



Die Gebirge bilden eine ganz westliche Einflussgröße für das Klima.

Zum einen sind sie Klimascheide; die Klimate westlich und östlich der Gebirge unterscheiden sich häufig sehr stark von einander – zum anderen ist die **klimatische Vertikalgliederung** von besonderem Interesse, da hier innerhalb von relativ kurzer Distanz viel größere Unterschiede auftreten können, als es in horizontaler Betrachtung überhaupt möglich wäre.

In allen Gebirgen, egal welcher Klimazone sie angehören, ändern sich wesentliche biotische und abiotische Umweltbedingungen mit der Höhe. Das Abnehmen der Temperatur, des Luftdrucks und zunächst auch eine Zunahme der Bewölkung und des Niederschlags und der Einstrahlung führen zu einem stockwerkartigen Aufbau unterschiedlicher Lebensbedingungen, der ganz allgemein als *klimatische Höhenstufung* der Gebirge, bezeichnet wird.

Es war **Alexander v. Humboldt**, der dieses Phänomen als erster ausführlich beschrieb, nachdem er zwischen 1799 und 1804 die Gebirge Südamerikas bereiste, und dabei ständige barometrische und thermische Messungen vornahm. Im fiel auch als erstem auf, dass sich die Pflanzenformationen der Höhe, also den jeweiligen klimatischen Bedingungen der einzelnen Stockwerke anpassen. So wurde Humboldt zum Entdecker der Höhenstufen der Vegetation.

Ganz allbemein findet man folgende Vegetationsabfolge:

Tropischer Regenwald - Tropischer Bergwald - Laubwald - Mischwald - Nadelwald - Gehölze/Büsche - Gräser/Moose/Flechten - nahezu vegetationslos/Schnee und Eis.

Höhenklimate Afrikas

Die Bergländer und Gebirgsmassive über 1.200 m Höhe von der Zentralafrikanischen Schwelle in Ost-Kongo bis nach Ost- und Südostafrika gehören zu den tropischen Höhenklimaten. Hochländer, Schwellenregionen und Einzelmassive sind der **feucht-temperierten Höhenstufe zwischen 1.100 - 1.200 und 2.200 - 2.400 m** zuzuordnen. Der große Vorteil dieser Höhenstufe liegt in den thermischen Gegebenheiten. Die Jahresmitteltemperatur nimmt in 1.900 - 2.000 m Höhe auf 17 - 18 °C ab, die mittleren täglichen Maxima betragen nur noch 20 - 21 °C, die mittleren täglichen Minima sinken auf 10 - 11 °C. "Emporgehoben" über die Hitze und Schwüle des tropischen Tieflands, bleibt der Bewohner im temperierten Bergland von Tropenkrankheiten wie der Malaria und der Schlafkrankheit verschont.

Für die Besiedlung und Landnutzung wirkte sich entscheidend aus, dass einer der wichtigsten Gegner des Menschen in Tropisch-Afrika, die Tsetse-Fliege, in diesen Höhenregionen nicht mehr auftritt. Sie hat ihre Höhengrenze in Ost-Kongo bei 1.100 bis 1.200 m. Deshalb gehören die tropischen Hochländer Afrikas zu den bevorzugten Standorten der Rinderweidewirtschaft. Zugleich ist die untere Höhenstufe der innertropischen Bergländer frostfrei, so daß ein breites Spektrum tropischer Nutzpflanzen wie Kaffee und Tee angebaut werden kann, in den höheren Lagen ergänzt durch Anbaufrüchten aus den mittleren Breiten wie Kartoffeln, Gemüse und Obst.

An der **Obergrenze der temperierten Höhenstufe in 2.200 - 2.400 m** Höhe erreichen die Niederschläge an der zentralafrikanischen und der ostafrikanischen Schwelle sowie an den Vulkanen und Bergmassiven Ostafrikas Höchstwerte. Hier liegt auch fast ganzjährig Nebel. Die Niederschläge liegen zum teil bei 2.200 - 2.400 mm und können an der Westseite des Ruwenzori-Massivs sogar 4.000 mm erreichen.

In der **feucht-kühlen Höhenstufe (zwischen etwa 2.200 bis 3.800 m Höhe)** herrschen bei über 10 humiden Monaten mittlere Jahrestemperaturen von nur 6 bis 16 °C. Über 2.500 m finden sich in den Schwellenregionen oder Einzelgebirgsmassiven keine Dauersiedlungen mehr, da Kühle, Nässe und Wind Längeren Aufenthalt nahezu unmöglich machen. Wenn auch die Niederschlagsmenge oberhalb von 2.400 m abnimmt, so sorgen doch Nebel und Sprühregen für ständige Feuchtigkeit und ermöglichen fast undurchdringliche Nebel- oder Bambuswälder.

In den höchten Teilen der zentralafrikanischen Schwelle wie im Ruwenzori-Massiv und an den Virungavulkanen wird **bei 3.800 m die Höhenstufe der afroalpinen**

Vegetation erreicht. Über 3.200 - 3.500 m bleibt die Temperatur des wärmsten Monats unter 10 °C. Wind, Kälte, Frost und Schneefall kennzeichnen die Plateaus, Hang- und Gipfelgebiete dieser Höhen, die einen außerordentlich hohen Bewölkungsgrad haben. Die klimatische Schneegrenze wird in den Ruwenzoris bei 4.600 - 4.700 m erreicht, an den Vulkanmassiven Ostafrikas bei etwa 4.300 m.

Südamerikanische Höhenstufen

Unterschiede zu unserem Klima:

1. **Temperaturabnahme mit der Höhe:**

je 100 m Anstieg bei trockener Luft etwa 1°C, bei feuchter Luft 0,55 °C. Das Gegenstück bildet die Temperaturinversion, bei der die kalte und schwerere Luft absinkt, sich in den Tälern sammelt und so zu einer Umkehr des Temperaturgefälles führt.

Die Temperatur nimmt zwar mit zunehmender Höhe ab, es gibt aber in den kühleren Höhenstufen der Tropen keine jahreszeitlichen Wechsel der Sonneneinstrahlung und der Temperatur. Bogota (Kolumbien) beispielsweise hat bei einem Jahresmittel von 14,5 °C ein Mittel von 15 °C im wärmsten und 14 °C im kältesten Monat.

Sehr ausgeprägt ist jedoch die tägliche Temperaturschwankung (**bis 30 °C**).

2. **Die Strahlung**

wächst mit 1 % je 100 Höhenmeter, und ist von Haus aus in den Tropen doppelt so hoch.

3. **Der Niederschlag**

nimmt allgemein von 2000 m bis 3600 m zu, verringert sich darüber aber wieder.

4. **Winde**

haben im Gebirge große Wirkung: seien es Staueffekte, Aufwind, Abwind, föhnartige Winde, Düseneffekte, oder Talwinde.

Verschiebung der Höhenstufen möglich durch:

- - Hangneigung
- - Exposition (Nord- und Südhang)

- - Massenerhebungseffekt, der im zentralen Bereich großer Gebirge alle Vegetationsstufen nach oben verschiebt: Die als Heizfläche wirkende Erdoberfläche liegt hier durchweg hoch. Deshalb wird die Luft wärmer als in vergleichbaren Höhenstufen außerhalb des Gebirges.

Der Forscher und Entdecker Humboldt übernahm alte spanische Bezeichnungen:

1. - *Tierra caliente* – das heiße, von Regenwäldern bedeckte Land;
3. - *tierra templada* – das gemäßigste, von tropischen Bergwäldern bewachsene Land;
4. - *tierra fría* – das kalte Land, indem die europäischen Feldfrüchte beste Bedingungen finden;
5. - *tierra helada* – das eisige Land der Paramós und Puna-Steppen;
6. - *tierra nevada* – das Land der Gletscher, in dem nur noch vereinzelt niedere Pflanzen gedeihen können.

Die Höhenstufen der Anden:

- ⊙ Klassische Einteilung: Tierra Caliente („heißes Land“), Tierra Templada („gemäßigtes Land“) 1000–2000 m, Tierra Fria („kühles Land“) 2000–3500 m, Tierra Helada („kaltes Land“) ab der Baumgrenze, Tierra Nevada ab der Schneegrenze bei ca. 5000 m („Schneeland“) (Höhenangaben für die tropischen Breiten)
- ⊙ nach Vidal: Chala (West, Pazifikküste) 0– 500 m, Omagua (Amazonien) 80– 400 m, Rupa-Rupa 400– 1000 m, Yunga (West Seite) 500– 2300 m, und Yunga (Ost Seite) 1000– 2300 m, Quechua 2300– 3500 m, Suni, Jalca oder Sallqa 3500– 4000 m, Puna 4000– 4800 m, Janca +4800 m

Nach: <http://de.wikipedia.org/wiki/>

Höhenstufe	Höhengürtel	Höhenlage	Beschreibung
<i>eumediterran</i>	<i>Tieflage</i>	0–400	Hartlaubvegetation mit Steineiche und Ölbaum . An humiden Stellen Lorbeer-Oleander -Strauchformation.
<i>supramediterran</i>	<i>Mittellage</i>	400–1100	<i>halbimmergrüner Eichenwald</i> mit Mazedonischer Eiche (<i>Quercus trojana</i>) und Orientalische Hainbuche (<i>Carpinus orientalis</i>). Darüber Zerreichen - und Balkaneichenwälder (<i>Quercus frainetto</i>). An feuchten und schattigen Lagen Kastanien- Flaumeichenwälder , sowie wärmeliebende Hopfenbuchen - und Flaumeichenwälder. Als Pionierarten wachsen Weißtanne und Baumhasel auf

			trockenen und sonnigen Blockhalden .
<i>oromediterran</i>		1100–1450	Wärmeliebender Kalkbuchenwald mit Tanne. An Felspartien tockenheitsliebende Schlangenhaut-Kiefer- und Dinarische Karst-Blockhalden-Tannenwälder zum Teil mit Krim-Pfingstrose .
<i>altimediterran</i>	Hochlage	1450–1700	An der Waldgrenze Rotbuche , Schlangenhaut-Kiefer- und Griechischer Ahorn . Die mediterrane alpine Stufe – <i>altimediterran</i> – wird von trockenen Wacholderheiden sowie mit vielen endemischen Arten (z. B. Iris orjenii , Viola chelmea) bestanden Sesleria robusta -Rasengesellschaften geprägt. Auf grobblockigen Geröllen und Felsen Strauchgesellschaften mit chasmophytischen Kalkfesspalten-Arten (z. B. Bergbohnenkraut , Asplenium trichomanes , Amphoricarpos neumayerii).
<i>kryomediterran</i>		1700–1900	Eine echte <i>kalt mediterrane klimazonale</i> Stufe ist im höchsten Gebirge der dinarischen Küste nicht entwickelt. Durch hohe Winterniederschläge und stürmische Bora -Gipfelwinde entwickeln sich, unter ausgedehnten Schneelagen Schneetälchen -Gesellschaften mit griechisch-anatolischen, irano-turanischen und armeno-tibetischen Xerophyten . Zu Letzteren gehören die Halbwüsten-Schneetälchen mit vorherrschenden Zwiebelmonokotylen , die an felsige Böden, trockene Sommer und orkanartige Bora- und Scirocco Winde angepasst sind.

Tierwelten

Die Höhenstufung der Vegetation

Der **hypsometrische Klimawandel** vom Gebirgsfuß bzw. der Talstufe zur Kamm- und Gipfelflur der Gebirge ist verantwortlich für die **vegetationsgeographisch / landschaftsökologische Höhenstufung** . Gesteuert wird die Höhendifferenzierung der Vegetation und ebenso des tierischen Lebens in erster Linie durch die

höhenbedingte Abnahme der Temperatur; aber auch durch den vertikalen Wandel der Feuchtebedingungen. Als Beleg sei die aus den tropischen Hochgebirgen bekannte besonders wolkenreiche Höhenstufe mit maximalen Niederschlägen angeführt, die nach oben in eine allmählich immer weniger feuchte, ja ausgeprägt trockene Höhenregionen übergehen kann.

Sichtbarer Ausdruck für den hochgebirgstypischen vertikalen Klimawandel ist die Herausbildung von Höhenstufen der Vegetation. Ökologisch-biogeographisch betrachtet, handelt es sich bei der Höhenstufung der Vegetation um die **enggestellte, vertikale Staffelung von Lebensräumen** .

Höhenstufen der Vegetation, die sich physiognomisch gegen benachbarte Stufen absetzen, sind charakterisiert durch das **höhenstufentypische Vorherrschen einer bestimmten pflanzlichen Lebensform** . In den europäischen Gebirgen wird z. B. die Laubwaldstufe der Täler in mittleren Gebirgslagen durch eine Nadelwaldstufe, diese wiederum durch eine Krummholzstufe und schließlich durch die alpine Stufe der Grasheiden abgelöst. Am vielfältigsten ist die Höhenstufung der Vegetation in tropischen und subtropischen Gebirgen entwickelt, die von den Tieflandsregenwäldern über tropische Berg- und Nebelwälder bis in die Paramostufe reicht und schließlich über eine subnivale Periglazialstufe in die Nivalstufe übergeht. In den antarktischen – polaren Gebirgen ist die Hochgebirgslandschaft dagegen nur noch in eine Sporenpflanzenstufe und die eigentliche Nivalstufe gegliedert.

Bei aller sichtbarer Deutlichkeit der Höhenstufen der Vegetation im Landschaftsbild der Gebirge hervortreten können: von Vegetationsstufe zu Vegetationsstufe gibt es in der Regel vielfältige floristische Übergänge - mit ein Grund für die keineswegs einheitlichen Klassifikationsvorschläge der Vegetationsgeographen.

Abfolge in den Alpen

Oberhalb der Tiefebene (planare Stufe) folgen:

I. Kolline Stufe

Obstanbau möglich - bis ca. 800m.

II. Montane Stufe

Die Grenze des Obstanbaus (Rebengrenze) begrenzt die montane Stufe nach unten - bis ca. 1500m (S:1900m).

III. Subalpine Stufe

Misch- und Laubwälder, in den oberen Abschnitten folgen Nadelwälder. Die Waldgrenze schließt die subalpine Stufe nach oben ab.

IV. Alpine Stufe

in tiefer liegenden Bereichen neben einzelnen Baumgruppen auch Wiesen (Almen), dann Moose und Gräser, durch die Schneegrenze begrenzt. 2500-3000m

V. Nivale Stufe

In der subnivalen Stufe bis 3300m findet man vereinzelt Pionierpflanzen. In der nivalen Stufe ist die Temperatur für das Pflanzenwachstum zu niedrig. Hier liegt ganzjährig Schnee. Ab ca. 3300m.

Die Tierwelt der Hochgebirge nach Höhenstufen gegliedert

(nach H. Janetschek, 1973)

Die faunistische Höhenstufung oberhalb der Waldgrenze ist abhängig vom **Bestands- und Bodenklima** insbesondere jedoch vom **Angebot an "aberntbarer Pflanzensubstanz"**, also von der pflanzlichen Produktion.

Für **Wirbellose** spielt der höhenbedingte Sauerstoffmangel anscheinend keine Rolle. Auch die Obergrenzen des Vorkommens von **Brutvögeln** und **Säugetieren** sind vor allem nahrungsbedingt.

Es sind aber auch besondere **Anpassungen an niedrigen Sauerstoffpartialdruck** bekannt. Das Blut des Vikunja besitzt ein starkes Sauerstoff-Bindungsvermögen

auch bei geringem Sauerstoffdruck. Der Yak kränkelt in Höhen unter 2500 m. Die Streifengans (*Anser indicus*) ist bei ihrem Zug über die Hauptketten des Himalaya in Höhen über 5800 m beobachtet worden.

H. Janetschek (1973) hat oberhalb der Waldgrenze **faunistische Höhenstufen** unterschieden:

1. die Großformenstufe:

"Urweideflächen" als Hauptlebensbereich von Großsäugern, Raubtieren, Greifvögeln, Aasvertilgern und von vielen Brutvögeln des Hochgebirges. In tiefgründigen, weitgehend geschlossenen, humusreichen Oberböden leben Bodengräber wie Murmeltiere und andere Kleinsäuger, und zwar meist in großer Individuenzahl. Die wirbellose Bodenfauna ist reich entwickelt: vor allem "Großformen" innerhalb der Ringelwürmer, Tausendfüßler, Spinnen, Käfer, Schmetterlinge, Hautflügler und Heuschrecken. Im Vergleich zur tiefer liegenden Waldstufe sind jedoch Artenzahl und Biomasse deutlich verringert.

2. die Kleinformenstufe :

offene Vegetation aus Polsterpflanzen, Kryptogamen (Moose, vor allem Strauch- u. Krustenflechten), unterhalb der Schneegrenze. Kleinsäuger und pflanzenfressende Vögel. Kleinsäuger graben keine Erdbaue, sondern suchen nach Spalten im Gesteinsschutt. Fleisch-, abfall- und aasverzehrende Wirbeltiere halten sich in dieser Stufe nur noch vorübergehend auf, in der Regel auf Nahrungswanderungen oder Nahrungsflügen.

3. die Mikroformenstufe:

erscheint unbelebt, denn nur noch mikroskopisch kleine Pflanzen und Tiere überdauern im Bereich schnee- und eisfreier Flächen, und zwar fast ausschließlich im humusfreien Rohbodenbereich unter Steinpflaster: Es handelt sich um Mikrophyten, Urtierchen, Rädertierchen, Fadenwürmer (Nematoden), vereinzelt um Springschwänze (Collembolen) und Milben. Sowohl Mikrophyten als auch Mikrofauna überdauern lebensfeindliche Ungunstphasen im Zustand "latenten Lebens" d.h. bei nahezu völligem Stillstand aller Lebensvorgänge verursacht durch Frostrocknis bei Temperaturen unter 0 ° C. Der das Leben limitierende Ökofaktor ist das Wassermangel. Wasser bzw. für physiologische Lebensvorgänge ausreichende Feuchtigkeit ist nur noch zeitweise vorhanden: durch Schmelzen des Bodeneises, durch Schmelzwasser von einem nahen Schneefeld, durch gelegentliches Ansteigen der Bodentemperaturen über 0° C.

4. die Tierwelt der Firnfelder und Gletscher:

Im Bereich der Nivalstufe bildet windverfrachteter Gletscherstaub (Kryokonit = Gemisch aus anorganischem Staub, organischem Blütenstaub und organischer "Toter Firnfauna") das Substrat für Schnealgen. Die Grünalge *Chlamydomonas nivalis* bildet den sogenannten Blutschnee, bekannt sowohl aus vielen Hochgebirgen als

auch aus den Polargebieten. Ein besonderer Lebensraum für Einzeller, Rädertierchen und Springschwänze (Collembolen) sind kleine Schmelzwassertümpel, die im Sommer auf der Eisfläche vor allem an verunreinigten Stellen entstehen und allnächtlich und bei Schlechtwetter zufrieren. Zu den Springschwänzen gehören die Gletscherflöhe aus Alpen (*Isotoma saltans*) und Himalaya (*Isotoma mazda*). Die an den extremen Lebensraum im Eis angepaßte Lebensweise des Gletscherflohs ist recht gut bekannt. Bevorzugt hält sich der Überlebenskünstler im Lückensystem von Firn und Eis bis 30 cm Tiefe auf, bei Temperaturen zwischen 0° und - 4° C. Nur im Sommer gelangt er vorübergehend in Umgebungstemperaturen von über 0° C und zwar dann, wenn er bei Sonnenschein an die Eisoberfläche kommt, um seine hauptsächlich aus Baumpollen bestehende Nahrung zu suchen.