

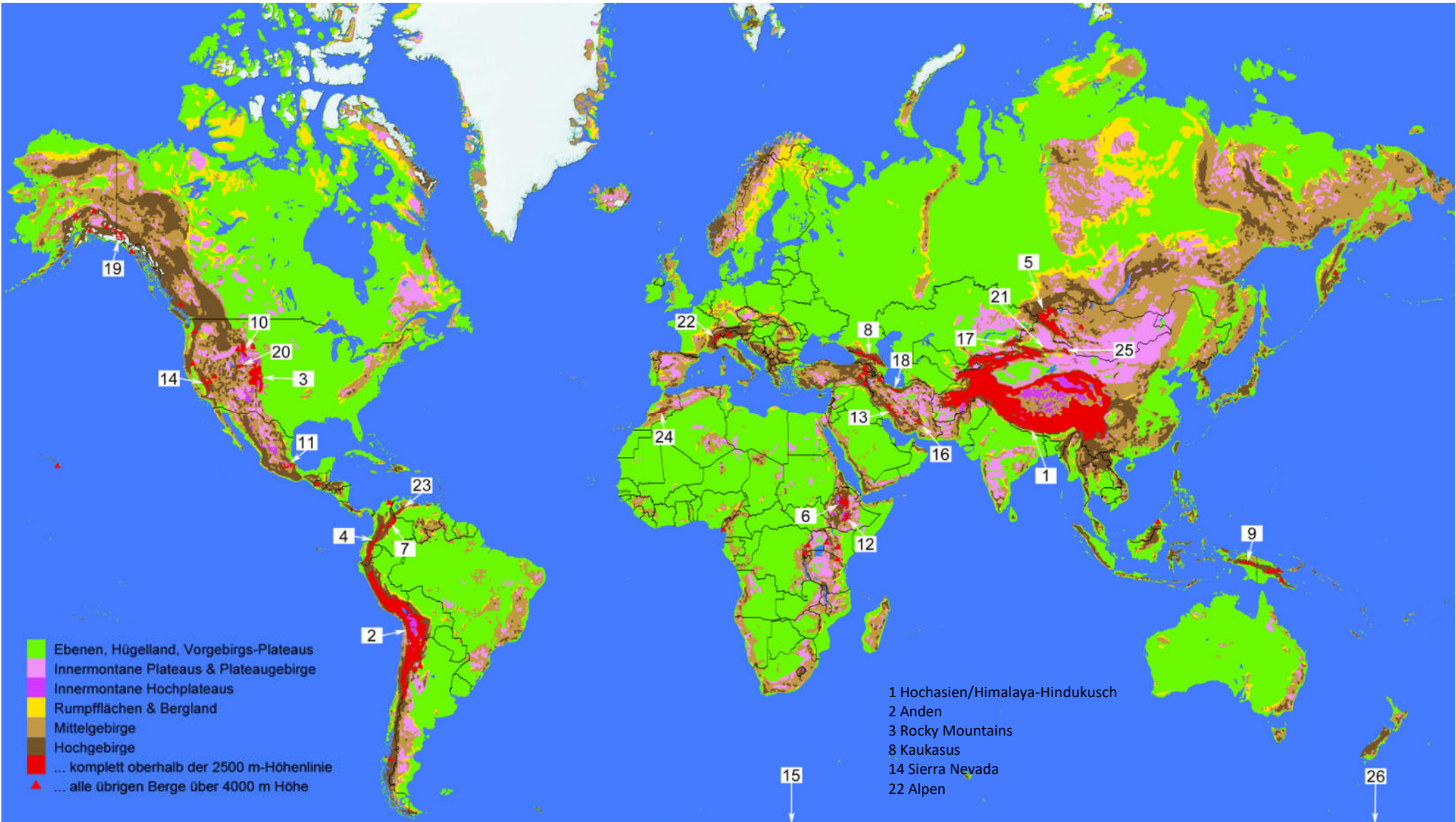
Ökosysteme & deren anthropogene Belastung

10 Gebirgsökosysteme

Mag.^a Katharina Zmelik

- Geografie: Gebirge der Erde und Gebirge Europas
- Alpen: Entstehung, Geologie, Geomorphologie, Erosion & Geländeformen
- Prägende Umweltfaktoren
- Subalpine & Alpine Lebensräume
- Lebensformen & Anpassungen an Lebensräume
- Einflüsse des Menschen und Veränderungen alpiner Ökosysteme

Gebirge der Erde



Quelle: Fährtenleser - Eigenes Werk, abgeleitet von File:Landforms-Worldmap.png, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=106787675>

Gebirgstypen

- **Einteilung nach dem Alter:** = Phase der Gebirgsbildung (Alter der Gesteine meist wesentlich höher!)

Kaledonische Gebirgsbildung (Orogenese): vor ca. 570-390 Mio Jahren;
z. B. schottische Hochland, Skanden, nördlichen Appalachen

variskische Orogenese: vor ca. 400-280 Mio Jahren; z.B. Ural,
zentralasiatischen Hochgebirge, NO-Australischen Gebirge, Altai,
Schwarzwald, Böhmisches Masse

alpidische Orogenese: ausgehende Kreidezeit (vor ca. 100 Mio J.) , tw.
heute noch nicht beendet, heben sich noch! (aber auch Erosion!)
→ meist sehr hoch, ragen über Wald- und Schneegrenze, steile Hänge,
glaziales Relief; z.B. Europäischen Alpen, Pyrenäen, Karpaten, Kaukasus,
Himalaya, Rocky Mountains, Anden,..

Noch jünger: *vulkanischen Gebirge* des westpazifischen Inselbogens & SO-Asiens

Ehemalige Hochgebirge
durch Erosion
abgetragen →
Rumpfgebirge (oft mit
Hochflächen)

- **Einteilung nach tektonisch-geologischem Baustil:**

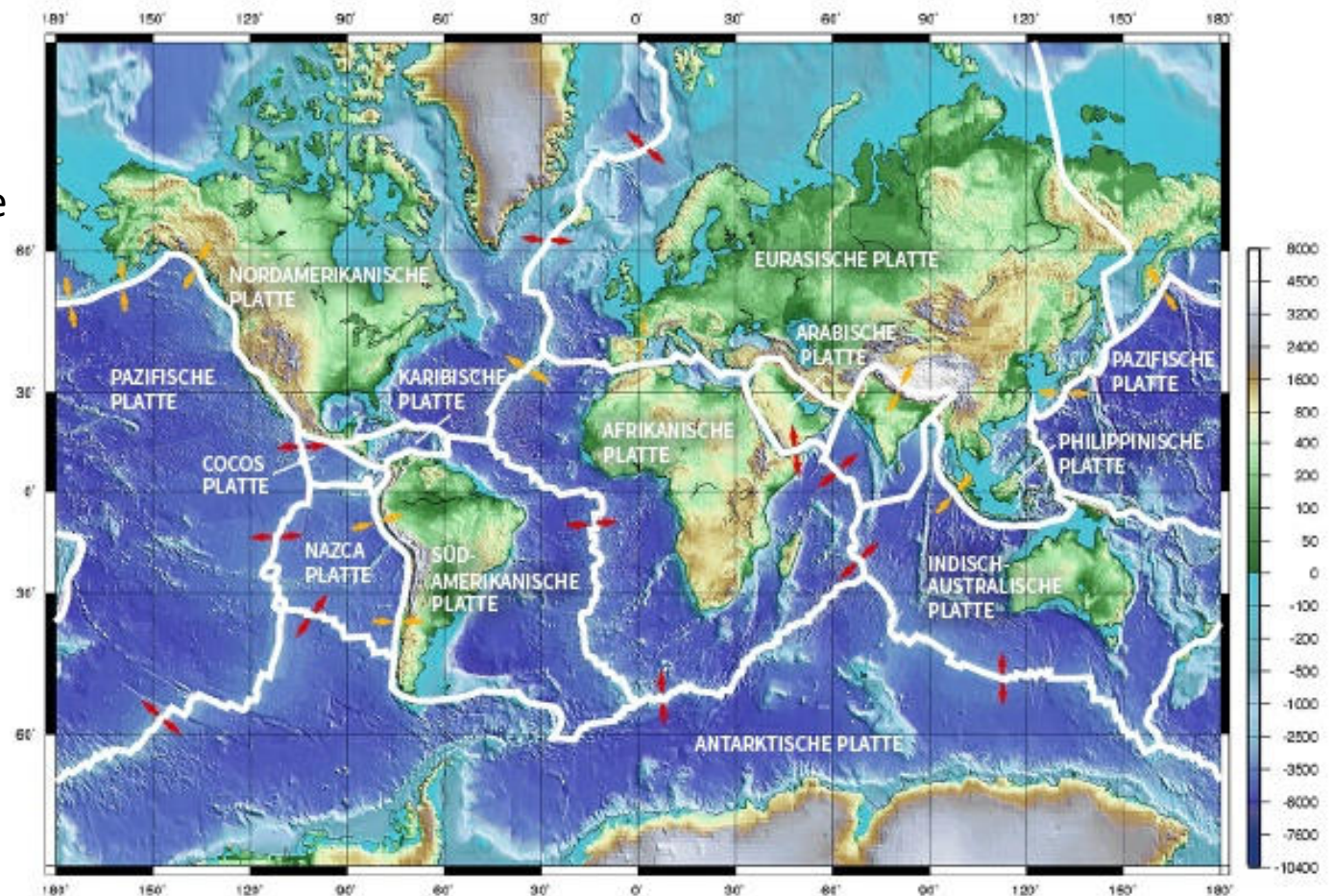
Kollision ozeanischer & kontinentaler Platten (Subduktion & Faltung der kontinentalen Platte) z.B. Anden

Kollision von kontinentalen Platten → Deformierungen, Verdickung der Kontinentalränder, Heraushebung von Gebirgsketten (auch große Deckenverschiebungen), z.B. Alpen, Balkan, Kaukasus, Himalaya

Kollision von ozeanischen Platten: eine Platte in Erdmantel gedrückt → Aufstieg des Magmas → Ketten von Vulkanen, Vulkaninseln und Erhebungen, z.B. „Feuerring“ im W-Pazifik (Philippinen, Indonesischer Archipel,..)

Divergierende ozeanische Plattenränder: → mittelozeanische Rücken mit austretender Lava, Erstreckung über tausende km, Island = Teil des mittelatlantischen Rückens

Divergierende kontinentale Platten: ostafrikanischen Grabenbrüche, Sibirien (Baikalsee) → tektonische Gräben, häufig rezenter Vulkanismus: Kilimanjaro, Mt. Kenya, Virunga-Vulkane



Quelle: [SERC/Carleton College](https://www.eskp.de/grundlagen/naturgefahren/plattentektonik-und-vulkanismus-935407/) von <https://www.eskp.de/grundlagen/naturgefahren/plattentektonik-und-vulkanismus-935407/>

Alter & geologisch-tektonischer Baustil der Gebirge haben tiefgreifende Einflüsse auf die heutigen Ökosysteme:

- *Alter* → Einfluss auf **Höhe & Steilheit**
- *Tektonischer Baustil* (Art der Gebirgsentstehung):
 - Auswirkungen auf **Gesteinszusammensetzung: unterschiedliche Bodenchemie, unterschiedliche Erosion → Relief** (z.B. weiche Formen im Schiefer, massige-runde Formen im Granit, schroffe Formen im Kalkstein) & **unterschiedliche Bodeneigenschaften**

Grundsätzlich sind **Gebirge kollidierender kontinentaler Platten durch große Gesteinsvielfalt** charakterisiert: **Magmatite, Sedimente, Metamorphite**

→ Auswirkung auf **Lagerung der Schichten** (Falten, Decken,..) → **Relief**

➤ Erklärung für die **ökologische Standortvielfalt** der Gebirge der Erde

Hochgebirge

Weltweit werden alle Lebensräume, die über einer Waldgrenze liegen, als „alpin“ bezeichnet

Hochgebirge unterscheiden sich von Hügelländern oder Mittelgebirgen dadurch, dass mindestens eine Ökozone durchstoßen wird & durch eine um mindestens 1000m Höhenunterschied herausragende Massenerhebung = **Reliefenergie** 1000m – (Mittelgebirge/Bergländer z.B. nur > 200m, <1000m Reliefenergie)

- mit besonders **ausgeprägten Geländeformen**: Relief mit steilen Hangneigungen, landschaftsprägenden Felsregionen, schroffen Gipfeln oder Graten, Gletschern
- Hochgebirge verursachen immer ein von der jeweiligen globalen Klimazone **abweichendes Gebirgsklima und Wettergeschehen** und prägen zudem das Regionalklima des Umlandes



Gebirge in Europa © https://www.medienwerkstatt-online.de/lws_wissen/vorlagen/showcard.php?id=237&edit=0

Hochgebirge in Europa:

- nemorale Hochgebirge: Alpen, Pyrenäen, Karpaten, z.T. auch noch Kaukasus
- Boreale und mediterrane Hochgebirge

Alpen: Lage und geologischer Überblick



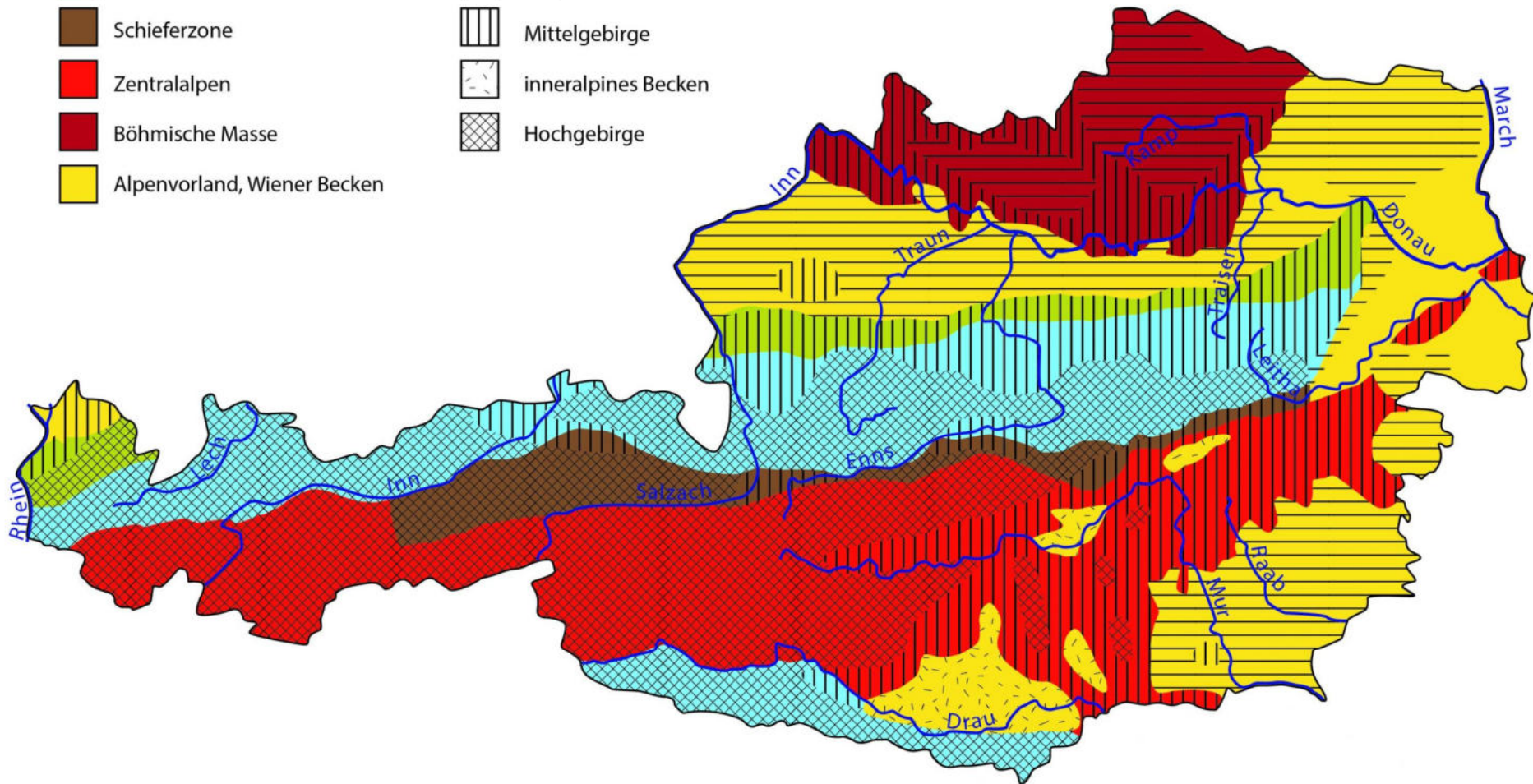
© https://www2.klett.de/sixcms/list.php?page=infothek_artikel&extra=TERRA-Online%20%20Gymnasium&artikel_id=108878&inhalt=klett71prod_1.c.143460.de

GROSSLANDSCHAFTEN

- Flyschzone
- Nördliche und Südliche Kalkalpen
- Schieferzone
- Zentralalpen
- Böhmisches Masse
- Alpenvorland, Wiener Becken

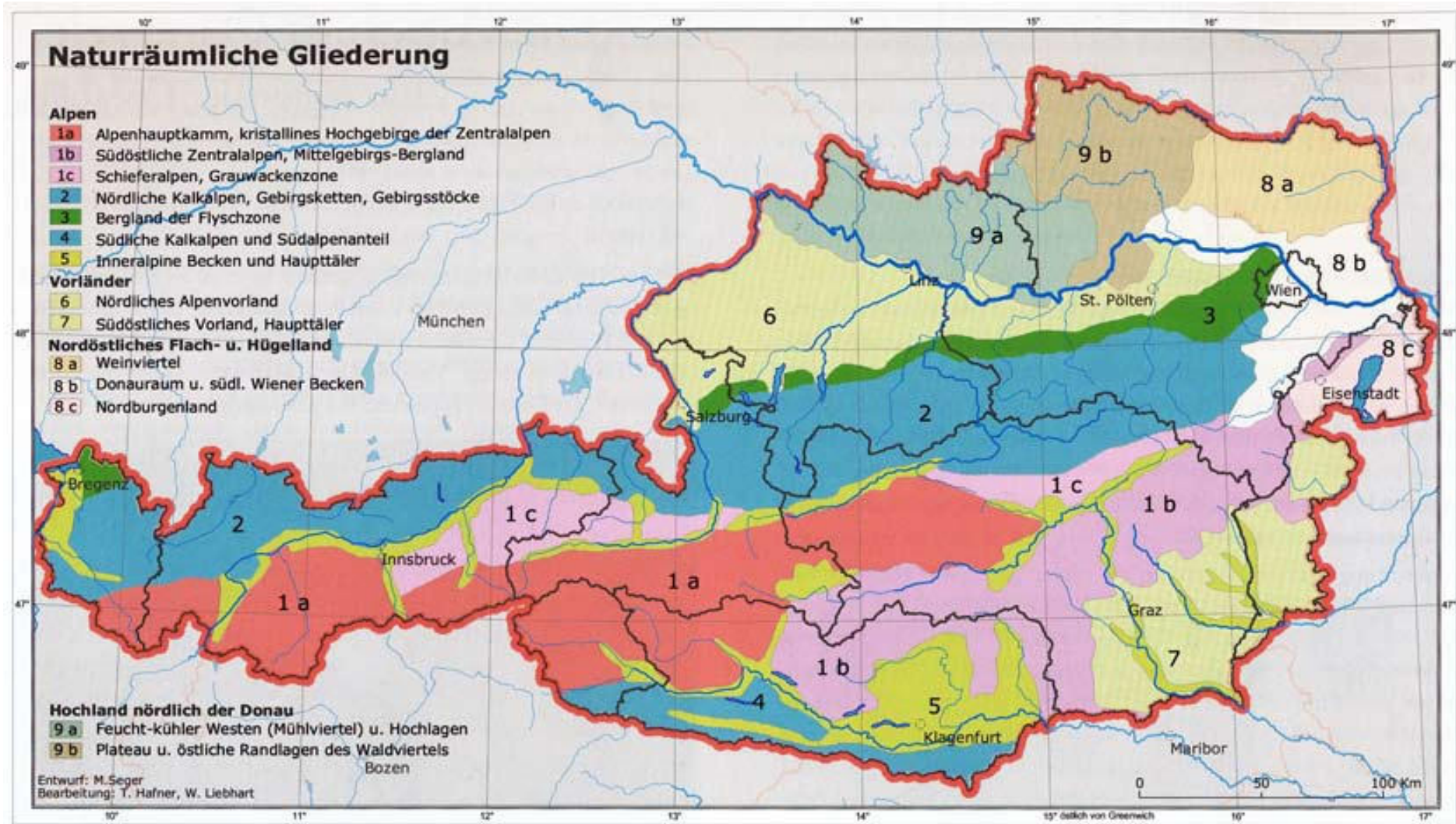
RELIEFTYPEN

- Ebene
- Hügel-, Riedelland
- Mittelgebirge
- inneralpines Becken
- Hochgebirge



© https://www.rfdz.at/wp-content/uploads/2020/03/Gro%C3%9Flandschaften_%C3%96sterreich_Relief_RFDZ-scaled.jpg

- Entsprechende Naturräumliche Einteilung der Alpen:



© https://homepage.univie.ac.at/christian.sitte/erasmus/Naturraum_Oesterreich.JPG

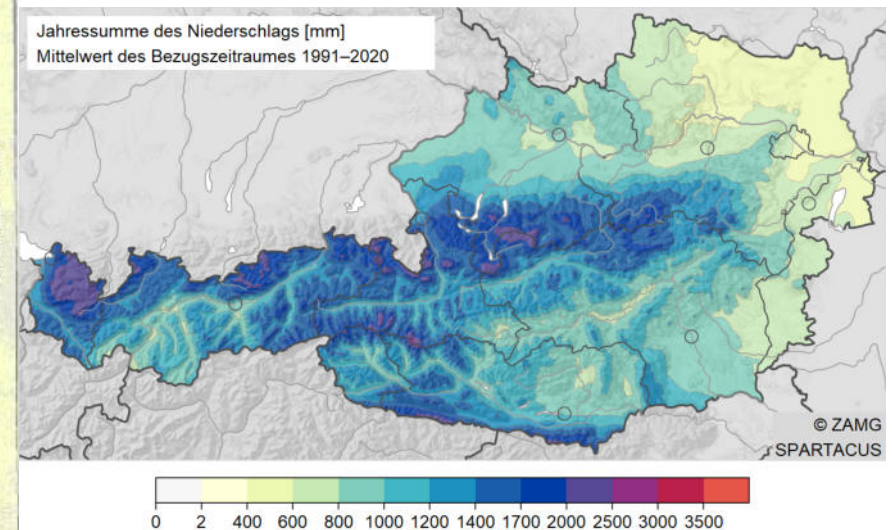
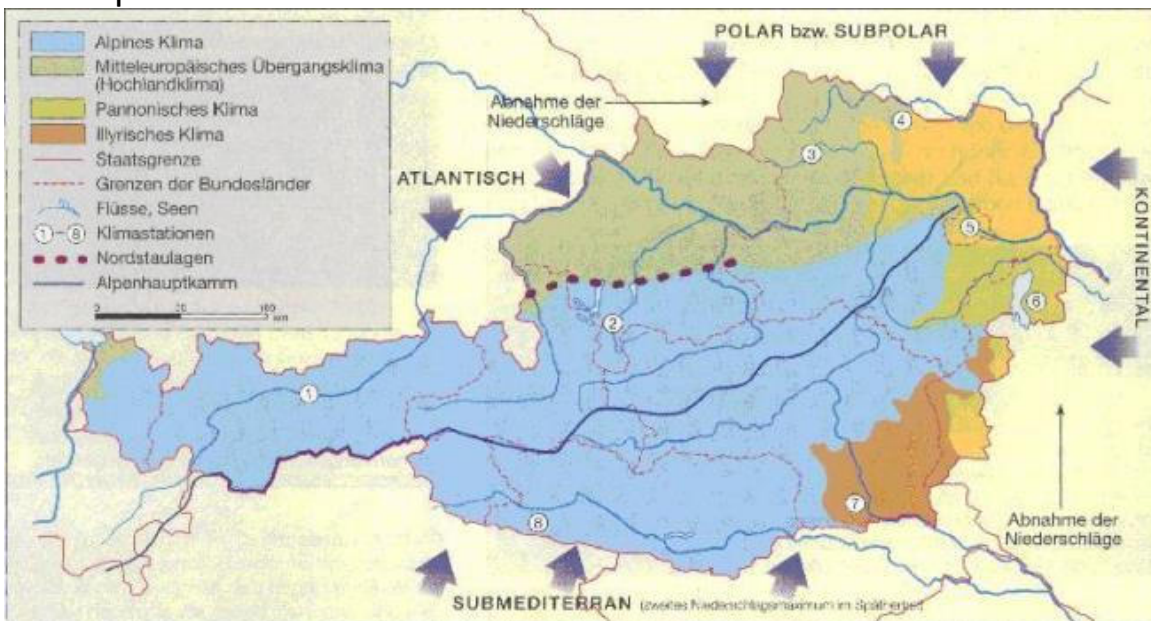
Gebirgsklima am Bsp. der Alpen:

Makroklima: generell im Bereich des **gemäßigten Übergangsklimas** innerhalb der nemoralen Klimazone – das lokale **Klima in den Alpen** wird jedoch vw. von **Höhenlage und Exposition** geprägt:

Niederschläge:

- Niederschlagsmengen nehmen *von Westen nach Osten ab und mit steigender Höhe zu*, was vorwiegend in der Stauwirkung der Alpen begründet ist
- Ca. > 1200mm/a - rel. hohe Niederschläge am Nord- und Südrand (bis zu 2.500mm/a) – Staulagen!
- In den inneralpinen Becken sinken Nd auf < 700mm – mit kontinentalen Zügen – ausgeprägte Sommertrockenheit und Winterkälte

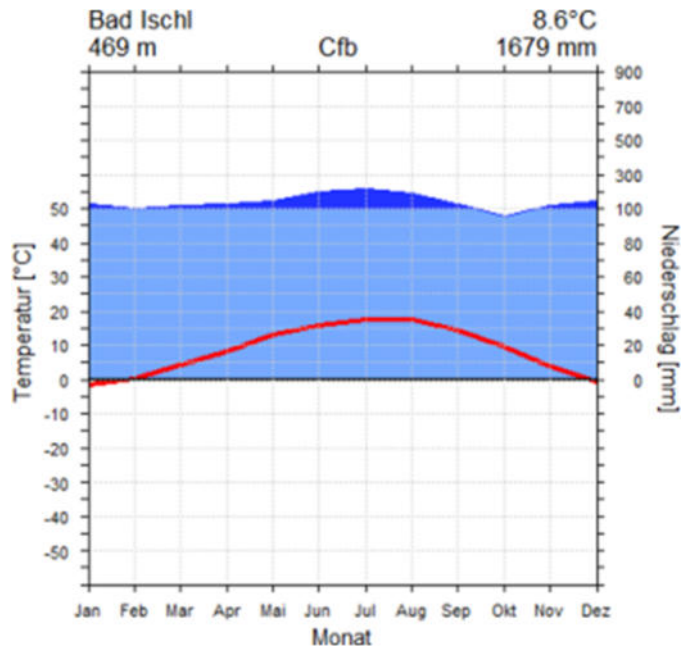
Klimaprovinzen Ö:



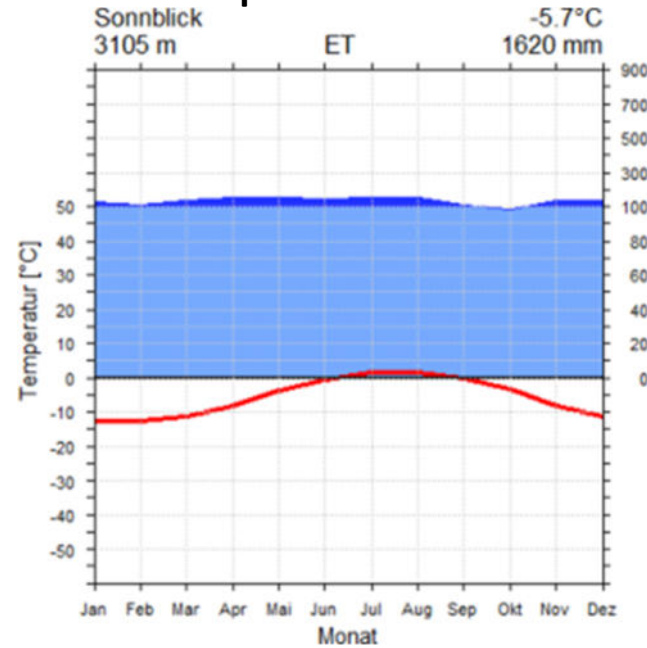
© Hiebl J., Frei C. (2018): Daily precipitation grids for Austria since 1961—development and evaluation of a spatial dataset for hydro-climatic monitoring and modelling. Theoretical and Applied Climatology 132, 327–345, doi:10.1007/s00704-017-2093-x - Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien, 2021, Attribution, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18883799>

äußerste Südwesten der Alpen und Teile in N-Italien → submediterrän getöntes Klima

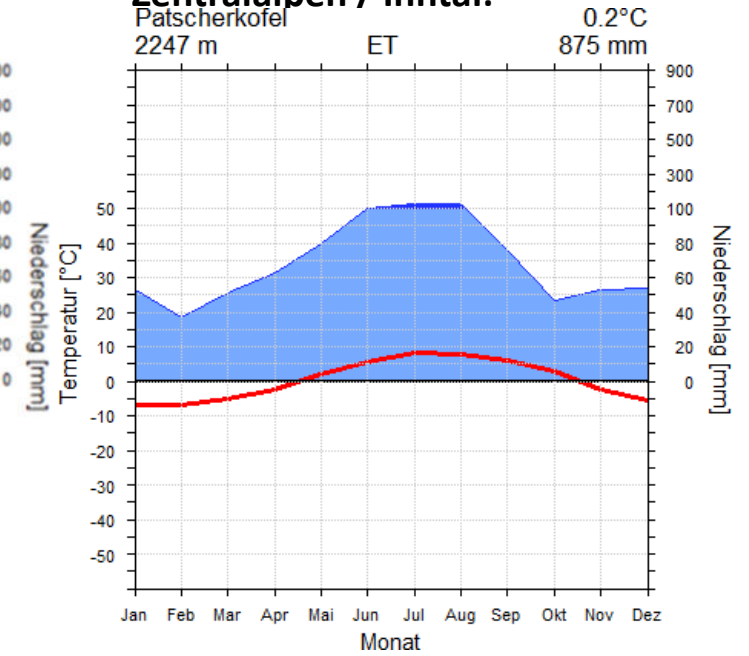
Nördliche Kalkalpen:



Zentralalpen:



Zentralalpen / Inntal:



Quelle: Mühr, B. (o.E.) Klimadaten von Österreich. Zugriff unter http://www.klimadiagramme.de/GMA_neu/Europa/oesterreich0.htm (Datengrundlage ZAMG)

Lufttemperatur & Einstrahlung:

- **Jahresdurchschnitts-Lufttemperatur:** nimmt im Mittel um $0,57^{\circ}\text{C}$ pro 100 Höhenmeter ab
- Grundsätzlich **kurze, eher kühle Sommer & kühle bis kalte, schneereiche Winter, in alpinen Lagen stark wechselnde thermische Bedingungen**
- **Eintreffende Globalstrahlung** nimmt aufgrund abnehm. atmosphärischer Trübung mit der Höhe zu – im Sommer dies jedoch durch die mit der Höhe ansteigende Bewölkung häufig kompensiert; **UV-B-Strahlung** ist bei klarem Himmel in Hochlagen um 100% größer als im Tal
- jedoch **Abnahme der Strahlungsbilanz** durch nächtliche Abstrahlungsverluste verstärkt durch dünnere Höhenluft → häufig tiefe Nachttemperaturen und Frostwechsel (v.a. Frühjahr/Herbst) in alpinen Lagen

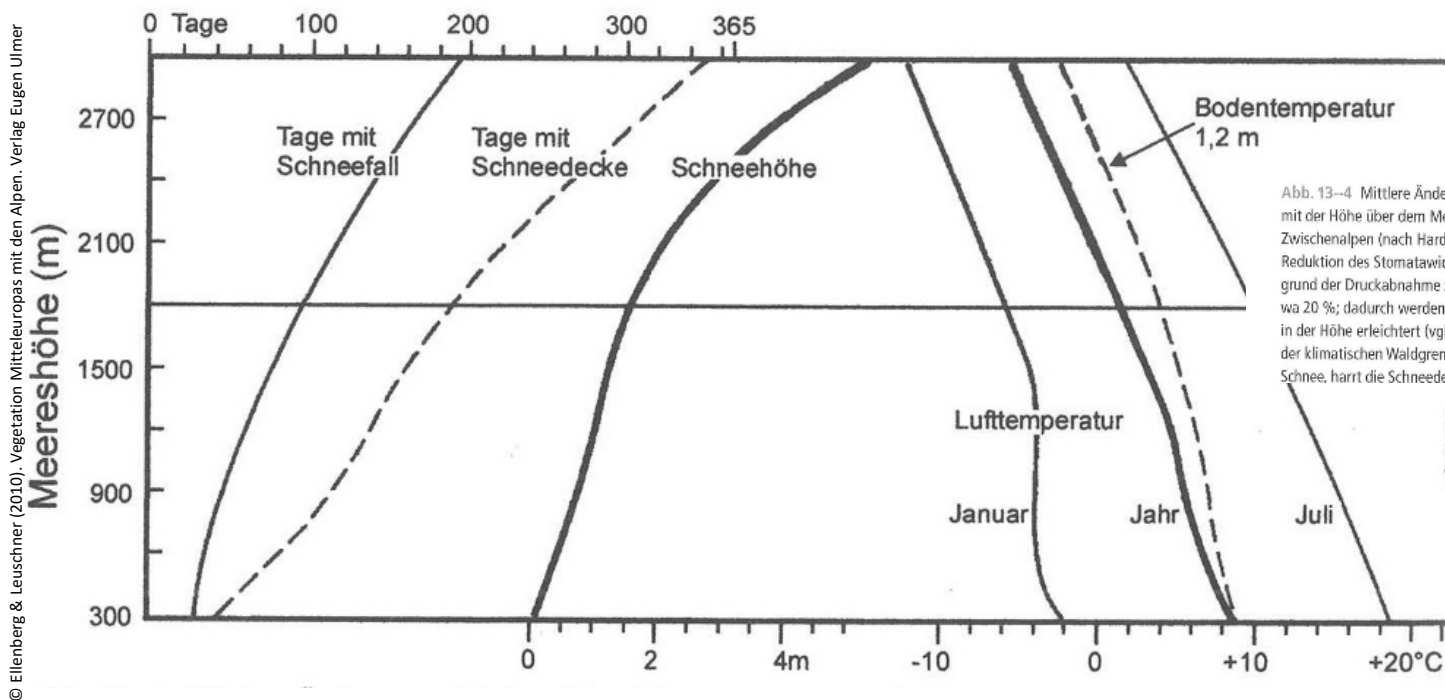


Abb. 13–4 Mittlere Änderung wichtiger Klimafaktoren mit der Höhe über dem Meeresspiegel in den östlichen Zwischenalpen (nach Harder et al. aus Turner 1970) sowie Reduktion des Stomataviderstandes (relative Einheiten) aufgrund der Druckabnahme zwischen 300 und 3000 m um etwa 20 %; dadurch werden Transpiration und CO_2 Aufnahme in der Höhe erleichtert (vgl. Text). In 1800 m Höhe (d. h. nahe der klimatischen Waldgrenze) fällt im Mittel an 100 Tagen Schnee, harrt die Schneedecke etwas mehr als ein halbes

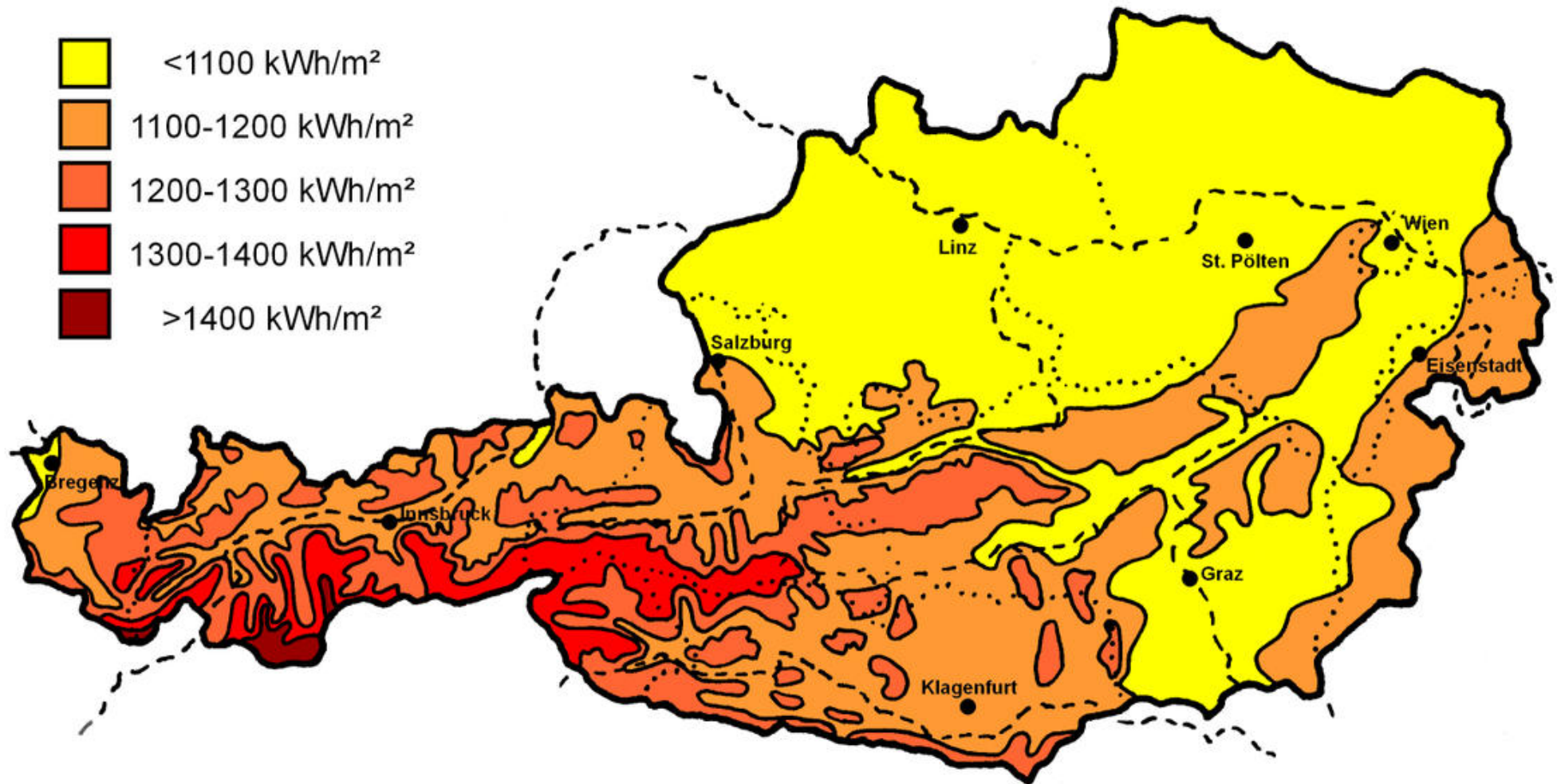
Jahr aus und erreicht eine Mächtigkeit von mehr als 1,5 m. Das Januarmittel der Lufttemperatur liegt hier bei -6°C , das des Jahres bei 2°C und das des Juli um $+10^{\circ}\text{C}$. Sommertage (mit Lufttemperatur-Mitteln über 25°C) kommen in dieser Höhenlage im Mittel nicht mehr vor. Infolge des besseren Schneeschutzes weicht das Jahresmittel der Bodentemperatur in 1,2 m Tiefe mit steigender Höhe immer mehr nach der positiven Seite hin ab, in 1800 m schon um 2°C .

Strahlungsbilanz: Differenz zwischen den Strahlungsflüssen, die das System Erde-Atmosphäre in Form kurzwelliger Strahlung von der Sonne empfängt und in Form langwelliger Strahlung wieder in den Weltraum abstrahlt.

Quelle:

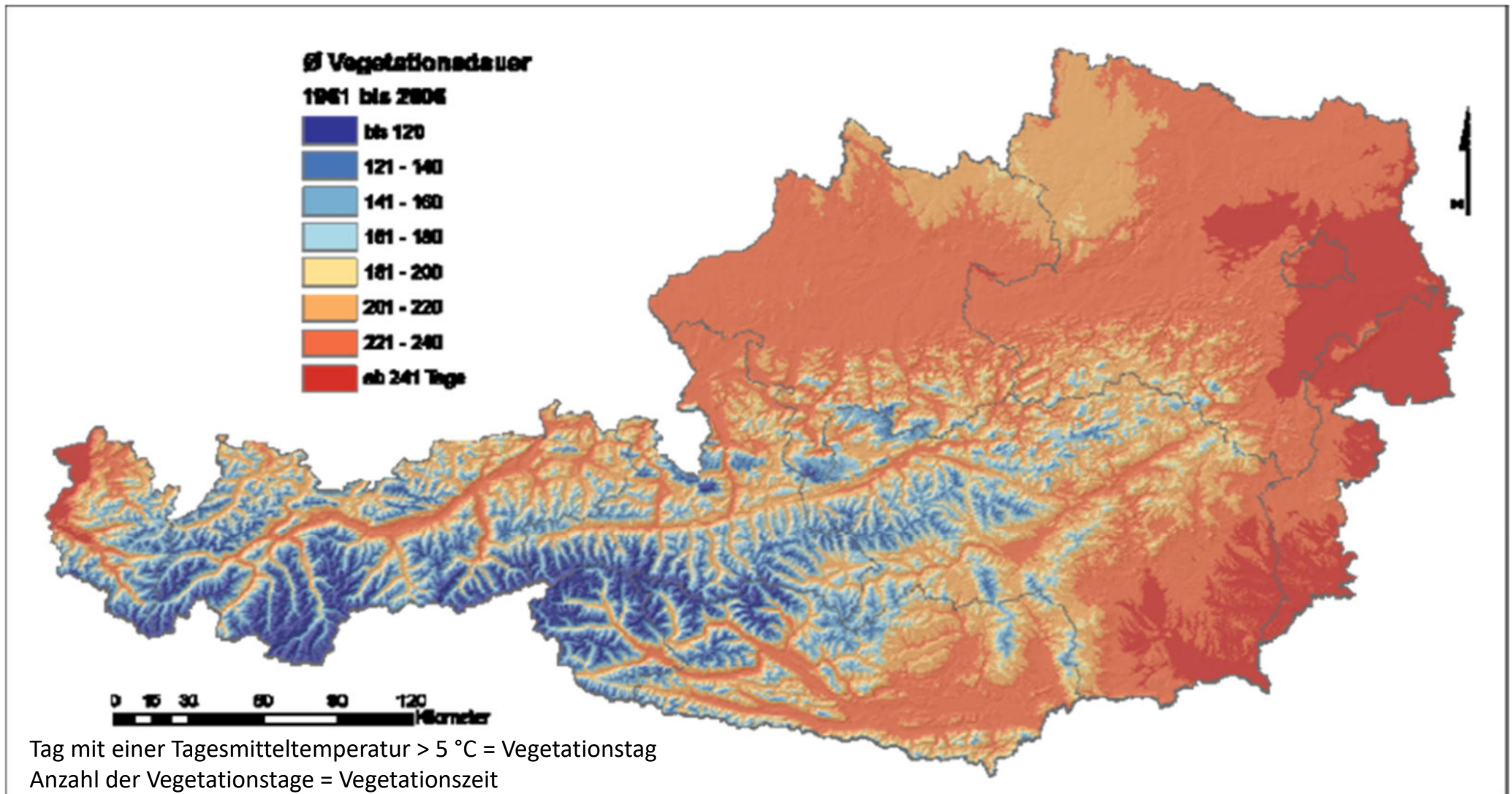
<https://www.spektrum.de/lexikon/geographie/strahlungsbilanz/7694>

Mittlere jährliche Summe der Globalstrahlung auf die horizontale Fläche



Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik - Abteilung für Klimatologie

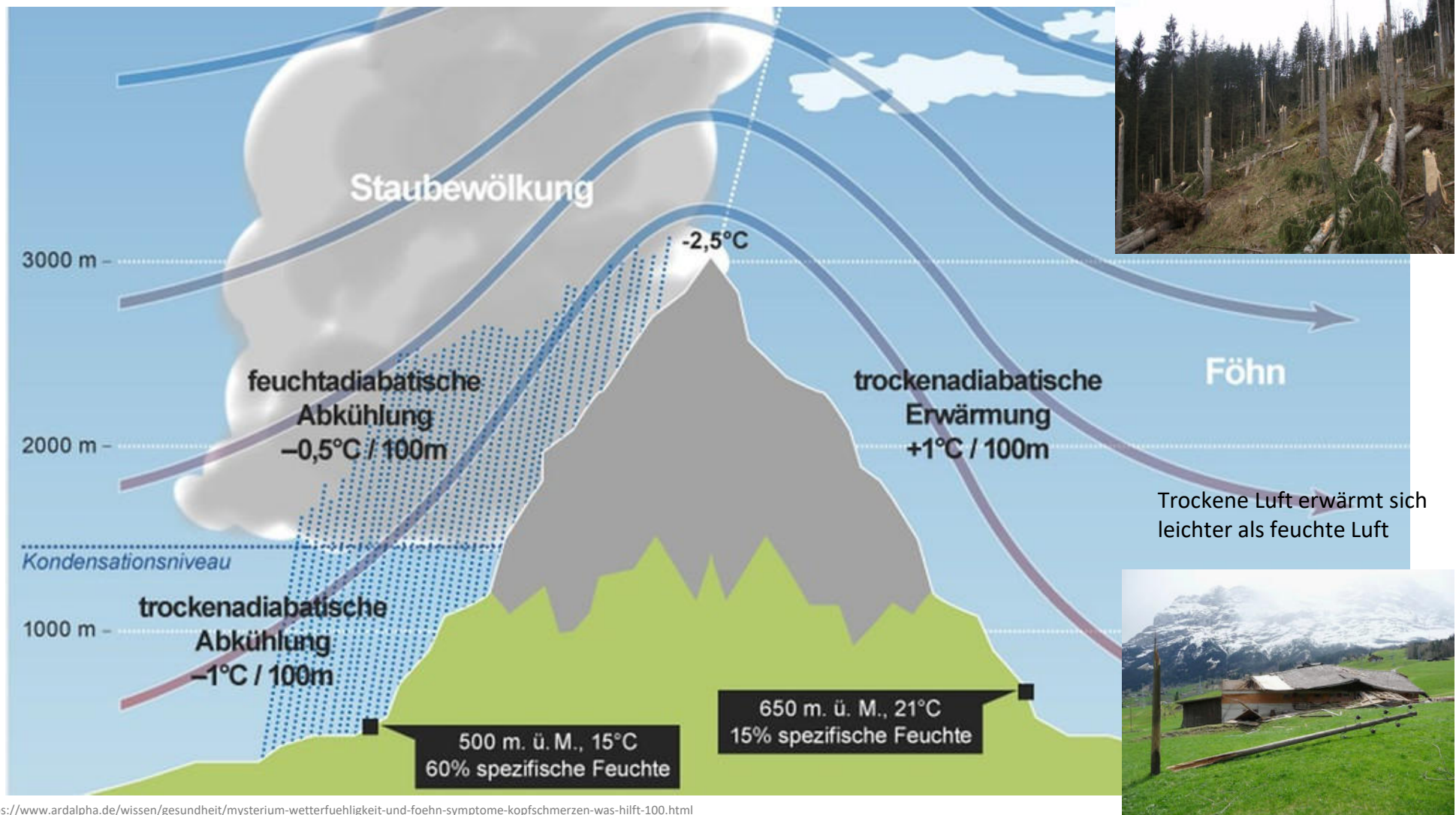
- **kurze Vegetationszeit/-periode** (durchschn. je 100m Höhe eine Verkürzung um 6-7 Tage!) – beherrschender Standortfaktor für die Vegetation



© verändert nach Schaumberger & Formayer (2008) https://www.researchgate.net/figure/Abbildung-1-Durchschnittliche-Vegetationsdauer-fuer-den-46jaehrigen-Zeitraum-von-1961-bis_fig1_262272695

Windverhältnisse prägen das Gebirgsklima (z.B. abkühlende oder wärmende & austrocknende Effekte)

- In den Alpen haben **regionale und überregionale Windsysteme** wie der **Föhn** eine große Bedeutung
- Föhn = trockener Fallwind, welcher sich beim Abstieg erwärmt → Wetterumbrüche (milde Temperaturen) im Winter und Frühjahr



© <https://www.ardalpha.de/wissen/gesundheit/mysterium-wetterfuehligkeit-und-foehn-symptome-kopfschmerzen-was-hilft-100.html>

Gelände- und Bestandesklima (Mikroklima) alpiner/nivaler Höhenlagen:

Lokales Relief & Exposition haben durch unterschiedliche Einstrahlungswerte & Winde **großen Einfluss** auf kleinräumige **Vegetationsverteilung (Vielfalt!)**

- **Schattänge vs. Sonnhänge** (Unterschiede für Almwirtschaft, Getreidebau, klimat. Schneegrenze)
- **Geologie:** z.B. schütter bewachsene Karbonatböden erwärmen sich stärker als Silikatböden
- **lokale Reliefformen:** Dolinen mit Kaltluftseen, Kuppen apert früher aus **Relief & Winde** → Einfluss auf **Mächtigkeit und Dauer der Schneebedeckung:** auf windexponierten Kuppen fehlt die vor Frost schützende Schneedecke im Winter – aber in Mulden liegen bleibender Schnee verkürzt z.B. auch die Vegetationszeit und vernässt den Standort

→ **Vielfältige Muster/Mosaik von Pflanzengesellschaften:**

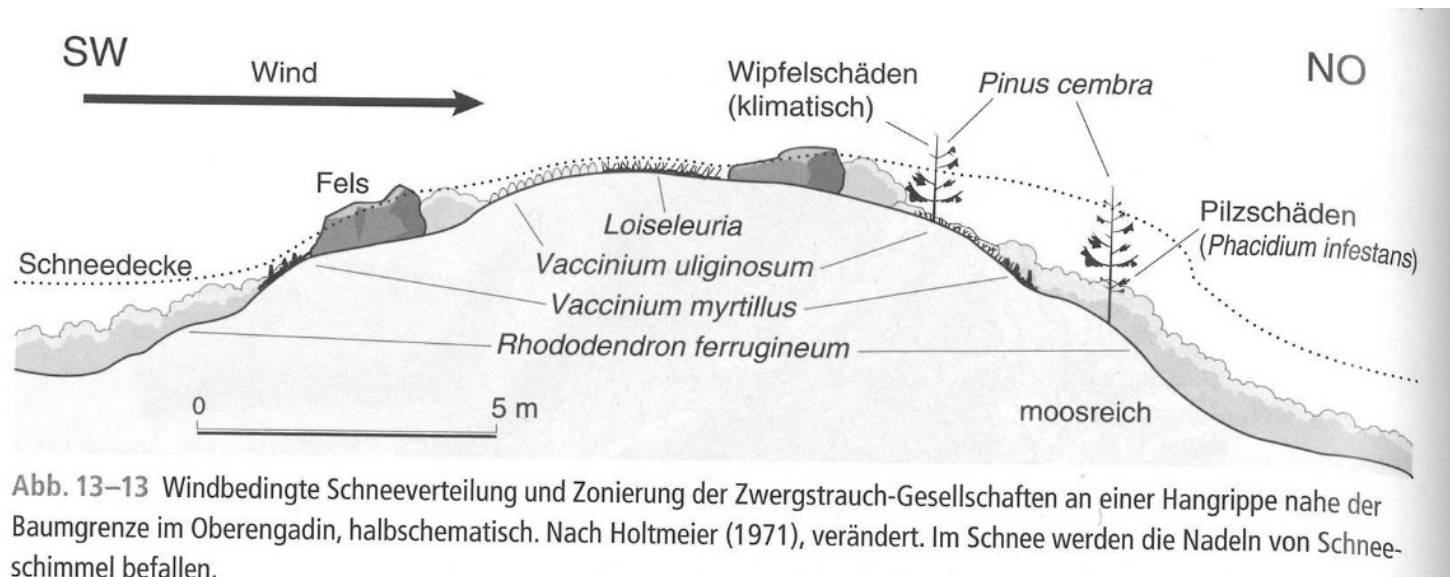


Abb. 13–13 Windbedingte Schneeverteilung und Zonierung der Zwergstrauch-Gesellschaften an einer Hangrippe nahe der Baumgrenze im Oberengadin, halbschematisch. Nach Holtmeier (1971), verändert. Im Schnee werden die Nadeln von Schneeschimmel befallen.

Geomorphologie und Verwitterung in Gebirgen:

Unterschiedliche Verwitterung der Gesteine → unterschiedliches Aussehen und Vegetationsbedeckung

Nördliche Kalkalpen - Kalkgestein



© Tigerente - Eigenes Werk, CC BY 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1319459>

- Chemische Verwitterung (→ Karst, versch. Erosionsformen wie Dolinen, Karren) + physikalische Verwitterung (Frostsprengung) → Schutthalden
- wasserdurchlässig

Zentralalpen - kristallin

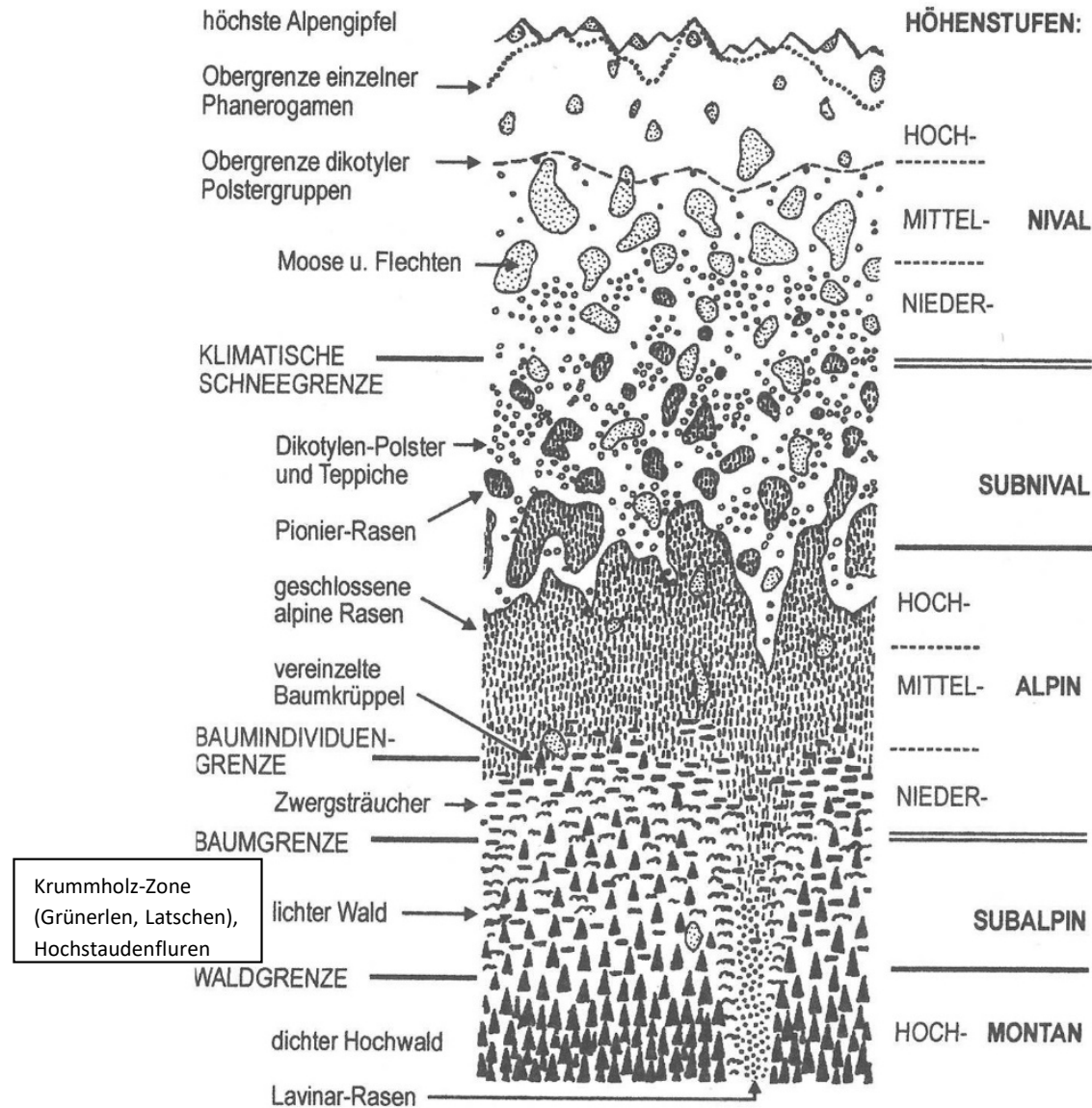


- Silikate sind geringer löslich und daher geringere chemische Verwitterung und auch physikalische (kompakteres Gestein)
- wasserundurchlässig

Weitere Landschafts- und vegetationsprägende Einflüsse:

- *Hydrologie im Gebirge*: Wasser tritt als Niederschläge (Regen, Schnee) + Schmelzwasser auf– zumeist rascher Abfluss & meist geringe Wasserspeichervermögen von Hochgebirgsböden & Einfluss von Permafrostböden
 - *Physikalische Vorgänge in Hochlagen*: durch „hohe formprägende kinetische Energie“ - Relief & Klima (Frostsprengung, Permafrost, Schnee,..)
 - Steinschlagrinnen, Schuttfelder, Bergstürze
 - Fließerden (Solifluktion)
 - Muren
 - Lawinen(-hänge)
- Sorgen für Dynamik und schaffen u.a. weitere Standorte mit typischer Vegetation
- Dynamik durch Klimawandel erhöht → Gefahren für Menschen

Höhenstufen & Vegetation der Alpen (montan bis nival)



Montane Bergwälder (ca. 1000-1500m (1800m)): Mischwälder

Klimatische Schneegrenze: oberhalb derer im Durchschnitt vieler Jahre mehr Schnee fällt als abschmilzt (durch hohe Reliefenergie schwer konkret festzulegen)

Waldgrenze: Resultat aus Frostrocknis im Spätwinter & kühlen Sommern mit zu kurzer Vegetationszeit (Nadeln können nicht ausreifen)
 ~ 1.800m in Außenketten
 ~ 2.500m in Innenketten

Abb. 13–17 Höhenstufung des Formationsmosaiks von der oberen montanen bis zur nivalen Stufe der Alpen (schematisch). Das Waldgrenz-Ökoton reicht von der Waldgrenze bis zur Baumindividuen-Grenze, dem höchsten Vorkommen von Einzelexemplaren der Baumarten (entspricht der oberen Krummholzgrenze). Rechts ist eine Hangrinne angedeutet, in der alljährlich Lawinen zu Tal fahren. Teilweise in Anlehnung an Reisigl & Pitschmann (1958).

Vegetation subalpiner Höhenlagen:

beginnt oberhalb der geschlossenen Waldgrenze – diese je nach geografischer Lage, Bewirtschaftung unterschiedlich (bei ca. 1600-1800m)

- **aufgelockerte Fichtenwälder** (Randalpen), **Fichten-Zirbenwälder**, **Fichten-Lärchenwälder** (Innenalpen)
- **Krummholzzone mit Latsche oder Grün-Erle:**

Latsche (*Pinus mugo*): strauchförmiger Wuchs mit mehreren niederliegenden bis bogig aufsteigenden, elastischen Stämmen; auf Lehm- und Tonböden, auf Fels und Schutt, über Kalk, Dolomit oder Silikat; an Extremtemperaturen, kurze Vegetationsperioden, mächtige Schneedecken sowie kalte Winde angepasst und verträgt extreme Trockenheit

Grün-Erle (*Alnus viridis*): strauchförmiger Wuchs auf feuchten und häufig nordexponierten Hängen, aufgrund des hohen Feuchtigkeitsbedarfs bevorzugt sie wenig durchlässige Silikatgesteine und Tonschiefer

- **Hochstaudenfluren**



Subalpiner Zirben-Fichtenwald bei Obergurgl



Latschengebüsch in den Bayerischen Hochalpen

© Binder
<https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/waldbau/gebirgswald/krummholzguertel-der-alpen>

Weitere durch menschliche Nutzung entstandene Lebensräume:

- **Subalpine Lärchenwiesen:** aufgelockerte Lärchenwälder mit extensiver Beweidung oder Mahd
 - **Blütenreiche subalpine Weidegesellschaften:** durch Rodung und Beweidung entstanden, z.B. montan bis subalpine Kammgrasweiden, subalpine bis alpine Milchkrautweiden
- Gefährdungen: Intensivierung oder Nutzungsaufgabe



Vegetation der alpinen Lagen

ab ca. 1800/2200m aufwärts, alpine Rasen,..

Tab. 13-1 Übersicht der Formationen und der höheren Gesellschaftseinheiten in der alpinen Stufe. Vorwiegend in Anlehnung an Braun-Blanquet (1948/50) sowie Oberdorfer et al. (1992)¹.

Hauptformationen	Pflanzengesellschaften auf	
	KARBONATgestein	KarbonatARMEM Gestein ¹
1 Fels-Flechtenüberzüge RHIZOCARPETEA GEOGRAPHICAE PROTOBLASTENIETEA IMMERSAE	Karbonatfels-Flechtenüberzüge VERRUCARIETALIA PARMIGERAE	Silikatfels-Flechtenüberzüge UMBILICARIETALIA CYLINDRICAE
2 Felsspaltenfluren ASPENIETEA	Karbonat-Felsspaltenfluren POTENTILLETALIA CAULESCENTIS	Silikat-Felsspaltenfluren ANDROSACETALIA VANDELLII
3 Steinschuttfluren THLASPIETEA ROTUNDIFOLII	Karbonat-Schuttfluren THLASPIETALIA ROTUNDIFOLII THLASPION ROTUNDIFOLII	Silikat-Schuttfluren ANDROSACETALIA ALPINAЕ
	Schieferschutt-Ges. DRABETALIA HOPPEANAE	
4 Schneebodenrasen SALICETEA HERBACEAE	basenreiche Schneebodenrasen ARABIDETALIA COERULEAE	Sauerboden-Schneetälchen SALICETALIA HERBACEAE
5 Alpine Rasen (Alpenmatten, Urwiesen)	Karbonat-Alpenmatten SESLERIETEA ALBICANTIS SESLERIETALIA CAERULEAE	Sauerboden-Alpenmatten CARICETEA CURVULAE CARICETALIA CURVULAE
a) auf flachgründigem Boden	Blaugrashalden u.ä. SESLERION CAERULEAE	Buntschwingelhalden FESTUCION VARIAE (bis montan) ²
b) auf tiefgründigem Boden	Rostseggenrasen u.a. CARICION FERRUGINEAE	Krummseggenrasen CARICION CURVULAE (nur alpin)
6 Windgefeigte Stellen	Nacktriet-Windecken CARICI RUPESTRIS-KOBRESIETEA	Gämsheideteppiche ³ LOISELEURIO-VACCINION
7 Zwergstrauchheiden ⁴ (subalpin-tiefalpin) VACCINIO-PICEETEA	Alpenbärentrauben-Heide <i>Arctostaphylos alpina</i> -Ges. ³ Wimperalpenrosen-Heide <i>Rhododendron hirsutum</i> -Ges.	Krähenbeerheide Vaccinio-Empetretum Rostalpenrosen-Heide Vaccinio-Rhododendretum ferrugin.
	Zwergwacholder-Heiden JUNIPERION NANAЕ	
8 Niedermoore u. Ä. SCHEUCHZERIO-CARICETEA NIGRAE	Kalk-Kleinseggenriede CARICETALIA DAVALLIANAE	saure Kleinseggenriede SCHEUCHZERIETALIA PALUSTRIS
9 Quellfluren MONTIO-CARDAMINETEA	Kalk-Quellfluren CRATONEURION COMMUTATI	Weichwasser-Quellfluren CARDAMINO-MONTION



Alpen-Leinkraut auf Silikatschuttboden



Zwerg-Soldanelle auf Schneeboden



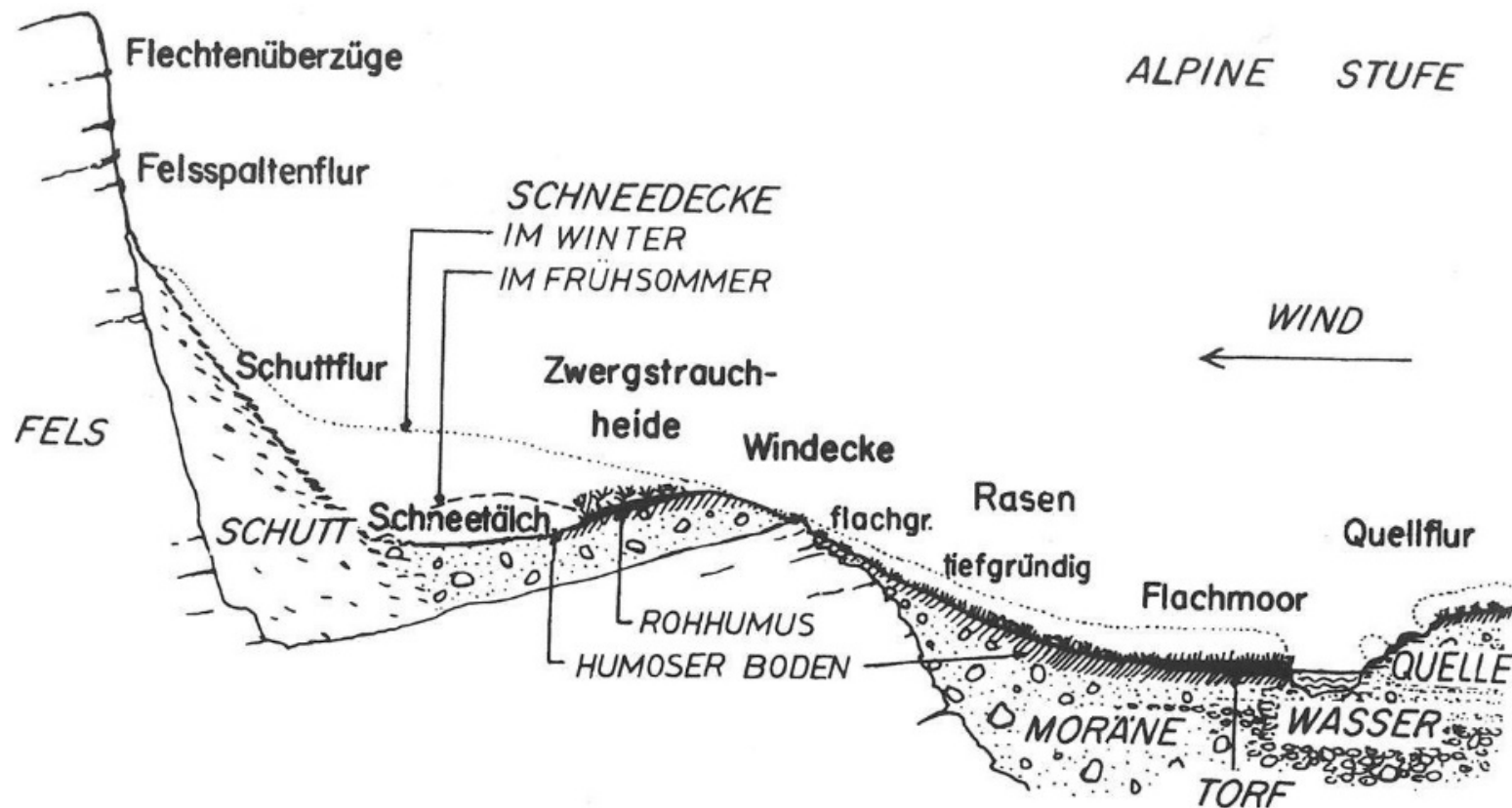
alpiner Rasen auf Kalk

Zwergstrauchheide:
Rostrote Alpenrose



Niedermoor

- Durch die unterschiedlichen mikroklimatischen, geologischen und hydrologischen Verhältnisse (Verfrachtung des Schnees - Ablagerung in Mulden oder Freiblasen von Windkanten, Vernässungen, Schutthalden durch Erosion etc.) entstehen kleinräumige Vegetationsmosaike



© Ellenberg & Leuschner (2010). Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Verlag Eugen Ulmer

Abb. 13–26 Charakteristische Vegetationsformationen und deren Böden sowie die Dauer und Höhe der Schneedecke in der alpinen Stufe (halbschematisch). Je nach dem Basengehalt des Bodens werden die Formationen durch verschiedene Pflanzengesellschaften vertreten (s. Tab. 13–1 und folgende).

Vegetation subnivaler / nivaler Höhenlagen:

- **Geprägt von sehr kurzer Vegetationsdauer, extremen Temperaturwechseln, Frost & Schnee**
- ***Subnivale Lagen:*** ab ca. 2 400m
alpine Rasen werden lückig (Deckung weniger als 20-40%) – kleinere **Teppiche** von Hemikryptophyten, polsterförmige Chamaephyten (Zwergsträucher) und Moosen
bis zu 4 Monate schneefrei
mit zunehmender Höhenlage immer **weniger Blütenpflanzen**
häufig auch **halbsukkulente Arten** (periodische Wasserknappheit auf Felsstandorten)
- ***Nivale Lagen:*** = klimatische Schneegrenze (oberhalb der ganzjährig Schnee liegt) als Untergrenze der nivalen Stufe, ab ca. 3000m Seehöhe
kleinere Rasenfragmente, Gesteinsfluren geprägt von Algen, Moosen, Flechten
Kryoplankton: auf Schnee und Eis, z.B. *Chlamydomonas nivalis*
„roter Schnee“



Gletscher-Hahnenfuß (*R. glacialis*), eine der höchststeigenden Blütenpflanzen (4270m)

Angepasstheit von Pflanzen an alpine/nivale Standorte:

Angepasstheit an Kälte, Hitze & Einstrahlung:

- **Gefriertoleranz** durch Abhärtung im Herbst: Gewebeentwässerung, Unterkühlung des Zellsaftes ohne Eisbildung (skleromorpher Blattaufbau mit starren Zellwänden verhindert Eisfortpflanzung), **Gefrierpunktniedrigung** durch saisonale Einlagerung von Kohlenhydraten, Aminosäuren etc.
- **Kleinwüchsigkeit:** überwinternde Organe in isolierender Schneeschicht oder im Boden geschützt
- **Vermeidung von Verdunstung** im Winter (Frosttrocknis!) durch skleromorphe Rundblätter der Nadelgehölze

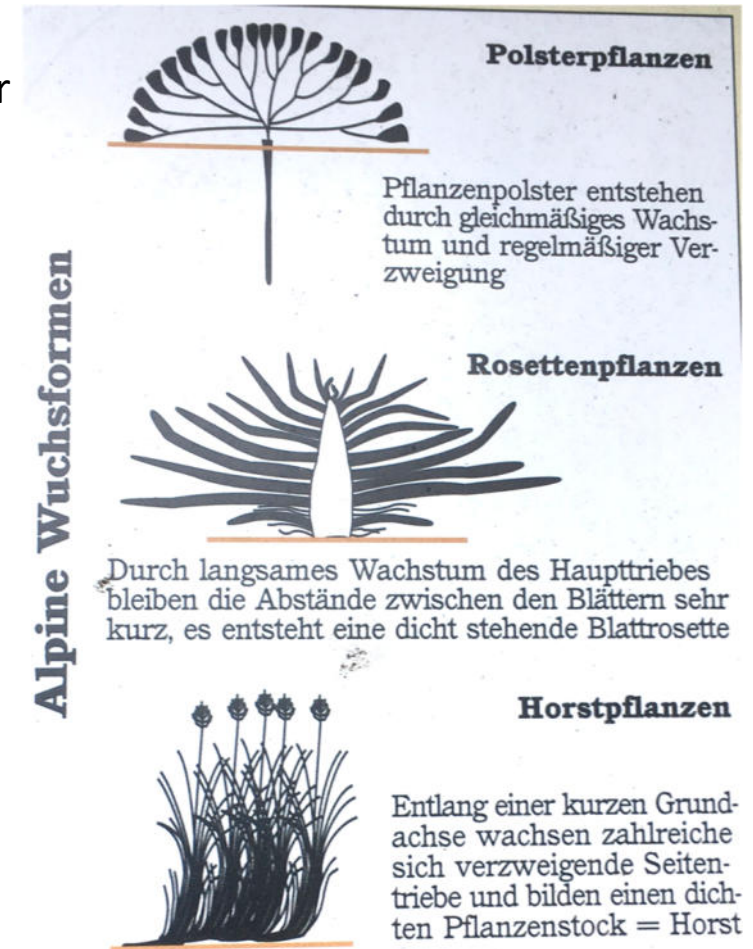
Viele alpine Pflanzen sind im Sommer sehr **hitze- bzw. trockenheitsresistent:**

- **Schutz gegen Austrocknung** (Wind!): verdickte ledrige Blätter, eingerollte Blätter, tote Haare (Trichome) → auch Strahlungsschutz
- **Erhöhte UV-B-Strahlung:** Einlagerung von UV-absorbierenden Substanzen in Kutikula und Epidermis sowie gesteigerte Produktion von Antioxidantien



Charakteristische Lebensformen der alpinen & nivalen Stufe:

- **Polsterpflanzen & Horstgräser, Rosettenpflanzen:** im windberuhigten Inneren ist Luftfeuchte erhöht, erhöhte Temperaturen (begünstigter Kohlenstoffgewinn, verminderter Wasserverlust)
Ansammlung von Pflanzenresten → Humusbildung und Lebensraum für Mikroorganismen und Tiere



Quelle: Lehrtafel Wurzeralm

- **Felsspaltbewohner:** v.a. an Sonnseiten des Gesteins (verlängerte Vegetationsperiode, allerdings fehlt die isolierende Schneedecke!) → auch hier entstehen humose Spaltenfüllungen → Detritus fressende Tiere (z.B. Insektenlarven, Würmer, Asseln) – durch die Beengtheit auch hier Konkurrenz

Positive Interaktionen v.a. dann in der nivalen Stufe: Polsterpflanzen, Horstgräser, verbessern Nährstoff- und Wasserversorgung → fördernder Effekt auf Keimlinge



- **Schuttbesiedelnde Pflanzen:**

Böden grundsätzlich meist flachgründig - viel **Rohboden** (Fels- oder Schuttböden) & **Schutfelder** (unterschiedlichen Alters) durch Erosionsprozesse



➤ Vw. die Überkriecher & Decker bilden Humusdecken

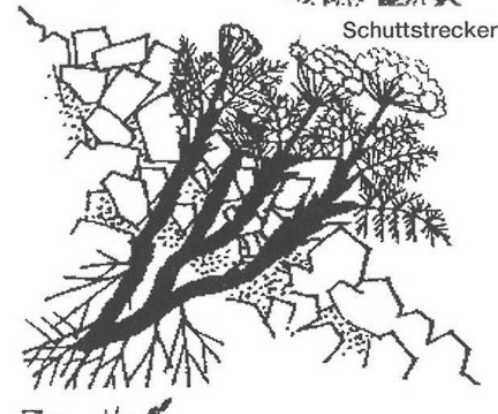
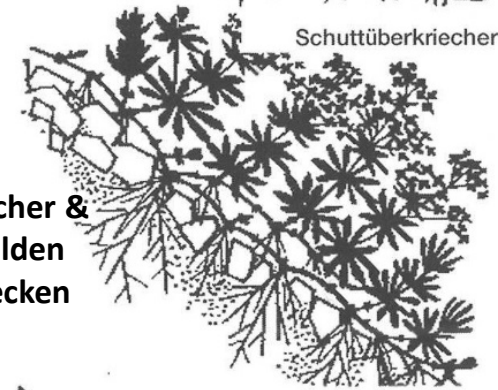
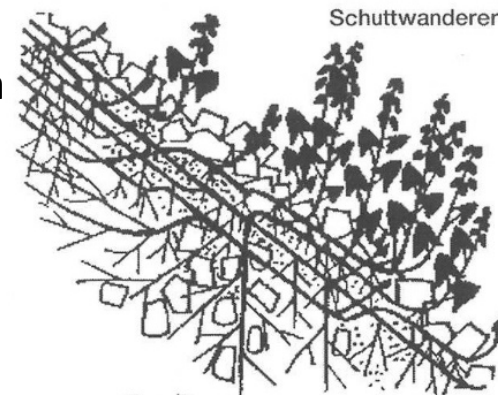
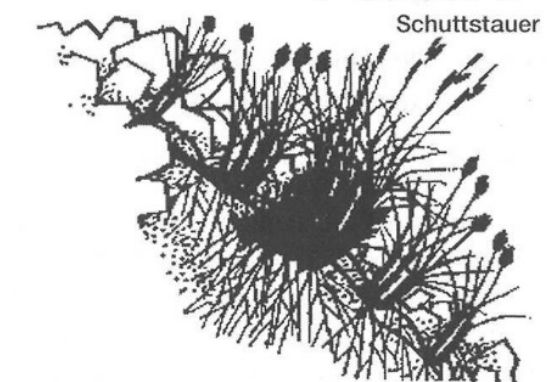
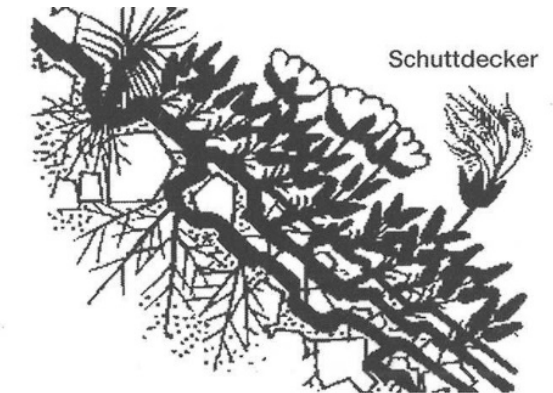


Abb. 13–69 Verbreitete Lebensformen unter den Schuttpflanzen nach Schröter (1926) in Reisigl & Keller (1994). Beispiele für Schuttwanderer sind *Thlaspi rotundifolium* und *Rumex scutatus*, für Schuttüberkriecher *Arabis alpina* und *Linaria alpina*, für Schuttstrecker *Oxyria digyna* und *Cystopteris fragilis*, für Schuttdecker *Dryas octopetala* und *Saxifraga oppositifolia* und für Schuttstauer besonders die Gräser und Seggen *Carex sempervirens* und *C. firma* sowie *Sesleria albicans*.



➤ Bilden ruhende Inseln

Vikariierende Arten: Pflanzenarten, die nahe miteinander verwandt sind und im gleichen Gebiet, aber an verschiedenen Standorten auftreten, d.h. sich in ihrer Verbreitung häufig gegenseitig ausschließen

- z.B. deutliche Differenzierung in calcicole (kalkstete) und calcifuge (kalkmeidende) Sippen

Tab. 13–14 Vikariierende Sippen, die in den Alpen auf Kalk- oder Silikatgestein vorkommen. Nach Landolt (1971).

Kalkgestein	Silikatgestein
<i>Silene acaulis</i>	<i>S. exscapa</i>
<i>Cerastium latifolium</i>	<i>C. uniflorum</i>
<i>Pulsatilla alpina</i>	<i>P. sulphurea</i>
<i>Thlaspi rotundifolium</i>	<i>T. corymbosum</i>
<i>Ranunculus carinthiacus</i>	<i>R. grenieranus</i>
<i>Hutchinsia alpina</i>	<i>H. brevicaulis</i>
<i>Saxifraga moschata</i>	<i>S. exarata</i>
<i>Alchemilla conjuncta</i>	<i>A. alpina</i>
<i>Anthyllis alpestris</i>	<i>A. cherleri</i>
<i>Rhododendron hirsutum</i>	<i>R. ferrugineum</i>
<i>Soldanella alpina</i>	<i>S. pusilla</i>
<i>Gentiana clusii</i>	<i>G. kochiana</i>
<i>Veronica fruticulosa</i>	<i>V. fruticans</i>
<i>Galium anisophyllum</i> (hexaploid)	<i>G. anisophyllum</i> (oktaploid)
<i>Gnaphalium hoppeanum</i>	<i>G. supinum</i>
<i>Achillea atrata</i>	<i>A. moschata</i>
<i>Doronicum grandiflorum</i>	<i>D. clusii</i>
<i>Carduus defloratus</i>	<i>C. carlinifolius</i>

Bewimperte Alpenrose (*Rhododendron hirsutum*)



© CC BY 2.5,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1429060>

Rostblättrige Alpenrose (*Rhododendron ferrugineum*)



© MurielBendel - Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=444633056>

Wachstums- und Lebensrhythmus alpiner Pflanzen (Populationsökologie):

- Alpine Pflanzen **wachsen** im Allgemeinen **langsamer** als Tieflandpflanzen
- Erreichen oft ein **hohes Alter** (v.a. bei klonalen Populationen)
- **Häufig klonales Wachstum**, z.B. Latsche in der Krummholzzone, Seggen in alpinen Rasen, Zwergsträucher
- Aber auch **sexuelle Fortpflanzung** mittels Bestäuber spielt noch in großen Höhen eine Rolle
- **Schnelle Entwicklung** nach der Schneeschmelze
- Genetische Disposition für **Kleinwüchsigkeit**



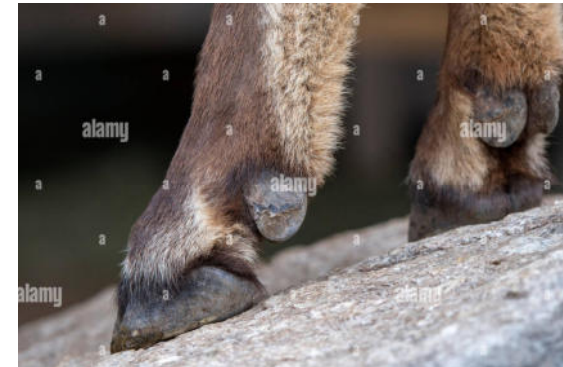
Die kleinwüchsige teppichbildende Weide *Salix serpyllifolia* kann bis zu 100 Jahre alt werden

Angepasstheit der Tiere an das Leben im Gebirge:

- **Winterschlaf:** Murmeltiere
- Im Winter aktiv → Ausbildung **einer isolierenden Fettschicht** und/oder **dichtem Haar- bzw. Federkleid** im Herbst/Winter, z.B. Steinbock, Gämse, Schneehuhn – Gämsen ziehen z.T. auch in niedrigere Lagen
- **Körperbau**, z.B. Hornträger (Steinböcke, Gämsen) → harte Hufkanten zum Einhängen in Felsritzen - weiche Fußballen → Rutschstopp im Schutt und Schnee
- Angepasstheit der **Fortpflanzung** an kurze Aktivitätsperiode und niedrigere Temperaturen: vivipar wie Alpensalamander (1-2 Junge, Tragezeit 2-3 Jahre) oder ovovivipar wie Kreuzotter
- Durch **Dunkelfärbung** (Melanismus) wird die Sonnenstrahlung besser absorbiert und zum Aufheizen des Körpers benutzt, z.B. Höllenotter (schwarze Morphe der Kreuzotter)
- **Tarnung:** Gefieder- bzw. Fellwechsel (Sommer/Winter unterschiedliche Färbung)



© CC BY 2.5,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=429828>



© <https://www.alamy.de/steinbock-capra-ibex-nahaufnahme-der-vorderbeine-und-hufe-osterreich-image245716393.html>

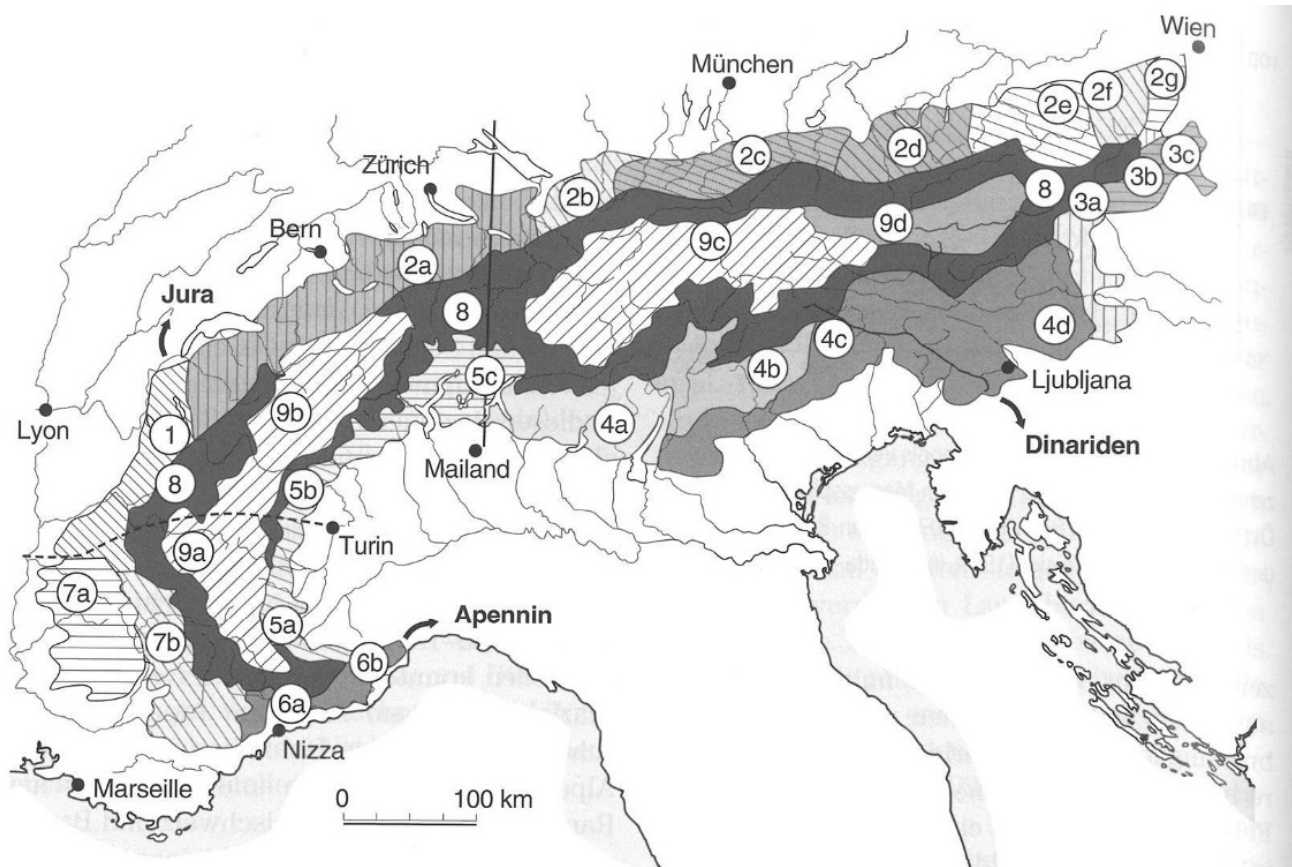


https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/57/Salamandra_atra-01-Kaernten-2008-Thomas_Huntke.jpg



© Jan Frode Haugseth - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10534500>

Biogeografische Gliederung der Alpen und ihrer Randzonen



- **Hochgebirgsflora** ist in taxonomischer Sicht recht **eigenständig**
- Für mitteleuropäische Verhältnisse **hohe Anzahl an Endemiten** (z.B. südliche, südöstliche und nordöstliche Alpen)
- Ca. 15% endemische Sippen (aus Glazialrefugien), 35% mittel- und südeuropäische Hochgebirgsarten, ca. 50% Zuwanderer in spät- und postglazialer Zeit (Skandinavien, Nordasien, Gebirgen Zentralasiens,..)

Abb. 13–3 Von Ozenda (1988) vorgeschlagene biogeografische Gliederung der Alpen und ihrer Randzonen (etwas verändert).

1–7 **Randalpen** (mit Kalkgestein außer den Teilgebieten 3 und 5): 1 Dauphiné, an die sich der Jura anschließt; 2 nördliche und östliche Voralpen; 3 östliche („suprapannonische“) Randalpen; 4 illyrisch-gardesische Randalpen, die sich in den Dinariden fortsetzen; 5 insubrisch-piemontesische

Randalpen; 6 vorligurische Randalpen, die sich im Apennin fortsetzen; 7 hoch-provençalischer Sektor.

8 u. 9 **Innenalpen** (mit vorwiegend Silikatgestein und Kontinentalklima): 8 Zwischenalpen; 9 extrem kontinentale Zentralalpen.

Die mit Nummern bezeichneten Teilgebiete sowie deren durch Buchstaben bezeichnete Unterteilungen unterscheiden sich floristisch.

Regionale Hotspots der pflanzlichen Artenvielfalt

- die **Alpen und das unmittelbare Vorland** sind artenreicher als das übrige Mitteleuropa (insgesamt in Alpen 4.491 Phanerogamentaxa - alpine & in nivalen Lebensräume der Alpen 650)
- 30.000 Tierarten in den Alpen, davon mehr als 80 Säugetier-Arten
- **Gründe: große Ausdehnung** (1300km) mit **unterschiedlichen Höhenstufen** und **großer Diversität an Lebensräumen** und **Vegetationstypen** auf kleinem Raum
- **Bodenchemie und Klima beeinflussen den Artenreichtum:** auf Kalkgestein wesentlich mehr Arten als über Silikatgestein (Verhältnis 1,45:1) – kontinentalen Innenalpen aufgrund höherer Temperaturmaxima artenreicher als ozeanischen Randalpen

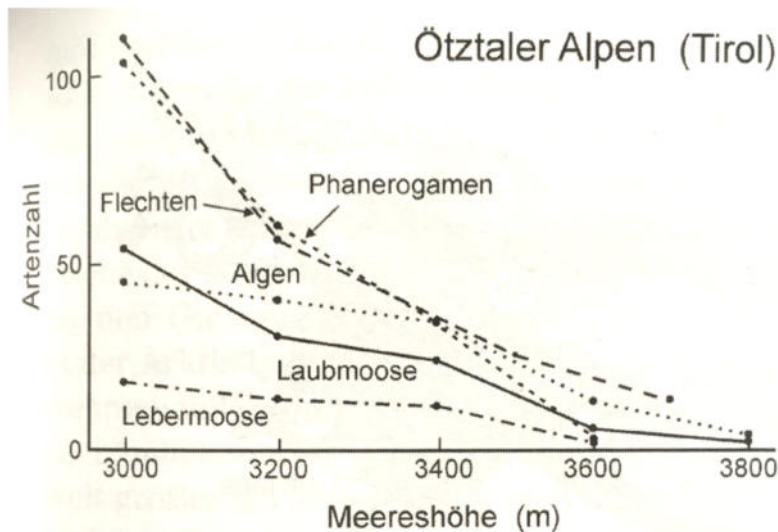


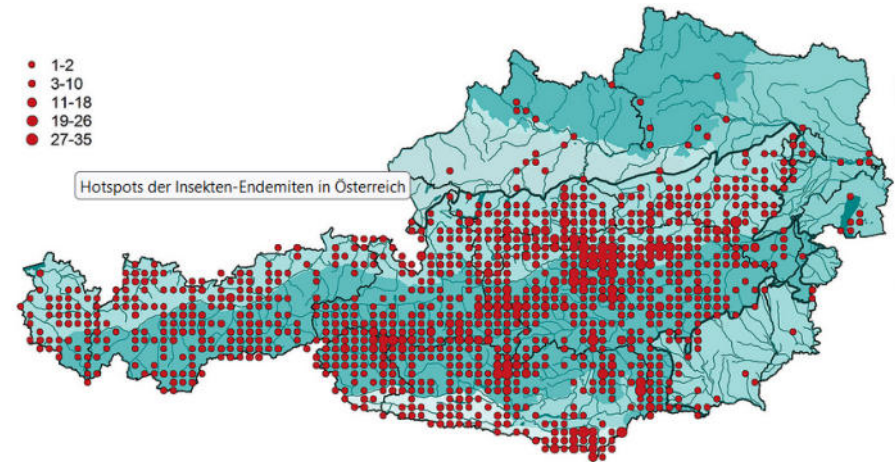
Abb. 13-2 Abnahme des Artenpools verschiedener Pflanzengruppen mit der Höhe über dem Meeresspiegel in den Öztaler Alpen. Nach Schröter (1903), Braun-Blanquet (1954) und Pitschmann & Reisigl (1949, in Ozenda 1988).

- **Größe des Artenpools** pro Fläche nimmt mit **zunehmender Meereshöhe ab** (durchschn. um 40 Gefäßpflanzen-Sippen pro 100 Höhenmeter)

Artenzahlen für Österreich

Tiere in Österreich

Österreich	54.125 Tierarten
Beispiele ausgewählter Artengruppen	Anzahl Arten
Vögel	213
Säugetiere	101
Fische	84
Amphibien	20
Reptilien	14
Insekten	ca. 40.000



© Umweltbundesamt

Hotspots der Insekten-Endemiten in Österreich

Pflanzen und Pilze in Österreich

Gruppe	Artenzahl
Farn- und Blütenpflanzen ¹	3.462
Laubmoose ²	758
Leber- und Hornmoose ²	ca. 260
Flechten ²	ca. 2.100
Ständerpilze (Basidiomyceten) ²	ca. 5.000

Mensch und die Alpen:

Die Alpen sind eines der am **dichtesten besiedelten Gebirge der Erde**, weswegen sich hier verschiedene Interessenlagen gegenüberstehen:

- *Lebens- und Wirtschaftsraum für die Bevölkerung*
- *europäisches Erholungsgebiet*
- *Wasserspeicher*
- *Klimaregulator*
- *Lebensraum für verschiedene Pflanzen- und Tierarten*

Menschlicher Einfluss im Hochgebirge:

Weidewirtschaft bereits seit 3000 v. Chr. – steile Hänge zur Heumahd - Waldgrenze künstlich nach unten gedrückt

→ Schaffung artenreicher Lebensräume

Landnutzungswandel der vergangenen Jahrzehnte:

- **Extensivierung/Auflassung abgelegener Almweiden**
– Heumahd stark reduziert → Rückgang der Habitatvielfalt auf den Almen bei Einstellung der extensiven Beweidung
- Bei entsprechenden Verkehrsanbindungen → **Intensivierung der Viehzucht** → Gülledüngung, Melioration, Einsatz von Weidemischungen, Bodenverdichtung und Überweidung durch höhere Viehdichten

→ *Artenzahlen gehen zurück, Nährstoffzeiger dominieren, Trittschäden und Erosion der Böden*



© <https://tirolischtoll.wordpress.com/2016/04/18/schule-der-alm-weil-wir-unser-kulturelles-erbe-retten-sollten/>



© Jacqueline Tschida; 2022

Tourismus:

Tourismus ist eine der größten Einnahmequellen der Region, gleichzeitig jedoch auch der Hauptbelastungsfaktor - ca. 100 Millionen Menschen besuchen jährlich den Alpenbogen

Am Bsp. Skipisten & Skitourismus

Auswirkungen:

- **Fragmentierung und Störung der Hydrologie durch den Wegebau**
- **Mechanische Schäden:** Bei zu geringer Schneehöhe werden Rasen durch Skifahren und v.a. das Planieren zerstört → massive Störungen alpiner Rasenökosysteme (Verlust von Vegetationstypen) & Erosionsgefahr
- **Kunstschnee:**
 - keine isolierende Wirkung, da weniger luftreich und weniger durchlässig für Sauerstoff → Sauerstoffmangel im Boden
 - bildet eisähnliche Schicht → phänologische Entwicklung im Frühjahr verzögert
 - zusätzliche Wasserzufuhr → Veränderung der Vegetation; wirkt eutrophierend, da Kunstschnee mehr Nährstoffe als natürlicher Schnee enthält
 - Zusätzlicher Wasserverbrauch
- **Aktivitäten**, v.a. im freien Gelände stören Wildtiere → zusätzlicher Stress & Energieverbrauch

Klimawandel im Hochgebirge:

→ Gletscherschwund & Folgen in den Alpen:

- schnelle Abschmelzen der Gletscher → große Schuttareale freigelegt → bei Starkregen als Muren oder Erdrutsch in Täler; neue und schnell ansteigende Gletscherseen → Gefährdung
- **Wasserknappheit in den großen Flüssen** (Schmelzwasser des Frühlings fehlt durch geringe Schneefälle)
- **Verknappung der Trinkwasservorräte** in Alpenregionen



→ **Veränderungen der Biozönosen:** Höherwandern der Alpenflora (bisher v.a. in nivalen Zone): ca. Wanderungsgeschwindigkeit von mind. 1m (bis 4)m in 10 Jahren (Grabherr et al., 1995); Auswirkungen der erhöhten Temperaturen auf Tiere (z.B. Vögel: Nahrungsquellen verändern sich, physiologischer Stress, erhöhter Parasitendruck, etc.)

→ **Auftauen von Permafrost in alpinen Gebieten:** Stabilität von Felsgebieten nimmt ab

- <https://www.zdf.de/nachrichten/wissen/felsstuerze-klimawandel-alpen-100.html>
- <https://www.kleinezeitung.at/international/19739654/steinlawine-rollt-ueber-das-schweizer-dorf-blatten>



Von Contains modified Copernicus Sentinel data 2025, Attribution, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=166435897>

- Network**
- General
- Global distribution
- Target regions
- Gloria coordination
- Regional networks
- ▶ CIRMOUNT
- ▶ GLORIA Great Basin
- ▶ GLORIA Andes
- Master sites
- ▶ Schrankogel

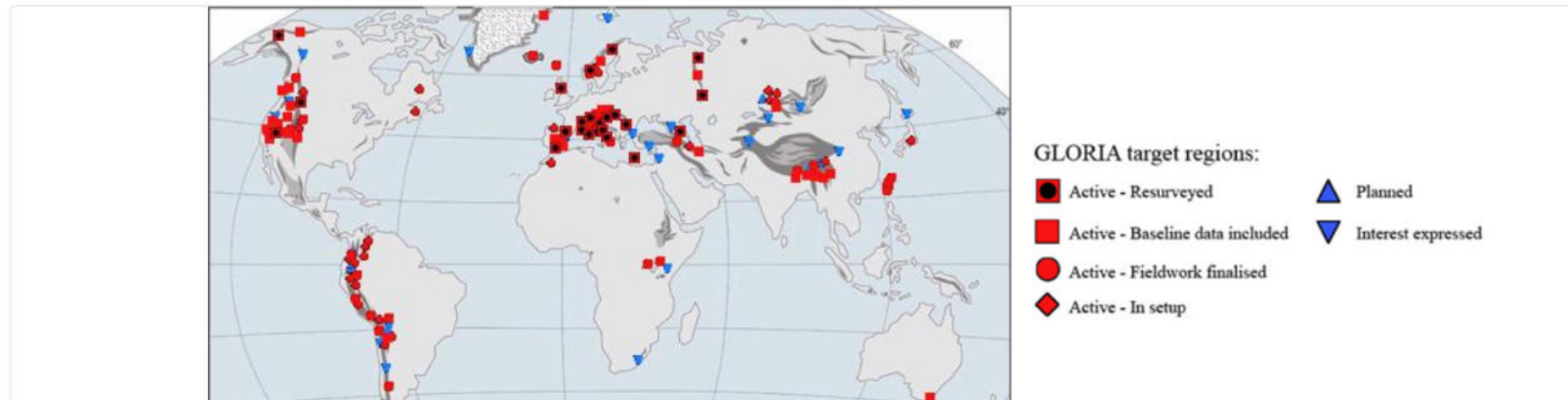
Global distribution of GLORIA sites

The main mountain ranges, especially the most extensive systems and their position within the continents are important for site selection.

Asia and the Americas are of particular importance.

In Asia, the large mountain ranges are in the interior and have a highly continental climate.

The Americas present a unique case with their almost uninterrupted north-south chains of mountain ranges extending from Alaska to Patagonia.



<https://www.gloria.ac.at/home>

Verwendete Fachliteratur:

- Begon, M., Howarth, R.W., Townsend, C. R. (2017). Ökologie. Berlin: Springer-Verlag
- Burga, C.A., Klötzli, F., Grabherr, G. (2004). Gebirge der Erde. Landschaft, Klima, Pflanzenwelt. Stuttgart: Eugen Ulmer
- Ellenberg, H. & Leuschner, C. (2010). Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer
- Grabherr, G. (1997). Farbatlas Ökosysteme der Erde. Stuttgart: Ulmer

Sonstige Quellen:

<https://www.spektrum.de>