

Zeitschrift: Botanica Helvetica
Herausgeber: Schweizerische Botanische Gesellschaft
Band: 93 (1983)
Heft: 2

Artikel: Probleme der Höhenstufen in den Alpen
Autor: Landolt, Elias
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-65251>

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: 01.04.2025

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

Probleme der Höhenstufen in den Alpen

von Elias Landolt

Manuskript eingegangen am 24. Mai 1983

Summary

E. Landolt (1983): Problems of altitudinal zonation in the Alps. Bot. Helv. 93: 255–268. It is proposed to define altitudinal zonation in the Alps by the upper limits of a characteristic widespread species. In this way it would be possible for the nonspecialist to recognize altitudinal zones in the field. The following species have been used to characterize the upper limit of each of the altitudinal zones (fig. 1 and 2):

1. Colline zone: oak (*Quercus*)
2. Montane zone: beech (*Fagus*)
3. Subalpine zone: spruce (*Picea*)
4. Continental mountain zone: Scotch pine (*Pinus silvestris*)
5. Suprasubalpine zone: cembra pine (*Pinus cembra*)
6. Alpine zone: patches of alpine meadows (e.g. *Carex sempervirens*, *Carex curvula*, *Elyna myosuroides*)
7. Subnival zone: plants of alpine scree (e.g. *Saxifraga oppositifolia*, *Androsace alpina*)
8. Nival zone: cryptogams (no upper limit).

Zone 1 corresponds to the deciduous forest zone in Europe; zone 2 to an oceanic transition zone between deciduous and coniferous forest. Zones 3, 4 and 5 belong to different forest types of the coniferous forest zone.

1. Einleitung

Die Höhenstufen in den Alpen wurden früher meist durch die oberen Grenzen von Baumarten definiert. Heute (siehe etwa Kuoch 1954, Braun-Blanquet et al. 1954, Ellenberg 1963, 1982) wird von diesen Prinzipien oft abgegangen, die Stufen vermehrt nach Höhenlage abgegrenzt, und jede Waldgesellschaft einer ganz bestimmten Stufe zugeordnet. Bei einer solchen Stufenabgrenzung kann zwar eine Stufe ziemlich genau nach Mitteltemperaturen eingegrenzt werden; ein Erkennen der Stufen im Gelände für Nichtpflanzensoziologen ist aber fast unmöglich geworden.

Favarger (1958) weist in seiner prächtigen und gehaltvollen «Alpenflora» sehr eindrücklich und klar auf diese Probleme hin. Ob ein Buchen-, ein Tannen- oder ein Fichtenwald in die montane oder in die subalpine Stufe gehört, hängt nach den oben

erwähnten Autoren oft nur vom Auftreten von wenigen Krautpflanzen ab, die ohnehin nur typisch für das Bestandesklima und nicht für das Großklima sind.

Im Interesse einer vereinfachten Definition der verschiedenen Stufen und des besseren Erkennens der Stufen in der Natur soll nachfolgend versucht werden, die Stufen wieder konsequent mit der oberen Grenze einer wichtigen Baumart zu charakterisieren. Zuerst wird ein kurzer geschichtlicher Abriss der Stufentheorien in den Alpen gegeben, dann Kriterien für die Stufeneinteilung angeführt und schließlich die so abgegrenzten Stufen vegetationskundlich, klimatisch und bezüglich Bewirtschaftungsmöglichkeiten kurz charakterisiert.

2. Geschichtlicher Überblick

Bereits Geßner (1555) hat in seiner «descriptio montis fracti» beobachtet, daß sich in den Alpen die Vegetation mit der Höhe ändert. Er hat für die Alpen 4 Regionen vorgeschlagen:

1. Region mit beständigem Winter
2. Region mit langem Winter und sehr kurzem Frühling
3. Region mit Winter, Frühling und etwas Herbst
4. Region mit Winter, Frühling, kurzem Sommer und Herbst.

Die erste Region dürfte der Stufe oberhalb der tatsächlichen Schneegrenze entsprechen, die zweite der Stufe oberhalb der Baumgrenze, die dritte der Nadelwaldstufe und die vierte der Laubwaldstufe.

Eingehender befaßt sich Haller (1768) in seiner «Historia stirpium» mit den Höhenstufen, die er bereits mit den Klimazonen von Mittel- und Nordeuropa vergleicht. Er unterscheidet 6 Stufen, die vor allem nach den landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsmöglichkeiten beurteilt werden:

1. Region der höchsten Alpentäler, mit einem Klima wie in Spitzbergen: kurzer Sommer (bis zu 40 Tagen), immer wieder von Schneefällen unterbrochen.
2. Region der Weiden für Schafe, mit kurzen Rasen und meist weißen Blüten, mit harten und aromatischen Kräutern.
3. Region mit üppigeren Triften, auf denen die Kühe während 40 Tagen bleiben; sie ist auch während des Sommers nicht immer schneefrei und enthält viele Alpenpflanzen, die man teilweise auch in Lappland und Sibirien findet; auf den Weiden wachsen bereits Holzpflanzen, z.B. Wacholder, Föhre, Alpenrosen, Vaccinien, Weiden.
4. Region der Nadelwälder, am Abhang der Berge, mit ähnlichen Pflanzen wie im Harz und in Schweden, z.T. auch mit eigenen Arten; zwischen den Wäldern sind Wiesen eingeschaltet (abgebrannte Waldungen), mit üppiger Fülle des Graswuchses.
5. Untere Berg- und subalpine Region, mit Äckern, Wiesen und Wäldern; Alpenpflanzen fast nur längs der Gewässer.
6. Region der Reben in den tiefsten Gebieten des Mittellandes sowie in den Tälern des Wallis und Veltlins.

Die Regionen 1 und 2 entsprechen einer hochalpinen (subnivalen) Stufe und einer alpinen Rasen-Stufe, die Regionen 3 und 4 einer oberen und einer unteren Nadelwaldstufe und die Regionen 5 und 6 einer oberen und einer unteren Laubwaldstufe.

Wahlenberg (1813) hat wohl als erster die Nordabdachung der Alpen nach oberen Grenzen von wichtigen Baum- und Kulturarten festgelegt:

1. Nivale Region: Gebiet oberhalb der absoluten Grenze des Holzwuchses.
2. Subnivale Region: Gebiet oberhalb der unteren Grenze der perennierenden Schneeflecken.
3. Untere Alpenregion: Gebiete oberhalb der Baumgrenze.
4. Subalpine Region: Gebiete oberhalb der oberen Buchengrenze.
5. Obere Bergregion: Gebiete oberhalb der oberen Grenze des Nußbaumes.
6. Untere Bergregion: Gebiete oberhalb der oberen Grenze des Weinstockes.
7. Region des Weinstockes.

Die Regionen 1 bis 3 entsprechen 3 Stufen der Vegetation oberhalb der Baumgrenze, wobei die Region 3 wohl auch entwaldete Gebiete unterhalb der potentiellen Baumgrenze umfaßt. Die Region 4 entspricht der Nadelwaldstufe, die Region 5 der oberen Buchenwaldstufe. Die Regionen 6 und 7 gehören in die untere Laubwaldstufe, die durch das Vorkommen von Kulturpflanzen charakterisiert werden.

Zwischen 1800 und 1900 haben eine ganze Reihe von Autoren ihre eigenen Stufenkonzepte entwickelt, von denen 25 bei Schröter (1926) zusammengefaßt sind. Die unterschiedliche Beurteilung der Stufen hängt vor allem mit den unterschiedlichen Verhältnissen in verschiedenen Teilen der Alpen zusammen, z. T. auch mit unterschiedlichen Bewertungen der menschlichen Einflüsse. Im folgenden sei noch kurz auf die beiden Konzepte von Heer (1836) und Christ (1879) eingegangen. Heer unterscheidet in den Glarner Alpen eine montane Region (oberhalb der Nußbaumgrenze), eine subalpine Region (oberhalb der Buchengrenze), eine alpine Region (oberhalb der Baumgrenze), eine subnivale Region (oberhalb der unteren Grenze vereinzelter perennierender Schneeflecken) und eine nivale Region (oberhalb der Schneegrenze). Christ (1879) teilt die Alpenvegetation ein in eine Kulturregion (bis zur Grenze des Weinstockes), eine Laubwaldregion (bis zur Buchengrenze), eine Koniferenwaldregion (bis zur Baumgrenze) und eine Alpenregion (bis zur Schneegrenze).

Die Einteilungen der Stufen waren im allgemeinen einfach und auch für Nichtfachleute im Gelände nachvollziehbar. Mit der besseren und verfeinerten Kenntnis der Vegetationen in den Alpen und im Jura ergaben sich gewisse Schwierigkeiten, die Stufen durch alle Teile der Alpen und des Juras konsequent durchzuziehen. Im Jura fehlt z. B. eine durchgehende Koniferenstufe, was Kuoch (1954) dazu bewogen hat, die oberen Buchenwälder, die sich nur durch wenige Krautpflanzen von den anderen unterscheiden, aber in ihrer Höhenlage einem Fichtenwald in den Nordalpen entsprechen, als subalpin zu bezeichnen. Umgekehrt fehlen in den Zentralalpen Buchenwälder. Die dort vorhandenen Föhren- und Fichtenwälder wurden deshalb z. B. von Braun-Blanquet et al. (1954) als montan bezeichnet, obwohl sich die Fichtenwälder fast gar nicht oder allenfalls nur durch das Vorhandensein von *Melica nutans* abheben. Auf diese Weise wurde zwar erreicht, daß die Grenze zwischen montaner und subalpiner Stufe vom Jura und den Nordalpen bis in die Südalpen eine kontinuierliche, allmählich ansteigende Linie bildet, die ungefähr einer Mitteltemperatur von 5 °C entspricht. Auf der anderen Seite wurde ein klares Konzept verwischt. Ellenberg (1982) hat die Stufung noch weiter verfeinert, indem er die unteren Lagen der Gebiete nördlich der Alpen, in

denen die Buche vorherrscht, einer submontanen Stufe zugeordnet. Die hochmontanen Lagen werden zusätzlich als boreale Stufe bezeichnet. Die Stufen sind so durch ganz bestimmte Vegetationsmosaiken gekennzeichnet und nicht mehr durch Baumgrenzen.

In einer Übersicht über die Vegetationsserien der Alpen folgen Ozenda und Wagner (1975) in der Einteilung der Buchenwälder dem ursprünglichen Konzept, indem sie alle Buchenwälder in der montanen Stufe belassen. Die zentralalpiner Fichtenwälder der unteren Lagen ordnen sie zwar nach Braun-Blanquet et al. (1954) der montanen Stufe zu, betonen aber die floristischen Schwierigkeiten in der Abgrenzung gegenüber den subalpinen Fichtenwäldern.

3. Kriterien für Stufengrenzen

An Stufengrenzen werden die folgenden Anforderungen gestellt: sie sollen

- im Gelände leicht erkennbar sein
- mit einer klimatischen Grenze gepaart sein
- über möglichst weite Teile der Alpen gültig sein.

Schwierigkeiten bei der Festlegung solcher Grenzen ergeben sich, weil

- die Arten sich nicht immer horizontal abgrenzen
- die Vegetation oft mosaikartig verzahnt ist
- Bodenfaktoren das Auftreten einer Art in einem Gebiet ganz oder teilweise verhindern können
- der Mensch die Grenzen künstlich verändert.

Obere Grenzen des Vorkommens einer Art eignen sich für Stufengrenzen meist bedeutend besser als untere Grenzen, weil die obere Begrenzung eher physiologisch und weniger durch die Konkurrenz bedingt ist. Nicht geeignet als Grenze ist die klimatische Schneegrenze, weil sie rein theoretisch ist und über das Pflanzenwachstum nichts aussagt.

Günstig als Grenzarten sind Bäume, die natürlicherweise weit verbreitet und häufig sind. Krautpflanzen eignen sich im Waldareal deshalb weniger, weil sie meist nicht das Allgemeinklima, sondern ein bestimmtes Bestandesklima widergeben. Kulturarten, wie etwa der Nußbaum (*Juglans regia*) oder die Weinrebe (*Vitis vinifera*) sind keine günstigen Grenzarten; sie werden in der Regel an lokal günstigen Stellen (Spalierwirkung!) angepflanzt; ihr Vorkommen hängt auch von lokalen Sorten und Bedürfnissen ab.

Die obere Grenze des Vorkommens einer Baumart wird hier wie folgt definiert: Grenze von gut gewachsenen Gruppen von Bäumen, die in die obere Baumschicht aufsteigen. Ausgenommen sind Krüppel- und Zwergformen sowie Einzelbäume, die an besonderen Standorten mit günstigem Lokalklima wachsen, wie Felscouloirs, Felsnischen, zwischen Steinblöcken usw. Die Höhe der oberen Grenze kann mit der Exposition variieren. Auf großflächigen Karten und Profilen muß eine mittlere Höhe eingezeichnet werden. Wo eine Baumart aus edaphischen Gründen bestimmte Stellen meidet (z. B. die Buche zeitweise vernässende tonreiche Böden), ist die Grenze zwischen den nächstgelegenen günstigeren Böden mit entsprechenden Bäumen durchzuziehen.

Für die einzelnen Grenzen werden die folgenden Gattungen bzw. Arten verwendet:

1. Obere Grenze der Eiche (*Quercus*): begrenzt die colline Stufe nach oben
2. Obere Grenze der Buche (*Fagus*): begrenzt die montane Stufe nach oben

3. Obere Grenze der Fichte (*Picea*): begrenzt die subalpine Stufe nach oben
4. Obere Grenze der Waldföhre (*Pinus silvestris*) (in Gebieten, wo die Buche fehlt und die Fichte selten ist): begrenzt die zentralalpine Bergstufe nach oben
5. Obere Grenze der Arve (*Pinus cembra*): begrenzt die suprasubalpine Stufe nach oben
6. Obere Grenze von zusammenhängenden Rasenflecken von Krumm-Segge (*Carex curvula*), Nacktried (*Elyna myosuroides*), immergrüner Segge (*Carex sempervirens*) usw.: begrenzt die alpine Stufe nach oben
7. Obere Grenze des Vorkommens von regelmäßig vorkommenden Einzelpflanzen auf offenen Flächen (Schuttpflanzen), z.B. Alpen-Mannsschild (*Androsace alpina*), Gletscher-Hahnenfuß (*Ranunculus glacialis*), Zwerg-Miere (*Minuartia sedoides*), Gegenblättriger Steinbrech (*Saxifraga oppositifolia*) usw.: begrenzt die subnivale Stufe nach oben.

Die vorgeschlagene Begrenzung bringt gewisse Änderungen in der Stufung gegenüber bisherigen Einteilungen. Da diese bisherigen Konzepte unter sich keineswegs übereinstimmen, mag eine erneute Veränderung nicht so schwer wiegen. Gegenüber der Einteilung nach Ozenda und Wagner (1975) sind die Differenzen nicht sehr groß. Ein Unterschied besteht in der höheren oberen Begrenzung der collinen Stufe im vorliegenden Vorschlag, nach dem die colline Stufe auch die von Ellenberg (1962) umschriebene submontane Stufe einschließt. Die hier definierte montane Stufe deckt sich sonst zumindest im äußeren Alpenbereich mit jener von Ozenda und Wagner. Die inneralpinen Vegetationen, die fast ausschließlich von *Pinus silvestris* eingenommen werden, sind hier einer eigenen Stufe, der kontinentalen Bergstufe zugeteilt. Die inneralpinen Serien von *Picea* und *Abies* werden mit der subalpinen Stufe vereinigt. Ozenda und Wagner (1975) haben bereits auf die Verwandtschaft dieser Wälder mit subalpinen Fichten- und Tannenwäldern hingewiesen. Neu wird in den inneralpinen Gegenden eine Stufe ausgeschieden, wo über der Fichtengrenze die Arve die Baumgrenze bildet. Sie wird als supraalpine Stufe bezeichnet.

Der Vorteil der neuen Einteilung liegt auch darin, daß die Stufen wieder den weltweiten Vegetationszonen gegenübergestellt werden können. Die colline Stufe umfaßt die sommergrüne Laubwaldzone, die montane Stufe den Grenzbereich der sommergrünen Laubwaldzone mit der Nadelwaldzone, und die kontinentale Bergstufe, die subalpine Stufe und die suprasubalpine Stufe entsprechen der borealen Nadelwaldzone.

4. Charakterisierung der verschiedenen Stufen und ihrer oberen Grenzen

Die obere Grenze der Leitarten und die Ausdehnung der Stufen kann aus den Abb. 1 und 2 ersehen werden. Das Vorkommen von wichtigen Waldbäumen in den einzelnen Stufen ist in Tab. 1 zusammengestellt.

4.1. Colline Stufe

Die colline Stufe wird nach oben durch die oberen *Quercus*-Vorkommen begrenzt. Die natürliche Vegetation besteht aus sommergrünen Laubwäldern. Nadelwälder sind entweder auf wenige Spezialstandorte beschränkt oder angepflanzt. *Picea* und *Abies* kommen natürlicherweise in dieser Stufe kaum vor.

Deutlich kann eine nord-, zentral- und südalpine Ausbildung der collinen Stufe unterschieden werden.

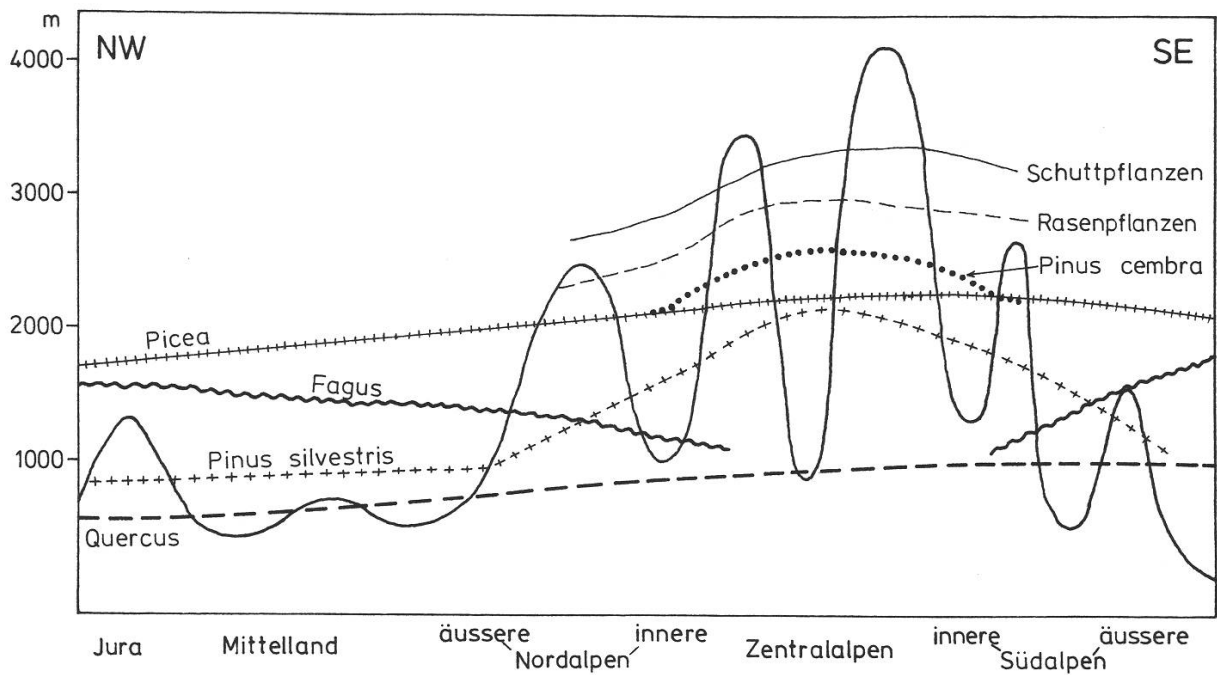


Abb. 1. Höhengrenzen von verschiedenen Bäumen und Rasen- und Schuttpflanzen in den Schweizer Alpen.
 Altitudinal limits of trees, alpine meadow plants and scree plants in the Swiss Alps.

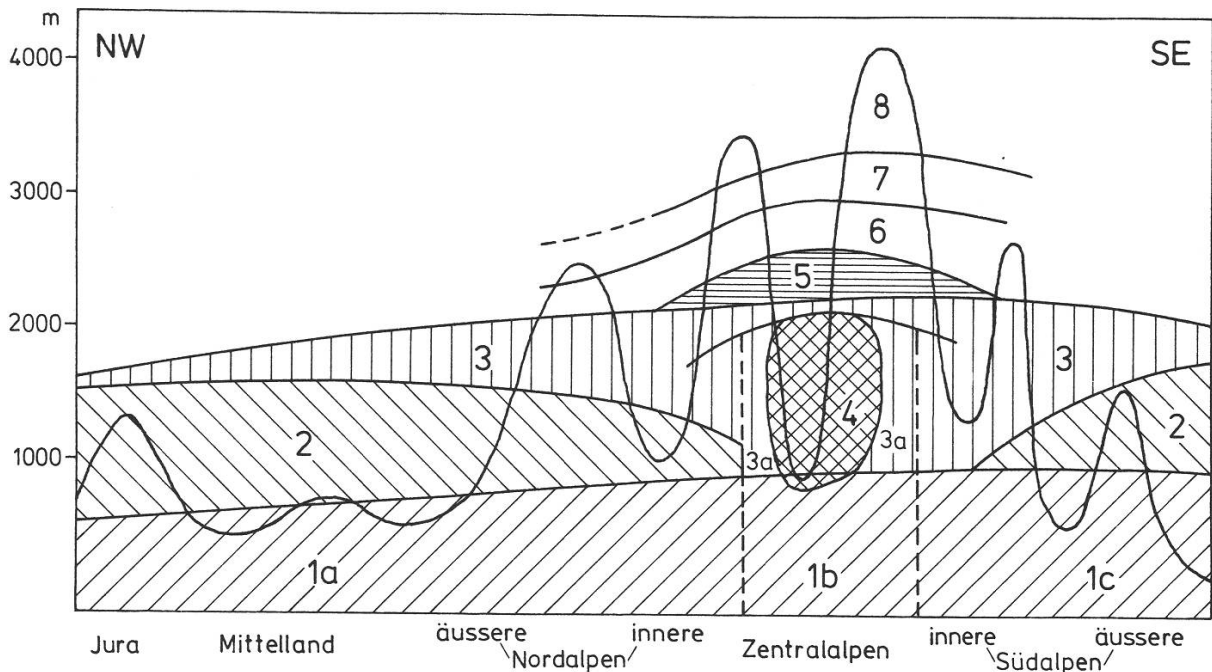


Abb. 2. Stufen in den Schweizer Alpen. 1: colline Stufe (a: Nordalpen, b: Zentralalpen, c: Südalpen); 2: montane Stufe; 3: subalpine Stufe (3a: Zentralalpen); 4: kontinentale Bergstufe; 5: suprasubalpine Stufe; 6: alpine Stufe; 7: subnivale Stufe; 8: nivale Stufe.
 Altitudinal zones in the Swiss Alps. 1: colline (1a: northern Alps, 1b: central Alps, 1c: southern Alps); 2: montane; 3: subalpine (3a: central Alps); 4: continental mountain; 5: suprasubalpine; 6: alpine; 7: subnival; 8: nival.

Tab. 1. Höhenbereich des Vorkommens von wichtigen Bäumen und Rasen- und Schuttpflanzen in den Schweizer Alpen.
 Altitudinal occurrence of important trees, alpine meadow plants and scree plants in the Swiss Alps.

Stufen	Arten	
collin	<u>Quercus</u> <u>Carpinus</u> <u>Ostrya</u> <u>Castanea</u> <u>Alnus glut.</u> <u>Tilia</u>	<u>Fagus</u> <u>Acer pseud.</u> <u>Ulmus scab.</u>
montan	<u>Abies</u> <u>Picea</u>	<u>Pinus silv.</u> <u>Juniperus communis</u>
subalpin	<u>Larix</u> <u>Pinus mon-tana</u> <u>Alnus viri-dis</u>	Rasen- pflanzen: <u>Carex cur-vula</u> <u>Elyna</u> <u>Carex sem-pervirens</u>
supra-subalpin	<u>Pinus cem-bra</u>	
alpin		Ruhschutt- pflanzen: <u>Androsace alpina</u> <u>Saxifraga oppositif.</u>
subnival		
nival		
		Kryptogamen

Nördlich der Alpen sind in der collinen Stufe Buchen (*Fagus*) vorherrschend, denen aber oft andere Laubbäume beigemischt sind (*Quercus*, *Carpinus*, *Tilia*, *Prunus*). Durch Mittelwaldbewirtschaftung sind aus den Buchenwäldern über weite Gebiete des Mittellandes Eichen-Hagebuchenwälder («*Querco-Carpineten*») entstanden. Wegen des reichlichen Buchenvorkommens, das dem subozeanischen Klima des Mittellandes entspricht, wurde diese Stufe von Ellenberg (1963, 1982) und von Ellenberg und Klötzli (1972) als submontan bezeichnet. Die obere Grenze der Eichenvorkommen liegt im Jura, Mittelland und nördlichen Alpenvorland zwischen 600 und 800 m.

In den kontinentalen Zentralalpen ist in der collinen Stufe vor allem die Flaumeiche (*Quercus pubescens*) vorhanden. Allerdings fehlen Wälder heute infolge der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung bis auf kleine Reste. Die Buche fehlt aus klimatischen Gründen zum größten Teil. Die Vegetationen enthalten viele submediterrane und subkontinentale Steppenpflanzen. Die obere Grenze der Eiche liegt in den Zentralalpen zwischen etwa 600 und 1000 m, je nach Exposition und Besonnung.

In den Südalpen umfaßt die colline Stufe Flaumeichen (*Quercus pubescens*)-Mischwälder, Linden(*Tilia*)-Mischwälder, Manna-Eschen(*Fraxinus ornus*)-Hopfenbuchen(*Ostrya*)-Wälder, Kastanien(*Castanea*)-Wälder, Eichen-Birken(*Betula*)-Wälder sowie Buchen(*Fagus*)-Mischwälder. Die Stufe ist gekennzeichnet durch einen großen Artenreichtum an verschiedenen Laubbäumen, je nach Gesteinsunterlage. Submediterrane und subozeanische Waldpflanzen treten häufig und in großer Vielfalt auf. Die obere Grenze der Eiche liegt in den Südalpen zwischen 800 und 1000 m.

Die obere Grenze der Eiche ist eine Frage der Temperatursumme. Burnand (1976) hat für *Quercus pubescens* im Wallis gezeigt, daß nicht nur die mittlere Temperatur der Vegetationsperiode für das Vorkommen eine Rolle spielt, sondern auch die während der Vegetationsperiode erfolgte Einstrahlung. Bei 500 m braucht es 500 kJ cm⁻² pro Vegetationsperiode, während es auf 1000 m Höhe bereits 670 kJ, auf 1500 m 840 kJ sein müssen. Zwar wird oberhalb 1000 m noch gelegentlich eine Einstrahlung von 670–800 kJ cm⁻² erreicht; Eichen treten aber nur noch ganz vereinzelt auf. Umgekehrt reichen an Nordhängen bereits etwa ab 650 m die Einstrahlungen nicht mehr aus, um der Eiche das Vorkommen zu ermöglichen. In ähnlicher Weise wie *Quercus pubescens* reagieren auch andere Eichen, so daß die colline Stufe allgemein als charakteristisch für warme Sommertemperaturen mit hoher Sonneneinstrahlung gelten darf (Julimittel über 16 °C). Da in den Nordalpen die Mitteltemperaturen auf gleicher Höhe etwa 2 °C tiefer als in den Südalpen und etwa 1 °C tiefer als in den Zentralalpen sind, steigt die obere Grenze der Eiche von Norden nach Süden um etwa 300 m an, wobei die höhere Sonneneinstrahlung der Zentral- und Südalpen an Südhängen die Grenze noch zusätzlich höher steigen läßt.

Eine ziemlich ähnliche obere Begrenzung zeigen auch die folgenden Bäume: *Carpinus*, *Tilia*, *Ostrya*, *Castanea*, *Alnus glutinosa*. Höchstens bis zur Eichengrenze steigen die folgenden Kulturpflanzen: *Vitis*, *Juglans*, *Zea mais*. In den Nord- und Südalpen liegt auch die obere Grenze des Getreideanbaus und des Intensivobstbaus bei dieser Grenze.

4.2. Montane Stufe

Die montane Stufe wird nach oben durch das obere Buchen(*Fagus*)-Vorkommen begrenzt. Die natürliche Vegetation der montanen Stufe besteht vor allem aus Buchenwäldern und Buchen-Koniferen-Mischwäldern. Eine geographische Unterteilung dieser Wälder im Alpengebiet drängt sich nicht auf, sind sie doch weitgehend einheitlich.

Picea und *Abies* sind in dieser Stufe bereits sehr konkurrenzfähig, *Abies* hat hier sogar ihr Optimum. Wo die Buche aus edaphischen Gründen schlecht wächst (z. B. auf stark vernässten oder sehr trockenen Böden) herrschen Nadelwälder vor. Die obere Grenze der Buche ist aber trotzdem meist gut zu erkennen. Es gibt eine ganze Reihe von charakteristischen buchenbegleitenden Arten in der montanen Stufe, die typisch für subozeanisches Klima sind; die Wälder sind oft farn- und hochstaudenreich oder zeigen in Mischbeständen mit *Picea* oder *Abies* viele Säurezeiger.

Die obere Grenze der Buche liegt im Jura knapp unterhalb der höchsten Juragipfel (am Reculet bei gut 1700 m). Wegen des widrigen Gipfelklimas wachsen auf den Gipfeln selbst entweder baumlose Rasen oder Bergföhrenwälder. In den äußeren Nordalpenketten steigt die Buche bis 1400–1500 m, in den inneren Nordalpenketten erreicht sie noch 1100–1300 m. In den kontinentaleren Inneralpen fehlt sie fast ganz. In den äußeren Südalpen steigt sie ebenfalls bis über 1700 m, fällt aber gegen die nördlichen Südalpen rasch ab und ist etwa im Tessin oberhalb Giornico kaum mehr anzutreffen.

Die von Kuoch (1954) zur subalpinen Stufe gestellten Aceri-Fageten der oberen Juralagen zeigen nur ganz wenige typisch subalpine Arten (z. B. *Rumex arifolius*, *Ranunculus platanifolius*, *Cicerbita alpina*). Buchenwaldpflanzen mit Zentrum in der montanen Stufe sind häufiger (z. B. *Aconitum vulparia*, *Ranunculus lanuginosus*, *Polygonatum verticillatum*, *Allium ursinum*, *Aruncus silvester*, *Phyteuma spicatum*). Eine gesonderte Behandlung dieser Wälder rechtfertigt sich nicht.

Die obere Grenze von *Fagus* ist keine oder nur zu einem geringeren Grade eine einfache Temperaturgrenze. Die Buche erträgt allgemein keine tiefen Wintertemperaturen. Zudem sind die Blätter frostempfindlich und der Baum wird durch Schneefall während der Vegetationszeit geschädigt. Standorte mit tieferen mittleren Januartemperaturen als -4°C werden kaum besiedelt. Zudem dürfen während der Vegetationszeit keine Fröste auftreten. Die Buche treibt etwa bei Mitteltemperaturen von $8\text{--}10^{\circ}\text{C}$ aus. Fallen dann die absoluten Temperaturen noch unter 0°C , so erfrieren die Blätter und müssen durch erneutes Austreiben ersetzt werden. Entfalten sich die Blätter erst im Juni, kann sich der Baum kein Erfrieren der Blätter mehr erlauben. Die klimatischen Grenzen für das Buchenvorkommen sind deshalb ungefähr dort, wo die Temperaturen bei Erreichen von $8\text{--}10^{\circ}\text{C}$ Mittelwerten noch absolute Minima von mindestens -3°C aufweisen. Im Juni, Juli und August dürfen die Temperaturen überhaupt nicht unter 0°C fallen, damit während der Hauptvegetationszeit keine Erfrierungen auftreten und Schneeschäden sehr selten bleiben. Die angetönten Grenzen stimmen nur ungefähr und müssen durch genauere meteorologische Daten überprüft werden.

Die montane Stufe ist charakterisiert durch hohe Niederschläge, hohe Luftfeuchtigkeit, relativ ausgeglichene Temperaturen und kaum auftretende Fröste während der Vegetationszeit. Auf der anderen Seite ist die Wärmeeinstrahlung meist nicht sehr groß.

In ihrer oberen Höhenbegrenzung verhalten sich die folgenden Bäume ähnlich wie die Buche: *Acer pseudoplatanus*, *Ulmus scabra* und z. T. auch *Fraxinus excelsior*; *Abies* geht etwas weiter in die kontinentalen Gebiete und steigt auch etwas höher hinauf. Für die Landwirtschaft kommt im allgemeinen außer Viehwirtschaft keine andere Bewirtschaftung in Frage.

4.3. Subalpine Stufe

Die obere Grenze der subalpinen Stufe wird durch die obere Grenze der Fichte (*Picea*) gebildet. Die natürliche Vegetation der subalpinen Stufe besteht aus Nadelwä-

dern, wobei die Fichte fast immer vorherrschend ist. In den luftfeuchteren Gebieten kann die Tanne (*Abies*), in den kontinentaleren Gebieten die Lärche (*Larix*) beigemischt sein.

Der in weiten Gebieten der Alpen einheitlichen typischen Ausbildung der subalpinen Nadelwälder gesellt sich in den inneren Alpentälern eine kontinentale Ausbildung zu, die tiefer in die Täler hinunter steigt. Sie ist gekennzeichnet durch eine Reihe von wärmezeigenden Pflanzen und vor allem durch das häufige Auftreten der Waldföhre (*Pinus silvestris*) in den Fichtenwäldern. Während in der typischen Ausbildung der subalpinen Stufe auf Spezialgesteinen (Dolomit, Serpentin, Quarzit usw.) die Bergföhre (*Pinus montana*) auftritt, ist in der kontinentalen Ausbildung die Waldföhre (*Pinus silvestris*) noch beigemischt. In der Gegend von Davos kann dieser Unterschied sehr gut beobachtet werden, wird doch an den Dolomit- und Kalkhängen gegen Filisur hinunter der Wald bis hoch hinauf durch *Pinus silvestris* gebildet, während auf der Seite gegen Klosters auf den Serpentinböden die Bergföhre vorherrscht.

Die Krautvegetation der Fichtenwälder ist über die ganzen Alpen relativ eintönig, sofern diese nicht beweidet werden. Die Wälder sind entweder hochstaudenreich (an feuchteren Hängen) oder zeigen eine dominierende Schicht von *Vaccinium myrtillus*, mit *Calamagrostis villosa* an offenen Stellen. Die Fichtenwälder steigen oft bis etwa 800 m hinunter und unterscheiden sich dort floristisch nur wenig von den höher gelegenen Fichtenwäldern. Besiedeln sie dort als Dauergesellschaften Spezialstandorte (edaphisch oder lokalklimatisch bedingt) und sind umrahmt und durchsetzt von Buchen (*Fagus*), wird man sie der montanen Stufe zurechnen. In den inneren Alpenketten, wo die Buche nicht mehr gedeihen kann, sind die Fichtenwälder auch in den unteren Lagen durch das Allgemeinklima bedingte Klimaxgesellschaften. Gegenüber den höher gelegenen Fichtenwäldern haben sie fast keine charakteristischen Arten (außer etwa der wärmebedürftigen *Melica nutans*). Das kontinentale Klima mit großen Temperaturschwankungen und häufiger Lufttrockenheit entspricht aber weitgehend dem der subalpinen Fichtenwälder. Einziger Unterschied sind die etwas höheren Mitteltemperaturen. Eine Eingliederung in die ozeanische, durch Buchen charakterisierte Stufe ist deshalb kaum gerechtfertigt.

Die obere Grenze der Fichte liegt in den äußeren Alpenketten bei etwa 1800 m, in den inneren Ketten zwischen 2000 und 2100 m, je nach Exposition. Mit Ausnahme der inneren Ketten bildet sie fast überall die Waldgrenze.

Über das Problem der Baum- und Waldgrenze gibt es sehr viel Literatur. Hier soll nur kurz darauf hingewiesen werden. Daß sehr vielerlei Faktoren am Zustandekommen dieser Grenze beteiligt sind, hat besonders Brockmann-Jerosch (1919) betont. Früher aufgezeigte Beziehungen etwa mit mittleren Sommertemperaturen oder mit mittleren Julimittagstemperaturen (de Quervain 1903) konnten von ihm nicht eindeutig bestätigt werden, wohl vor allem, weil die meteorologischen Angaben nicht genügten. Es gibt oft nur wenige Stationen in der Nähe der Waldgrenzen, und diese stehen meist auf einem Berggipfel oder in einer Talmulde drin und sind deshalb für das Waldgrenzenklima nicht typisch. Oftmals ist die potentielle Waldgrenze wegen der Tätigkeit des Menschen nicht mehr oder nur undeutlich erkennbar. Bei aller Anerkennung der vielerlei Begrenzungsmöglichkeiten des Baumwuchses nach oben (Länge der Schneebedeckung, Höhe der Schneedecke, Windexposition, Lufttrockenheit und Wärmeeinstrahlung im Winter, Tiefe der gefrorenen Bodenschicht usw.), ist doch die Hauptursache eine Wärmegrenze. Eine Minimalmenge an Wärme in der Vegetationszeit ist erforderlich, nicht nur, damit die Stoffbilanz positiv bleibt, sondern auch, damit genügend Reserven

vorhanden sind, um die Nadeln und Knospen soweit mit einer dicken Cuticula einzudecken, daß der Winter unbeschadet von Frostroknis überdauert werden kann. Für eingehendere Untersuchungen und Diskussionen sei auf die zusammenstellende Darstellung von Tranquillini (1979) hingewiesen. Es ist im übrigen interessant zu beobachten, daß oberhalb der Baumgrenze auch kein Strauchwuchs mehr möglich ist. Der oftmals bis einige Hundert Meter betragende Grenzunterschied zwischen Bäumen und Sträuchern ist unter bodenstabilen Verhältnissen weitgehend durch die Tätigkeit des Menschen bedingt. Die potentielle Baumgrenze (und damit auch die Waldgrenze, vgl. Ellenberg 1982) und die obere Grenze der Strauch- und Zwergstrauchbestände (*Alnus viridis*, *Salix sp.*, *Pinus mugo*, *Rhododendron*, *Juniperus*) fallen fast völlig zusammen. Einzelne Sträucher an lokalklimatisch günstigen Stellen und Sträucher, die oft nur bis 20 cm hoch werden, müssen allerdings ausgenommen werden.

Die obere Grenze der Fichte (*Picea*), die allmählich von Norden gegen die Zentralalpen ansteigt und dann nach Süden kaum mehr abfällt, ist sicher eine Temperaturgrenze, die im Gelände etwas höher als die 10 °C-Juliisotherme (um 9,5 °C) liegt. Das Klima der subalpinen Stufe zeigt größere Temperaturunterschiede, größere Einstrahlung und oft größere Lufttrockenheit als das montane Klima.

Die typische Ausbildung der subalpinen Stufe ist landwirtschaftlich nur für Viehwirtschaft geeignet, wobei in den äußeren Ketten überhaupt nur noch Alpenwirtschaft (Sommerbetrieb) in Frage kommt. In den inneren Ketten ist Ganzjahresbetrieb noch möglich. Die kontinentale Ausbildung der subalpinen Stufe ermöglicht zudem im bescheideneren Ausmaß noch Ackerbau.

4.4. Kontinentale Bergstufe

Die kontinentale Bergstufe ist nur in den innersten Zentralalpen ausgebildet, wo die Sommerniederschläge im allgemeinen weniger als 250 mm erreichen. Sie schließt mit der unteren Grenze an die colline *Quercus pubescens*-Stufe an; die Grenze nach oben fällt mit jener von *Pinus silvestris* zusammen. Während sonst in der collinen und montanen Stufe die Waldföhre (*Pinus silvestris*) auf Spezialstandorte beschränkt ist, auf der keine anderen Bäume mehr wachsen können (steile Felslagen, Mergelhänge, Sandböden, Serpentin, Dolomit, Quarzit usw.), bildet sie in den kontinentalsten Zentralalpen ausgedehnte Wälder über jeder Unterlage. Für die Buche sind diese Stellen zu trocken und spätfrostgefährdet, für die Fichte im allgemeinen zu trocken. Die Fichte tritt aber an klimatisch günstigen Stellen (lokal feuchtere und kühlere Orte, auf tiefgründigen Böden) kleinflächig oder der Föhre beigemischt auf. Reine Föhrenwälder, die nicht auf Spezialstandorte beschränkt und nicht durch jahrhundertelange Bewirtschaftung bedingt sind, gibt es wahrscheinlich nur in den trockensten Gebieten der Zentralalpen (in der Schweiz nur im Wallis). Auch Braun-Blanquet und Rübél (1936) weisen bereits darauf hin, daß die Waldföhre in den zentralen Bündner Tälern und im Unterengadin nicht die Klimax bildet, sondern edaphisch bedingt ist. (Die Klimax wird ja durch die Fichte gebildet; die Gebiete werden deshalb hier der kontinentalen Ausbildung der subalpinen Stufe zugeordnet.)

Der Krautvegetation der Föhrenwälder sind viele Steppenpflanzen beigemischt. Auf den Waldböden wachsen im allgemeinen eher Basenzeiger.

Die obere Grenze der Waldföhre ist nicht immer eine klimatische Grenze, sondern bei nach oben zunehmenden Niederschlägen eine Grenze der Konkurrenz gegenüber der Fichte. Sie ist dort anzusetzen, wo auf silikatischer Unterlage die Föhre gegenüber der Fichte zurücktritt. Die Grenze liegt etwa zwischen 1600 und 2100 m. Die kontinen-

tale Bergstufe kann deshalb bis über 1000 m Höhenunterschied umfassen und ist in einem gewissen Sinne azonal. Im Gegensatz dazu steigt die Waldföhre in den äußeren Alpenketten kaum über 1000 m. Klimatisch ist die kontinentale Bergstufe durch geringe Niederschläge, starke Temperaturoegensätze und sehr hohe Einstrahlung charakterisiert.

Eine ähnliche obere Grenze wie die Waldföhre hat der gewöhnliche Wacholder (*Juniperus communis*).

Landwirtschaftlich eignet sich die kontinentale Bergstufe auch in höheren Lagen noch sehr gut für den Getreideanbau. Fettwiesen müssen im allgemeinen bewässert werden.

4.5. Suprasubalpine Stufe

In den Zentralalpen schiebt sich oberhalb der Fichtenstufe noch eine Lärchen-Arvenstufe ein, die 100–400 m höher steigt als die subalpine Stufe und deren obere Grenze durch die obersten Vorkommen der Arve (*Pinus cembra*) definiert wird. Sie ist charakterisiert durch im Endzustand fast reine Arvenwälder, während die Lärche (*Larix*) besonders als Erstbesiedler und auf weniger tiefgründigen, aber fast immer tonreichen Böden auftritt. Die Lärche kommt in den Zentralalpen auch in der subalpinen und in der kontinentalen Bergstufe vor, während die Arve nur wenige hundert Meter unterhalb die obere Fichtengrenze hinuntersteigt. *Vaccinium gaultherioides* und *Loiseleuria procumbens* haben in dieser Stufe das Zentrum ihrer Verbreitung. Ähnlich wie an der oberen Grenze der subalpinen Stufe wird heute die obere Grenze oft durch das zusammenhängende Auftreten von Zwergsträuchern (vor allem *Rhododendron ferrugineum*) markiert, die noch regelmäßig 20–30 cm hoch werden.

Die obere Grenze des Arven-Vorkommens ist eine Temperaturgrenze, die durch die Einstrahlung mitbedingt ist. *Pinus cembra* steigt dort über die Fichte hinauf, wo oberhalb der Fichtengrenze (ca. 9,5 °C mittlere Juli-Isotherme) die mittlere Julitemperatur um 13 Uhr noch deutlich über 11 °C hinaufsteigt, oder die mittleren Julimaxima über 18 °C reichen (vgl. die Wärmekennwertkarte von Primault 1981) und die Jahresniederschläge nicht über 150 cm betragen (große Sonneneinstrahlung!). Auf diese Weise kann die Arve in den kontinentalsten Gebieten (Oberengadin) auf Höhen steigen, wo die mittleren Julitemperaturen nur noch bei 7,5 °C liegen.

Landwirtschaftlich kann die suprasubalpine Stufe nur noch für die Viehwirtschaft im Sommer (Alpwirtschaft) genutzt werden.

4.6. Alpine Stufe

Die obere Grenze der alpinen Stufe ist durch die Grenze des Vorkommens von zusammenhängenden Rasenflecken gegeben. Als charakteristische Arten können etwa *Carex sempervirens* (auf kalkhaltiger und kalkarmer Unterlage), *Carex curvula* und *Elyna myosuroides* angesehen werden. Die alpine Stufe ist durch kurzgrasige Rasen gekennzeichnet, sofern die Bodenverhältnisse stabil sind und lokal keine langen Schneeansammlungen vorliegen. Höhere Wuchsformen wie Sträucher und Zwergsträucher (über 20 cm), hochgrasige Wiesenpflanzen und Hochstauden (über 30 cm) kommen oberhalb der natürlichen Baumgrenze nur an lokal günstigen Stellen (Felsnischen, zwischen Steinen usw.) vor.

Die obere Grenze der alpinen Stufe liegt in den Außenketten zwischen 2400 und 2500 m, in den inneren Ketten zwischen 2700 und 3000 m. Die Grenze ist eine Wärme-grenze und dürfte ungefähr einer mittleren Julitemperatur von 5 °C entsprechen.

Die alpine Stufe wird in unteren Lagen als Weide für junge Rinder und für Schafe, in den oberen Lagen nur noch als Schafweide genutzt.

4.7. Subnivale Stufe

Die obere Grenze der subnivalen Stufe liegt an der oberen Grenze der noch regelmäßig, aber zerstreut auftretenden Blütenpflanzen (vorwiegend Ruhschuttpflanzen). Als typische Pflanzen sind *Androsace alpina*, *Eritrichium nanum*, *Ranunculus glacialis*, *Minuartia sedoides*, *Saxifraga oppositifolia* anzusehen. Sie bilden eine lockere Ruhschuttvegetation, die zum größten Teil aus Hemikryptophyten und krautigen Chamaephyten besteht und oft eine flach polsterartige Wuchsform aufweist. Die subnivale Stufe ist gekennzeichnet durch das Ausbleiben fast jeglicher physikalisch-chemischer Bodenentwicklung.

Die obere Grenze liegt etwa 300–500 m über der alpinen Stufe und wird vor allem durch die mittlere Länge der schneefreien Zeit (etwa 2 Monate) bestimmt.

4.8. Nivale Stufe

In dieser Stufe kommen, außer in lokal wärmeren Felsennischen, keine Blütenpflanzen mehr vor. Algen und Flechten können dagegen an Felsen und Steinen und auch auf der Firnschicht bis auf die höchsten Gipfel beobachtet werden.

Literatur

- Braun-Blanquet J., H. Pallmann und R. Bach 1954. Pflanzensoziologische und bodenkundliche Untersuchungen im Schweizerischen Nationalpark und seinen Nachbargebieten. II. Vegetation und Böden der Wald- und Zwergstrauchgesellschaften (Vaccinio-Piceetalia). *Ergebn. Wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark N.F.* 4. 200 S.
- Braun-Blanquet J. und E. Rübel 1936. Die Flora Graubündens. *Veröff. Geobot. Inst. Rübel* 7 (4 Bände).
- Brockmann-Jerosch H. 1919. Baumgrenze und Klimacharakter. *Beitr. Geobot. Landesaufn. Schweiz* 6. 255 S.
- Burnand J. 1976. *Quercus pubescens*-Wälder und ihre ökologischen Grenzen im Wallis (Zentralalpen). *Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel* 59. 138 S.
- Christ H. 1879. Das Pflanzenleben der Schweiz. F. Schultheß, Zürich. 488 S.
- Ellenberg H. 1963, 1982. *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. 1. Aufl. (1963), 3. Aufl. (1982). E. Ulmer, Stuttgart. 989 S.
- Ellenberg H. und F. Klötzli 1972. Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. *Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchswes.* 48: 388–930.
- Favarger C. 1958. Flore et végétation des Alpes. II. Etage subalpin. Delachaux & Niestlé, Neuchâtel et Paris. 274 S.
- Geßner C. 1555. *Descriptio montis fracti*. In «De raris et admirandis herbis». Tiguri, A. et J. Gesnerus, 86 pp.
- Haller A. 1768. *Historia stirpium indigenarum Helvetiae ichoata*. Typogr. Ges., Bern (3 Bände).
- Heer O. 1835. Die Vegetationsverhältnisse des südöstlichen Teils des Kantons Glarus. *Mitt. Geb. Theoret. Erdkunde*. 190 S.
- Kuoch R. 1954. Wälder der Schweizer Alpen im Verbreitungsgebiet der Weißtanne. *Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchswes.* 30: 133–260.
- Ozenda P. und H. Wagner 1975. Les séries de végétation de la chaîne alpine et leurs équivalences dans les autres systèmes phytogéographiques. *Doc. Cartogr. Ecol.* 16: 49–64.
- Primault B. 1981. Indices de chaleur. *Doc. Suisse Agrométéor.* 201.
- De Quervain A. 1903. Die Hebung der atmosphärischen Isothermen in den Schweizer Alpen und ihre Beziehungen zu den Höhengrenzen. *Gerlands Beitr. Geophysik* 6.

- Schröter C. 1926. Das Pflanzenleben der Alpen. 2. Aufl. Rauhstein, Zürich. 1288 S.
- Tranquillini W. 1979. Physiological ecology of the alpine timberline. Springer, Berlin, Heidelberg, New York. 137 S.
- Wahlenberg G. 1813. De vegetatione et climate in Helvetia septentrionali inter flumina Rhenum et Arolam cum summi septentrionis comparatis tentamen. Orell Füßli, Zürich. 98 + 200 S.

Zusammenfassung

Es wird versucht, die oberen Grenzen der Höhenstufen in den Alpen nach dem oberen Vorkommen von häufigen charakteristischen Leitpflanzen zu definieren. Damit soll auch dem Nichtfachmann ein einfaches Erkennen der Stufen im Gelände ermöglicht werden. Die folgenden Arten werden zur Charakterisierung der oberen Stufengrenze herangezogen (Abb. 1 und 2):

1. Colline Stufe: Eiche (*Quercus*)
2. Montane Stufe: Buche (*Fagus*)
3. Subalpine Stufe: Fichte (*Picea*)
4. Kontinentale Bergstufe: Waldföhre (*Pinus silvestris*)
5. Suprasubalpine Stufe: Arve (*Pinus cembra*)
6. Alpine Stufe: Rasenflecken (*Carex sempervirens*, *Carex curvula*, *Elyna myosuroides*)
7. Subnivale Stufe: Ruhschuttpflanzen (*Saxifraga oppositifolia*, *Androsace alpina*)
8. Nivale Stufe: Kryptogamen (keine obere Grenze)

Die Stufe 1 entspricht in der Vegetationszonierung Europas der reinen Laubwaldzone, Stufe 2 einer ozeanischen Übergangszone zwischen Laubwald und Nadelwald, die Stufen 3, 4 und 5 gehören zu verschiedenen Wald-Typen der Nadelwaldzone.

Résumé

Les problèmes de la définition des étages de végétation dans les Alpes

Afin de permettre au non-spécialiste de reconnaître facilement les différents étages dans le terrain, les limites supérieures des étages de végétation dans les Alpes sont définies suivant la limite supérieure des espèces caractéristiques. Les espèces suivantes servent comme indicateurs de la limite supérieure des étages (fig. 1 et 2):

1. étage collinéen: chêne (*Quercus*)
2. étage montagnard: hêtre (*Fagus*)
3. étage subalpin: épicéa (*Picea*)
4. étage des montagnes continentales: pin sylvestre (*Pinus silvestris*)
5. étage suprasubalpin: arole (*Pinus cembra*)
6. étage alpin: touffes d'herbe (*Carex sempervirens*, *Carex curvula*, *Elyna myosuroides*)
7. étage subnival: plantes d'éboulis (*Saxifraga oppositifolia*, *Androsace alpina*)
8. étage nival: cryptogames (pas de limite supérieure)

L'étage 1 correspond à la zone européenne de forêts d'arbres à feuilles caduques, l'étage 2 représente une zone intermédiaire océanique entre forêts d'arbres à feuilles caduques et forêts de conifères. Les étages 3, 4 et 5 appartiennent aux différents types de la zone des forêts de conifères.

Prof. Dr. Elias Landolt
 Geobotanisches Institut ETHZ
 Stiftung Rübel
 Zürichbergstr. 38
 CH-8044 Zürich