

## Die heutige Vegetation der Alpen

### 1. Klimatische Voraussetzungen

Der Alpenraum liegt in einem Grenzbereich des mitteleuropäischen Laubwaldgebietes. Nach Süden beginnt bereits die submediterrane Klimazone, im Westen und Osten reicht er in betont ozeanische bzw. kontinentale Gebiete hinein. Diese Stellung wird überlagert durch die besonderen Bedingungen der zunehmenden Höhe.

Innerhalb der Alpen lassen sich Gradienten hinsichtlich folgender Faktoren beobachten:

#### a. Strahlungsintensität

In Folge der geringeren Bewölkung nimmt die Strahlungsintensität mit der Höhe, also besonders in den Zentralalpen, zu. Die Tageshöchsttemperaturen erreichen höhere Werte als in den Randbereichen. Als sichtbare Auswirkung steigen Schnee- und Baumgrenze weiter hinauf, obwohl die Jahresdurchschnittstemperaturen nicht höher liegen und die Vegetationsdauer nicht länger ist. (Abb.: Geogr. Rdschau 1984/397).

#### b. Niederschlagsmenge

In den Randalpen nehmen die Niederschlagsmengen mit der Höhe zu. Die Innenalpen werden dabei aber so stark abgeschirmt, dass ausgesprochene Trockentäler auftreten. (Abb.: Geogr. Rdschau 1984/397) Föhnwinde verstärken die Trockenheit zusätzlich. Zusammen mit den starken jahreszeitlichen Temperaturschwankungen entsteht so in den Zentralalpen ein „kontinentales“ Klima.

#### c. Lufttemperatur

Pro 100 m Höhenzunahme fällt die mittlere Jahrestemperatur um ca. 0,65 °K. Lokal können sich aber auch in tieferen Lagen, in denen sich Kaltluftseen bilden, niedrigere Temperaturen einstellen.

Zusätzlich zum Klima wirken sich die chemische Zusammensetzung der Böden, insbesondere ihr pH-Wert auf die Florenzzusammensetzung aus.

### 2. Böden des Alpenraumes

Wichtige Einzelfaktoren:

- a. Mit zunehmender Höhe überwiegt die physikalische gegenüber der chemischen Verwitterung.
- b. Oberhalb der subalpinen Stufe gefriert der Boden häufig nachts, um tagsüber aufzutauen („Frostwechseltage“). Je nach Steilheit der Böschung rutscht dadurch der Boden ab (Solifluktion). In der alpinen Stufe kann die Vegetation die Bodenbewegung noch etwas abfangen („gebundene Solifluktion“, im Gegensatz zur „freien S.“ im subnivalen Bereich).
- c. In den Schneetälchen, die nur von Juli bis September schneefrei sind, kann das Schmelzwasser in dem noch lange gefrorenen Boden nicht versickern. Dadurch entstehen humusarme, staunasse Pseudogley-Böden. Dabei entsteht auf Silikatgestein noch eine geschlossene Humusdecke, auf dem schlecht verwitternden Kalkuntergrund ähnelt der Boden oft einer Schuttflur.
- d. Für die Kalkalpen sind Rendzina-Böden typisch, in denen die Humusschicht (A-Horizont) unmittelbar auf dem Gestein (C-Horizont) aufliegt (AC-Profil).

### 3. Anpassungen an besondere Ökofaktoren des Hochgebirges

#### 3.1. Strahlung

Gegen die starke Strahlung mit hohem UV-Anteil schützen sich die Pflanzen durch absorbierende Farbstoffe (Flavonoide, Anthocyane) oder reflektierende Haare. Da (UV-)Strahlung das Längenwachstum der Zellen hemmt, sind die Internodien stark verkürzt. Gebirgspflanzen, die im Tiefland kultiviert werden, zeigen entsprechende modifikatorische Veränderungen (fehlender Haarbesatz, Vergeilen).

#### 3.2. Starke Schwankungen des Mikroklimas

Um die allgemein kurze Vegetationszeit besser nutzen zu können, sind die Alpenpflanzen stärker eurhythm. Ihre ökologische Temperaturvalenz reicht von  $-8\text{ °C}$  bis  $60\text{ °C}$  (sonst übliche Werte:  $-5\text{ °C}$  -  $55\text{ °C}$ ), das Temperaturoptimum ist breit angelegt ( $10\text{ °C}$  -  $30\text{ °C}$  bei alpinen Zwergsträuchern).

Polsterpflanzen und Zwergsträucher lassen durch ihr dichtes Blattwerk selbst ein günstigeres Kleinklima entstehen.

#### 3.3. Überhitzung

Im Gegensatz zur (Schatten-)Lufttemperatur können Boden- und Blattemperaturen bei intensiver Bestrahlung hohe Werte erreichen (Meßwerte bis  $>80\text{ °C}$  im Boden und  $54\text{ °C}$  im Blatt). Als Anpassungen werden verdunstungshemmende Strukturen wie derbe Cuticula, Behaarung, eingesenkte Spaltöffnungen sowie dickfleischige Blätter ausgebildet.

#### 3.4. Kälte

Strenger und lang anhaltender Frost kann einerseits zum direkten Erfrieren (Eiskristallbildung), andererseits zum Vertrocknen führen, da aus dem gefrorenen Boden kein Wasser aufgenommen werden kann.

Dem Erfrieren kann durch einen erniedrigten Gefrierpunkt entgegengewirkt werden, entweder durch eine Verringerung des Wassergehaltes im Zellplasma am Ende der Vegetationsperiode oder eine Anreicherung von gelöstem Zucker.

Gegen Frosttrocknis schützen sich manche Arten durch Schließen der Spaltöffnungen im Winter.

#### 3.5. Kurze Vegetationsperiode

Pro 100 m Höhenzunahme wird die Vegetationsdauer um 6-7 d verkürzt. Als Reaktionen auf die verkürzte Wachstumsperiode können aufgefasst werden:

- mehrjährig überdauernde Blätter (96% der Alpenpflanzen),
- Samenreife im (Früh-)Jahr nach der Blüte,
- vegetative Fortpflanzung,
- starke Entwicklung unterirdischer Organe,
- hohe Lebensdauer (Jungpflanzen besonders stark gefährdet!): *Dryas* bis 50 a, *Rhododendron ferrugineum* bis 109 a,
- Knospen öffnen sich bereits bei  $0\text{ °C}$  (Tieflandpflanzen:  $6 - 10\text{ °C}$ ),
- dunkle Färbung (Strahlungsabsorption, z.B. dunkelrote Blüte von *Soldanella*,
- am Boden anliegender Zwergwuchs nutzt die Bodenwärme.

### 3.6. Schnee

Die Schneebedeckung birgt einerseits Gefahren und verkürzt die Vegetationsperiode, wirkt aber andererseits als Schutz gegen Austrocknung und strengen Frost. Krüppelwuchs mit glatten Flächen, auf denen der Schnee abgleitet (Wacholder) verhindert Schneebruch. Einige Arten können auch unterhalb der Schneedecke Photosynthese betreiben.

### 3.7. Geringe Zahl von Bestäubern

Intensiv gefärbte Blüten sollen die wenigen Insekten anlocken, zusätzlich können sich die meisten Arten vegetativ vermehren und sind mehrjährig.

## 4. Die Höhenstufen mit ihren vorherrschenden Baumarten

### 4.1. Allgemeines

Durch die Überlagerung von geographischer Lage und Höhenstufen entsteht eine große Vielfalt klimatischer Zonen (ELLENBERG Abb. 4a,b). In ihnen herrschen jeweils bestimmte Baumarten vor. Auf Grund der beschriebenen Grenzlage sind sie in den O-W bzw. N-S-Achsen nicht symmetrisch verteilt (ELLENBERG Abb. 5, 6, 42 a, b).

Auf Grund der verschiedenartigen klimatischen Verhältnisse (s. Kap.1.) finden sich in den Alpen unterschiedliche Stufenfolgen. Man kann dabei drei Typen erkennen:

- a. die helvetische Stufenfolge: Sie entspricht der Höhengliederung in Mitteleuropa und Skandinavien (Eichen-, Buchen-, Fichtenstufe).
- b. die penninische Stufenfolge: Sie ähnelt den Verhältnissen im kontinentalen Osteuropa (ohne Laubholz, Steppen-, Kiefern-, Fichten-, Lärchen-Arvenstufe).
- c. die insubrische Stufenfolge: Sie ist durch den mediterranen Einfluß geprägt (Flaumeichen- und Kastanienstufe, Buchenstufe).

Die in den Randalpen mit der Höhe steigenden Niederschlagsmengen begünstigen ozeanische Arten:

Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*) und Traubeneiche (*Quercus petraea*) steigen höher hinauf als die mehr kontinental ausgerichteten Arten Spitzahorn (*Acer platanoides*) und Stieleiche (*Quercus robur*).

### 4.2. Die planare Stufe

Im Bereich des Gardasees tritt eine ausgeprägte planare Stufe mit mediterranem Klima auf. (Geringe Frostgefahr, hohe mittlere Jahrestemperatur, hohe Niederschlagsmengen mit herbstlichem Maximum). Sie reicht bis 400 m hoch, im Sacrat al bis 100 m. Der ursprüngliche Bestand mit Steineichen ist vom Menschen weitgehend zerstört.

### 4.3. Die colline Stufe (Eichen-Buchen-Stufe)

Die höchsten Eichenvorkommen begrenzen diese Zone nach oben (600-1000 m). Bei einer Vegetationsperiode von über 250 d und einem Julimittel von  $>16^{\circ}\text{C}$  ist eine intensive landwirtschaftliche Nutzung möglich. Hier gedeihen noch Walnuss, Mais, Getreide und Obstgehölze. Auch der Weinbau, dessen Grenze mit der  $10^{\circ}\text{C}$ -Jahresmittel-Isotherme zusammenfällt, ist möglich.

- a. nördliche Randalpen  
Buchenwald mit Eichen, Hainbuche, Linden, Kirsche.
- b. Zentralalpen  
Flaumeiche (*Quercus pubescens*), viele submediterrane und subkontinentale Step-  
penpflanzen, keine Buchen.

### c. südliche Randalpen

Ihre natürliche Gesellschaft ist ein submediterraner Hopfenbuchen-Mischwald. Diese mäßig winterharte, halbtrockene Buschwaldgesellschaft steigt auf eine Höhe von 400-800 m, in Südtirol bis auf 1000 m. Sie ist jedoch durch die intensive landwirtschaftliche Nutzung in weiten Gebieten nicht mehr anzutreffen. Typische Arten sind:

Hopfenbuche (*Ostrya carpinifolia*)

Flaumeiche (*Quercus pubescens*)

Blumen-(Manna-)Esche (*Fraxinus ornus*)

Linden (*Tilia*)

Blasenstrauch (*Colutea arborescens*)

Edelkastanie (*Castanea sativa*)

Walnuss (*Juglans regia*)

## 4.4. Die submontane Stufe

Obergrenze bei 800-1100 m, noch mit Ackerbau genutzter Bereich.

### a. Südliche Randalpen

Eichen-Buchen-Mischwald.

### b. Innenalpen

Kiefernwald in Folge der „kontinentalen“ Klimaverhältnisse.

### c. Nördliche Randalpen

Buchenwald, darin auch Eibe (*Taxus baccata*), Stechhülse (*Ilex aquifolium*) und Efeu (*Hedera helix*).

## 4.5. Die montane Stufe (Weißtannen-Buchen-Stufe)

Ihre Obergrenze liegt bei 1400-1750 m, die Vegetationszeit ist bereits auf 200 d verkürzt. Die Niederschlagsmenge ist höhenbedingt hoch, während der Vegetationszeit treten aber kaum Fröste auf. Die Buche erreicht (mit Ausnahme der Südalpen) ebenso wie Berg-Ahorn (*Acer pseudoplatanus*), Berg-Ulme (*Ulmus scabra*) und Esche (*Fraxinus excelsior*) ihre höchsten Verbreitungsgebiete. Grünlandwirtschaft tritt an die Stelle des Ackerbaues.

### a. Randalpen

Tannen-Buchen-Wald.

### b. Innenalpen

Fichten-Tannen-Wald in den Zwischenalpen, im Zentrum Fichten-Kiefern-Wald, da die Tanne zu empfindlich gegen Frost und Luft- bzw. Bodentrockenheit ist. Der natürliche Tannenanteil wurde durch die Waldwirtschaft von 25% auf 1% dezimiert.

Besondere Standorte:

Schuttfluren: (auch in der collinen Stufe, besonders artenreich in den südlichen Alpenteilen)

Schmalblättriger Hohlzahn (*Galeopsis angustifolia*)

Gelber Lerchensporn (*Corydalis lutea*)

Schmalblättrige Spornblume (*Centranthus angustifolius*)

Ysopblättriges Gliedkraut (*Sideritis hyssopifolia*).

#### 4.6. Die subalpine Stufe (Rottannen-Stufe)

Reicht bis zur Baumgrenze, die (s.o.) in den Innenalpen deutlicher höher als in den Randalpen liegt (1700-2300 m). Sie wird überwiegend durch Wärmemangel bedingt, als Grenzwert gilt eine mittlere Temperatur des wärmsten Monats von 10 °C. Als weitere Faktoren sind Wind, Exposition und Dauer der Schneedecke wirksam. Die Vegetationszeit ist nur noch 100-160 d lang.

Durch die Almwirtschaft, zusammen mit dem hohen Holzbedarf im Mittelalter, gingen große Teile des Hochlagenwaldes verloren, sodass heute die reale Waldgrenze 200-400 m unter der natürlichen Baumgrenze liegt.

An den Baumbestand schließen sich im Grenzbereich zur alpinen Stufe Krummholzgesellschaften an (Latsche oder Grünerle). Wegen ihrer großen Zähigkeit bilden sie einen wichtigen Schutz gegen Lawinen. Leider wurde dies in früheren Zeiten zu wenig beachtet (Nutzung als Brennmaterial, Latschenölherstellung). In den Wurzeln der Grünerle, die feuchtere Standorte bevorzugt, leben (wie bei allen Erlen) stickstoffassimilierende Aktinomyzeten. Die N-Anreicherung im Boden lässt in ihrer Umgebung Hochstauden (Fuchsgreiskraut, Alpenmilchlattich u.a.) gedeihen.

##### a. Südliche Randalpen

Nur hier kann die Buche bis zur Waldgrenze aufsteigen (am Mte. Baldo bis 1880 m).

##### b. Nördliche Randalpen

Fichte

##### c. Innenalpen

Neben der Fichte tritt nach oben zunehmend die Lärche auf. In den tieferen Lagen des Zentrums ist Kiefernwald verbreitet, in den Hochlagen Lärchen-Arven-Wald. (Der Verbreitungsraum der Kiefer kann als azonale Waldföhren-Stufe aufgefaßt werden, die über die montane und subalpine Zone hinwegreicht.) Die Lärche schützt sich durch Laubfall, die Zirbe (*Pinus cembra*) verfügt über besonders frostfeste Nadeln (bis -40 °C). Die Zirbenbestände sind wegen ihres begehrten Holzes in vielen Regionen ± ausgerottet. Typisch für die Arvenzone ist auch die Alpen-Moorbeere (*Vaccinium gaultheroides*).

Besondere Standorte:

Schuttflur auf Kalk: (Petasitetum paradoxii)

Alpen-Pestwurz (*Petasites paradoxus*)

Berg-Baldrian (*Valeriana montana*)

Augenwurz (*Athamanta cretensis*)

Berg-Distel (*Carduus defloratus*)

Alpen-Gänsekresse (*Arabis alpina*)

Kahler Alpendost (*Adenostyles glabra*)

In Felsspalten auf Kalk: (Potentilla-Hieracietum)

Stengel-Fingerkraut (*Potentilla caulescens*)

Kugelschötchen (*Kernera saxatilis*)

Zwerg-Gänsekresse (*Arabis pumila*)

Herzblättrige Kugelblume (*Globularia cordifolia*)

Habichtskraut-Arten (*Hieracium* sp.)

In Felsspalten auf Silikat: (Asplenio-Primuletum hirsutae)

Rote Felsenprimel (*Primula hirsuta*)

Streifenfarn (*Asplenium*)

Rauher Steinbrech (*Saxifraga aspera*)

Strauß-Steinbrech (*Saxifraga cotyledon*)  
 Scheuchzers Rapunzel (*Phyteuma scheuchzeri*)  
 Schweizer Schöterich (*Erysmum helveticum*)

#### 4.7. Die alpine Stufe (Rasen-Stufe)

Obergrenze bei 2200-2800 m, Vegetationszeit 50-100 d, Wärmegrenze bei 5 °C mittlerer Julitemperatur. (Übersicht: LANDOLT S.86, detailliert nach pH, N-/S-Alpen und Feuchtigkeit)

##### a. Untere alpine Stufe

Zwergstrauchgesellschaften. Deutlicher Unterschied der Artenzusammenstellung je nach pH-Wert. Häufig Parallel-Arten: Behaarte Alpenrose (*Rhododendron hirsutum*) und Polstersegge (*Carex firma*) auf Kalk, Rostrote Alpenrose (*Rh. ferrugineum*) und Krummsegge (*Carex curvula*) auf saurem Boden.

Als Weide für junge Rinder und Schafe nutzbar.

##### b. obere alpine Stufe

Ursprüngliches Verbreitungsgebiet der Grasheiden (Mattenregion). Nur noch als Schafweide geeignet.

Besondere Standorte:

a. Schneetälchen: In kleinen Mulden bleibt der Schnee sehr lange liegen. Die typischen Arten sind an die extrem kurze Vegetationszeit von 2 mon und die besonderen Bodenverhältnisse angepasst.

Auf Silikatgestein: (*Salicetum herbaceae*)

Krautweide (*Salix herbacea*)  
 Zwerg-Ruhrkraut (*Gnaphalium supinum*)  
 Kleine Soldanelle (*Soldanella pusilla*)  
 Zweiblütiges Sandkraut (*Arenaria biflora*)  
 Fünfblatt-Frauenmantel (*Alchemilla pentaphylla*)  
 Dreigriffeliges Hornkraut (*Cerastium trigynum*)  
 Zwerg-Hahnenfuß (*Ranunculus pygmaeus*)

auf Kalk: (*Salicetum retuso-reticulatae*)

Netz-Weide (*Salix reticulata*)  
 Stumpfblättrige Weide (*Salix retusa*)  
 Bayerischer Enzian (*Gentiana bavarica*)  
 Alpen-Hahnenfuß (*Ranunculus alpester*)

auf Kalkschutt: (*Arabidetum coeruleae*)

Bläuliche Gänsekresse (*Arabis coerulea*)  
 Schnee-Ampfer (*Rumex nivalis*)  
 Mannschild-Steinbrech (*Saxifraga androsacea*)  
 Hoppes Ruhrkraut (*Gnaphalium hoppeanum*)

##### b. Schuttfluren

Sie sind besonders im Bereich von Kalk- und Dolomit-Gestein, das schlecht verwittert, häufig anzutreffen.

Auf Silikat: (*Oxyrietum digynae*)

Säuerling (*Oxyria digyna*)  
 Einblütiges Hornkraut (*Cerastium uniflorum*)  
 Filziger Alpendost (*Adenostyles leucophylla*)  
 Kriechende Nelkenwurz (*Geum reptans*)

- Clusius-Gemswurz (*Doronicum clusii*)
- Braune Hainsimse (*Luzula spadicea*)
- auf Kalk: (*Thlaspeetum rotundifolii*)
- Rundblättriges Täschelkraut (*Thlaspi rotundifolium*)
- Weißer Alpenmohn (*Papaver alpinum*)
- Breitblättriges Hornkraut (*Cerastium latifolium*)
- Bewimperte Nabelmiere (*Moehringia ciliata*)
- Kleine Glockenblume (*Campanula cochleariifolia*)
- Schwarze Schafgarbe (*Achillea atrata*)
- Alpen-Gemskresse (*Hutchinsia alpina*)
- auf Kalkschutt mit Feinerde: (*Leontodonteum montani*)
- Berg-Löwenzahn (*Leontodon montanus*)
- Herzblatt-Hahnenfuß (*Ranunculus parnassifolius*)
- Bewimperter Steinbrech (*Saxifraga aizoides*)
- Gegenblättriger (Roter) Steinbrech (*Saxifraga oppositifolia*)
- Zwerg-Baldrian (*Valeriana supina*)
- c. In Felsspalten:
- Auf Kalk: (*Androsacetum helveticae*)
- Schweizer Mannsschild (*Androsace helvetica*)
- Aurikel (*Primula auricula*)
- Immergrüner Steinbrech (*Saxifraga aizoon*)
- auf Silikat: (*Androsacetum vandellii*)
- Vandellis Mannschild (*Androsace vandellii*)
- Himmelsherold (*Eritrichium nanum*)
- Rätische Rapunzel (*Phyteuma hedraianthifolia*)
- Niedrige Rapunzel (*Phyteuma humile*)
- Breitblättrige Schlüsselblume (*Primula latifolia*)
- Echte Edelraute (*Artemisia mutellina*)

#### 4.8. Die subnivale Stufe

Unterhalb der Schneegrenze (2500-3300 m) ist bei einer Vegetationszeit von 0-60 d der Pflanzenbewuchs inselartig aufgelöst. Die „Pioniergesellschaften“ sind wegen ihrer geringen Wachstumsleistung durch menschliche Belastungen (Wintersport!) besonders gefährdet.

Typische Arten:

- Alpen-Mannsschild (*Androsace alpina*)
- Himmelsherold (*Eritrichium nanum*)
- Gletscher-Hahnenfuß (*Ranunculus glacialis*)
- Zwerg-Miere (*Minuartia sedoides*)
- Roter Steinbrech (*Saxifraga oppositifolia*).

#### 4.9. Die nivale Stufe

Oberhalb der Schneegrenze können sich nur noch Algen, Moose und Flechten, sowie vereinzelt stehende Blütenpflanzen, insbesondere in Felsspalten behaupten.

- Edelraute (*Artemisia mutellina* u.a. sp.)
- Gletscher-Nelkenwurz (*Geum reptans*)
- roter Steinbrech (*Saxifraga oppositifolia*)
- Gletscherhahnenfuß (*Ranunculus glacialis*) bis 4000 m.