

EU Vegetation des Hochgebirges Exkursionsprotokoll

10. Juli bis 14. Juli 2023



Leitung:

Pau Carnicero

Teilnehmer:

Daniel Baumgartner, Laura Bonet, Sarah Brach, Lotte Diester, Alessandro Fambri, Verena Felgitsch, Tom Fischbach, Jonas Geurden, Klara Huber, Lukas Janke, Silvano Lodetti, Sebastian Nied, Elias Nitz, Nora Rainer, Moritz Stegner, Johanna Thiede, Alexander Ulbrich, Friederike Westrich und Felix Wetzel.

Inhaltsverzeichnis

Exkursionsrouten	2
Geologie des inneren Ötztal, Auswirkung von Geologie auf Alpinepflanzen	3
Besonderheiten des Mikroklimas in der subalpinen, alpinen und nivalen Stufe	6
Soils in the high mountains (subalpine, alpine, nival stage)	11
Die Waldgrenze im Bereich der Zentralalpen	14
Auswirkungen des Klimawandels und Verschiebung der Verbreitungsgrenzen von Pflanzen und Pflanzengesellschaften	19
Menschliche Bedrohungen zu Lebensräumen des Hochgebirges	22
Die Geschichte im Ötztal und in den Zentralalpen	27
Subalpine Wiesen und Weiden	30
Wuchsformen und Strategietypen alpiner und subalpiner Pflanzen	36
Subalpine Waldgesellschaften: Lärchen-Zirben-Wald	39
Quellfluren in der subalpinen und alpinen Stufe	42
Moore der subalpinen und alpinen Stufe (Niedermoore, Hochmoore)	44
Diversität von Moosen der alpinen und subalpinen Stufe	47
Alpine und Subalpine Flechten	51
Nacktried-Rasen	59
Nivale Stufe	61
Kleine Eiszeit	63
Colonization in the glacier forefield: primary succession	67
Zirbenwald: Tag 1 (10.7.2023)	70
Hohe Mut: Tag 2 (11.7.2023)	78
Beilstein: Tag 3 (12.7.2023)	87
Aufstieg zum Soomsee: Tag 4 (13.7.2023)	94
Rotmoostal: Tag 5 (14.7.2023)	99
Abbildungsverzeichnis	106

Exkursionsrouten

Tag 1 (10.7.23): Zirbenwald

Tag 2 (11.7.23): Hohe Mut

Tag 3 (12.7.23): Gaisbergtal

Tag 4 (13.7.23): Aufstieg zum Soomsee

Tag 5 (14.7.23): Rotmoostal

Geologie des inneren Ötztal, Auswirkung von Geologie auf Alpinepflanzen

Sebastian Nied

Das Grundgebirge des Ötztals und von Obergurgl wird durch den Ötztal-Stubai-Komplex (ÖSK) beschrieben, welcher Teil des ober-ostalpinen Deckensystems ist. Der ÖSK erstreckt sich im Norden bis zu den nördlichen Kalkalpen und wird hier von der Inntallinie begrenzt. Im Westen bildet die Engadin-Linie die tektonische Begrenzung und im Süden trifft der ÖSK an der Vinschgauer Scherung auf den Ortler-Campo-Komplex. Aus geographischer und geologischer Sicht ist vor allem die östliche Abgrenzung durch die Brennerlinie und dem davorliegenden Schneeberg-Komplex (SK) interessant, da diese in unmittelbarer Nähe zu Obergurgl liegt und durch ein diverses geologisches Gefüge die Landschaft und Vegetation sichtbar verändert. Das ÖSK besteht hauptsächlich aus metamorphen, feinkörnigen monotonen Paragneisen, welche reich an Quarz (SiO_2), Feldspat ($(\text{Ba,Ca,Na,K,NH}_4,\text{Sr})(\text{Al,Fe}^{3+},\text{B,Si})_4\text{O}_8$) und Glimmer (vor allem Schichtsilikate Muskovit und Biotit) sind und Glimmerschiefern mit kleinen Granat- und Biotitkristallen. Dieses Gestein gehört zum Kristallin und kann als carbonatfrei beschrieben werden. Um Obergurgl herum werden vor allem Biotitplagioklasgneise und Biotitschuppengneise von Gurgl angetroffen. Der Schneeberg-Komplex hingegen besteht hauptsächlich aus grobkörnigen Granatglimmerschiefern, Hornblendeschiefern und Marmoren, welche Teil der sog. „Bunten Serie“ sind. Schaut man den Rücken der Hohen Mut entlang auf die dahinterliegenden Gipfel, so fallen die hellen Marmorbänder des SK auf.

Weitere Spuren dieser Gesteine zeigen sich im Gaisbergtal und im Rotmoostal. Das Gaisbergtal ist Teil der sogenannten Schneeberger Hauptmulde, wo durch Steinschlag und Erdrutsche Hornblenden und Granaten zu finden sind. Gleiches gilt für das Rotmoostal, welches das Ende der Schneeberge Hauptmulde bildet und vor allem aus carbonatreichen Granatglimmerschiefern besteht.

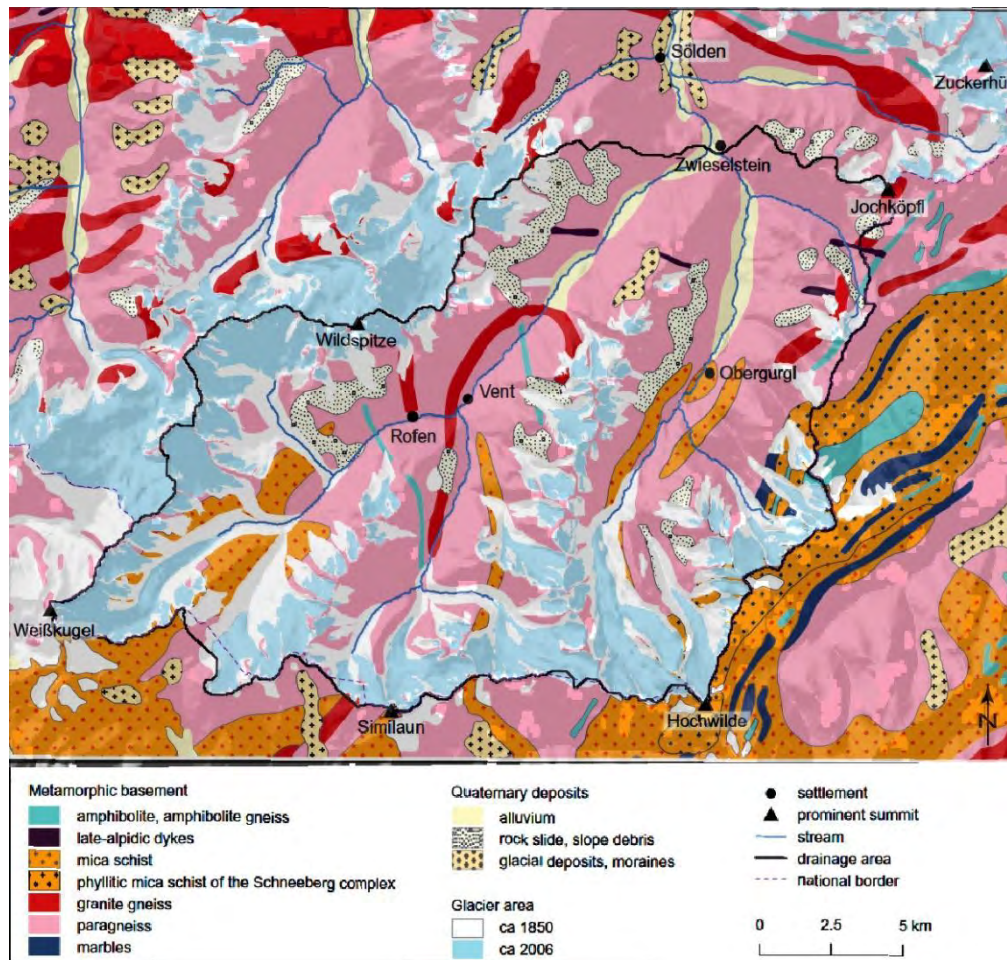


Abbildung 1. Karte über die Gesteine im Ötztal und um Obergurgl. Zu sehen sind die dominierenden Paragneise (pink), Glimmerschiefer (orange) und Marmorbänder (blau).

Diese unterschiedlichen geologischen Ausgangspositionen im Muttergestein haben auch Auswirkungen auf die Vegetation. Da einiger Pflanzenarten mit dem carbonatreichen Boden nicht zurechtkommen, meiden sie ebensolche Flächen. Dies kann an einer direkten Empfindlichkeit gegen CaCO_3 -Ionen liegen, an einer pH-Wert abhängigen Aufnahme von Eisen oder auch an der größeren Wasserdurchlässigkeit und Trockenheit von Kalkböden. So kommt es, dass sich andere Arten hier etablieren, als auf saurem Silikatgestein. Häufig lassen sich vikariierende Arten beobachten, das heißt, dass eine Art derselben Gattung eine andere Art auf der Fläche ersetzt. Beispiele hierfür sind *Sesleria caerulea*, *Carex firma* und *Rhododendron hirsutum* auf Kalk und *Sesleria disticha*, *Carex curvula* und *Rhododendron ferrugineum* auf Silikat. Dies führt auch zu unterschiedlichen Assoziationen je nach Muttergestein. Auf reinen Kalken bilden sich zum Beispiel *Caricetum firmae* und *Seslerion variae*, auf carbonathaltigem Silikat *Elynion-*

Gesellschaften und auf Silikat Caricion curvulae, bei sonst untereinander ähnlichen Flächen.

Quellen

Hoinkes, G., Krainer, K., & Tropper, P. (2021): Ötztaler Alpen, Stubai Alpen und Texelgruppe. Stuttgart.

Klinck, H.-J. & Glawion, R. (1983): Vegetationsgeographie. 1. Auflage. Braunschweig.

Trollmann, A. (1986): Geologie von Österreich. Wien.

Tropper, P., Krenn, K., Hoinkes, G., (2012): Mineralogie und Petrologie des austroalpinen Kristallins in der südlichen Umgebung von Obergurgl – Der Übergang vom Ötztal Komplex in den Schneeberg Komplex (Ötztal, Österreich, Passeiertal, Südtirol). -in: Eva-Maria Koch, Brigitta Erschbamer (Hrsg.): An den Grenzen des Waldes und der menschlichen Siedlung. Innsbruck university press. S. 181-209.

Besonderheiten des Mikroklimas in der subalpinen, alpinen und nivalen Stufe

Lieselotte Diester

Was bedeutet Mikroklima?

Bei dem Begriff „Mikroklima“ handelt es sich um das Klima in einem sehr kleinen Raum. Dabei kann das zu untersuchende Gebiet eine Fläche von wenigen Quadratmetern bis hin zu einigen Quadratkilometern aufweisen. Die Messungen finden von der Bodenoberfläche bis in zwei Meter Höhe statt. Da die klimatologischen Bedingungen im Gebirge aufgrund von unterschiedlichen topografischen Gegebenheiten kleinräumig oft sehr stark schwanken, ist das Verständnis des Mikroklimas vor allem in den Bergen sehr wichtig.

Ausschlaggebende Elemente zur Untersuchung des Mikroklimas sind die Exposition der Fläche, die Hangneigung und die Horizontalabschattung, da diese Faktoren Einfluss auf die Lufttemperatur, Schneeverteilung und damit auch auf die Vegetation nehmen. Sie tragen zur Veränderung der bodennahen Feuchtigkeitsverhältnisse und der Albedo (Reflexionsstrahlung) der Oberfläche bei. Zudem ist eine typische Vegetation in den verschiedenen Höhenstufen vorzufinden, die das Mikroklima ebenfalls beeinflusst. So reicht die Baumgrenze (Übergang subalpine und alpine Stufe) beispielsweise in den Zentralalpen bis in Höhen von 2500 m und die nivale Stufe, die über die lokale Schneefallgrenze definiert ist, verlangt den dort wachsenden Pflanzen spezielle Anpassungen an das vorherrschende Mikroklima ab. (Hartl et al., 2013; Höhenstufen der Alpen, 2016)

Klimastationen in Obergurgl

Die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik betreibt seit 1953 in Obergurgl eine Klimastation, wodurch unter anderem ein ökologisches Langzeit-Messprogramm ab Mitte der 1990er Jahre vorangetrieben wurde. Dadurch gibt es einige Daten zu den verschiedenen Standorten, die das Mikroklima vor Ort sehr gut zusammenfassen (Abb. 1). In der subalpinen Stufe gibt es drei Standorte auf jeweils 1964 m (Obergurgl Weideausschluss; Standort 1), 2039 m (Obergurgl Rumsoppen; Standort 2) und 2255 m (Gurgler Heide; Standort 3) Höhe, die alle eine nord-westliche Exposition haben. Beim

Obergurgler Weideausschluss handelt es sich um einen zwergstrauchreichen Rasen mit Arten wie *Agrostis capillaris*, *Nardus stricta*, *Anthoxanthum alpinum*, *Mutellina adonidifolia* und *Potentilla aurea*. Dominante Arten in der *Vaccinium*-Zwergstrauchheide am Obergurgler Rumsoppen sind *Vaccinium vitis-idaea*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium gaultherioides*, *Empetrum hermaphroditum* und *Calluna vulgaris*. In der Gurgler Heide ist eine *Loiseleuria*-Flechtenheide vorzufinden, wo die Arten *Loiseleuria procumbens*, *Cetraria islandica*, *Cladonia arbuscula* und *Vaccinium gaultherioides* dominieren.

Im alpinen Bereich gibt es vier Standorte des Langzeit-Messprogrammes, wobei das Rotmoostal (Standort 4a) auf 2295 m Höhe im potenziellen Waldgrenzökoton liegt, aber in historischer Zeit nie bewaldet wurde. Auf der süd-westlich exponierten Fläche sind Arten wie *Nardus stricta*, *Carex sempervirens*, *Potentilla aurea*, *Homogyne alpina* und *Deschampsia cespitosa* zu finden. Der südlich exponierte Hang am Schönwieskopf (Standort 5), der auf 2314 m Höhe ebenfalls im potenziellen Waldgrenzökoton liegt, weist die dominanten Arten *Nardus stricta*, *Mutellina adonidifolia*, *Scorzoneroide helvetica* und *Geum montanum* auf. Ein typischer Krummseggenrasen der alpinen Stufe über saurem Ausgangsgestein, mit den dominierenden Arten *Carex curvula*, *Avenula versicolor*, *Scorzoneroide helvetica* und *Phyteuma hemisphaericum*, ist auf dem Hohe Mut Bärenhoppet (Standort 7) auf 2593 m mit südwestlicher Exposition zu finden. Dabei gilt es zu beachten, dass auf Flächen wie diesen das Mikroklima aufgrund von Schneetälchen stark schwanken kann. Unter Schneetälchen versteht man „von Schmelzwasser durchtränkte, schwach geneigte, ebene oder muldenförmige Stellen, die sich vor allem an Nordhängen oder sonst schattigen Stellen oder auch auf den sandigen Feldern am Fuß der Schutthalden und auf Gletscherböden in der hochalpinen Stufe finden“ (Thorsten Englisch 1999: S. 16–17). Durch den längeren Ausaperungszeitpunkt bleibt der Schnee im Schneetälchen länger liegen, wodurch dort andere Arten wachsen als am Rand der Kuhle. So führen die mikroklimatischen Bedingungen auf kleinstem Raum dazu, dass ganz unterschiedliche Pflanzengemeinschaften in unmittelbarer Nähe koexistieren können. Am letzten Standort des Langzeit-Messprogrammes in Obergurgl am süd-westliche exponierten Abhang des Kirchenkogels auf 2793 m Höhe (Standort 8) ist die Vegetation des alpinen Rasens durch die Arten *Festuca pumila*, *Kobresia myosuroides*, *Campanula scheuchzeri* und *Oxytropis lapponica* geprägt.

Die durchschnittliche Lufttemperatur ist mit 2,5 °C am Obergurgler Weideausschluss (Standort 1) im subalpinen Bereich am höchsten und mit -0,7 °C auf dem alpin gelegenen Hohe Mut Bärenhoppet (Standort 7) am niedrigsten. Hingegen ist die Bodentemperaturen in Obergurgl im Januar und Februar am kältesten und im Juli und August am wärmsten, wobei das durchschnittliche Temperaturminimum des Bodens mit 2 °C auf der Gurgler Weide (Standort 3) im subalpinen Bereich zu finden ist und das Maximum am Schönwieskopf (Standort 5) auf 2314 m mit 4,2 °C. Anhand der Bodentemperatur wird verdeutlicht, dass die Höhenlage der Standorte nicht der einzige wichtige Faktor für das vorherrschende Mikroklima ist. Obwohl der Schönwieskopf höher liegt als die Gurgler Weide, ist die Bodentemperatur durchschnittlich wärmer. Das lässt sich durch die südliche Exposition begründen, da sich die Fläche am Schönwieskopf mehr aufheizen kann als die nord-westlich exponierten Fläche der Gurgler Weide.



Abbildung 2. Standorte des ökologischen Langzeit-Messprogrammes in der Umgebung von Obergurgl.

Auch die Schneebedeckung stellt einen entscheidenden Faktor für das Mikroklima und damit auch für die Vegetation dar. Wie zuvor bereits beschrieben wachsen innerhalb eines Schneetälchens beispielsweise unterschiedliche Arten, die auf die verschiedenen Ausaperungszeitpunkte am besten angepasst sind. Zudem trägt auch die Hangneigung dazu bei, dass Flächen schneller schneefrei geblasen werden können, wodurch die Wirkung der isolierenden Schneedecke wegfällt und damit auch die Vegetation eine andere sein wird als an Stellen mit schützender Schneebedeckung im Winter. Ein Beispiel ist die *Loiseleuria*-Flechtenheide auf 2255 m Höhe an der Gurgler Heide (Standort 3), die mit 53 Tagen Schneedeckendauer/Jahr die kürzeste schneebedeckte Periode im Vergleich zu den anderen Standorten hat. (Abb. 2; Hartl et al., 2013)

Fazit

Das Mikroklima wird im Allgemeinen durch viele verschiedene Faktoren beeinflusst, von denen nun einige am „Modell“ Obergurgl erläutert werden konnten. In den Alpen wirkt sich die Höhe stark auf die Vegetation aus, da die Temperatur durchschnittlich in den Zentralalpen um 0,6 °C pro 100 Höhenmeter abnimmt. Allerdings hat auch die Exposition der zu betrachtenden Fläche einen großen Einfluss, da südlich exponierte Hänge mehr Sonne erfahren und sich dadurch stärker aufheizen können. Auch die Hangneigung wirkt sich auf das Mikroklima aus, da auf stark geneigten, windexponierten Hängen der Schnee im Winter weggeweht wird und die isolierende Wirkung der Schneedecke somit wegfällt. An all diese klimatischen Bedingungen haben sich verschiedene Pflanzenarten mit besonderen Wuchsformen oder Fortpflanzungsstrategien angepasst. Als Beispiel dafür lassen sich die Polsterpflanzen (z.B. *Silene acaulis*) betrachten, die durch ihre Wuchsform ein wärmespeicherndes Polster bilden und somit ihr eigenes kleines Mikroklima schaffen oder auch der Zwergwuchs von einigen Sträuchern (z.B. *Salix herbacea*), die flach am Boden wachsen, um möglichst Wind- und Wettergeschützt zu sein. Eine an lange Schneedauer angepasste Fortpflanzungsstrategie findet man bei *Soldanella pusilla*, die ihre Knospe schon im vorherigen Jahr bildet und dann beim ersten Ausapern unmittelbar mit der Blüte beginnt. Auch in Zukunft werden die speziellen Anpassungen der Pflanzen wohl eine große Rolle spielen, da sich der Ausaperungszeitpunkt aufgrund des Klimawandels immer weiter verschiebt und damit neue klimatische Bedingungen vorherrschen werden.

Quellen

Hartl, L., Kaufmann, R., Schallhart, N. & Erschbamer, B. (2013). Das Mikroklima waldfreier Standorte in der subalpinen, alpinen und subnivalen Stufe in Obergurgl. Zoologisch-Botanische Datenbank, Publikationen Alpine Forschungsstelle Obergurgl, Band 3, Kapitel 7.

Höhenstufen der Alpen (2016)

https://magazin.alpenverein.de/artikel/hohenstufen-der-alpen_b357eec5-01a6-4c3e-96a7-add6683313b4 [zuletzt aufgerufen am 20.07.2023, 09:49]

Soils in the high mountains (subalpine, alpine, nival stage)

Alessandro Fambri

Soils in high mountains, including the subalpine, alpine, and nival stages, have unique characteristics due to the extreme conditions found at high elevations.

Soils are described by 5 main factors: organic matter content, moisture regime, soil horizons, nutrient availability and erosion. Depending on altitude and climate, temperature changes and the presence of vegetation and/or snow can influence these factors. The presence of vegetation can stabilize the soil, unlike soils that, being perpetually under ice, do not have the possibility of developing into multiple horizons (layers). In addition, the more vegetation found, the greater the amount of decaying organic material deposited in the soil, resulting in microbial activities that increase the nutrients within it. Temperatures also play an important role in soil composition: the colder it is, the slower the decomposition rate of organic material in the soil will be. With lots of rain and slow decomposition, nutrients can be washed out of the soil. Erosion is also very important and where this phenomenon is very present, the soil does not have time to develop and important nutrient and minerals can be washed away.

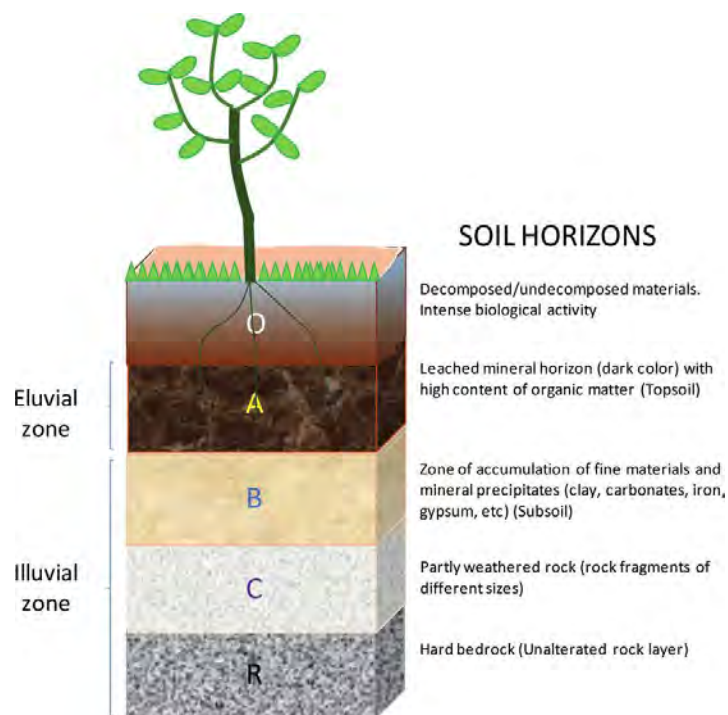


Abbildung 3. Different horizons (layers) in a normal Soil (Pérez-Lucas, et al., 2019).

Soil usually consists of 3 main layers: the first horizon (Abb. 3; 'O') is composed of decaying material and there is a high level of biological activity; the second horizon (Abb. 3; 'A') consists of organic material and this is where leaching occurs, where minerals and nutrients are washed away by precipitation and water (erosion); the last horizon consists of inorganic material, which can be subdivided into other horizons (Abb. 3; 'B', 'C' and 'R') depending on the composition of the soil (fine material; rock and bedrock). The higher you go, the less developed the soil is due to the lower accumulation of organic material. An important factor for the development of horizons in the soil is the slope of the terrain: if the surface is very steep, erosion will not allow much development of the horizons and thus of the soil, while if the inclination of the terrain is minimal, erosion will have little effect on the soil and even in a very high environment (e.g. alpine belt) more developed soil can be found.

Next the soil at different belts (subalpine, alpine and nival) will be described. It is important to remember that the next will be general information and depending on various factors soils may develop differently.

Subalpine soils are found below the areas where trees can grow in mountainous regions (1400/1800-2100/2500 m; Central Alps). They are affected by the nearby forests as well as the tough and difficult conditions present at higher altitudes. These soils have a lot of organic matter in them because of all the dead plant material that accumulates. The moisture levels in subalpine soils are moderate, depending on how much rain or snow melts in the area. Subalpine soils also have different, distinct layers. There's a top layer that's rich in organic matter and then different layers underneath made up of minerals. However, these soils don't have a lot of nutrients available to plants because it's cold, decomposition is slow, and the nutrients can be washed away when it rains a lot. Erosion is also a problem because the slopes in subalpine areas can be steep, especially when there's heavy rainfall or snow melting.

Moving upwards, we encounter Alpine soils above the tree line (2100/2500-2700/3200 m; Central Alps). These soils experience even more challenging conditions, including low temperatures, strong winds, and sparse vegetation. Alpine soils generally have a lower organic matter content compared to subalpine soils due to reduced plant cover and slower decomposition rates. Moisture availability is primarily influenced by snow

accumulation, meltwater, and sporadic rainfall, resulting in a humid to permanently humid moisture regime. Alpine soils often possess shallow profiles, with weakly developed or absent soil horizons. The upper layer may consist of weathered rock fragments or mineral material. Nutrient availability in alpine soils tends to be limited due to slow weathering processes and nutrient leaching caused by moist conditions. In regions with continuous permafrost, water infiltration and nutrient availability are further restricted.

At the highest elevations (above 2700/3200 m; Central Alps), Nival soils prevail above the snow line, where snow and ice dominate the landscape. These soils typically exhibit minimal organic matter content due to limited vegetation and microbial activity. Moisture availability in nival soils is influenced by snow and ice melt. The continuous physical disturbance caused by glaciers and the limited time for soil development result in poorly developed or absent soil horizons. Nival soils often consist of finely ground rock material known as rock flour or glacial flour, transported and deposited by glaciers. Nutrient availability in nival soils is generally low, with nutrients either locked in ice or leached away during snow and ice melt events.

It is important to note that the specific characteristics of mountain soils can vary depending on factors such as local climate, geological composition, and glacial history and sun exposition. The example for elevation of the different ecotone/belts (subalpine-, alpine- and nival-belt) are referred to Central Alps elevations.

References

- Türk, R., Gärtner, G. (2001). Biological Soil Crusts of the Subalpine, Alpine, and Nival Areas in the Alps. In: Belnap, J., Lange, O.L. (eds) *Biological Soil Crusts: Structure, Function, and Management*. Ecological Studies, vol 150. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-56475-8_5
- Hartemink, A. E., Zhang, Y., Bockheim, J. G., Curi, N., Silva, S. H. G., Grauer-Gray, J., ... & Krasilnikov, P. (2020). Soil horizon variation: A review. *Advances in Agronomy*, 160(1), 125-185.
- Ohtsuka, T., Hirota, M., Zhang, X., Shimono, A., Senga, Y., Du, M., ... & Tang, Y. (2008). Soil organic carbon pools in alpine to nival zones along an altitudinal gradient (4400–5300 m) on the Tibetan Plateau. *Polar Science*, 2(4), 277-285.
- Pérez-Lucas, G., Vela, N., El Aatik, A., & Navarro, S. (2019). Environmental Risk of Groundwater Pollution by Pesticide Leaching through the Soil Profile. *IntechOpen*. doi: 10.5772/intechopen.82418

Die Waldgrenze im Bereich der Zentralalpen

Johanna Thiede

Einführung

Die Waldgrenze ist der Rand des Lebensraumes, in dem Bäume aufgrund verschiedener Faktoren (Klima, Standortbedingungen, Hangneigung, Regenschatten [klimatische und edaphische Waldgrenze]) geschlossene Wälder bilden können (untersch. Baumgrenze [einzelne Bäume, Baumgruppen]). Im allgemeinen Sprachgebrauch wird der Begriff Waldgrenze zur Beschreibung der alpinen Waldgrenze genutzt, es existieren jedoch auch andere Waldgrenzen (polare, edaphische und orographische). Wälder sind Baumbestände, welche ein mehr oder weniger geschlossenes Kronendach vorweisen, groß genug, um ein spezifisches Waldinnenklima auszubilden. In Österreich beträgt die Mindestfläche für einen Wald 1.000 m² bei einer Mindestbreite von 10 m.

Die Waldgrenze ist keine abrupte, sondern ein Übergangsbereich (Ökoton) zwischen Wald und der baumfreien alpinen Stufe (s. Abb. 4). Häufige Baumarten der Waldgrenze in den Zentralalpen sind *Pinus cembra* und *Larix decidua*.



Abbildung 4. Struktur des Waldgrenzökotons der Zentralalpen (Oberhuber und Wieser 2020).

Im alpinen Raum ist die Waldgrenze durch anthropogene Einflüsse wie Landwirtschaft (Almweide, Bergmähder) und mittelalterlichen Erzbergbau oder Salinen um ca. 200 – 300 m abgesenkt. Anzeichen für anthropogene Eingriffe sind das Vorkommen von Gattungen bzw. Arten wie *Rhododendron spp.* und *Pinus mugo* sowie Baumbestände an für die Landwirtschaft oder forstwirtschaftliche Eingriffe schwer zugänglichen Hängen (z. B. Rinnen).

Durch die Masse der Zentralalpen, wobei die Erdoberfläche als Heizfläche fungiert, ist die Temperatur höher als auf vergleichbaren Höhenstufen am Rand der Alpen. Damit liegt die Waldgrenze ebenfalls höher (s. Abb. 5). Durch den Randstauereffekt fällt weniger Niederschlag in den Zentralalpen, wodurch die Schneegrenze höher liegt. Die thermisch isolierende Funktion der Schneedecke ist z. B. für *Rhododendron* überlebenswichtig. Dieser Zwergstrauch würde sonst eine große Konkurrenz für junge Bäume darstellen. Innerhalb der Schneedecke können Pathogene die Bäume befallen, wie Schneeschimmel (*Phacidium infestans*, *Herpotrichia juniperi*, *Herpotrichia nigra*).

Klimabedingte Höhenlage der Baumgrenze in den Alpen

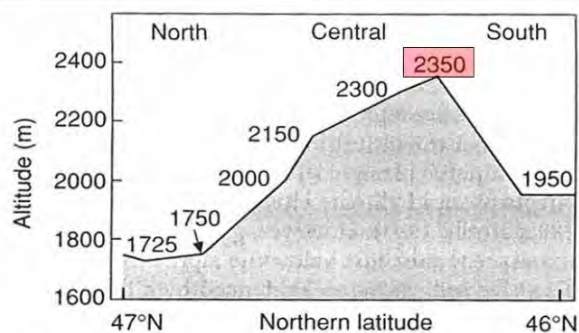


Fig. 7.8. Treeline altitudes along a north-south transect across the Alps, illustrating the "Massenerhebungseffekt". (Brockmann-Jerosch 1919)

Abbildung 5. Graphische Darstellung der Höhenlage der Waldgrenze in den Alpen ADDIN (Oberhuber und Wieser 2020).

Limitierende Faktoren an der alpinen Waldgrenze

Insgesamt gibt es fünf Hauptfaktoren, welche das Wachstum von Bäumen beziehungsweise die Etablierung von Keimlingen und das Bestehen von Wäldern in alpinen Lagen einschränken:

- Mechanische Gewebeschädigung
- Physiologische Gewebeschädigung

- Nährstoffmangel
- Beeinträchtigung der Reproduktion
- Wachstumslimitierung

Mechanische Gewebeschädigung

Mechanische Gewebeschädigungen entstehen zum Beispiel durch Windwurf oder -bruch, Eis- und Schneegebläse, Schneebruch, Lawinen oder Pathogene. Eine Anpassung der Baumarten an alpinen Waldgrenzen sind spitze Baumkronen (z. B. *Picea abies*), um somit Schneelasten besser ertragen zu können.

Physiologische Gewebeschädigung

Physiologische Gewebeschädigungen können durch Frost, Frostdrocknis oder erhöhte Strahlungswerte entstehen. Eine wichtige Anpassung der Bäume ist die winterliche Ruheperiode, in der das Streckungs- und Teilungswachstum eingestellt wird und sog. ruhende Knospen ausgebildet werden. Metabolische Prozesse werden eingeschränkt und die Frost- und Austrocknungsresistenz gesteigert („winterharte“ Pflanzen). Die ungenügende Ausbildung der Kutikula, welche weiter durch Schneeschliff geschädigt wird und Bodenfröste, welche die Wasseraufnahme beeinträchtigen und eine erhöhte Sonnenexposition welcher zu strahlungsbedingter Überwärmung führen zu einer erhöhten Verdunstungsbelastung und steigern somit das Risiko für Spätfrostschäden. Diese führen oft zum Absterben von Trieben.

Nährstoffmangel

Durch geringere Bodentemperaturen wird die Aktivität der Bodenorganismen eingeschränkt und damit die Mineralisierungsrate. Das Wurzelwachstum wird eingeschränkt und damit die Nährstoffaufnahme ebenso wie die Mykorrhizaentwicklung. Deshalb wird in Höhenlagen eher in das Wurzelwachstum als in Höhenwachstum investiert (weniger große Bäume, keine Ausbildung eines geschlossenen Kronendaches). Durch geschlossene Kronendächer wird außerdem die Bodentemperatur zusätzlich gesenkt.

Beeinträchtigung der Reproduktion

Extreme Umwelteinflüsse hemmen die Samenentwicklung und -verbreitung sowie die Keimung und Sämlingsetablierung. Durch dichte Gras-, Hochstauden- und

Zwergstrauchbestände ist die Konkurrenz für Keimlinge um Nährstoffe und Licht sehr hoch. Zusätzlich müssen die Samen an geeigneten Mikrostandorten keimen, welche ausreichend günstige Wachstumsbedingungen für die mehrjährige Etablierung der Keimlinge bieten (ca. vier Vegetationsperioden).

Wachstumslimitierung

Temperaturlimitierung der Meristemaktivität schränkt das Wachstum und die Zellerneuerung ein. In einem kalten Sommer wachsen Bäume weniger als in wärmeren Sommern. Mit der Meereshöhe nimmt allgemein die Wuchsleistung ab, da die ohnehin kurzen Vegetationsperioden frühzeitig beendet werden, um rechtzeitig vor dem Frost das Gewebe auszudifferenzieren (Winterruhe) und Bäume investieren eher in das Wurzelwachstum als in das Höhenwachstum. Die untere Temperaturgrenze für das Pflanzenwachstum liegt bei 5–6 °C. Unter 5°C nimmt die Zellverdopplungszeit stark zu. Ab diesem „Temperaturschwellenwert“ unterbleibt die Investition von Photoassimilaten in Wachstumsprozesse und Gewebeerneuerung. Die aerodynamische Kopplung der Baumkrone an die Lufttemperatur schränkt das Höhenwachstum zusätzlich ein.

Klimaerwärmung

Seit Beginn des 20. Jahrhunderts erwärmt sich das Klima rasch (im Alpenraum ca. + 2 °C). Nicht nur Temperaturmittelwerte nehmen zu, sondern auch die Häufigkeit, Intensität, Dauer und räumliche Ausdehnung von Klimaextremen. In Alpenregionen erhöht dies die Gefahr von Lawinen, Muren, Bodenerosion etc. Die Anzahl der Frosttage während der Wachstumsperiode steigen und erschweren somit die Etablierung von Wäldern (Spätfrostschäden an frühzeitig ausgebildeten Knospen). Die temperaturbedingte Baumgrenze steigt allerdings langsam an (Konkurrenz um Nährstoffe verlangsamt Prozess). Dies hat einige Vorteile (C-Senke von Wäldern, Schutzfunktion des Waldes), aber auch viele Nachteile wie die Verminderung der Biodiversität (Bergwiesen), ein erhöhtes Risiko von Kalamitäten wie Waldbrände und Käferbefall sowie die Verminderung des Albedo (BAYSICS 2021; Erschbamer und Koch 2012; Grünwald 2018; Nicolussi und Patzelt 2006; Oberhuber 2023; Oberhuber und Wieser 2020; Rigling et al. 2006).

Quellen

BAYSICS (2021): Höhengrenzen von Bäumen in den Bayerischen Alpen. Hg. v. Bayerisches Synthese- Informations-Citizen Science Portal für Klimaforschung und Wissenschaftskommunikation. Bayern. Online verfügbar unter

https://www.portal.baysics.de/static/download/wikistories/BAYSICS_Hoehengrenzen_Stand_Dezember_2020.pdf, zuletzt aktualisiert am 21.07.2023.

Erschbamer, Brigitta; Koch, Eva-Maria (2012): An den Grenzen des Waldes und der menschlichen Siedlung. [s.l.]: innsbruck university press.

Grünwald, Wolfgang (2018): Forstrecht: Wald oder nicht Wald? Hg. v. Landwirtschaftskammer Niederösterreich. St. Pölten. Online verfügbar unter <https://noe.lko.at/forstrecht-wald-oder-nicht-wald+2400+2699124>, zuletzt geprüft am 21.07.2023.

Nicolussi, Kurt; Patzelt, Gernolt (2006): Klimawandel und Veränderungen an der alpinen Waldgrenze - aktuelle Entwicklungen im Vergleich zur Nacheiszeit. In: BFW - Praxisinformation (10), S. 3-5. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/profile/Kurt-Nicolussi/publication/312921148_Klimawandel_und_Veranderungen_an_der_alpinen_Waldgrenze-aktuelle_Entwicklungen_im_Vergleich_zur_Nacheiszeit/links/58905a3192851c9794c673de/Klimawandel-und-Veraenderungen-an-der-alpinen-Waldgrenze-aktuelle-Entwicklungen-im-Vergleich-zur-Nacheiszeit.pdf, zuletzt geprüft am 21.07.2023.

Oberhuber, Walter (2023): Baumwachstum an der alpinen Waldgrenze. LV Baumwachstum und Umwelt. Universität Innsbruck, 2023.

Oberhuber, Walter; Wieser, Gerhard (2020): Auswirkungen des Klimawandels auf das Baumwachstum an der Waldgrenze. Praxistag BFW. Bundesforschungszentrum für Wald, 2020. Online verfügbar unter https://bfw.ac.at/cms_stamm/050/PDF/praxistag2020/BFW_Praxistag2020_oberhuber_waldgrenze.pdf, zuletzt geprüft am 21.07.2023.

Rigling, Andreas; Bebi, Peter; Hagedorn, Frank (2006): Wo Bäume nicht mehr wachsen können: die Waldgrenze. In: Die Alpen (9), S. 52-55. Online verfügbar unter https://www.waldwissen.net/assets/wald/baeume_waldpflanzen/oekologie/wsl_waldgrenze/download/wsl_waldgrenze_originalartikel.pdf, zuletzt geprüft am 21.07.2023.

Auswirkungen des Klimawandels und Verschiebung der Verbreitungsgrenzen von Pflanzen und Pflanzengesellschaften

Nora Rainer

In den letzten 100 Jahren ist die globale Durchschnittstemperatur um 0.6°C angestiegen und die Niederschlagsmuster haben sich aufgrund der Zunahme von Treibhausgasen verändert. Diese beiden klimatischen Änderungen tragen zahlreiche Folgen mit sich. Standortfaktoren werden verändert und die biochemischen Prozesse der pflanzlichen Gemeinschaften werden beeinflusst. Es ist also zu erwarten, dass der Klimawandel Einfluss auf die Verbreitungsgebiete vieler Arten und Gemeinschaften hat und die Grenzen der Biome verändert (Garamvölgyi und Hufnagel, 2013). Wenn Pflanzen gezwungen sind ihren Standort zu wechseln, um geeignete klimatische Faktoren zu finden, führt das zu einer Umverteilung der Arten, was wiederum die Zusammensetzung von Pflanzengemeinschaften verändern kann (Pech et al., 2017).

Es wurde bereits vielerorts eine Verschiebung der Arten nach Norden und in höhere Lagen beobachtet (Garamvölgyi und Hufnagel, 2013), zusätzlich gibt es bereits zahlreiche statistische Modelle, die die Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität der Berge vorherzusehen versuchen, jedoch wird oft nicht berücksichtigt, dass es Ausbreitungs-, Etablierungs- und Aussterbeverzögerungen geben kann (Alexander et al., 2017).

All diese Faktoren wirken sich in einem komplexen Zusammenspiel auf die Verschiebung der Verbreitungsgrenzen von Pflanzen, Pflanzengesellschaften und auf deren Zusammensetzung aus. Deshalb gestalten sich Vorhersagen in diesem Bereich, zwar schwierig, aber nicht unmöglich (Alexander et al., 2017). Diese Verschiebung der Verbreitungsgrenzen von Pflanzen und Pflanzengesellschaften kann auch Auswirkungen auf die Pflanzen selbst haben. Pflanzen spielen eine wichtige Rolle bei der Aufrechterhaltung der ökosystemaren Funktionen wie z.B. die Primär- und Sekundärfunktion, die Mineralisierung, die Bodenbildung, die Filterung und Speicherung von Wasser und vieles mehr.

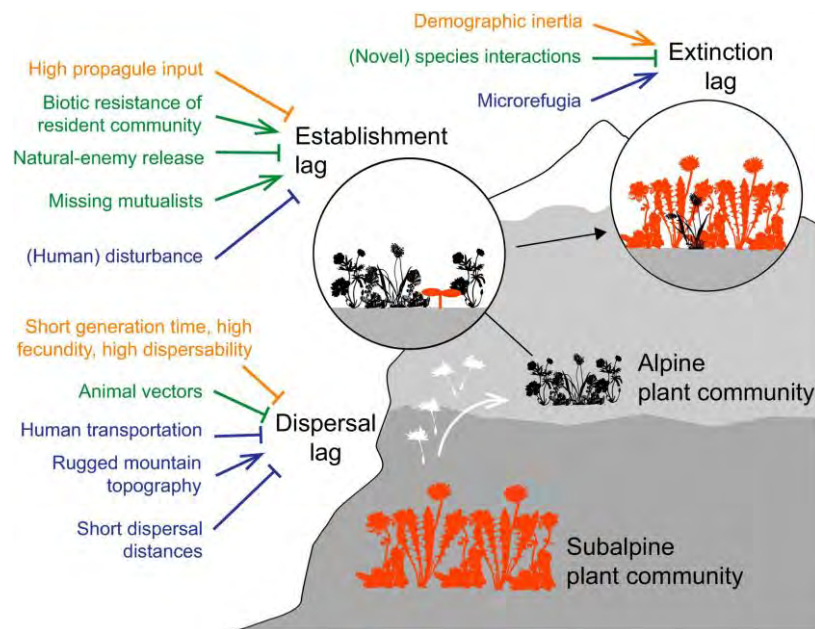


Abbildung 6. Das Ausmaß und die Geschwindigkeit mit dem sich alpinen Pflanzen, als Antwort auf den Klimawandel umverteilen wird durch drei Kräfte beeinflusst und verzögert. Die Faktoren die für Ausbreitungs-, Etablierungs- und Aussterbeverzögerungen sorgen sind hier zusammengefasst. Es gibt Faktoren, die das Ausmaß der Verzögerungen erhöhen (spitze Pfeile) oder verringern (flache Pfeile). Es gibt Faktoren, die im Zusammenhang mit der Physiologie und Demographie der Schwerpunktarten stehen (Orange), welche die in Zusammenhang mit biotischen Interaktionen stehen (Grün) und welche die in Zusammenhang mit der physischen Umgebung stehen (Blau) (Alexander et al., 2017).

Durch die Verschiebung der Verbreitungsgebiete können bestimmte Arten aus einem Gebiet verschwinden, während neue Arten auftauchen. Dies kann wiederum zu Veränderungen in der Produktivität, der Nährstoffkreisläufe und der Stabilität von Ökosystemen führen (Pech et al., 2017). Des Weiteren steigt das Aussterberisiko für gefährdete Arten. Für Arten die Bereits gefährdet sind kann nämlich die Verschiebung ihrer Verbreitungsgebiete ein erhöhten Aussterberisiko darstellen, da sie sich schnell genug an neue klimatische Bedingungen anpassen müssen oder neue geeignete Lebensräume finden müssen (Gómez et al., 2015). Auch biotische Interaktionen wie z.B. die Interaktion von Pflanzen mit Bestäubern, Samenverbreitern oder Herbivoren sind gefährdet. Durch das vorhin genannt Aussterberisiko für gefährdete Arten, kann es zudem natürlich zu einem Verlust der Biodiversität kommen, ein Teil der genetischen Vielfalt sowie ökologischen Funktionen können verloren gehen (Pech et al., 2017 und (Gómez et al., 2015). Das Zusammenrücken von verschiedenen Arten kann auch die Bedingungen kompetitiver machen und zu einem schnelleren lokalen Aussterben führen (Alexander et al., 2017).

Es ist aber wichtig zu beachten, dass die Auswirkungen des Klimawandels und der Verschiebung der Verbreitungsgrenzen von Pflanzenarten je nach Region und Ökosystem variieren können (Bellard et al., 2012). Ein umfassendes Verständnis dieser Auswirkungen ist entscheidend, um angemessene Maßnahmen zum Schutz der Biodiversität und der Ökosysteme zu ergreifen.

Quellen

Garamvölgyi, A. und L. Hufnagel (2013): Impacts of climate change on vegetation distribution NO.1: Climate change induced vegetation shifts in the palearctic region https://unipub.lib.uni-corvinus.hu/1486/1/1101_079122.pdf

Alexander, Jake M., Loïc Chalmandrier, Jonathan Lenoir, Treena I. Burgess, Franz Essl, Sylvia Haider, Christoph Kueffer, Keith McDougall, Ann Milbau, Martin A. Nuñez, Aníbal Pauchard, Wolfgang Rabitsch, Lisa J. Rew, Nathan J. Sanders, Loïc Pellissier (2017): Global Change Biology. Lags in the response of mountain plant communities to climate change <https://doi.org/10.1111/gcb.13976>
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/gcb.13976>

Abbildung 1: Alexander, Jake M., Loïc Chalmandrier, Jonathan Lenoir, Treena I. Burgess, Franz Essl, Sylvia Haider, Christoph Kueffer, Keith McDougall, Ann Milbau, Martin A. Nuñez, Aníbal Pauchard, Wolfgang Rabitsch, Lisa J. Rew, Nathan J. Sanders, Loïc Pellissier (2017): Global Change Biology, Volume: 24, Issue: 2, Pages: 563–579, First published: 07 November 2017, DOI: (10.1111/gcb.13976)

Pecl, Gretta T., Miguel B. Araújo, Johann D. Bell, Julia, Timothy C. Bonebrake, I-Ching Chen, Timothy D. Clark, Robert K. Colwell, Finn Danielsen, Birgitta Evengård, Lorena Falconi, Simon Ferrier, Stewart Frusher, Raquel A. Garcia, Roger B. Griffiths, Alistair J. Hobday, Charlene Janion-Scheepers, Marta A. Jarzyna, Sarah Jennings, Jonathan Lenoir, Hlif I. Linnetved, Victoria Y. Martin, Phillipa C. McCormack, Jan McDonald, Nicola J. Mitchell, Tero Mustonen, John M. Pandolfi, Nathalie Pettorelli, Ekaterina Popova, Sharon A. Robinson, Brett R. Scheffers, Justine D. Shaw, Cascade J. B. Sorte, Jan M. Strugnell, Jennifer M. Sunday, Mao-Ning Tuanmu, Adriana Vergés, Cecilia Villanueva, Thomas Wernberg, Erik Wapstra und Stephen E. Williams (2017): Science. Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being <https://www.science.org/doi/full/10.1126/science.aai9214>

Gómez, José M., Adela González-Megías, Juan Lorite, Mohamed Abdelaziz und Francisco Perfectti (2015): Biodivers Conserv. The silent extinction: climate change and the potential hybridization-mediated extinction of endemic high-mountain plants <https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-015-0909-5>

Bellard, Céline, Cleo Bertelsmeier, Paul Leadley, Wilfried Thuiller und Franck Courchamp (2012): Ecology Letters. Impacts of climate change on the future of biodiversity <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01736.x>
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1461-0248.2011.01736.x>

Menschliche Bedrohungen zu Lebensräumen des Hochgebirges

Friederike Westrich

Menschliche Aktivitäten auf lokaler, regionaler (z.B. Wasserkraftnutzung, Gewässerverbauung, Tourismus, Kunstschneeerzeugung, Landwirtschaft) und globaler Ebene (z.B. Klimawandel, saurer Regen) beeinflussen die Lebensräume im Hochgebirge. Materialisierung von Natur wird immer mehr ein Begriff und die hierarchische Stellung des Menschen über die Natur sowie die Legitimierung der Eingriffe durch persönliche Vorteile bietet kaum noch Lebensräume, die nicht unter dem Einfluss des Menschen stehen. Die Tiroler Umweltschutzbehörde sagt, das Hochgebirge sei ein bisher wenig erschlossenes Gebiet.

Die Arten- und Vegetationstypen werden durch Eingriffe direkt (z.B. durch Tritt) oder durch Veränderungen der Standortbedingungen (z.B. durch Erosion) betroffen. Viele Arten des Hochgebirges reagieren sehr sensibel auf geringste Standortveränderungen und Eingriffe, da bereits durch die rauen Umweltbedingungen die Arten einem enormen Druck unterliegen. Auswirkungen können Veränderungen der Pflanzengesellschaft bis hin zum Verlust von Arten und ganzen Biotopen sein (Tiroler Umweltschutzbehörde, 2015). Folgen der menschlichen Aktivität sind Erosion, verringerter Wasserrückhalt und Verlust von Biodiversität und einer einzigartigen natürlichen Berglandschaft.

Landwirtschaft - Die Kulturlandschaft der alpinen Stufe

Der menschliche Einfluss durch Landwirtschaft auf die Waldverbreitung ist ein Jahrtausende zurückreichender Vorgang. Die Nutzung der Hochweiden erfolgt ungefähr seit dem Beginn der Kupferzeit, vor ca. 6.300 Jahren, was man durch Pollenprofilen und eine größere Anzahl von Pferchanlagen und Schäferhütten festmacht. Seit 6800 Jahren ist Weidewirtschaft im Ötztaler Gebirgsraum – speziell im Gurgltal am Beilstein – nachweisbar und zeigt in der Bronzezeit vor 3500 Jahren eine Ausbreitung bis in Höhen von 2500 m. Davon ist mit den großen, waldfrei gehaltenen Flächen das Landschaftsbild in den Hochlagen heute noch geprägt. Der aktuellen Waldfläche von 130 km² steht eine potentielle von 290 km² gegenüber.

Alpine Weiderasen erfahren eine Verdichtung des Bodens und Verschiebungen von Biomassenanteilen, Veränderung des Deckungsgrades der Bodenvegetation und zu

teilweise massiven Vertrittschäden. Im hydrologischen Sinn wirken sich diese Belastungen durch eine deutliche Erhöhung des Oberflächenabflusses am Ende der Weidesaison aus. Weiterhin beeinflusst die Düngung durch die Tiere die Bodengenese und verändert somit die Vegetation.

Tourismus

Zum Einstieg ein Zitat aus dem 4. Protokoll zur 18. Zukunftswerkstatt von Obergurgl-Hochgurgl: „Obergurgl-Hochgurgl steht für Genuss, Qualität, Ambiente und Convenience Die Marke Obergurgl-Hochgurgl nimmt innerhalb der Markenarchitektur der Destination Ötztal eine klare, eigene Position ein. Obergurgl-Hochgurgl steht für Top Quality Skiing, das seinen Ausdruck findet in Top Quality und Ambiente, Individualität und Convenience.“

„Die Wanderer auf der E5 Alpenüberquerung frequentieren derzeit primär das Ventertal und die dortigen Schutzhütten. Um einen Teil dieser Alpenüberquerungen über Obergurgl zu lenken, ist der Ausbau der Jochübergänge (Langtaler Joch, Gurgler Eisjoch) unabdingbar. Die Wege werden daher hergerichtet und mit den notwendigen Sicherungsmaßnahmen (Drahtseilen etc.) versehen.“

Mit dem Tourismus haben sich die Verhältnisse im Tal von Obergurgl grundsätzlich geändert. Der Tourismus beansprucht zwar deutlich geringere Flächen als die traditionelle Landwirtschaft, doch werden die genutzten Areale durch Baumaßnahmen massiv umgestaltet. Das Gurgler Tal ist ein potenter Wirtschaftsraum geworden, der sich schwer einschränken lässt. Die Anzahl der Übernachtungen in Beherbergungen in Tirol nach Tourismusverbänden im Tourismusjahr 2021/2022 betrug im Ötztal 3,68 Millionen, im Vergleich dazu gab es in Innsbruck 2,7 Millionen.



Abbildung 7. Speichersee im Rotmoostal,
14.07.2023 (© Friederike Westrich).

Der Skitourismus spielt eine große Rolle in Tirol und greift stark in die Landschaft ein. Für die Skipisten werden Flächen planiert, die dann von Erosion und Bodenverdichtung betroffen sind. Zudem haben Chemikalien und Kunst Schnee negative Einflüsse auf die Umwelt. So wird zum Beispiel die Vegetationsperiode durch Kunstschnee verkürzt. Der größte Eingriff ist jedoch der Ausbau der Infrastruktur, wie Liftanlagen, Parkplätze und Hotels. So wird zum Beispiel die Straße, die hoch zum Skigebiet im Kaunertal führt, am Stausee überdacht und somit vor Schneelawinen geschützt. Die Instandhaltung ist sehr aufwendig, da die Straße nicht nur schneefrei gehalten werden muss, sondern durch die Bewegung von Blockgletschern und Hangrutschen muss diese andauernd ausgebessert werden. Für die Pisten wurden Tunnel und Brücken in den Berg gebaut, manchmal werden sogar Felsen gesprengt und Flüsse umgeleitet.

Durch das Planieren wird der Boden so verhärtet, dass er kein Wasser mehr aufsaugen kann. Das bedeutet nicht nur mehr Überschwemmungen. Fließt der Regen den Hang hinunter, nimmt er Erde mit sich. Erosion, Schlamm- und Gerölllawinen sind die Folge. Die Rodung der Wälder verstärkt diesen Effekt und vergrößert darüber hinaus die Lawinengefahr im Winter.

Das Maß der menschlichen Nutzungskultur wird mit dem Begriff der Hemerobie bezeichnet und in folgende Kategorien unterteilt:

- METAHEMEROB – verödet: der menschliche Einfluss ist sehr stark und einseitig, sodass fast alle Lebewesen vernichtet werden. Z.B. Lawinenverbauungen, Liftstationen, Staumauern
- POLYHEMEROB – lebensfeindlich: der menschliche Einfluss ist stark, extreme Konzentrationen von Faktoren treten auf; typisch ist die kurzfristige, aperiodische Entstehung und Vernichtung von Standorten. Z.B. stark begangene Wege vegetationsfrei oder mit extrem selektierter Vegetation, Ställe mit umgebender Ruderalvegetation
- EUHEMEROB – künstlich: der menschliche Einfluss ist anhaltend stark, allerdings ist eine Adaption der Lebewelt auf die künstliche Umwelt möglich, sodass sich „typische“ kulturbedingte Lebensgemeinschaften einstellen. Z.B.: stark begangene Wege mit reicheren Trittrassen, artenarme Intensivweiden, Bergwälder mit

intensiver Nutzung sowie stark veränderter Arten- und Altersklassenzusammensetzung

- MESOHEMEROB – naturbetont: der menschliche Einfluss ist schwächer und weitgehend reversibel; der Störungseinfluss ist periodisch, d.h. für die Lebewelt vorhersehbar, und damit ist eine gute Anpassung möglich. Kultureinfluss ist auch nicht gleichmäßig großflächig, sondern beinhaltet auch „Rückszugsnischen“. Z.B. alle Vegetationstypen mit „mittlerem“ Kultureinfluss auf Teilflächen oder großflächig geringem Kultureinfluss, Trockenmauern, Hecken und Gebüsche in Wiesen, verbrachende Mähder, Weidewälder, Feucht- und Streuwiesen
- OLIGOHEMERO – naturnah: der menschliche Einfluss ist so gering, dass die ursprünglichen Züge der Lebensgemeinschaft noch zutage treten. Beispiele: alpine Rasen und Zwergstrauchheiden mit sehr geringem Weidedruck, Bergwälder mit Schutzwaldcharakter
- AHEMEROB – natürlich: der menschliche Einfluss fehlt vollständig. Alle Vegetationstypen ohne erkennbaren menschlichen Einfluss, z.B. alpine Rasen und Zwergstrauchheiden, Schneeböden, Felsspaltenvegetation.

Quellen

Biosphärenpark Ötztal (2008). Endbericht MaB Biosphärenpark Ötztal Phase 2. Integrative Forschung im Ötztal – footprints. Aufgerufen am 01.07.2023. https://www.uibk.ac.at/afo/publikationen/pdf/footprints_endbericht_phase_ii-vs2_red.pdf

Haimayer, P. (2013). Obergurgl-Hochgurgl – Protokoll zur 18. Zukunftswerkstatt 24. und 25. September 2013 in Kronburg bei Zams. Aufgerufen am 01.07.2023. https://monami.hs-mittweida.de/frontdoor/deliver/index/docId/5119/file/G_Anlage_4_Protokoll_zur_18._Zukunftswerkstatt_von_Obergurgl_61474_Hochgurgl_.pdf

Koch, E.; Erschbamer, B. (2010). Glaziale und periglaziale Lebensräume im Raum Obergurgl. innsbruck university press. Aufgerufen am 01.07.2023. <https://diglib.uibk.ac.at/ulbtirola/content/titleinfo/218124/full.pdf>

Klebinder, K., Kohl, B., Markart, G., Meißl, G., & Sotier, B. (2014). Hochwasserabfluss in alpinen Einzugsgebieten-hydrologische Standortsfaktoren und deren Bewertung. In Umweltökologisches Symposium. Raumberg-Gumpenstein, Lehr-und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein.

Patzelt, G. (1996). Modellstudie Ötztal – Landschaftsgeschichte im Hochgebirgsraum. Mitt.d.Österr.Geogr.Ges. 138. Jg.: 53-70

Tiroler Umweltanwaltschaft (2015). Eingriffe im Hochgebirge Position der Tiroler Umweltanwaltschaft. Aufgerufen am 01.07.2023. https://www.tiroler-umweltanwaltschaft.gv.at/fileadmin/userdaten/dokumente/Naturschutz/positionen-der-umweltanwaltschaft/Hochgebirge_2500_m/Positionspapier_2500m_29_12_2015.pdf

WWF Deutschland (2023). Aufgerufen am 01.07.2023. <https://www.wwf.de/aktiv-werden/tipps-fuer-den-alltag/umweltvertraeglich-reisen/skifahren-wintersport-mit-folgen>

Die Geschichte im Ötztal und in den Zentralalpen

Moritz Stegner

20000 v. Chr. - Die letzte Hoch-Eiszeit: Vor etwa 20.000 Jahren bedeckten mächtige Gletscher das Ötztal und die Zentralalpen. Das Klima war extrem kalt, und die Landschaft war von Eis geprägt. Die Menschen konnten in dieser Zeit nicht in dieser Region leben, da das Klima und die Bedingungen zu unwirtlich waren.

8000 v. Chr. - Ende der letzten Eiszeit: Mit dem Ende der letzten Eiszeit begannen die massiven Gletscher im Ötztal schnell abzuschmelzen. Dies führte zu dramatischen Veränderungen in der Landschaft und schuf neue Lebensräume für Menschen und Tiere. Das Ötztal wurde allmählich eisfrei, und die ersten Spuren menschlicher Besiedelung wurden sichtbar.

7500 v. Chr. - Erste Besiedelung: Etwa 7.500 v. Chr. gibt es die ersten Nachweise für eine Besiedelung im Raum Obergurgl/Beilstein und nahe Vent (Abb. 8). Jägerlager wurden im Sommer genutzt, und es wurden Werkzeuge und Artefakte gefunden, die auf die Anwesenheit von Menschen hinweisen.

5000 v. Chr. - Ackerbau und Viehzucht: Um 5000 v. Chr. begann der Ackerbau und die Viehzucht im Alpenraum aufzukommen. Die Menschen begannen, das Land zu kultivieren und domestizierte Tiere zu halten. Diese Entwicklung führte zu einer veränderten Lebensweise und einer intensiveren Nutzung der Ressourcen im Ötztal.

4500 v. Chr. - Brandrodung: Es wurden durch Befunde aus Pollenprofilen Nachweise von Brandrodung und Weidewirtschaft auf der Gurgler Alm/Obergurgl gefunden. Dies zeigt den Einfluss des Menschen auf die potentielle Waldgrenze.

3300 v. Chr. - Ötzi stirbt am Tisenjoch: Einer der bekanntesten und faszinierendsten Funde der Menschheitsgeschichte ist Ötzi, der Mann aus dem Eis. Im Jahr 1991 wurde er am Tisenjoch im Ötztal entdeckt. Ötzi lebte vor etwa 5.300 Jahren und starb gewaltsam an seinen Verletzungen. Seine gut erhaltene Mumie und die damit verbundenen Funde haben uns wichtige Einblicke in das Leben und die Kultur dieser Zeit gegeben. Nennenswert ist hier außerdem, dass ein Botaniker aus Innsbruck, Klaus Öggel, bei der Magenanalyse dabei war und Pollenreste untersuchte (Abb. 9).

2000 v. Chr. - verstärkter Zuzug und Nutzungsintensivierung: Ab etwa 2000 v. Chr. erfolgte ein verstärkter Zuzug von Menschen in die Region, was zu einer intensiveren Nutzung der Ressourcen und einer verstärkten Besiedelung der Täler führte.

800 bis 500 v. Chr. - Nutzungsrückgang der Hochlagen durch Klima und verstreutes Siedeln rätischer Gruppen: Um 800 v. Chr. führten klimatische Veränderungen zu einem Nutzungsrückgang der Hochlagen im Ötztal. Die Menschen konzentrierten sich vermehrt auf die tieferen Lagen und passten sich den veränderten Bedingungen an. Außerdem besiedelte der erste bekanntere Volksstamm, die Räter, das Inntal und drang auch vereinzelt ins vordere Ötztal vor.

200 n. Chr. - Römerzeit: In der Römerzeit, ab dem 2. Jahrhundert n. Chr., drangen die Römer in die Alpenregion vor und hinterließen ihre Spuren. Die Römerstraße Via Claudia Augusta, die durch das Ötztal führte, war eine wichtige Handelsroute. Römische Siedlungen, Straßen und Brücken zeugen von ihrer Präsenz in der Region.

600 n. Chr. - Vordringen germanischer Stämme: Um 600 n. Chr. drangen germanische Stämme in die Alpenregion vor und beeinflussten die Bevölkerung und die Kultur im Ötztal.

1100 n. Chr. -Gründung von Schweighöfe: Im 12. Jahrhundert, wo auch Sölden und Ötz das erste Mal urkundlich erwähnt wurden, gründeten die jeweiligen Landesfürsten Schweighöfe (sweige = Sennerei), in denen ausschließlich Viehwirtschaft betrieben wurden. Jedoch 200 Jahre später sind viele dieser Schweighöfe aufgelassen worden und zu Almhütten umgewandelt worden.

1400 n. Chr. - Ende der menschlichen Besiedelung: Im 15. Jahrhundert war die menschliche Besiedelung der Täler im Ötztal weitgehend abgeschlossen.

Ca 1850 n. Chr. - Beginn des Alpinismus im Hochgebirge: Daran nicht unwesentlich der „Gletscherpfarrer“ Franz Senn, Mitbegründer des Deutschen Alpenvereins und Namensgeber der Franz Senn Hütte.

1900 n. Chr. - Skitourismus: Um 1910 wurden die ersten Skiclubs in einzelnen Ortschaften gegründet und ab 1920 wurde der Skisport intensiviert. Bis heute sind Skiorte wie z.B. Sölden weltweit als Hochburgen des Skitourismus bekannt (Abb. 10).



Abbildung 8. Beilstein

(<https://www.naturpark-oetztal.at/besuchen/hot-spots-kultur/am-beilstein/>)



Abbildung 9. Entdeckung Ötzis im Jahre 1991 (<https://www.nationalgeographic.de/geschichte-und-kultur/2019/11/forscher-rekonstruieren-oetzi-fieberhaften-letzten-aufstieg>)



Abbildung 10. Beginn des Skitourismus im Ötztal

(<https://www.snowsociety.com/de/land-und-leute/geschichte-oetztal-historisch>)

Quellen:

<https://www.naturpark-oetztal.at/wissen/der-mensch/die-besiedlungsgeschichte/>

<https://www.snowsociety.com/de/land-und-leute/geschichte-oetztal-historisch>

<https://www.umhausen.com/de/sommer/orte/geschichte.html>

<https://www.vent.at/de/sommer/bergsteigerdorf-vent/geschichte.html>

Subalpine Wiesen und Weiden

Felix Wetzel

Borstgrasrasen

Borstgrasrasen entsprechen dem Verband *Nardion strictae* Braun-Blanquet 1926, der syntaxonomisch entweder der Klasse *Caricetea curvulae* Braun-Blanquet 1949, 1969 oder der Ordnung *Nardetalia*, Klasse *Nardo-Callunetea* Preising 1949; Oberdorfer 1959 zugeordnet wird (Peppler-Lisbach & Petersen 2000). In den Alpen und damit auch im Gebiet Obergurgl ist die Assoziation *Sieversio montanae*-*Nardetum strictae* Lüdi 1948 typisch (Mayer et al. 2012). Namensgebend für die Borstgrasrasen ist *Nardus stricta*, dessen Verbreitung im Alpenraum aufgrund dessen Tritt- und Verbissresistenz v. a. auf Almen anthropogen gefördert ist (Reisigl & Keller 1994).

Borstgrasrasen sind durch Beweidung oder Mahd entstanden und ersetzen hochmontane bis subalpine Wälder und Zwergstrauchgesellschaften auf kalkarmen, frischen-feuchten Braunerde- oder Podsol-Böden mit einem pH von 3,8-5,5 (Peppler-Lisbach & Petersen 2000).

Assoziationskennarten aus dem Verband *Nardion strictae* sind u. a.: *Campanula barbata*, *Plantago alpina*, *Gentiana acaulis* und *Gentiana punctata*, im Gebiet Obergurgl sind

außerdem *Ajuga pyramidalis* und *Pseudorchis albida* relevant (Peppler-Lisbach & Petersen 2000; Mayer et al. 2012). Gegenüber den Goldhaferwiesen ist die Assoziation z. B. durch *Carex sempervirens*, *Nardus stricta*, *Lotus corniculatus* und *Luzula multiflora* differenziert (Mayer et al. 2012).

Im Gebiet Obergurgl können drei Ausprägungen oder Subassoziationen nach Mayer et al. (2012) unterschieden werden: auf nährstoff- und basenarmen, hochgelegenen Standorten über 2000 m kommt eine zwergstrauchreiche Ausprägung (*vaccinietosum* Hartl 1963) mit *Vaccinium vitis-idaea*, *Calluna vulgaris*, *Potentilla erecta* und *Vaccinium gaultherioides* vor.

Die am weitesten im Gebiet Obergurgl verbreitete Ausprägung (*typicum* Braun-Blanquet 1949) wird i. d. R. beweidet, hat den höchsten Kräuteranteil und ist auf mäßig stickstoff- und basenreichen, steilen Standorten zu finden. Ihre Differentialarten sind *Hieracium pilosella*, *Veronica officinalis*, *Thymus pulegioides* und *Potentilla grandiflora*, *Nardus stricta* erreicht hier oft hohe Deckungen.

Zu den Bergwiesen und auch Milchkrautweiden vermittelt eine nährstoffreiche Ausprägung mit diversen *Trifolium*-Arten (*trifolietosum pratensis* Braun-Blanquet 1949), die keine eigenen Differentialarten aufweist. Sie ist artenärmer mit kaum Zwergsträuchern, da sie mit Mist oder Mineraldünger gedüngt sowie oft gemäht und nachbeweidet wird (Mayer et al. 2012).

Generell sind brachliegende, nährstoffreiche Borstgrasrasen hochwüchsiger und blütenreicher, basenarme reicher an Zwergsträuchern (Peppler-Lisbach & Petersen 2000). Als Indikatorart, die bei Düngung und Brache zurückgeht, kann *Antennaria dioica* genannt werden, für Stickstoffdüngung *Vaccinium vitis-idaea*, da sie nitrophob ist (Schwabe 1990).



Abbildung 11. Borstgrasrasen der Assoziation *Sieversio montanae*-*Nardetum strictae* Lüdi 1948, (© Patrice Prunier 2015)

(<https://imgproxy.infoflora.ch/yNX6QPPN60PA7jVFnQFGpA/rs:fill:200:150:1/g:sm/aHR0cHM6Ly93d3cuaW5mb2Zsb3JhLmNoL2RlLy9hc3NldHMvZGJfZG9jL3BoeXRvc3Vpc3NlLzlwMjMvMDIvMDkvMjQ0LmpwZw.jpg>)

Goldhaferwiesen

Goldhaferwiesen sind die Berg-Fettwiesen der montanen bis subalpinen Stufe aus dem Verband *Polygono-Trisetion* Braun-Blanquet et R. Tüxen ex Marschall 1947 nom. inv., Ordnung *Arrhenatheretalia* R. Tüxen 1931, der seinen Schwerpunkt in den Alpen hat (Dierschke 1997). Im Gebiet Obergurgl ist die Assoziation *Trisetetum flavescens* Rübel 1911 auf mäßig sauren, mittel-tiefgründigen Silikatböden mit geringerer Hangneigung als Borstgrasrasen zu finden, wo sie natürliche Waldgesellschaften ersetzt (Ellmauer 1995).

Goldhaferwiesen werden traditionell ein- bis zweimal pro Jahr gemäht, mit Stallmist oder Gülle gedüngt und oft auch im Herbst nachbeweidet (Ellmauer 1995). Der namensgebende Goldhafer (*Trisetum flavescens*) ist im Gebiet Obergurgl allerdings nur mit geringer Stetigkeit in den *Trisetetum flavescens*-Wiesen zu finden (Mayer et al. 2012). Von den Glatthaferwiesen der tieferen Lagen (*Arrhenatherion elatioris* Koch 1926) unterscheiden sich die Goldhaferwiesen durch Magerkeitszeiger bzw. Gebirgstaxa wie verschiedene *Alchemilla*-Arten, *Hypericum maculatum*, *Potentilla erecta* und auch *Anemone nemorosa* (Dierschke 1997). Als Assoziationsdifferentialarten sind nach Ellmauer (1995) *Trifolium pratense* ssp. *nivale*, *Myosotis alpestris*, *Peucedanum osthrotium*, *Rhinanthus glacialis*, *Phyteuma betonicifolium* und *Luzula alpinopilosa* zu nennen.

Für das Gebiet Obergurgl wurden zwei von Mayer et al. (2012) als Subassoziationen bezeichnete Ausprägungen gefunden: Die Ausprägung *nardetosum* enthält viele Arten des *Sieversio montanae*-*Nardetum strictae* Lüdi 1948 und ist durch *Geranium sylvaticum*, *Crepis aurea* und *Poa alpina* differenziert. Sie ist auf feuchten, nährstoff- und basenreicheren Standorten zu finden, die überwiegend einschürig gemäht und v. a. mit Mist gedüngt werden (Mayer et al. 2012).

Als *typicum* wird hingegen eine artenärmere Ausprägung auf basenreichen Standorten mit geringer Hangneigung benannt, die vorwiegend zweischürig gemäht und gedüngt sowie oft auch nachbeweidet wird (Mayer et al. 2012). Gegenüber dem *nardetosum* unterscheidet sie sich durch das Vorkommen von vielen nährstoffliebenden Arten *Phleum pratense*, *Taraxacum* sect. *Taraxacum*, *Poa trivialis*, *Trifolium repens*, *Poa pratensis* und *Carum carvi* (Mayer et al. 2012).

Die Artenvielfalt der Goldhaferwiesen nimmt mit zunehmender Höhe und abnehmender Intensität der Bewirtschaftung zu (Mayer et al. 2012).



Abbildung 12. Goldhaferwiese der Ausprägung *Trisetetum flavescens* Rübel 1911 *typicum* (Mayer et al. 2012: 29).

Milchkrautweiden

Milchkrautweiden werden die Weiden der vorwiegend subalpinen Stufe mit *Crepis aurea* und *Leontodon hispidus* genannt, welche von Stebler & Schröter (1892) aufgrund des Milchsafts dieser Cichoroideae als „Milchkraut“ bezeichnet wurden (Ellmauer 1995). Sie werden den Assoziationen *Crepido-Cynosuretum* Knapp ex Dietl 1972, die nach Dierschke (1997) nur eine Höhenform ist, und *Crepido aureae-Festucetum commutatae*

Lüdi 1948 zugeordnet (Ellmauer 1995). Beide gehören dem Verband Poion alpinae Oberdorfer 1950 an, der standörtlich vielfältig und relativ artenreich ist, da er Arten alpiner Rasen, von Fettwiesen und Zwergstrauchheiden enthält (Dierschke 1997). Als produktive Weideflächen mit hohem Futterwert sind sie für die Almwirtschaft im Alpenraum von großer Bedeutung (Dierschke 1997).

Die Weiden der Assoziation Crepido-Cynosuretum Knapp ex Dietl 1972 kommen auf tiefgründigen, frischen, mäßig nährstoffreichen, oft kalkreichen Böden der montanen bis subalpinen Stufe als Ersatzgesellschaft für Wälder, Gebüsche, Hochstaudenfluren vor (Ellmauer 1995; Dierschke 1997). Sie sind krautreich, aber die krautigen Pflanzen sind oft abgefressen, so dass nur an sog. eutrophierten Geilstellen Pflanzen hochwüchsig werden (Ellmauer 1995). Vom Crepido-Festucetum sind sie durch die Tieflagenarten *Cynosurus cristatus*, *Carum carvi*, *Briza media*, *Carex panicea*, *Linum catharticum* und *Plantago media* differenziert (Ellmauer 1995).

Typische Milchkrautweiden der Assoziation Crepido-Festucetum commutatae Lüdi 1948 sind auf frischen oder feuchten, leicht sauren bis neutralen Braunerden mit guter Nährstoffversorgung in der subalpinen bis alpinen Stufe zu finden (Ellmauer 1995). Häufige Standorte sind Mulden oder das Umfeld von Almhütten und Wegen, wo sie indirekt durch Viehkot und Abwässer gedüngt werden (Dierschke 1997). Strukturell bestehen sie aus niedrigwüchsigen Hemikryptophyten, mit häufig vielen Leguminosen und eher kleineren Gräsern wie *Agrostis capillaris*, *Anthoxanthum odoratum*, *Festuca rubra* oder *Nardus stricta* (Dierschke 1997). Als Assoziations-Differentialarten nennt Ellmauer (1995): *Viola biflora*, *Vaccinium myrtillus* und *Juniperus communis* ssp. *nana*. Dierschke (1997) beschreibt außerdem eine Höhenform, die durch *Mutellina adonidifolia*, *Bellidiastrum michelii*, *Selaginella selaginoides*, *Trifolium thalii* und *Veronica alpina* gekennzeichnet ist.

Werden Milchkrautweiden überbeweidet, können sie in Trittrasen übergehen, Überdüngung führt hingegen zu Lägerfluren mit *Rumex alpinus* und Brachfallen zu Gräserdominanz und später Aufkommen von Sträuchern (Dierschke 1997).



Abbildung 13. Milchkrautweide der Assoziation *Crepido-Festucetum commutatae* Lüdi 1948.
(© Walter Dietl 2023)

(https://www.eagff.ch/files/_processed_/f/3/csm_Milchkraut-Weide_Di262_41f7918fb7.jpg)

Quellen

Dierschke, Hartmut (1997): Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands, Heft 3, Molinio-Arrhenatheretea (E 1) – Kulturgrasland und verwandte Vegetationstypen – Teil 1 Arrhenatheretalia Wiesen und Weiden frischer Standorte, Göttingen: Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft und Reinhold-Tüxen-Gesellschaft.

Ellmayer, Thomas (1995): Nachweis und Variabilität einiger Wiesen und Weidegesellschaften in Österreich. Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft Österreich 132: 13-60.

Mayer, Roland; Nagl, Fabian; Erschbarmer, Brigitta (2012): Kapitel 1 Subalpine Wiesen und Weiden – die Kulturlandschaft der subalpinen Stufe. Aus: Koch, Eva-Maria & Erschbarmer, Brigitta (2012): An den Grenzen des Waldes und der menschlichen Siedlung, Publikationen Alpine Forschungsstelle Obergurgl, Innsbruck university press, Innsbruck: 11-37.

Peppeler-Lisbach, Cord & Petersen, Jörg (2000): Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands, Heft 8, Calluno-Ulicetea (G 3) – Teil 1: Nardetalia strictae Borstgrasrasen, Göttingen: Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft und Reinhold-Tüxen-Gesellschaft.

Reisigl, Herbert & Keller, Richard (1994): Alpenpflanzen im Lebensraum: alpine Rasen, Schutt- und Felsvegetation – vegetationsökologische Informationen für Studien, Exkursionen und Wanderungen. Stuttgart: Fischer, 2. Aufl., 148 S.

Schwabe, Angelika (1990): Veränderungen in montanen Borstgrasrasen durch Düngung und Brachlegung: *Antennaria dioica* und *Vaccinium vitis-idaea* als Indikatoren. Göttingen: Tuexenia 10 295-310.

Stebler, Friedrich-Gottlieb & Schröter, Carl (1892): Die besten Futterpflanzen. Bern: Wyss, 12. Aufl., 32 S.

Wuchsformen und Strategietypen alpiner und subalpiner Pflanzen

Tom Fischbach

Der alpine Lebensraum ist gekennzeichnet durch seine hohe Heterogenität. Die topografische und geologische Vielfalt prägen die Flora genauso wie das mikroklimatische Mosaik, was zu unterschiedlichsten Kleinstlebensräumen führt. Außerdem ist es ein einigermaßen extremer Lebensraum, charakterisiert durch ganzjährig niedrige Temperaturen, eine starke Exposition zur Sonneneinstrahlung und Wind und oftmals langanhaltende Schneebedeckung. Dieses ganze Zusammenspiel beeinflusst natürlich die phänologischen und morphologischen Eigenschaften der alpinen Flora und führte zu unterschiedlichsten Strategietypen und Wuchsformen.

Die klassischen CSR-Strategietypen-Einteilung nach Grime (1997) betreffend, findet man im alpinen Lebensraum überwiegend S- und R-Strategen. S-Strategen, welche unter schwierigsten Standortbedingungen wachsen können, findet man in den zahlreichen Extremst-Lebensräumen im alpinen Terrain, wie z.B. Geröllfluren oder Felswände. Wichtig ist das Überleben des Individuums, weshalb solche Taxa oftmals sehr langlebig sind. Jedoch sind sie konkurrenzschwach, was aber durch ihre sehr spezifische und i.d.R. konkurrenzfreie Standortwahl kompensiert wird. Im Gegensatz dazu die R-Strategen. Diese Pflanzen nutzen die kurze Vegetationsperiode im Gebirge, um schnell in Reproduktions- und Regenerationsorgane zu investieren. Ihr Lebenszyklus ist oftmals sehr kurz und beschränkt sich nur auf einige wenige Monate bis Jahre. In milderen Habitaten sind aber auch C-Strategen, die sich v.a. auf ihre Konkurrenzstärke und Dominanz in der Ressourcenverteilung verlassen, zu finden. Zwergstrauchheiden sind dabei von besonderer Bedeutung, da sie oftmals flächendeckende Cluster bilden und dadurch ihr eigens Mikroklima bilden, indem diese Wärme und Wasser speichern. Hier finden verschiedene andere Arten Schutz. Auch in der mildereren, subalpinen Stufe (also knapp unter der Baumgrenze) sind vermehrt C-Strategen vorzufinden.

Oftmals korrelieren die verschiedenen Strategietypen auch mit spezifischen Wuchsformen, wie z.B. Polsterpflanzen, die typische S-Strategen darstellen. Nun also die wichtigsten Wuchsformen im (sub-) alpinen Lebensraum. Wichtige, bereits genannte Vertreter sind Zwergsträucher. Diese holzigen, mehrstämmigen Arten charakterisieren

sich durch ihr niedriges Wachstum, welches im subalpinen Gelände bis zu 1m messen kann, mit zunehmender Höhe aber immer niedriger wird, bis im hochalpinen Bereich nur mehr spalterartig-wachsende Morphologien auftreten. Wie bereits erwähnt, formen sie clusterartige Bestände und beeinflussen dadurch maßgeblich ihre umgebendes Mikroklima und das floristische und faunistische Zusammenleben. Eine weitere, sehr wichtige Wuchsform sind Grasartige. Im alpinen Terrain sind sie v.a. in Form von Horsten zu finden, jedoch gibt es auch einige rasenbildende Arten. Sie sind daher so wichtig, da sie bzgl. Biomasseverteilung und jährliche Produktivität die vorreitende Wuchsform im alpinen Lebensraum darstellen. Weiters sind noch die kleinen, rosettenförmigen Krautpflanzen zu nennen. Wie es der Name schon sagt, handelt es sich dabei um eher kleinere Pflanzen mit einer basalen Blattrosette. Geschützt vor der hohen Wind- und Schneebelastung liegen diese Blätter nah am Boden, wohingegen der Blütenstoss aufrecht und meist ohne Blätter nach oben wächst (Körner C., 2021; Alpine plant life: Functional plant ecology of high mountain ecosystems. Springer International Publishing AG).



(Links) **Abbildung 14.** Typischer Habitus einer Polsterpflanze an Felsstandort (© Tom Fischbach)
 (Rechts) **Abbildung 15.** Zusammenleben verschiedener Wuchsformen: (a) kleine, rosettenförmige Krautpflanze; (b) Horst-bildendes Gras; (c) spalterartiger Zwergstrauch (© Tom Fischbach).

Ähnlich dazu die hohen, mehrjährigen Pflanzen, welche v.a. in nährstoffreicheren und lokal geschützten Habitaten zu finden sind. Auch hier befindet sich der Großteil der

Blätter in Bodennähe, Blütenprosse aber in die Höhe wachsend. Auch schon genannt wurden Polsterpflanzen. Durch ihr kuppelförmiges Wachstum sind sie perfekt angepasst an extreme Standorte (schlecht entwickelte Böden, sehr kalte oder trockene Bedingungen). Ihr Polster speichert nämlich Wärme und Wasser – und damit auch Nährstoffe und Mikroben, die ihnen oftmals als private Kompostierer dienen. Die hohe Anpassung fordert aber auch ihren Tribut in Form von schwacher Konkurrenzfähigkeit und langsamen Wachstums. Eine weitere Wuchsform ist Sukkulenz, die im alpinen Lebensraum ebenfalls häufig anzutreffen ist. Weniger häufig sind dann bspw. Einjährige und Geophyten, die in subalpinen und unteren Lagen vermehrt auftreten. Auch Moose und Farne sollten genannt werden, da sie im alpinen Raum von großer Bedeutung sind und an bestimmten Habitaten lokal stark dominieren können, z.B. in Schneetälchen und Quellfluren oder in Geröllrinnen. Die am weitesten verbreitete Wuchsform stellen aber die Flechten dar. V.a. Krustenflechten, die durch ihre starke Anpassung unter extremsten Bedingungen wachsen können, kommen im alpinen Terrain sehr häufig vor.

Subalpine Waldgesellschaften: Lärchen-Zirben-Wald

Daniel Baumgartner

Die subalpine Stufe erstreckt sich in den Alpen zwischen ca. 1600 - 2300 m Seehöhe und ist nach oben hin durch die Rasen und Zwergstrauchheiden der alpinen Stufe begrenzt. An ihrer unteren Grenze geht sie in die Fichten-(Buchen-)Wälder der montanen Stufe über. Innerhalb der Alpen variiert ihre tatsächliche Lage, entsprechend des Massenerhebungseffekts von Gebirgen zwischen den Rand- und den Zentralalpen: Während die subalpine Stufe in den Randalpen auf ca. 1600 - 1800 m Seehöhe anzutreffen ist, liegt sie in den Zentralalpen um etwa 300-500 m höher, auf 1900 - 2300 m Seehöhe. Aufgrund abweichender klimatischer Bedingungen unterscheiden sich auch die Pflanzengesellschaften der subalpinen Stufe zwischen den Rand- und den Zentralalpen: Während erstere von Fichtenwäldern sowie weiter oben von Legföhren- und Grünerlengebüschen dominiert werden, sind es in den Zentralalpen Lärchen und Zirbenwälder welche die subalpine Stufe charakterisieren (Fischer et al. 2008).



Abbildung 16. Subalpiner Zirbenwald im Nationalpark Hohe Tauern.
(© Nationalpark Hohe Tauern)

Lärchen-Zirben-Wald

Die Lärche (*Larix decidua*) sowie die Zirbe (*Pinus cembra*) sind beide weit besser an die extremeren Bedingungen des Waldgrenz-Ökotoons in den Zentralalpen angepasst als die Fichte (*Picea abies*) und lösen diese damit in der subalpinen Stufe als dominante Baumarten ab, wo sie die lichten Wälder des *Larici-Pinetum cembrae* bilden. Als Charakterart dieser Assoziation gilt hierbei die Zirbe, die in langfristig (>100 Jahre) ungestörten Gebieten zum Teil Reinbestände bildet, während die Lärche als Pionierbaumart für ihr Vorkommen auf regelmäßige Störungsereignisse (Rodungen, Waldbrände, Lawinen, etc.) angewiesen ist. In diesem Zusammenhang ist auch auf die jahrtausendelange Nutzung von subalpinen Waldgesellschaften durch den Mensch hinzuweisen, welche in weiten Teilen der Alpen die Bestände bis heute prägt. Insbesondere (z.T. bereits bronzezeitliche) Brandrodungen zur Gewinnung Weideflächen aber auch die Entnahme von Bau- und Brennholz dürften dabei einerseits die Baumgrenze nach unten verschoben haben, und könnten andererseits durch den Störungseinfluss die Lärche relativ zur Zirbe gefördert haben (Mayer & Erschbaumer 2012). Dieser Einfluss vergangener Nutzungsregime (insbesondere Beweidung) ist auch heute noch in Lärchen-Zirben-Wäldern in Form einer ausgeprägten (Zwerg-)Strauchschicht mit z.B. *Rhododendron ferrugineum*, *Calluna vulgaris*, *Empetrum hermaphroditum* und *Vaccinium* sp. erkennbar, welche ansonsten die Waldränder charakterisieren.



Abbildung 17. Zirbenwald mit Unterwuchs in Obergurgl - Vegetationsaufnahmen (© Friederike Westrich).

Der Unterwuchs natürlicher und voll entwickelter Lärchen-Zirben-Wälder gestaltet sich dagegen relativ artenarm, mit *Calamagrostis villosa* und *Avenella flexuosa* als dominante Grasarten und *Lonicera caerulea* und *Rhododendron ferrugineum* als häufige Straucharten. Außerdem häufig vertreten sind beispielsweise *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium gaultherioides*, *Oxalis acetosella* und *Luzula luzuloides*.

Quellen

Fischer, M.A., Oswald, K. & Adler, W. (2008): Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol. 3. Auflage. Biologiezentrum der Oberösterreichischen Landesmuseen, Linz, 1394 S.

Roland Mayer, Brigitta Erschbamer (2012): Kapitel 4: Lärchen-Zirbenwälder und Zwergstrauch-heiden. Aus: Koch, Eva-Maria & Erschbamer, Brigitta (2012): An den Grenzen des Waldes und der menschlichen Siedlung, Publikationen Alpine Forschungsstelle Obergurgl, innsbruck university press, Innsbruck: 11-37.

Quellfluren in der subalpinen und alpinen Stufe

Klara Huber

Die Pflanzengemeinschaften im Bereich von Quellen sind geprägt durch das Quellwasser. Das kontinuierlich kalte, sauerstoffreiche und saubere Wasser führt zu sehr gleichmäßigen Standortbedingungen und zeichnet sich auch während des Sommers durch niedrige und im Jahresverlauf nur geringfügig schwankende Temperaturen aus. In geeigneten Lagen können solche Quellzonen während des Winters schneefrei bleiben, oder sind nur mit einer dünnen Eiskruste versehen. Die niedrigen Temperaturen sind der limitierende Faktor für die Vegetationsverteilung und die Produktivität. Durch ihre kleine Fläche wird infolge der höheren Sommertemperaturen die Evaporation verstärkt, wodurch die Quellbach-begleitenden, ständig wassergesättigten Uferzonen schmaler entwickelt sind.

Das Artengefüge der Quellfluren setzt sich entsprechend des Kalkgehaltes des Wassers und der Art des Quellaustritts zusammen, wobei Moose und Kleinseggen eine wichtige Rolle spielen. Deutlich lassen sich die Silicatquellfluren (Cardamino-Montion) von den Kalkquellfluren (Cratoneurion commutati) unterscheiden. Bei kalkhaltigen Quellwässern kommt es aufgrund der Kohlendioxidassimilation der Pflanzen zur Kalktuffbildung (Tuff). Der ständig überrieselte Gesteins- oder Rohboden wird im unmittelbaren Quellbereich von Algen und Moosen dominiert. Durch die gelbgrüne Farbe der beherrschenden Moospolster entsteht ein deutlicher Kontrast zu den Rasen- und Zwergstrauchgesellschaften. Bryophyten herrschen vor, während Hemikryptophyten eine schütterere Feldschicht aufbauen, da die tiefen Wassertemperaturen die Aktivität der Phanerogamenwurzeln merklich einschränken. Auch die Moose sind auf unterschiedlichen Temperaturschwellenwerte eingenischt.

Pflanzengesellschaft von Quellfluren über Silikat

Bryophyta: *Brachythecium rivulare*, *Bryum pseudotriquetrum*, *B. weigelii*, *B. schleicheri*, *Cratoneuron cummulatum*, *Diranella palustris*, *Nardia compressa*, *Philonotis fontana*, *P. seriata*, *Pohlia wahlenbergii*, *Scapania irrigua*, *S. uliginosa*, *S. undulata*

Phanerogamen: *Arabis subcoriacea*, *Cardamine amara*, *Carex frigida*, *Chrysosplenium* sp., *Deschampsia cespitosa*, *Epilobium alsinifolium*, *Epilobium nutans*, *Pinguicula* sp., *Saxifraga aizoides*, *Saxifraga stellaris*, *Stellaria alsine*

Flechten: *Bacidina egenula*, *Henrica melaspora*, *Hydropunctaria scabra*, *Leptogium rivale*, *Scoliciosporum compactum*, *Thelidium pertusatii*, *Verrucaria csernaensis*

Tiere: Im rascher fließenden Bereich dominieren die Harpacticoida, in langsam fließenden Abschnitten gesellen sich zu diesen Würmer (Nematoda, Oligochaeta) wie der Alpenstrudelwurm *Crenobia alpina*, Moostierchen und Ostracoda dazu.

Nutzung

In alpinen Lagen ist die Vegetation zwar stresstolerant, aber störungsanfällig. Die Regeneration von Pflanzen und die Substitution von Lebensräumen nach eingetretenen Störungen vollzieht sich naturgemäß unter den extremen Klimabedingungen gegenüber gemäßigten Regionen mit beträchtlicher Verzögerung. Quellen und kleineren Bachläufe sind mitverantwortlich für das Mikrorelief von Gebieten und verschwinden im Zuge von Flurbereinigung, Quelfassung/Trockenlegung, Weidenutzung und die dadurch auftretenden Bodendegradierung sowie durch Straßenbau und Skitourismus in alpinen Lagen. Das geringe Wiederherstellungspotential durch die langsame Entwicklung der Vegetationsdecken stellt zusammen mit dem Klimawandel eine große Gefahr für diesen kleinen Lebensraum dar.

Quellen

Glaziale und periglaziale Lebensräume im Raum Obergurgl, Eva-Maria Koch, Brigitta Erschbamer (Hg.); Pflanzenwelt Nationalpark Hohe Tauern – Helmut Hartl/Thomas Peer; Österreichischer Moorschutzkatalog – Gert Michael Steiner 1992; Berger, F. & Turk., R 2015. The amphibious lichen flora of the alpine headwater community “Lackenboden” in Dosental (Mallnitz, Carinthia, Austria)

Moore der subalpinen und alpinen Stufe (Niedermoore, Hochmoore)

Lukas Janke

Moore Allgemein

Moore sind Lebensräume, welche durch einen Wasserüberschuss und somit eine nur teilweise Zersetzung abgestorbener organischer Substanz charakterisiert werden. Sie bilden Torfböden mit wechselnder Mächtigkeit (wenige cm bis zu mehreren Metern). Obwohl Moorflächen nur circa drei Prozent der weltweiten Landfläche bedecken, spielen sie im globalen Kohlenstoffhaushalt eine entscheidende Rolle, speichern sie doch mehr als doppelt so viel Kohlenstoff wie die gesamte Waldbiomasse der Erde. Trotz ihrer herausragenden Rolle, zählen Moore zu den durch menschliches Handeln am stärksten bedrohten Lebensräumen. Besonders die Umwandlung in landwirtschaftliche Flächen durch Entwässerung, aber auch Nährstoffeinträge und die Nutzung des Torfes als Rohstoff haben in vielen Teilen der Erde Moore verschwinden lassen.

Moore in Österreich

Ein Großteil der österreichischen Moorflächen entstand nach der letzten Eiszeit (Würm-Kaltzeit) vor ungefähr zehntausend Jahren als Relikt glazialer Seen und feuchter Senken. Österreich weist auf seine geringe Fläche gesehen, eine hohe Diversität an Moortypen auf. Dennoch sind viele Flächen durch menschliches Handeln bedroht. Dies spiegelt sich auch in der neuen roten Liste Österreichs wider. Ungefähr fünfzig Prozent der an Moorflächen gebundenen Pflanzenarten haben einen Platz auf der Liste (z.B. Zwergbirke (*Betula nana*) Vulnerable (VU), Langblättriger Sonnentau (*Drosera anglica*) Endangered (EN) und Schlankes Wollgras (*Eriophorum gracile*) Critically endangered (CR)). Dies ist besonders auf den starken Rückgang von Moorflächen im Laufe der letzten einhundertfünfzig Jahre zurückzuführen.

Hochmoore

Hochmoore sind Lebensräume, welche durch extrem nährstoffarme - oligotrophe - Gegebenheiten charakterisiert sind. Durch das sukzessive Wachstum des Torfkörpers reißt die Verbindung zu Grund- und Oberflächenwasser ab und führt dazu, dass Hochmoore einen rein Niederschlagsabhängigen (ombrotrophen) Wasserhaushalt

besitzen. Anaerobe Verhältnisse und ein saures Milieu (gelöste Huminsäuren) schaffen lebensfeindliche Biotope, in welchen nur eine geringe Anzahl hochspezialisierter Pflanzenarten überleben kann.

Besonders prägend und zentral für die Entstehung eines mächtigen Torfkörpers sind Toorfmoose (*Sphagnum* sp.) und Sauergräser (Cyperaceae) wie *Eriophorum vaginatum* und *Trichophorum cespitosum*. Auffällig ist zudem das Auftreten verschiedener Zwergstraucharten aus der Familie der Heidekrautgewächse (Ericaceae). Besonders häufig sind hierbei Arten der Gattung *Vaccinium* (*gaultherioides*, *uliginosum*, *oxycoccus* und in trockeneren Randbereichen *myrtillus* und *vitis-idaea*), *Andromeda polifolia* und *Calluna vulgaris* (bei starker Zunahme der Deckung: Zeiger für Austrocknung/Entwässerung). Eine spezielle Anpassung, welche vermehrt in Mooren zu finden ist, ist die Insektivorie. Mittels Klebfallen werden Insekten auf der Blattoberfläche gefangen und verdaut. Somit kann die Pflanze ihren Bedarf an Stickstoff und anderen Nährstoffen decken. In Hochmoorkomplexen sind dies besonders Arten der Sonnentaugewächse (Droseraceae) wie der Rundblättrige Sonnentau (*Drosera rotundifolia*), der Mittlere Sonnentau (*D. intermedia*), der Langblättrige Sonnentau (*D. anglica*) und die nicht fertile hybride *D. rotundifolia* x *anglica*.

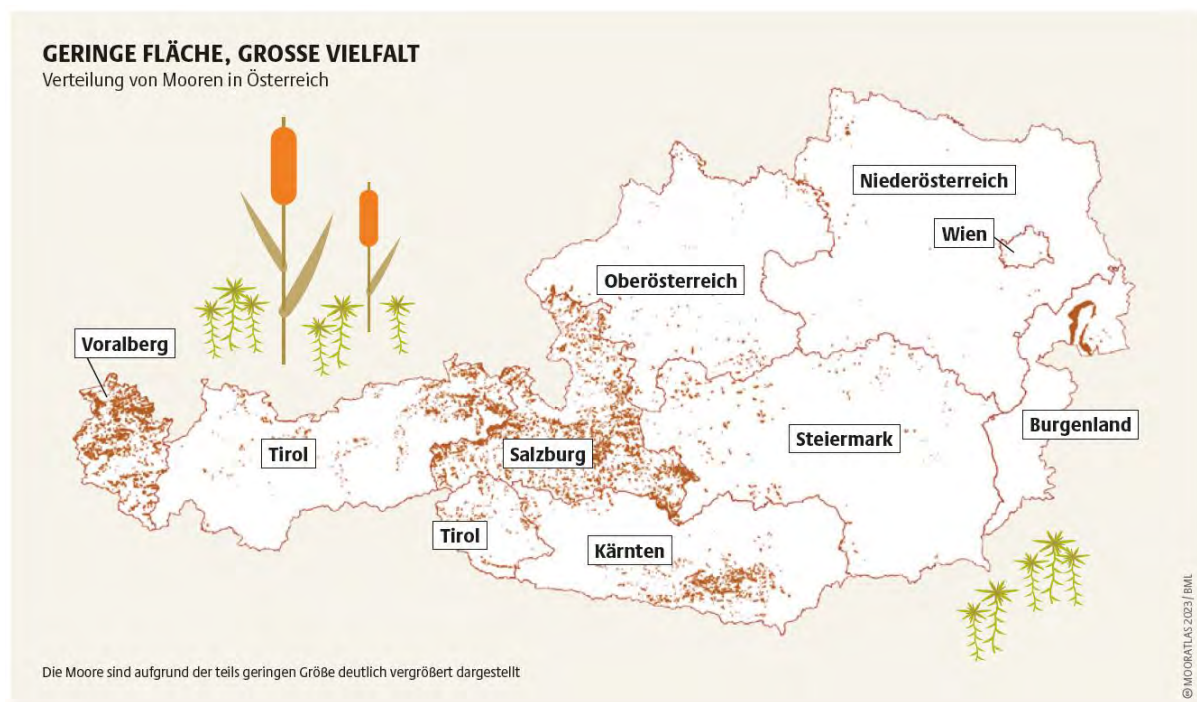


Abbildung 18. Verteilung von Mooren in Österreich.

Niedermoore

Im Gegensatz zu den Hochmooren, wird der Wasserhaushalt von Niedermooren nicht ausschließlich über den Niederschlag gespeist, sondern auch über Grund- /Oberflächen- und Quellwasser. Die Mächtigkeit der Torfböden ist oftmals geringer als die der Hochmoore. Basenarme Niedermoore auf saurem Grundgestein können in ihrer Vegetation der von Hochmooren gleichen. Kalk- und Basenreiche Niedermoore weisen oftmals ein deutlich größeres Artenspektrum auf.

Niedermoore sind besonders durch eine niedrigwüchsige Seggen- und Binsenvegetation gekennzeichnet. Bei den Sauergräsern (Cyperaceae) sind dies insbesondere die Gattungen *Carex* (z.B. *davalliana*, *panicea* und *nigra*), *Schoenus* (*ferrugineus* und *nigricans*) und *Eriophorum* (*latifolium* und *angustifolium*). Die Binsengewächse (Juncaceae) werden oft durch Arten der Gattung *Juncus* (z.B. *alpinoarticulatus* oder *subnodulosus*) vertreten. Bei den Krautigen sind häufig die Kelch-Simsenlilie (*Tofieldia calyculata*), die Mehlprimel (*Primula farinosa*) oder das Sternlieb (*Bellidiastrum michelii*) anzutreffen. Karnivore Pflanzen werden hier durch Arten der Wasserschlauchgewächse (Lentibulariaceae) repräsentiert. Dies sind in höheren Lagen zum Beispiel *Pinguicula alpina* oder *P. leptoceras*.

Diversität von Moosen der alpinen und subalpinen Stufe

Sarah Brach

Was macht Moose so besonders?

Moose sind im Vergleich zu höheren Pflanzen nicht sehr konkurrenzstark und haben ein langsames Wachstum. Dafür besiedeln sie häufig Standorte, welche für höhere Pflanzen schwer zu beseideln wären. Dazu zählen gestörte, dunkle oder Nährstoffarme Standorte, Gestein, Blätter oder Borke. Möglich ist das beispielsweise wegen ihres poikilohydrischen Wasserhaushaltes. Sie sind wechselfeucht und auf Wasser in ihrer Umgebung abhängig. Sie nehmen Wasser über ihre Oberfläche auf und nicht über Wurzeln. Die Wasserleitung über die Oberfläche der Pflanzen funktioniert anhand von Kapillarkräfte zwischen den Blättchen, Stamm und Rhizoiden. Manche Moose können zusätzlich Wasser über die Rhizoide im Stämmchen nach oben leiten, können aber nicht ohne äußerliche Wasseraufnahme verzichten. Zusätzlich gibt es noch einige Mechanismen, um Wasserverlust durch Verdunstung vorzubeugen. Dafür besitzen einige Moose eine schützende Cuticula oder Glashaare, welche vor Sonneneinstrahlung schützen. Auch andere Temperaturextreme können von manchen Arten toleriert werden und können Teils Temperaturen bis zu -196°C überleben. Ein besonders extremes Beispiel ist ein Moos, welches über einen Zeitraum von 1500 Jahren im antarktischen Eis eingefroren war und seinen Metabolismus nach zwei Wochen unter Optimal Bedingungen wieder aufnehmen konnte.

Warum sind Moose so wichtig?

Moose übernehmen einige wichtige Aufgaben im Ökosystem. So fungieren sie als Pioniere und bereiten den Boden für Gefäßpflanzen vor. Des Weiteren Regulieren sie den Wasserhaushalt da sie Wasser speichern und die Feuchtigkeit langsam wieder abgeben können. Intakte Torfkörper aus Torfmoosen können zusätzlich große Mengen von CO_2 speichern und so als CO_2 -Senke dem Treibhauseffekt entgegenwirken. Auch Tiere und Insekten nutzen Moose. Insekten wie Springschwänze, Spinnen oder Milben nutzen diese als Lebensraum. Größere Tiere wie Vögel verwenden Moose als Nistmaterial. Zusätzlich lassen sich mit Moosen als Bioindikatoren Rückschlüsse auf ökologische Bedingungen am Wuchsort ziehen. Beispielsweise zeigen sie Wasser- oder Luftverschmutzung an.

Schwermetalle können in Moosen akkumulieren und als Pflanzen für Monitorings verwendet werden.

Wichtige Moosarten der alpinen- und subalpinen Stufe

<u>Arten im Zirben-Lärchenwald (subalpin bis alpin):</u> Waldboden: -<i>Hylocomium splendens</i> „Etagenmoose“, wächst über das Laub und bildet somit mehrere Stufen	 Abbildung 19. (ClaireHalpin, https://www.britishbryologicalsociety.org.uk/learning/species-finder/hylocomium-splendens/)
Epiphyten: -<i>Hypnum cupressiforme</i> Bildet häufig Massenbestände an Baumstümpfen	 Abbildung 20. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File: Hypnum_cupressiforme_107765562.jpg)
<u>Moorstandorte:</u> -<i>Sphagnum magellanicum</i> Kennzeichnende Art intakter Hochmoore (Regenmoore) und formt Bulte	 Abbildung 21. (Heike Hofmann, https://naturschutzbund.at/moos-leser/items/id-2016-magellans-torfmoos-sphagnum-magellanicum.html)

Fels besiedelnde Moose:

-*Bartramia halleriana*
an schattigen, feuchten Felsen in
Nischen und Überhängen
vorkommend,
haarförmige Blätter, kalkmeidend, Auch
Apfelmoos genannt, weil die Form der
Kapsel an einen Apfel erinnern



Abbildung 22. (Hermann Schachner,
[https://de.wikipedia.org/wiki/Hallers_Apfelmoos#/media/Datei:Bartramia_halleriana_\(a,_113705-471214\)_6386.JPG](https://de.wikipedia.org/wiki/Hallers_Apfelmoos#/media/Datei:Bartramia_halleriana_(a,_113705-471214)_6386.JPG))

Felsblöcke in Zwergstrauchheide:

-*Andreaea rupestris*
Wächst auf Silikatgestein und kann bis
zu 3000 m Höhe aufsteigen, trocken
bis feucht und vielgestaltig



Abbildung 23. (Hermann Schachner,
[https://en.wikipedia.org/wiki/Andreaea_rupestris#/media/File:Andreaea_rupestris_\(c,_113340-471133\)_6045.JPG](https://en.wikipedia.org/wiki/Andreaea_rupestris#/media/File:Andreaea_rupestris_(c,_113340-471133)_6045.JPG))

Substrat Spezialisten auf Exkrementen
auf beweideten Flächen:

-*Splachnum sphaericum* (=ovatum)
Wächst auf zersetztem Rinder-, Schaf-
oder Ziegen Dung, Bestände sind
kurzlebig und auf einen kleinen
Standort reduziert



Abbildung 24. (Jo Denyer,
<https://www.britishbryologicalsociety.org.uk/learning/species-finder/splachnum-sphaericum/>)

Schneetälchen (langer
Schneebedeckung und hohe
Bodenfeuchte):

-*Polytrichum sexangulare*
klassisches Schneebodenmoos, auch in
Silikat-Schutt- und -Felsfluren,
außerdem in hochalpinen Rasen und
Alpweiden; ausschließlich an hellen
Standorten



Abbildung 25. (<https://www.asturnatura.com/fotografia/flora/polytrichum-sexangulare/38295.html>)

Pioniermoos Gletschervorfeld:

-*Racomitrium canescens* ssp. *canescens*
Auffällig durch die weißen Haarspitzen
an den oberen Blättchen



Abbildung 26. (Claire Halpin,
<https://www.britishbryologicalsociety.org.uk/learning/species-finder/racomitrium-canescens/>)

Quellen

https://magazin.alpenverein.de/artikel/hohenstufen-der-alpen_b357eec5-01a6-4c3e-96a7-add6683313b4

<https://www.swissbryophytes.ch/index.php/de/mehr-ueber-moose/nutzen-der-moose>

<https://www.swissbryophytes.ch/index.php/de/mehr-ueber-moose/gebiet/die-vegetation>

<https://news2.orf.at/stories/2222452/>

Gärtner, G. Hofbauer, W.,(2012): Zur Diversität der Flechten und Moose der subalpinen Stufe im Raum Obergurgl. – In: Koch, E.M., Erschbamer, B. (Hrsg.), An der Grenze des Waldes menschlichen Siedlung. Alpine Forschungsstelle Obergurgl, Band II, Innsbruck University Press, 163-179.

Frahm, J.P., (2018): Biologie der Moose. Berlin, Germany: Springer Spektrum (Lehrbuch).

Alpine und Subalpine Flechten

Verena Felgitsch

Flechten = symbiotische Lebensgemeinschaft zwischen Mykobionten (Pilze) und Photobionten (Grünalgen oder Cyanobakterien). Werden in der biologischen Systematik den Pilzen zugerechnet, der Pilz bestimmt die Wuchsform.

Aufbau

- (a) Oberste Schicht = obere Rinde, Schicht aus dichten Pilzgeflecht
- (b) Darunter Algenschicht in lockerem Pilzgeflecht
- (c) Darauf Markschrift, aus lockeren Pilzgeflecht ohne Algen
- (d) Unterste Schicht an Substrat = untere Rinde, durch Rhizine und wurzelartige Pilzfäden an Substrat verankert

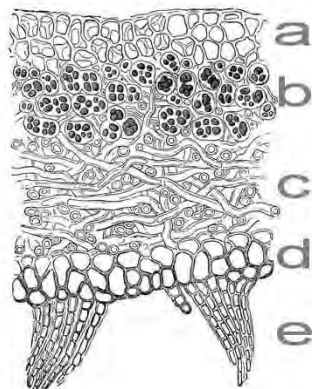


Abbildung 27. Anatomie Flechte.

Flechtentypen

Krustenflechten

Laub/Blattflechten

Strauchflechten

Flechten können mehrere hundert Jahre alt werden und wachsen sehr langsam. Daher werden sie oft von Pflanzen überwuchert.

Aber Flechten haben durch die beiden Symbiosepartner Vorteile und können an extremen Standorten überleben und sind daher oft Pionierpflanzen. Durch die Säure, die

viele Flechten beinhalten, können sie z.B. Steine zersetzen und dadurch zur Bildung von Böden und somit die Grundlage für andere Pflanzen bilden.

Auch für die Medizin, als Farb- und als Duftstoff sind Flechten von Bedeutung.

Z.B. Isländisch Moos oder Lungenkraut in der Medizin. Einige Moose, die auf Eichen wachsen, in der Parfumindustrie und *Roccella*-Flechtenarten werden wegen ihres blau-violetten Farbstoffs gerne genutzt.

Eine weitere wichtige Funktion von Flechten ist die Bioindikation. Da Flechten auf eine hohe Luftqualität angewiesen sind, reagieren sie sensibel auf Schadstoffe, da sie Nährstoffe ungefiltert aus der Luft aufnehmen und können so auf Luftverschmutzung oder Schwermetalle hinweisen. Kommen z.B. nicht in der Stadt vor.

In der Wald- und Zwergstrauchzone von Oberrhein sind Flechten wesentliche Bestandteile der Vegetation. Einige sind Bodenbewohnend andere sind spezialisierte Baum oder Felsbesiedler (Wolfsflechte, Landkartenflechte). Die Zwergstrauchheide mit ihren vielfältigen Standorten beherbergt typische Flechtengemeinschaften, z.B. auch lokale Besonderheiten wie die Massenbestände diverser terrestrischer Strauchheiden (*Flavocetaria*, *Cladonia*-Arten).

Bodenbewohnende Flechten

Makroflechten z.B. Becherflechten -> verschiedene *Cladonia*-Arten

Auf vermoderndem Holz feucht und schattig z.B. Heideflechte *Icmadophila ericetorum*

Zwischen Moosen z.B. die Apfelflechte *Peltigera aphthosa*

In der Zwergstrauchzone v.a. Isländisch Moos *Cetraria islandica*

Epiphytische Flechten:

Z.B. Massenbestände von *Pseudevernia furfuracea* und *Usnea* s.p.

Auf alten Lärchen- und Zirbenstämmen die giftige Wolfsflechte *Letharia vulpina*

An dünnen Zweigen *Vulpicida pinastri*

Epilithische Flechten

z.B. *Umbilicaria hirsuta* an schattigen Stellen und *U. cylindrica* an sonnigen Stellen

An lichtreichen Felsblöcken z.B. *Parmelia saxatilis* und Krustenflechten wie z.B. die Landkartenflechte *Rhizocarpon*. An Überhangsstellen oft die Blutaugenflechte *Ophioparma ventosa* und *Melanelia hepatizon* und *Dimelaena oreina*. An freistehenden Felsen oft viel Vogelkot, hier siedelt die Strauchflechte *Ramalina capitata*.

Verschiedene Flechten als Übersicht

Cladonia arbuscula
Rentierflechte

Standort: Zwergstrauchheide, Böden sauer, nährstoffarm



Abbildung 28.

(<https://www.123pilzsuche.de/daten/details/neigende-strauchflechte2.jpg>)

Icmadophila ericetorum
Heideflechte

Standort: Morsches Holz, Gestein, Böden sauer



Abbildung 29.

(<https://www.123pilzsuche.de/daten/details/heideflechte4.jpg>)

Peltigera aphtosa
Apfelflechte

Standort: auf Gestein oder Boden
Wird erst mit Wasser grasgrün, davor
eher gräul.



Abbildung 30.

(<https://www.123pilzsuche.de/daten/details/apfelflechte6.jpg>)

Cetraria islandica
Isländisch Moos

Standort: >1300hm, Lichtstelen, Böden
sauer
Verwendung in Medizin □Husten



Abbildung 31.

(<https://www.123pilzsuche.de/daten/details/IslaendischesMoos-Dateien/image019.jpg>)

Pseudevernia furfuracea
Baummoosflechte

Standort: Rinde, Gesteine, saure Borke



Abbildung 32.

(<https://www.123pilze.de/dreamhc/download/baummoos2.jpg>)

Usnea sp.
Bartflechte

Standort: saure Borke



Abbildung 33.

(<https://www.123pilzsuche.de/daten/details/bartflechte6.jpg>)

Letharia vulpina
Wolfsflechte

Standort: Rinde v. *Pinus cembra* und
Larix decidua

! Tödlich, giftig, Gelbfärbung durch
Vulpinsäure



Abbildung 34.

(<https://www.123pilze.de/dreamhc/download/wolfsflechte4.jpg>)

Vulpicida pinastri
Gelbe Laubflechte

Standort: Borke
! tödlich, giftig



Abbildung 35.

(<https://www.123pilzsuche.de/daten/details/gelbelaubflechte3.jpg>)

Umbilicaria hirsuta

Nabelflechte Standort: halbschatten, nährstoffreiches Gestein	 Abbildung 36. (https://www.biolib.cz/IMG/GAL/106822.jpg)
<i>Parmelia saxatilis</i> Körnige Blattflechte Standort: trocken, Rinde	 Abbildung 37. (https://www.123pilzsuche.de/daten/details/koernigeb lattflechte9.jpg)
<i>Rhizocarpon</i> sp. Landkartenflechte Standort: Gestein, v.a saurer Silikat, Gletscherbereich	 Abbildung 38. (https://www.123pilzsuche.de/daten/details/landkarte n flechte4.jpg)
<i>Ophioparma ventosa</i> Blutaugenflechte	

Standort: alpin, licht- und
nährstoffreich, kalkfrei



Abbildung 39.

(<https://www.123pilzsuche.de/daten/details/Blutaugenflechte2.jpg>)

Melanelia hepaticum
Olive Schüssselflechte

Standort: licht- und nährstoffreiches
Gestein, Silikat



Abbildung 40

(<https://www.123pilzsuche.de/daten/details/MELANELIA2.jpg>)

Dimelaena oreina
Goldene Mondscheinflechte

Standort: Felsen, sonnige Stellen



Abbildung 41.

(https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1d/Golden_Moonglow_Lichen_and_Others_%283816796922%29.jpg)

Ramalina capitata

Blass-gelb-grüne Strauchflechte

Standort: sonnige Felsen, mit Vogelkot gedüngt



Abbildung 42.

(https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8a/Ramalina_capitata.jpg/1200px-Ramalina_capitata.jpg)

Literatur:

Schöller, 1997: Flechten- Geschichte, Biologie, Systematik, Ökologie, Naturschutz und kulturelle Bedeutung. Kleine Senkenberger-Reihe, Band 27. Frankfurt am Main.

Gärtner & Hofbauer, 2012: Kapitel 7 | Zur Diversität der Flechten und Moose der subalpinen Stufe im Raum Obergurgl. Alpine Forschungsstelle Obergurgel.

Wirth & Kirschbaum, 2016: Flechten einfach bestimmen Ein zuverlässiger Führer zu den häufigsten Arten Mitteleuropas. Quelle & Meyer

Nacktried-Rasen

Jonas Geurden

Im Folgenden findet sich eine Auflistung der in Österreich vorkommenden Pflanzengesellschaften des Nacktrieds (*Carex myosuroides*) in Form eines Bestimmungsschlüssels. Die das Ötztal betreffende Assoziation ist das Caricetum myosuroidis Rübel 1911 nom. mut. propos. Angaben zu dessen Standort, Verbreitung und Artenzusammensetzung finden sich an der entsprechenden Stelle im Schlüssel. Die folgende Darstellung ist eine Synopsis aus OBERDORFER 1977, ELLENBERG 2010 und SCHUBERT et al. 2001. Ranglose Gesellschaften sind Gesellschaften, die keine eigenen Charakterarten besitzen. C = Charakterart, K = Klasse, O = Ordnung, V = Verband.

K Caricetea rupestris-myosuroidis Ohba 1974 nom. mut. propos.

(Nacktried-Rasen)

! Klasse mit nur einer Ordnung. Klassencharakterarten = Ordnungscharakterarten.
Syn Carici rupestris-Kobresietea bellardii Ohba 1974, Kobresio-Elynetea Oberd. 1957

O Caricetalia myosuroidis Oberd. 1957 nom. mut. propos.

KC/OC *Carex myosuroides*, *Carex rupestris*
Begleiter *Agrostis alpina*, *Agrostis rupestris*, *Aster alpinus*, *Astragalus alpinus*, *Cherleria sedoides*, *Dryas octopetala*, *Erigeron uniflorus*, *Festuca pumila*, *Gentiana nivalis*, *Lomatogonium carinthiacum*, *Pachypleurum mutellinoides*, *Pedicularis oederi*, *Phyteuma hemisphaericum*, *Potentilla crantzii*, *Sabulina gerardii*, *Silene acaulis* ssp. *longiscapa*, *Silene acaulis* ssp. *exscapa*, *Trisetum spicatum* ssp. *ovatipaniculatum*
! Es finden sich viele arktisch-alpine Arten sowie altaisch-alpine Arten (Gebirgssteppen-Arten).
Weitere Verbände (Auswahl):
- Arktisch: Caricion nardinae (DIERSEN 1992), Dryadion integrifoliae (DIERSEN 1992), Puccinellion nuttallianae (CHYTRÝ et al. 2015), Dryado octopetalaie-Caricion antisibiricae (CHYTRÝ et al. 2015)
- Japan: Bupleuro-Caricion tenuiformis, Oxytropidion japonicae, Leontopodio hayachinsae Caricion tenuiformis (OHBA 1974)
- Südeuropa: Leontopodio nivalis-Elynetion myosuroidis (CHYTRÝ et al. 2015)
- Tatra: Festucion versicoloris (PETRIK et al. 2006)
- Ural: Lagotido uralensis-Caricion ensifoliae (CHYTRÝ et al. 2015)
Verbreitung circumpolar, arktisch-alpin
Standort alpin(-nival), Primärrasen, feinerdearm, basenreiches bis leicht saures Substrat, wind- und kältehart
Synonyme Elynetalia myosuroides Oberd. 1957, Oxytropido-Kobresietalia Oberd. ex Albr. 1969
Schutz europäischer LRT 6170 (alpine und subalpine Kalkrasen)

V Oxytropido-Caricion myosuroidis Br.-Bl. 1949 nom. mut. propos.

VC *Antennaria carpatica*, *Dianthus glacialis*, *Draba siliquosa*, *Gentiana prostrata*, *Oxytropis campestris*, *Oxytropis halleri*, *Oxytropis lapponica*, *Potentilla nivea*
(VC) *Carex atrata*, *Comastoma tenellum*, *Gagea serotina*, *Oreojuncus monanthos*
Begleiter *Anemone narcissiflora*, *Draba fladnizensis*, *Luzula spicata*
! Weitere Assoziationen (Auswahl):
- Pyrenäen: Oxytropido halleri-Kobresietum myosuroidis, Oxytropido foucaudii-Kobresietum myosuroidis (CORRIOL 2009)
- West-Karpaten: Pyrolo carpaticae-Salicetum reticulatae, Festuco versicoloris Oreochloetum distichae, Festucetum versicoloris, Oxytropido carpaticae Elynetum myosuroidis, Drabo siliquosae-Festucetum versicoloris (PETRIK 2006)
Verbreitung Alpen, Pyrenäen
Synonyme Oxytropido-Elynetion Br.-Bl. 1949

1 ohne Rosa Krumm-Segge → 2

1* Rosa Krumm-Segge dominiert neben Nacktried (*Carex curvula* ssp. *rosae*, *Carex myosuroides*)

Caricetum rosae Pitschm. et al. 1974

(Primärrasen der Rosa Krumm-Segge)

VC *Carex myosuroides*
C *Carex curvula* ssp. *rosae*
Standort kalkreich, v.a. auf Kalk-Glimmerschiefer und nicht dolomitisierten Kalken
Verbreitung Alpen, nicht in D
Synonyme Elyno-Caricetum rosae Erschbamer 1992

- 2 ranglose Gesellschaften mit Alpen-Straußgras oder Felsen-Segge (*Agrostis alpina*, *Carex rupestris*) → 3
- 2* typisch ausgebildete Assoziationen mit Nacktied und Felsen-Segge (*Carex myosuroides*, *Carex rupestris*)
Caricetum myosuroidis Rübel 1911 nom. mut. propos. (Nacktied-Primärrasen)
- KC/OC *Astragalus alpinus*, *Erigeron uniflorus*, *Potentilla crantzii*
VC *Antennaria carpatica*, *Carex myosuroides*, *Carex rupestris*
(VC) *Carex atrata*
C *Arenaria ciliata* s.str., *Astragalus australis*, *Cerastium alpinum* s.str., *Saussurea alpina*
Begleiter *Luzula spicata* s.str., *Sabulina gerardii*, *Silene alpina*
Kryptogamen *Cetraria ericetorum*, *Cetraria islandica*, *Flavocetraria cucullata*, *Flavocetraria nivalis*, *Cladonia arbuscula*, *Thamnolia vermicularis*
Standort zw. 2200-2800m, wind-/kältehart, schneearme Grate, windig, alpin-subnival, sehr starke jahreszeitliche T-Schwankungen (+50°C bis -30°C), dünne (zur Versauerung neigende) Rohhumusdecken über Kalkgestein oder kalkreichem Silikatgestein mit hohem mineralischen Feinerdegehalt, hohe Verdunstungsraten (Verdunstungskühle + heftige Luftbewegung → Nacht- und Morgentau), auch als Pioniertgesellschaft auf jungen Moränen
Verbreitung Alpen
Untereinheiten ***Carex curvula* s.str.-Ausbildung**
mit Arten der Krummseggen-Rasen, Borstgras-Rasen und/oder Arten der alpinen Zwergstrauchheiden über Silikat; basenärmere Standorte
***Sesleria varia*-Ausbildung**
mit Arten der Blaugrasrasen, basenreichere Standorte
Synonyme *Elynetum myosuroidis* Rübel 1911, *Kobresietum bellardii* Br.-Bl. 1913, *Trifido-Elynetum* Schiechtl et al. 1985
- 3 Dominanz des Alpen-Straußgrases, beginnende Bodenversauerung anzeigend (*Agrostis alpina*)
Agrostis alpina-Gesellschaft Schubert, Hilbig et Klotz 2001 (Alpenstraußgras-Primärrasen)
- KC *Agrostis alpina*
VC *Carex myosuroides*
Standort beginnende Bodenversauerung, mäßig trocken, kurz schneebedeckt, neutral-mäßig sauer
! siehe SCHUBERT et al. 2001
Verbreitung Berchtesgaden, v.a. Zentralalpen
- 3* *Carex rupestris* dominiert
Carex rupestris-Gesellschaft (E. et S. Pign. 1985) (Felsenseggen-Primärrasen)
- VC *Carex myosuroides*, *Carex rupestris*
Standort auf Kalkgestein, alpin-nival, kontinental
Verbreitung nicht in Deutschland, v.a. Zentralalpen + Südalpen
! siehe PIGNATTI et PIGNATTI 1985
Synonyme *Caricetum rupestris* E. et S. Pign. 1985

Quellen

- 2015 - CHYTRÝ, DANIELS, DI PIETRO, KOROLEVA, MUCINA: Nomenclature Adjustments and new Syntaxa of the Arctic, Alpine and Oro-Mediterranean Vegetation [Hacquetia 14/2 Seiten 277-288]
- 2010 - ELLENBERG, LEUSCHNER: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen, 6. Auflage [Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart]
- 2009 - CORRIOL: Essai de clé typologique des groupements végétaux de Midi-Pyrénées et des Pyrénées françaises [Isatis N°9]
- 2006 - PETRÍK, DÚBRÁVCOVÁ, JAROLÍMEK, KLIMENT, SIBÍK, VALACHOVIC: Syntaxonomy and ecology of plant communities of the Carici rupestris-Kobresietea in the Western Carpathians
- 2001 - SCHUBERT, HILBIG, KLOTZ: Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Deutschlands [Springer Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg]
- 1992 - DIERßEN: Zur Synsystematik nordeuropäischer Vegetationstypen [Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. 4 Seiten 191-226, Hannover]
- 1985 - PIGNATTI, PIGNATTI: Das Caricetum rupestris, eine neue Assoziation der Südtiroler Dolomiten [Tüxenia Band 5]
- 1977 - OBERDORFER: Süddeutsche Pflanzengesellschaften Teil I, 2. Auflage (Gustav Fischer Verlag, Stuttgart)
- 1974 - OHBA: Vergleichende Studien über die alpine Vegetation Japans [Phytocoenologia 1 (3) Seiten 339-401, Yokohama]

Nivale Stufe

Alexander Ulbrich

Klassischerweise ist die nivale Stufe definiert durch die klimatische Schneegrenze, über der das ganze Jahr über Schnee bleiben kann. Um entsprechend der tiefer liegenden Höhenstufen eine Festlegung anhand der Vegetation zu schaffen, kann sie weiter eingeteilt werden in eine subnivale Stufe, die oberhalb der Schneegrenze liegt, in der aber noch Fragmente von Rasengesellschaften, im Ötztal vor allem *Caricetum curvulae*, vorkommen (Reisigl & Pitschmann, 1958; Reisigl & Keller, 1987). Darüber liegt dann die untere nivale Stufe, in der noch Gefäßpflanzen vorkommen, und die obere nivale Stufe, in der die einzigen Primärproduzenten Kryptogamen wie Algen, Flechten und Moose sind (Reisigl & Pitschmann, 1958; Reisigl & Keller, 1987).

Oberhalb der Schneegrenze können Gefäßpflanzen nur noch an besonders geeigneten Standorten der Südhänge vorkommen. Herausforderungen sind hier zum einen die Kälte mit ganzjähriger Möglichkeit von Frost sowie eine kurze Vegetationsperiode und höhenbedingt lange Bewölkung, zum anderen Exposition gegenüber Wind an den Stellen, die überhaupt schneefrei werden (Reisigl & Pitschmann, 1958; Reisigl & Keller, 1987). In der nivalen Stufe im engeren Sinn kommen Gefäßpflanzen nur noch an Stellen mit günstigem Mikroklima vor, wie zwischen Schutt und in Felsspalten (Reisigl & Pitschmann, 1958). Entsprechend findet man hier auch die Arten, die in niedrigeren Höhenlagen solche Standorte bewohnen. Obwohl wir wetterbedingt immer weit unterhalb der klimatischen Schneegrenze blieben, konnten wir deshalb am 11.07. am Nordosthang der Hohen Mut und auf den alten Seitenmoränen im Gaisbergtal sowie am 14.07. auf dem Gletschervorfeld des Rotmoosferners einige typische Arten wie *Saxifraga oppositifolia*, *Saxifraga bryoides* oder *Cerastium uniflorum* sehen.

Reisigl & Pitschmann zählten 1958 in den Ötztaler Alpen 104 Arten von Blütenpflanzen oberhalb von 3000 m. Die meisten von ihnen sind mehrjährig und windverbreitet (Reisigl & Pitschmann, 1958). Typische Anpassungen an die kalte Witterung und kurze Vegetationsperiode sind zum Beispiel über mehrere Vegetationsperioden ausgedehnte Blütenentwicklung und eine maximale Photosyntheseleistung bei Temperaturen von 10 – 15 °C, wobei es auch davon Ausnahmen gibt (Reisigl & Pitschmann, 1958; Reisigl & Keller, 1987). Die *Carex-curvula*-Rasen fanden ihre Obergrenze bei 3300 m zusammen mit den

letzten verholzenden Arten *Salix herbacea* und *Vaccinium uliginosum* (Reisigl & Pitschmann, 1958). Darüber kommen vor allem Polsterpflanzen vor, die sich selbst ein günstiges Mikroklima erhalten und Humus ansammeln, wovon auch andere Arten profitieren können (Reisigl & Pitschmann, 1958). Hier sind vor allem *Minuartia sedoides* und *Silene exscapa* hervorzuheben, die große, feste Polster bilden, sich jedoch erst etablieren können, wenn von Kryptogamen oder *Saxifraga*-Arten schon Boden vorbereitet wurde (Reisigl & Pitschmann, 1958). Oberhalb der Polstergesellschaften kommen nur noch vereinzelt Gefäßpflanzen vor, an den höchsten Standorten nur ganz besonders widerstandsfähige wie *Poa alpina* oder *Ranunculus glacialis* (Reisigl & Pitschmann, 1958). Die höchsten Gefäßpflanzen in den Alpen sind Polster von *Saxifraga oppositifolia* auf 4505 m in den Walliser Alpen (Körner, 2011). Über ihnen findet man nur noch Kryptogamen – Moose, Flechten und Algen – die aber weiterhin aktive Lebensgesellschaften unterstützen können (Körner, 2011).



Abbildung 43. *Saxifraga oppositifolia* im Vorfeld des Rotmoosferners.
(© Alexander Ulbrich)

Quellen

Reisigl, Herbert, and Hans Pitschmann. "Obere Grenzen von Flora und Vegetation in der Nivalstufe der zentralen Ötztaler Alpen (Tirol)." *Vegetatio* 8 (1958): 93-129.

Reisigl, Herbert, and Richard Keller. "Alpenpflanzen im Lebensraum." Gustav Fischer Verlag; Stuttgart; New York (1987).

Körner, Christian. "Coldest places on earth with angiosperm plant life." *Alpine Botany* 121 (2011): 11-22.

Kleine Eiszeit

Elias Nitz

Die kleine Eiszeit Little Ice Age (LIA)

“Jahr für Jahr mühen sich die Bauern ab, ihren Feldern einen Ertrag abzurufen, doch ein aufs andere Mal lassen kalte, verregnete Sommer die Saat auf den Feldern verfaulen. Die bitterkalten Winter in Nordeuropa fordern von der unterernährten Bevölkerung zusätzliche Opfer, Seuchen wie die Pest breiten sich aus. Auch südlichere Regionen bleiben nicht verschont, im Mittelmeerraum vertrocknen die Äcker, verheerende Dürren vernichten die Ernte” (Die Presse).

Temperaturentwicklung und Auslöser der LIA

Der Begriff “Little Ice Age” wurde in den 1950er Jahren geprägt und beschreibt einen Zeitraum von Mitte 13. Jahrhundert bis zum letzten Vorstoß der Gletscher um ca. 1850.

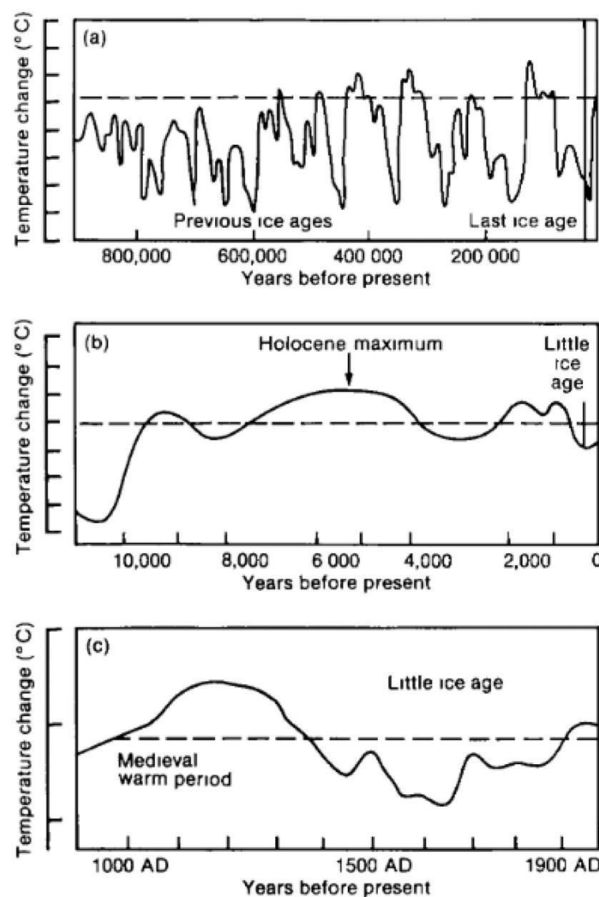


Abbildung 44. Temperaturkurven aus IPCC-Bericht (1990).

Standorte, Ökologie und Vegetation

Vor allem durch die reduzierte Sonnenaktivität sowie Vulkanausbrüche mit einhergehender Aerosolbildung (und somit Abschirmung von Strahlung) stürzte das Klima nach der Mittelalterlichen Warmzeit in die Kleine Eiszeit.

Temperaturverläufe von dieser Zeit basieren auf Proxy-Daten, welche aus Baumringen oder Bohrkernen, wie von Gletschern oder Mooren, extrahiert werden. Ununterbrochene Messreihen reichen meist nicht lange zurück. Eine der längsten ununterbrochenen meteorologischen Messreihen weltweit ist jene von dem Benediktinerstift in Kremsmünster (Oberösterreich), welche vor ca. 260 Jahren im Jahre 1762 begann (ZAMG).

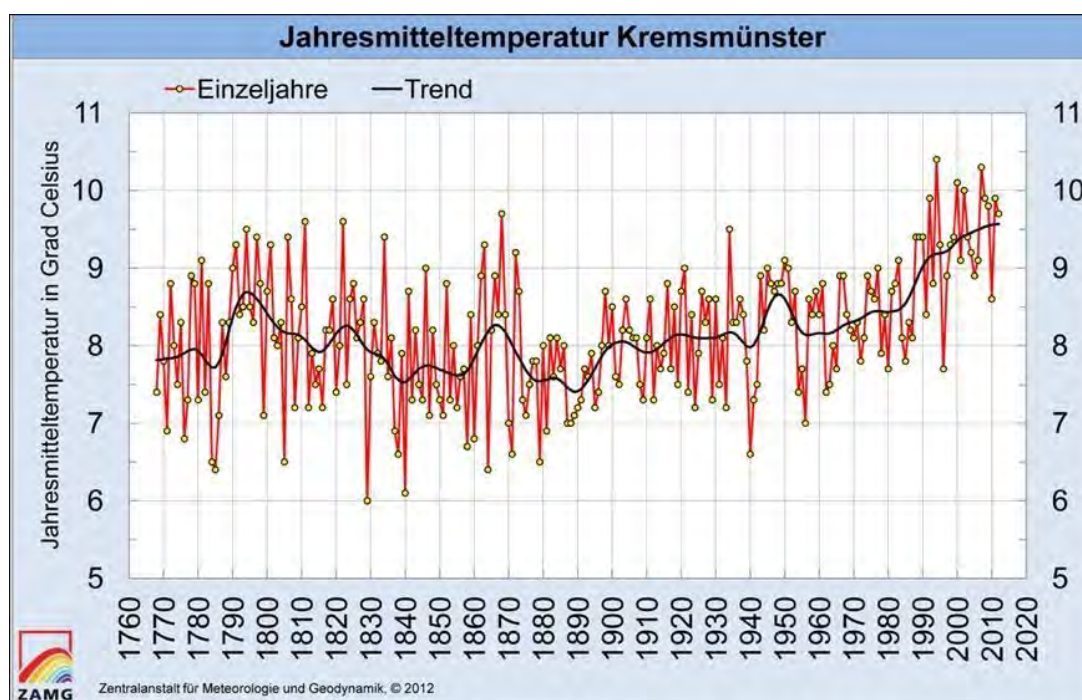


Abbildung 45. Temperaturkurve Stift Kremsmünster (Oberösterreich).

1850 gibt das Ende der letzten Eiszeit, den letzten Vorstoß der Gletscher an. Die Endmoränen sind noch immer Zeitzeugen dieser kalten Periode.

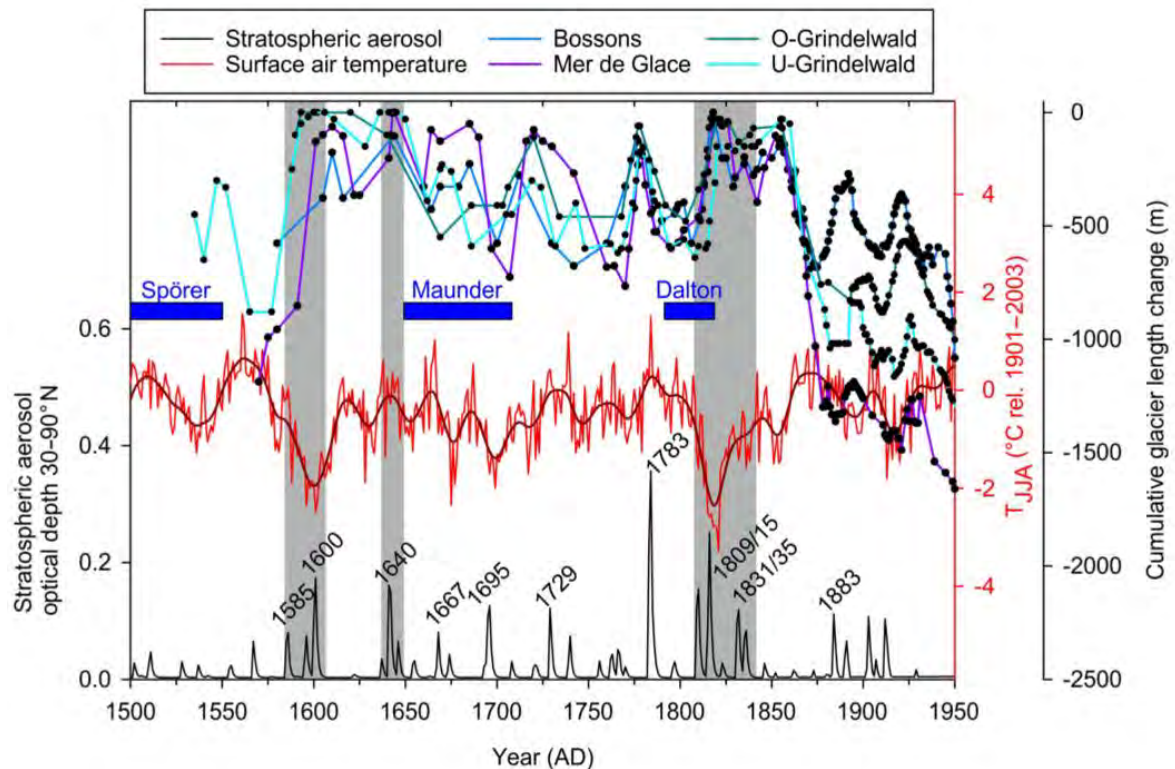


Abbildung 46. Kumulative Gletscherlängenänderungen für die vier Gletscher Bossons, Mer de Glace, Oberer (O-) Grindelwald und Unterer (U-) Grindelwald mit schwarzen Punkten, die Jahre mit Beobachtungen (Nussbaumer und Zumbühl, 2012), mit Baumring rekonstruierten alpinen Sommertemperaturen (Büntgen et al., 2011), Minima der Sonnenaktivität (Usoskin, 2017) und vulkanischer Aerosolantrieb (Revell et al., 2017; Toohey und Sigl, 2017) von 1500 bis 1950. Graue Schattierungen markieren Zeiträume mit erhöhtem vulkanischem Aerosolantrieb. [19th century glacier retreat in the Alps preceded the emergence of industrial black carbon deposition on high-alpine glaciers (Siegl et al., 2018)].

Der Beginn des Gletscherrückgangs

Industrieller Ruß (Black Carbon [BC]), der vermutlich ab Mitte des 19. Jahrhunderts in großen Mengen emittiert wurde, wurde als Hauptursache für ein beschleunigtes Abschmelzen der europäischen Gletscher durch Verringerung der Eisbedeckung und anschließende Ablation vermutet (Paitner et al., 2013).

Neuere Studien zeichnen jedoch ein anderes Bild. Die Längenänderungen der Gletscher in den letzten 2000 Jahren sind in erster Linie durch Temperatursenkungen verursacht wurden, die durch Schwefelsäure-Aerosole aus großen Vulkanausbrüchen ausgelöst wurden. In diesem Sinne kann der Rückzug der Gletscher von den vulkanisch bedingten maximalen Gletschertständen ab den 1860er Jahren als eine verzögerte Reaktion der

Kryosphäre angesehen werden, nachdem die vulkanisch bedingte Abkühlung nach einer Reihe großer tropischer Eruptionen von 1809 in 1835 ihr Maximum erreicht hatte. Erst nach 1870, als die BC-Emissionen stark anzusteigen begannen, könnten Schnee-Albedo-Verunreinigungseffekte möglicherweise zur Verringerung der Gletscherlänge beigetragen haben (Siegl et al., 2018).

Vegetation

Das kalte Klima, sowie die große Ausdehnung der Gletscher hatte zur Folge, dass die Höhenstufen der Vegetation im Vergleich zu der jetzigen Ausdehnung deutlich tiefer lagen, somit auch die Waldgrenze.

Primärsukzession

Die Entwicklung von Pflanzengemeinschaften hängt nicht nur vom Alter der Ablagerungen ab, sondern auch von der Topographie, dem Mikroklima, der Bodenentwicklung und geomorphologischen Prozessen sowie von biotischen Interaktionen. Dennoch lassen sich bezogen auf eine Studie der Universität Innsbruck allgemeine Aussagen treffen. Auf den seit einem Jahr eisfreien Flächen kann man mit zwei Gefäßpflanzenarten (GP)/m², auf den seit 1985 eisfreien Flächen bis zu 16 GP/m² rechnen. Auf den Moränen von 1850 mit bis zu 43 GP/100m² (10x10m) mit einer mittleren Deckung von 40 % (Ramskogler et al., 2020).

Quellen

<https://www.zamg.ac.at/cms/de/images/topmenu/medien/wetterstationen/kremsmuenster-temperaturreihe/view>

<https://www.diepresse.com/5754027/grosse-folgen-einer-kleinen-eiszeit>

IPCC-Report (1990)

Plant community evolution in a glacier foreland of the Central European Alps; (Ramskogler et al., 2020)

End of the Little Ice Age in the Alps forced by industrial black carbon; (Painter et al., 2013)

19th century glacier retreat in the Alps preceded the emergence of industrial black carbon deposition on high-alpine glaciers (Siegl et al., 2018)

Colonization in the glacier forefield: primary succession

Laura Bonet Pizarro

A glacier forefield is the region between the current leading edge of the glacier and the moraines of the latest maximum. In glacier forefields new ecosystems develop from zero. For this reason, they are perfect environments for studying primary succession (Erschbamer et al., 2023).

According to the Encyclopaedia Britannica, primary succession is the “type of ecological succession (the evolution of a biological community’s ecological structure) in which plants and animals first colonize a barren, lifeless habitat.”

Succession

In general terms, the species richness of the colonized habitat increases during the succession, and the cover and composition changes along the process. However, it is important to note that when the climax community is a forest, the species richness can decrease from the point where the tree cover starts to close up. In the Central Alps, diversity stabilizes at an intermediate stage of succession, i.e. after 40 - 50 years of deglaciation (Raffl et al., 2006).

Stages

According to Koch & Erschbamer (2010), the stages of the succession are the following:

- 0-3 years: open soil, no vegetation
- 3-40 years: pioneer stage, very sparse vegetation (3-4 species / m²)
- 40-70 years: early successional
- 70-100 years: late successional; the soil is already more developed, there are more nutrients; the pioneer species get pushed out

Conditions affecting colonization and succession (Erschbamer et al., 2008)

Glacier forefields are considered extreme environments. The combination of biotic and abiotic factors determines the colonization success of the species as well as their dynamics during the succession.

The most determining factors within the abiotic are the lack of soil and the climate. The inorganic material present in the glacier forefield terrain after deglaciation is very unstable, so it is susceptible to get affected by avalanches, wind erosion or water run-off. Besides, it is also very poor in nutrients. The climate itself always influences the colonization event and the further succession, but extreme events such as drought can really compromise the establishment of seedlings.

The most determining biotic factors are seed availability and the traits of the species such as germination success, growth potential and survival, reproductive abilities and mycorrhiza development. After seed establishment, there are factors affecting the succession: facilitation (which can be especially important during the pioneer stage), tolerance and competitive inhibition (which plays a role as the succession proceeds, e.g. shade by bigger plant). When it comes to primary succession, the biotic factors seem to be the essential drivers.

Studying primary succession

Primary succession can be studied by observing vegetation in real time or by applying models. The observation in real time is achieved by setting permanent plots in different positions of the forefield and monitoring the species composition and coverage through time. The modeling techniques are based on the chronosequences established across a transect from the youngest to the oldest deglaciated terrain. The models then predict the succession doing space-for-time substitutions.

Climate change

Climate warming might accelerate colonization dynamics, but it might also slow down germination/establishment due to summer drought. The use of modeling techniques to study succession might be not reliable under the not known effects of climate change (Erschbamer *et al.*, 2023).

Species (from Rotmoosferner, Obergurgl)

Pioneer stage	<i>Artemisia genipi</i> Bryophyta and lichens <i>Saxifraga aizoides</i>
----------------------	---

	<i>Saxifraga oppositifolia</i>
Early successional	<i>Arabis caerulea</i> <i>Arenaria ciliata</i> <i>Campanula scheuchzeri</i> <i>Cerastium uniflorum</i> <i>Leontodon hispidus</i> <i>Leucanthemopsis alpina</i> <i>Linaria alpina</i> <i>Minuartia gerardii</i> <i>Peltigera rufescens</i> <i>Poa alpina</i> <i>Silene acaulis</i> <i>Trifolium pallescens</i> (also, but in lower abundance: <i>Saxifraga oppositifolia</i> , <i>S. aizoides</i>)
Late successional	<i>Anthyllis vulneraria</i> ssp. <i>alpicola</i> <i>Galium anisophylla</i> <i>Gnaphalium supinum</i> <i>Kobresia myosuroides</i> <i>Leontodon hispidus</i> <i>Salix herbacea</i> <i>Saxifraga paniculata</i> <i>Trifolium badium</i>

References

- Britannica, T. Editors of Encyclopaedia (Invalid Date). primary succession. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/primary-succession>
- Erschbamer, B., Niederfriniger Schlag, R., Carnicero, P., & Kaufmann, R. (2023). Long-term monitoring confirms limitations of recruitment and facilitation and reveals unexpected changes of the successional pathways in a glacier foreland of the Central Austrian Alps. *Plant Ecology*, 224(4), 373–386. <https://doi.org/10.1007/s11258-023-01308-2>
- Erschbamer, B., Niederfriniger Schlag, R., & Winkler, E. (2008). Colonization processes on a central Alpine glacier foreland. *Journal of Vegetation Science*, 19(6), 855–862. <https://doi.org/10.3170/2008-8-18464>
- Koch, M. K. & Erschbamer, B. (2010). Glaziale und periglaziale Lebensräume im Raum Obergurgl. (E. Cattoen & B. Erschbamer Ed.). Innsbruck University Press.
- Raffl, C., Mallaun, M., Mayer, R. & Erschbamer, B. (2006). Vegetation succession pattern and diversity changes in a glacier valley, Central Alps, Austria. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 38: 421–428. DOI: 10.1657/1523-0430(2006)38[421:VSPADC]2.0.CO;2

Zirbenwald: Tag 1 (10.7.2023)

Lotte Diester, Tom Fischbach, Sebastian Nied und Friederike Westrich



Abbildung 47. Route Tag 1.

Standorte, Ökologie und Vegetation

Berg-Fettwiese

Start war das Universitätszentrum Obergurgl Richtung südsüdwest. Unser erster Stopp war am Straßenrand, rechts eine Weide, links ein Berghang mit nord-westlicher Exposition. Die Pflanzenarten vom Berghang, der Berg-Fettwiese wurden besprochen, wobei einige Arten wie *Deschampsia cespitosa*, eine typische Weideart, wahrscheinlich aufgrund der Nähe zur Weide vorkamen. Einige Arten zeigten Nährstoffreichtum an, wie zum Beispiel *Geranium sylvaticum* und *Alnus alnobetula*, wobei letztere hier aber untypischerweise vorkommt und normalerweise in Rinnen zu finden ist. *Rumex alpestris* zeigte eine Gülledüngung an. Auch eine Art der Hochstaudenfluren (*Peucedanum ostruthium*) war anzutreffen.



Abbildung 48. Berg-Fettwiese in der Nähe zu Obergurgl; Standort 46.865165, 11.022688.

Obergurgler Zirbenwald

Den zweiten Stop machten wir am Eingang des Obergurgler Zirbenwaldes. Am Standort generell befand sich zu unserer Rechten eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Hochstaudenflur mit den oben genannten Arten. Auf der linken Seite des Weges bildete sich eine kleine Zwergstrauchheide (v.a. *Rhododendron ferrugineum* und *Juniperus communis* ssp. *nana*), welche in den Zirbenwald hineinreichte. Dies spiegelt auch den Entwicklungszustand des Waldes dar. Ein vollständig entwickelter Zirbenwald weist einen geringen Unterwuchs auf, wohingegen der Obergurgler Zirbenwald einen hohen Bestand an unterwüchsigen Arten beherbergt. Vorkommende Arten sind die beiden eben genannten Zwergsträucher, sowie andere Zwergstraucharten wie *Vaccinium myrtillus*, *V. gaultherioides*, *Loiseleuria procumbens* und krautige Arten wie *Avenella flexuosa* und *Calamagrostis villosa*.

Dieses untypische Reichtum an Unterwuchs geht aus der Geschichte des Obergurgler Zirbenwaldes hervor. Brände in den 1970ern führten zu einer großflächigen Zerstörung des heute ca. 20 ha umfassenden Waldes. Nachfolgende Beweidung hielt den Wald weiterhin offen. Erst ab 1963, als der Wald zum Naturdenkmal ernannt und die Beweidung allmählich eingestellt wurde, konnte sich der Wald regenerieren. Heute besteht der Bestand aus sehr alten Individuen (ca. 250-300 Jahre), welche den Brand überlebt hatten, und jüngeren Individuen (50-60 Jahre), welche sich erst nach 1963 etablieren konnten.

Dies führte zu einer lichten Kronendecke, wodurch die Unterwuchsdichte dementsprechend hoch ist.



Abbildung 49. Wanderung durch den Zirbenwald; Standort 46.859926, 11.014661.

Weiter im Programm hielt Daniel sein Referat über subalpine Waldgesellschaften. Außerdem wurden noch Eigenschaften einzelner Arten besprochen, bspw., dass *Rhododendron ferrugineum* aufgrund ihrer Kälte-Sensitivität Zeiger für lange Schneebedeckung, oder *Calamagrostis villosa* ein typisches Gras im Unterwuchs subalpiner Wälder auf Silikat darstellen.

Die Tour verlief weiter durch den Zirbenwald hindurch, in dessen Mitte der dritte Stopp eingelegt wurde. Hier wurde neben Alessandros Referat über Böden im Hochgebirge der hier typisch vorkommende Podsol-Boden besprochen. Auch wurde auf das Wechselspiel zwischen *Larix decidua* und *Pinus cembra* in solchen subalpinen Wäldern eingegangen. Erstere dient dabei eher als Pionierart, wobei letztere in späteren Sukzessionsstadien dominiert.



Abbildung 50. Podsol-Boden im Zirbenwald, bestehend aus einer recht dünnen Humusschicht, darunter folgend einem gebleichten Auswaschungshorizont und einem rötlichen Sesquioxidanreicherungshorizont; Standort 46.859822, 11.014724.

Moor

An den Zirbenwald grenzt ein Nieder- beziehungsweise Zwischenmoor an, welches ungefähr 10.000 Jahre alt ist. Hier hielt Lukas einen Vortrag über Moore im Allgemeinen und dann schauten wir uns typische Charakterarten an, wie *Eriophorum angustifolium*, *Pinguicula leptoceras* und *Carex echinata*. Anschließend erzählte Sarah uns etwas zur Gattung *Sphagnum* und zeigte uns die Art *Sphagnum capillifolium*. Dann gingen wir etwas weiter, raus aus dem Zirbenwald und machten eine Wiederholungsrunde in einer Zwergstrauchheide. Hier lernten wir auch drei verschiedenen *Vaccinium*-Arten kennen (*V. myrtillus*, *V. vitis-idea* und *V. gaultherioides*) und ein paar neue krautige Arten wie *Poa remota*.



Abbildung 51. Circa 10.000 Jahre altes Nieder- beziehungsweise Zwischenmoor; Standort 46.859293, 11.014842.

Vegetationsaufnahmen

Danach machten wir uns an den Abstieg und teilten uns in vier Gruppen ein, um im Zirbenwald jeweils eine Vegetationsaufnahme durchzuführen. Dazu wurde eine möglichst homogene Fläche unter den Zirben ausgewählt. Mithilfe eines Maßbandes wurde eine Fläche von 5x5 m abgegrenzt. Die Inklination und Exposition wurden bestimmt. Außerdem wurde die Gesamtdeckung und Maximalhöhe und die Deckung und Durchschnittshöhe von der Baumschicht, Strauchschicht, Krautschicht und Moosschicht geschätzt. Dann wurden die Pflanzenarten bestimmt und für jede die Deckung nach Braun-Blanquet geschätzt.

	Plot 1	Plot 3	Plot 4	Plot 2	Plot 5
Cov	97	100	90	95	100
Cov_B1	55	35	80	70	65
Cov_SS	50	85	35	35	25
Cov_KS	45	35	15	15	70
Cov_MS	5	20	2	25	25
Height_max	0.5	8	20	16	11
Height_B1	60	8	20	16	11
Height_SS	0.6	0.6	0.9		1.5
Height_KS	0.45	0.2	0.45		0.25
Height_MS	0.01	0.02	0.01		0.02
Exp	200	315	305	300	280
Slope	33	30	28	30	27
GPS	47.48603, 010.85816		46.85980, 11.01319		46.5134, 11.047
Bem.					
Species					
Pinus cembra	4	3	5	4	4
Vaccinium myrtillus	3	3	2a	2a	2b
Vaccinium vitis-idea	2a	1	1	+	2a
Calamagrostis villosa	2a	2a	2a	2m	3
Oxalis acetosella	2m	2a	2m	2m	2a
Lonicera caerulea	3	3	+		
Dryopteris expansa	+	r	1		
Avenella flexuosa	2a	2m		2b	3
Rhododendron ferrugineum		2b	3	2b	3
Vaccinium gaultherioides				2a	+
Alnus alnobetula				+	
Homogyne alpina		+			
Juniperus communis ssp. nana			r		1

Abbildung 52. Ergebnisse der Vegetationsaufnahme im Zirbenwald in der Nähe von Obergurgl.



Abbildung 53. 5x5 m Plot im Zirbenwald auf einer homogenen Fläche.

Fünf Arten kamen in jedem Plot vor (*Pinus cembra*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idea*, *Calamagrostis villosa*, *Oxalis acetosella*). Vier Arten kommen nur einmal vor: *Vaccinium gaultherioides* und *Alnus alnobetula* in Plot 2, *Homogyne alpina* in Plot 3 und *Juniperus communis* ssp. *nana* in Plot 4. Von der Artenverteilung her ähneln sich Plot 1 und Plot 3, da in beiden *Lonicera caerulea*, *Avenella flexuosa* und *Dryopteris expansa* in ähnlicher Deckung vorkommen. Plot 3 zeigt ein paar Differenzen zu den anderen Plots. Zum einen ist hier mit 10 Arten die größte Artenanzahl zu finden, jedoch sind die Unterschiede nicht groß (Artenzahlen von 8 bis 10). Zum anderen findet sich hier die geringste Baumdeckung mit nur 35%. *Pinus cembra* hat mit dem Deckungsgrad 3 die geringste Zahl. Dies könnte das Vorkommen von *Homogyne alpina*, welche mit einer Lichtzahl von 6 relativ viel Licht benötigt (Ellenberg, 1982), erklären (Abb. 53).

Artenliste

Standort	Gattung	Art	Familie
Straßenrand	<i>Alnus</i>	<i>alnobetula</i>	Betulaceae
	<i>Alopecurus</i>	<i>pratensis</i>	Poaceae
	<i>Deschampsia</i>	<i>cespitosa</i>	Poaceae
	<i>Geranium</i>	<i>sylvaticum</i>	Geraniaceae
	<i>Peucedanum</i>	<i>ostruthium</i>	Apiaceae
	<i>Rhinanthus</i>	<i>glacialis</i>	Orobanchaceae
	<i>Rumex</i>	<i>alpestris</i>	Polygonaceae
	<i>Trifolium</i>	<i>pratense</i> ssp. <i>nivale</i>	Fabaceae
	<i>Trollius</i>	<i>europaeus</i>	Ranunculaceae
Zirbenweg	<i>Atocion</i>	<i>rupestre</i>	Caryophyllaceae
	<i>Avenella</i>	<i>flexuosa</i>	Poaceae
	<i>Betula</i>	<i>pendula</i>	Betulaceae
	<i>Calamagrostis</i>	<i>villosa</i>	Poaceae
	<i>Campanula</i>	<i>barbarta</i>	Campanulaceae
	<i>Hieracium</i>	<i>alpinum</i>	Asteraceae
	<i>Juniperus</i>	<i>communis</i> ssp. <i>nana</i>	Cupressaceae
	<i>Larix</i>	<i>decidua</i>	Pinaceae
	<i>Letharia</i>	<i>vulpina</i>	Parmeliaceae
	<i>Loiseleuria</i>	<i>procumbens</i>	Ericaceae
	<i>Lonicera</i>	<i>caerulea</i>	Caprifoliaceae
	<i>Luzula</i>	<i>luzuloides</i>	Juncaceae
	<i>Luzula</i>	<i>multiflora</i>	Juncaceae
	<i>Melampyrum</i>	<i>sylvaticum</i>	Orobanchaceae
	<i>Melampyrum</i>	<i>pratense</i>	Orobanchaceae
	<i>Nardus</i>	<i>stricta</i>	Poaceae

	<i>Pinus</i>	<i>cembra</i>	Pinaceae
	<i>Potentilla</i>	<i>erecta</i>	Rosaceae
	<i>Rhododendron</i>	<i>ferrugineum</i>	Ericaceae
	<i>Rumex</i>	<i>alpinus</i>	Polygonaceae
	<i>Salix</i>	<i>myrsinifolia</i>	Salicaceae
	<i>Scorzoneroides</i>	<i>helvetica</i>	Asteraceae
	<i>Sorbus</i>	<i>aucuparia</i>	Rosaceae
Moor	<i>Carex</i>	<i>nigra</i>	Cyperaceae
	<i>Carex</i>	<i>vesicaria</i>	Cyperaceae
	<i>Carex</i>	<i>pauciflora</i>	Cyperaceae
	<i>Carex</i>	<i>magellanica</i>	Cyperaceae
	<i>Carex</i>	<i>echinata</i>	Cyperaceae
	<i>Eriophorum</i>	<i>angustifolium</i>	Cyperaceae
	<i>Eriophorum</i>	<i>vaginatum</i>	Cyperaceae
	<i>Juncus</i>	<i>filiformis</i>	Juncaceae
	<i>Pinguicula</i>	<i>leptoceras</i>	Lentibulariaceae
	<i>Sphagnum</i>	<i>capillifolium</i>	Sphagnaceae
	<i>Trichophorum</i>	<i>cespitosum</i>	Cyperaceae
Zwergstrauchheide	<i>Agrostis</i>	<i>rupestris</i>	Poaceae
	<i>Calluna</i>	<i>vulgaris</i>	Ericaceae
	<i>Empetrum</i>	<i>hermaphroditum</i>	Ericaceae
	<i>Festuca</i>	<i>rubra</i>	Poaceae
	<i>Gentiana</i>	<i>punctata</i>	Gentianaceae
	<i>Luzula</i>	<i>lutea</i>	Juncaceae
	<i>Phytheuma</i>	<i>hemisphaericum</i>	Campanulaceae
	<i>Phytheuma</i>	<i>betonicifolium</i>	Campanulaceae
	<i>Pinus</i>	<i>mugo</i>	Pinaceae
	<i>Poa</i>	<i>remota</i>	Poaceae
	<i>Pulsatilla</i>	<i>vernalis</i>	Ranunculaceae
	<i>Silene</i>	<i>vulgaris</i>	Caryophyllaceae
	<i>Trifolium</i>	<i>alpinum</i>	Fabaceae
	<i>Vaccinium</i>	<i>gaultherioides</i>	Ericaceae
	<i>Vaccinium</i>	<i>myrtillus</i>	Ericaceae
	<i>Vaccinium</i>	<i>vitis-idaea</i>	Ericaceae

Hohe Mut: Tag 2 (11.7.2023)

Sarah Brach, Verena Felgitsch, Nora Rainer und Johanna Thiede



Abbildung 54.
Gebiet Tag 2.

Geographie und Geologie

Der zweite Exkursionstag begann auf der Hohen Mut, auf 2653 hm (alpine Stufe). Die Hohe Mut befindet sich südwestlich von Obergurgl und ist Teil der Ötztaler Alpen. Blickt man von der Hohen Mut Richtung Mutsattel erstreckt sich auf der linken Seite das Gaisbergtal, auf der rechten Seite das Rotmoostal. In beiden Tälern sind End- und Seitenmoränen vom Gletscherrückzug zu erkennen. Von der Hohe Mut aus sind 21 Dreitausender und mehrere Gletscher sichtbar, unter anderem der Königskogel, der Granatenkogel, die Hohe First, der Kirchenkogel, die Seelenkogel und der Hangerer.

Geologisch betrachtet befindet sich die Hohe Mut zwischen dem Ötztal-Stubai-Kristallin und dem Schneebergkomplex. Das Ötztal-Stubai-Kristallin besteht aus metamorphem Gestein, das während seiner Entstehung mehrere Umwandlungsphasen durchlaufen hat. Hierbei finden sich Paragneise, Glimmerschiefer, Quarzit, Orthogneis, Amphibolit,

Eklogit und in geringerem Maße Marmor. Im Gegensatz dazu setzt sich der Schneebergkomplex aus gelblich-grauen Marmoren, Amphiboliten, Hornblendschiefern, harten Quarziten, Glimmerschiefern und gut ausgebildeten Granaten zusammen.

Auf der Hohe Mut selbst überwiegen Silikat enthaltende Paragneise und Glimmerschiefer, die einen sauren Untergrund bilden und somit für eine eher spärliche Flora verantwortlich sind.

Standorte, Ökologie und Vegetation

Der Gipfel der Hohen Mut wird beweidet. Dies lässt sich anhand der Beweidungszeiger *Deschampsia cespitosa*, *Nardus stricta* und *Cirsium spinosissimum* sowie fäkaler Überreste ablesen. Auf der Hohen Mut findet, bis auf kleingewachsene Zirben oberhalb der Waldgrenze, kein Baumwachstum statt. Stattdessen ist ein Krummseggen-Rasen (*Caricetum curvulae*) in verschiedenen Ausprägungen zu finden. Eine Besonderheit der Pflanzengesellschaft ist der große Anteil an Flechten, welche die Biomasse der Samenpflanzen übersteigt. Die Ausprägung des Krummseggen-Rasens findet entlang eines Trockenheitsgradienten von trockenen und eher windexponierten Stellen bis feuchteren Ausprägungen mit längerer Schneebedeckung statt. Typische Charakterarten des Krummseggen-Rasens sind beispielsweise *Carex curvula* s.str., *Veronica bellidioides* und Begleitarten wie *Agrostis rupestris* oder *Avenula versicolor*. Dichte Bestände von *Carex curvula* bilden meistens keine Blüten, sondern nur die lockeren am Rande und an Windkanten gelegen. Windkanten sind exponiert und befinden sich im trockenen Bereich und werden beispielsweise durch *Oreochloa disticha* und *Loiseleuria procumbens* charakterisiert. Feuchtere Bereiche werden hingegen durch Arten wie *Mutellina adonidifolia* und *Primula glutinosa* charakterisiert.

Wenn in dieser Höhe der Schnee auf einigen Flächen länger liegen bleibt, bilden sich sogenannte Schneetälchen. Diese Flächen sind nicht länger als drei Monate schneefrei. Arten, welche unter diesen Bedingungen wachsen können, sind beispielsweise *Gnaphalium supinum*, *Sibbaldia procumbens* und *Salix herbacea*. Sowohl das Moos *Polytrichum sexangulare* als auch die Flechte *Solorina crocea* können gut unter diesen Bedingungen wachsen. Beide Arten können jedoch auch bei kürzerer schneefreier Zeit vorkommen.



Abbildung 55. Nahaufnahme des Vegetationstyps Krummseggen-Rasen (*Caricetum curvulae*) auf der Hohen Mut mit der gleichnamigen Charakterart *Carex curvula*.

Der Abstieg erfolgte am Nordosthang des Mutsattels in das Gaisbergtal. Am Hang finden sich typische Arten von Schuttgesellschaften wie *Androsace alpina*, *Oxyria digyna* oder *Geum reptans*. Weiter unten auf der Seitenmoräne des Gaisbergferners wird der Einfluss der basischen Gesteine des Schneebergmassivs deutlich. Hier treten auch kalkliebende Arten wie *Dryas octopetala* und *Linaria alpina* auf. Sie teilen sich den Standort mit Arten des Gletschervorfelds, zum Beispiel *Trifolium pallescens*, *Artemisia mutellina* und *Salix reticulata*. Eine besondere Seltenheit auf der Seitenmoräne war der Lappland-Spitzkiel *Oxytropis lapponica*. Der größte jüngere Vorstoß des Gaisbergferners in der Mitte des 19. Jahrhunderts ist deutlich an der untersten Endmoräne zu erkennen, seitdem folgt die Vegetation dem Rückgang des Gletschers bergaufwärts. Am Gletscherbach finden sich Quellfluren, die zum Ausgang des Tals hin zunehmend ein Mosaik mit Niedermooren bilden.

Minimalflächenbestimmung und Braun-Blanquet Aufnahmen

Mithilfe der Minimalflächenanalyse wird die minimale Größe von Aufnahmeflächen für die Vegetationsanalyse bestimmt. In einem Quadrat von 25 cm x 25 cm werden alle Arten aufgenommen. Die Fläche wird zu einem Rechteck von 50 cm x 25 cm vergrößert und alle

neuen Arten aufgenommen, die Artenzahl wird addiert. Die Fläche wird zu einem Quadrat von 50 cm x 50 cm vergrößert und nach demselben Prinzip vorgegangen. Dieser Vorgang wiederholt sich, bis eine Gesamtflächengröße von 4 m x 4 m erreicht wird.

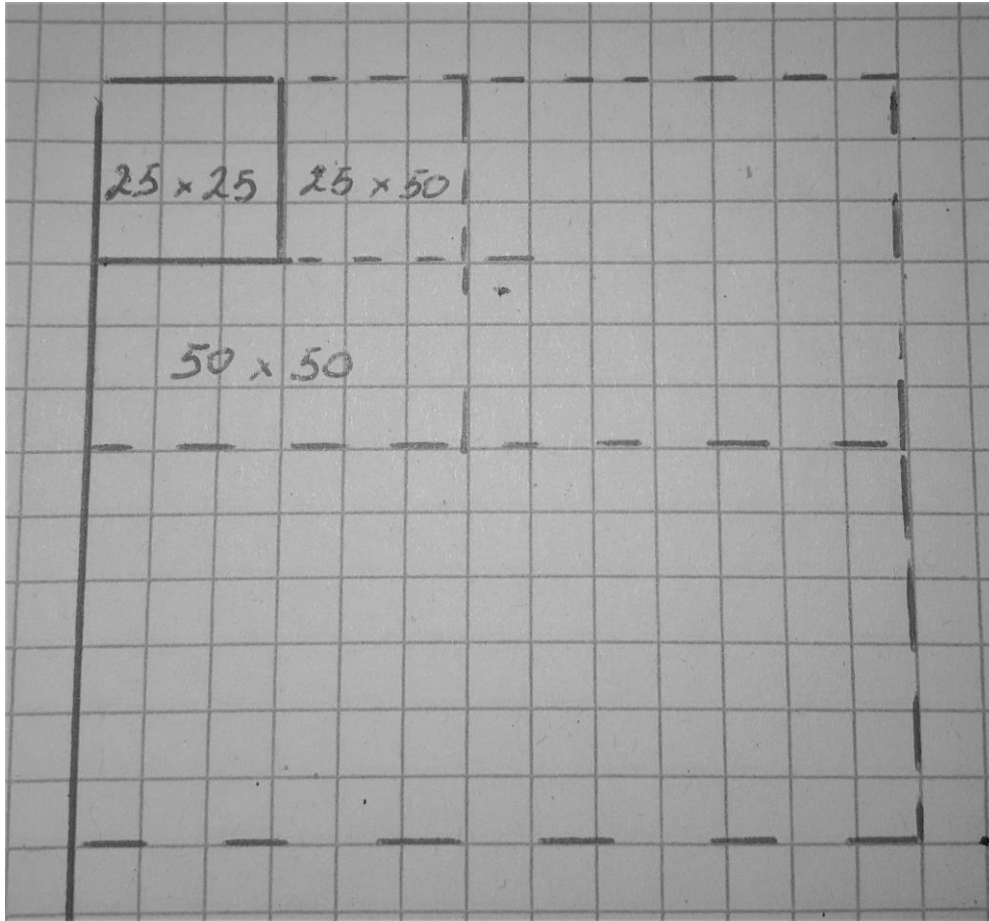


Abbildung 56.1. Beispielaufbau einer Minimalflächenanalyse

Bei einer Größe von 1 m x 1 m wurde zusätzlich eine Vegetationsaufnahme nach Braun-Blanquet gemacht. Bei der Auswertung wird festgestellt, ab welcher Flächengröße sich die Anzahl der Arten nicht mehr signifikant vergrößert. Die Minimalfläche wird an der Flächengröße festgelegt, an der sich der Aufwandaufwand und die Relevanz der Ergebnisse (signifikanter Teil der Arten) optimal überschneiden.



Abbildung 56.2. Aufnahme des Plots für die Minimalflächenanalyse auf der Hohen Mut.

Die Auswertung erfolgte zunächst auf Artniveau und ergab insgesamt ein stimmiges Bild in Verbindung mit dem Standort. Plot 6 und 2 enthielten in größeren Anteilen Arten wie *Loiseleuria procumbens*, *Vaccinium vitis-idaea* oder *Persicaria vivipara*, welche auf die Trockenheit des Standortes hinweisen. Plot 1, 3, 4, 7, 8 und 9 hingegen enthalten Arten, die auf einen feuchteren Standort hinweisen (Abb. 57). Dazu gehören beispielsweise die Arten *Mutellina adonidifolia*, *Potentilla aurea* und *Geum montanum*. Die Art *Primula glutinosa*, welche eigentlich ein Feuchtigkeitszeiger ist, kommt bei den Aufnahmen vermehrt in den eher trockenen Plots vor. Gründe dafür könnten zum Beispiel der kleine Datensatz sein, in dem solche Ausreißer mehr auffallen als es in einem größeren Datensatz der Fall wäre. Des Weiteren wurden die Aufnahmen von mehreren verschiedenen Personen durchgeführt, welche sich noch in der Ausbildung befinden und keine Experten auf diesem Gebiet sind.

	Plot 6	Plot 2	Plot 3	Plot 8	Plot 1	Plot 4	Plot 7	Plot 9
<i>Loiseleuria procumbens</i>	3 2b						+	
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	1	1						
<i>Persicaria vivipara</i>	1 2m						1	
<i>Kobresia myosuroides</i>	1							
<i>Mutellina adonidifolia</i>			2a	2a	1	1		1
<i>Primula glutinosa</i>	1	1					1	
<i>Potentilla aurea</i>			2m	2a	2a	2b	+	2a
<i>Nardus stricta</i>			1	1		+		
<i>Geum montanum</i>			3 2b	2a	2a			2b
<i>Gnaphalium supinum</i>			1			1	1	+
<i>Salix herbacea</i>	1	1						
<i>Sibbaldia procumbens</i>			+	1		1	1	
<i>Soldanella pusilla</i>						1		

Abbildung 57. Ausschnitt der Artenliste mit Einordnung nach Standortbedingungen und Plots.

Bei den Ergebnissen der Minimalflächenanalyse fällt auf, dass bei Plot 1 (Abbildung 58) die Minimalfläche bei der dritten Vergrößerung der Fläche (50x50cm) erreicht ist, da der Anstieg der Arten mit jeder weiteren Vergrößerung nicht mehr signifikant zunimmt. Die wenigen Arten, die später noch hinzukommen, stehen in keinem Verhältnis zur Größe der Aufnahme­fläche und dem damit verbundenen Aufwand. Bei Plot 3 (Abbildung 58) befindet sich die Minimalfläche bei der fünften Vergrößerung (100x100cm). Bei Plot 5 (Abbildung 59) befindet sich die Minimalfläche bei der sechsten Vergrößerung (100x200cm), unter Berücksichtigung, dass nach der dritten Vergrößerung die Artenzunahme stagniert, bevor sie dann noch einmal signifikant ansteigt.

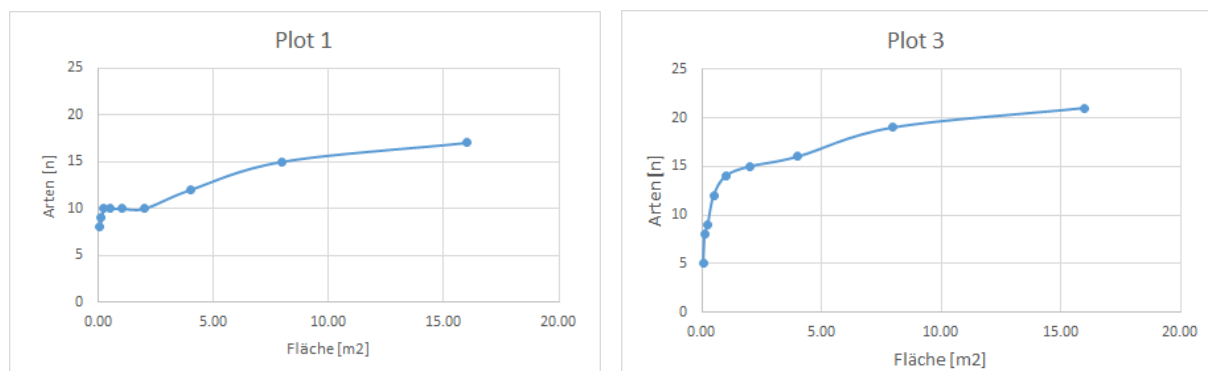


Abbildung 58. Ergebnisse der Minimalflächenanalyse für Plot 1 und Plot 3. Auf der X-Achse ist die Flächengröße und auf der Y-Achse die Anzahl der Arten angegeben.

Bei Plot 8 (Abbildung 59) befindet sich die Minimalfläche auch bei der sechsten Vergrößerung (100x200cm). Alle vier Plots weisen vor allem Arten von eher feuchteren Standorten auf. Auffällig ist, dass die Minimalfläche bei Plot 1 früher erreicht wird als bei den anderen drei Plots. Auch die Anzahl der Arten ist bei Plot 1 am geringsten und bei Plot 8 am höchsten. Dabei ist auch auffällig, dass Plot 8 durch das Aufkommen vieler nährstoffreicher Pflanzen wie *Gentiana punctata* oder *Deschampsia cespitosa* sich von den anderen Flächen unterscheidet.

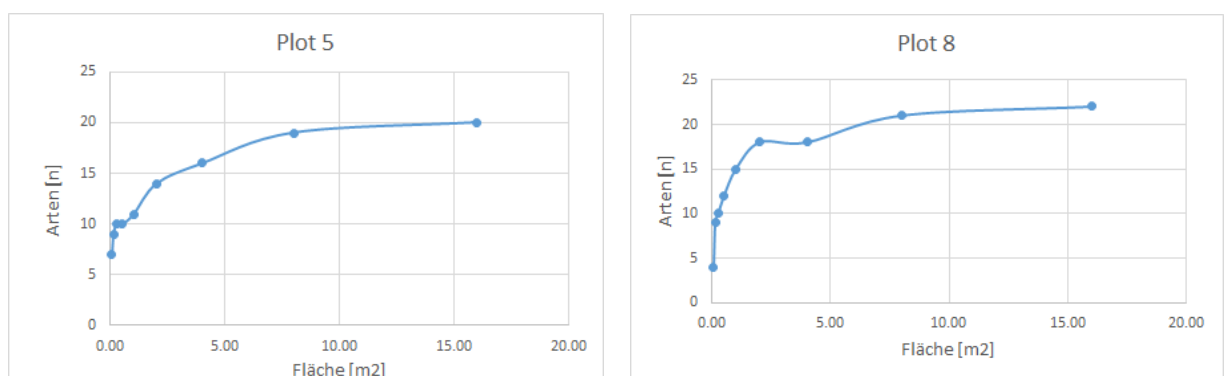


Abbildung 59. Ergebnisse der Minimalflächenanalyse für Plot 3 und Plot 5. Auf der X-Achse ist die Flächengröße und auf der Y-Achse die Anzahl der Arten angegeben.

Artenliste “Felsspalte”

Art	Familie	Kommentar / Merkmale
<i>Minuartia sedoides</i> (L.) Hiern / <i>Cherleria</i> <i>sedoides</i> L.	Caryophyllaceae	Wuchshöhe 2 - 6 cm, halbkugelige Polster, Grundachse verästelt, Sprosse unten abgestorben, oben dicht beblättert, zwittrige Blüte, fünfzählig, doppelte Blütenhülle, KrB fehlend oder fädlich grünlich weiß, Kapselfrucht
<i>Poa laxa</i> Haenke	Poaceae	<i>laxa</i> = schwach, schlaaffe Sprosse, Blütezeit Juli bis August, LBScheide oberster StgKnoten, Ährchen eiförmig, 2-3 blütig, Rispenäste (trocken) kantig und

		mit dtl. Längsfurchen, nur auf stark sauren Böden
<i>Primula hirsuta</i> All.	Primulaceae	immergrüne ausdauernd krautige Pflanze, saures Gestein, große Laubblätter in grundständiger Rosette, gekerbt, klebrig drüsig (Trichome an allen grünen Pflanzenteilen), doldiger Blütenstand, zwittrige Blüte radiärsymmetrisch und fünfzählig, KrB rosa bis violett, weißer Schlund
<i>Saxifraga bryoides</i> L.	Saxifragaceae	“Königin der Felsspalten”, ausdauernd krautig, flache dichte Polster, grundständige Rosette, schmal lanzettliche Blattspreite mit Stachelspitze, bewimpert, nach innen gebogen, wechselständige Stängelblätter, zwittrige Blüte radiärsymmetrisch, weiße KrB, fünfzählig, weiß mit orangegelben Punkten, 2 Griffel
<i>Sedum alpestre</i> Vill.	Crassulaceae	kahle sukkulente ausdauernde Pflanze, 2 - 8 cm groß, dicht beblätterter Stängel, LB fleischig, keulig-zylindrisch, vorderes Drittel verdickt, rot überlaufen, wechselständig, fünfzählige radiärsymmetrische zwittrige Blüte, KrB gelb
<i>Silene exscapa</i> All.	Caryophyllaceae	ähnlich <i>S. acaulis</i> (Polsterpflanze), LB nur 3-6 mm, Blütenstiele kaum über 5 mm, etwas geflügelt, KrB lila
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	Ericaceae	derb, “Punkte” auf der LB Unterseite, immergrün

Artenliste “Alpine Stufe”

Art	Familie	Kommentar / Merkmale
<i>Cirsium spinosissimum</i> L.	Asteraceae	weißl. Hüllblätter, Blüte kugelig, gelb
<i>Deschampsia cespitosa</i> L.	Poaceae	Weidezeiger, raue Blätter, gerillt, glänzend hellgrün, Blätter breit, Horstig
<i>Nardus stricta</i> L.	Poaceae	Weidezeiger, Blütenstd. Lange dunkle Ähre, Horstig

Artenliste “Krumm-Seggen-Rasen”

Art	Familie	Kommentar / Merkmale
<i>Agrostis rupestris</i> All.	Poaceae	offene Rispen, kleine Ährchen, 1 Blüte pro Ähre, lange schmale Ligula
<i>Anthoxanthum alpinum</i> A.&D. Löve	Poaceae	Cumarin Geruch, Ährenartige Rispe, Blätter discolor, Oberseite bläul., Unterseite grün glänzend, Grannen
<i>Avenula versicolor</i> Vill.	Poaceae	Wenn häufig auch Weidezeiger, Blütenstd. Rot/grün, lange Grannen, spitze lange Ligula,

		Blätter blau-grün
<i>Carex curvula</i> All.	Cyperaceae	dünne Blätter, spitze verbrannt, Blattscheide nicht glänzend (<i>Kopresia</i> glänzend), klonale Vermehrung, an Windkanten blühend
<i>Cetraria islandica</i> L.	Parmeliaceae	Polsterförmig wachsende Strauchflechte, Medizinisch eingesetzt gegen Husten
<i>Festuca halleri</i> All.	Poaceae	Rispe bläul. Violett überlaufen, dünne eingerollte Blätter, lange Grannen, keine Ligula
<i>Geum montanum</i> L.	Rosaceae	Laubblätter von Spitze zu Blattgrund kleiner werden, Blüte gelb, 5-zählig, manchmal mit dunkel gelben Flecken
<i>Homogyne alpina</i> L.	Asteraceae	Nierenförmige, derbe Grundblätter, Blattoberseite dunkelgrün glänzend, Stengel behaart
<i>Leucanthemopsis alpina</i> L.	Asteraceae	ähnl. Mageritke, weiße Zungen, Hüllblätter mit dunklem Rand, gefiederte Laubblätter
<i>Oreochloa disticha</i> Wulfen	Poaceae	Ährchen in 2 Reihen angeordnet, Schwarz/weiße Ährchen
<i>Phyteuma hemisphaericum</i> L.	Campanulaceae	Grundblätter sehr schmal -> Grasartig, Blütenstd. Rund
<i>Poa alpina</i> L.	Poaceae	meist zerschlitztes Blatthäutchen, Stengel am Grund durch Blattscheiden zylindrisch verdickt, oft vivipar
<i>Potentilla aurea</i> L.	Rosaceae	anliegende Behaarung an Blattrand dadurch silbrig glänzend, Blüte gelb, 5-zählig
<i>Pulsatilla vernalis</i> L.	Ranunculaceae	empfindlich zu Beweidung, Blüten werden gern gefressen, weniger zerteilte Blätter als bei <i>P. alpina</i>
<i>Rhizocarpon geographicum</i> L.	Rhizocarpaceae	auf Silikatgestein
<i>Scorzoneroides helvetica</i> L.	Asteraceae	Korb in Stengel keilförmig übergehen, Hüllblätter Stengel runter gehender Übergang
<i>Veronica bellidioides</i> L.	Plantaginaceae	Blattrosette + Stengelblätter, Blätter klein, gezähnt + behaart

Artenliste "hydrophile Krumm-Seggen-Rasen" und "Schneetälchen"

Art	Familie	Kommentar / Merkmale
<i>Cardamine alpina</i> L.	Brassicaceae	unverzweigt, kahl, Stengelblätter 1+3, ungeteilt
<i>Gnaphalium supinum</i> L.	Asteraceae	sehr klein, weiß behaart
<i>Icmadophila ericetorum</i> L.	Icmadophilaceae	besonders in Obergurgel

<i>Luzula alpinopilosa</i> Chaix	Juncaceae	Grundblätter längere Büschel
<i>Mutellina adonidifolia</i> Gutermann	Apiaceae	Feuchtezeiger, weiß/rosa Blüten, in abgeflachter Doppeldolde, Blätter fein zerteilt,
<i>Persicaria vivipara</i> L.	Polygonaceae	Blätter längl. Lanzettlich, gestielt, Blüte weiß
<i>Polytrichum sexangulare</i> G.L.M.	Polytrichaceae	Klassische Schneerasen, Kalkmeidend, dichte Rasen, dunkelgrün, Blätter wenn trocken dicht anliegend
<i>Primula glutinosa</i> Wulfen	Primulaceae	Charakterart, Blüte lila, drüsig, klebrig
<i>Salix herbacea</i> L.	Salicaceae	niedrig, sommergrüner, kriechender Zwergstrauch, verholzter Stamm unterirdisch, von oben 2 Blätter
<i>Sibbaldia procumbens</i> L.	Rosaceae	Charakterart Schneetälchen, Blatt mit 3 Spitzen
<i>Solarina crocea</i> L.	Peltigeraceae	bei langer Schneedauer, Oberseite grau, Unterseite leuchtend orange
<i>Soldanella pusilla</i> L.	Primulaceae	Stengel 1 blütig, Blüte nickend, nierenförmige Blätter, blüht sobald Schneedecke dünn genug, macht schon in vorheriger Saison Knospen, bleiben solange in Ruhezustand -> weniger Konkurrenz
<i>Thamnolia vermicularia</i> ACH. EX. Schaer	Icmadophilaceae	Totengebein-Flechte

Artenliste "Windkante" (Tag 2 - 11.07.23 - Hohe Mut)

Art	Familie	Kommentar / Merkmale
<i>Agrostis alpina</i> All.	Poaceae	kleine dichte Horste, untere Blattscheiden, braun/rötl. glänzend, kleine Ausläufer mit Schuppen
<i>Carex atrata</i> L.	Cyperaceae	dicke, dunkle Ähren
<i>Festuca halleri</i> All.	Poaceae	Bestandteil K.-S., aber bildet eigene Gesellschaft im Trockenen, keine Ligula, klein, schmale/runde Blätter
<i>Kobresia myosuroides</i> Vill	Cyperaceae	Blütenstd. dünne Ähre, sonst ähnl. <i>Carex curvula</i> , aber Blütenscheiden braun glänzend, gerne auf sandigen Schotter, steile Hänge
<i>Lloydia serotina</i> L.	Liliaceae	trocken, felsig, Blüte weiß, knittrig
<i>Loiseleuria procumbens</i> L.	Ericaceae	Zwergstrauch, kleine rosa Blüten
<i>Oreochloa disticha</i> Wulfen	Poaceae	Charakterart, Trockenzeiger, dichter Blütenstd., Ährchen in zwei Reihen, schwarz/weiß, schmale/runde Blätter, mit Ligula
<i>Pedicularis kernerii</i> Dalla Torre	Orobanchaceae	zygomorphe Blüte mit Doppelhülle, lila

Art	Familie	Kommentar / Merkmale
<i>Vaccinium gaultherioides</i> L.	Ericaceae	trocken, von Oben zwei Blätter sichtbar, niedrig wachsend

Beilstein: Tag 3 (12.7.2023)

Lukas Janke, Moritz Stegner und Felix Wetzels

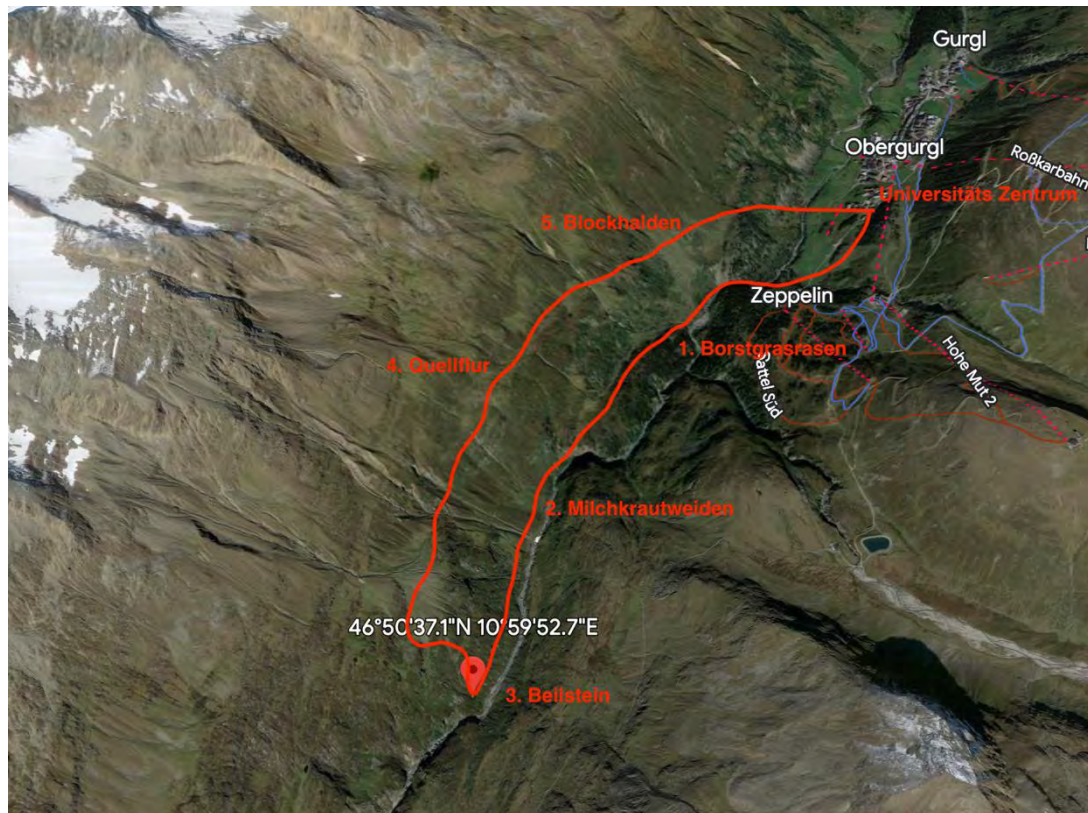


Abbildung 60. Tagesstationen der Exkursion vom 12.7.2023 vom Universitätszentrum zum Beilstein (3.). Die Wanderung führte über Borstgrasrasen (1.) und Milchkrautweiden (2.). Der Weg zurück führte uns über Quellfluren (4.) und zuletzt Blockhalden (5.).

Standorte, Ökologie und Vegetation

Wir starteten vom Universitätszentrum und machten unseren ersten Halt bei einem Hang mit Borstgrasrasen (Abb. 60.1). Das Gebiet wurde von Kühen beweidet und wies daher auch typische Weidezeiger wie *Deschampsia cespitosa* und *Nardus stricta* auf (Verweis auf Präsentation Felix Wetzels). Diese werden aufgrund ihrer derben Blätter von Weidetieren verschmäht. Weitere Arten aus verschiedenen Vegetationseinheiten waren *Silene nutans*, *Briza media* und *Carex sempervirens*. Es kamen auch Nährstoffzeiger eutrophierter Wiesen und Weiden wie *Rumex alpestris* und *Ranunculus acris* vor.



Abbildung 61. Borstgrasrasen.

Des Weiteren querten wir bei unserer Tagesexkursion aufgelassene Weiden mit Anklängen von Hochstaudenfluren. Charakteristische Arten der Hochstaudenfluren waren hier u. a. *Allium victorialis*, *Epilobium angustifolium*, *Myosotis decumbens*, *Senecio hercynicus* und *Valeriana officinalis*. Außerdem traten auch Zwergstrauchheiden-Arten wie *Pedicularis tuberosa*, *Campanula scheuchzeri* und die Orchidee *Nigritella rhellicani* auf. In einer Senke sahen wir eine typische Lägerflur mit Dominanz des Nährstoffzeigers *Rumex alpinus*.



Abbildung 62. Aufgelassene Weiden mit Anklängen von Hochstaudenfluren und Zwergstrauchheiden.

In der Nähe eines Niedermoores um den Manigenbach machten wir Halt bei Weideflächen mit *Leontodon hispidus* und *Crepis aurea* (Abb. 60.2), die aufgrund des Vorkommens dieser Arten Milchkrautweiden genannt werden (Verweis auf Präsentation Felix Wetzel). *Leontodon hispidus* ist eine einkörbige Cichoroideae mit gelben Zungenblüten und max. zwei Schuppenblättern am Stängel im Unterschied zu *Scorzoneroidees helvetica*. Die meistens grob gezähnten Blätter können kahl oder mit

verzweigten Haaren behaart sein. *Crepis aurea* hat leuchtend orange Zungenblüten und schwarz behaarte Hüllblätter, die Blätter sind tiefer gelappt als bei *Leontodon hispidus*.

Die nächste Station war der Beilstein (Abb. 60.3), ein vor ca. 9500 Jahren erstmals besiedelter Silikاتفelsen auf einem Plateau (Verweis auf Präsentation Moritz Stegner). Besiedelt wurde das Ötztal von Süden ausgehend, da der Zugang von Norden lange Zeit durch einen See bei Längenfeld versperrt war. Zu dieser Zeit lagen die Gletscher noch bis zu 50 m unterhalb des Plateaus, während der Hangerer Gletscher und ein Blockgletscher heute mehrere hundert Meter vom Beilstein entfernt zu sehen sind. Auf dem Beilstein wuchsen typische Silikاتفelsarten wie *Primula hirsuta*, *Juncus trifidus* sowie *Avenella flexuosa*.



(Links) **Abbildung 63.** Ruine am Beilstein. (Rechts) **Abbildung 64.** Blockgletscher.

Unterhalb des Lehnerkars am Zirmeggenkogel kamen wir an einer Quellflur (Abb. 60.4) mit den Klassencharakterarten *Cardamine amara* und *Saxifraga stellaris* vorbei. Unter den dort vorherrschenden nassen, gleichmäßig kalten Bedingungen, gediehen v. a. Moose, Algen und angepasste Gefäßpflanzenarten (Verweis auf Präsentation Klara Huber). Typische Moose waren *Philonotis fontana* und *Rhizomnium punctatum*. Als charakteristische Gefäßpflanzen kamen die Cyperaceae *Eriophorum angustifolium* und *Eriophorum vaginatum*, *Trichophorum cespitosum*, *Carex nigra* und *Carex frigida* vor. Des Weiteren traten u. a. die mehrkörbige Asteraceae *Willemetia stipitata* und die beiden

Epilobium-Arten *Epilobium nutans* mit nickenden Blüten und *Epilobium alsinifolium* mit Ausläufern auf.



Abbildung 65. Quellfluren.

Unser letzter Halt war eine Blockhalde zwischen Zöttachbach und Tribesbach (Abb. 60.5). Kennzeichnend für dieses Habitat mit relativ tief gelegenem Boden waren diverse Farne. Als Charakterart fanden wir *Cryptogramma crista*, dessen sterile und fertile Blätter eine unterschiedliche Morphologie haben. Weitere Farne dieses Lebensraums waren die ökologisch weiter verbreiteten Arten *Polystichum lonchitis*, *Phegopteris connectilis*, *Dryopteris expansa* mit nierenförmigen und *Athyrium filix-femina* mit beistrich-förmigen Sori sowie *Gymnocarpium dryopteris*, *Asplenium septentrionale* und *Polypodium vulgare*. In einer Lawinenrinne sahen wir noch das natürliche Habitat von *Alnus alnobetula*, die aufgrund ihrer stark biegsamen Zweige Lawinengänge tolerieren kann.



(Links) **Abbildung 66.** Blockhalden. (Rechts)

Abbildung 67. *Cryptogramma crispa*.



Abbildung 68. Lawinenrinne mit *Alnus alnobetula*.

Artenliste

Standort	Gattung	Art	Familie
Borstgrasrasen	Agrostis	capillaris	Poaceae
	Briza	media	Poaceae
	Carex	palleszens	Cyperaceae

	<i>Carex</i>	<i>sempervirens</i>	Cyperaceae
	<i>Festuca</i>	<i>nigrescens</i>	Poaceae
	<i>Geranium</i>	<i>sylvaticum</i>	Geraniaceae
	<i>Hieracium</i>	<i>pilosella</i>	Asteraceae
	<i>Hypericum</i>	<i>maculatum</i>	Hypericaceae
	<i>Phleum</i>	<i>rhaeticum</i>	Poaceae
	<i>Phyteuma</i>	<i>betonicifolium</i>	Campanulaceae
	<i>Pulsatilla</i>	<i>alpina</i> ssp. <i>apiifolia</i>	Ranunculaceae
	<i>Racomitrium</i>	<i>canescens</i>	Grimmiaceae
	<i>Ranunculus</i>	<i>acris</i>	Ranunculaceae
	<i>Ranunculus</i>	<i>villarsii</i>	Ranunculaceae
	<i>Rumex</i>	<i>alpestris</i>	Polygonaceae
	<i>Sempervivum</i>	<i>montanum</i>	Crassulaceae
	<i>Silene</i>	<i>vulgaris</i>	Caryophyllaceae
	<i>Thymus</i>	<i>praecox</i> ssp. <i>polytrichus</i>	Lamiaceae
	<i>Veronica</i>	<i>fruticans</i>	Plantaginaceae
Aufgelassene Weiden (Zwergstrauchheide/Hochstaudenflur)	<i>Alchemilla</i>	<i>vulgaris</i> agg.	Rosaceae
	<i>Anthoxanthum</i>	<i>alpinum</i>	Poaceae
	<i>Atocion</i>	<i>rupestre</i>	Caryophyllaceae
	<i>Calamagrostis</i>	<i>villosa</i>	Poaceae
	<i>Campanula</i>	<i>scheuchzeri</i>	Campanulaceae
	<i>Carduus</i>	<i>defloratus</i>	Asteraceae
	<i>Chaerophyllum</i>	<i>villarsii</i>	Apiaceae
	<i>Galium</i>	<i>anisophyllum</i>	Rubiaceae
	<i>Juncus</i>	<i>trifidus</i>	Juncaceae
	<i>Luzula</i>	<i>luzuloides</i>	Juncaceae

	<i>Luzula</i>	<i>alpina/multiflora</i>	Juncaceae
	<i>Myosotis</i>	<i>decumbens</i>	Boraginaceae
	<i>Nigritella</i>	<i>rhellicani</i>	Orchidaceae
	<i>Pedicularis</i>	<i>tuberosa</i>	Orobanchaceae
	<i>Potentilla</i>	<i>grandiflora</i>	Rosaceae
	<i>Rosa</i>	<i>pendulina</i>	Rosaceae
	<i>Silene</i>	<i>nutans</i>	Caryophyllaceae
	<i>Solidago</i>	<i>virgaurea</i>	Asteraceae
	<i>Trifolium</i>	<i>repens</i>	Fabaceae
	<i>Trifolium</i>	<i>badium</i>	Fabaceae
Typische Hochstaudenarten (Bäche/Rinnen)	<i>Valeriana</i>	<i>officinalis</i>	Valerianaceae
	<i>Allium</i>	<i>victorialis</i>	Amaryllidaceae
	<i>Epilobium</i>	<i>angustifolium</i>	Onagraceae
Milchkrautweiden	<i>Senecio</i>	<i>hercynicus</i>	Asteraceae
	<i>Agrostis</i>	<i>agrostiflora</i>	Poaceae
	<i>Avenella</i>	<i>flexuosa</i>	Poaceae
	<i>Crepis</i>	<i>aurea</i>	Asteraceae
	<i>Leontodon</i>	<i>hispidus</i>	Asteraceae
Beilstein	<i>Pseudorchis</i>	<i>albida</i>	Orchidaceae
	<i>Juncus</i>	<i>trifidus</i>	Juncaceae
	<i>Primula</i>	<i>hirsuta</i>	Primulaceae
Quellflur	<i>Rumex</i>	<i>alpinus</i>	Polygonaceae
	<i>Bartsia</i>	<i>alpina</i>	Orobanchaceae
	<i>Cardamine</i>	<i>amara</i>	Brassicaceae
	<i>Carex</i>	<i>frigida</i>	Cyperaceae
	<i>Carex</i>	<i>nigra</i>	Cyperaceae
	<i>Dactylorhiza</i>	<i>majalis</i>	Orchidaceae
	<i>Epilobium</i>	<i>nutans</i>	Onoagraceae
	<i>Epilobium</i>	<i>alsinifolium</i>	Onagraceae

	<i>Eriophorum</i>	<i>angustifolium</i>	Cyperaceae
	<i>Eriophorum</i>	<i>latifolium</i>	Cyperaceae
	<i>Philonotis</i>	<i>fontana</i>	Bartramiaceae
	<i>Pinguicula</i>	<i>leptoceras</i>	Lentibulariaceae
	<i>Rhizomnium</i>	<i>punctatum</i>	Mniaceae
	<i>Saxifraga</i>	<i>stellaris</i>	Saxifragaceae
	<i>Scorzoneroideis</i>	<i>helvetica</i>	Asteraceae
	<i>Trichophorum</i>	<i>cespitosum</i>	Cyperaceae
	<i>Willemetia</i>	<i>stipitata</i>	Asteraceae
Blockhalden (Farne)	<i>Asplenium</i>	<i>septentrionale</i>	Aspleniaceae
	<i>Athyrium</i>	<i>filix-femina</i>	Woodsiaceae
	<i>Cryptogramma</i>	<i>crispa</i>	Pteridaceae
	<i>Dryopteris</i>	<i>expansa</i>	Dryopteridaceae
	<i>Gymnocarpium</i>	<i>dryopteris</i>	Woodsiaceae
	<i>Phegopteris</i>	<i>connectilis</i>	Thelypteridaceae
	<i>Polypodium</i>	<i>vulgare</i>	Polypodiaceae
	<i>Polystichum</i>	<i>lonchitis</i>	Dryopteridaceae

Aufstieg zum Soomsee: Tag 4 (13.7.2023)

Daniel Baumgartner, Alessandro Fambri und Alexander Ulbrich



Abbildung 69. Route Tag 4.



Abbildung 70. Aufstieg zum Soomsee (© Alexander Ulbrich).

Geographie und Geologie

Südosthang gegenüber Obergurgl bis zum Soomsee; Silikatgestein.

Standorte, Ökologie und Vegetation

Um das nur für den Vormittag vorhergesagte gute Wetter zu nutzen, sind wir am Morgen des 13.07. auf den Hang gegenüber Obergurgl aufgestiegen. Um ein Fortschreiten der Verbuschung zu verhindern, werden die unteren Bereiche des Hangs heute mit staatlicher Förderung gemäht, wie das in der historischen Nutzung der Fall war. In diesem Bereich findet man auch Elemente von Goldhaferassen, einem der durch Natura 2000 Lebensraumtypen.



Abbildung 71. Zwergstrauchheide zwischen Felsblöcken (© Alexander Ulbrich).

Darüber anschließend tritt als einer der ersten Zeiger geringerer Beweidungsintensität *Juniperus communis* ssp. *nana* auf und man betritt den Gürtel der alpinen Zwergstrauchheiden. Hier findet sich ein Mosaik verschiedener Straucharten, vorwiegend aus der Familie Ericaceae. Typische Arten sind *Vaccinium myrtillus* und *Vaccinium vitis-idaea* und Begleiter wie *Carex sempervirens* oder *Campanula barbata*.

Die Standorte einiger Arten spiegeln gut ihre bevorzugten Umweltbedingungen wider. *Arctostaphylos uva-ursi* zum Beispiel ist resistenter gegenüber Temperaturschwankungen und Austrocknung als die anderen Pflanzen am Standort und ist deshalb häufig überhängend auf exponierten Felsen wachsend zu finden. *Rhododendron ferrugineum* ist empfindlich gegenüber Frostdrocknis und überlebt

deshalb nur in Bereichen mit tiefer Schneedecke. An der maximalen Höhe der Triebe kann man so auch die Höhe der Schneedecke abschätzen.

Insgesamt lässt sich innerhalb dieser Zwergstrauchheiden ein Vegetationsgradient in Abhängigkeit von der Bodenfeuchtigkeit erkennen: An besonders schattigen und damit feuchten Stellen, wie beispielsweise in Mulden oder zwischen Felsblöcken findet man *Rhododendron ferrugineum*, der auf feuchtere Bedingungen sowie eine lange Schneebedeckung angewiesen ist. An weniger feuchten Stellen treten dann vermehrt *Vaccinium*-Arten (*V. myrtilloides*, *V. vitis-idaea* und *V. gaultherioides*) als dominante Arten auf, die an besonders sonnigen und steilen Hängen von *Juniperus communis* ssp. *nana* sowie *Arctostaphylos uva-ursi* abgelöst werden. Vor Ort dominierten diese *Vaccinium*-Heiden mit *Juniperus communis* ssp. *nana* und *Arctostaphylos uva-ursi*, was gut zu den mittel-feuchten bis trockenen Bedingungen an diesem relativ steilen, süd-ost-exponierten Hang passte. Extrem trockene Standorte finden sich schließlich an den wind-exponiertesten Stellen innerhalb der Zwergstrauchheide.

Weiter oben haben wir an solch einer windgefügten Hangkante gestoppt. Die typischen Ericaceen dieser Standorte sind die nah am Boden liegende, kälteresistente *Loiseleuria procumbens* sowie *Empetrum hermaphroditum*. Solche Windkanten zeigen bereits eine Überschneidung mit den Arten der *Carex curvula*-Rasen, die oberhalb dieser Stelle die dominante Vegetation darstellen.

Gegen Mittag haben wir die Hangkante zu den Hochebenen gegenüber Obergurgl übertreten und den Soomsee auf ungefähr 2500 m erreicht, bei dem wir auf eine Schafherde trafen. Dem Wetterbericht entsprechend hat es kurz darauf zu regnen begonnen und wir haben den Rückweg angetreten. Am Fuße des Hanges angelangt, hatte der Regen bereits wieder aufgehört und Felix konnte den zweiten Teil seiner Präsentation zum Thema "Goldhaferwiesen" im Feld neben einer solchen vortragen. Den Nachmittag verbrachten wir dann im Seminarraum, wo die Präsentationen zum Thema "Nivale Stufe" (Alexander Ulbrich), "Moose der alpinen und subalpinen Stufe" (Sarah Brach) und "Menschliche Bedrohungen zu Lebensräumen des Hochgebirges" (Friederike Westrich) folgten.

Außerdem hatten wir noch einige Arten von Tag 2 (Hohe Mut) nachzubearbeiten, die wir aus Zeitgründen nicht mehr vor Ort besprechen konnten. Dabei handelte es sich um Arten, die wir 1) vom Hang hinunter ins Gaisbergtal und 2) von der Seitenmoräne des Gletschers am Talboden (sowie weiter unten gelegenen moorigen Bereichen) gesammelt haben. An beiden Standorten fanden sich vor allem alpine Polster und Rosettenpflanzen, sowie Pflanzen anderer Wuchsformen, die allesamt gut an das Leben auf Schutt bzw. Fels angepasst sind (*Saxifraga* sp., *Silene exscapa*, *Geum reptans*, *Oxyria digyna*, *Salix retusa*). Arten wie *Dryas octopetala*, *Oxytropis lapponica* und *Prizelago alpina* spiegelten zudem das Vorkommen von karbonatischem Gestein (v.a. Marmor) im Gaisbergtal wieder (für Artenlisten siehe Tag 2).

Artenliste

Art	Familie	Kommentar /merkmale
<i>Juniperus communis</i> ssp.. <i>nana</i>	Cupressaceae	
<i>Vaccinium myrtillus</i>	Ericaceae	
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	Ericaceae	
<i>Carex sempervirens</i>	Cyperaceae	steile Südhänge, horstig
<i>Atocion rupestre</i>	Caryophyllaceae	offene Stellen, saures Substrat
<i>Geranium sylvaticum</i>	Geraniaceae	
<i>Phyteuma betonicifolium</i>	Campanulaceae	
<i>Campanula barbata</i>	Campanulaceae	
<i>Laserpitium halleri</i>	Apiaceae	westliche Arealgrenze: Stubaier Alpen (Besiedelungsgeschichte!)
<i>Hypochaeris uniflora</i>	Asteraceae	
<i>Chaerophyllum villarsii</i>	Apiaceae	
<i>Epilobium angustifolium</i>	Onagraceae	zwischen <i>J. comunis</i> ssp. <i>nana</i>
<i>Alnus alnobetula</i>	Betulaceae	Lawinenrinne
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	Ericaceae	
<i>Ranunculus platanifolius</i>	Ranunculaceae	schmale, tief eingeschnittene Blattschnitte
<i>Senecio abrotanifolium</i>	Asteraceae	stark gefiederte Blätter
<i>Lilium martagon</i>	Liliaceae	
<i>Luzula luzuloides</i>	Juncaceae	

<i>Thesium alpinum</i>	Santalaceae	
<i>Helianthemum nummularium</i>	Cistaceae	
<i>Solidago virgaurea</i>	Asteraceae	
<i>Pedicularis tuberosa</i>	Orobanchaceae	
<i>Melanpyrum sylvaticum</i>	Orobanchaceae	
<i>Cotoneaster tomentosus</i>	Rosaceae	thermophil, weniger behaart, u'seits braunweiß
<i>Avenella flexuosa</i>	Poaceae	
<i>Gymnadenia conopsea</i>	Orchidaceae	
<i>Trifolium alpinum</i>	Fabaceae	
<i>Ranunculus nemorosus</i>	Ranunculaceae	Blütenstiele gefurcht, Blütenboden behaart
<i>Avenula versicolor</i>	Poaceae	
<i>Achillea moscata</i>	Asteraceae	
<i>Senecio carniolicus</i> agg.	Asteraceae	
<i>Juncus trifidus</i>	Juncaceae	
<i>Hieracium intybaceum</i>	Asteraceae	
<i>Anthoxantum alpinum</i>	Poaceae	
<i>Saxifraga paniculata</i>	Saxifragaceae	
<i>Calamagrostis villosa</i>	Poaceae	
<i>Agrostis agrostiflora</i>	Poaceae	
<i>Loiseleuria procumbens</i>	Ericaceae	Windkanten, trockene Windheiden
<i>Empetrum hermaphroditum</i>	Ericaceae	Windkanten, trockene Windheiden
<i>Carex curvula</i> s.str.	Cyperaceae	
<i>Carex myosuroides</i>	Cyperaceae	
<i>Salix serpyllifolia</i>	Salicaceae	
<i>Diphasiastrum alpinum</i>	Lycopodiaceae	
<i>Selaginella selaginoides</i>	Selaginellaceae	
<i>Juncus jacquinii</i>	Juncaceae	
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	Ericaceae	
<i>Arnica montana</i>	Asteraceae	
<i>Agrostis capillaris</i>	Poaceae	

Rotmoostal: Tag 5 (14.7.2023)

Klara Huber und Elias Nitz



Abbildung 72. Exkursionsgebiet vom Tag 5, Rotmoostal im inneren Ötztal. Wanderung vom Universitätszentrum Obergurgl zur Speicheranlage neben der Schönwieshütte. Vorbei am Niedermoor entlang der Rotmoosache hinein bis zum Gletscherstand von 1980.

Geographie und Geologie

Das Rotmoostal war den letzten Jahrtausenden starken Naturphänomenen ausgesetzt.

In der letzten Eiszeit wurde das Rotmoostal durch die massiven Eismassen der Gletscher geformt und abgehobelt. Gletscher (im Gegensatz zu Bächen und Flüssen) tragen auch Material von den Seitenflanken des Tals ab. Die Charakteristische U-Form (im Gegensatz zur V-Form bei Bächen) der ausgehöhlten Gletschertäler entsteht und werden Trogtäler genannt. Als sich die Gletscher von dem Maximum der letzten Eiszeit (ca. 20.000 Jahren) zurückzogen, kam ein leeres, vom Gletscher ausgeschürftes Tal zum Vorschein, welches am Anfang von Gletscherseen überzogen war.

Weitere charakteristische geologische Strukturen sind Moränen. Dies ist vom Gletscher aufgeschobenes Material, welches sich seitlich (Seitenmoräne) sowie an der Gletscherfront (Frontalmoräne) akkumuliert. Dies sind Zeitzeugen der Gletscherstände und werden zu Forschungsfragen (z.B. Sukzession von Vegetation) genau analysiert.



Abbildung 73. Rotmoostal im inneren Ötztal.

Im Laufe der Zeit, bei immer wärmeren klimatischen Bedingungen, begann die Primärsukzession im Rotmoostal. Die Vegetation der Uferbereiche begann sich über die Jahrtausende auszudehnen und aus dem (von der Rotmoosache) durchflossenen Gebirgsseen-Mosaik wurde ein großflächiges Niedermoor. Dieses war immer noch starken Schwankungen ausgesetzt, da es im Holozän immer wieder Gletschervorstöße, aber auch Gletscherrückzüge gab. Das rezente Moor im (Rotmoos) Talboden wurde auf 5.000 Jahre datiert. Durch den stetigen Wasserlauf der Rotmoosache ist das Niedermoor Veränderungen unterzogen und am Uferbereich wird das Niedermoor sukzessive erodiert. Dies gibt einen Einblick in die Vergangenheit und die verschiedenen Schichten können direkt vor Ort beobachtet werden.



Abbildung 74. Abbruchkante Niedermoor, Rotmoostal im inneren Ötztal.

Die dunklen Schichten sind reich an organischem Material und bilden Torfschichten. In diesem Fall Seggen-Torf. (Dieser ist nicht so reich an Kohlenstoff wie Sphagnum-Torf, wurde in der Obergurgler Vergangenheit aber trotzdem genutzt, um Felder zu düngen und Öfen zu heizen). In den organischen Schichten sind außerdem Makroreste von Sträuchern (wahrscheinlich *Alnus alnobetula* [Grünerle]) zu finden. Verglichen mit der rezenten Vegetation auf dieser Höhenstufe (wo keine Grünerlen in den Hängen vorhanden sind), deuten solche Fossilien darauf hin, dass im frühen Holozän die klimatischen Bedingungen das Wachstum von diesen Sträuchern auf den Hängen des Rotmoostals ermöglicht hat.

Die gräulichen Schichten beinhalten viel anorganisches Material wie, Kiesel, Ton und Schluff. Diese deuten auf Überflutungen des Niedermoores hin. Wenn auch größere Steinbrocken mit enthalten sind wurde das Moor von Hangabbrüchen oder Hangrutsche beeinflusst.

Standorte, Ökologie und Vegetation

Die rezente Vegetation im Rotmoostal ist durch die oben beschriebenen Prozesse und Begebenheiten sehr vielseitig. Die Bereiche hinter der letzten Frontalmoräne (Endmoräne von 1858) in Richtung Gletscher bezeichnet man als Gletschervorfeld.



Abbildung 75. Endmoräne 1858, Rotmoostal im inneren Ötztal.

1980: In Gletschernähe sind bodenbildende Prozesse und Primärsukzession der Start für das Voranschreiten der Vegetation und dem Folgen des Gletscherrückzugs. An solchen Standorten sind Arten wie *Saxifraga oppositifolia*, *Artemisia genipi*, *Arenaria ciliata*, aber auch Gräser wie *Festuca pumila* anzutreffen. Flechten wie *Stereocaulon alpinum* aber auch Moose (*Polytrichum sexangulare*) spielen eine wichtige Rolle in der Primärsukzession.



Abbildung 76. Gletschervorfeld (1980) mit *Stereocaulon alpinum*, Rotmoostal im inneren Ötztal.

1922: Weiter in orographischer Richtung wird die Vegetation dichter, je länger die Flächen eisfrei sind. Es siedeln sich Zwergweiden wie *Salix retusa* oder *Salix reticulata*, aber auch Polsterpflanzen wie *Silene exscapa* an. Wenn es durch bodenbildende Prozesse langsam zu einer Humusschicht kommt, werden Weidengebüsche mit vor allem *Salix helvetica* immer häufiger.

1916: Das Nacktried *Kobresia myosuroides* ist als Bergsteppenpflanze auf trockene Standorte angepasst und braucht eine dünne Rohhumusdecke. Windkanten auf basenreichen Gesteinen sind typische Standorte für diese Pflanze. Sie ist aber auch in Gletschervorfeldern zu finden und zeigt mit *Antennaria carpatica* wind gefegte trockenere Stellen an.

1858: In Wassernähe auf überrieselten Flächen spielen Sauergräser wie Seggen und andere Feuchtezeiger eine immer größere Rolle. *Carex bicolor*, *C. capillaris*, und *Juncus triglumis* sind gute Zeigerpflanzen für basophile Rieselfluren.

Vor 1858: In orographischer Richtung nach dem Gletschervorfeld werden auch die vom Gletscherwind geprägten Rieselfluren langsam von dem oben beschriebenen Niedermoor abgelöst. Die Vegetation wird von Seggen dominiert und Arten wie *Carex nigra* und *C. rostrata* bilden die großflächigen Riedflächen des Niedermoors im Rotmoostal. Weitere Sauergräser wie *Eriophorum angustifolium*, *E. vaginatum* und *Trichophorum cespitosum* sind bis ans Ende des Rotmoostal zu finden.

Artenliste

Art	Familie	Kommentar/merkmale
<i>Achillea moschata</i>	Asteraceae	Pionier auf offenem Boden
<i>Antennaria carpatica</i>	Asteraceae	Hüllblätter schwarz berandet
<i>Anthyllis vulneraria</i> ssp. <i>alpicola</i>	Fabaceae	späte Sukzession
<i>Arabis caerulea</i>	Brassicaceae	
<i>Arenaria ciliata</i>	Caryophyllaceae	
<i>Artemisia genipi</i>	Asteraceae	Pionierart Gletschervorfeld, Intermediärgestein
<i>Artemisia mutellina</i>	Asteraceae	Blätter gestielt und eingeschnitten
<i>Astragalus alpinus</i>	Fabaceae	
<i>Bartsia alpina</i>	Orobanchaceae	
<i>Campanula scheuchzeri</i>	Campanulaceae	
<i>Carex bicolor</i>	Cyperaceae	weiße Schläuche
<i>Carex capillaris</i>	Cyperaceae	
<i>Carex frigida</i>	Cyperaceae	nickender Kopf
<i>Carex lachenalii</i>	Cyperaceae	Schneeböden, kurze Ausläufer, gedrängte Ährchen
<i>Carex nigra</i>	Cyperaceae	dominante Niedermoorart
<i>Carex rostrata</i>	Cyperaceae	dominante Niedermoorart
<i>Comastoma tenellum</i>	Gentianaceae	4 blau Kronblätter, Schuppen in Krone, hält langer Schneebedeckung stand

<i>Erigeron uniflorus</i>	Asteraceae	
<i>Eriophorum angustifolium</i>	Cyperaceae	
<i>Eriophorum vaginatum</i>	Cyperaceae	
<i>Festuca pumila</i>	Poaceae	
<i>Gnaphalium hoppeanum</i>	Asteraceae	Intermediärgestein
<i>Juncus triglumis</i>	Juncaceae	Schneeböden
<i>Kobresia myosuroides</i>	Cyperaceae	
<i>Leontodon hispidus</i>	Asteraceae	
<i>Lloydia serotina</i>	Gagea	
<i>Minuartia gerardii</i>	Caryophyllaceae	
<i>Oxytropis halleri</i> s.str.	Fabaceae	
<i>Oxytropis lapponica</i>	Fabaceae	
<i>Parnassia palustris</i>	Celastraceae	
<i>Persicaria vivipara</i>	Orobanchaceae	
<i>Poa alpina</i>	Poaceae	
<i>Salix helvetica</i>	Salicaceae	
<i>Salix herbacea</i>	Salicaceae	Schneetälchen
<i>Salix retusa</i>	Salicaceae	
<i>Salix reticulata</i>	Salicaceae	Blatt unterseits behaart
<i>Saxifraga aizoides</i>	Saxifragaceae	von Bachgesellschaften bis zum Gletschervorfeld
<i>Saxifraga oppositifolia</i> s.str.	Saxifragaceae	
<i>Sedum atratum</i>	Crassulaceae	
<i>Silene excapa</i>	Caryophyllaceae	
<i>Stereocaulon alpinum</i>	Stereocaulaceae	Pionierart im Gletschervorfeld
<i>Tofieldia pusilla</i>	Tofieldiaceae	

<i>Trichophorum cespitosum</i>	Cyperaceae	auf Niedermoor-Erhebungen, gelbgrüne LB
<i>Trifolium badium</i>	Fabaceae	
<i>Trifolium pallescens</i>	Fabaceae	frühe Sukzessionsstadien, offene Bodenstellen
<i>Trifolium pratense</i> ssp. <i>nivale</i>	Fabaceae	auch auf Fettwiesen

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Karte über die Gesteine im Ötztal und um Obergurgl. Zu sehen sind die dominierenden Paragneise (pink), Glimmerschiefer (orange) und Marmorbänder (blau).

Abbildung 2. Standorte des ökologischen Langzeit-Messprogrammes in der Umgebung von Obergurgl.

Abbildung 3. Different horizons (layers) in a normal Soil (Pérez-Lucas, et al., 2019).

Abbildung 4. Struktur des Waldrenzökoton der Zentralalpen (Oberhuber und Wieser 2020).

Abbildung 5. Graphische Darstellung der Höhenlage der Waldgrenze in den Alpen ADDIN (Oberhuber und Wieser 2020).

Abbildung 6. Das Ausmaß und die Geschwindigkeit mit dem sich alpinen Pflanzen, als Antwort auf den Klimawandel umverteilen wird durch drei Kräfte beeinflusst und verzögert. Die Faktoren die für Ausbreitungs-, Etablierungs- und Aussterbeverzögerungen sorgen sind hier zusammengefasst. Es gibt Faktoren, die das Ausmaß der Verzögerungen erhöhen (spitze Pfeile) oder verringern (flache Pfeile). Es gibt Faktoren, die im Zusammenhang mit der Physiologie und Demographie der Schwerpunktarten stehen (Orange), welche die in Zusammenhang mit biotischen Interaktionen stehen (Grün) und welche die in Zusammenhang mit der physischen Umgebung stehen (Blau) (Alexander et al., 2017).

Abbildung 7. Speichersee im Rotmoostal, 14.07.2023.

Abbildung 8. Beilstein (<https://www.naturpark-oetztal.at/besuchen/hot-spots-kultur/am-beilstein/>).

Abbildung 9. Entdeckung Ötzis im Jahre 1991 (<https://www.nationalgeographic.de/geschichte-und-kultur/2019/11/forscher-rekonstruieren-oetzi-s-fieberhaften-letzten-aufstieg>).

Abbildung 10. Beginn des Skitourismus im Ötztal (<https://www.snowsociety.com/de/land-und-leute/geschichte-oetztal-historisch>).

Abbildung 11. Borstgrasrasen der Assoziation *Sieversio montanae*-*Nardetum strictae* Lüdi 1948, (© Patrice Prunier 2015; <https://imgproxy.infoflora.ch/yNX6QPPN60PA7jVFhQFGpA/rs:fill:200:150:1/g:sm/aHR0cHM6Ly93d3cuaW5mb2Zsb3JhLmNoL2RlLy9hc3NldHMvZGJfZG9jL3BoeXRvc3Vpc3NlLzlwMjMvMDIvMDkvMjQ0LmpwZw.jpg>)

Abbildung 12. Goldhaferwiese der Ausprägung *Trisetum flavescens* Rübel 1911 *typicum* (Mayer et al. 2012: 29)

Abbildung 13. Milchkrautweide der Assoziation Crepido-Festucetum commutatae Lüdi 1948. (© Walter Dietl 2023; https://www.eagff.ch/files/_processed_/f/3/csm_Milchkraut-Weide_Di262_41f7918fb7.jpg)

Abbildung 14. Typischer Habitus einer Polsterpflanze an Felsstandort (© Tom Fischbach)

Abbildung 15. Zusammenleben verschiedener Wuchsformen: (a) kleine, rosettenförmige Krautpflanze; (b) Horst-bildendes Gras; (c) spalterartiger Zwergstrauch (© Tom Fischbach).

Abbildung 16. Subalpiner Zirbenwald im Nationalpark Hohe Tauern (© Nationalpark Hohe Tauern).

Abbildung 17. Zirbenwald mit Unterwuchs in Obergurgl – Vegetationsaufnahmen (© Friederike Westrich).

Abbildung 18. Verteilung von Mooren in Österreich.

Abbildung 19. (Claire Halpin, <https://www.britishbryologicalsociety.org.uk/learning/species-finder/hylocomium-splendens/>)

Abbildung 20. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hypnum_cupressiforme_107765562.jpg)

Abbildung 21. (Heike Hofmann, <https://naturschutzbund.at/moos-leser/items/id-2016-magellans-torfmoos-sphagnum-magellanicum.html>)

Abbildung 22. (Hermann Schachner, [https://de.wikipedia.org/wiki/Hallers_Apfelmoos#/media/Datei:Bartramia_halleriana_\(a, 113705-471214\)_6386.JPG](https://de.wikipedia.org/wiki/Hallers_Apfelmoos#/media/Datei:Bartramia_halleriana_(a, 113705-471214)_6386.JPG))

Abbildung 23. (Hermann Schachner, [https://en.wikipedia.org/wiki/Andreaea_rupestris#/media/File:Andreaea_rupestris_\(c. 113340-471133\)_6045.JPG](https://en.wikipedia.org/wiki/Andreaea_rupestris#/media/File:Andreaea_rupestris_(c. 113340-471133)_6045.JPG))

Abbildung 24. (Jo Denyer, <https://www.britishbryologicalsociety.org.uk/learning/species-finder/splachnum-sphaericum/>)

Abbildung 25.

(<https://www.asturnatura.com/fotografia/flora/polytrichum-sexangulare/38295.html>)

Abbildung 26. (Claire Halpin, <https://www.britishbryologicalsociety.org.uk/learning/species-finder/racomitrium-canescens/>)

Abbildung 27. Anatomie Flechte.

Abbildung 28. (<https://www.123pilzsuche.de/daten/details/neigendestrauchflechte2.jpg>)

Abbildung 29. (<https://www.123pilzsuche.de/daten/details/heideflechte4.jpg>)

Abbildung 30. (<https://www.123pilzsuche.de/daten/details/apfelflechte6.jpg>)

Abbildung 31.

(<https://www.123pilzsuche.de/daten/details/IslaendischesMoos-Dateien/image019.jpg>)

Abbildung 32. (<https://www.123pilze.de/dreamhc/download/baummoos2.jpg>)

Abbildung 33. (<https://www.123pilzsuche.de/daten/details/bartflechte6.jpg>)

Abbildung 34. (<https://www.123pilze.de/dreamhc/download/wolfsflecht4.jpg>)

Abbildung 35. (<https://www.123pilzsuche.de/daten/details/gelbelaubflechte3.jpg>)

Abbildung 36. (<https://www.biolib.cz/IMG/GAL/106822.jpg>)

Abbildung 37. (<https://www.123pilzsuche.de/daten/details/koernigebblattflechte9.jpg>)

Abbildung 38. (<https://www.123pilzsuche.de/daten/details/landkartenflechte4.jpg>)

Abbildung 39. (<https://www.123pilzsuche.de/daten/details/Blutaugenflechte2.jpg>)

Abbildung 40 (<https://www.123pilzsuche.de/daten/details/MELANELIA2.jpg>)

Abbildung 41.

(https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1d/Golden_Moonglow_Lichen_and_Others_%283816796922%29.jpg)

Abbildung 42.

(https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8a/Ramalina_capitata.jpg/1200px-Ramalina_capitata.jpg)

Abbildung 43. *Saxifraga oppositifolia* im Vorfeld des Rotmoosfeners (© Alexander Ulbrich).

Abbildung 44. Temperaturkurven aus IPCC-Bericht (1990).

Abbildung 45. Temperaturkurve Stift Kremsmünster (Oberösterreich).

Abbildung 46. Kumulative Gletscherlängenänderungen für die vier Gletscher Bossons, Mer de Glace, Oberer (O-) Grindelwald und Unterer (U-) Grindelwald mit schwarzen Punkten, die Jahre mit Beobachtungen (Nussbaumer und Zumbühl, 2012), mit Baumring rekonstruierten alpinen Sommertemperaturen (Büntgen et al., 2011), Minima der Sonnenaktivität (Usoskin, 2017) und vulkanischer Aerosolantrieb (Revell et al., 2017; Toohey und Sigl, 2017) von 1500 bis 1950. Graue Schattierungen markieren Zeiträume mit erhöhtem vulkanischem Aerosolantrieb. [19th century glacier retreat in the Alps preceded the emergence of industrial black carbon deposition on high-alpine glaciers (Siegl et al.)].

Abbildung 47. Route Tag 1.

Abbildung 48. Berg-Fettwiese in der Nähe zu Obergurgl; Standort 46.865165, 11.022688.

Abbildung 49. Wanderung durch den Zirbenwald; Standort 46.859926, 11.014661.

Abbildung 50. Podsol-Boden im Zirbenwald, bestehend aus einer recht dünnen Hummusschicht, darunter folgend einem gebleichten Auswaschungshorizont und einem rötlichen Sesquioxidanreicherungshorizont; Standort 46.859822, 11.014724.

Abbildung 51. Circa 10.000 Jahre altes Nieder- beziehungsweise Zwischenmoor; Standort 46.859293, 11.014842.

Abbildung 52. Ergebnisse der Vegetationsaufnahme im Zirbenwald in der Nähe von Obergurgl.

Abbildung 53. 5x5 m Plot im Zirbenwald auf einer homogenen Fläche.

Abbildung 54. Gebiet Tag 2.

Abbildung 55. Nahaufnahme des Vegetationstyps Krummseggen-Rasen (*Caricetum curvulae*) auf der Hohen Mut mit der gleichnamigen Charakterart *Carex curvula*.

Abbildung 56. Aufnahme des Plots für die Minimalflächenanalyse auf der Hohen Mut.

Abbildung 57. Ausschnitt der Artenliste mit Einordnung nach Standortbedingungen und Plots.

Abbildung 58 & 59. Ergebnisse der Minimalflächenanalyse für Plot 1 und Plot 8. Auf der X-Achse ist die Flächengröße und auf der Y-Achse die Anzahl der Arten angegeben.

Abbildung 60. Tagesstationen der Exkursion vom 12.7.2023 vom Universitätszentrum zum Beilstein (3.). Die Wanderung führte über Borstgrasrasen (1.) und Milchkrautweiden (2.). Der Weg zurück führte uns über Quellfluren (4.) und zuletzt Blockhalden (5.).

Abbildung 61. Borstgrasrasen.

Abbildung 62. Aufgelassene Weiden mit Anklängen von Hochstaudenfluren und Zwergstrauchheiden.

Abbildung 63. Ruine am Beilstein.

Abbildung 64. Blockgletscher.

Abbildung 65. Quellfluren.

Abbildung 66. Blockhalden.

Abbildung 67. *Cryptogramma crispa*.

Abbildung 68. Lawinenrinne mit *Alnus alnobetula*.

Abbildung 69. Route Tag 4.

Abbildung 70. Aufstieg zum Soomsee (© Alexander Ulbrich).

Abbildung 71. Zwergstrauchheide zwischen Felsblöcken (© Alexander Ulbrich).

Abbildung 72. Exkursionsgebiet vom Tag 5, Rotmoostal im inneren Ötztal.

Abbildung 73. Rotmoostal im inneren Ötztal.

Abbildung 74. Abbruchkante Neidermoor, Rotmoostal im inneren Ötztal.

Abbildung 75. Endmoräne 1858, Rotmoostal im inneren Ötztal.

Abbildung 76. Gletschervorfeld mit *Stereocaulon alpinum*, Rotmoostal im inneren Ötztal.

Artenliste

Art	Familie
<i>Achillea moschata</i>	Asteraceae
<i>Agrostis agrostiflora</i>	Poaceae
<i>Agrostis alpestris</i> All.	Poaceae
<i>Agrostis capillaris</i>	Poaceae
<i>Agrostis rupestris</i> All.	Poaceae
<i>Alchemilla vulgaris</i> agg.	Rosaceae
<i>Allium victorialis</i>	Amaryllidaceae
<i>Alnus alnobetula</i>	Betulaceae
<i>Alopecurus pratensis</i>	Poaceae
<i>Antennaria carpatica</i>	Asteraceae
<i>Anthoxanthum alpinum</i> A.&D. Löve	Poaceae
<i>Anthyllis vulneraria</i> ssp. <i>alpicola</i>	Fabaceae
<i>Arabis caerulea</i>	Brassicaceae
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	Ericaceae
<i>Arenaria ciliata</i>	Caryophyllaceae
<i>Arnica montana</i>	Asteraceae
<i>Artemisia genipi</i>	Asteraceae
<i>Artemisia mutellina</i>	Asteraceae
<i>Asplenium septentrionale</i>	Aspleniaceae
<i>Astragalus alpinus</i>	Fabaceae
<i>Athyrium filix-femina</i>	Woodsiaceae
<i>Atocion rupestre</i>	Caryophyllaceae
<i>Avenella flexuosa</i>	Poaceae
<i>Avenula versicolor</i> Vill.	Poaceae
<i>Bartsia alpina</i>	Orobanchaceae
<i>Betula pendula</i>	Betulaceae
<i>Briza media</i>	Poaceae
<i>Calamagrostis villosa</i>	Poaceae
<i>Calluna vulgaris</i>	Ericaceae
<i>Campanula barbata</i>	Campanulaceae
<i>Campanula scheuchzeri</i>	Campanulaceae

<i>Cardamine alpina</i> L.	Brassicaceae
<i>Cardamine amara</i>	Brassicaceae
<i>Carduus defloratus</i>	Asteraceae
<i>Carex atrata</i> L.	Cyperaceae
<i>Carex bicolor</i>	Cyperaceae
<i>Carex capillaris</i>	Cyperaceae
<i>Carex curvula</i> All.	Cyperaceae
<i>Carex echinata</i>	Cyperaceae
<i>Carex frigida</i>	Cyperaceae
<i>Carex lachenalii</i>	Cyperaceae
<i>Carex magellanica</i>	Cyperaceae
<i>Carex myosuroides</i>	Cyperaceae
<i>Carex nigra</i>	Cyperaceae
<i>Carex pallescens</i>	Cyperaceae
<i>Carex pauciflora</i>	Cyperaceae
<i>Carex sempervirens</i>	Cyperaceae
<i>Carex rostrata</i>	Cyperaceae
<i>Cetraria islandica</i> L.	Parmeliaceae
<i>Chaerophyllum villarsii</i>	Apiaceae
<i>Cirsium spinosissimum</i> L.	Asteraceae
<i>Comastoma tenellum</i>	Gentianaceae
<i>Cotoneaster tomentosus</i>	Rosaceae
<i>Crepis aurea</i>	Asteraceae
<i>Cryptogramma crispa</i>	Pteridaceae
<i>Dactylorhiza majalis</i>	Orchidaceae
<i>Deschampsia cespitosa</i>	Poaceae
<i>Diphasiastrum alpinum</i>	Lycopodiaceae
<i>Dryopteris expansa</i>	Dryopteridaceae
<i>Empetrum hermaphroditum</i>	Ericaceae
<i>Epilobium alsinifolium</i>	Onagraceae
<i>Epilobium angustifolium</i>	Onagraceae
<i>Epilobium nutans</i>	Onagraceae
<i>Erigeron uniflorus</i>	Asteraceae

<i>Eriophorum angustifolium</i>	Cyperaceae
<i>Eriophorum latifolium</i>	Cyperaceae
<i>Eriophorum vaginatum</i>	Cyperaceae
<i>Festuca halleri</i> All.	Poaceae
<i>Festuca nigrescens</i>	Poaceae
<i>Festuca pumila</i>	Poaceae
<i>Festuca rubra</i>	Poaceae
<i>Galium anisophyllum</i>	Rubiaceae
<i>Gentiana punctata</i>	Gentianaceae
<i>Geranium sylvaticum</i>	Geraniaceae
<i>Geum montanum</i> L.	Rosaceae
<i>Gnaphalium hoppeanum</i>	Asteraceae
<i>Gnaphalium supinum</i> L.	Asteraceae
<i>Gymnadenia conopsea</i>	Orchidaceae
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	Woodsiaceae
<i>Helianthemum nummularium</i>	Cistaceae
<i>Hieracium alpinum</i>	Asteraceae
<i>Hieracium intybaceum</i>	Asteraceae
<i>Hieracium pilosella</i>	Asteraceae
<i>Homogyne alpina</i> L.	Asteraceae
<i>Hypericum maculatum</i>	Hypericaceae
<i>Hypochaeris uniflora</i>	Asteraceae
<i>Icmadophila ericetorum</i> L.	Icmadophilaceae
<i>Juncus filiformis</i>	Juncaceae
<i>Juncus jacquinii</i>	Juncaceae
<i>Juncus trifidus</i>	Juncaceae
<i>Juncus triglumis</i>	Juncaceae
<i>Juniperus communis</i> ssp. <i>nana</i>	Cupressaceae
<i>Kobresia myosuroides</i>	Cyperaceae
<i>Larix decidua</i>	Pinaceae
<i>Laserpitium halleri</i>	Apiaceae
<i>Leontodon hispidus</i>	Asteraceae
<i>Letharia vulpina</i>	Parmeliaceae

<i>Leucanthemopsis alpina</i> L.	Asteraceae
<i>Lilium martagon</i>	Liliaceae
<i>Lloydia serotina</i> L.	Liliaceae
<i>Loiseleuria procumbens</i> L.	Ericaceae
<i>Lonicera caerulea</i>	Caprifoliaceae
<i>Luzula alpina</i> /multiflora	Juncaceae
<i>Luzula alpinopilosa</i> Chaix	Juncaceae
<i>Luzula lutea</i>	Juncaceae
<i>Luzula luzuloides</i>	Juncaceae
<i>Luzula multiflora</i>	Juncaceae
<i>Melampyrum pratense</i>	Orobanchaceae
<i>Melampyrum sylvaticum</i>	Orobanchaceae
<i>Minuartia gerardii</i>	Caryophyllaceae
<i>Minuartia sedoides</i> (L.) Hiern / <i>Cherleria sedoides</i> L.	Caryophyllaceae
<i>Mutellina adonidifolia</i> Gutermann	Apiaceae
<i>Myosotis decumbens</i>	Boraginaceae
<i>Nardus stricta</i> L.	Poaceae
<i>Nigritella rhellicani</i>	Orchidaceae
<i>Oreochloa disticha</i> Wulfen	Poaceae
<i>Oxytropis halleri</i> s.str.	Fabaceae
<i>Oxytropis lapponica</i>	Fabaceae
<i>Parnassia palustris</i>	Celastraceae
<i>Pedicularis kernerii</i> Dalla Torre	Orobanchaceae
<i>Pedicularis tuberosa</i>	Orobanchaceae
<i>Persicaria vivipara</i> L.	Polygonaceae
<i>Peucedanum ostruthium</i>	Apiaceae
<i>Phegopteris connectilis</i>	Thelypteridaceae
<i>Philonotis fontana</i>	Bartramiaceae
<i>Phleum rhaeticum</i>	Poaceae
<i>Phyteuma betonicifolium</i>	Campanulaceae
<i>Phyteuma hemisphericum</i> L.	Campanulaceae
<i>Pinguicula leptoceras</i>	Lentibulariaceae
<i>Pinus cembra</i>	Pinaceae

<i>Pinus mugo</i>	Pinaceae
<i>Poa alpina</i> L.	Poaceae
<i>Poa laxa</i> Haenke	Poaceae
<i>Poa remota</i>	Poaceae
<i>Polypodium vulgare</i>	Polypodiaceae
<i>Polystichum lonchitis</i>	Dryopteridaceae
<i>Polytrichum sexangulare</i> G.L.M.	Polytrichaceae
<i>Potentilla aurea</i> L.	Rosaceae
<i>Potentilla erecta</i>	Rosaceae
<i>Potentilla grandiflora</i>	Rosaceae
<i>Primula glutinosa</i> Wulfen	Primulaceae
<i>Primula hirsuta</i> All.	Primulaceae
<i>Pseudorchis albida</i>	Orchidaceae
<i>Pulsatilla alpina</i> ssp. <i>apiifolia</i>	Ranunculaceae
<i>Pulsatilla vernalis</i> L.	Ranunculaceae
<i>Racomitrium canescens</i>	Grimmiaceae
<i>Ranunculus acris</i>	Ranunculaceae
<i>Ranunculus nemorosus</i>	Ranunculaceae
<i>Ranunculus platanifolius</i>	Ranunculaceae
<i>Ranunculus villarsii</i>	Ranunculaceae
<i>Rhinanthus glacialis</i>	Orobanchaceae
<i>Rhizocarpon geographicum</i> L.	Rhizocarpaceae
<i>Rhizomnium punctatum</i>	Mniaceae
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	Ericaceae
<i>Rosa pendulina</i>	Rosaceae
<i>Rumex alpestris</i>	Polygonaceae
<i>Rumex alpinus</i>	Polygonaceae
<i>Salix helvetica</i>	Salicaceae
<i>Salix herbacea</i> L.	Salicaceae
<i>Salix myrsinifolia</i>	Salicaceae
<i>Salix reticulata</i>	Salicaceae
<i>Salix retusa</i>	Salicaceae
<i>Salix serpyllifolia</i>	Salicaceae

<i>Saxifraga aizoides</i>	Saxifragaceae
<i>Saxifraga bryoides</i> L.	Saxifragaceae
<i>Saxifraga oppositifolia</i> s.str.	Saxifragaceae
<i>Saxifraga paniculata</i>	Saxifragaceae
<i>Saxifraga stellaris</i>	Saxifragaceae
<i>Scorzoneroidea helvetica</i> L.	Asteraceae
<i>Sedum alpestre</i> Vill.	Crassulaceae
<i>Sedum atratum</i>	Crassulaceae
<i>Selaginella selaginoides</i>	Selaginellaceae
<i>Sempervivum montanum</i>	Crassulaceae
<i>Senecio abrotanifolium</i>	Asteraceae
<i>Senecio carniolicus</i> agg.	Asteraceae
<i>Senecio hercynicus</i>	Asteraceae
<i>Sibbaldia procumbens</i> L.	Rosaceae
<i>Silene exscapa</i> All.	Caryophyllaceae
<i>Silene nutans</i>	Caryophyllaceae
<i>Silene vulgaris</i>	Caryophyllaceae
<i>Silene vulgaris</i>	Caryophyllaceae
<i>Solarina crocea</i> L.	Peltigeraceae
<i>Soldanella pusilla</i> L.	Primulaceae
<i>Solidago virgaurea</i>	Asteraceae
<i>Sorbus aucuparia</i>	Rosaceae
<i>Sphagnum capillifolium</i>	Sphagnaceae
<i>Stereocaulon alpinum</i>	Stereocaulaceae
<i>Thamnolia vermicularia</i> ACH. EX. Schaer	Icmadophilaceae
<i>Thesium alpinum</i>	Santalaceae
<i>Thymus praecox</i> ssp. <i>polytrichus</i>	Lamiaceae
<i>Tofieldia pusilla</i>	Tofieldiaceae
<i>Trichophorum cespitosum</i>	Cyperaceae
<i>Trifolium alpinum</i>	Fabaceae
<i>Trifolium badium</i>	Fabaceae
<i>Trifolium pallescens</i>	Fabaceae
<i>Trifolium pratense</i> ssp. <i>nivale</i>	Fabaceae

<i>Trifolium repens</i>	Fabaceae
<i>Trollius europaeus</i>	Ranunculaceae
<i>Vaccinium gaultherioides</i> L.	Ericaceae
<i>Vaccinium myrtillus</i>	Ericaceae
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	Ericaceae
<i>Valeriana officinalis</i>	Valerianaceae
<i>Veronica bellidioides</i> L.	Plantaginaceae
<i>Veronica fruticans</i>	Plantaginaceae
<i>Willemetia stipitata</i>	Asteraceae