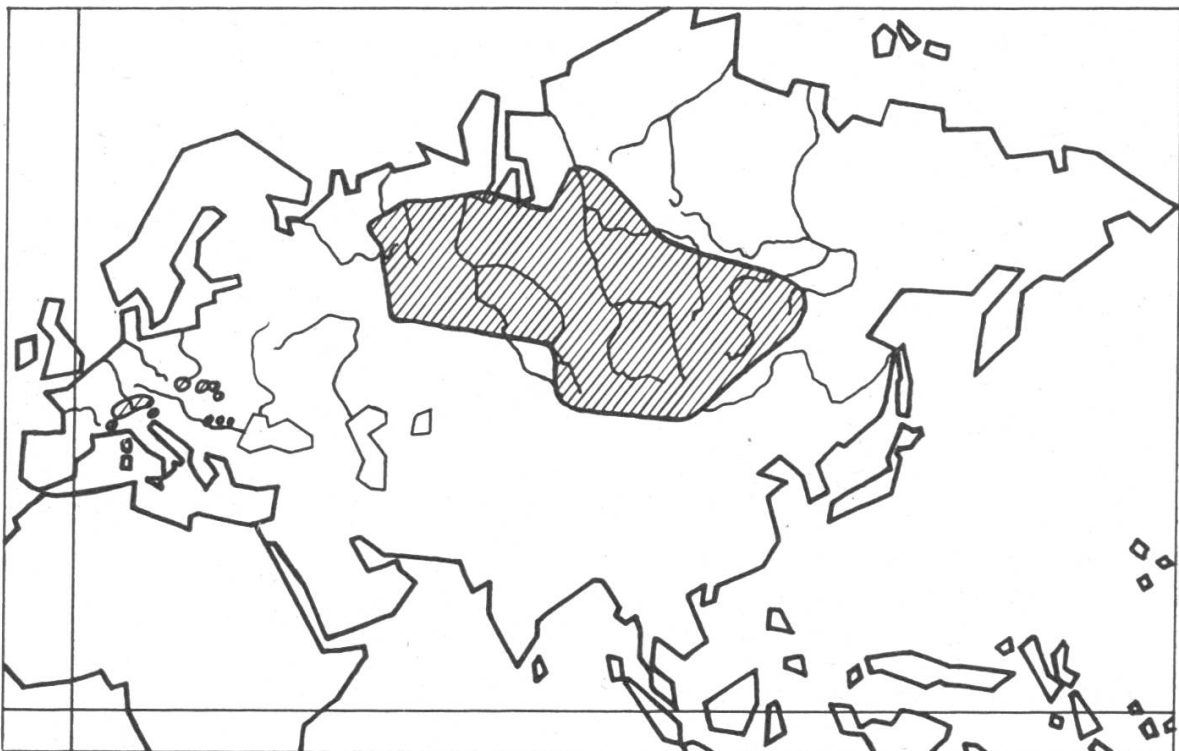


Abbildung 4. Verbreitung der Arve (*Pinus cembra*): Hauptareal im sibirischen Raum, Exklaven in den Karpaten und den Alpen.

Boreal östliches Florenelement



Die Bergföhre ist mit ihrem Areal auf die mitteleuropäischen Gebirge beschränkt. Sie reicht von den Pyrenäen im Westen bis zu den Karpaten im Osten. Kleinere Teilareale befinden sich im Apennin, den Dinariden und in den deutschen Mittelgebirgen. Arve, Lärche und Fichte dagegen sind typische Vertreter der borealen Nadelwaldregion, der Taiga. Fast ohne Verbreitungslücke erstreckt sich das Areal der europäischen Fichte von Russland bis an die Pyrenäen im Westen. Dank ihrer hohen Konkurrenzkraft bei ozeanischem Klima dringt sie im Norden bis nahe an die Küste und vermag sich in den Alpen auch in den entsprechend niederschlagsreichen Voralpen durchzusetzen. Die Lärche und die Arve dagegen beweisen durch ihre Areale eine kontinentale Verbreitung. Sie setzen sich nur dort durch, wo der Fichte physiologische Grenzen gesetzt sind. Winzig klein sind die Teilareale in den mitteleuropäischen Gebirgen gegenüber den Hauptarealen in Russland und Sibirien.

## 2.2 *Das schweizerische Areal*

Jedem Beobachter ist klar, dass auch das alpine, schweizerische Areal der einzelnen Arten nicht geschlossen ist. Zur kartographischen Darstellung dieser Verhältnisse fehlen uns aber in vielen Fällen die genauen Angaben über die natürliche Verbreitung. Über das schweizerische Arvenareal hat *Rickli* (1909) umfassende Erkenntnisse aus der Schweiz vermittelt. *Tschermak* (1935) berichtet über die natürliche Verbreitung der Lärche in Österreich. *Schmid* (1950) gibt in der Vegetationskarte der Schweiz die meisten Standorte der Waldgrenzbaumarten an; es ist jedoch nicht immer möglich, die natürlichen Verhältnisse zu rekonstruieren.

Ähnlich wie die Areallagen im eurosibirischen Kontinent verhalten sich die Areale in den Alpen. Die Schwerpunkte der Lärchen- und Arvenverbreitung befinden sich auch in den Alpen in kontinentalen Gebieten, in den inneralpinen Trockentälern. Die Lärche tritt aber auch im insubrischen Klima mit den heftigen Regengüssen, dem nachfolgend klaren Himmel, der Nebelarmut und der hohen Bodenfeuchte waldbildend auf. Die Arve kommt dagegen, weit über das natürliche Areal herausgreifend, inselartig, nicht gürtelbildend in den nördlichen Voralpen vor, worin die Gebundenheit an bestimmte Lokalstandorte zum Ausruck kommt. Der Schwerpunkt der natürlichen Verbreitung der europäischen Fichte liegt, gleich wie im hohen Norden, auch in Mitteleuropa ausserhalb des kontinentalen Klimabereiches, nämlich in den winterkalten ozeanischen Gebirgstteilen.

Die Bergföhre besitzt kein Gegenstück im borealen Waldgürtel. Aus ihrem Areal ist aber zu deuten, dass sie eine Mittelstellung zwischen Fichte einerseits und Lärche und Arve andererseits einnimmt, tritt sie doch im Westen bis in den Jura hinein auf.

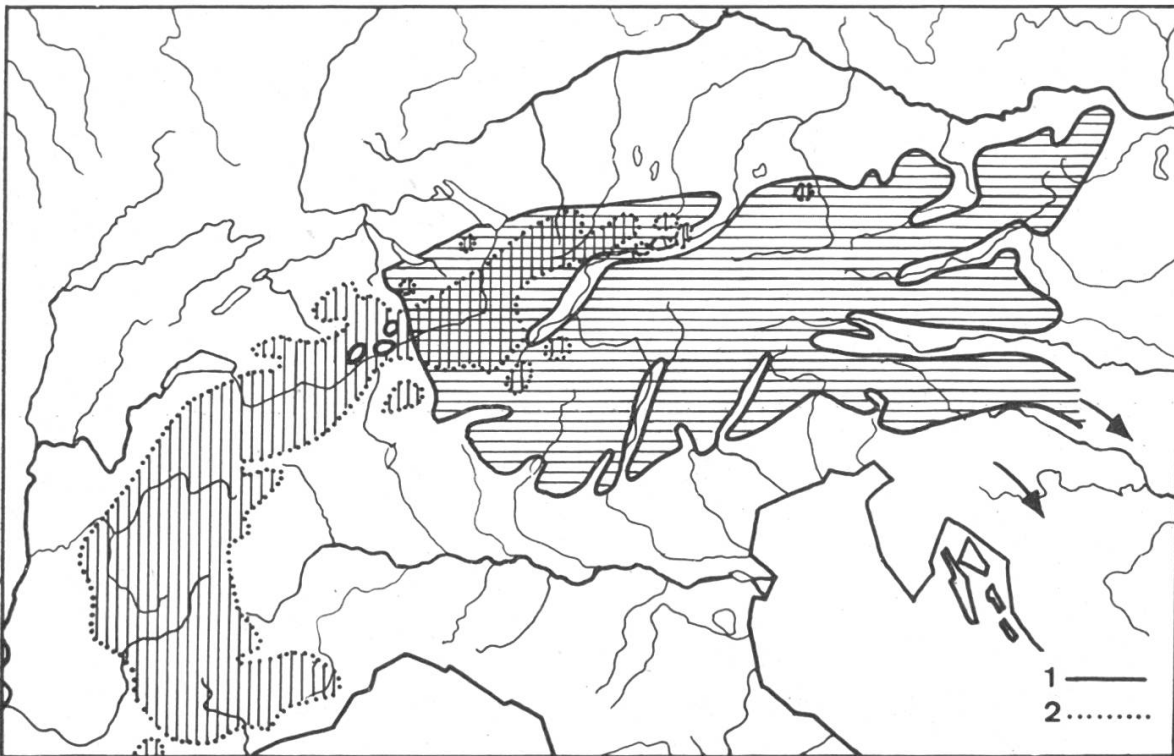


Abbildung 5. Alpines Areal von *Pinus mugo*: 1 *grex prostrata*, Legföhre, 2 *grex arboresca*, aufrechte Bergföhre

### 3. Das ökologisch-soziologische Verhalten der Baumarten im obersten Waldgürtel der Schweiz

Die Höhenanordnung des obersten Waldgürtels wird auf einem Querprofil durch den Alpenbogen massgeblich bestimmt durch die mit der sogenannten Massenerhebung korrelierten Assimilationsbedingungen (Ellenberg, 1963). Täglich und jahreszeitlich hohe Temperaturschwankungen (relativ hohe Sommerwärme, ausgeprägte Winterkälte, relativ geringe Niederschläge und geringe Bewölkung), das heisst der gebirgskontinentale Klimacharakter der oberen subalpinen Stufe der Inneralpen und der nördlichen/südlichen Zwischenalpen begünstigen den Lärchen-Arvenwald, der hier zwischen 1900 und 2300 bzw. 2100 m ü. M. bis zur Klimaxausbildung vorkommt.

In den nördlichen Voralpen, bei ozeanischem Klimaeinschlag (relativ hohe Niederschläge, Bewölkung mit relativ ausgeglichenem Tageslauf) bilden je nach den örtlichen Standortbedingungen (siehe nächster Abschnitt) Arve, Bergföhre oder Fichte die Waldgrenze. Diese sowie die obere subalpine Höhenstufe gesamthaft liegen aber tiefer, nämlich 1600 bis 1900 m ü. M. Die gebirgsozeanische Klimatönung, inbegriffen die südlichen, schwach insubrisch getönten Voralpen (Sopraceneri mit obersubalpin starker Lärchenvertretung, zwischen 1700 und 1900 m ü. M.), bedingt zu einem wesentlichen Teil das von den inneren Tälern erheblich abweichende

Muttergestein, resp. Unterlage	Verwertbarer Nährstoff- gehalt	Biologische Gründigkeit	Höhenamplitude der Stufe					
			-	1800 - 1900	1900 - 2100	1900 - 2250	1900 - 2150	1750 - 2000
Hartkalk Karbonat Weichkalk	gering	flach	Stufe fehlt den äusseren Gebieten	BFö		BFö		Stufe fehlt den äusseren Gebieten
	reich	mittel		BFö			Lä	
Mischgesteine (fleyschartig)	reich	tief		Fi	Lä, Ar		Fi	
	Weichsilikat Silikat Hartsilikat	mittel gering		mittel bis tief flach	Ar			
Torf Anmoor Hochmoor	gering bis sehr gering	flach bis sehr flach		BFö		BFö		
Gebiet/Region			Nördliche Voralpen	Nördliche Zwischen- Alpen	Inneralpen	Südliche Zwischen- Alpen	Südliche Voralpen	
Beispiele von Oertlichkeiten			Ricken Röthenbach Glarus Frutigen	Kleine Scheidegg/ Rhäzüns Klosters Grimseisee	Zuz Zermatt	Faido Olivone	Maggia Roverendo Lugano	

Abbildung 6. Die Baumartenanteile der natürlichen Schlussgesellschaften in der oberen subalpinen Stufe der Schweiz

Konkurrenzverhalten der Waldgrenzbäume und die Höhenverschiebung der oberen subalpinen Stufe. Gemeinsam ist den gebirgskontinentalen und den gebirgsozeanischen Abschnitten aber die Zugehörigkeit zum borealen Florenreich.

Eine stark schematisierte Übersicht über die Waldgrenzbäume der Schweiz und ihrer Standorte gibt Abbildung 6.

### 3.1 Fichte (*Picea abies*)

In der Schweiz sind die Fichtengesellschaften an der oberen Waldgrenze nicht untersucht. Wir müssen uns deshalb auf wenige Hinweise beschränken.

Nicht nur arealmässig, sondern auch ökologisch hat die Fichte einen weiten Spielraum. Die maximale Höhenamplitude wird in den Voralpen erreicht. Auf anmoorigen Böden findet sich hier die Fichte von den oberen subalpinen bis hinab in die unteren montanen Lagen, auf feinerdearmen

Block- und Felsstandorten immerhin noch von der subalpinen bis obermontanen Stufe. Ausserdem laufen einige Vegetationsentwicklungen auf Erosions-, Rutsch- und Auflandungsböden über Fichten- oder fichtenreiche Gesellschaften. Ferner beteiligt sich die Fichte am natürlichen Aufbau vieler Waldgesellschaften, vor allem in Mischungen mit Buche, Tanne, Ahorn, Föhre, Lärche und Arve. Als Klimaxgesellschaften beherrschende Baumart finden wir die Fichte in der oberen montanen Stufe der Inneralpen, in der unteren subalpinen Stufe der nördlichen Voralpen, der Zwischen- und Inneralpen sowie auf tiefgründigen, wuchskräftigen Böden der südlichen Voralpen (Sopraceneri).

Allgemein vermag sich die Fichte gegenüber Bergföhre und Föhre bis zur Grenze ihres ökologischen Bereichs zu behaupten; im zu kontinentalen Standortsbereich tritt sie im Konkurrenzkampf gegenüber Lärche und Arve zurück. Und wo es Buche, Ahorn und Tanne zusagt, kann sich die Fichte nicht durchsetzen. Im ökologischen und konkurrenzmassigen Überlappungsbereich kommt es oft zu höchst interessanten, teils dauerhaften, teils kurzlebigen Mischbestockungen.

### 3.2 *Bergföhren (Pinus mugo)*

Gross ist die Unsicherheit der Botaniker über die Systematik der Bergföhren. Sollen Zapfenformen, Nadelquerschnitte, Pollenformen oder Baumformen zur Klassierung herangezogen werden? Da sich bis heute keine Merkmalkombinationen ermitteln liessen, die eine eindeutige Klassierung ermöglichen, wird der Einfachheit halber heute oft nur die aufrechte von der niederliegenden Bergföhre (Legföhre) unterschieden. Aus vegetationskundlicher Sicht kann diese Trennung verantwortet werden, deckt sie sich doch weitgehend mit ökologisch-pflanzensoziologischen Befunden.

#### 3.2.1 *Aufrechte Bergföhre oder Bergföhre (Pinus mugo, grex arborea)*

Im Vergleich zu den Vegetationseinheiten im Bereiche von Lärche, Arve und rostblättriger Alpenrose ist die pflanzensoziologische Systematik der Gesellschaften mit Bergföhre kompliziert; denn sie besitzt ein äusserst breites ökologisches Spektrum. Wir treffen sie an auf initialen Kalkschutthalden wie auf Rendzinen mit mächtiger Mor-Auflage, sowohl auf trockenen wie vernässten Standorten. Andererseits gedeiht sie auch auf sauren Gesteinen in trockenen wie nassen, flach- wie tiefgründigen Böden. Wäre ihr in den Voralpen die Fichte an gemässigten Standorten konkurrenzmassig nicht überlegen, würde sie wohl fast alle waldfähigen Standorte der subalpinen Stufe besiedeln. Wir treffen sie heute überall dort an, wo die ökologische Amplitude der Fichte überschritten ist.

Werden alle waldfähigen Standorte von Fichte und Bergföhre beachtet, so ergibt sich in der oberen subalpinen Stufe der Voralpen bzw. in der unteren subalpinen Stufe der Inneralpen folgende ökologische Verteilung:

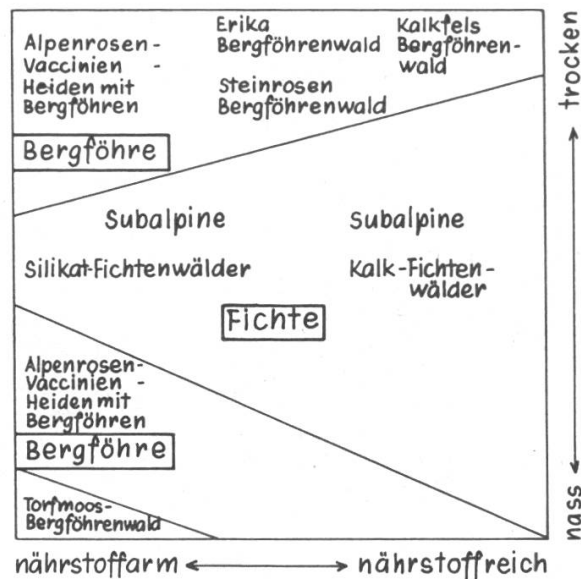


Abbildung 7. Ökogramm der Bergföhre und Fichte in Beziehung zu den wichtigsten Pflanzengesellschaften in der subalpinen Stufe der nördlichen Voralpen und der Inneralpen.

Am besten vermögen die Standorte an übersteilen Hartkalk-Felswänden die Widerstandskraft der Bergföhre gegenüber Extremfaktoren zu verdeutlichen (Kerner-Mugetum = Kugelschötchen-Bergföhrenwald in den Voralpen, Carici humilis-Pinetum = Seggen-Föhrenwald, Bergföhren- und Bärentrauben-Varianten, in den Inneralpen). Einzelne Exemplare können sich in den Felsspalten halten, obwohl im Winter keine schützende Schneedecke die Pflanzen vor stürmischen Winden und tiefen Temperaturen schützt. Im Sommer sind diese Standorte extrem trocken. Das Regenwasser fließt sofort ab, und die volle Sonneneinstrahlung erzeugt an den hellen Wänden hohe Temperaturen. Zu einer eigentlichen Bodenbildung kommt es nicht, da die Nadelstreue abrutscht. Die Artenkombination ist ganz eigenartig: Felsspaltenpflanzen in Kombination mit Bäumen. An weniger extremen Standorten auf Kalk, wo die Fichte noch nicht konkurrenzfähig ist, wird die Bergföhre an Schatthängen von der behaarten Alpenrose (Rhododendro hirsuti-Mugetum = Steinrosen-Bergföhrenwald) und an den Sonnenhängen von Erika (Erico-Mugetum = Erika-Bergföhrenwald) begleitet. In den nördlichen Voralpen sind die Nordlagen-Föhrenwälder selten, sie bilden dagegen im Nationalpark (Inneralpen) ausgedehnte Bestände. Da auch im Jura Bergföhrenflächen bestehen, aber ohne Erika, fragen wir einmal nach der ökologischen Amplitude dieser Zwergstrauchart.

Aus nicht eindeutig erklärbaren Gründen ist das Areal des Erikas begrenzt. Es fehlt im ganzen Jura völlig, tritt in den nördlichsten Randketten der Alpen spärlich auf, erlangt in mittleren Teilen der nördlichen Voralpen mässige Vitalität und entfaltet erst in den inneren Teilen der Alpen die volle Lebenskraft.



An Orten mit verkürzter Vegetationsperiode, zum Beispiel an spät ausapernden Stellen, ist die ökologische Amplitude des Erikas beschränkt. Auf gutdurchlüfteten kalkreichen Böden breitet sich Erika gut aus. Auf nährstoffreicher, feinerdereicher Unterlage könnte es wohl gut gedeihen — wer kennt die hübschen Erika-Gruppen in unseren Gärten nicht? —, wird aber meistens von konkurrenzstärkeren Gräsern verdrängt. Viel umstritten ist die Frage, ob Erika auch auf saurer Unterlage gedeihen kann. Im Prinzip ja. Selbst auf bis 50 cm dicken Rohhumusdecken über Kalk bildet die flachwurzelnartige Art dichte Teppiche. Nie haben wir jedoch Erika auf granitischen Gesteinen angetroffen. Treten wir über die «Säuregrenze» des Erikas hinaus, wird die Zwergstrauchdecke von Vaccinien und Alpenrosen aufgebaut. Wir befinden uns hier schon im Bereich des grossen Komplexes der Alpenrosen-Vaccinien-Gesellschaften und der Torfmoos-Bergföhrenwälder.

### 3.2.2 Legföhre (*Pinus mugo*, *grex prostrata*)

Über weite Strecken der Karpaten und der Ostalpen bedeckt das fast undurchdringliche Gebüsch der Legföhren die standörtlich schlechten Bergänge, sei es nun auf Granit, Dolomit oder Kalkgestein. Obwohl sie noch ärmere, extremere Standorte als die aufrechte Bergföhre zu besiedeln vermag, konnte sich die Legföhre westlich der Grimsel nicht mehr durchsetzen. Bloss einige kleine, halbniederliegende Gruppen reichen im Westen bis an den Col de Pillon heran.

Hat das Knieholz aber einmal an Hängen oder auf Weiden Fuss gefasst, so verändert sich die Vegetation rasch. Wo anfänglich noch Erika oder die behaarte Alpenrose ein karges Dasein unter der dichten, Sonne und Niederschläge abhaltenden Krone fristen, werden sie doch bald von der säureliebenden Heidelbeere verdrängt, denn durch die intensiv anfallende Nadelstreue wird rasch eine dichte Rohhumusaufgabe gebildet, in der nur noch Spezialisten genügend Nährstoffe finden.

### 3.3 Arve und Lärche (*Pinus cembra* und *Larix decidua*)

Bei der Suche nach pflanzensoziologischen Arbeiten aus den Alpen wie bei der Durchsicht älterer Reisebeschreibungen fällt auf, wie oft die Arven-Lärchen-Standorte in der Schweiz beschrieben worden sind. In kaum einer Studie wird nach den Unterschieden der Bestände in verschiedenen Gebieten oder auf verschiedenen Unterlagen gefragt. Aus diesen Beschreibungen geht hervor: Die Arve und die rostblättrige Alpenrose gehören zusammen. Es sind die Hauptkomponenten des Lärchen-Arvenwaldes oder der Alpenrosen-Vaccinien-Gesellschaft (Rhododendro-Vaccinietum). So vielfältig wie die Namengebung — es wurden einschliesslich Untereinheiten mehr als 30 Namen verwendet — ist auch die ökologische Breite und die floristische Zusammensetzung der Gesellschaft. Über *einen* Standortfaktor sind sich alle Autoren im klaren: Die Bestände, seien sie nun von Bäumen bestockt oder seien es offene Zwergstrauchheiden, gedeihen vor allem auf einer sau-

ren Unterlage. Da sich die Alpenrose-Vaccinien-Heide besonders auf Kalkgestein erst nach dem Aufbau einer meistens mächtigen Mor-Auflage durchzusetzen vermag, sich dann bei gleichbleibenden Umweltbedingungen kaum mehr verändert, wird die Alpenrosen-Vaccinien-Gesellschaft ganz allgemein als Klimaxgesellschaft bezeichnet. Es entstehen aber je nach Substrat (Kalk-Silikat), nach Drainage- und Niederschlagsverhältnissen und Baumbestand Pflanzengesellschaften mit einer relativ kleinen Anzahl Arten, die noch auf einen früheren Entwicklungszustand hinweisen. Mit anderen Worten: In dieser Klimaxgesellschaft existieren viele Untereinheiten, welche noch reliktsche Arten früherer Sukzessionsstufen enthalten. Falsch wäre der Begriff Klimax für ein Zwergstrauchgebüsch aus rostblättrigen Alpenrosen, das direkt auf Silikatschutt in Lawinenzügen entsteht. Wohl sind hier fast alle Vertreter der Endentwicklungsstufe vorhanden, doch wird sich hier nie ein Wald bilden, und der Boden wird sich nur gering weiterentwickeln.

#### 4. Die Standorte der Waldgrenzbäume in den schweizerischen Alpen

Im Rahmen dieser kleinen Arbeit ist es nicht möglich, die vielen Beziehungen Baum—Standort auch nur anzuschneiden. *Aulitzky* (1963) fasste die Erkenntnisse über die Standortsansprüche der Arve, Lärche und Fichte in Beziehung zu ihrer Ökologie und Physiologie zusammen. *Kuoch* (1970) hat tabellarisch den Standortsbereich und die forstlichen Eigenschaften von Jungpflanzen dargestellt. Hier versuchen wir die Standorte der Bäume im Lichte bodenkundlicher und pflanzensoziologischer Forschungen zu charakterisieren.

Seit alters wissen wir, dass die Arve vor allem im Engadin und Wallis zu Hause ist und meistens mit der rostblättrigen Alpenrose auftritt. Bergföhren dagegen sind im Engadin wie in den nördlichen Voralpen gleichermassen verbreitet und stehen oft in lebenskräftigen Beständen von Erika und behaarter Alpenrose (*Erico-Mugetum* in Südexposition, *Rhododendro hirsuti-Mugetum* in Nordexposition). Versuchen wir aber alle Standorte und Artenkombinationen zu erfassen, so wird das zitierte stereotype Bild arg verwischt, und nur umfangreiche Untersuchungen lassen eine Ordnung in der Vielfalt der Erscheinungen erkennen.

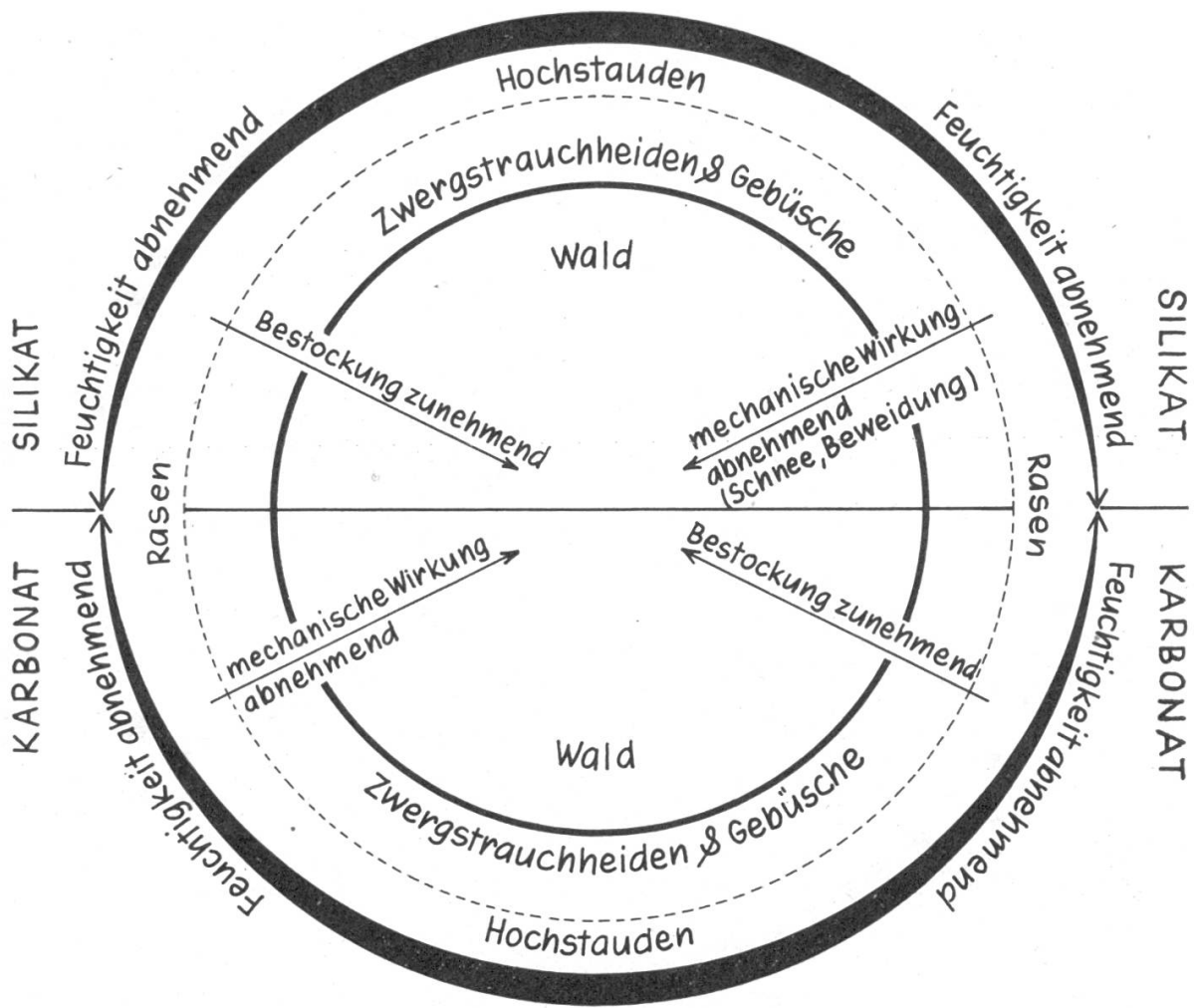
##### 4.1 Die Alpenrosen-Vaccinien-Gesellschaft<sup>2</sup>

Am Beispiel der Alpenrosen-Vaccinien-Gesellschaft seien einige ökologisch-soziologisch-floristische Zusammenhänge aufgezeigt.

An der vom Menschen seit Jahrhunderten genutzten Waldgrenze ist der Faktor Beweidung, das heisst Eliminierung der Bäume, Vernichtung der Rohhumusdecken, Bodenverdichtung und anderes mehr, für die Abwandlung der Gesellschaft und in deren Folge die mechanische Schneewirkung verant-

<sup>2</sup> Vergleich mit *Ellenberg* und *Klötzli*, 1972, siehe unter Abbildungen 9 und 12.





Berner oberes  
Nördliche Voralpen

Engadin  
Inneralpen

ozeanisch geprägtes Klima  
westliche Florenelemente →

← kontinental geprägtes Klima  
östliche Florenelemente

Abbildung 8. Die wichtigsten Standortsfaktoren in der Alpenrosen-Vaccinien-Gesellschaft.

wortlich. Bei Beweidung finden sich mehr oder weniger Rasenarten in den Bestandeslücken der Alpenrosen-Vaccinien-Gesellschaft, nämlich auf Kalk solche der Blaugrashalden, auf Silikat vor allem solche der Borstgrasrasen.

Immer kommt der Faktor Bodenfeuchtigkeit im Artengefüge zum Ausdruck. Die anspruchslosesten, das heisst säureunempfindlichen Arten aus der Gruppe der Hochstaudenfluren und Grünerlengbüsche sind noch vorhanden, wenn auch nicht mit voller Vitalität.

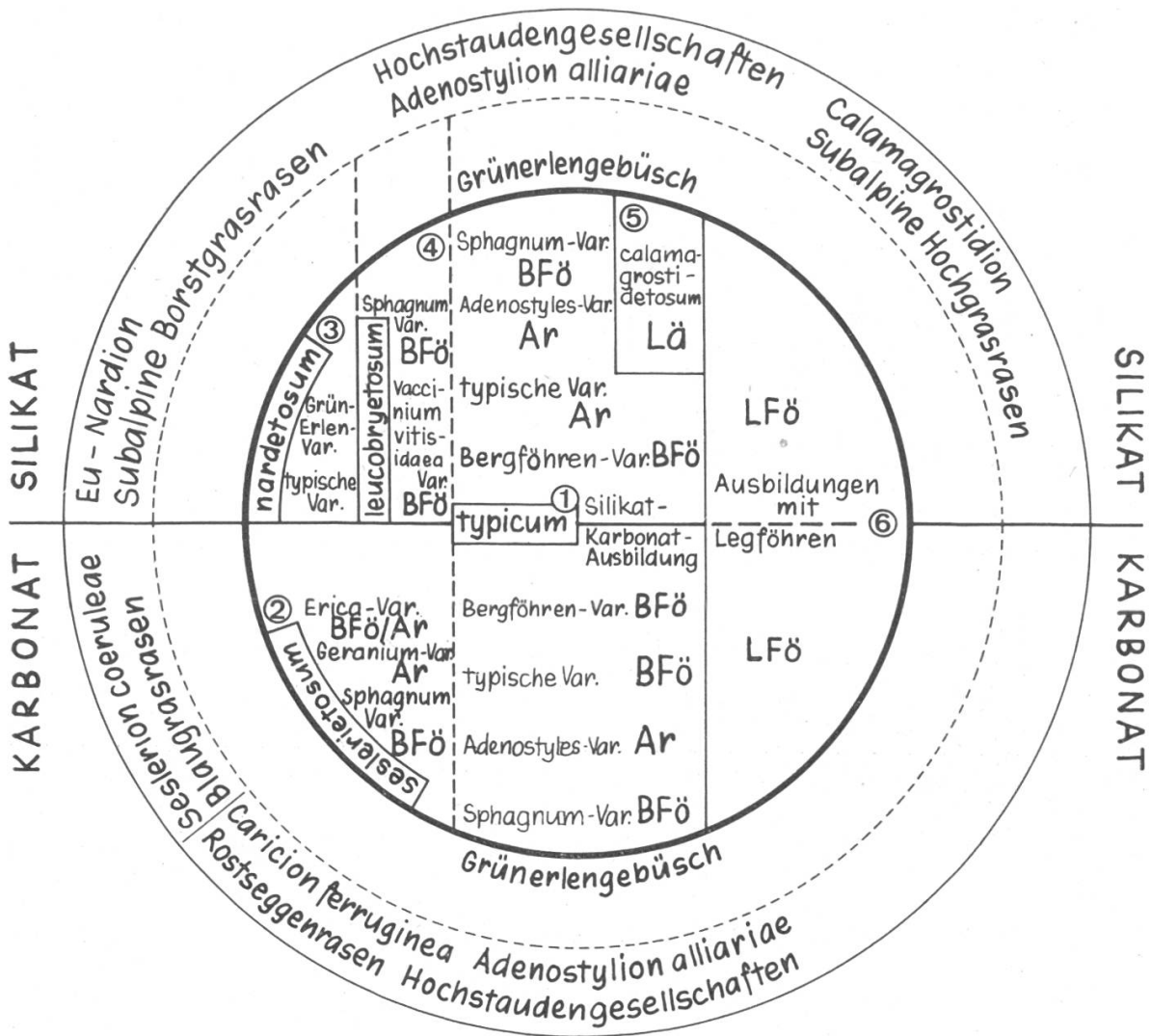


Abbildung 9. Die wichtigsten Vegetationseinheiten im Bereich der Alpenrosen-Vaccinien-Gesellschaft in Beziehung zu den Baumarten und den benachbarten Einheiten.

Als letzter, wesentlicher Faktor sind die geographische Lage und die klimatische Region zu erwähnen. Am auffallendsten kommt dies bei den Baumarten zum Ausdruck. Die Lärche dringt vom Süden der Alpen nur bis an den Fuss der nördlichen Hochalpenkette vor, ist aber in den nördlichen Voralpen natürlicherweise nicht mehr anzutreffen. Die Arve dagegen behauptet sich auch im ozeanischen Klima der nördlichen Voralpen. Sie erträgt hohe Luftfeuchtigkeit, wird aber in diesem ozeanischen Bereich von der Fichte von Normalstandorten in kalte Nischen (Kare, Grobblockschutthalden) verdrängt.

Am Beispiel der bodensauren, obersubalpinen Wälder versuchen wir, in den folgenden Darstellungen die komplexen Zusammenhänge zwischen Umwelt, Vegetation und Boden aufzuzeichnen. In Abbildung 8 werden die Hauptwirkungen von Substrat, Feuchtigkeit und mechanischer Beeinflussung, in den Abbildungen 9 und 10 die entsprechenden Pflanzengesellschaften und Bodentypen dargestellt. Die durch die Pflanzengeographie bedingten

Abwandlungen des Gesellschaftskomplexes sind in gleicher Darstellungsart in Abbildung 11 festgehalten.

Das Streben nach einheitlicher Darstellung verschiedener Faktorenkomplexe führte zu den Kreisdarstellungen. In Wirklichkeit hat man sich eine Kugel vorzustellen, deren Kalotten von feuchten und deren äquatoriale Zone von trockenen Vegetationseinheiten bewachsen sind. Auf der äussersten, mechanisch stark beeinflussten Schale befinden sich die Hochstauden und Rasen, auf der zweiten die Zwergstrauchheiden und Gebüsch und im Kern der Kugel die bewaldeten Einheiten.

#### Ergänzungen zu Abbildung 9

Diese Einheiten stehen zu jenen von Ellenberg/Klötzli (1972) in folgender Beziehung:

<i>Kuoch, Schweingruber</i>	<i>Ellenberg, Klötzli</i>
Rhododendro-Vaccinietum	
typicum	Larici-Pinetum cembrae
exkl. Karbonatausbildung, Sphagnum-Variante	Rhododendro ferruginei-Pinetum montanae
nardetosum	zum Teil Larici-Pinetum cembrae
seslerietosum	zum Teil Larici-Pinetum cembrae
leucobryetosum	—
exkl. Vaccinium vitis-idaea-Var.	Sphagno-Pinetum montanae

#### Erläuterungen zu den Nummern in Abbildung 9

- 1 Die typische Subassoziation ist in den meisten Fällen eine bewaldete Einheit. In der Silikatausbildung existieren vor allem auf tonreichen Böden, vermutlich durch Schlag und Beweidung bedingte, baumlose Flächen. In Lawinenzügen auf silikatischer Unterlage können baumlose Flächen als Pendant des Rhododendro hirsuti-Mugetum (Steinrosen-Bergföhren-Gesellschaft) gewertet werden.
- 2 Die Subassoziation seslerietosum über Kalkgestein gliedert sich in gleiche feuchtigkeitsbedingte Untereinheiten wie die typische. In Nordlagen grenzen sie an das Rhododendro hirsuti-Mugetum und in Südlagen an das Erico-Mugetum. In der Subassoziation seslerietosum bestehen alle Übergänge zwischen bewaldeten und unbewaldeten und acidophilen und calciphilen Gesellschaften. Gegenüber der typischen Subassoziation sind hier die Mor-Auflagen allgemein geringer, weshalb auch mehr kalkliebende Arten auftreten.
- 3 Die Subassoziation nardetosum mit Rasen- und Hochstaudenarten über weichen Silikatgesteinen ist in den nördlichen Voralpen weit verbreitet. Sie ist in der Regel eine Ersatzgesellschaft des Homogyno-Piceetum (subalpiner Fichtenwald). Die Subassoziation steht in engem örtlichem Kontakt mit dem Nardetum subalpinum (Borstgrasrasen) oder, so vor allem in den kontinentaleren Inneralpen, mit dem Junipero-Arctostaphyletum (Wacholder-Bärentrauben-Gesellschaft).
- 4 Auf sehr nährstoffarmen Unterlagen (Quarzsandstein, glatt geschliffene granitische Rundhöcker) befinden sich artenarme Bergföhrenwälder. Auf trockenen Standorten dominieren in den regenreichen Voralpen Heidelbeeren, in den regenarmen Inneralpen Preiselbeeren (Piceetum subalpinum pinetosum). Auf feuchten bis veräsnsten Standorten herrschen in der Bodenschicht Sphagnum-Arten (Torfmoose).
- 5 Das ökologische Zentrum der Hochgrasrasen befindet sich in kontinental geprägten Klimagebieten (Karpaten, Engadin, Wallis). Im Engadin zum Beispiel durch-

dringen Reitgrasbestände die Alpenrosen-Vaccinien-Gesellschaft häufig. Nur im Gebiet der Grimsel konnte in der Region der nördlichen Voralpen diese Gesellschaft beobachtet werden.

- 6 In den Alpenrosen-Vaccinien-Gesellschaften der Ostalpen (letzte westliche Ausläufer im Grimselgebiet) herrschen Legföhren. Im Bereiche dieser Gebüschgesellschaften ist ein Gesellschaftsspektrum ausgebildet, das jenem in den Subassoziationen *typicum*, *seslerietosum* und *leucobryetosum* entspricht. Die Legföhrengesellschaften gelangen im Berner Oberland unter speziellen Standortseinwirkungen zur Vorherrschaft.

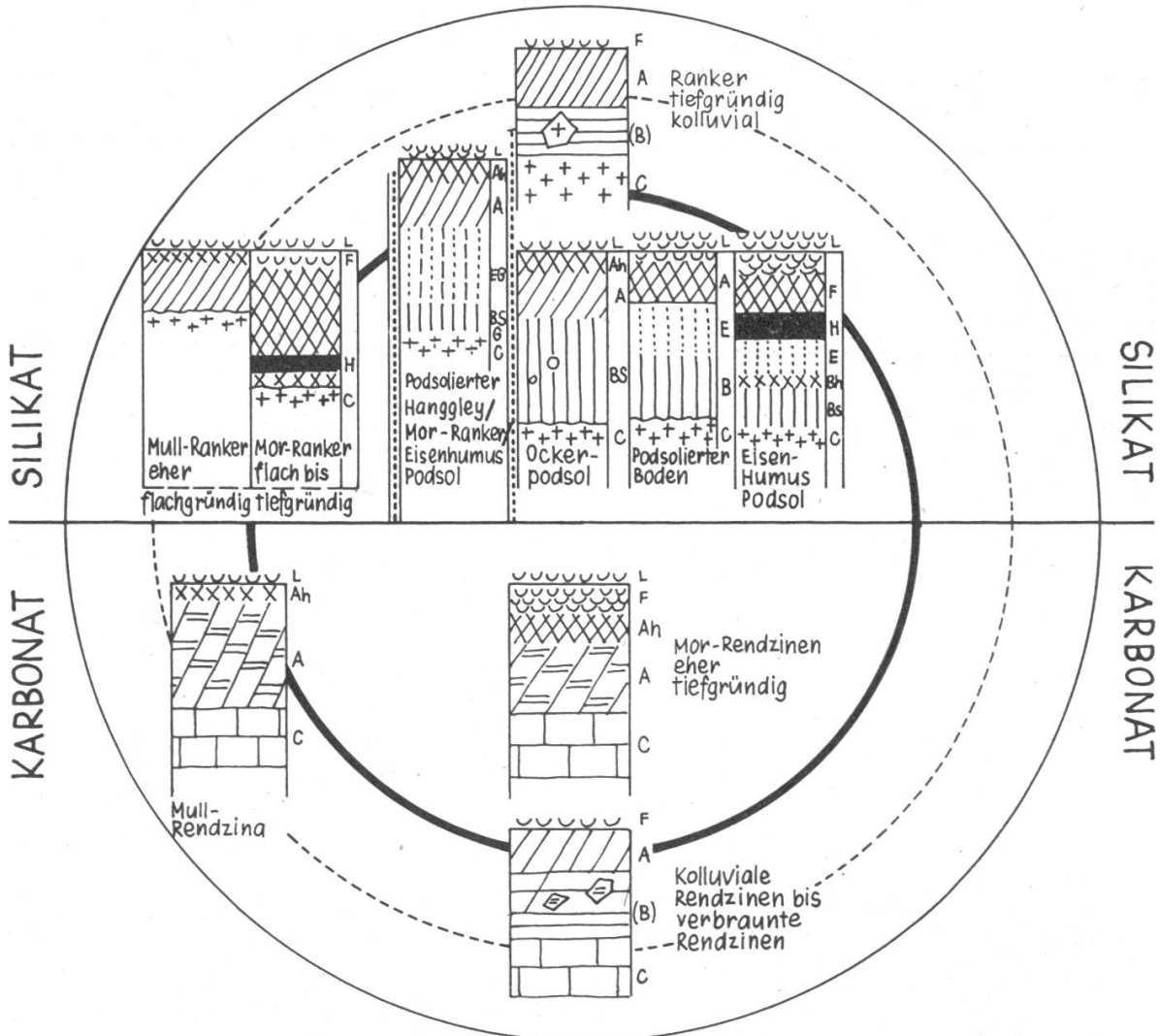





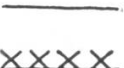

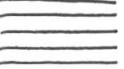

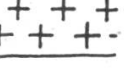
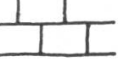


Abbildung 10. Die wichtigsten Bodentypen im Bereiche der Alpenrosen-Vaccinien-Gesellschaft.

- L  Streuschicht (englisch: litter)
- F  Fermentationsschicht. Gut zersetzte organische Substanz ohne mineralischen Anteil

Ah		A mit humifizierter, gut zersetzter organischer Substanz
H		Humusschicht. Völlig zersetzte organische Substanz
A		Oberster, mit mineralischer Substanz vermischter Horizont
E		Eluvialhorizont (ausgewaschener Horizont), verarmt an Ton, Eisen- und Aluminium-Verbindungen
B		Mineralischer Horizont, angereichert mit Eisen- und Aluminiumverbindungen und Ton
Bh		B mit humifizierter, gut zersetzter organischer Substanz, meistens unter E
Bs		B angereichert mit Sesquioxiden
Bt		Karbonatfreier Ton
G		Durch Grundwasser beeinflusster Horizont
		Silikatisches Muttergestein (Granite, Quarzsandstein und anderes)
		Karbonathaltiges Muttergestein (Kalke)

(Herrn Dr. P. Blaser, EAFV, danken wir bestens für die bodenkundlichen Angaben.)

#### Erläuterungen zu den Nummern in Abbildung 11

1 Arten aus der Klasse der Vaccinio-Piceetea, der nordisch-alpinen Nadelwälder und Zwergstrauchgesellschaften. Als wichtigste sind zu nennen:

<i>Rhododendron ferrugineum</i>	Rostblättrige Alpenrose
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	Preiselbeere
<i>Vaccinium myrtillus</i>	Heidelbeere
<i>Vaccinium uliginosum</i>	Moorbeere
<i>Lonicera coerulea</i>	Blaues Geissblatt
<i>Juniperus nana</i>	Zwerg-Wacholder
<i>Melampyrum pratense</i>	Wiesen-Wachtelweizen
<i>Hieracium murorum</i>	Maurer- oder Wald-Habichtskraut
<i>Homogyne alpina</i>	Alpenlattich
<i>Oxalis acetosella</i>	Gemeiner Sauerklee

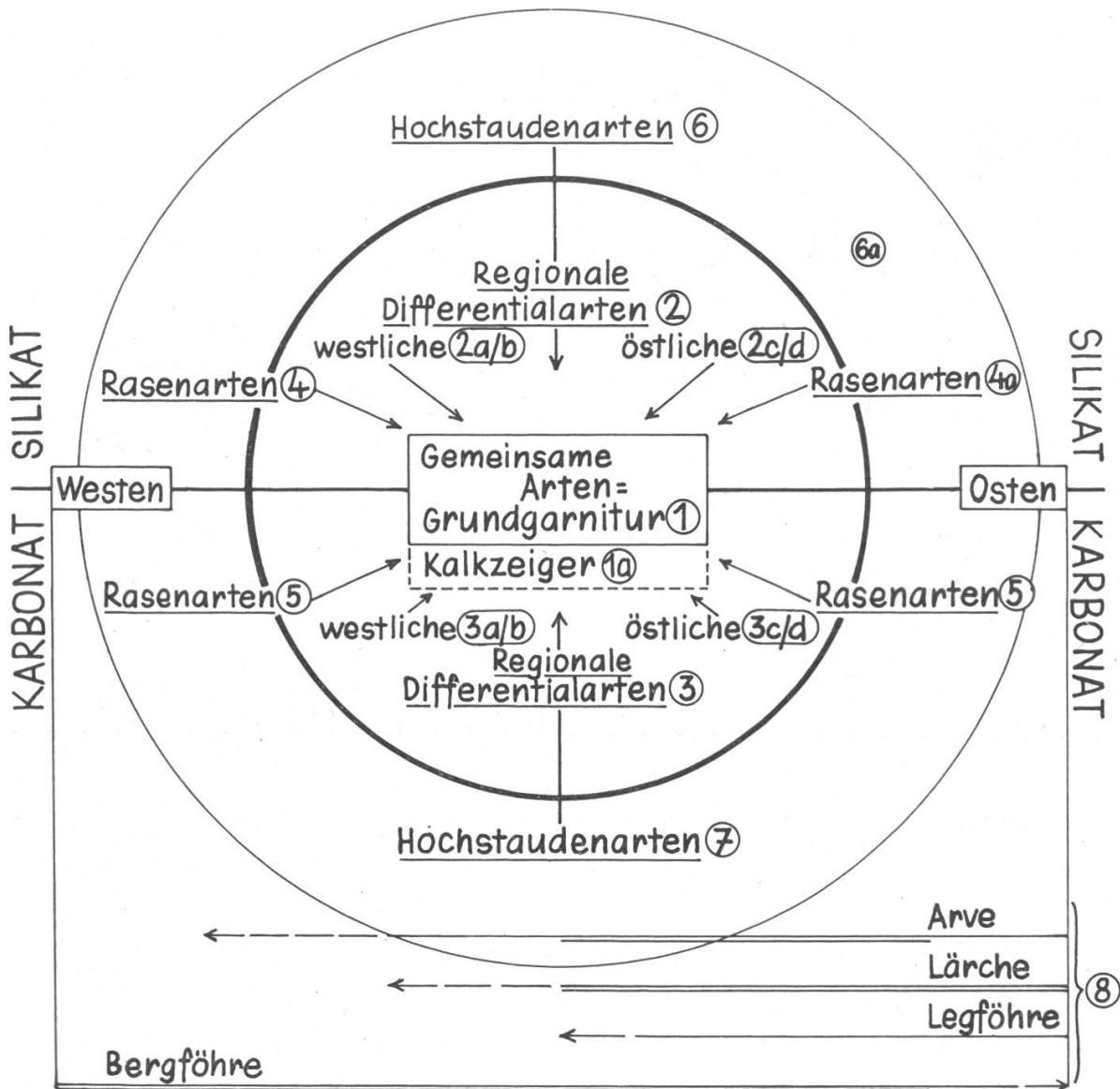


Abbildung 11. Die wichtigsten Artenkombinationen im Bereich der Alpenrosen-Vaccinien-Gesellschaft.

- 1a Die typische Subassoziation über Karbonatgestein unterscheidet sich von der über Silikatgestein nur durch *Sorbus chamaemespilus* (Zwergmispel) eindeutig.
- 2 Unter dem Begriff Regionale Differentialarten sind geographische und klimatische Differentialarten zu verstehen. Die zusätzlichen Arten stammen zum grössten Teil aus den der Alpenrosen-Vaccinien-Gesellschaft angrenzenden Gesellschaften.
  - 2a Westliche geographische Differentialarten:
 

<i>Saxifraga cuneifolia</i>	Stumpfblättriger Steinbrech
<i>Astrantia minor</i>	Kleine Sterndolde
<i>Gentiana purpurea</i>	Purpurenzian
  - 2b Klimatische Differentialarten für die ozeanisch beeinflussten nördlichen Voralpen:
 

<i>Carex brunnescens</i>	Bräunliche Segge
<i>Nardus stricta</i>	Borstgras (nur Schwerpunktsart)

- 2c Östliche geographische Differentialarten:
- |                              |   |
|------------------------------|---|
| <i>Gentiana punctata</i>     | Punktierter Enzian  |
| <i>Pinus mugo, prostrata</i> | Legföhre  |
| <i>Gentiana pannonica</i>    | Pannonischer Enzian<br>(nur in den österreichischen Ostalpen) |
- 2d Differentialarten für die kontinental beeinflussten Inneralpen:
- |                               |                       |
|-------------------------------|-----------------------|
| <i>Senecio abrotanifolius</i> | Eberrauten-Kreuzkraut |
| <i>Silene rupestris</i>       | Felsen-Leimkraut      |
- 3 Siehe Bemerkungen unter 2
- 3a Westliche geographische Differentialarten:
- |                       |                 |
|-----------------------|-----------------|
| <i>Rhamnus alpina</i> | Alpen-Kreuzdorn |
|-----------------------|-----------------|
- 3b Klimatische Differentialarten für die ozeanisch beeinflussten nördlichen Voralpen:
- |                           |                    |
|---------------------------|--------------------|
| <i>Galium pumilum</i>     | Kleines Labkraut   |
| <i>Carex sempervirens</i> | Immergrüne Segge   |
| <i>Scabiosa lucida</i>    | Glänzende Skabiose |
- 3c Östliche geographische Differentialarten:
- |                       |  |
|-----------------------|--|
| <i>Daphne striata</i> | Gestreifter Seidelbast (selten auch auf Silikat) |
|-----------------------|--|
- 3d Klimatische Differentialarten für die kontinental beeinflussten Inneralpen:
- |                            |                           |
|----------------------------|---------------------------|
| <i>Pyrola rotundifolia</i> | Rundblättriges Wintergrün |
| <i>Pyrola secunda</i>      | Einseitwendiges Immergrün |
| <i>Carex humilis</i>       | Zwerg-Segge               |
- 4 Die Arten rekrutieren sich vorwiegend aus dem Verband Eu-Nardion, subalpine und alpine Borstgrasrasen. Folgende Arten treten vor allem in den von Weiden beeinflussten Flächen stetig auf:
- |                             |                                  |
|-----------------------------|----------------------------------|
| <i>Arnica alpina</i>        | Arnika                           |
| <i>Leontodon helveticus</i> | Helvetischer Löwenzahn           |
| <i>Solidago virgaurea</i>   | Goldrute                         |
| <i>Deschampsia flexuosa</i> | Drahtschmiele                    |
| <i>Potentilla aurea</i>     | Goldfingerkraut und viele andere |
- 4a In Alpenkammnähe und besonders im Wallis und Engadin sind in höheren Lagen auch Vertreter aus der Klasse Caricetea curvulae, alpine bodensaure Urwiesen, beigemischt, zum Beispiel *Carex curvula*, Krummsegge.
- 5 Die meisten Arten stammen aus der Klasse Elyno-Seslerietea, subalpine und alpine Blaugras- und Nacktriedrasen. Auf Böden mit nicht völlig geschlossener oder geringmächtiger Mor-Auflage sind folgende Arten vertreten:
- |                               |   |
|-------------------------------|---|
| <i>Sesleria coerulea</i>      | Blaugras                                      |
| <i>Calamagrostis varia</i>    | Buntes Reitgras                               |
| <i>Carex sempervirens</i>     | Immergrüne Segge (nur in nördlichen Voralpen) |
| <i>Bellidiastrum michelii</i> | Alpenmasslieb                                 |
| <i>Alchemilla conjuncta</i>   | Silbermantel und viele andere                 |
- 6 Die mesophilen Arten stammen zum grössten Teil aus der Klasse Betulo-Adenostyletea, subalpine Hochstaudenfluren und Hochstaudengebüsche. Von den vielen in Frage kommenden Arten seien folgende genannt:
- |                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| <i>Adenostyles alliariae</i>  | Grauer Alpendost oder Drüsengriffel |
| <i>Peucedanum ostruthium</i>  | Meisterwurz                         |
| <i>Saxifraga rotundifolia</i> | Rundblättriger Steinbrech           |
- Nur in den feuchten Ausbildungen der Alpenrosen-Vaccinien-Gesellschaft über Silikat treten auf:
- |                           |                       |
|---------------------------|-----------------------|
| <i>Rumex arifolius</i>    | Aronblättriger Ampfer |
| <i>Polygonum bistorta</i> | Schlangenknoäterich   |



*Agrostis schraderiana*

Zartes Straussgras (ist auf Silikat  
besser vertreten als auf Karbonat)

- 6a Im Wallis und im Engadin tritt *Calamagrostis villosa*, Behaartes Reitgras, stärker auf als in den nördlichen Voralpen. In den Karpaten, ausserhalb des Alpenrosen-Areals, ersetzt diese Art zum Teil die Zwergstrauchheiden.
- 7 Siehe Bemerkungen unter 6  
Fast ausschliesslich in den Karbonat-Ausbildungen der Alpenrosen-Vaccinien-Heide treten auf:  
*Knautia silvatica* Wald-Witwenblume  
*Rosa pendulina* Alpen-Heckenrose
- 8 In beschränktem Rahmen können auch die Haupt-Baumarten als geographische Differentialarten gewertet werden. Siehe dazu die Arealkarten Abbildungen 1 bis 5.

#### 4.2 Die übrigen Gesellschaften

Die Alpenrosen-Vaccinien-Gesellschaft ist vornehmlich mit den Baumarten Lärche, Arve und Bergföhre ausgezeichnet. In den übrigen Waldgesellschaften des obersten «Gürtels» findet sich, abgesehen von nur noch selten vorhandenen obersubalpinen Fichtenwäldern in den Voralpen auf Mischgesteinen, lediglich die Bergföhre. Deren Standorte sind verschiedenartiger als jene der Alpenrosen-Vaccinien-Gesellschaft mit mehreren Baumarten (basenreich-trocken oder nährstoffarm-vernässt). Somit nimmt die Bergföhre in der oberen Gebirgsstufe einen weiten Standortsbereich ein, wenn sie auch unter natürlichen Bedingungen nicht in jeder Alpenregion die grösste Verbreitung erlangt. Die Gesellschaften mit Bergföhre besiedeln vor allem die ökologisch extremen, für Land- und Forstwirtschaft wenig geeigneten Standorte.

Die Beweidung, und meist auch die Holznutzung, haben diese Waldtypen nur wenig beeinflusst. Die Regel ist, dass auf den gemässigten und ausgereiften Standorten der Alpenrosen-Vaccinien-Gesellschaft die menschlichen und tierischen Einwirkungen auf Artengarnitur und Raumstruktur um vieles grösser sind als auf den Spezialstandorten der übrigen Gesellschaften. Veränderungen der Bodenfeuchte verursachen zwar innerhalb der flachgründigen Ausbildungen ebenfalls markante Änderungen in der Bodenvegetation, doch verbleiben als Hauptarten, mangels Konkurrenz, nur Bergföhre, Legföhre und Grünerle. Geographische Lage, klimatische Region und örtlich die Schnee-, Regressions- oder Sukzessionsbedingungen verhelfen der einen oder anderen dieser Holzarten zur Alleinherrschaft, Vorherrschaft oder Mitbeteiligung.

Da die wirtschaftliche Bedeutung von Bergföhre, Legföhre und Grünerle in normalen Zeiten bescheiden und die erwähnte Fichtenausbildung nicht untersucht ist, wird für die Waldgrenzbäume ausserhalb der Alpenrosen-Vaccinien-Gesellschaft auf eine weitergehende Darstellung des Komplexes Umwelt—Vegetation—Boden verzichtet. Dadurch sollen die anderen wichtigen Waldfunktionen, wie Schutzleistungen, Landschafts- und Erholungswert, keineswegs zurückgesetzt sein.

## 5. Die natürlichen Schlussgesellschaften in der subalpinen Stufe der Schweiz

Der ursprüngliche Wald der einstigen Naturlandschaft wurde in der subalpinen Stufe durch den Menschen seit seinem Sesshaftwerden im Gebirge zwecks Alpweidegewinnung einerseits auf landwirtschaftlich ungeeignete Geländeteile zurückgedrängt und andererseits auf weiten Strecken durch Beweidung oder übermässige Holznutzungen (für Alpbetriebe oder frühere Holzverschleissende Industrien) in seiner Arten- oder/und Raumstruktur stark verändert. Die heutigen «Restwälder» stellen deshalb häufig gestörte Ökosysteme dar, deren Funktionsleistungen den Ansprüchen an den Wald nur noch in Teilbereichen genügen. Die sich daraus ergebenden Probleme können in einem kurzen Artikel nicht behandelt werden. Hingegen sollen im folgenden die natürlichen Schlussgesellschaften der subalpinen Stufe genannt sein, jene Ökosysteme, die dank ihrem sogenannten biologischen Gleichgewicht dauernd die bestmöglichen Waldleistungen zu erbringen vermögen. Damit lässt sich eine Vorstellung gewinnen, auf welche Strukturen hin die derzeitigen Wälder langfristig entwickelt werden müssen.

Nachdem die Standortsbereiche und das ökologisch-soziologisch-floristische Verhalten der Baumarten aufgezeigt worden sind, werden uns Verbreitung und Gliederung unserer Waldgrenzengesellschaften verständlich; der subalpine Naturwald ist geradezu der Beleg für die deutlich gemachte Ökologie und Konkurrenzkraft der Baumarten.

Aus den früheren Ausführungen und aus Abbildung 6 lässt sich das Vorkommen der bedeutendsten Schlussgesellschaften (Dauer- und Klimaxgesellschaften) der oberen subalpinen Stufe herleiten: in den Inner- und Zwischenalpen bei Mittel- bis Tiefgründigkeit<sup>3</sup> Lärchen-Arvenwälder; in den Voralpen bei Tiefgründigkeit<sup>3</sup> Fichtenwälder; in den südlichen Voralpen bei Mittelgründigkeit<sup>3</sup> Lärchenwälder; in den nördlichen Voralpen bei Mittelgründigkeit<sup>3</sup> Bergföhren- oder Arvenwälder, nämlich auf rohhumusreicher trockener Unterlage die Bergföhre, auf frischen bis feuchten Böden die Arve. Die flachgründigen Böden auf harten Kalken sowie die Torfböden verbleiben in allen Regionen allein der Bergföhre.

Die Klimax wird beherrscht: in den gebirgskontinentalen Inner- und Zwischenalpen besonders von der Lärche in den pionierhaften und rohhumusarmen Typen, besonders von der Arve auf Rohhumus; in den schwach gebirgsinsubrisch getönten südlichen Voralpen im allgemeinen von der Lärche, auf tiefgründigen Böden (deswegen aber meist gerodet) von der Fichte; in den gebirgsozeanisch getönten nördlichen Voralpen auf tiefgründigen Böden (meist gerodet) von der Fichte, auf mittelgründigen Böden von Bergföhre oder Arve, worüber in erster Linie die Bodenfeuchte entscheidet bzw. ein lokal mehr ozeanischer oder kontinentaler Standortscharakter. Die

<sup>3</sup> zudem auf flachgründigem Hartsilikat

Die natürlichen Schlussgesellschaften der subalpinen Stufe des Berner Oberlandes (nördliche Voralpen)

Legende: ( ) = Assoziationsbezeichnung bei ELLENBERG und KLÖTZLI, 1972

S = besonders südliche Exposition

N = besonders nördliche Exposition

über der Waldgrenze ca. 2.000 m	Alpine Kalkfelsflur	Erika-BFö-Gesellschaft S mit Kranzmoos, Steinros. Var. N	Steinrosen-BFö-Gesellschaft mit gestutzter(-Teppich)Weide	Wacholder S-Bärentraubenheide	Krähenbeer N-Vaccinieneide	Braunseggenmoor
obere sub-alpine Stufe	BFö Kugelschötchen-BFöw.	BFö Erika-BFöw. mit Alpenkreuzdorn Kranzmoos	BFö Steinrosen-BFöw. mit Federmoos	Fi Subalpiner FiW.	Ar Alpenrosen-Heidelbeer-Ges. BFö	BFö BFö-Moor-Wald
	Schwingel-Var (-)	S (dito) mit Alpenkreuzdorn Kranzmoos	N (dito) mit Federmoos	nicht untersucht	typische Subassoziation, Si, mit Weissmoos Torfmoos-Var. (Lä-ArW.)	mit breitblättrigem Wollgras (Torfmoos-BFöw.)
ca. 1'600 m	BFö Kugelschötchen-BFöw.	Fi Erika-FiW. mit Weissegen-FiW.	Fi Heidelbeer-FiW.	Fi subalpiner Fichten-Wald mit Alpenrost-FiW. Ta, Fi	Fi Alpenlattich-FiW. mit Weissegen mit Weissegen Preiselbeer-Var. (Lä-ArW.)	BFö BFö-Moor-Wald
	Mehlbeerbaum-Var. (-)	S (dito) mit Felsenmispel	(-)	Alpenrost-TaW. (Alpenrostflur mit Fi) (Alpenrost-Fi-TaW.)	(-)	mit breitblättrigem Wollgras (Torfmoos-BFöw.)
ca. 1'500 m	Kronwicken-Föw. Blaugras-Föw.	Fi Erika-Föw. mit Weissegen-FiW.	Fi Weissegen-FiW.	Schachtel-TaW.	S Torfmoos-FiW.	BFö-Moorw. mit Haarbirke
		S (dito) mit Weissegen-FiW.	N (dito) mit Weissegen-FiW.	auch TaW. und Heidelbeer-TaW.	Preiselbeer-FiW. auch Ta W. und Heidelbeer-TaW. -FiW.	nährstoffarm

basenreich ← → nährstoffarm

Felsspalten	feinerdearme Böden	durchschnittliche Bodeneigenschaften	nährstoffarm und Anmoor trocken	Hochmoor
-------------	--------------------	--------------------------------------	---------------------------------	----------

Abbildung 12

Aufrechte Bergföhre erringt in den Hochlagen der nördlichen Voralpen die ökologisch weiteste Verbreitung (von den Spezialstandorten bis in die Klimax) und gibt hier dem natürlichen Waldkleid das Gepräge.

Nach neueren Arbeitsergebnissen (Schweingruber, 1972) werden in Abbildung 12 wichtige Schlussgesellschaften des subalpinen Bereichs der nördlichen Voralpen nach Standortfaktoren geordnet (Höhenstufe, Vegetationszeit, Exposition sowie Basen-/Nährstoffgehalt des Bodens). Ausgehend vom gemässigten Zentrum mit Fichte, Arve und Bergföhre (obersubalpin) und Fichte (Tanne) (untersubalpin) sind die Gesellschaften gleicher Exposition in beiden Richtungen nach zunehmender Flachgründigkeit (Flügel = extreme Trockenheit/Flachgründigkeit oder Vernässung) gereiht. Resultat: auf den extremen Standorten am Rande behaupten sich ausschliesslich Bergföhren-gesellschaften. Im übrigen dürfte die Übersicht für sich selbst sprechen.

Aus Abbildung 12 lässt sich zudem ableiten, dass für das Beurteilen und Begreifen des Baumartenaufbaus (Entstehung, bisherige Entwicklung, heutiges Beziehungsgefüge und feststellbare künftige Tendenzen), und damit auch für den Baumartenentscheid, die Kenntnis der Pflanzengesellschaften wichtige Voraussetzung ist.

Dem Ansprechen des obersubalpinen Schlusswaldes in den nördlichen Voralpen (ohne die leicht erkennbaren Anmoor- und Moorwälder sowie die nicht studierten Fichtenausbildungen auf Mischgesteinen) mag folgende Unterscheidungstabelle dienen (nach Schweingruber, 1972):

1 Kerner-Mugetum = Kugelschötchen-Bergföhrenwald	—	Festuca pumila-Variante = Schwingel-Variante
2 Erico-Mugetum = Erika-Bergföhrenwald	rhamnetosum mit Alpenkreuzdorn	typische Variante
3 Erico-Mugetum = Erika-Bergföhrenwald	rhytidadelphetosum mit Kranzmoos	typische Variante
4 Rhododendro hirsuti-Mugetum = Steinrosen-Bergföhrenwald	ptilietosum mit Federmoos	alle Varianten
5 Rhododendro-Vaccinietum = Alpenrosen-Vaccinien-Gesellschaft	typicum/Karbonat	Bergföhren-Variante
6 Rhododendro-Vaccinietum = Alpenrosen-Vaccinien-Gesellschaft	typicum/Karbonat	typische Variante
7 Rhododendro-Vaccinietum = Alpenrosen-Vaccinien-Gesellschaft	typicum/Karbonat	Adenostyles-Variante = Alpendost-Variante
8 Rhododendro-Vaccinietum = Alpenrosen-Vaccinien-Gesellschaft	typicum/Silikat	typische Variante
9 Rhododendro-Vaccinietum = Alpenrosen-Vaccinien-Gesellschaft	typicum/Silikat	Adenostyles-Variante = Alpendost-Variante

*Kennzeichen von Schlussgesellschaften in der oberen subalpinen Stufe der nördlichen Voralpen*

- Hauptbaumart
- Ca — thermophil, instabil, extrem flachgründig: *Athamanta cretensis*, *Primula auricula*, *Kernera saxatilis*, *Saxifraga aizoon*, *Gypsophila repens*; ferner *Festuca pumila*.
  - Ca — thermophil, instabil, flachgründig: *Arctostaphylos uva ursi*, *Carduus defloratus*, *Euphrasia salisburgensis*.
  - Ca — thermophil, flachgründig (Humuswurzler und Humusbildner): *Erica carnea*.
  - Ca — thermophil, flach- bis mittelgründig (Schutt, Felsen): *Campanula cochleariifolia*, *Tortella tortuosa*, *Globularia cordifolia*, *G. nudicaulis*, *Epipactis atropurpurea*.
  - Ca — frischer Moder, flach- bis mittelgründig: *Rhododendron hirsutum*, *Carex ferruginea*, *Alchemilla conjuncta*, ferner *Ranunculus nemorosa*.
  - Ca — mässig trocken, flach- bis mittelgründig: *Pinus mugo*, *Carex sempervirens*, *Polygala chamaebuxus*, *Sesleria coerulea*, *Hieracium bifidum*, *Bellidiastrum michelii*.
  - Si — mesophil oder breite ökologische Amplitude: *Pinus cembra*, *Rhododendron ferrugineum*, *Vaccinium myrtillus*, *Pleurozium schreberi*, *Calamagrostis villosa*, *Dryopteris austriaca*, *Gentiana purpurea*.
  - = — meso- hygrophil: *Alnus viridis*, *Adenostyles alliariae*, *Cicerbita alpina*, *Saxifraga rotundifolia*, *Agrostis schraderiana* = *tenella*, *Athyrium alpestre*.
  - Ca — Pionierstrauch flachgründiger Böden: *Sorbus chamaemespilus*.

KM	EM		RM	RV				
	rha	rhy		ptil	typicum			
			Ca			Si		
	Fp	†	†		Bfö	†	Ad	†
1	2	3	4	5	6	7	8	9
BFö	BFö	BFö	BFö	BFö	Ar	Ar	Ar	Ar
		●						
	●			●	●			
	●	●	●		●			
						●		●
	●	●						

Ökologischer Hinweis: Ca = Karbonat, Si = Silikat

Verbreitungshäufigkeit: ||||| = gesellschaftskennzeichnend  
● = übergreifend

Aus der Tabelle geht unter anderem auch die besondere Stellung der Bergföhren-Variante der typischen Alpenrosen-Vaccinien-Gesellschaft hervor.



In die gleiche Richtung weist folgende Gegenüberstellung:

<i>Rhododendro-Vaccinietum typicum</i>		<i>Ökologisch-floristische Beziehungen</i>	
= typische Alpenrosen-Heidelbeer-		zu anderen Assoziationen	
Gesellschaft			
<i>Karbonat- und Silikatausbildungen</i>			
Torfmoos-Varianten	BFö	Subalpiner Fichtenwald mit Torfmoos	Fi
Bergföhren-Varianten	BFö	Subalpiner Fichtenwald mit Preiselbeere, Heidelbeere und wolligem Reitgras	Fi
Typische Varianten	Ar	Subalpiner Fichtenwald mit Heidelbeere	Fi
Graudost-Varianten	Ar	Subalpiner Fichtenwald mit Graudost sowie Adenostylien-Gesellschaften	Fi

Im Gegensatz zu den zahlreichen Literaturangaben über die entscheidenden Faktoren und den Verlauf der oberen Waldgrenze liegen aus der oberen subalpinen Stufe nur wenige allgemeingültige Ergebnisse forstlicher Bestandesforschung vor. Nach *Ott* (1972) weist die oberste Waldstufe der Schweizer Alpen (über 1950 m ü. M.) im Vergleich zu den tieferen Lagen zum Beispiel folgende maximalen Flächenanteile auf: beweidete Wälder und Gebüsche = 48 Prozent (im Vergleich zu den andern Stufen auf Kosten eigentlichen Waldes); Hangneigungen über 40 Prozent = 73 Prozent (auf Kosten der Neigungen 20 bis 40 Prozent); Beschirmung unter 25 Prozent = 44 Prozent (auf Kosten der Beschirmung 75 bis 100 Prozent); gemischte und unbestimmte Entwicklungsstufen = 35 Prozent (auf Kosten des schwachen und mittleren Baumholzes); mehrschichtige, unregelmässige Nicht-Plenterwald-Strukturtypen und unbestimmte Typen = 80 Prozent (auf Kosten der einschichtig-gleichförmigen Typen). Gerade die letzteren Angaben unterstreichen neben dem besonderen Waldaufbau dieser Vegetationsstufe leider auch unsere noch unzureichende Struktursystematik.

*Leibundgut* (1938) ermittelte für das Lötschentäl (als grobe Richtwerte von allgemeiner Gültigkeit) im Weidwald eine viermal kleinere Stammzahl je Hektare als im Normalwald, dafür einen fast doppelt so grossen Inhalt beim Mittelstamm. Wo der Wald am Rande seiner Existenzmöglichkeit kämpft, können die bedenklichen und nur mit erheblicher Aufwendung und Ausdauer sanierbaren Zerstörungen aber nur schrittweise behoben werden. Es verwundert daher nicht, dass die Praxis nach rund 100 Jahren Gebirgsforstwirtschaft im obersubalpinen Wald noch heute mit sehr geringen mittleren Bestandeswerten rechnet: 0,5 bis 1,2 m<sup>3</sup> Volumen des Mittelstamms, 80 bis 180 m<sup>3</sup> Hektarevorrat und 0,5 bis 2 m<sup>3</sup> Zuwachs je Hektare und Jahr.

## 6. Die Bewirtschaftung der subalpinen Wälder

Unsere Standorts- und Gesellschaftsbeschreibungen zeugen trotz dem bescheidenen Artengehalt dieser Waldstufe von einer reichen Differenzierung. Ähnlich abwechslungsreich sind, entgegen mancher Laienansicht, auch die Bewirtschaftungsmassnahmen. Im folgenden soll aus Platzgründen jedoch nur das für die Stufe Allgemeingültige angeführt werden.

Obschon den höchstgelegenen Wäldern eine wirtschaftliche Bedeutung als Brenn- und Nutzholzlieferant für den Alpbetrieb, auch als Geld- oder Investitionsreserve, keineswegs abzuspochen ist, liegt dessen Geltung doch vorwiegend bei den Wirkungen als Ökosystem, insbesondere bei den traditionellen Schutzfunktionen, einerseits lokal für die betreffenden Alpgebiete, andererseits generell für die Lebensmöglichkeiten in den Alpentälern und in den unterhalb liegenden Gebieten. Demgemäss hatten die bisherigen grossflächig ausgeführten Aufforstungen im Alpgebiet primär Schutzfunktionen im engeren Sinne zu erfüllen, nämlich das Pufferungs- und Regenerationsvermögen der Ökosysteme zu verbessern. In Zukunft kann in manchen Tälern auch der Landschaftsschutz wichtig werden.

Die auf uns zukommenden Sanierungsaufgaben in der oberen subalpinen Stufe sind zwar schon wegen des kleinen Angebotes an bewährten Baumarten nicht einfach. Doch weisen diese nicht von ungefähr kennzeichnende Pioniereigenschaften auf, zum Beispiel: die Fichte dank der Fähigkeit zur Ablegerbildung den Rottenwuchs; die Lärche, vorwiegend einzelstammweise auftretend, das lange Zeit «flexibel» bleibende Stämmchen; die Arve zufolge Vogelstecksaat die Rotten-Trupps-Entwicklung und die Bergföhre die hohe Widerstandskraft gegen Trockenheit und Vernässung. Auch die Genesungskraft nach verschiedenster Schädigung ist bei diesen Baumarten im subalpinen Bereich gross; ferner sind Vitalität und Lebensrhythmus der Höhenstufe ausgezeichnet angepasst.

Die Gesamtamplitude unserer Bäume reicht von trockenen bis zu vernässten Böden, von Rohböden bis zu Rohhumus-Unterlagen, von heiss-sonnigen bis zu kühl-schattigen Lagen, von schneereichen Mulden mit langer Schneedauer bis zu windgefegten Kreten mit langer Aperzeit, vom ausgeglichenen bis zum extremen Temperaturklima usw., wobei die einzelnen Arten bei Pflanzungen und in natürlicher Konkurrenz ihren charakteristischen Teilbereich einnehmen.

Da die Gebirgswaldstufe und namentlich die oberste Waldzone vom Menschen besonders stark gestört oder zerstört worden sind, sind anstelle der Schlusswälder im heutigen Vegetationskleid meist Ersatzausbildungen getreten: Weide-, Regressions- und Sukzessionsgesellschaften. Die Bergföhre mit natürlicherweise extremem Standortsbereich baut daher heute häufig Pioniergesellschaften auf, denen deutliche, wenn auch oft nur langfristige Tendenzen zur Reifung und Baumartenablösung innewohnen.



Die strukturellen, standörtlichen und gesellschaftsdynamischen Eigenheiten unserer subalpinen Bäume sind ohne Zweifel konkurrenz- und standortserzwungen. Sie müssen, sollen unsere Massnahmen Erfolg haben, bei der waldbaulichen Grundlagenbeurteilung in Rechnung gestellt werden.

Der Pflegebetrieb in Hochlagen unterscheidet sich nicht grundsätzlich von demjenigen in Tieflagen. Trotzdem sind für das subalpine Gebiet fünf graduell wichtige Feststellungen angebracht:

— Entsprechend dem klimabedingten Langsamwuchs und den harten Überlebensbedingungen hat ein waldbaulicher Fehl- bzw. Nichtentscheid in subalpinen Wäldern die schwerwiegendsten Folgen: naturfremde Anlagen und Strukturen werden unerbittlich und rasch ausgemerzt. Dadurch entstehende Fehlstellen gefährden oder zerstören die an sich lebensfähigen Nachbarzellen, das heisst, das Ökosystem wird in seinen vielseitigen Regulationsfunktionen bis zur Unwirksamkeit gestört. Der Waldbau in der Gebirgsstufe muss sich daher viel strenger als anderswo auf die örtlich gegebenen Naturbedingungen des Ökosystems ausrichten und darf nicht auf mangelhaften Standorts- und Lebenskenntnissen aufbauen.

— Vordringlich allen anderen Wiederherstellungsmassnahmen sind, wo überall es das öffentliche Interesse erheischt, alle verjüngungsfeindlichen Wirtschaftseinwirkungen zu beheben.

— Die Forderung nach stabilen Strukturen ist im Vergleich zu Tieflagen bei hochgelegenen Aufforstungen und Verjüngungen (bei Pflanzung und Pflege) während langer Zeitspanne massnahmenbestimmend. Da im Gebirge Einzelständige in Bestandeslücken und im offenen Land geringe Lebenschancen haben und vorzeitig eliminiert werden, kann der Rottenstand, das nahe Beieinanderstehen in einer engen Sozialgemeinschaft, der Bestockungsstabilität förderlich sein.

— Im gleichen Sinn ist bei negativer und positiver Auslese die Kollektivbehandlung gegenüber der Einzelstammauslese lange Zeit vorrangig.

— Natürliche Verjüngungen sind an der Existenzgrenze einer Baumart nicht kurzfristig erzwingbar; sie können höchstens langfristig eingeleitet werden. Der einzelne Wirtschaftler wird häufig am einen Ort nur einleiten und am anderen den durch Massnahmen der Vorgänger erzielten Nachwuchs übernehmen und fördern können.

Es mag erstaunen, dass in obiger Aufzählung die Überalterungsphänomene nicht erwähnt wurden. Diese sind jedoch, abgesehen von der vielseitigen Verwendung des Begriffs Überalterung, derart mannigfaltig, dass es schwerfällt, allgemeingültige Regeln vorzulegen, die im Einzelfall mit Hilfe eines Schlagwortes nicht zur Fehlbeurteilung führen könnten.

Eine weitere Besonderheit des Waldgrenzgebietes ist, dass dem natürlichen und künstlichen Vorbau sowie den eigenständigen Waldmantelgesell-

schaften nicht dieselbe Stellung zukommt wie in tiefer gelegenen Waldungen, weshalb hier nicht darauf eingetreten werden soll.

Wagemut, Wille zu Leistungen unter erschwerten Bedingungen und zahlreiche Erfolge unserer Vorgänger, namentlich im Aufforstungswesen, haben die Bewunderung der heute Wirkenden gefunden. Trotzdem waren auch Misserfolge unvermeidbar. Die Praxis ruft deshalb nach besseren Standortgrundlagen für Aufforstungen und Waldbehandlungen in der subalpinen Stufe. In der Arbeit von Schweingruber (1972) werden die massgeblichen Kräfte für das biologische Gleichgewicht der Ökosysteme, die elementaren Standortwirkungen, die Gesellschaftsdynamik und die Ausgangslage zur erfolgreichen Baumartenwahl dargelegt. Es ist zu hoffen, dass auch dieser Artikel weitere Anstösse zu Beobachtung und Forschung in Hochlagen auslöst und dass viele Forstleute die skizzierte Gesellschaftssoziologie in waldbauliche Erfolge umsetzen werden.

## Résumé

### Essences de la limite forestière alpine en Suisse

Cet article résume les derniers progrès qui ont été faits dans la connaissance des rapports entre différentes espèces d'arbres et les conditions écologiques de l'étage subalpin des Alpes suisses.

Les caractéristiques écologiques des essences forestières sont grosso modo les mêmes que celles que l'on trouve dans toute l'aire eurasiatique des espèces considérées (fig. 1—5). Les centres de répartition du mélèze et de l'arole se situent dans l'Eurasie continentale et dans les vallées sèches de l'intérieur des Alpes. L'épicéa est répandu dans les régions à hivers froids sous influence océanique de l'Eurasie, et il forme une ceinture dans les parties des Alpes exposées au climat atlantique. Le pin de montagne croît aussi bien dans les régions humides que continentales des montagnes européennes.

En deuxième partie, les différentes espèces d'arbres formant la limite des forêts, leur répartition et leur station écologique sont décrites (fig. 6—7). Dans les Préalpes septentrionales, l'épicéa colonise toutes les stations tempérées de l'ensemble de l'étage subalpin et relègue, à l'ouest le pin de montagne érigé et à l'est le pin de montagne rampant sur les stations humides et acides à sol peu profond. Le mélèze et l'arole forment une ceinture dans les vallées sèches de l'intérieur des Alpes. Ils dépassent même la crête nord des Alpes mais en ne s'y maintiennent alors que sur des stations spéciales. En condition naturelle, le mélèze est absent des secteurs les plus septentrionaux des Préalpes, et l'arole n'y occupe de grandes surfaces que dans les régions à étés frais (nappes d'air froid).

La rhodoraie (*Rhododendro-Vaccinietum*) nous sert d'exemple pour démontrer les liens existant entre les principaux facteurs écologiques, les unités végétales correspondantes, les types de sols et le cortège floristique (fig. 8—10). Le tableau des associations végétales naturelles de l'Oberland bernois (fig. 12), ainsi que leur caractérisation floristique fournissent les bases à une exploitation adéquate des forêts:

- Dans l'étage subalpin, la sylviculture doit plus qu'ailleurs se conformer aux conditions naturelles de l'écosystème.
- Tous les effets résultant de l'exploitation qui peuvent être néfastes au rajeunissement sont à éviter.
- La croissance des arbres par groupes peut contribuer à la stabilité des peuplements.
- La priorité sera longtemps encore accordée au traitement par groupes d'arbres plutôt que par pieds isolés.
- Le rajeunissement naturel d'une essence forestière dans des conditions d'existence limites n'est pas réalisable dans de courts délais.

## Literatur

- Aulitzky, H.*, 1963: Grundlagen und Anwendung des vorläufigen Wind-Schnee-Ökogramms. Mitt. forstl. Bundesvers'anst. Mariabrunn. 60, 763—834
- Braun-Blanquet, J., Pallmann, H., Bach, R.*, 1954: Pflanzensoziologische und bodenkundliche Untersuchungen im schweizerischen Nationalpark und seinen Nachbargebieten. Vegetation und Böden der Wald- und Zwergstrauchgesellschaften (*Vaccinio-Piceetalia*). Erg. wiss. Unters. Schweiz. Nat'park. 4. NF 28 : 200 S.
- de Candolle, A.*, 1875: Sur les causes de l'inégale distribution des plantes rares dans la chaîne des Alpes
- Christ, H.*, 1882: Das Pflanzenleben der Schweiz, Schulthess, Zürich. 488 S. 2. Aufl.
- Ellenberg, H.*, 1963: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Einführung in die Phytologie IV/2, Stuttgart, 943 S.
- Ellenberg, H., Klötzli, F.*, 1972: Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. Mitt. schweiz. Anst. forstl. Vers'wesen 48, 4, 587—930
- Furrer, E.*, 1962: Vegetationsforschung in der Schweiz seit 1900. Geographica Helvetica 17, 1 : 43—57
- Heer, O.*, 1835: Vegetationsverhältnisse des südöstlichen Theils des C. Glarus
- Heim, A.*, 1920: Geologie der Schweiz. Bd. 1—3, Leipzig
- Kasthofer, K. A.*, 1822: Bemerkungen auf einer Alpenreise über den Susten
- Kuoch, R., Amiet, R.*, 1970: Die Verjüngung im Bereich der oberen Waldgrenze der Alpen. Mitt. schweiz. Anst. forstl. Vers'wesen 46 : 159—329
- Leibundgut, H.*, 1938: Wald- und Wirtschaftsstudien im Lötschental. Beih. Nr. 18 Ztschr. Schweiz. Forstverein
- Meusel, H., Jäger, E., Weinert, E.*, 1965: Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora. 2 Bde. Jena, Gustav Fischer, 583 bzw. 258 S.
- Ott, E.*, 1972: Erhebungen über den gegenwärtigen Zustand des Schweizer Waldes als Grundlage waldbaulicher Zielsetzungen. Mitt. schweiz. Anst. forstl. Vers'wesen 48, 1 : 1—193
- Rickli, M.*, 1909: Die Arve in der Schweiz. Neue Denkschr. Schweiz. Nat'forsch. Ges. 44 : 455 S.
- Schmid, E.*, 1950: Vegetationskarte der Schweiz. 4 Blätter. Pfl'geogr. Komm. Nat'forsch. Ges.
- Schweingruber, F.*, 1972: Die subalpinen Zwergstrauchgesellschaften im Einzugsgebiet der Aare (Schweizerische nordwestliche Randalpen). Mitt. schweiz. Anst. forstl. Vers'wes. 48, 2 : 197—504
- Schröder, D.*, 1969: Bodenkunde in Stichworten, Kiel
- Tschermak, L.*, 1935: Die natürliche Verbreitung der Lärche in den Ostalpen. Mitt. forstl. Vers'wes. Österr. 43 : 361 S.
- Walter, H., Straka, H.*, 1970: Arealkunde. Floristisch-historische Geobotanik. Einführung in die Phytologie III/2. Stuttgart