

EU Vegetation des Hochgebirges

Exkursionsprotokoll

8. bis 12. Juli 2025



Leitung: Clara Bertel & Peter Schönswitter

Teilnehmer*innen: Elias Spögler, Lukas Hartlmayr, Rebecka Hardorp, Sabine Rier, David Wilke, Rebekka Loheide, Mareike Heiner, Maria Dohle, Carla Behringer, Lisa Paukner, Jana Girstmair, Jens Bokelaar, Tom Prommersberger, Jennifer Lüdtke, Amelie Leubner, Sonja Haag, Marlene Volz, Elke Huber, Viktoria Schinnerl, Adam Seyr, David González, Anna Rauchberger

Inhaltsverzeichnis

Handouts der Vortragsthemen	3
Geographie, Gliederung der Ostalpen und der Zentralalpen	3
Geologie des inneren Ötztal und Einfluss auf das Vorkommen von Pflanzenarten	5
Little Ice Age: Auswirkungen auf die Flora, Landschaft und Menschen in den Alpen.....	8
Obergurgl – Vom Bergbauerndorf zur modernen Tourismusdestination	10
Waldgrenze im Bereich der Zentralalpen.....	12
Alpine Rasen über Intermediärgesteinen.....	15
Alpine Rasen der Windkanten (Nacktiedrasen).....	17
Blockgletscher im Wandel	18
Subalpine Waldgesellschaften (Obergurgler Zirbenwald).....	21
Bedrohungen der Lebensräume im Hochgebirge durch den Menschen und Schutzbemühungen	24
Alpine und subalpine Kryptogamen (Flechten, Moose, Algen).....	26
Subalpine Wiesen und Weiden.....	29
Moore der subalpinen und alpinen Stufe (Niedermoore).....	31
Klima und Mikroklima in der subalpinen, alpinen und nivalen Höhenstufe	33
Schneeböden auf Silikat.....	35
Die Böden im Hochgebirge – subalpine, alpine & nivale Stufe.....	37
Menschliche Besiedlung im Ötztal.....	39
Arten der nivalen Stufe und ihre Ökologie	42
Zwergstrauchheiden an der Waldgrenze und in der unteren alpinen Stufe auf Silikat.....	44
Quellfluren in der subalpinen und alpinen Stufe	46
Klimawandel in Bezug auf Pflanzenverbreitung & Pflanzengesellschaften	49
Besiedelung des Gletschervorfelds	52
Protokolle der Exkursion	55
Tag 1 - Obergurgler Zirbenwald (08.07.2025).....	55
Tag 2 - Rotmoostal (09.07.2025).....	60
Tag 3 - Gurgler Schartl (10.07.2025).....	71
Tag 4 - Hohe Mut (11.07.2025)	82
Tag 5 - Aufstieg von Obergurgl zur Beilsteinruine (12.07.2025).....	92

Handouts der Vortragsthemen

Geographie, Gliederung der Ostalpen und der Zentralalpen

Viktoria Schinnerl

Die Ostalpen bilden den östlichen Teil der Alpen und erstrecken sich von der Schweiz (Graubünden) über den Großteil Österreichs bis nach Slowenien. Innerhalb dieses Gebirgszugs lassen sich drei große geologische Haupteinheiten unterscheiden: die Nördlichen Kalkalpen, die Zentralalpen und die Südlichen Kalkalpen. Die Zentralalpen nehmen dabei eine Sonderstellung ein, da sie sich durch besonders hohe Gipfel, große Vergletscherung und komplexe geologische Strukturen auszeichnen.

Die Zentralalpen bestehen vorwiegend aus kristallinen Gesteinen, insbesondere Gneisen, Glimmerschiefern, Amphiboliten und Marmoren. Diese Gesteine sind Zeugnisse tiefreichender metamorpher Prozesse, die im Laufe der Gebirgsbildung stattfanden. Die Zentralalpen gehören tektonisch zur sogenannten Ostalpinen Deckenserie, welche, während der alpidischen Gebirgsbildung (v. a. in der Kreidezeit) im Zuge der Kollision der Afrikanischen und Eurasischen Platte über andere Einheiten überschoben wurde.

Ein herausragendes Beispiel für die Geologie und Geomorphologie der Zentralalpen ist die Region um Obergurgl in den Ötztaler Alpen. Diese Region ist geprägt von zwei geologisch unterschiedlichen Einheiten: dem Ötztal-Stubai-Komplex und dem Schneeberg-Komplex. Beide gehören zum ostalpinen Deckensystem, unterscheiden sich aber deutlich in ihrer Gesteinszusammensetzung und ihrer geologischen Geschichte.

Der Ötztal-Stubai-Komplex besteht vor allem aus Paragneisen, Glimmerschiefern sowie lokal eingelagerten Quarziten. Diese Gesteine haben mehrere Metamorphosephasen durchlaufen: eine kaledonische (430–490 Mio. Jahre), eine variszische (ca. 350 Mio. Jahre) sowie eine alpidische Metamorphose (73–100 Mio. Jahre). Die daraus resultierende Struktur ist durch eine Vielzahl von Faltungen geprägt. Besonders markant ist die sogenannte „Schlingentektonik“, die großdimensionale Falten im Kilometerbereich umfasst. Diese Strukturen lassen sich auch in der Umgebung von Obergurgl gut beobachten.

Im südlich angrenzenden Schneeberg-Komplex dominieren hingegen grobkörnige Granatglimmerschiefer, Hornblendeschlierer, Amphibolite und Marmore. Die Gesteine zeigen ausschließlich Spuren einer alpidischen Metamorphose, welche typischerweise in der Grünschiefer- bis Amphibolitfazies stattfand. Besonders eindrucksvoll sind die großen Granatkristalle, die in den Glimmerschiefern auftreten und teilweise eine Größe von über 10 cm erreichen. Diese Gesteine treten im Rotmoostal und im Gaisbergtal in enger Wechsellagerung auf.

Die geomorphologische Landschaft rund um Obergurgl wurde in starkem Maße durch die Gletscher der Eiszeiten geformt. Während der letzten großen Vereisung vor rund 20.000 Jahren war das Ötztal vollständig von Gletschern bedeckt. Das charakteristische U-förmige Trogtalprofil, wie es im Rotmoostal besonders ausgeprägt ist, geht auf diese Gletscheraktivität zurück. Weitere typische glaziale Formelemente sind Kare, Rundhöcker, Gletscherschliffe und Moränen. Auch die Bildung von Hängetälern, die in das Haupttal in Steilstufen münden, ist eine Folge unterschiedlicher Erosionsintensitäten von Haupt- und Seitengletschern.

Neben diesen glazialen Formen sind in der Region auch zahlreiche periglaziale Erscheinungen zu finden. Dazu gehören Frostmusterböden, Solifluktionsloben und sogenannte Bültenböden (kleine Hügelchen, entstanden durch Frosthebung). Besonders hervorzuheben ist das Auftreten von alpinem Permafrost, der sich in Form von Blockgletschern manifestiert. Diese bestehen aus einem Gemisch aus Schuttmaterial und Eis und bewegen sich, wenn auch sehr langsam, hangabwärts.

Ein besonders bekanntes Beispiel hierfür ist der Blockgletscher im Äußeren Hochebenkar, etwa 4,3 Kilometer südlich von Obergurgl. Dieser aktive Blockgletscher ist rund 1.550 Meter lang, bis zu 470 Meter breit und bewegt sich jährlich um mehrere Meter. Seine Zunge ist vegetationsfrei, seine Oberfläche weist typische Strukturen wie transversale und longitudinale Rücken auf. Die Blockgletscherforschung im Hochebenkar hat eine lange Tradition, und die Bewegungsmessungen reichen bis in die 1930er Jahre zurück.

Zusammenfassend bietet die Region um Obergurgl ideale Bedingungen für die geologische und geomorphologische Forschung. Die Vielfalt an Gesteinstypen, Metamorphosephasen und strukturellen Merkmalen sowie die deutlichen Spuren glazialer und periglazialer Prozesse machen das Gebiet zu einem herausragenden Exkursionsziel für Studierende der Geowissenschaften.

Literatur:

Krainer, K. (2010). Geologie und Geomorphologie von Obergurgl und Umgebung. In: Glaziale und periglaziale Lebensräume im Raum Obergurgl, S. 31–52.

Tollmann, A. (1977). Geologie von Österreich. Band I: Die Zentralalpen.

Geologie des inneren Ötztal und Einfluss auf das Vorkommen von Pflanzenarten

Sabine Rier

Der Ötztal-Stubai-Komplex (ÖSK)

Das Gebirge des Ötztales gehört geologisch betrachtet zum Ötztal-Stubai-Komplex (ÖSK), einer kristallinen Einheit des ostalpinen Deckensystems, welches während der alpidischen Gebirgsbildung über die penninischen Einheiten geschoben wurde. Der ÖSK erstreckt sich im Osten bis zur Brennerlinie und der Schieferhülle der Hohen Tauern, im Norden bis zur Inntallinie und den nördlichen Kalkalpen, im Westen bis zur Engadiner Linie und dem Penninikum des Engadiner Fensters und im Süden verläuft die Abgrenzung an der Vinschgau-Scherzone und dem Schneeberger-Komplex.

Der ÖSK setzt sich in der Umgebung von Obergurgl vor allem aus sauren Paragneisen und mineralreichen Glimmerschiefern zusammen. In diesen eingeschaltet sind Orthogneise, Amphibolite und selten Eklogite. Biotit-Plagioklasgneise (Paragneise) und Glimmerschiefer sind metamorphe Gesteine aus tonigen oder sandigen Sedimenten. Paragneise sind stärker metamorph, Glimmerschiefer hingegen behalten eine deutlichere Schieferstruktur. Beide bestehen aus Quarz, Plagioklas und Glimmer (vor allem Schichtsilikate Biotit und Muskovit). Glimmerschiefer enthalten zusätzlich oft Granat oder Staurolith. Sie sind karbonatfrei und verwittern zu sauren, nährstoffarmen Böden. Die Paragneise zeigen Übergänge oder Wechsellagerung (im Zentimeter- bis Dezimeter-Bereich) mit mineralreichem Glimmerschiefer und selten Quarziten.



Abbildung 1 Paragneis mit dünnen Quarzlagen in mm- bis cm-Bereich verfaltet (Foto: Karl Krainer)

Im nördlichen Teil des Komplexes ist durch flache Ost-West geneigte Faltenachsen charakterisiert mit eingeschobenen Orthogneisen, die aus magmatischen Gesteinen entstanden sind. Im südlichen Teil prägen geräumige Falten mit steiler Faltenachse (Schlingentektonik) und Mikrofaltung im Millimeter-Bereich das Bild. Die „Schlingentektonik“ ist wahrscheinlich in einer frühen Phase der alpidischen Gebirgsbildung entstanden.

Der Schneeberg-Komplex (SK)

Geologisch besonders interessant ist der bereits erwähnte Schneeberg-Komplex (SK), welcher südlich von Obergurgl, beispielsweise im hintersten Teil des Gaisberg- und Rotmoostales gelegen ist. Die Gesteinsabfolge besteht aus gelbem und grauem Marmor und grobkörnig mineralreichen Glimmerschiefern und Amphiboliten. Teilweise können Granat- und Hornblendekristalle bis zu mehreren cm in Glimmerschiefern vorkommen. Eine bekannte Fundstelle für Granat ist der Granatenkogel auf der Ostseite des Gaisbergtales. Die Gesteine des SK sind in Form einer Wechsellagerung (dm- bis m-Bereich) oder auch Übergängen aufgeschlossen und sind teilweise deutlich gefaltet. Kalkmarmore treten als bis zu mehreren Metern mächtige Einschaltungen auf mit Farben von grau über gelblich bis rötlichbraun. Neben Kalzit sind teilweise auch Muskovit und Quarz enthalten. Vereinzelt kommen auch

geringmächtige Quarzite vor, die neben Quarz auch einen geringen Anteil an Glimmer (Muskovit und Biotit) enthalten.

Im Gegensatz zu den silikatischen sauren Böden des ÖSK entstehen im SK aus karbonatreichen Gesteinen wie Marmor basische, nährstoffreichere Böden mit höherem pH-Wert.



Abbildung 2 Granatglimmerschiefer mit cm-großen Granaten im Rotmoostal (links) und dünne, stark verfaltete Marmorlagen im Granat-Hornblendeschiefer (Foto: Karl Krainer)

Aufgrund des stark unterschiedlichen Gesteinsbestandes lassen sich die beiden Einheiten im Gaisbergtal relativ leicht voneinander unterscheiden. Der ÖSK besteht hier im Wesentlichen aus feinkörnigen monotonen Paragneisen und Glimmerschiefern mit kleinen (≤ 1 mm) Granat- und Biotitkristallen, während der SK hauptsächlich aus grobkörnigen (0.5 bis > 1 cm) Granatglimmerschiefern, Hornblendeschiefern und Marmoren besteht.

Einfluss auf die Vegetation

Diese unterschiedlichen geologischen Ausgangspositionen im Muttergestein haben auch Auswirkungen auf die Vegetation. Häufig lassen sich vikariierende Arten beobachten, die eng miteinander verwandt sind, sich jedoch ökologisch oder geographisch gegenseitig ersetzen.

Auf kalkhaltigen Böden wächst *Rhododendron hirsutum*, während auf silikatischem Untergrund *Rhododendron ferrugineum* vorkommt; ähnlich ersetzt *Gentiana clusii* auf Kalk den silikattoleranten *Gentiana acaulis*. Auch bei den Poaceae zeigt sich beispielsweise *Sesleria caerulea* auf Kalkböden, *Oreochloa* (syn. *Sesleria disticha*) hingegen Silikatstandorte.

Ebenso können gesamte Pflanzengesellschaften in Abhängigkeit vom Ausgangsgestein vorkommen. Auf kalkhaltigem Untergrund sind besonders artenreiche Gesellschaften zu finden. Dazu zählen die Blaugrasrasen (*Seslerion albanticis*), die vor allem von *Sesleria caerulea* und *Carex firma* dominiert werden. Diese Gesellschaften kommen auf flachgründigen, trockenen und meist südexponierten Standorten vor. In besonders extremen, windexponierten Lagen mit felsigem Untergrund treten Nacktiedrasen (*Elyion myosuroidis*) auf, in denen *Elyna myosuroides* sowie Zergsträucher und Polsterpflanzen dominieren. Ebenfalls typisch für Kalk sind die Silberwurzteppiche (*Dryadetum octopetalae*), in denen kalkliebende Arten wie *Dryas octopetala* und verschiedene *Saxifraga*-Arten vorkommen. Auf sehr schneearmen Kalkstandorten findet sich außerdem das *Saxifragetum oppositifoliae*, eine pionierhafte Gesellschaft mit *Saxifraga oppositifolia*.

Im Gegensatz dazu dominieren auf sauren Silikatgesteinen spezialisierte, nährstoffarme Gesellschaften. Besonders verbreitet sind die Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*) mit der dominierenden Art *Carex curvula*, begleitet von Moosen und Flechten. In spät ausapernden Lawinenzügen oder Schneetälchen tritt das *Salicetum herbaceae* auf, eine Schneebodengesellschaft mit Arten wie *Salix herbacea*, *Gnaphalium supinum* und *Luzula*-Arten. In Übergangsbereichen mit schwach karbonathaltigen Silikatgesteinen können auch selten Mischgesellschaften aus *Carex firma* und *C. curvula* auftreten.

Literatur:

Koch E.-M., Erschbamer B. (Hg.).Glaziale und periglaziale Lebensräume im Raum Obergurgl. Alpine Forschungsstelle Obergurgl - Band 1. 2010, innsbruck university press.

Stüwe K., Homberger R. Die Geologie der Alpen aus der Luft. Weishaupt Verlag, 6. Auflage. 2022.

Schuster, R., Daurer, A., Krenmayr, H. G., Linner, M., Mandl, G. W., Pestal, G., & Reitner, J. Rocky Austria: Geologie von Österreich-kurz und bunt. Geologische Bundesanstalt. 2019

Little Ice Age: Auswirkungen auf die Flora, Landschaft und Menschen in den Alpen

Lisa Paukner

Die Kleine Eiszeit (ca. 1250–1860 n. Chr.) war die kälteste Periode der letzten 8000 Jahre und hatte multifaktorielle Ursachen. In dieser Zeit wurde ein Cluster starker Vulkanausbrüche gemessen, die kurzfristig durch Aerosole in der Atmosphäre zu massiver globaler Abkühlung führten. Gleichzeitig sind vier großen Sonnenminima bekannt, die in Phasen deutlich reduzierter Sonnenaktivität resultierten. Ozeanische Rückkopplungen überführten diese Abkühlung zu einem langfristigen Trend. Der Meereis-Albedo-Effekt erhöhte durch vermehrte Reflexion die Kältestabilität, während sich die Atlantische Meridionale Umwälzströmung (AMOC) abschwächte. Dies korrelierte mit einer häufig negativen Phase der Nordatlantischen Oszillation (NAO), die besonders in Europa kalte, trockene Winter und feuchtkalte Sommer hervorrief (Crowley *et al.* 1999; Wanner *et al.* 2022).

Die Gletscher der Alpen zeigten markante Vorstoßphasen um 1380, 1680 und 1850 und erreichten ihre größte Ausdehnung seit dem Holozän (Fischer *et al.* 2021). Die Gletscherzungen staute teils große temporäre Seen, wie z.B. den Gurgler Eissee (Hanke 1935). Mit dem späteren Rückzug der Gletscher entstanden neue Seen, Trogtäler, Zungenbecken sowie Moränenlandschaften, die durch Erosion und Sedimenttransport geprägt sind. Kleine-Eiszeit-Moränen bilden heute gut erkennbare Terrassen und Schuttbänder (Hanke 1935, Fischer *et al.* 2021).

Ebenfalls sank die Baumgrenze während dieser Kälteperiode. Nadel- und Mischwälder wichen in tiefere Lagen zurück. Längere Kältephasen und spätere Schneeschmelzen verkürzten die Vegetationsdauer, wodurch viele Gebiete von Schutt und Eis dominiert wurden. Nach dem Gletscherrückzug begannen Pionierpflanzen wie Fettlappen-Steinbrech (*Saxifraga sedoides*), Rispen-Steinbrech (*Saxifraga paniculata*) und Alpen-Leinkraut (*Linaria alpina*), die freigelegten Moränenflächen zu besiedeln (Nagl & Erschbamer 2010; Fischer *et al.* 2021).

Auch hatte dies Auswirkungen auf das Leben der Menschen: Missernten, Hungersnöte, Inflation, Krankheiten und soziale Spannungen aufgrund von Ernteausfällen führten zu Abwanderungen und dem Rückzug aus hochgelegenen Siedlungen. Die Bildung von Gletscherseen bot ebenfalls ein Risiko für Überschwemmungen (Pfister & Brázdil 2006). 1830 wurde in Obergurgl ein Heiratsverbot erlassen, um die Bevölkerungszahl zu begrenzen, da der karge Boden die Versorgung zusätzlicher Familien nicht erlaubte. Erst 1850 wurde dieses Verbot wieder aufgehoben (Barker 1982). Eine nachhaltige Erholung setzte erst im späten 19. Jahrhundert mit dem Aufkommen des Alpinismus und des Frühen Tourismus ein.

Literatur

Barker M. L. (1982). Traditional landscape and mass tourism in the Alps. *Geographical Review*, 72(4), 395–415 (DOI: 10.2307/214593)

Crowley T. J., Free M. P., & Robock A. (1999) Global warming and the Little Ice Age. *Geophysical Research Letters*, 26(13), 1901–1904 (DOI: 10.1029/1999GL900378)

Fischer A., Seiser B., Patzelt G., & Helffricht K. (2021) Tracing the long-term evolution of land cover in an alpine valley 1820–2015 in the light of climate, glacier and land use changes. *Frontiers in Environmental Science*, 9, Article 683397 (DOI: 10.3389/fenvs.2021.683397)

Hanke H. (1935) Quartärgeologische Untersuchungen im inneren Ötztal. *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt*, 85, 191–223.

Nagl F., Erschbamer B. (2010) Pflanzliche Sukzession im Gletschervorfeld: Vegetation und Besiedelungsstrategien. In E. M. Koch & B. Erschbamer (Hrsg.), *Glaziale und periglaziale Lebensräume im Raum Obergurgl* (Alpine Forschungsstelle Obergurgl,

Band 1, S. 121–143), Innsbruck University Press (ISBN: 978-3-902719-50-8)

Pfister C., Brázdil R. (2006). Social vulnerability to climate in the 'Little Ice Age': an example from Central Europe in the early 1770s. *Climate of the Past*, 2(2), 115–129. (DOI: 10.5194/cp-2-115-2006)

Wanner H., Pfister C., Neukom R. (2022) The variable European Little Ice Age. *Quaternary Science Reviews*, 287, 107531 (DOI: 10.1016/j.quascirev.2022.107531)

Obergurgl – Vom Bergbauerndorf zur modernen Tourismusdestination

Mareike Heiner

Obergurgl liegt auf 1.930 Metern Seehöhe, Hochgurgl sogar auf 2.150 Metern, am Ende des Ötztals in Tirol. Die beiden Orte gehören zu den höchstgelegenen dauerhaft bewohnten Siedlungen der Alpen. Durch ihre abgeschiedene Lage waren sie früher schwer erreichbar und stark vom Rhythmus der Natur geprägt. Heute ist Obergurgl-Hochgurgl eine international bekannte Tourismusdestination und steht exemplarisch für die Entwicklung vieler alpiner Orte im 20. Jahrhundert.

Schon in der Bronzezeit nutzten Menschen das Gurgler Tal saisonal, dauerhaft besiedelt wurde es ab dem 13. Jahrhundert im Zuge der Almwirtschaft.

Historisch spielte Obergurgl als Übergangsort über das Timmelsjoch nach Südtirol eine gewisse Rolle, blieb aber lange abgeschieden und von bäuerlichen Strukturen geprägt. Erste Alpinisten und Naturforscher entdeckten das Tal im 19. Jahrhundert, der Bau der Ötztaler Straße (1898–1903) brachte schließlich mehr Reisende in die Region. 1931 gelangte Obergurgl sogar zu internationaler Bekanntheit: Der Physiker Auguste Piccard musste nach einer Stratosphärenfahrt mit seinem Ballon notlanden – ausgerechnet am Gurgler Ferner auf knapp 3.000 Metern Höhe. Dieses spektakuläre Ereignis rückte das kleine Bergdorf plötzlich in den Fokus der Öffentlichkeit.

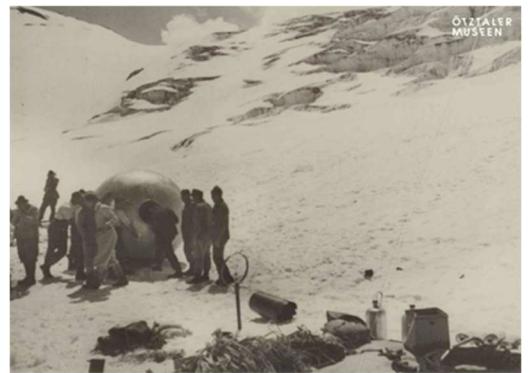


Abbildung 3: Notlandung von Piccards Gasballon auf dem Gurgler Ferner im Mai 1931 (Quelle: https://oetztalermuseen.at/wp-content/uploads/2021/05/03_19310529_Bergung_Oesterr.Alpenjaeger_02.jpg)

Der eigentliche touristische Aufschwung begann nach dem Zweiten Weltkrieg. 1949 wurde der erste Schlepplift gebaut, 1953 folgte der erste Sessellift. Mit dem Bau der Timmelsjoch-Hochalpenstraße 1960 wurde Hochgurgl besser erschlossen und Obergurgl entwickelte sich schrittweise zu einer modernen Wintersportdestination mit heute 112 Pistenkilometern.



Abbildung 4: Obergurgl im Jahr 1935 (Quelle: <https://www.sagen.info/forum/media/obergurgl-um-1930.68241/full>)

Besonders die Höhenlage bis 3.080 Metern garantiert Schneesicherheit, was den Wintertourismus zum wirtschaftlichen Hauptpfeiler machte. Heute bietet der Ort eine hochwertige Infrastruktur mit Ski-in/Ski-out-Hotels, Skischulen, Après-Ski-Angeboten sowie der modernen Panoramabahn Obergurgl–Hochgurgl und 25 Liftanlagen. Im Sommer setzen die Verantwortlichen zunehmend auf Wanderer, Alpinisten, Kongresse im Gurgl Carat sowie Wissenschaftstourismus durch die alpine Forschungsstation der Universität Innsbruck.

Trotz mancher Bemühungen um Nachhaltigkeit bleibt Obergurgl ein klassisches Beispiel für einen auf Massen-Wintertourismus fokussierten Ort. Positiv hervorzuheben sind Maßnahmen wie der Ausbau von Biomasseheizungen, Solaranlagen, autofreien Zonen und die Förderung regionaler Wertschöpfung. Zudem engagiert sich Obergurgl im Bildungsbereich, beispielsweise durch Kooperationen mit dem Naturpark Ötztal. Gleichzeitig gibt es Kritik: Der hohe Wasser- und Energieverbrauch für künstliche Beschneiung, der Rückgang

der Gletscher wie des Rotmoosfners sowie der verkehrsintensive Individualtourismus verursachen erhebliche Belastungen für Umwelt und Klima.

Zusammengefasst hat sich Obergurgl von einem abgeschiedenen Almdorf zu einer international bekannten Ganzjahresdestination entwickelt. Nachhaltigkeit wird zunehmend thematisiert, bleibt jedoch angesichts der einseitigen Ausrichtung auf wintersportlichen Massentourismus und den Klimawandel eine große Herausforderung für die Zukunft.

Literatur:

Austria.info. (2022). Tourismusstatistik Tirol & Entwicklungen im Alpentourismus. Österreich Werbung. <https://www.austria.info>

Land Tirol – Abteilung Tourismus. (2023). Tourismusentwicklung im Ötztal – Strategien & Nachhaltigkeit. <https://www.tirol.gv.at>

Naturpark Ötztal. (2021). Natur erleben im Hochgebirge – Bildung, Forschung und Erholung. <https://www.naturpark-oetztal.at>

Ötztal Tourismus. (n.d.). Obergurgl-Hochgurgl – Offizielle Webseite. <https://www.gurgl.com>

Piccard, A. (1932). Meine Stratosphärenfahrt – Abenteuer und Forschung in den Alpen. Orell Füssli.

Schuckert, M. (2019). Destination Management im Alpenraum – Herausforderungen & Perspektiven. Oldenbourg Verlag.

Sölden Gemeindearchiv. (n.d.). Chronik von Obergurgl und Hochgurgl. <https://www.soelden.tirol.gv.at>

Statistik Austria. (n.d.). Nächtigungszahlen und Tourismuskennzahlen für Tirol und das Ötztal. <https://www.statistik.at>

Universität Innsbruck – Alpine Forschungsstelle Obergurgl. (n.d.). Forschung und Umweltpädagogik in den Alpen. <https://www.uibk.ac.at/afu/>

Wirth, K.-H. (2015). Tirols Skigeschichte – Entwicklung des alpinen Tourismus. Tyrolia Verlag.

Waldgrenze im Bereich der Zentralalpen

Jana Girstmair

Der Begriff „Waldgrenze“ wird in der Literatur oft fälschlich mit der „Baumgrenze“ verwechselt. Waldgrenze ist jedoch der Rand des Lebensraumes, in dem Bäume noch geschlossene Bestände bilden. Darüber hinaus kommt die Lebensform „Baum“ aufgrund verschiedener Faktoren (Temperatur, Standortbedingungen, Hangneigung, ...) nur mehr vereinzelt vor (Körner, 2021). Im Gegensatz zur alpinen Waldgrenze, die wir in Obergurgel beobachten, gibt es noch andere Waldgrenzen z.B. polare, edaphische und orographische. Es gibt verschiedene Definitionen für einen Wald, jedoch versteht man darunter Baumbestände, dessen Kronendach mehr oder weniger geschlossen ist. Eine andere Definition wäre: „ein komplexes ökologisches System, in dem die Bäume die dominante Lebensform sind“ (Schuck et al., 2002).

Die Waldgrenze in Österreich ist häufig keine abrupte Grenze, sondern erstreckt sich über einen Gradienten bis zur klimatischen Baumgrenze. Dieses Waldgrenz-Ökoton in den Zentralalpen wird von *Pinus cembra* und *Larix decidua* gebildet. Anthropogene Einflüsse wie z.B. die Landwirtschaft oder Beweidung oder auch der Bergbau können die Waldgrenze herabsetzen (Körner, 2021). Diesen Einfluss kann man u.a. an der Vegetationszusammensetzung an der Dominanz von *Rhododendron* spp. oder *Pinus mugo* erkennen. Außerdem sind z.T. Bäume an schwer zugänglichen Hängen zu finden, die über der offensichtlichen Waldgrenze liegen.

Die Zentralalpen fungieren durch ihre große Masse als Heizfläche und es kommt zu einer abgeschwächten Lufttemperaturabnahme mit der Seehöhe („Massenerhebungseffekt“). Daher liegen auch die Wald- bzw. die klimatisch bedingte Baumgrenze in den Zentralalpen höher als in den Randalpen. Umliegende Gebirgsketten bewirken den sog. Randstaueffekt, niedrigere Niederschläge im Bereich der Ötztaler Alpen und eine daher höher liegende Schneegrenze (Gams, 1970). Diese ist besonders für Zergsträucher wie z.B. *Rhododendron*-Arten von Wichtigkeit, da sie den Schneeschutz und seine isolierende Funktion im Winter und Frühjahr brauchen. Diese Zergsträucher stellen sonst eine große Konkurrenz für Bäume da. Für diese wirkt sich eine Schneedecke im Gegensatz zu den Zergsträuchern negativ aus, da sie mechanisch beschädigt werden können oder von Schneeschimmel befallen werden.

Die Etablierung der Lebensform Baum in höheren Lagen wird von mehreren Faktoren beeinflusst und erschwert. Zum einen kann es zu mechanischen Beschädigungen der Sämlinge durch Windwurf oder Bruch kommen. Eis- und Schneeebläse bzw. Schneebruch und Lawinen können Gewebe beschädigen und vorzeitig die Etablierung der jungen Bäume verhindern. Anpassungen an die Schneelast im Winter sind aber an *Pinus*-Arten zu erkennen, die sich durch spitze Kronen von Schnee befreien (Mayr et al., 2003; Neuner, 2014).

Durch tiefe Temperaturen bzw. Wassermangel im Winter werden die jungen Bäume außerdem physiologisch herausgefordert. Gefrorene Böden im Winter erschweren die Wasseraufnahme, jedoch kommt es an strahlungsintensiven Tagen im Winter trotzdem zur Verdunstung großer Mengen an Wasser. Schneeschliff kann außerdem die Kutikula der Nadeln beschädigen und zu additiven Verdunstungsverlusten führen. Bäume an der Waldgrenze gehen daher in eine winterliche Ruheperiode ein, in der metabolische Prozesse verlangsamt werden und die Frost- und die Austrocknungsresistenz steigen (Mayr et al., 2003).

In höheren Lagen ist die Bodenmächtigkeit eingeschränkt. Durch die mit steigender Seehöhe niedrigeren Temperaturen arbeiten Mikroorganismen nur eingeschränkt und die Humusbildung

bzw. die Zersetzung von organischem Material läuft verlangsamt ab. Nährstoffmangel trägt daher ebenfalls zur Erschwerung der Etablierung von Bäumen an der Waldgrenze bei. Da metabolische Prozesse bei niedrigeren Temperaturen langsamer ablaufen, ist auch das Wurzelwachstum dementsprechend langsamer und die Erschließung neuer Nährstoffquellen läuft langsamer ab. Die Mykorrhizabildung läuft ebenfalls langsamer ab und kann auch zur Einschränkung in der Nährstoffaufnahme führen.

Die Baumgrenze-bildenden Baumarten in den Zentralalpen verbreiten sich durch den Tannenhäher (*Nucifaga caryocatactes* bei *Pinus cembra*; San-Miguel-Ayanz, 2016) und durch den Wind (*Larix decidua*; Moiseev et al. 2024). Einmal verbreitet müssten die mikroklimatischen Bedingungen optimal für mehrere Jahre sein, damit sich die jungen Bäume entwickeln können. Die Samenentwicklung wird außerdem durch Umwelteinflüsse wie Lawinen, Erosion aber auch durch Konkurrenz eingeschränkt. Dichte Gras- und Hochstauden bzw. Zwergstrauchbestände konkurrieren mit den jungen Sämlingen um Licht und Nährstoffe (Loranger et al., 2016; Mayer und Erschbaumer, 2012).

Lange wurden eine Einschränkung der Photosyntheseaktivität bzw. ein Defizit an Kohlenhydraten für das limitierte Wachstum an der Baumgrenze verantwortlich gemacht. Studien der Zuckerverteilung in Bäumen an der Baumgrenze machten allerdings eine Sink-Limitierung statt der Source-Limitierung für die Wachstumslimitierung verantwortlich. Geringe Temperaturen verlangsamen metabolische Prozesse, dazu gehört auch die Meristem-Aktivität. Die Zellerneuerung wird ebenfalls verlangsamt. Kurze Vegetationsperioden resultieren in geringeren Wuchsleistungen in Bäumen der höheren Lagen, da diese ihre Gewebe rechtzeitig vollständig ausdifferenzieren müssen (Körner, 2021). Es wird eher mehr in das Wurzelwachstum investiert, um genügend Nährstoffe für die schnelle Ausdifferenzierung bereitzustellen und das Höhenwachstum nimmt ab. Bäume, anders als prostrate alpine Pflanzen nahe den Bodenschichten, sind aerodynamisch an die Atmosphäre gekoppelt und die Blatttemperatur entspricht der Lufttemperatur. Dies ist der Grund für die klimatische Baumgrenze. Sie liegt bei der 5–6°C Isotherme während der Vegetationsperiode. Wird diese unterschritten, nimmt die Zellverdopplungszeit stark zu und Wachstumsprozesse bzw. Gewebeerneuerung können nicht schnell genug ablaufen (Körner, 2021).

Eine Erwärmung um ca.+ 2 °C seit Beginn des 20. Jahrhunderts ist im Alpenraum nachgewiesen worden. Nicht nur die Temperatur steigt, sondern auch Häufigkeit, Intensität, Dauer und räumliche Ausdehnung von Klimaextremen nehmen zu (Stumböck, 2002). Dadurch kommt es zu einer größeren Gefahr an Lawinenabgängen, Muren nehmen zu und die Bodenerosion steigt. Außerdem wird auch die Anzahl der Frosttage während der Wachstumsperiode der Bäume verändert z.B. steigt die Gefahr durch Frostschäden an früher austreibende Pflanzen durch Spätfröste. Eine Verschiebung der klimatischen Baumgrenze nach oben ist beobachtet worden, jedoch kommt es zu einer Verzögerung der Etablierung der Bäume. Oft sind sie noch unterhalb der Baumgrenze zu finden und haben noch nicht ihre maximale Ausbreitung erreicht. Konkurrenz um Nährstoffe und eingeschränkte Ausbreitung können eine Rolle spielen. Im Allgemeinen führt die Klimaerwärmung zu einem Anstieg der Baumgrenze und vorherig alpine Flächen verbuschen bzw. werden von Bäumen bedeckt. Obwohl der Wald als Schutz vor Lawinen und als Kohlenstoffsenke eine wichtige Rolle spielt, kommt es dadurch zum Artenverlust der diversen alpinen Rasen und zum Verlust der Albedowirkung.

Literatur:

- Gams, H., 1970. Die Erforschung der Floren- und Vegetationsgeschichte der Ötztaler Alpen. Mittl. Ostalp.-din. Ges. f. Vegetkde. 11, 55-62.
- Körner, C., 2021. Alpine Plant Life: Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems. Springer International Publishing, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-59538-8>
- Loranger, H., Zott, G., Bader, M.Y., 2016. Early establishment of trees at the alpine treeline: idiosyncratic species responses to temperature-moisture interactions. AoB PLANTS 8, plw053. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plw053>
- Mayer, R. & Erschbamer, B., 2012. Lärchen-Zirbenwälder und Zwergstrauchheiden. In: Erschbamer, B. & Koch, E. M. (Hrsg.): An den Grenzen des Waldes und menschlicher Siedlung. Alpine Forschungsstelle Obergurgl 2, innsbruck university press, Innsbruck, 99-123.
- Mayr, S., Schwienbacher, F., Bauer, H., 2003. Winter at the Alpine Timberline. Why Does Embolism Occur in Norway Spruce But Not in Stone Pine? Plant Physiology 131, 780–792. <https://doi.org/10.1104/pp.011452>
- Moiseev, P.A., Semerikov, V.L., Semerikova, T.V., Balakin, D.S., Vorobiev, I.B., Viuykhin, S.O., 2024. Leading directions and effective distance of larch offspring dispersal at the upper treeline in the Northern and Polar Urals, Russia. Forest Ecosystems 11, 100218. <https://doi.org/10.1016/j.fecs.2024.100218>
- Neuner, G., 2014. Frost resistance in alpine woody plants. Front. Plant Sci. 5. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00654>
- San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), 2016. European Atlas of Forest Tree Species. Publication Office of the European Union, Luxembourg.
- Schuck, A., Päivinen, R., Hytönen, T., Pajari, B., 2002. Compilation of Forestry Terms and Definitions. EFI Internal Report 6, European Forest Institute, Finland.
- Stumböck, M., 2002. Anthropogene Umweltveränderungen in den Südtiroler Ötztaler Alpen in historischer Zeit. Geogr. Helv. 57, 206–213. <https://doi.org/10.5194/gh-57-206-2002>

Alpine Rasen über Intermediärgesteinen

Elias Spögl



Der Begriff „Intermediärgesteine“ bezeichnet Gesteine mit mittlerem SiO₂-Gehalt, zwischen ca. 52 und 65 Gewichtsprozent. Die Werte bewegen sich damit zwischen jenen silikatischer und karbonatischer Gesteine. Intermediärgesteine ist ein breit gefasster Begriff, der vulkanische Gesteine der Inselbögen (z.B. Andesite) genauso umfasst wie Tiefengesteine bzw. Plutonite (z.B. Diorite) oder unreine Kalke (z.B. mergelige Kalke, mit hohem Tongehalt).

In Tirol sind sie vor allem durch die sogenannten „Bündner Schiefer“ (Glimmer, Ton- und Kalkschiefer) vertreten, die sich während der Jura und Kreidezeit (vor ca. 200–100 Mio. Jahren) im penninischen Walliser Trog abgelagert haben. Im Tauernfenster (Brennerberge bis Hohe Tauern) und Engadiner Fenster (Unterengadin bis Oberes Gericht) treten die Bündner Schiefer zw. den ostalpinen Decken zutage und sorgen für eine äußerst reichhaltige Gebirgsflora. Charakteristisch für alpine Rasen auf Intermediärgesteinen sind die Bestände der Nacktiedrasen (Ordnung Elynetalia), die nach ihrer Charakterart *Carex myosuroides* benannt sind. Es handelt sich dabei um ein arktisch-alpines, zirkumpolar verbreitetes Sauergras, das sich durch eine enorme Widerstandskraft gegenüber tiefen Temperaturen, Wind und Frosttrocknis auszeichnet und daher zu den besonders kältetoleranten Arten unserer heimischen Flora zählt.

Aus floristischer Sicht sind insbesondere die zahlreichen Vertreter aus hauptsächlich zentralasiatisch verbreiteten Gattungen zu nennen. Beispiele dafür sind unser prominentes Alpen-Edelweiß (*Leontopodium nivale* subsp. *alpinum*), das Kärntner Tauernblümchen (*Lomatogonium carinthiacum*) und mehrere Arten aus den Gattungen Tragant (*Astragalus*) und Spitzkiel (*Oxytropis*), so zum Beispiel der im Talboden des Rotmoos- und Gaisbergtals bei Sölden gehäuft vorkommende Lappländische Spitzkiel (*Oxytropis lapponica*).

Daneben treten eine Reihe arktisch-alpisch verbreiteter Sippen wie das Schnee-Fingerkraut (*Potentilla nivea*) und der Knospende Schwingel (*Festuca vivipara*) sowie etliche Endemiten mit kleinräumigem Verbreitungsgebiet auf. Beispiele dafür sind die Gruppe der Horn-Löwenzähne (*Taraxacum Sect. Borealia*), der auf wenige Gebiete in den Zentralalpen beschränkte Mähnen-Pippau (*Crepis rhaetica*) oder das in Österreich bzw. Südtirol subendemische Breitschötchen (*Braya alpina*). Das Auftreten von *Carex curvula* subsp. *rosae*, einer basiphilen Vikariante der Krumm-Segge *Carex curvula* subsp. *curvula*, kann als ökologische Kuriosität betrachtet werden.

Typisch ist nicht zuletzt das räumliche Nebeneinander von basiphilen und acidophilen Sippen auf engstem Raum, bedingt durch die erwähnte geologische Komplexität, was die alpinen Rasen über Kalkschiefer zu den artenreichsten und damit auch schutzwürdigsten Pflanzengesellschaften der alpinen Stufe macht.

Literatur

Intermediäre Gesteine (2025): In: *Spektrum*. Verfügbar unter: (letzter Zugriff am 7.7.2025)

Andesit (2025): In: *Wikipedia*. Verfügbar unter: <https://de.wikipedia.org/wiki/Andesit> (letzter Zugriff am 7.7.2025)

Bündnerschiefer (2025). In: *Wikipedia*. Verfügbar unter:
<https://de.wikipedia.org/wiki/B%C3%BCndnerschiefer> (letzter Zugriff am 7.7.2025)

Windkantenrasen (Nacktiedrasen) (2025). In: *InfoFlora*. Verfügbar unter:
<https://www.infoflora.ch/de/lebensraeume/typoch/4.3.4-windkantenrasen-nacktiedrasen.html>
(letzter Zugriff am 7.7.2025)



Abb. 1a (oben): Weiße Wand und Schwarzerspitze in der Rieserfernergruppe (Südtirol). Die geologische Komplexität ist gut erkennbar (Foto: E. Spögler, 10.7.2023).

Abb. 1b (unten, v. l. n. r.): *Carex myosuroides*, *Crepis rhaetica* und *Oxytropis halleri s. str.* (Fotos: E. Spögler; Pfunderer Berge bzw. Rieserfernergruppe, 2.7.2022 bzw. 10.7.2023).

Alpine Rasen der Windkanten (Nacktiedrasen)

Thomas Prommersberger

Die alpinen Rasen der Windkanten sind vor allem durch Nacktiedrasen repräsentiert und gehören zu den extremsten Lebensräumen der alpinen Vegetationsstufe. Sie entwickeln sich in exponierten Lagen entlang von Graten, Kämmen und Windkanten, meist oberhalb von 2.000 bis 2.200 Metern Höhe. Diese Standorte sind durch besonders harte Umweltbedingungen geprägt: starker Wind, große Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht (kontinentales Klima), geringe Schneedeckung im Winter. Hinzu kommen manchmal flachgründige und nährstoffarme Böden, welche nur wenig Humus enthalten. Gerade unter Nacktied-Beständen kann der Boden allerdings auch sehr tiefgründig sein. Der bevorzugte pH-Wert des bestandsbildenden Nacktieds (*Carex myosuroides*) liegt bei 6.

Unter diesen Bedingungen können nur hoch spezialisierte Pflanzenarten überleben. Typisch für den Nacktiedrasen ist die namensgebende Seggenart, das Nacktied (*Carex myosuroides*), die als Leitart fungiert. Neben ihr treten weitere Extremstandortspezialisten auf, darunter Pflanzen wie das Stängellose Leimkraut (*Silene acaulis*) oder Zwergsträucher wie die Alpenazalee (*Loiseleuria procumbens*). Charakteristisch ist zudem die Vegetationsstruktur. Der Bewuchs ist locker und oft lückig, sodass der Boden sichtbar ist.

Viele Arten besitzen kleine, dicke oder behaarte Blätter mit kräftiger Cuticula. Das Wachstum erfolgt sehr langsam, doch die Pflanzen sind langlebig. Auch Moose und Flechten spielen eine wichtige Rolle, da sie den Boden stabilisieren und als Pioniere die Besiedlung erleichtern.

Ökologisch sind diese Pflanzengesellschaften von hoher Bedeutung. Sie verhindern die Erosion in exponierten Lagen und tragen trotz ihrer geringen Flächenausdehnung wesentlich zur Biodiversität des Hochgebirges bei. Als Lebensraum für stark angepasste, oft seltene Arten haben sie zudem einen besonderen Naturschutzwert. Gleichzeitig dienen sie als Indikatoren für extreme Standortverhältnisse mit hohem Winddruck.

Die Gefährdung der Nacktiedrasen ist vor allem durch den Klimawandel bedingt. Steigende Temperaturen und Veränderungen in der Schneeverteilung können die Konkurrenzbedingungen für die Spezialisten verschieben und zu einem Rückgang dieser Vegetation führen. Zusätzlich stellen menschliche Aktivitäten wie Bergtourismus und Trittschäden ein Risiko dar. Viele alpine Schutzgebiete weisen daher Nacktiedrasen als besonders wertvolle Biotope aus und steuern den Besucherverkehr gezielt, um ihre empfindlichen Strukturen zu erhalten.

Insgesamt stellen alpine Rasen der Windkanten einzigartige, aber äußerst sensible Ökosysteme dar. Sie zeigen eindrucksvoll, wie Pflanzen durch besondere Anpassungen extreme Umweltbedingungen meistern können, und machen gleichzeitig deutlich, wie verletzlich diese Lebensräume angesichts globaler Veränderungen sind.

Literatur:

- Ellenberg, H. (1996): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht*. 5. Auflage. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Grabherr, G., et al. (2003): *Alpine Vegetation of Europe – The Alps*. In: *Ecosystems of the World 3: Alpine Biodiversity in Europe*. Elsevier, Amsterdam.
- Fischer, M.A., Oswald, K., Adler, W. (2008): *Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol*. Land Oberösterreich, Biologiezentrum Linz.
- Oberdorfer, E. (2001). *Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete* (8., überarb. und erw. Aufl.). Stuttgart: Ulmer

Blockgletscher im Wandel

Marlene Volz

In Tirol sind 3145 Blockgletscher kartiert, die eine Fläche von 167,2 km² einnehmen. Davon gelten 517 als aktiv. Im Ötztal befinden sich 135 aktive, 142 inaktive und 174 fossile Blockgletscher (Krainer & Ribis 2012).

Was sind Blockgletscher?

Nach Ahnert (2015) und Barsch (1996a) sind Blockgletscher lappen- oder zungenähnlich geformte Massen von losem Gesteinsschutt, deren Porenräume mit Eis übersättigt sind und welche im aktiven Zustand aufgrund der internen Deformation des Eises hangabwärts kriechen. Im Gegensatz zu echten Gletschern sind Blockgletscher **Formen des kriechenden Permafrostes** und besitzen einen Kern mit einer Mischung aus Lockermaterial und Eis. Echte Gletscher bestehen aus Eis, das über viele Jahre hinweg und unter wachsendem Druck komprimierter Schneeschichten entstanden ist (Ehlers 2011, Ahnert 2015).

Blockgletscher treten in **periglazialen Gebieten** auf, in denen die mittlere Jahrestemperatur der Luft unter 0°C beträgt. Voraussetzung für ihre Entstehung und Entwicklung sind ausreichend Lockergestein, eine gewisse Hangneigung, ein trockenes, schneearmes Gebiet und periglaziale, über einige tausend Jahre andauernde Bedingungen (Frauenfelder & Roer 2007). Bei dem Begriff „Periglazial“ handelt es sich um kaltklimatische Gebiete mit häufigem Frostwechsel, bei denen die tieferen Schichten des Bodens dauerhaft gefroren bleiben. Dies bezeichnet man als **Permafrost** bzw. als Dauerk frostboden. Die saisonale sommerliche Wärme bewirkt ein Auftauen des Oberbodens („active layer“) und Schmelzen des gefallenen Schnees, wodurch die Bildung echter Gletscher erschwert und die Blockgletscherbildung begünstigt wird (Ahnert 2015). Blockgletscher kommen in Tirol in Gebieten mit metamorphen Gesteinen wie Glimmerschiefer, Paragneis, Orthogneis und Amphibolit vor – im sogenannten „Altkristallin“.

Barsch (1996a) unterscheidet zwei Hauptentstehungstypen: 1) **Talus-Blockgletscher** („Eiszementierte Blockgletscher“) sind reine Permafrosterscheinungen mit einem Kern aus Lockermaterial und Eis. Sie entstehen aus Schuttakkumulationen, z.B. unter einer verwitternden Felswand und transportieren hauptsächlich den frostverwitterten Hangabtrag. Das Eis bildet sich nachträglich durch Gefrier-Tau-Wechsel in den Porenräumen des Gesteins. In den österreichischen Alpen findet man vorwiegend diese Form von Blockgletschern. 2) **Debris-Blockgletscher** haben einen schuttbedecktem, fast reinem Eiskern. Sie können sich aus der Endmoräne oder Resten von schuttbedeckten, echten Gletschern entwickeln und transportieren vorwiegend Gesteinsmaterial glazialen Ursprungs.

Blockgletscher werden nach Aktivitätsgrad klassifiziert: **Aktive Blockgletscher** bewegen sich hangabwärts. Typisch sind eine steile, vegetationsarme Front und eine Hangneigung über 35 Grad. Ihre Ausdehnung markiert häufig die Untergrenze des lückenhaften Permafrostes – in Tirol bei ca. 2500 m (Barsch 1996b). **Inaktive Blockgletscher** enthalten noch Eis, zeigen aber keine Bewegung mehr. Ursachen können klimatische Erwärmung („klimatisch inaktiv“) oder fehlender Nachschub an Schuttmaterial („dynamisch inaktiv“) sein. Inaktive Blockgletscher haben typischerweise eine abgeflachte Front, leichte Vegetationsbedeckung und eine mächtigere Auftauschicht (Barsch 1983). **Reliktische (fossile) Blockgletscher** sind eisfrei und bewegen sich nicht mehr. Sie sind Indikatoren für ehemalige periglaziale Bedingungen. Ihre Struktur ist oft kollabiert, dicht bewachsen und weist auf ein vergangenes Eisvolumen hin (Frauenfelder & Roer 2007, Ehlers 2011, Krainer 2015a).

Aktuelle Trends und Forschungsergebnisse

Veränderungen an Blockgletschern im Zusammenhang mit dem Klimawandel lassen sich anhand verschiedener Methoden messbar machen. Dazu gehören beispielsweise Temperaturmessungen an der Basis der winterlichen Schneedecke (BTS) und in verschiedenen Tiefen der Schuttlage, Korngrößenanalysen, Bewegungsmessungen mittels Laserscanning, UAV-Photogrammetrie oder festen Messpunkten, geophysikalischen Methoden wie Geoelektrik zur Eisanteilsschätzung und Radiokarbonatierung zur Altersbestimmung von Eisbohrkernen (Krainer 2015a).

Alpenweit zeigt sich ein **langfristiger Trend der Erwärmung und Degradation des Permafrostes im Zusammenhang mit dem globalen Temperaturanstieg**. Ergebnisse des Schweizer Permafrost Monitoring Netzwerks (PERMOS 2024) zeigen Rekordwerte bei der Bodenoberflächentemperatur, der Auftautiefe der „active layer“ und der Blockgletscher-Kriechgeschwindigkeiten. Durchschnittliche Bewegungsraten variieren zwischen 4 und 623 cm pro Jahr, wobei sich eine generelle Zunahme der horizontalen Geschwindigkeiten seit Beginn der Aufzeichnungen feststellen lässt. Kurzfristigen Schwankungen der Bewegungsraten über die Jahre sind korreliert mit den Jahresmittelwerten der Lufttemperatur. Blockgletscher-Bewegungen sind außerdem stark von lokalen Faktoren abhängig: Relief, Geologie, Hangneigung, Hydrologie (Abflusssystem) und Zusammensetzung der internen Struktur des Blockgletschers. Diese lokalen Faktoren können in manchen Fällen einen größeren Einfluss auf die Bewegung haben als die regionalen Umweltfaktoren.

Am Blockgletscher Äußeres Hochebenkar im Ötztal werden seit 1938 Bewegungsmessungen durchgeführt (Krainer 2015b). Damit weist dieser Blockgletscher eine der weltweit längsten Messreihen auf. Seit 2017 werden lokal extrem hohe Bewegungsraten einzelner Blöcke (um 20 m pro Jahr) gemessen, die auf Anzeichen von erdrutschartigen Bewegungen und stark destabilisierte Bedingungen im unteren Abschnitt des Blockgletschers hinweisen (Hartl et al. 2023). Die hohe Bewegungsdynamik ist besonders von der Reliefsituation beeinflusst. Setzt sich das Schmelzen des Poreneises fort, kann dies langfristig zur Inaktivität eines Blockgletschers führen.

Das Auftauen des Permafrostes über 2500 m führt in den Alpen zur Destabilisierung großer Schuttmassen und steiler Felswände. Es entsteht eine erhöhte Anfälligkeit für Trigger-Ereignisse (Starkregen, Erdbeben, Schneeschmelzen). In der Folge häufen sich Felsstürze, Murgänge und andere gravitative Massenbewegungen (PERMOS 2024). Gleichzeitig birgt das Auftauen von Permafrost in Blockgletschern ein zusätzliches Risiko: In ehemaligen Eishorizonten gespeicherte Schwermetalle (z. B. Nickel, Mangan, Aluminium, Eisen) werden durch Schmelzwasser mobilisiert und gelangen in den Abfluss. Am Blockgletscher Inneres Hochebenkar bei Obergurgl wurden zeitweise Konzentrationen dieser Metalle gemessen, die deutlich über den Grenzwerten für Trinkwasser liegen (Krainer et al. 2015).

Literatur

Ahnert, F. (2015): *Einführung in die Geomorphologie*.- 5. Auflage. Eugen Ulmer Verlag: 108-330 S., Stuttgart.

Barsch, D. (1983): *Blockgletscherstudien, Zusammenfassung und offene Probleme*.- In: Poser, H. & Schunke, E. (Hrsg.): *Mesoformen des Reliefs im heutigen Periglazialraum*.- Vandenhoeck & Ruprecht: 133-150 S., Göttingen.

Barsch, D. (1996a): *Indicators for the present and former geoecology in high mountain environments*.- 1. Auflage. Springer Verlag: Heidelberg.

- Barsch, D. (1996b): *Welche geoökologischen und klimatischen Aussagen erlauben aktive, inaktive und fossile Blockgletscher.*- Heidelberger Geographische Arbeiten **100**: 32-39.
- Ehlers, J. (2011): *Das Eiszeitalter.*- 1. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag: 191-192 S., Heidelberg.
- Frauenfelder, R. & Roer, I. (2007): *Was Blockgletscher bewegt.*- Die Alpen **9**: 34-37.
- Hartl, L., Zieher, T., Bremer, M., Stocker-Waldhuber, M., Zahs, V., Höfle, B., Klug, C., & Cicora, A. (2023): *Multi-sensor monitoring and data integration reveal cyclical destabilization of the Äußeres Hochebenkar rock glacier.*- Earth Surface Dynamics, **11**, 117–147.
- Krainer, K. & Ribis, M. (2012): *A rock glacier inventory of the Tyrolean Alps (Austria).*- Austrian Journal of Earth Sciences **105/2**: 32-47.
- Krainer, K. (2015a): *Kapitel 1: Blockgletscher: Einführung.*- In: Schallhart N., Erschbamer B. (Hg.). Forschung am Blockgletscher - Methoden und Ergebnisse. Publikationen Alpine Forschungsstelle Obergurgl - **Band 4**. Innsbruck university press.
- Krainer, K. (2015b): *Kapitel 3: Der Aktive Blockgletscher im Äußeren Hochebenkar.*- In: Schallhart N., Erschbamer B. (Hg.). Forschung am Blockgletscher - Methoden und Ergebnisse. Publikationen Alpine Forschungsstelle Obergurgl - **Band 4**. Innsbruck university press.
- Krainer, K., Ribis, M. & Schmidt, V. (2015): *Kapitel 4: Der Blockgletscher im Inneren Hochebenkar.*- In: Schallhart N., Erschbamer B. (Hg.). Forschung am Blockgletscher - Methoden und Ergebnisse. Publikationen Alpine Forschungsstelle Obergurgl - **Band 4**. Innsbruck university press.
- PERMOS (2024): *Swiss Permafrost Bulletin 2023.*- Noetzli, J. and Pellet, C. (eds.). No. **5**, 25 pp.

Subalpine Waldgesellschaften (Obergurgler Zirbenwald)

Rebecka Hardorp

Die subalpine Höhenstufe bildet den Übergangsbereich zwischen geschlossenem Bergwald und der baumfreien alpinen Zone. Sie liegt meist zwischen 1.600 und 2.200 Metern Höhe, abhängig von Region, Exposition und Klima. Charakteristisch für diese Zone sind kurze Vegetationsperiode, tiefe Temperaturen sowie häufige Störungen wie Frost, Wind oder Lawinen. Diese Bedingungen führen zu einer auffälligen Veränderung in der Vegetation: Die Bäume wachsen niedriger, krummer und lichter, man spricht hier auch von Krummholzformationen.

In Mitteleuropa, insbesondere in den Alpen, dominieren Nadelbäume wie die Fichte (*Picea abies*), die Lärche (*Larix decidua*) und vor allem die Zirbe (*Pinus cembra*). Letztere ist besonders gut an extreme Bedingungen angepasst und spielt eine wichtige Rolle im Lawinenschutz. Der Unterwuchs besteht häufig aus Heidekrautgewächsen, Gräsern, Moosen und Polsterstauden. In anderen Gebirgen, wie im Himalaya, finden sich in der subalpinen Stufe auch Rhododendren, Wacholder oder verschiedene Tannenarten.

Subalpine Waldgesellschaften sind hochdynamisch. Sie unterliegen regelmäßigen natürlichen Störungen: Lawinen, Schneebrech, Insektenbefall und Trockenperioden prägen ihre Struktur.

Diese Störungen schaffen Lichtungen, fördern die Biodiversität und regen immer wieder neue Sukzessionsprozesse an. Häufig beginnt die Wiederbewaldung mit Pionierarten, denen allmählich langsam wachsende, konkurrenzstärkere Arten folgen. Der Mensch hat diese Prozesse über Jahrhunderte durch Beweidung und Holznutzung beeinflusst. Mit dem Rückgang traditioneller Almwirtschaft in den letzten Jahrzehnten setzt nun vielerorts eine natürliche Wiederbewaldung ein, allerdings oft gebremst durch Wildverbiss, insbesondere durch Rot- und Gamswild.

Mit dem Klimawandel verändern sich auch die Bedingungen in der subalpinen Zone: Die Baumgrenze verschiebt sich langsam nach oben, bisher offene Flächen verbuschen allmählich. Gleichzeitig nehmen Extremereignisse wie Dürreperioden, Stürme oder Massenvermehrungen von Schadinsekten zu, was die Stabilität dieser Ökosysteme gefährdet.

Trotz aller Dynamik erfüllen subalpine Wälder zentrale Funktionen: Sie stabilisieren Berghänge, verhindern Erosion und Lawinen, speichern Wasser, und bieten Lebensraum für spezialisierte Tier- und Pflanzenarten. Sie sind somit nicht nur ökologisch wertvoll, sondern auch für den Natur- und Katastrophenschutz unverzichtbar. Umso wichtiger ist ein umsichtiger Umgang mit diesen sensiblen Waldgesellschaften in Zeiten des Klimawandels.

Der Obergurgler Zirbenwald ist ein außergewöhnlicher und naturnaher Wald im hochsubalpinen Bereich der Zentralalpen. Der Wald liegt in einer Höhe von etwa 2000 bis 2300 Metern über dem Meeresspiegel, also in einem Grenzbereich zwischen geschlossener Waldstufe und alpiner Vegetation. Die Bedingungen hier sind extrem: kalte Temperaturen, lange Schneebedeckung, steile Hänge und starke Winde stellen hohe Anforderungen an die Vegetation.

Trotz dieser Herausforderungen hat sich ein stabiler Bestand der Zirbe (*Pinus cembra*) erhalten können, allerdings nicht ohne menschlichen Einfluss. Über Jahrhunderte wurde der ursprüngliche Wald durch extensive Rodungen und die traditionelle Almwirtschaft stark verändert und dezimiert.

Erst in den 1950er-Jahren begann man im Rahmen eines Hochlagenauforstungsprojekts damit, das Gebiet gezielt wieder aufzuforsten. Hintergrund war vor allem der Schutz vor Lawinen. Die damaligen Aufforstungsmaßnahmen waren durchaus ein Pionierprojekt, da es kaum Erfahrungswerte gab, wie ein stabiler Waldbestand unter solchen Extrembedingungen langfristig etabliert werden kann.

Ein zentrales Instrument in diesem Projekt war das sogenannte Wind-Schnee-Ökogramm. Es half dabei, geeignete Flächen für die Aufforstung zu identifizieren – unter Berücksichtigung der lokalen Windverhältnisse, Schneelasten und Bodenverhältnisse. Seit dieser Zeit zeigt sich, dass der Wald heute deutlich höher hinaufreicht als in der Vergangenheit. Das lässt sich eindeutig auf den Klimawandel zurückführen, der die Vegetationsgrenze langsam nach oben verschiebt.

Der Obergurgler Zirbenwald umfasst heute rund 20 Hektar und wurde bereits 1963 als Naturdenkmal unter Schutz gestellt. Damit zählt er zu den wichtigsten naturnahen Zirbenwäldern Österreichs, nicht nur wegen seiner ökologischen Bedeutung, sondern auch als Beispiel erfolgreicher Wiederbewaldung unter schwierigen Bedingungen.

Was die Standortverhältnisse betrifft, so sind die Hänge im Gebiet zwischen 18 und 43 Grad geneigt und in nordwestlicher Richtung exponiert. Die klimatischen Bedingungen sind extrem. Die mittlere Jahrestemperatur liegt zwischen minus 1 und plus 3 Grad Celsius. Im Sommer erreichen die maximalen Lufttemperaturen Werte zwischen 9 und 17 Grad Celsius. Die minimale Bodentemperatur im Winter bewegt sich zwischen minus 4 und plus 1 Grad Celsius. Diese Zahlen zeigen sehr deutlich, unter welchen harschen Bedingungen die Pflanzen hier existieren müssen.

Wenn man sich den Aufbau des Obergurgler Zirbenwalds anschaut fällt auf, dass es sich um eine einschichtige, naturnahe Schlusswaldgesellschaft handelt. Seine Struktur lässt sich teilweise auf einen großen Waldbrand im Jahr 1880 zurückführen. Die Baumschicht ist locker aufgebaut mit einer Kronendeckung von meist 30 bis 50 Prozent, stellenweise sogar bis zu 80 Prozent. Die Strauchschicht ist eher spärlich entwickelt. Sie besteht vorwiegend aus Jungwuchs der Zirbe sowie einzelnen Exemplaren von *Lonicera caerulea*, der Blauen Heckenkirsche. Auch andere Arten wie die Lärche kommen vereinzelt vor.

Der Deckungsgrad der Strauchschicht liegt im Schnitt unter 30 Prozent, in Ausnahmen auch bis zu 60 Prozent.

Auffällig ist auch das starke Vorkommen von *Avenella flexuosa*, der Drahtschmiele, das auf eine deutliche Bodenversauerung hinweist, vermutlich eine Folge früherer Nutzungen und moderner Umweltbelastungen. Die Moos- und Flechtenschicht ist gut ausgebildet und erreicht eine Bodendeckung von 50 bis 75 Prozent.

Mit Blick auf die Zukunft des Obergurgler Zirbenwaldes stellen sich große Herausforderungen. Messreihen zeigen, dass sich der Alpenraum deutlich schneller erwärmt als der globale Durchschnitt. Das wirkt sich nicht nur auf das Wachstum der Bäume, sondern auch auf ihre Konkurrenzfähigkeit gegenüber anderen Arten aus. Ein wichtiger Aspekt bei künftigen Aufforstungen wird die genetische Herkunft des Pflanzmaterials sein. Nur angepasste Herkünfte können unter diesen Bedingungen dauerhaft bestehen. Es ist auch nicht sicher, ob sich die heimischen Baumarten wie die Zirbe langfristig selbst erhalten können. Denn ihre Reproduktion ist auf bestimmte Samenverbreiter wie zum Beispiel den Tannenhäher angewiesen, ein Vogel, dessen Verhalten sich durch den Klimawandel ebenfalls verändern könnte.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Obergurgler Zirbenwald ein ökologisch wertvoller, stabiler Hochlagenwald ist, der sich unter extremen Bedingungen behauptet hat.

Er zeigt uns, wie verletzlich solche Ökosysteme sind, aber auch, dass gezielte menschliche Maßnahmen wie eine durchdachte Aufforstung durchaus erfolgreich sein können – wenn sie an die natürlichen Gegebenheiten angepasst sind. In Zeiten des Klimawandels ist dieser Wald nicht nur ein Schutzraum für Biodiversität, sondern auch ein Lehrstück dafür, wie wir mit alpinen Lebensräumen umgehen.

Literatur

Körner, C. (2021). Alpine plant life: Functional plant ecology of high mountain ecosystems (3. Aufl., Kapitel 7). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-59538-8_7

Koch, E.-M.; Erschbamer, B. (Hg.) (2012): *An den Grenzen des Waldes und der menschlichen Siedlung*. – Alpine Forschungsstelle Obergurgl, Band 2. innsbruck university press: 224 S., Innsbruck.

Bedrohungen der Lebensräume im Hochgebirge durch den Menschen und Schutzbemühungen

Carla Behringer

Die Lebensräume im Hochgebirge sind einer Vielzahl von Bedrohungen auf globaler und regionaler Ebene ausgesetzt. Auf globaler Ebene geht derzeit die größte Gefahr vom anthropogenen verursachten Klimawandel sowie dem atmosphärischen Stickstoffeintrag aus. Aktuelle Klimadaten zeigen, dass die Temperaturen in den Alpen fast doppelt so schnell steigen wie im Rest der nördlichen Hemisphäre (Petitta et al., 2017). Momentan liegen die jährlichen Durchschnittstemperaturen ca. zwei Grad höher als noch Ende des 19. Jahrhunderts. Dies hat unter anderem eine Veränderung der Wasserverfügbarkeit durch früher einsetzende Schneeschmelze, weniger Niederschlag in Form von Schnee, sowie den Rückgang der Gletscher zur Folge. Diese Entwicklungen sowie die direkten Auswirkungen der höheren Temperaturen, wie zum Beispiel längere Vegetationsperioden, führen zu einem Rückgang der Lebensräume heimischer Tier- und Pflanzenarten (Petitta et al., 2017). Zusätzlich wird vermehrt Stickstoff in die hohen Lagen eingetragen. Dies geht mit einem negativen Effekt auf Artenvielfalt sowie einer Homogenisierung der Pflanzengemeinschaften einher (Roth et al., 2013). In Zukunft könnten aufgrund des Klimawandels außerdem invasive Arten in höhere Lagen vordringen (Alexander et al., 2016).

Auf regionaler Ebene leiden die Lebensräume der Alpen vor allem unter der Zunahme des Tourismus, der Änderung der Landnutzung, sowie der Verschmutzung durch z.B. Mikroplastik. Das Ötztal ist mit 4,3 Millionen Übernachtungen (Zahl für das Jahr 2024) eines der touristischen Ballungszentren Tirols (Amt der Tiroler Landesregierung, 2025). Die Zunahme von Tourismus, insbesondere Skitourismus, führt zu Habitatverlust, Fragmentierung sowie Stress (Roux-Fouillet et al., 2011). Gleichzeitig ist der Tourismus ein bedeutender Arbeitgeber im Tal – produzierendes Gewerbe, Handwerk und wirtschaftsnahe Dienstleistungen sind stark auf ihn ausgerichtet (Amt der Tiroler Landesregierung, 2025). Die Zunahme des Tourismus und gleichzeitig die Abnahme der extensiven Almwirtschaft führt zu einer Veränderung der Landnutzung, was wiederum die Fragmentierung und den Verlust von Lebensräumen zur Folge hat.

Zusätzlich leben heutzutage etwa doppelt so viele Menschen (14 Millionen) in den Alpen als noch vor 150 Jahren (Alpenkonvention, 2025). Dadurch wurden die Hauptverkehrsachsen und die Freizeitinfrastruktur, also Städte, Straßen und Skigebiete, weiter ausgebaut und haben für eine großflächige Unterbrechung grüner und blauer Korridore gesorgt.

Durch diese Vielzahl an Bedrohungen im Hochgebirge gefährden wir die mehr als 30.000 nachgewiesenen Tier- und 13.000 Pflanzenarten (Petitta et al., 2017), die sich über Jahrtausende an extreme Umweltbedingungen angepasst haben und eine Vielzahl an Ökosystemdienstleistungen bereitstellen.

Um diese Biodiversität zu erhalten, gibt es verschiedene Schutzbemühungen. Die wohl bekannteste ist hierbei die Ausweisung von Schutzgebieten. Im Ötztal beispielsweise fasst der Naturpark Ötztal verschiedene Schutzgebiete zusammen. Ein weiterer zentraler Baustein im Schutz von Biodiversität sind Forschung und Monitoring. Beides wird in Obergurgl durch das Universitätszentrum bereits seit 50 Jahren intensiv durchgeführt.

Außerdem gibt es verschiedene Umweltbildungsangebote, um Menschen für die Vielfalt der Natur sowie der Bedeutung für uns Menschen zu begeistern. Ein weiterer Baustein auf regionaler Ebene ist die Regulierung von Tourismus etwa durch Besucherlenkung.

Um den Schutz der Alpen zu gewährleisten gibt es außerdem internationale Bemühungen. Bereits vor über 70 Jahren, im Jahr 1952, wurde die internationale Alpenschutzkommision (CIPRA) gegründet. Knapp 40 Jahre später folgte die Alpenkonvention. Gegründet wurde sie von den acht Alpenländern sowie der EU und trat im Jahre 1995 in Kraft. Die Alpenkonvention ist der erste internationale Vertrag für die nachhaltige Entwicklung sowie den Schutz einer gesamten Gebirgskette und gilt als wegweisend für ein nachhaltiges Leben in den Alpen, da sie auf die Umsetzung der SDGs (Sustainable Development Goals) zielt (Alpenkonvention, 1991).

Literatur:

Alexander, J. M., Lembrechts, J. J., Cavieres, L. A., Daehler, C., Haider, S., Kueffer, C., ... & Seipel, T. (2016). Plant invasions into mountains and alpine ecosystems: current status and future challenges. *Alpine botany*, 126(2), 89-103.

Alpenkonvention. (1991). Alpenkonvention - Rahmenkonvention. Zugänglich unter: https://www.alpconv.org/fileadmin/user_upload/Convention/DE/Framework_Convention_DE.pdf

Alpenkonvention. (2025). Bevölkerung und Kultur. Zugänglich unter: <https://www.alpconv.org/de/startseite/themen/bevoelkerung-kultur/>

Amt der Tiroler Landesregierung.(2025): Regionsprofil Statistik 2024, Ötztal, Planungsverband 13. Zugänglich unter: https://www.tirol.gv.at/fileadmin/themen/statistik-budget/statistik/downloads/Regionsprofile/Stat_profile/planungsverbaende/rp_plv_13.pdf

Petitta M., Renner K., Ravazzoli E., Laner P. (2017): Klimawandel – Auswirkungen auf die Alpen und was wir tun können. Eurac research, Institut für Erdbeobachtung, Institut für Regionalentwicklung.

Roth, T., Kohli, L., Rihm, B., & Achermann, B. (2013). Nitrogen deposition is negatively related to species richness and species composition of vascular plants and bryophytes in Swiss mountain grassland. *Agriculture, ecosystems & environment*, 178, 121-126.

Roux-Fouillet, P., Wipf, S., & Rixen, C. (2011). Long-term impacts of ski piste management on alpine vegetation and soils. *Journal of applied ecology*, 48(4), 906-915.

Alpine und subalpine Kryptogamen (Flechten, Moose, Algen)

Elke Huber

In den Ötztaler Alpen in Tirol finden sich eine Vielzahl von Spezialisten, die an die extremen klimatischen Bedingungen dieser Region ausgezeichnet angepasst sind. Flechten, Moose und Algen bilden eine einzigartige Lebensgemeinschaft, die nicht nur die Oberflächen von Felsen, Bäumen und Böden besiedelt und dadurch eine entscheidende Rolle im Nährstoffkreislauf und in der Bodenbildung spielen, sondern auch als Indikatoren für die Umweltbedingungen und Klimaveränderungen dienen. In den alpinen und subalpinen Zonen Tirols, wo extreme Temperaturschwankungen, geringe Niederschläge und starke UV-Strahlung große Herausforderungen bieten, zählen sie zur sogenannten Pioniergevegetation.

Die Kryptogamenflora („Kryptogamen“: griechisch für ‚verborgen‘, ‚heimlich‘ + ‚heiraten‘) bilden aus heutiger taxonomischer Sicht keine geschlossene systematische Einheit (Taxon). Der Begriff „Kryptogame“ wird in der Biologie zwar uneinheitlich verwendet, umfasst jedoch in der zentralen Bedeutung immer blütenlose Pflanzen. Im Ötztal wurden Kryptogamen insbesondere im Rotmoostal bereits seit Mitte des 19. Jh. intensiv erforscht, aktuelle Studien (Türk in Koch & Erschbamer, 2020) sind eng mit der Erforschung der pflanzlichen Sukzession im Gletschervorfeld verknüpft. Historische Daten lieferten bereits im 19. Jh. Erkenntnisse zu Algen (insbesondere Desmidiaceae) und Flechten. Die Flechtenflora der nivalen Zone der zentralen Ötztaler Alpen bearbeiteten Poelt (1953), Pitschmann und Reisigl (1955). Zur Moosflora findet man weniger ältere Veröffentlichungen (Pitschmann und Reisigl, 1954).

Flechten (Lichenes)

Die symbiotische Beziehung besteht zwischen einem Mycobionten, meist einem Ascomyceten, und einem photobionten Partner, häufig einer Grünalge wie *Trebouxia* oder Cyanobakterien. Durch diese obligate Symbiose können die Flechten auf den mineralischen, nährstoffarmen Silikatgesteinen wachsen, da der Mycobiont die Wasser- und Nährstoffaufnahme übernimmt und Schutz bietet, während der Photobiont durch Photosynthese organische Verbindungen produziert. Diese Anpassung ermöglicht es den Flechten, in den kargen, oft extremen Bedingungen der Ötztaler Alpen zu gedeihen, insbesondere auf rauen, silikatischen Felsen. Die Wuchsformen umfassen Krustenflechten, placodioide Krustenflechten, Blattflechten, Strauchflechten, Bartflechten und Gallertflechten.

Flechten werden meist als Pionerpflanzen/Pionierorganismen bezeichnet. Wie eingangs erwähnt erfolgte aktuelle Forschung im Gletschervorfeld des Rotmoosfers und die Forschungsergebnisse zeigen, dass Flechten für ihre Entwicklung weitgehend unbewegte, stabile Habitate benötigen. Dementsprechend steigen die Biodiversität und die Abundanz der Flechten in den ältesten Moränenflächen stark an. Die Entwicklung der Flechten benötigt in den Gletschervorfeldern eine weitaus längere Zeit als die Bildung einer Vegetationsdecke durch höhere Pflanzen.

Umbilicaria cylindrica, ein Pionier auf Blockfluren besiedelt Silikatgestein und -felsen an licht- und windoffenen, schrägen Flächen, die meist nur kurzzeitig schneebedeckt sind. Die Ausbreitung von *Rhizocarpon geographicum* pro Zeit wird zur Datierung verwendet, es wächst ca. 0,2mm pro Jahr. *Stereocaulon alpinum* kommt auf bereits verfestigten Moränenstadien vor (Abb.1a). Auf Moränenböden und an windexponierten Stellen findet man die als Totengebein oder Wurmflechte

bezeichnete, leicht anzusprechende *Thamnolia vermicularis* var. *vermicularis* (Foto: G. Gärtner). In windexponierten Magerrasen und Zergstrauchheiden tritt *Alectoria ochroleuca* (Abb. 1c) auf, oft in Gesellschaft mit *Cetraria islandica*, *Flavocetraria cucullata* und *F. nivalis*. In den Hochalpen sind Rentierflechten (*Cladonia rangifera*, *C. arbuscula*) eine wichtige Nahrungsquelle für Steinbock, Gämse und Schneehase. Schneehühner verwenden sie für den Nestbau. Für Schnecken, Raupen (Flechtenbär) und Milben sind sie eine wichtige Nahrungsgrundlage. Eine typische Art in Schneeböden auf Silikat ist *Solorina crocea* (Peltigeraceae) (Abb. 1d).

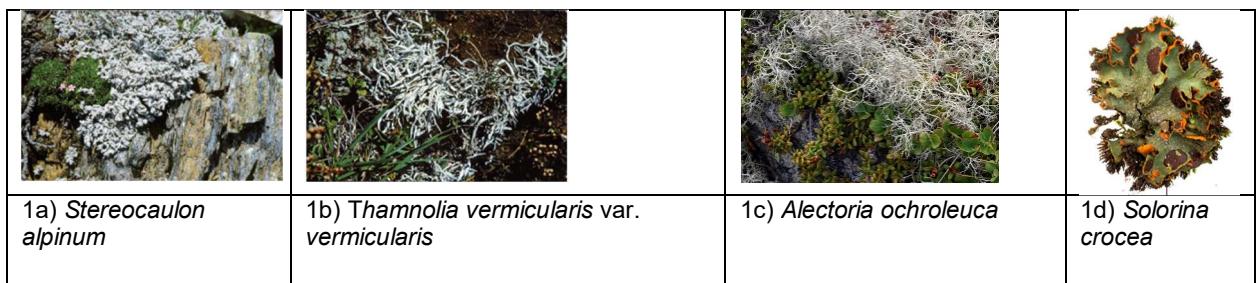


Abb. 1a-d) Flechten

Moose (Bryophyta)

Bemerkenswert und auffallend durch die dunkelrote, fast schwarzrote Färbung sind quadratmetergroße Bestände des Lebermooses *Scapania undulata*, allerdings sei nach Gams (1962) der Name „Rotmoos“ nicht auf rotgefärbte Moosorganismen, sondern auf die rostfarbenen Eisenocker in den Moortümpeln und kleinen Seitenrinnsalen zurückzuführen. Ein Pioniermoos des Gletschervorfeldes auf trockenen Sand- und Kiesböden, *Racomitrium canescens*, ist anhand der weißgrauen Glashaare an den Blattspitzen relativ leicht anzusprechen (Abb. 2b). Das grauschwarze, durch Wachsüberzug auffällige Schimmel-Lebermoos *Anthelia juratzkana* in Gesellschaft mit *Polytrichum sexangulare* (= *P. norvegicum*) findet man auf vernässten Schneeböden.

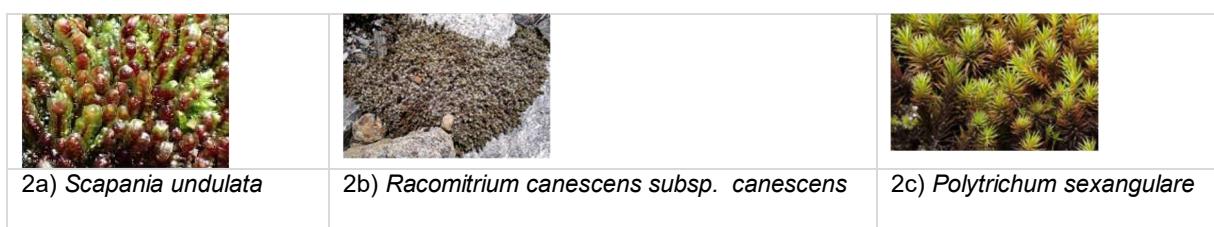


Abb. 2 a-c) Moose

Algen

Eine aktuelle Bearbeitung der benthischen Algen der Fließgewässer im Rotmoostal liegt von Gesierich und Rott (2004) vor, es dominieren Kieselalgenarten, Cyanophyceen und Zygnemaphyceae. Eisalgen der Alpen findet man in der Gruppe der Jochalgen (Zygnemaphyceae), es sind also hoch spezialisierte Grünalgen, die sich auf der Oberfläche von Gletscherfeldern finden (aber mit freiem Auge nur schwer zu sehen) sind.

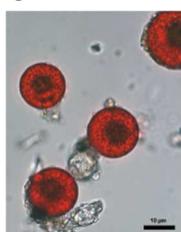


Abb. 3a) *Chlamydomonas nivalis* (Chlamydomonadales). Der dunkle, zentrale Bereich besteht aus dem Chloroplasten, welcher durch die cytoplasmatischen Sekundär-Carotinoide überdeckt ist. Diese Art verursacht **Roten Schnee**. Die Besonderheit an *Chlamydomonas nivalis* ist, dass er einen lipidlöslichen Farbstoff aus der Gruppe der Carotinoide bildet, um sich vor der hohen UV-Strahlung im Hochgebirge zu schützen.

Bärlappflanzen (Lycopodiopsida) und Farne (Polypodiopsida)

Einige Farne sind extrem austrocknungstolerant. Eine typische Felsspaltenart ist zum Beispiel *Asplenium septentrionale*. Besondere, gefährdete bzw. geschützte Vertreter sind im Ötztal beispielsweise

- Lycopodiales: *Lycopodium complanatum*, *Lycopodium issleri*
- Selaginellales: *Selaginella selaginoides*
- Ophioglossales: *Botrychium simplex*, mit 2.525 m. ü. NN sind die Ötztaler Alpen (Vent) der bislang höchstegelegene Fundort der Art in Europa
- Polypodiopsida: *Dryopteris affinis ssp. cambrensis*

Literatur:

Exkursionsprotokolle EU Vegetation des Hochgebirges (2015, 2019, 2021, 2023)

Erschbamer, B. (2000) Die alpine Stufe in den Zentralalpen. In: Die subalpine und alpine Vegetation in Tirol, Erschbamer B., Grabner S. (eds) Exkursionsführer 50. Jahrestagung d. Floristisch-Soziolog. Arbeitsgemeinschaft, 114-146.

Gesierich, D. & Rott, E. (2004): Benthic Algae and Mosses from Aquatic Habitats in the Catchment of a Glacial Stream (Rotmoos, Ötztal, Austria). Ber. Nat.-Med. Ver. Innsbruck 91: 7-42.

Hofmann, P., Türk, R. & Gärtner, G. (1988) Beitrag zur Flechtenflora Tirols: Obergurgl (Ötztaler Alpen, Nordtirol). Ber. Nat.-Med. Ver. Innsbruck 75: 7-19.

Eva-Maria Koch, Brigitte Erschbamer (2020) Glaziale und periglaziale Lebensräume im Raum Obergurgl

Landmann, A. (2013): Wildnisareal Ötztaler Alpen: Naturräumliche und naturkundliche Bedeutung und Besonderheiten. WWF Österreich

Pitschmann, H. & Reisigl, H. (1954) Zur nivalen Moosflora der Ötztaler Alpen (Tirol). Rev. Bryolog. Lichenolog. 23:

Pitschmann, H. & Reisigl, H. (1955) Beiträge zur nivalen Flechtenflora der Oetztaler und Ortleralpen. Rev. Bryol. Lichenol. 24: 138-143.

Holzinger A. (2019): Naturphänomen Blut-schnee
<https://www.uibk.ac.at/de/newsroom/2019/naturphaenomen-blutschnee/#uibk-copyright-0> -
23.08.2025

Abbildungen: Exkursionsprotokolle (1a-c, 2a), E. Huber (1c), D. Remias (3a), G. Gärtner (2b),
<https://www.asturnatura.com/fotografia/flora/polytrichum-sexangulare/38295.html> (2c)

Subalpine Wiesen und Weiden

Rebekka Loheide

Die subalpinen Wiesen und Weiden der Höhenstufe zwischen 1900 und 2300 m ü. NN in den Zentralalpen stellen eine durch jahrhundertlange Nutzung geprägte Kulturlandschaft dar. Ursprünglich wären an diesen Standorten Fichtenwälder sowie Lärchen- und Zirbenwälder verbreitet gewesen (Ellenberg & Leuschner, 2010). Durch Almwirtschaft und Beweidung entstanden jedoch charakteristische Pflanzengesellschaften, die sich in drei Haupttypen gliedern lassen: Borstgrasrasen, Goldhaferwiesen und Milchkrautweiden (Mayer, Nagl, & Erschbamer, 2012).

Borstgrasrasen (*Nardetalia Oberd. Ex Preising 1949*)

Borstgrasrasen gehören zum Verband *Nardion strictae* und sind die am weitesten verbreitete Weidegesellschaft der Almregion. Namensgebend ist das Borstgras (*Nardus stricta*), eine durch Verbiss und Tritt geförderte Art (Reisigl & Keller, 1994). Typische Kennarten sind u. a. *Arnica montana*, *Carex pallescens* und *Galium pumilum* (Mucina, Grabherr, & Ellmauer, 1993). Standörtlich finden sich Borstgrasrasen auf kalkarmen, oft sauren Böden, die durch frische bis feuchte Braunerde- oder Podsolböden geprägt sind (Peppler-Lisbach & Petersen, 2000). Sie entstehen als Ersatzgesellschaften für Zergstrauchheiden und Hochstaudenfluren und werden meist als Rinderweiden genutzt. Ihre Erscheinung ist durch kleinräumige Unterschiede und ungleichmäßige Beweidung sehr variabel. Je nach Nährstoff- und Basengehalt lassen sich verschiedene Subassoziationen unterscheiden, von zergstrauchreichen Typen über typische Weideformen bis hin zu gedüngten Ausprägungen mit geringerer Artenvielfalt (Mayer, Nagl, & Erschbamer, 2012).

Goldhaferwiesen (*Trisetum flavescentis Tüberl 1911*)

Goldhaferwiesen sind die typischen Berg-Fettwiesen der montanen bis subalpinen Stufe und stehen im Gegensatz zu den Borstgrasrasen auf tiefgründigeren, basen- und nährstoffreicherem Böden, meist mit geringerer Hangneigung (Ellmauer, 1995). Sie werden ein- bis zweimal jährlich gemäht und mit Stallmist oder Gülle gedüngt, oft ergänzt durch Herbstanachweide (Dierschke, 1997). Floristisch sind sie durch das Vorkommen von Arten wie *Achillea millefolium*, *Agrostis capillaris* und *Campanula scheuchzeri* gekennzeichnet (Mucina, Grabherr, & Ellmauer, 1993). Gegenüber Glatthaferwiesen tieferer Lagen unterscheiden sie sich durch Gebirgstaxa wie *Potentilla erecta* oder *Hypericum maculatum* (Dierschke, 1997). Subassoziationen wie das *nardetosum* enthalten Übergangsarten zu Borstgrasrasen, während das *typicum* stärker von nährstoffliebenden Gräsern und Kräutern geprägt ist (Mayer, Nagl, & Erschbamer, 2012). Insgesamt nimmt die Artenvielfalt mit steigender Höhe und extensiver Nutzung zu.

Milchkrautweiden (*Crepidio-Festucetum commutatae Lüdi 1948*)

Milchkrautweiden kommen in der subalpinen bis alpinen Stufe vor, bevorzugt an Hangfüßen, in Mulden und in der Umgebung von Sennhütten, wo durch Viehnutzung eine gute Nährstoffversorgung besteht (Ellmauer, 1995). Namensgebend sind die Arten *Crepis aurea* und *Leontodon hispidus*, die im Volksmund als Milchkräuter bezeichnet werden. Diese Weiden sind niedrigwüchsige, hemikryptophytenreiche und besonders produktiv, da sie häufig gedüngt und intensiv beweidet werden. Typische Begleiter sind Gräser wie *Agrostis capillaris* oder *Festuca*

nigrescens, daneben zahlreiche Leguminosen wie *Lotus corniculatus* und *Trifolium badium* (Mucina, Grabherr, & Ellmauer, 1993). Milchkrautweiden sind Ersatzgesellschaften für Grünerlengebüsche und verschiedene Waldtypen und können durch starke Beweidung auch aus Borstgrasrasen hervorgehen (Oberdorfer, 1983; Dierschke, 1997). Übernutzung kann zur Ausbildung von Trittrasen führen, während Brachfallen eine Dominanz von Gräsern oder die Einwanderung von Sträuchern begünstigen (Dierschke, 1997).

Literatur:

- Dierschke, H. (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.
- Ellenberg, H., & Leuschner, C. (2010). *Vegetation Mitteleropas mit den Alpen*. Stuttgart: Ulmer Verlag.
- Ellmauer, T. (1995). Nachweis und Variabilität einiger Wiesen und Weidegesellschaften in Österreich. (132), 13-60.
- Mayer, R., Nagl, F., & Erschbamer, B. (2012). Subalpine Wiesen und Weiden. In E.-M. Koch, & B. Erschbamer, *An den Grenzen des Waldes und menschlicher Siedlung*. Innsbruck: Alpine Forschungsstelle Obergurgl, innsbruck university press.
- Mucina, L., Grabherr, G., & Ellmauer, T. (1993). *Die Pflanzengesellschaften Österreichs, Teil 1, Anthropogene Vegetation*. Jena, Stuttgart, New York: Gustav Fischer.
- Oberdorfer, E. (1983). *Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil III: Wirtschaftswiesen und Unkrautgesellschaften*. Stuttgart: Gustav Fischer.
- Peppler-Lisbach, C., & Petersen, J. (2000). *Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands, Heft 8, Calluno-Ulicetea (G3) - Teil 1: Naedetalia strictae Borstgrasrasen*. Göttingen: Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft und Reinhold-Tüxen-Gesellschaft.
- Reisigl, H., & Keller, R. (1994). *Alpenpflanzen im Lebensraum*. Stuttgart: Fischer.

Moore der subalpinen und alpinen Stufe (Niedermoore)

David Wilke

Moore sind dauerhaft nasse Feuchtgebiete und durch die Bildung von Torf gekennzeichnet. Torf besteht aus organischen Ablagerungen aus unvollständig zersetzen, humifizierten Pflanzenmaterial. Zur Torfbildung kommt es aufgrund der Wassersättigung und damit dem Sauerstoffmangel, der ab einer bestimmten Tiefe in Mooren vorherrscht. Durch den Sauerstoffmangel wird eine vollständige Zersetzung der organischen Substanz verhindert. Die Torfbildung beruht demnach nicht auf einer hohen Primärproduktion, sondern auf der stark verlangsamten Zersetzung pflanzlichen Materials unter anoxischen Bedingungen (Ellenberg & Leuschner, 2010).



Abbildung 5: Niedermoor im Zirbenwald bei Obergurgl. Einige der dort gefundenen Arten sind *Carex rostrata*, *Carex pauciflora*, *Carex nigra*, *Carex paupercula*, *Carex echinata*, *Eriophorum vaginatum*, *Eriophorum angustifolium*, *Trichophorum cespitosum* und *Luzula sudetica*.

In Mitteleuropa treten rund 200 Gefäßpflanzenarten an Moorstandorten auf. Die Artenvielfalt ist dabei stark von den Standortbedingungen abhängig. Vergleichsweise artenreich sind kalk- und basenreiche Niedermoore, während oligotrophe, saure Hochmoore eher artenarm sind. Eine wichtige Rolle spielen in allen Moortypen die Torfmoose (Gattung *Sphagnum*), die mit etwa 40 Arten in mitteleuropäischen Mooren vertreten sind. In gehölzfreien Mooren stellen Kryptogamen oftmals die dominierenden Primärproduzenten dar (Ellenberg et al. 2010).

Moore lassen sich vertikal in zwei funktionale Zonen unterteilen: Das **Akrotelm** bezeichnet den obersten Bereich des Moores, der durch wechselnde Wasserstände und aerobe Bedingungen geprägt ist. Darunter liegt das **Katotelm**, welches dauerhaft wassergesättigt ist. Aufgrund des Sauerstoffmangels ist die mikrobiologische Aktivität hier stark eingeschränkt und die Abbaurate des organischen Materials minimal (Ellenberg et al. 2010).

Morphologisch werden Moore in **Nieder-** und **Hochmoore** differenziert. In Niedermooren entspricht die Mooroberfläche weitgehend dem Niveau des Grundwasserspiegels. Sie werden kontinuierlich durch mineralstoffhaltiges Grundwasser gespeist. Hochmoore hingegen entwickeln sich über das Niveau des Grundwassers hinaus. Sie werden oberhalb des Grundwasserspiegels durch Niederschläge mit Wasser versorgt und sind daher auf ein niederschlagsreiches, nicht zu trockenes Klima angewiesen. In den Zentralalpen sind Hochmoore aufgrund der klimatischen Bedingungen meist nur bis in Höhenlagen von 1000–1800 m ü. Adria gut ausgebildet – in höheren Lagen existieren lediglich Niedermoore. Neben diesen beiden Haupttypen existieren sogenannte Zwischenmoore, die Merkmale beider Moortypen aufweisen (Ellenberg et al. 2010).

Der anthropogene Einfluss auf Moore ist erheblich. Der Abbau von Torf als Brennmaterial lässt sich in Mitteleuropa bereits seit der Bronzezeit nachweisen. Im größeren Umfang erfolgte die Nutzung jedoch ab etwa 1750 (Ellenberg et al. 2010). Auch im Rotmoostal wurde ab Mitte des 19. Jahrhunderts Torf abgebaut. Pfarrer Trientl, der ab 1856 in Gurgl tätig war, regte die Bevölkerung zum Abbau von Torf als Heizmaterial im Rotmoos (im Bereich der heutigen Schönwieshütte) an (Gärtner 2010). Weltweit wird bis heute Torf im Gartenbau und der Landwirtschaft verwendet.

Ab dem späten 19. Jahrhundert kam es in Mitteleuropa zu einer umfassenden Umwandlung von Moorstandorten in landwirtschaftlich nutzbare Flächen durch Entwässerung. Diese Entwicklung führte zu einem drastischen Rückgang der Moorflächen: Aktuell sind nur noch etwa 5 % der ursprünglichen Moore Mitteleuropas erhalten (Ellenberg et al. 2010). Diese Veränderung hat nicht nur floristisch-ökologische Konsequenzen, sondern auch globale Auswirkungen auf den Kohlenstoffhaushalt.

Moore fungieren als bedeutende Kohlenstoffspeicher: Weltweit sind in Moorböden mehr als 600 Milliarden Tonnen Kohlenstoff gebunden – mehr als in allen anderen Vegetationsformen (IUCN 2022). Werden Moore entwässert, kehrt sich ihre Funktion als Kohlenstoffspeicher um: Es kommt zur Freisetzung großer Mengen CO₂. Entwässerte Moore emittieren derzeit jährlich rund 1,9 Milliarden Tonnen CO₂-Äquivalente, was etwa 5 % der globalen anthropogenen Emissionen entspricht (IUCN 2022).

Die Erhaltung und Renaturierung von Mooren stellt daher nicht nur eine Maßnahme des Biodiversitätsschutzes dar, sondern ist auch unter dem Aspekt des Klimaschutzes von hoher Relevanz.

Literatur:

- Ellenberg, H., & Leuschner, C. (2010). *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. In ökologischer, dynamischer und historischer Sicht* (6. Aufl.). Ulmer.
- Gärtner, G. (2010). *Zur Kryptogamenflora im Rotmoostal*. In E. M. Koch & B. Erschbamer (Hrsg.), *Publikationen Alpine Forschungsstelle Obergurgl* (Bd. 1, S. 145–154). Universität Innsbruck.
- IUCN (2022): *Peatlands and climate change: issues brief*. IUCN, Gland, Schweiz. Verfügbar unter: https://www.iucn.org/sites/default/files/2022-04/iucn_issues_brief_peatlands_and_climate_change_final_nov21.pdf (Zugriff am 12.09.2025).

Klima und Mikroklima in der subalpinen, alpinen und nivalen Höhenstufe

David González

Das Klima verändert sich mit zunehmender Höhe, was vor allem in Bergregionen unterschiedliche Lebensbedingungen für Organismen auf kleinem Raum bewirkt. Temperatur, Schneedeckung, Strahlung, Luftfeuchtigkeit und Windintensität sind klimatische Faktoren, die mit der Höhe variieren. Dies bedingt großräumig die Strukturierung von Vegetation in Vegetationszonen auf bestimmten Höhenstufen.

Gleichzeitig gibt es kleinräumige Unterschiede der klimatischen Bedingungen innerhalb einer Höhenstufe, das Mikroklima. Es entsteht durch lokale Gegebenheiten wie Exposition, Relief und die Vegetation selbst. Dadurch entstehen auf kleinem Raum unterschiedliche ökologische Nischen, was die Ansiedlung von Organismen mit verschiedenen Ansprüchen begünstigt.

Die Höhenstufen über der Waldgrenze

Durch die Änderung der klimatischen Bedingungen, vor allem der Temperatur, mit steigender Höhe verändern sich auch die Wuchsformen der Pflanzengesellschaften. Die Stufe, in der geschlossene Wald sich aufzulichten beginnt und in aufgelockerte Krummholzvegetation übergeht, ist die subalpine Höhenstufe und befindet sich meist auf einer Höhe von 1600 bis 2200 m. Darauf folgt die alpine Höhenstufe, in der die Baumgrenze überschritten ist und alpine Rasen dominieren, meist auf einer Höhe von etwa 2200 bis 2800 m. Die oberste Höhenstufe in Hochgebirgen bildet die nivale Höhenstufe von ca. 2800 m Höhe aufwärts, charakterisiert durch sehr spärlich vorkommende Vegetation und großteils felsigen oder schneedeckten Boden.

Großklimatische Bedingungen im Gebirge

Der wichtigste klimatische Faktor für die Organismen und dadurch die Zonierung der Höhenstufen im Gebirge ist die Temperatur. Sie nimmt mit der Höhe typischerweise um circa $0,65^{\circ}\text{C}$ pro 100 Höhenmeter ab (=environmental lapse rate). Dadurch sind Jahresmitteltemperaturen in der nivalen Stufe beispielsweise mehrere Grad kühler als in der subalpinen. Außerdem beeinflusst die Temperatur direkt andere großräumige klimatische Bedingungen wie die Luftfeuchtigkeit oder die Schneedeckung.

Mit zunehmender Höhe verlängert sich die Dauer der Schneedeckung. Während in der nivalen Stufe die schneefreie Zeit meist nur 3 Monate oder weniger beträgt, schmilzt der Schnee in der alpinen Stufe meist schon im Juni und in der subalpinen Stufe im April oder Mai. Das beeinflusst für die Vegetation relevante Faktoren wie die Bodenfeuchte und die Bodentemperatur.

Die Strahlungsintensität, vor allem intensivere kurzwellige Strahlung wie UV-Strahlung, nimmt mit der Höhe zu. Das ist vor allem durch die Abnahme der Dichte der Atmosphäre bedingt, die somit weniger Strahlung absorbiert.

Auch der Wind nimmt im Durchschnitt mit der Höhe zu, was Verdunstung, Bodenabkühlung und Schneeverfrachtung beeinflussen kann.

Dadurch, dass kalte Höhenluft weniger Feuchtigkeit halten kann als wärmere Luft in tieferen Lagen, ist die absolute Luftfeuchtigkeit in höheren Lagen geringer. Dies macht die Lebensbedingungen für Organismen jedoch nicht zwangsläufig trockener, da die relative Luftfeuchtigkeit trotzdem hoch sein kann und in Kombination mit kühlen Temperaturen eine geringere Transpiration von Pflanzen bewirkt.

Das Mikroklima

Das Mikroklima beschreibt klimatische Unterschiede auf einer räumlichen Ebene von wenigen Millimetern bis zu circa 2 Kilometern. In der Ökologie wird das Mikroklima des Weiteren als die Bedingungen unmittelbar von der Bodenoberfläche bis zu einer Höhe von 2 Metern definiert.

Die Exposition hat einen maßgeblichen Einfluss auf lokale Bedingungen und ist kleinräumig sehr variabel. Beispielsweise erhalten südexponierte Hänge mehr Sonneneinstrahlung als Nordhänge und weisen daher höhere Tagestemperaturen, eine frühere Schneeschmelze und eine längere Vegetationszeit auf.

Das Relief und die Geländestruktur bedingen ebenso klimatische Unterschiede auf lokaler Ebene. In Mulden und Senken kann sich zum Beispiel kalte Luft ansammeln und Kuppen neigen zu stärkerer Windexposition. Die Hangneigung beeinflusst auch die Strahlungsintensität, steile Südhänge erhalten durch den direkteren Sonneneinstrahlungswinkel mehr Energie.

Auch die Vegetation selbst beeinflusst das Mikroklima, vor allem durch ihre Wuchsform. Horstige Gräser, Rosettenpflanzen oder Polsterpflanzen erzeugen durch ihren dichten Wuchs ihr eigenes Mikroklima mit z.B. weniger stark schwankenden Temperaturen.

Vegetationsökologische Bedeutung

Die mikroklimatischen Unterschiede haben direkte Auswirkungen auf die Standortverhältnisse für die dort vorkommende Vegetation. Pflanzen an Südhängen müssen mehr Trockenheit und höhere Strahlung aushalten, während Nordhänge meist feuchter sind, aber kürzere Vegetationszeiten aufweisen und sich dort somit andere Pflanzen ansiedeln. Muldenstandorte mit langer Schneedeckung werden eher von spät austreibenden Arten mit kurzer Vegetationsperiode besiedelt. Kuppenlagen, die früh schneefrei sind und nachts stark auskühlen, werden oft von kältetoleranteren Arten bewohnt.

Insgesamt führt das Zusammenspiel von Makro- und Mikroklima in Bergregionen, bedingt durch den Höhengradienten und die heterogenen mikroklimatischen Verhältnisse, zu extrem kleinräumigen Verbreitungsmustern verschiedenster Arten, was eine hohe Biodiversität auf kleinem Raum erzeugt.

Literatur:

Habitats - Diversity in a small area - Nationalpark Hohe Tauern, n.d. URL <https://hohetauern.at/en/nature/habitats.html> (25.08.25).

Hartl, L., Kaufmann, R., Schallhart, N., Erschbamer, B., 2013. Das Mikroklima waldfreier Standorte in der subalpinen, alpinen und subnivalen Stufe in Obergurgl, Kapitel 7.

Höhenstufen der Alpen, 2025. URL https://www.alpenverein.de/artikel/hohenstufen-der-alpen_b357eec5-01a6-4c3e-96a7-add6683313b4 (25.08.25).

Sustainability Directory, 2025. Altitudinal Zonation, URL <https://climate.sustainability-directory.com/term/altitudinal-zonation/> (25.08.25).

Schneeböden auf Silikat

Jennifer Lüdtke

Schneeböden und Schneetälchen

Schneeböden und Schneetälchen sind typische Standorte der alpinen und subnivalen Stufe (Ellenberg & Leuschner, 2010). Sie bleiben fast das ganze Jahr über schneebedeckt und ändern nur für wenige Wochen im Sommer aus (Kollmann et al., 2019). In dieser kurzen Zeit können sich hochspezialisierte Pflanzen etablieren. Schneetälchen sind kühl, feucht und von hygrophilen Arten geprägt (Ellenberg & Leuschner, 2010). Blütenpflanzen erscheinen nur, wenn der Boden mindestens zwei Monate schneefrei bleibt. Aufgrund der kurzen Vegetationsperiode findet kaum Humusakkumulation statt (Kollmann et al., 2019).

Schneeböden auf Silikat

Das Gestein um Obergurgl besteht vor allem aus Paragneisen, Glimmerschiefern, Orthogneisen und Amphiboliten. Schneetälchen auf Silikat sind nicht artenärmer als auf Karbonat – vermutlich wegen der besseren Wasserversorgung (Kollmann et al., 2019). Silikatschneeböden sind in Österreich gefährdete Biotoptypen und werden in moos- sowie gefäßpflanzendominierte Silikat-Schneeböden unterteilt (Traxler et al., 2005).

Moosdominierte Schneeböden sind bis zu 10–12 Monate schneebedeckt und bleiben ganzjährig kühl-feucht. Typische Moose sind *Polytrichum sexangulare*, *Kiaeria falcata* und *Pohlia drummondii* (Traxler et al., 2005). Daneben treten wenige Gefäßpflanzen wie *Arenaria biflora* oder *Cardamine alpina* auf (Traxler et al., 2005).

Hält die Schneefreiheit länger als acht Wochen an, bilden sich gefäßpflanzendominierte Schneeböden mit über 30 % Pflanzendeckung. Typische Arten sind *Salix herbacea*, *Sibbaldia procumbens*, *Soldanella pusilla* und Grasartige wie *Carex foetida* oder *Luzula alpinopilosa*. Besonders charakteristisch ist die Krautweide (*Salix herbacea*), die feuchte, sauerstoffreiche Substrate benötigt, mit Sickerwasser aus der Schneeschmelze und ausreichender Besonnung (Ellenberg & Leuschner, 2010).

Pflanzengesellschaften

Die Arten in Schneetälchen sind wenig frost- aber sehr feuchtigkeitsresistent und müssen gleichzeitig starke Sonneneinstrahlung ertragen. Pflanzensoziologisch treten vor allem die Verbände *Salicion herbaceae* (u. a. *Salix herbacea*, *Soldanella alpina*) und *Caricion curvulae* (u. a. *Carex curvula*) auf (InfoFlora, 2025ab). Die Dauer der Schneebedeckung und Wasserversorgung durch Schmelzwasser bestimmen die Vegetationsausprägung maßgeblich.

Gefährdung und Schutz

Klimawandelbedingte Aridifizierung verändert Schneeböden zunehmend: Die Schneefreiheit verlängert sich, mesophile Arten dringen ein, und Konkurrenz aus tieferen Lagen verändert die Artzusammensetzung (Ramskogler et al., 2025). Schneeböden gelten daher als besonders vulnerabel. Da sich ihre Gemeinschaften kaum renaturieren lassen, kommt dem Schutz der natürlichen Standorte besondere Bedeutung zu (Kollmann et al., 2019).

Literatur:

- Ellenberg, H., & Leuschner, C. (2010). *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht*. UTB.
- InfoFlora (2025a) Salicion herbaceae (https://www.infoflora.ch/de/lebensraeume/phytosuisse/IV.1.1.1-salicion_herbaceae.html, abgerufen am 23.07.2025)
- InfoFlora (2025b) Krummseggenrasen (<https://www.infoflora.ch/de/lebensraeume/typoch/4.3.7-krummseggenrasen.html>, abgerufen am 23.07.2025)
- Kollmann, J., Kirmer, A., Tischew, S., Hözel, N., & Kiehl, K. (2019). Renaturierungsökologie. In Springer eBooks. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-54913-1>
- Ramskogler, K., Lepesant, L., & Tasser, E. (2025). Understanding the long-term dynamics of vegetation since 1953 in high-mountain regions. *Journal of Ecology*. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.14472>
- Traxler, A., Minarz, E., Englisch, T., Fink, B., Zechmeister, H., & Essl, F. (2005). *ROTE LISTE DER GEFAHRDETEN BIOTOPTYPEN ÖSTERREICH* Moore, Sümpfe und Quellfluren Hochgebirgsrasen, Polsterfluren, Rasenfragmente und Schneeböden Äcker, Ackerraine, Weingärten und Ruderalfuren Zwergstrauchheiden geomorphologisch geprägte Biotoptypen.

Die Böden im Hochgebirge – subalpine, alpine & nivale Stufe

Amelie Leubner

Hochgebirgsregionen zeichnen sich durch starke Höhenunterschiede und extreme Umweltbedingungen aus. Die Bodenbildung ist geprägt von Frostprozessen, Hangbewegungen und sehr langsamer Humusbildung, wodurch mosaikartige Mikrostandorte mit speziell angepasster Vegetation entstehen. Generell sind alpine Böden jedoch nährstoffarm. Dabei sind Stickstoff und Phosphor die limitierenden Faktoren, welche allerdings durch Almbeweidung und atmosphärische Staubablagerung immer stärker anthropogen beeinflusst wird. Wie weit sich diese Veränderungen auf die alpine Bodenbildung auswirken, müssten extensive Langzeitstudien klären; auch dann sind atmosphärische Ablagerungen extrem schwer zu kontrollieren (Hiltbrunner et al., 2005).

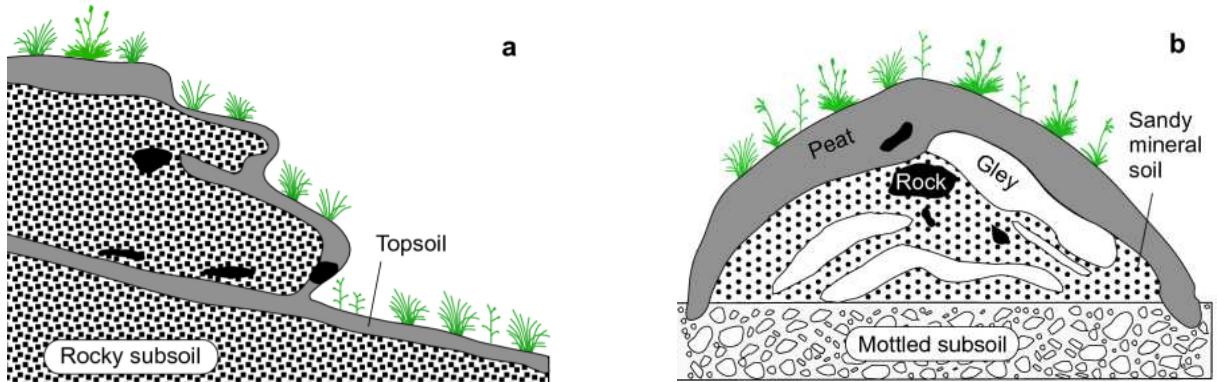


Abbildung 1: zeigt Prozesse der Bodenbildung im Gebirge. Körner, C. (2011), Kapitel: Alpine Böden

Subalpine Stufe (ca. 1600–2300 m)

Die subalpine Stufe bildet die Übergangszone zwischen montanem Wald und alpiner Baumgrenze. Dort findet man in den bewaldeten Flächen hauptsächlich **Podsol** oder **Braunerde-Böden** und in flachgründigen Abschnitten **Ranker (Silikat)** oder **Rendzina (Kalk)**, in welchen der Gesteinsanteil weiter zu- und die Menge an organischer Substanz abnimmt. Die Vegetation besteht meist aus typischen Nadelbäumen der Baumgrenze wie *Pinus cembra* oder *Larix decidua*. Je höher die Lage, desto verbreiteter findet man Krummholz- und Ziergehölzgesellschaften mit Arten wie *Pinus mugo*, *Alnus viridis*, *Rhododendron*- und *Vaccinium*-Arten.

Alpine Stufe (ca. 2300–2800 m)

Die alpine Stufe beschreibt die Höhenlagen oberhalb der Baumgrenze, geprägt von Frost-Tau-Wechsel, starker Sonneneinstrahlung und einer kurzen Vegetationsperiode. Die Böden sind fast ausschließlich flachgründig und nährstoffarm, außer lokal in Senken oder feuchten Bedingungen. Am verbreitetsten sind wieder **Ranker** und **Rendzina**, aber auch **Skeletthumusböden** sind verbreitet. Sie bilden dünne Humusschichten zwischen viel Gesteinsmaterial, die Bodenbildung schreitet sehr langsam voran und sie bieten Habitate für spezialisierte Arten von Schuttflächen und Felsabhängen. Aufgrund der nährstoffarmen Bedingungen wachsen auf diesen Böden hauptsächlich kleinwüchsige Arten: Kräuter (*Gentiana*, *Potentilla*, *Achillea*, *Alchemilla* etc.) und Gräser (*Carex curvula*, *C. sempervirens*). Aber auch wie eben erwähnt spezialisierte Arten mit Polsterwachstum (z.B. *Silene acaulis*).

Nivale Stufe (ab ca. 2800–3100 m)

Von der nivalen Stufe spricht man, wenn permanent frostnahe Bedingungen und extrem kurze Vegetationszeit herrschen. Auf diesen Höhen findet man nahezu nur mehr Rohböden, eine kaum entwickelte Skeletthumusschicht. Auch biologische Krusten von Flechten und Cyanobakterien bilden dort erste Böden und in sehr seltenen Fällen gibt es auch in den Alpen sogenannte Kryosole, welche dauerhaft gefrorenen Gletscherflysch beschreiben. Diese kommen sonst hauptsächlich in Sibirien und Alaska vor. Die Vegetation umfasst wenige, aber spezialisierte Arten wie *Ranunculus glacialis* und *Saxifraga aizoides*.

Zusammenfassend sind die Böden in Hochgebirgen sehr variabel und geprägt von Verwitterungsprozessen, langsamer Zersetzung von organischer Substanz und daraus resultierender langsamer Bodenbildung. Allgemein sind alpine Böden aber immer nährstoffarm, mit den hauptlimitierenden Faktoren Stickstoff und Phosphor. Die Arten dieser Höhenstufen sind auf diese Bedingungen spezialisiert, allerdings bildet sich mit steigender Luftverschmutzung und der Erwärmung der Atmosphäre das große und extrem schwer zu kontrollierende Phänomen der atmosphärischen Staubablagerung. Vor allem Gebirge bilden Wände, in denen sich riesige Mengen an Stickstoff ablagern können. Die Folgen dieser Ablagerungen sind noch unklar und würden Langzeitstudien erfordern, aber eine Veränderung der Bodenzusammensetzung scheint sicher.

Literatur:

Bassin et al. (2007): Nitrogen deposition but not ozone affects productivity and community composition of subalpine grassland after 3 yr of treatment

Hiltbrunner, Schwikowski & Körner (2005): Inorganic nitrogen storage in alpine snow pack in the Central Alps (Switzerland)

Körner, C. (2011). *Alpine Plant Life: Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems* (Kap. 6)

Naturpark Ötztal. (o. J.). Naturpark Ötztal. Abgerufen am 12. September 2025, von <https://www.naturpark-oetztal.at/>

Ständiges Sekretariat der Alpenkonvention. (2021). Luftqualität in den Alpen: 8. Alpenzustandsbericht (Alpensignale – Sonderserie 8). Innsbruck: Ständiges Sekretariat der Alpenkonvention. ISBN 9788897500667.

Menschliche Besiedlung im Ötztal

Lukas Hartlmayer

Einleitung und Frühgeschichte

Das Ötztal liegt im Westen Österreichs, im Bundesland Tirol, und erstreckt sich über rund 65 Kilometer in Nord-Süd-Richtung. Es ist eines der bedeutendsten Seitentäler des Inntals und wird von den Ötztaler und Stubaieralpen eingerahmt. Die Region ist geprägt durch hohe Berge, enge Täler, Gletscher und alpine Landschaften. Aufgrund seiner geografischen Lage war das Ötztal schon früh ein wichtiger Durchzugsraum über die Alpen.

Die ersten Spuren menschlicher Anwesenheit im Ötztal reichen bis in die Jungsteinzeit zurück. Archäologische Funde belegen, dass bereits vor etwa 9.000 Jahren Menschen das Tal durchquerten oder sich vorübergehend dort aufhielten. Die bekannteste und bedeutendste Entdeckung aus dieser Zeit ist „Ötzi“, der Mann aus dem Eis. Seine mumifizierte Leiche wurde 1991 am Tisenjoch auf 3.210 Meter Höhe gefunden – an der Grenze zwischen dem heutigen Südtirol und Tirol. Ötzi lebte um ca. 3.300 v. Chr. und gilt als einzigartiger archäologischer Fund, der viele Erkenntnisse über das Leben in der Kupferzeit liefert. Kleidung, Werkzeuge und seine Ernährung geben Hinweise auf das alltägliche Leben der Menschen in dieser Zeit sowie auf ihre Wanderungsbewegungen über die Alpen.

Mittelalterliche bis neuzeitliche Entwicklung

Die dauerhafte Besiedlung des Ötztales begann deutlich später – etwa in der Bronze- und Eisenzeit – und setzte sich im frühen Mittelalter fort. Erste dauerhafte Siedlungen entstanden vor allem in den niederen Lagen des Tals, wo Landwirtschaft möglich war. Die Bewohner lebten überwiegend von der Viehzucht, vor allem Schafen und Rindern, sowie von der Almwirtschaft. Die Nutzung hochgelegener Almen zur Sommerweide ist bis heute ein prägendes Element der regionalen Kultur.

Im Mittelalter wurde das Ötztal durch den zunehmenden Handel über die Alpenpässe wirtschaftlich wichtiger. Zwar war das Tal kein direkter Hauptverkehrsweg, doch kleinere Routen wurden für den Warentransport zwischen Nord- und Südtirol genutzt. In dieser Zeit entstanden viele der heutigen Dörfer wie Sölden, Umhausen und Längenfeld. Auch religiöse Einrichtungen wie Kapellen und kleine Kirchen wurden gebaut, was auf eine zunehmende Sesshaftigkeit und Dorfstruktur hinweist.

In der frühen Neuzeit war das Leben im Tal von harten klimatischen Bedingungen geprägt. Der Winter war lang, die Böden oft steinig und schwer zu bearbeiten. Dennoch hielten sich die Bewohner durch Subsistenzwirtschaft und den Tauschhandel über Wasser. In manchen Regionen wurde auch Bergbau betrieben, etwa zur Gewinnung von Eisen oder Kupfer, allerdings in kleinem Umfang.

Moderne Besiedlung und Tourismus

Im 20. Jahrhundert veränderte sich das Leben im Ötztal grundlegend. Besonders nach dem Zweiten Weltkrieg begann der Ausbau der touristischen Infrastruktur. Mit dem Bau von Straßen, Liften und Hotels wurde das Tal zunehmend für Gäste aus dem In- und Ausland erschlossen. Heute ist der Tourismus die mit Abstand wichtigste wirtschaftliche Grundlage der Region.

Sölden ist heute eines der bekanntesten Skigebiete Europas und auch im Sommer ein beliebter Ausgangspunkt für Wanderer, Mountainbiker und Bergsteiger. Orte wie Obergurgl und Vent bieten Naturerlebnisse auf über 2.000 Metern Seehöhe. In Längenfeld lockt die moderne Therme „Aqua

Dome“ das ganze Jahr über Besucher an. Der Wintertourismus bringt zwar große Einnahmen, doch auch der Sommertourismus gewinnt zunehmend an Bedeutung.

Die heutige Siedlungsstruktur im Ötztal ist dezentral, mit vielen kleinen Dörfern und Weilern entlang der Ötzaler Ache. Dank moderner Infrastruktur – Schulen, Verkehrsverbindungen, medizinischer Versorgung – hat sich die Lebensqualität in den vergangenen Jahrzehnten deutlich verbessert. Dennoch kämpfen viele Gemeinden mit den typischen Herausforderungen alpiner Regionen: Abwanderung junger Menschen, steigende Lebenshaltungskosten und die Balance zwischen Natur- und Tourismusnutzung.

Insgesamt zeigt sich, dass das Ötztal eine beeindruckende Siedlungsgeschichte aufweist – von der steinzeitlichen Durchquerung bis zur modernen Tourismusregion. Die Menschen in der Region haben sich immer wieder den natürlichen Gegebenheiten angepasst und dabei eine einzigartige alpine Kulturlandschaft geschaffen.

Geschichte der menschlichen Besiedlung im Ötztal

1. Prähistorische Besiedlung – Nach der letzten Eiszeit (ab ca. 8000 v. Chr.)

- Nach dem Ende der letzten Eiszeit etwa um 8000 v. Chr. begann sich das Ötztal als Lebensraum zu etablieren, nachdem stärkere Gletscher geschmolzen waren.
- Erste archäologische Hinweise stammen aus dem Raum Obergurgl-Beilstein sowie nahe Vent ("Hohler Stein") – Nutzung als saisonale Jägerlager bereits um 7500 v. Chr. und vielleicht sogar direkt nach der Eiszeit.

2. Wichtige archäologische Fundstellen

- **Beilstein (Obergurgl)** – Nutzung als Lagerplatz mit Feuerstelle, Hornsteinfunden und Pollenbefunden; Nutzung bereits vor über 9.000 Jahren. Später Almwirtschaft (Brandrodung, Weidewirtschaft) ab ca. 4300 v. Chr. nachweisbar.
- **Hohler Stein (Vent)** – Jäger- und Hirtenstation zwischen 8000–4000 v. Chr., Funde belegen regelmäßige Nutzung steinzeitlicher Bevölkerung zur Jagd
- **Urzeitliches Jägerlager Rofental** – auf einer Geländeterrasse auf ca. 1950 m gelegen; Nutzung um 7600 v. Chr.; Jagdlager mit Feuerstelle, Werkzeugproduktion, Verarbeitung von Jagderzeugnissen.

3. Neolithikum – Sesshaftigkeit und Landwirtschaft

- Ab ca. 5000 v. Chr.: Ackerbau und Viehzucht setzen im Alpenraum ein.
- Um 4300 v. Chr.: Beilstein zeigt Hinweise auf Brandrodung und Weidewirtschaft (Frühform der Almwirtschaft).
- Zwischen 4000–3600 v. Chr.: Venter und Gurgler Raum weiter besiedelt; schließlich stirbt Ötzi um 3600 v. Chr. am Tisenjoch.

4. Bronzezeit bis Mittelalter

- Ca. 2000 v. Chr.: intensive Nutzung und Zuzug in die Täler.
- Ca. 800 v. Chr.: durch Klimaveränderungen Rückgang der Besiedlung in Hochlagen.
- 500 v. Chr.: Besiedlung durch verstreute Rätische Gruppen.
- 200 n. Chr.: Beginn der römischen Präsenz im Ötztal.
- Um 600 n. Chr.: germanische Stämme dringen vor.
- Ca. 1200–1400 n. Chr.: Südtiroler Besiedlung schreitet fort; bis ca. 1400 n. Chr. ist die Besiedlung der Täler weitgehend abgeschlossen.

5. Neuzeit

- Im Hochmittelalter entstand etwa um 1200 die **Burg Auenstein** bei Oetz, wahrscheinlich als Gerichtssitz; sie spielte eine Rolle im lokalen Herrschaftsgefüge.

6. Archäologische Aufarbeitung & Vermittlung

- Der Fund des **Ötzi** am 19. September 1991 löste umfangreiche archäologische Forschung aus. Seither wurden weitere Fundstellen entdeckt und dokumentiert.
- Heute können Besucher*innen das **Archäologische Netz** im Naturpark Ötztal und auf diversen Themenwegen kennenlernen, markiert mit dreisprachigen Stelen.
- Das **Ötzi-Dorf in Umhausen** ist ein Freilichtmuseum, das das Steinzeitleben (Hütten, Werkzeuge, Haustiere etc.) interaktiv erlebbar macht.

Überblick (Tabellarisch)

Zeitraum	Ereignis / Entwicklung
ca. 8000 v. Chr.	Ende der Eiszeit – erste Besiedlung möglich
7500–5000 v. Chr.	Saisonale Jägerlager (Beilstein, Hohler Stein, Rofental)
5000–4000 v. Chr.	Ackerbau und Viehzucht; Almwirtschaft ab ca. 4300 v. Chr.
3600 v. Chr.	Ötzi stirbt am Tisenjoch
2000–800 v. Chr.	Intensivierung der Talbesiedlung / klimatischer Rückgang der Hochlagen
500 v. Chr.– 600 n. Chr.	Rätische Besiedelung, später Römer und Germanen
1200–1400 n. Chr.	Fertigstellung der Talbesiedlung; Bau von Burg Auenstein
seit 1991	Intensive archäologische Forschung (Auslöser: Ötzi-Fund)
heute	Vermittlungsangebote wie Themenwege, Ötzi-Dorf, Ausstellungen

Literatur:

Naturpark Ötztal (o. J.). Die Besiedlungsgeschichte. Verfügbar unter: <https://www.naturpark-oetztal.at/wissen/der-mensch/die-besiedlungsgeschichte> (Zugriff am 09.09.2025).

Naturpark Ötztal (o. J.). Am Beilstein – Hot Spot der Kulturgeschichte. Verfügbar unter: <https://www.naturpark-oetztal.at/besuchen/hot-spots-kultur/am-beilstein> (Zugriff am 09.09.2025).

Naturpark Ötztal (o. J.). Urzeitliches Jägerlager Rofental. Verfügbar unter: <https://www.naturpark-oetztal.at/besuchen/hot-spots-kultur/urzeitliches-jaegerlager-rofental> (Zugriff am 09.09.2025).

Naturpark Ötztal (o. J.). Archäologische Wege im Ötztal. Verfügbar unter: <https://www.naturpark-oetztal.at/besuchen/wandern/themenwandern/archaeologische-wege> (Zugriff am 09.09.2025).

Naturpark Ötztal (o. J.). Der Ötzi – Der Mann aus dem Eis. Verfügbar unter: <https://www.naturpark-oetztal.at/wissen/der-mensch/der-oetzi> (Zugriff am 09.09.2025).

Arten der nivalen Stufe und ihre Ökologie

Adam Seyr

Definition „nivale Höhenstufe“

Die nivale Höhenstufe stellt die oberste Vegetationszone vieler Hochgebirge dar und beginnt an der klimatischen Schneegrenze. Oberhalb dieser Grenze treten ganzjährig Schneefelder auf, wodurch Pflanzenvorkommen auf kleinflächige, geschützte Standorte beschränkt und nur inselartig verteilt sind (Breckle & Daud, 2019).

Umweltbedingungen der nivalen Stufe in den Alpen und Implikationen für das Pflanzenwachstum

Die nivale Stufe in den Ötztaler Alpen beginnt ab ca. 2800–3200 m, je nach Topographie und Exposition. Mit zunehmender Höhe sinken Luftdruck und Temperatur signifikant, wodurch der CO₂-Partialdruck abnimmt und somit die Verfügbarkeit von Kohlenstoffdioxid für die Photosynthese eingeschränkt wird. Die niedrigen Durchschnittstemperaturen führen zu einer Verlangsamung physiologischer Prozesse, während regelmäßige Frostereignisse und eine stark verkürzte Vegetationsperiode das Pflanzenwachstum zusätzlich begrenzen (Körner, 2003). Zudem ist die nivale Stufe durch klimatische Extrembedingungen wie starke Winde, hohe Strahlungsintensität und eine lange tägliche Sonneneinstrahlung gekennzeichnet. Während mit zunehmender Höhe die Temperaturen weiter sinken, steigt die Niederschlagsmenge an; 50 % des Niederschlags fallen in Form von Schnee (Kollmann, 2019). Die Kombination aus niedrigen Temperaturen, hohen Niederschlagsmengen, steilen Hanglagen und starken Winden führt zu intensiven Erosionsprozessen. Dadurch sind die Böden in der nivalen Stufe meist flachgründig, nährstoffarm und stark ausgewaschen. Nur an windgeschützten Stellen akkumuliert sich ausreichend Boden für das Wachstum von Gefäßpflanzen. Generell können nur solche Standorte von Pflanzen besiedelt werden, die sowohl geschützt als auch frühzeitig schneefrei sind (Ellenberg, 1988).

Flora der nivalen Stufe

Entlang des alpin-nivalen Ökotons nimmt die Artenzahl deutlich ab. Ein großer Teil der nivalen Vegetation wird durch Moose, Flechten und Farne gebildet, die besonders an exponierten oder sehr hoch gelegenen Standorten dominieren. Zu den am höchsten aufsteigenden Gefäßpflanzen in den Alpen gehören *Ranunculus glacialis*, einige Arten der Gattungen *Saxifraga*, *Androsace*, *Gentiana*, *Achillea* und *Draba* (Körner, 2003). Die häufigste Poaceae auf Silikat in der nivalen Stufe ist *Carex curvula*. Die höchste bislang in den Alpen nachgewiesene Gefäßpflanze ist *Saxifraga oppositifolia*, welche auf 4505 m am Dom in der Schweiz gefunden wurde (Körner, 2011). Zwei der wenigen verholzten nivalen Pflanzenarten sind *Salix serpillifolia* und *Salix herbacea*.

Morphologische und physiologische Anpassungen der Pflanzen

Die Pflanzenwelt der nivalen Stufe ist durch ausgeprägte phänologische, morphologische und physiologische Anpassungen an die extremen Umweltbedingungen gekennzeichnet. Die hier lebenden Gefäßpflanzen sind überwiegend mehrjährig und überdauern die widrigen Bedingungen als Hemikryptophyten (Ellenberg, 1988). Eine Ausnahme bezüglich der Lebensform nach Raunkiaer stellt *Gagea serotina* als Geophyt dar.

Viele Arten wachsen bodennah und bevorzugen südexponierte, windgeschützte Standorte. Durch kompakte Wuchsformen schaffen sie häufig ein eigenes Mikroklima. So weisen etwa Polster- und Rosettenpflanzen unter ihrem dichten Blattwerk deutlich höhere Temperaturen als die umgebende Luft auf. Zudem stabilisieren sie durch ihren dichten Wuchs den Boden und fördern durch die Erwärmung des Untergrunds die Aktivität bodenlebender Organismen. Horstbildende Arten lassen gezielt ältere Blätter absterben, um organisches Material zur Bodenbildung bereitzustellen (Körner, 2003).

Hinsichtlich physiologischer Anpassungen an die harschen Bedingungen in der nivalen Stufe stellt die Fähigkeit zur Frosttoleranz eine Schlüsselstrategie dar, da Kälteereignisse selbst während der Vegetationsperiode auftreten können. In diesem Zusammenhang ist *Ranunculus glacialis* eine besonders gut untersuchte Art. Bei Temperaturen unter $-2,6^{\circ}\text{C}$ kann die gesamte Pflanze vollständig durchfrieren, ohne dass es zu letalen Zellschäden kommt. Dieser Überlebensmechanismus beruht auf ungewöhnlich großen Interzellularräumen und hoch elastischen Zellwänden, die es den Zellen erlauben, beim Gefrieren kontrolliert Wasser abzugeben und dabei reversibel zu schrumpfen (Stegner et al., 2020).

Ein weiterer entscheidender Faktor für das Überleben vieler Pflanzen in der nivalen Stufe ist die Symbiose mit Mykorrhizapilzen, durch die die Wasser- und Nährstoffaufnahme erheblich verbessert wird. Darüber hinaus steigern mykorrhizale Assoziationen die Widerstandsfähigkeit gegenüber Umweltstressoren wie intensiver UV-Strahlung und extrem niedrigen Temperaturen (Smith & Read, 2008).

Literatur:

- Breckle, Siegmar-W., & Rafiqpoor, M. Daud. (2019). *Vegetation und Klima*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-59899-3>
- Ellenberg, H. H. (1988). Plant Life in the Region of Eternal Snow. In *Vegetation ecology of central Europe*. Cambridge University Press.
- Kollmann, Johannes. (2019). Ökosysteme der Hochlagen. In *Renaturierungsökologie* (pp. 235–255). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54913-1_14
- Körner, Christian. (2003). *Alpine Plant Life* (2nd Edition.). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-18970-8>
- Körner, Christian. (2011). Coldest places on earth with angiosperm plant life. *Alpine Botany*, 121, 11-22.
- Smith, S. E., & Read, D. J. (2010). *Mycorrhizal symbiosis*. Academic press.
- Stegner, M., Lackner, B., Schäfernolte, T., Buchner, O., Xiao, N., Gierlinger, N., ... & Neuner, G. (2020). Winter nights during summer time: stress physiological response to ice and the facilitation of freezing cytorrhysis by elastic cell wall components in the leaves of a nival species. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(19), 7042.

Zwergstrauchheiden an der Waldgrenze und in der unteren alpinen Stufe auf Silikat

Sonja Haag

Zwergstrauchheiden treten im Übergangsbereich zwischen dem subalpinen Nadelwald (vor allem Lärchen-Zirbenwälder) und den hochalpinen Rasen auf. Diese Heidengesellschaften setzen sich hauptsächlich aus Vertretern der Familie der Ericaceae zusammen und bevorzugen sauren Silikatsubstrate wie Gneis oder Schiefer (Lafenthaler 2010).

Zwergstrauchheiden und Borstgrasrasen werden in der pflanzensoziologischen Systematik gemeinsam zur Klasse Nardo-Callunetea gezählt. Beide Vegetationstypen gedeihen auf stark sauren Böden, weisen eine ähnliche Artenzusammensetzung auf und wachsen oft direkt nebeneinander oder ineinander verzahnt. Die eigentlichen Zwergstrauchheiden gehören zur Ordnung Vaccinio-Genistetalia. Insgesamt sind Heiden eher artenarm, und viele der dort vorkommenden Pflanzen findet man auch in anderen Pflanzengesellschaften, die auf sehr sauren Standorten vorkommen (Grabherr & Mucina 1993, Ellenberg & Leuschner 2010).

Zwergstrauchheiden entstehen entweder als natürliche Pionierformationen auf Blockschutthalden und Felsrücken oder als Ersatzgesellschaften infolge von Störungen wie Rodung oder Lawinen. Besonders durch die Auflassung von Almwiesen und Weiden dehnte sich das Areal der Zwergstrauchheiden in den Alpen weiter aus. Typisch sind Höhenlagen zwischen 1600 und 2400 m, wobei die Hauptverbreitung zwischen 2000 und 2300 m liegt (Mucina et al. 1993).

Die wichtigsten klimatischen Faktoren, welche die Verteilung der Zwergstrauchgesellschaften bestimmen, sind insbesondere Windgeschwindigkeit, Schneehöhe und Bodentemperatur (Mayer & Erschbamer 2012).

Somit gibt es je nach Standort unterschiedliche Zwergstrauchheidengesellschaften:

Rhododendretum ferruginei – Alpenrosengebüsch

Diese Gesellschaft kommt an windgeschützten Standorten mit langer Schneebedeckung sowie auf Blockschutthalden vor (Mucina et al. 1993). Durch das Auflassen vieler Almen konnte sie sich sekundär auf ehemaligen Waldböden ausbreiten (Lafenthaler 2010). Neben *Rhododendron ferrugineum* sind auch andere höherwüchsige Zwergsträucher wie *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium gaultherioides*, *Empetrum hermaphroditum* und *Juniperus communis* ssp. *nana* beigemischt. Flechten und Moose variieren sehr stark in ihrer Deckung, können aber unter dem „Kronendach“ der Zwergsträucher dichte Bestände aufbauen (Grabherr & Mucina 1993, Mayer & Erschbamer 2012).

Empetro-Vaccinietum gaultherioides – Krähenbeer-Rauschbeeren-Heide

Diese Pflanzengesellschaft ist eine Übergangsform zwischen der schneearmen, windexponierten Gämsherde-Gesellschaft und der schneegeschützten, hochwüchsigen Alpenrosenheide (Ellenberg & Leuschner 2010). Diese Vegetationsform wächst in silikatischen Gebirgen bevorzugt auf echtem Rohhumus und kommt auch in Lawinenbahnen, auf Blockfeldern und Felsterrassen vor, teils bis tief in die subalpine Stufe hinein (Grabherr & Mucina 1993).

Dominierend ist *Vaccinium gaultherioides*, das häufig mit *Empetrum hermaphroditum* vergesellschaftet ist. Auch Zwergsträucher wie *Vaccinium myrtillus* und *Vaccinium vitis-idaea*,

Gräser wie *Avenella flexuosa* und Kräuter wie *Melampyrum pratense* sind oft beigemischt. Zudem kommen häufig Strauchflechten der Gattung *Cladonia* vor (Mucina et al.1993).

Junipero-Arctostaphyletum – Zwergwacholder-Bärentrauben-Heide

Diese Gesellschaft besiedelt sonnige, trockene Hänge in den Silikatalpen und ersetzt die Alpenrosenheide auf sonnseitigen Lagen des Inneralpengebiets, vor allem in Höhen zwischen 1900 und 2300 m. Ursprünglich kam diese Gesellschaft nur kleinflächig als Pionierformation auf silikatischem Blockschutt und auf Felsrücken vor, heute ist sie als Regenerationsstadium beim Rückgang der Almweiden stärker verbreitet (Ellenberg & Leuschner 2010).

Am Bestandsaufbau beteiligen sich neben *Juniperus communis* ssp. *nana* und *Arctostaphylos uva-ursi* auch *Calluna vulgaris*, *Vaccinium gaultherioides*, *Vaccinium myrtillus* und *Vaccinium vitis-idaea* (Grabherr & Mucina 1993).

Loiseleurio-Cetrarietum – Gämshide-Gesellschaft

Diese Heide kommt an windexponierten und im Winter meist schneefreien Hängen und Geländekanten vor, die von *Kalmia (Loiseleuria) procumbens* oft flächig besiedelt werden. Auch *Vaccinium gaultherioides* und *Empetrum hermaphroditum* können hier auftreten. Hinzu kommen verschiedene Flechten aus Gattungen wie *Flavocetraria* und *Cladonia* sowie *Cetraria islandica* und *Alectoria ochroleuca*, die eine hohe Deckung erreichen können. Gräser weisen meist nur geringe, Kräuter sehr geringe Deckungswerte auf (Mayer & Erschbamer 2012).

Literatur:

- Ellenberg, H. & Leuschner C. (2010): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 6. Auflage. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Grabherr, G. & Mucina, L. (1993) Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II-. Natürliche Waldfreie Vegetation. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Lafenthaler, A. E. (2010): Gastein im Bild - Ökologie/Biototypen. Alpine Hochlagen - Subalpin-alpine Zwergstrauchheiden. <https://gastein-im-bild.info/gob34.html>
- Mayer, R. & Erschbamer, B. (2012): Lärchen-Zirbenwälder und Zwergstrauchheiden. In: Koch, E.-M. & Erschbamer, B.(Hrsg.): An den Grenzen des Waldes und menschlicher Siedlung. Alpine Forschungsstelle Obergurgl 2, innsbruck university press, Innsbruck.
- Mucina, L., Grabherr, G. & Ellmauer, T. (1993). Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil I – Anthropogene Vegetation. Gustav Fischer Verlag, Jena.

Quellfluren in der subalpinen und alpinen Stufe

Maria Dohle

Quellfluren sind Feuchtlebensräume mit eher niedrigen Pflanzenbeständen, die von Quellwasser überrieselt werden, häufig kommt es in Quellfluren zur Bildung dichter Moosteppiche (Koch & Erschbamer, 2012). Sie sind an schnell fließendes kohlendioxidreiches, sauerstoffreiches und klares Wasser gebunden, welches selten wärmer als 5°C wird (Ellenberg & Leuschner, 2010). Ihr Vorkommen befindet sich bis in die alpine Stufe auf 2600 m (Ellenberg & Leuschner, 2010). Die stark schüttenden Quellen- und Bachränder bleiben meist eisfrei und im Sommer kühl (Ellenberg & Leuschner, 2010). Es herrschen weitgehende konstante Bedingungen. Deshalb gelten Quellfluren als azonale Gesellschaften, sie sind weniger von Klima und Bodenchemie als von der Hydrologie bestimmt (Ellenberg & Leuschner, 2010; Frey & Lösch, 2014). Ebenfalls durch die Hydrologie bestimmt haben die Moosfluren eine lange Aperzeit, also eine lange schneefreie Zeit (Ellenberg & Leuschner, 2010).

Die Quellfluren lassen sich in verschiedene Typen einteilen mit verschiedenen Assoziationen. Hier basiert die Einteilung auf der Roten Liste der Biotoptypen Österreichs (Traxler & Essl, 2005): Die erste Einteilung besteht zwischen Kalkwasser und Silikatwasser (Weichwasserquellfluren): Innerhalb dieser Gruppen wird auf Basis der Pflanzengemeinschaften zwischen weiteren Typen unterschieden.

Kalk-Quellfluren:

Kalktuff-Quellflur der Hochlagen, auch CRATONEURON COMMUTATI genannt (Ellenberg & Leuschner, 2010; Traxler & Essl, 2005)

Charakteristisch für diese ist die Tuffbildung. Die Hauptverbreitung ist im Mediterrangebiet, in Österreich bevorzugt an Standorten mit höheren Lufttemperaturen und hohem Kalkgehalt des Wassers (Ellenberg & Leuschner, 2010). In Kombination mit dem CO₂-Entzug aus dem Quellwasser durch Pflanzen kommt es zur Calciumkarbonatausfällung und somit zur Tuffbildung (Traxler & Essl, 2005). Als Folge werden die Pflanzen inkrustiert und langfristig gesehen fossilisiert. Einzelindividuen können an der Spitze weiterwachsen, während sie weiter unten durch die Inkrustierung absterben, dabei können sie ein extrem hohes Alter erreichen (> 100 Jahre; Traxler & Essl, 2005). Tuffbildner sind meist Moose (z. B. *Cratoneuron commutatum*, = *Palustriella commutata*; Koch & Erschbamer, 2012). Typische Assoziationen sind: Cratoneuro-Arabietum soyeri, Catascopietum nigriti, Eucladietum verticillati, Scytonemataetum myochrous. Typische Gefäßpflanzen sind *Myosotis scorpioides*, *Tofieldia calyculata*, selten auch *Primula farinosa* sowie *Saxifraga aizoides* (Traxler & Essl, 2005). Die Fluren leiten über zum Kalk-Kleinseggenried (Caricetum davallianae), manchmal taucht *Carex frigida* auf (Ellenberg & Leuschner, 2010). In den Zentralalpen ist die Kalktuffquellflur sehr selten, gefährdet ist sie u. a. durch mechanische Belastungen und Quelleinfassungen. Heute kommt sie nur in Wäldern und Schluchten vor, früher auch in offeneren Standorten (Traxler & Essl, 2005).

Kalk-Quellflur der Hochlagen (Traxler & Essl, 2005)

Die Kalk-Quellflur der Hochlagen findet man vorwiegend in der alpinen Höhenstufe, unbeschattet in Kombination mit sauerstoffreichem Quellwasser. Der Ca-Gehalt des Wassers ist verhältnismäßig hoch (pH-Wert von 6-7,6). Böden sind gering mächtig und meist von einer Feinschuttauflage geprägt. Charakterarten sind z.B. *Cratoneuron commutatum* var. *falcatum*, *Saxifraga aizoides*, *Pinguicula alpina*, oder *Arabis soyeri*,

Deschampsia cespitosa, *Carex ferruginea*. Typischen Assoziationen sind: Cratoneuretum *falcati*, Cratoneuro-Hygrohypnetum *Iuridi*.

Weichwasser(/Silikat-)quellfluren: CARDAMINO-MONTION (Ellenberg & Leuschner, 2010)

Basenreiche, kalkarme, Quellflur der Hochlagen (Traxler & Essl, 2005)

Dieser Quellflurtyp kommt fast ausschließlich in den Zentralalpen vor. Die Quellen über den vergleichsweise jungen Silikaten der Alpen besitzen einen relativ hohen Anteil an Basen (pH-Wert von 4–8). In der subalpinen und alpinen Höhenstufe finden wir sie fast ausschließlich in den Zentralalpen. Es handelt sich um schwach geneigte Schichtquellen mit relativ geringer Schüttung. Langsame Sickergeschwindigkeit, Nicht-Beschattung sowie dunkle Moospolster führen zu einer Erwärmung des Quellwassers, was zu Schwankungen im Tagesverlauf von 3–20°C führen kann. Die Übergänge zu Niedermooren und Schneetälchen sind fließend. Eine homogene Moossschicht dominiert den Bestand. Dunkelrot bis schwarz gefärbte Lebermoose (z. B. *Marsupiella* spp., *Nardia* spp.) sind sehr häufig. Die Verfärbung der Moose ist das Resultat der hohen UV-Einstrahlung in den Hochlagen. Der Anteil an Niedermoorarten (z. B. *Drepanocladus exannulatus*, *Calliergon sarmenosum*) ist hoch (anmoorige Böden). Gefäßpflanzen sind eher selten, es kommen aber beispielsweise *Saxifraga stellaris*, *Carex frigida* oder *Viola biflora*, *Caltha palustris*, *Deschampsia cespitosa*, *Cardamine amara* vor. Kalkzeiger wie *Cratoneuron commutatum* fehlen. Typische Moosarten sind *Philonotis seriata* und *Bryum schleicheri*. Eine typische Assoziation des Quellflurtyps ist z. B. das Montio-Bryetum schleicheri. Gefährdungsursachen sind intensive Beweidung, welche zur Eutrophierung der Bestände und zum Eindringen nitrophiler Gefäßpflanzen führt, Vertritt führt zur Verletzung der Moospolster und möglicher Erosion.

Basenarme beschattete und unbeschattete Quellflur

A) Beschattet:(MONTENION)-Verband (Traxler & Essl, 2005)

Dieser kommt vor allem in Feuchtwäldern, eher in der kollin-montanen Höhenstufe aber selten auch subalpin, vor. Es handelt sich um Orte mit eher sauerstoffarmen Quellen mit einem pH-Wert von 4,5–6,5. Im Gegensatz zu anderen Quellflur-Typen ist dieser von Gefäßpflanzen dominiert. Typische Assoziationen sind Cardamino-Chrysosplenietum alternifolii und Trichocoleo-Sphagnetum. Charakterarten sind *Chrysosplenium alternifolium* (Wechselblättriges Milzkraut), *Cardamine amara*, *Caltha palustris* und *Montia fontana*.

B) Unbeschattet: (CARDAMINENION)-Verband (Traxler & Essl, 2005)

Es handelt sich um offene sonnige Quellen (eher kollin-montan) mit einem pH von 4,5–6,0. Es findet eine recht starke Erwärmung des Quellwassers statt bei einem geringen Abfluss. Die unbeschattete basenarme Quellflur ist moosreicher als die beschattete basenarme Quellflur. Typische Assoziationen sind Montio-Philonotidetum fontanae und Bryetum schleicheri. Charakterarten sind: *Philonotis fontana*, *Rhytidadelphus squarrosus*, *Dicranella palustris*, *Montia fontana*, *Epilobium nutans*.

Literatur

Ellenberg, H., & Leuschner, C. (2010). Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: ökologischer, dynamischer und historischer Sicht (Bd. 8104). Utb.

Frey, W., & Lösch, R. (2014). Geobotanik: Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit. Springer Verlag.

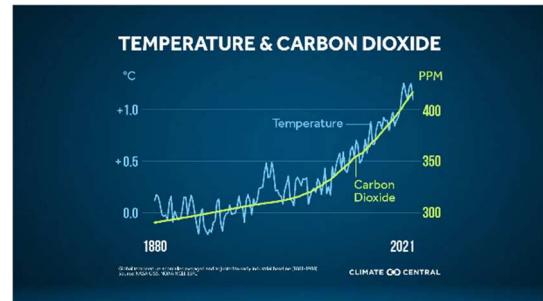
Koch, E.-M., & Erschbamer, B. (2012). An den Grenzen des Waldes und der menschlichen Siedlung. innsbruck university press.

Traxler, A., & Essl, F. (2005). Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Österreichs: Moore, Sümpfe und Quellfluren, Hochgebirgsrasen, Polsterfluren, Rasenfragmente und Schneeböden, Äcker, Ackerraine, Weingärten und Ruderalfluren, Zwergstrauchheiden, geomorphologisch geprägte Biotoptypen (Nummer ISBN: 3708301617). Wien: Graz: NWV - Neuer Wiss. Verl. <https://bibsearch.uibk.ac.at/AC04598613>

Klimawandel in Bezug auf Pflanzenverbreitung & Pflanzengesellschaften

Jens Bokelaar

In den letzten Jahrzehnten hat sich die Temperatur auf unserer Erde rasch verändert, wobei die Menschheit der Verursacher dieser Veränderung ist. Der Klimawandel umfasst jedoch nicht nur die Veränderung der Temperatur, sondern auch die des Klimas (NASA, 2025). Diese Veränderungen beeinträchtigen viele Faktoren, die die Verbreitung von Pflanzen und Pflanzengesellschaften prägen bzw. bestimmen.



Erwärmung

Der globale Mittelwert der Temperatur ist seit der Industrialisierung um ca. 1,5 °C gestiegen (NASA, 2025). In Zentraleuropa und insbesondere in den Alpen hat sich die Temperatur schneller erhöht. In Österreich ist der Mittelwert bereits um 3,1 °C angestiegen, was auch stärkere Auswirkungen auf die Pflanzengesellschaften hat (AAR2, 2025).

Da die Baumgrenze temperaturabhängig ist, wird sie mit einer Erhöhung der Temperatur in höhere Lagen wandern. Dieser Prozess ist jedoch langsam, da die Bäume in diesen Höhenlagen nur langsam wachsen. In verschiedenen amerikanischen Studien wurde festgestellt, dass sich die Verbreitung von Nadelbäumen hauptsächlich in höhere Lagen verändert. Obwohl sich die tiefer gelegenen Stufen ebenfalls aufwärmen, scheinen die Bäume an diesen Stellen noch gut zu überleben.

Die höheren Lagen in den Gebirgen werden insgesamt artenreicher, da es mehr Arten schaffen, dort zu überleben. Obwohl die Erwärmung lokal zu einer Erhöhung der Artenvielfalt beiträgt, wird die Gesamtdiversität abnehmen, da spezialisierte Arten verschwinden. Dieser Verlust wird rund um das Mittelmeer extremer sein als in den Alpen (Steinbacher et al. 2018). Ein Beispiel ist *Cerastium dinaricum*, das noch auf dem Snežnik in Slowenien vorkommt, aber durch die Temperaturerhöhung möglicherweise verschwinden wird.

Im Zusammenhang mit dem Klimawandel gibt es die Hypothese von Scherrer und Körner (2011), die besagt, dass die vielen unterschiedlichen Mikrohabitatem in den Bergen einen Puffer für den Klimawandel darstellen könnten, wobei Arten kältere Microhabitats finden können oder diese Mikrohabitatem als „Stepping stones“ gebrauchen können, um sich in noch geeignete Lebensräume zu verbreiten. Dies wird in den nächsten Jahren untersucht.

Extremwetterereignisse

Durch häufigere Extremwetterereignisse werden Pflanzengemeinschaften öfter in Pioniersituationen zurückgesetzt, was auch zu einem höheren Verlust an organischem Material führen könnte.

Schneebedeckung

Es gibt immer kürzere und geringere Schneebedeckung, was für viele Pflanzen eine große Auswirkung haben wird. Viele alpine Arten sind nur bedingt kälteresistent und benötigen im Winter unbedingt Schneebedeckung. In Zukunft werden Pflanzen häufiger Frostsäden erleiden und

zum Teil werden Arten lokal verschwinden, wodurch sich die Artenzusammensetzung verändern wird.

Trockenheit

Dies hat eine Veränderung der Artenzusammenstellung zur Folge. Bäume reagieren langsam auf die Veränderung in Trockenheit. Gräser werden in der Zukunft profitieren von Trockenheit.

Obwohl steigende Temperaturen die Baumgrenze nach oben verschieben, macht Trockenheit das Gegenteil und drückt die Baumgrenze nach unten.

Trockenheit verändert die Wasserverfügbarkeit insgesamt; außerdem wird sich auch die Saisonalität der Wasserverfügbarkeit ändern. Im Moment gibt es im Frühling und Sommer durch die Gletscher und Schneeschmelze viel Wasser. In Zukunft wird wahrscheinlich im Sommer für die Pflanzen viel weniger Wasser verfügbar sein.

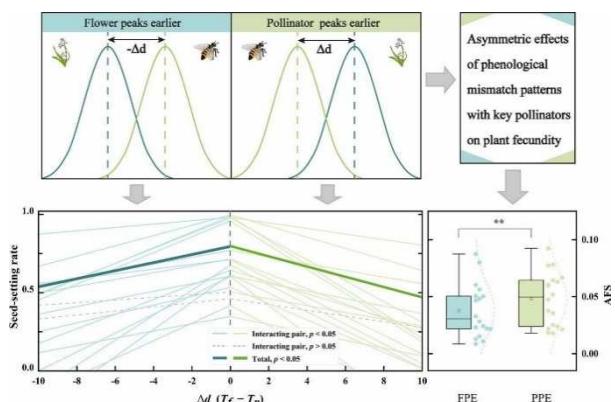
CO₂

Heutzutage ist der CO₂ Wert von 288 ppm vor der Industrialisierung auf 428 ppm angestiegen. Auch das hat einen direkten Effekt auf die Pflanzen. Der Response der meisten Arten ist ein erhöhtes Wachstum bei erhöhtem CO₂. Bei Bäumen wurde aber festgestellt, dass sich nach einiger Zeit eine erhöhte Wachstumsrate einstellt (Norby et al. 2010). Auch die Pflanzengemeinschaften werden sich ändern. So haben C3- und C4-Pflanzen unterschiedlichen Responsen auf die Erhöhung des CO₂ (Reich et al. 2018). Die Pflanzen werden nicht nur direkt beeinflusst, sondern auch indirekt. So wurde auch festgestellt, dass chemische Prozesse sich durch die Erhöhung des CO₂ ändern (Terrer et al. 2021).

Mismatches

Innerhalb des Ökosystems haben viele unterschiedliche Arten Beziehungen miteinander, durch Klimaveränderung können Mismatches zwischen Arten entstehen (Wilschut et al. 2019). So kann eine Art sich schneller ausbreiten als eine andere, wodurch es sein kann, dass bei Pflanzen eine Art dominant werden kann, wenn sich Fressfeinde bei der Ausbreitung nicht mitbewegen können. Eine andere Möglichkeit wäre, dass Symbionten unterschiedlich auf den Klimawandel reagieren und daher nicht mehr an der gleichen Stelle vorkommen.

Ein anderes riesiges Problem sind „Temporal Mismatches“. Durch Klimawandel wird sich zum Beispiel die Blütezeit ändern. Wenn die Bestäuber nicht gleich reagieren, kann es sein, dass die Bestäubung viel schlechter wird. Es kann auch sein, dass Arten nicht mehr an Nahrung kommen, zum Beispiel Falterarten, die als Jungraupen Knospen oder Samen fressen. Diese Arten könnten verschwinden, wenn sie es nicht hinbekommen, sich an die verändernde Phänologie der Pflanzen anzupassen.



Literatur:

AAR2 (2025), Second Austrian Assessment Report on Climate Change.
<https://ccca.ac.at/wissenstransfer/apcc/aar2> checked: 15/09/2025

Ettinger, A. K., Ford, K. R., & HilleRisLambers, J. (2011). Climate determines upper, but not lower, altitudinal range limits of Pacific Northwest conifers. *Ecology*, 92(6): 1323–1331.

Ettinger, A. K., & HilleRisLambers, J. (2011). Climate isn't everything: Competitive interactions and variation by life stage will also affect range shifts in a warming world. *American Journal of Botany*, 98(7): 1041–1054.

Liu, Y., Mu, J., & Zhang, S. (2021). Asymmetric effects of plant–pollinator phenological mismatch on plant reproduction. *Ecology Letters*, 24(12): 2491–2502.

NASA (2025), <https://science.nasa.gov/climate-change/evidence/> checked: 15/09/2025

Norby et al. (2010). CO₂ enhancement of forest productivity constrained by limited nitrogen availability. *PNAS* 107 (45): 19368-19373

Reich et al (2018). Unexpected reversal of C3 versus C4 grass response to elevated CO₂ during a 20-year field experiment. *Science* (360) 6385: 317-320

Scherrer und Körner (2011). Topographically controlled thermal-habitat differentiation buffers alpine plant diversity against climate warming. *Journal of Biogeography* 38(2):406 - 416

Steinbacher et al. (2018). Accelerated increase in plant species richness on mountain summits is linked to warming. *Nature* (556): 231–234.

Terrer, C. et al. (2021). A trade-off between plant and soil carbon storage under elevated CO₂. *Nature* (591): 599–603

Wilschut et al. (2019). Latitudinal variation in soil nematode communities under climate warming-related range-expanding and native plants. *Global Change Biology* 25(8): 2714-2726

Besiedelung des Gletschervorfelds

Anna Rauchberger

Rotmoosferner: Gletscherschmelze Damals – Heute

Seit seiner maximalen Flächenausbreitung während der Kleinen Eiszeit 1858 ist der Rotmoosferner um die Hälfte geschrumpft. Und auch die Dicke der Eisschicht hat sich seither um rund 150 m reduziert. Aktuell umfasst der Ferner – das Wort stammt von "Firn" und bedeutet zu Eis gewordener, alter Schnee – nur noch rund 2 km². Dieses Schicksal teilt der Rotmoosferner mit den meisten Gletschern in Österreich, die seit der kurzen Eisvorstoß-Periode in den Jahren 1669–1680 durchschnittlich rund 56% ihrer Fläche verloren haben. Dafür sind die erhöhten Oberflächentemperaturen, die Zunahme der Sonnenscheindauer und Anomalien bei den Winterniederschlägen verantwortlich. Der Alpenraum wird vom Klimawandel besonders stark beeinflusst, laut aktuellem IPCC Bericht verläuft der Temperaturanstieg in den europäischen Alpen wesentlich stärker als im globalen Mittel.



Entstehung Gletschervorfeld



Dieser Rückgang der Gletscherzunge prägt die umgebende Landschaft tiefgreifend. Die Erosionskraft der Eismassen schürt das Grundgestein und die Seitenwände ab, wodurch es zur Bildung eines Trogtales mit steilen Seitenwänden kommt: das heutige Rotmoostal. Durch die Bewegung und Auflagerung der bewegten Gesteinsmassen (= Moränen) sind die einzelnen Schmelzereignisse rückwirkend gut nachvollziehbar. Dieser von Dynamik geprägte Lebensraum wird als Gletschervorfeld bezeichnet. Die Pflanzenwelt folgt dem

Rückgang des Gletschers und besiedelt das Vorfeld in Etappen. Dabei werden nach Nagl und Erschbamer (2009) vier unterschiedliche Stadien der Primärsukzession unterschieden:

1. **Rezent eisfreie Fläche** (nach 0–3 Jahren)
2. **Pionierstadien** (artenarm: nach 3 Jahren; artenreich: nach 25–40 Jahren)
3. **Frühes Sukzessionsstadium** (orografisch links: nach 15–40 Jahren; orografisch rechts: nach 40–70 Jahren)
4. **Übergangsstadium**
5. **Spätes Sukzessionsstadium** (orografisch links: nach 60–140 Jahren; orografisch rechts: nach 70–100 Jahren)

Diese floristische Entwicklung über die Zeit ist stark von mikroklimatischen und standortbedingten Einflüssen abhängig. Aufgrund vermehrter Hangrutschungen und dem damit verbundenen Eintrag von Substrat und Samen erfährt die orografisch rechte Talseite daher durch die beschleunigte Bodenbildung eine schnellere Vegetationsentwicklung.

Bodenbildung

Die Entwicklung des Bodens geht Hand in Hand mit der Entwicklung der Vegetation am Gletschervorfeld. Nach der Freilegung des nackten Gesteins sind Feinschutt und Sand (=Lockersyrosem-Boden) als einzige Verankerungsmöglichkeit für Pflanzensamen vorhanden. Diesen extremen abiotischen Lebensbedingungen sind nur wenige Pflanzen gewachsen. Doch genau sie sorgen nach ihrem Absterben für einen Eintrag von organischem Material, was in Folge anderen Pflanzen erlaubt, sich anzusiedeln.

Im Rotmoostal sind *Saxifraga*-Arten besonders hervorzuheben, welche unter ihren Polstern dünne Humusschichten ausbilden. Eine Studie (Erschbamer et al. 1999) zeigt auf, dass es zwischen 28 und 40 Jahren dauert, bis es zu einer Stabilisierung des Bodens und der Bildung einer Pararendsina kommt. Erst nach weiteren 75–140 Jahren werden Humustiefen von maximal 4 cm erreicht. Die Besiedelung der Gletschervelder kann daher nur durch hoch angepasste Pflanzenarten erfolgen, die in ihrer Kombination und Abfolge einen einzigartigen Lebensraumtyp ergeben.

Primärsukzession nach Nagl & Erschbaumer (2009)

Die Erstbesiedler des nackten Gletschervorfeldes sind die Arten *Saxifraga aizoides* und *S. oppositifolia*, die durch ihre anpassungsfähige Polsterwuchsform den lockeren Untergrund wie auch Frosttrocknis überdauern können. Ihr alleiniges Vorkommen wird als das artenarme Stadium des **Pionierstadiums** bezeichnet. Artenreicher wird es durch die Besiedelung durch *Artemisia genipi*, *Linaria alpina*, *Poa alpina*, *Saxifraga bryoides* und *Arabis alpina*, die sich langsam untermischen. Sie breiten sich mit einer Deckung von 10% in mit Feinmaterial ausstaffierten Riten und Senken des Geröllfeldes aus. Auch kryptogame Überlebenskünstler, wie die Flechte *Stereocaulon alpinum* und das Moos *Racomitrium canescens* siedeln sich zeitnah an. Durch den Entwicklungsdimorphismus der Talseiten ist das Pionierstadium nur auf der rechten Talseite entwickelt. Die Vegetation der linken Talseite profitiert vom Substrat- und Sameneintrag der Steilwände und der höheren Substratfeuchtigkeit durch Beschattung und bildet bereits nach 15–40 Jahren ein **Frühes Sukzessionsstadium** aus. Auf der rechten Seite ist diese Entwicklung erst nach 40–70 Jahren sichtbar. Charakteristisch sind die Arten *Cerastium uniflorum*, *Arabis caerulea*, *Minuartia gerardii*, *Trifolium pallescens* und *Silene acaulis* – letztere mit einer besonderen Konstanz. Aber auch die beiden pionierhaften *Saxifraga*-Arten sind noch mit einer gewissen Stetigkeit auf der Fläche verbreitet. Eine Zunahme der genannten Kryptogamen ist ebenso kennzeichnend. Die Pflanzenwelt bedeckt in diesem Stadium nun rund 50% und ist besonders artenreich. Die Biodiversität nimmt ab hier wieder ab, da die fortschreitende Bodenentwicklung den Einzug konkurrenzstärkerer Arten ermöglicht. Zuvor ist ein besonders artenreiches **Übergangsstadium** erkennbar, welches aufgrund des kleinräumigen Strukturreichtums der abiotischen Bedingungen hervorgerufen wird. Kleine Kuppen und Schneetälchen bedingen die Ansiedlung von spezialisierten Arten: *Agrostis rupestris*, *Luzula spicata*, *Leucanthemopsis alpina* und *Saxifraga bryoides* auf den Erhebungen und *Salix herbacea*, *Luzula alpinopilosa*, *Gnaphalium supinum*, *Oxyria digyna* in den Senken. Dazwischen wachsen *Trifolium pallescens* und *Poa alpina*. Pro Quadratmeter kommen durchschnittlich 22 Arten vor, die Bodenbedeckung beträgt bis zu 66%. Von hier ausgehend bildet sich eine offene Rasenschicht, welche den Abschluss der Sukzession bildet. Der Initialrasen des späten Sukzessionsstadiums wird aus den bestandsbildenden Arten *Kobresia myosuroides*, *Poa alpina*, *Leontodon hispidus*, *Campanula scheuchzeri*, *Persicaria vivipara*, *Trifolium pallescens* und *Silene acaulis* gebildet und stellt das Endstadium der Sukzession dar.

Literatur:

Erschbamer, Bitterlich & Raffl (1999). Die Vegetation als Indikator für die Bodenbildung im Gletschervorfeld des Rotmoosfers (Obergurgl, Ötztal, Nordtirol).

Koch, M. K. & Erschbamer, B. (2010). Glaziale und periglaziale Lebensräume im Raum Obergurgl. Kapitel 1: Historisches zum Thema Gletscher, Gletschervorfeld und Obergurgl. Innsbruck University Press.

https://www.uibk.ac.at/iup/infolder/af0_obergurgl/03_kapitel1.pdf

Koch, M. K. & Erschbamer, B. (2010). Glaziale und periglaziale Lebensräume im Raum Obergurgl. Kapitel 3: Klima und Gletscher in Obergurgl. Innsbruck University Press.

https://www.uibk.ac.at/iup/infolder/af0_obergurgl/05_kapitel3.pdf

Koch, M. K. & Erschbamer, B. (2010). Glaziale und periglaziale Lebensräume im Raum Obergurgl. Kapitel 4: Klima- und Vegetationsgeschichte. Innsbruck University Press.

https://www.uibk.ac.at/iup/infolder/af0_obergurgl/06_kapitel4_1_koch.pdf

Koch, M. K. & Erschbamer, B. (2010). Glaziale und periglaziale Lebensräume im Raum Obergurgl. Kapitel 6: Pflanzliche Sukzession im Gletschervorfeld. Innsbruck University Press.

IPCC (2025). Special Report: Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. High Mountain Areas. <https://www.ipcc.ch/srocc/chapter/chapter-2/?utm>

Protokolle der Exkursionstage

Tag 1 - Obergurgler Zirbenwald (08.07.2025)

von: Amelie Leubner, Rebekka Loheide und Viktoria Schinnerl

Der erste Exkursionstag besuchte den Obergurgler Zirbenwald, der nicht weit entfernt vom Universitätszentrum liegt. Auf dem Weg zum Waldrand sind wir zunächst an einer Mahdwiese vorbeigegangen, bei der wir einen kurzen Stopp eingelegt haben. Anschließend wurde der Waldrand mit Zergstrauch-Unterwuchs angeschaut. Im lichten Wald wurden noch ein paar weitere Arten hervorgehoben. Der letzte Stopp war am Zirbenwaldmoor, danach hat es zu schneien angefangen und die Exkursion wurde abgebrochen. Dafür konnten wir noch weitere Arten im Trockenen nachbestimmen.

1.1. Wälder der subalpinen Höhenstufe

Typisch für die Obergurgler Umgebung wäre im Bereich von 1900 m bis 2300 m NN ein Lärchen-Zirben-Wald (*Larici-Pinetum cembrae*). In Folge der Abholzungen für Wiesen-, Weideflächen sowie Siedlungsraum und Skipisten sind große Teile entwaldet worden. Die natürliche Waldgrenze, die bei ca. 2300 m liegen würde, wurde um bis zu 300–400 m herabgesetzt. Bei genauerer Beobachtung fällt auf, dass die Lärche (*Larix decidua*) nur noch sehr spärlich im Gebiet vorkommt. Ein Grund hierfür ist sicherlich, dass die Lärche als Pionierbaumart zunehmend von der Zirbe (*Pinus cembra*) verdrängt wird. Die Nutzung des sehr dauerhaften Lärchenholzes für Zäune, Schindeln und Brunneneinfassungen führte darüber hinaus zu einer Verringerung der Bestände. Die Zirbe ist als einzige 5-nadelige *Pinus*-Art in der heimischen Flora sehr gut kenntlich. Sie bildet auf Silikat dominante Wälder an der Waldgrenze aus. Eindrucksvoll ist auch die Verbreitung der Zirbe in den Alpen durch den Tannenhäher (*Nucifraga caryocatactes*). Dieser braucht die Zirbe als Nahrungsquelle und versteckt zur Zapfenreife der Zirbe viele Samen als Winterfutter. Alle Samen, die er nicht benötigt oder trotz seiner Wiederfundrate von > 80% nicht wiederfindet, können auskeimen und verjüngen so die Zirbenbestände. Interessanterweise kann die Zirbe auch oberhalb von 2300 m wachsen. Sie würde hier allerdings einen niedrigeren bis hin zu einem verkrüppelten Wuchs aufweisen. Die obere Grenze der Zirbe bei ca. 2300 m wird durch den Tannenhäher bestimmt, der die „Zirbennüsse“ nicht höher hinaufträgt (vgl. Mattes 1982).

1.2 Mahd Wiese

Koordinaten: 46,86339° N, 11.0202890° O

Durch die dort vorkommenden Gräser-Arten und deren Wuchshöhe konnten wir sofort feststellen, dass die Wiese zur Mahd genutzt wird und stark anthropogen beeinflusst ist.

Tabelle 1: Artenliste der Mahd Wiese

Art	Familie
<i>Alopecurus pratensis</i>	Poaceae
<i>Dactylis glomerata</i>	Poaceae

1.3 Zirbenwald mit Zwergstrauchheide im Unterwuchs

Koordinaten: 46,8775° N 11,031667°O; 1940 hm über NN

Der zweite Exkursionspunkt war der Waldrand des Zirbenwaldes (Abb. 2). Dominant waren in erster Linie die Zwergsträucher im Unterwuchs. Zwergstrauchheiden stellen dabei die Ersatzgesellschaft für den Wald dar. Flächendeckend sind hier vor allem *Rhododendron ferrugineum* und verschiedene Arten der Gattung *Vaccinium*. Hinzu kommen Arten der Borstgrasrasen bzw. der Bergwiesen und typische Waldunterwuchsarten, wie *Nardus stricta*, *Calamagrostis villosa* und *Deschampsia cespitosa*.



Abbildung 2: Ausblick auf den Zirbenwaldrand (Foto: Amelie Leubner)

Tabelle 2: Artenliste des Waldrandes

Art	Familie
<i>Adenostyles alliariae</i>	Asteraceae
<i>Alnus alnobetula</i>	Betulaceae
<i>Calamagrostis villosa</i>	Poaceae
<i>Campanula scheuchzeri</i>	Campanulaceae
<i>Deschampsia cespitosa</i>	Poaceae
<i>Deschampsia flexuosa</i>	Poaceae
<i>Galium anisophyllum</i>	Rubiaceae
<i>Geranium sylvaticum</i>	Geraniaceae
<i>Homogyne alpina</i>	Asteraceae
<i>Juniperus communis</i> ssp. <i>nana</i>	Cupressaceae
<i>Larix decidua</i>	Pinaceae
<i>Lonicera caerulea</i>	Caprifoliaceae
<i>Melampyrum sylvaticum</i>	Orobanchaceae
<i>Peucedanum ostruthium</i>	Apiaceae
<i>Phleum commutatum</i>	Poaceae
<i>Phleum rhaeticum</i>	Poaceae
<i>Pinus cembra</i>	Pinaceae
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	Ericaceae
<i>Rumex alpestris</i>	Polygonaceae
<i>Solidago virgaurea</i>	Asteraceae
<i>Vaccinium uliginosum</i> s. l.	Ericaceae
<i>Vaccinium myrtillus</i>	Ericaceae
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	Ericaceae

1.4 Obergurgler Zirbenwald

Koordinaten: 46,86186° N 11,01513° O; 1940 hm über NN



Abbildung 3a (links) Standort im Zirbenwald mit Dozentin Clara Bertel und Sonja Haag in der Zwergstrauchheide
(Foto: Amelie Leubner)

Abbildung 3b (rechts) Diversität an einem steinigen Standort im Wald. (Foto: Amelie Leubner)

Da es in den Ostalpen kaum noch große Zirbenwaldbestände gibt, stellt der Obergurgler Zirbenwald im Ötztal einen ökologisch wertvollen Restbestand dar und steht seit 1963 als Naturdenkmal unter Schutz. Insgesamt beträgt die Fläche ca. 20 ha und erstreckt sich von ca. 1900–2100 m NN. Der Bestand stockt auf einem Eisen-Humus-Podsol und ist sehr lückig (Kronendeckung ca. 40%). Er weist darüber hinaus einen Überhang an älteren Bäumen auf. Mittelalte Bäume sind nur spärlich vorhanden, da ein Waldbrand in den 1880er Jahren große Lücken in die damalige Naturverjüngung gerissen hat. Zusätzlich muss die frühere Waldweide, insbesondere durch Ziegen, berücksichtigt werden, die sich auf die Naturverjüngung negativ auswirkte.

Generell können Zirben ein Alter bis zu 1000 Jahre erreichen. In Obergurgl sind die ältesten Bäume allerdings nur ca. 350 Jahre alt. Besonders auffallend ist auch der Flechten- und Moosreichtum des Waldes. Besonders *Pseudevernia furfuracea* kann die Baumstämme komplett überwachsen. An besonders luftfeuchten Stellen bildet die Bartflechte (*Usnea* sp.) lange „Bärte“, die von den Ästen herabhängen.

Tabelle 3: Arten des Zirbenwaldes

Art	Familie
<i>Atocion rupestre</i>	Caryophyllaceae
<i>Calluna vulgaris</i>	Ericaceae
<i>Cetraria islandica</i>	Parmeliaceae
<i>Dryopteris expansa</i>	Dryopteridaceae
<i>Hieracium alpinum</i>	Asteraceae
<i>Hypogymnia physodes</i>	Parmeliaceae
<i>Letharia vulpina</i>	Parmeliaceae
<i>Lonicera caerulea</i>	Caprifoliaceae
<i>Melampyrum pratense</i>	Orobanchaceae
<i>Melampyrum sylvaticum</i>	Orobanchaceae
<i>Nardus stricta</i>	Poaceae
<i>Poa nemoralis</i>	Poaceae
<i>Polytrichum piliferum</i>	Polytrichaceae
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	Parmeliaceae
<i>Sempervivum montanum</i>	Crassulaceae
<i>Vulpicida pinastri</i>	Parmeliaceae

1.5 Zirbenwaldmoor

Koordinaten: 46,85944° N 11,01472° O; 2050 hm über NN



Abbildung 4: Standort im Zirbenwaldmoor mit Elias Spögler am Botanisieren. (Foto: Viktoria Schinnerl)

Hat der Gletscher Mulden, Tälchen und Senken (Toteislöcher) hinterlassen, konnte sich Seen und in der Folge Moore bilden. Je nach hydrologischem Regime unterscheidet man zwischen Hoch- und Niedermoore. Letzteres wird durch Grundwasser gespeist und findet sich auch hier, in der Nähe des Obergurgler Zirbenwaldes. Dabei ist das Artenspektrum entscheidend für die Art des Torfes, der im Laufe der Zeit entsteht. Dort wo überwiegend *Carex*-Arten die Vegetation dominieren und *Sphagnum*-Moose zurücktreten, spricht man von sog. Cyperaceen-Torf. Bildet *Sphagnum* die Hauptbiomasse, wird *Sphagnum*-Torf gebildet.

Tabelle 4: Arten des Zirbenwaldmoores

Art	Familie
<i>Carex echinata</i>	Cyperaceae
<i>Carex nigra</i>	Cyperaceae
<i>Carex pauciflora</i>	Cyperaceae
<i>Carex paupercula</i>	Cyperaceae
<i>Carex rostrata</i>	Cyperaceae
<i>Eriophorum angustifolium</i>	Cyperaceae
<i>Eriophorum vaginatum</i>	Cyperaceae
<i>Festuca nigrescens</i>	Poaceae
<i>Juncus filiformis</i>	Juncaceae
<i>Luzula lutea</i>	Juncaceae
<i>Luzula sudetica</i>	Juncaceae
<i>Phyteuma betonicifolium</i>	Campanulaceae
<i>Potentilla erecta</i>	Rosaceae
<i>Spagnum sp.</i>	Sphagnaceae
<i>Trichophorum cespitosum</i>	Cyperaceae
<i>Viola palustris</i>	Violaceae
<i>Willemetia stipitata</i>	Asteraceae

1.6 Feuchte Weidefläche

Koordinaten: 46,859372° N 11,017051° O; 2000 m über NN



Abbildung 5: Student*innen, die vor der Kälte und dem Schnee fliehen. (Foto: Jens Bokelaar)

Aufgrund des plötzlichen Wintereinbruchs im Juli sind wir durch die feuchte Weidefläche nur durchgerannt, ohne die Arten zu genauer zu behandeln. Eine solche feuchte Weidefläche, wie sie öfter in der Umgebung von Obergurgl anzutreffen ist, zeichnet sich durch einen sauren pH-Wert und magere Bodenbedingungen aus, solange sie nicht gedüngt wird. Die interessanten Arten werden wir aber sicherlich noch in den kommenden Exkursionstagen kennenlernen dürfen.

Tag 2 - Rotmoostal (09.07.2025)

Elke Huber, Anna Rauchberger, Sabine Rier, Marlene Volz

Der zweite Tag der Exkursion führte ins Rotmoostal – das einstige Einzugsgebiet des Rotmoosfners. Dazu wanderten wir, ausgehend vom Universitätszentrum am Naturdenkmal "Obergurgler Zirbenwald" vorbei, bis hin zum Eingang des U-förmigen Trogtales. Wir erblickten zu beiden Seiten steil aufsteigende Geröllhänge und einen breiten Talboden, durch die sich die Rotmoosache schlängelt. Nachdem sich die Gletscher nach dem Höhepunkt der letzten Eiszeit vor etwa 20.000 Jahren zurückgezogen hatten, trat ein vom Eis ausgeschürftes Tal zutage, das zunächst von Gletscherseen bedeckt war. Das im Gletschervorfeld anfallende Verwitterungsmaterial wurde von den Schmelzwässern dieses Baches ab- und umgelagert, wodurch die Ausbildung einer ausgedehnten Schotterfläche im Talboden begünstigt wurde.



Abbildung 1: Tagesroute von Obergurgl (A) bis zum Gletschertor (B). Nummern 1–4 zeigen die Standorte der Moränen: 1) 1858, 2) 1921, 3) 1971, 4) 1997 (links) und Eingang des Rotmoostals aus der gletscherabgewandten Sicht (rechts) (Foto: Elke Huber, Karte: Elke Huber, erstellt mithilfe von Maplibre)

Speicherteich

Das idyllische Panorama wurde schon bald durch die Hinterlassenschaft menschlichen Einflusses durchbrochen. Der Speicherteich (Abb. 2) neben der Schönwiesalm liegt auf 2.264 m und ist einer von mehreren künstlichen Wasserbecken, welche den Skibetrieb in der niederschlagsarmen Region erst möglich machen. Von Carla bekamen wir an dieser Stelle vorgetragen, welche menschlichen Bedrohungen es für die hiesige Natur gibt. Neben den Folgen von Verbauung und der Intensivierung der Landwirtschaft wurden auch die schwerwiegenden Folgen des Rekord-Tourismus im Ötztal (Wintersaison 2024/25: über 3 Millionen Nächtigungen) besprochen.



Abbildung 2: Speichersee auf 2.264 m am Eingang des Rotmoostales. Carla trägt gerade ihr Referat vor. (Foto: Anna Rauchberger)

Rotmoosmoor: Torfaufschluss

Die Wanderung wurde entlang des Bachbettes fortgesetzt, bis eine hohe dunkelbraune Torfwand erreicht war. Der Moorbody wurde an dieser Stelle von der Rotmoosache mitgerissen, wodurch das Profil nun beispielhaft freiliegt. Für den kundigen Betrachter gibt die Schichtung des Torfs Hinweise darauf, wie sich die Vegetation und das Klima in den letzten 5000 Jahren verändert hat. Der teilweise noch durchwurzelte schwarze Anteil zeigt die organische Torfmasse, während die hellbraunen Schichten auf anorganische Einträge (Bachüberflutungen, Hangrutsche, ...) schließen lassen. Astbruchstücke weisen auf einen einstigen Wald- oder Baumbestand hin. Das Moor (ugs. "Moos") gibt dem Rotmoostal seinen Namen und lieferte der Bevölkerung in Obergurgl Torf zum Heizen. Nach C¹⁴-Datierung sind die untersten Schichten des Torfmoores vor ca. 10.000 Jahren nach der Verlandung des Gletschersees entstanden, als die verfaulende Wasservegetation unter Sauerstoffausschluss zu Torf wurde und sich Pflanzen darauf ansiedelten. Torfbildend waren hauptsächlich Cyperaceae.

Umgeben wurde der Torfaufschluss von Pflanzen wie *Tussilago farfara*, *Saxifraga aizoides* und *Epilobium fleischeri*. Eine erste Sichtung der weiter hinten im Tal noch häufiger vorkommenden *Carex bicolor* konnte unweit der Torfstelle gemacht werden. Dieser Vertreter der Gattung *Carex* ist eine Quellfluren-typische Art, welche sich an Bachalluvionen auf basenreichen Substraten wohlfühlt. Die Art ist selten und markiert besonders naturnahe, unbeeinflusste Lebensräume. Ihr Vorkommen charakterisiert den FFH-Lebensraumtyp 7240 "Alpine Pionierformationen des *Caricion bicoloris-atrofuscae*".

An einem Nebenmäander der Rotmoosache konnten die beiden Unterarten des Acker-Schachtelhalms, *Equisetum arvense* subsp. *arvense* und subsp. *alpestre* vergleichend betrachtet werden.



Abbildung 3a Offene Torfwand mit erkennbarer Schichtung (rot: Humus; orange: anorganische Schicht; grün: organische Ablagerung) (Foto: Anna Rauchberger)

Abbildung 2b *Equisetum arvense* subsp. *alpestre* (Foto: Anna Rauchberger)

Tabelle 1: Torfaufschluss

Art	Familie
<i>Equisetum arvense</i> subsp. <i>arvense</i>	Equisetaceae
<i>Equisetum arvense</i> subsp. <i>alpestre</i>	Equisetaceae
<i>Saxifraga aizoides</i>	Saxifragaceae
<i>Epilobium fleischeri</i>	Onagraceae
<i>Tussilago farfara</i>	Asteraceae
<i>Carex bicolor</i>	Cyperaceae

Gletschermoränen

Der Rückzug des Rotmoosfers lässt sich im Rotmoostal eindrucksvoll nachvollziehen. Das vom Gletscher abgetragene und transportierte Verwitterungsmaterial wurde in Form von Moränen abgelagert – vor allem an der Gletscherfront und entlang der Seiten, aber auch an der ehemaligen Gletscherbasis. Die markanten Endmoränen dokumentieren die maximale Ausdehnung der letzten Gletschervorstöße und treten heute als deutlich erkennbare Erhebungen im Gletschervorfeld hervor. Sie bestehen aus schlecht sortiertem, kantigem Gesteinsmaterial mit einem hohen Anteil feiner Sedimente. Im weiteren Verlauf der Exkursion wurden diese Moränen begangen, die unterschiedliche Sukzessionsstadien aufweisen. Dadurch wird die zeitliche und

räumliche Vegetationsentwicklung des Gletschervorfeldes in Form einer Chronosequenz nachvollziehbar.

Zunächst gelangt man zur Endmoräne von 1858, die seit mehr als 160 Jahren eisfrei ist. An diesem Standort ist die Sukzession und Bodenentwicklung bereits am weitesten fortgeschritten und weist eine nahezu geschlossene Vegetationsdecke auf. Durch die Geländeerhebung herrschen am Moränenscheitel vergleichsweise trockene Bedingungen. Im Vergleich zu jüngeren Bereichen des Gletschervorfeldes ist diese Moräne und ihr Umfeld sehr artenreich, mit in Bezug auf Bodenmächtigkeit und Nährstoffverfügbarkeit anspruchsvoller Arten. Dazu zählen beispielsweise *Achillea moschata*, *Erigeron uniflorus*, *Campanula scheuchzeri* und *Leontodon hispidus*. Typisch für späte Sukzessionsstadien ist der rasenartige Vegetationscharakter. Zu den besprochenen Grasartigen gehören z.B. *Kobresia myosuroides* (typisch für Windkanten auf intermediären Standorten), *Agrostis rupestris* und *Festuca halleri*.



Abbildung 4: Vom Gletscherbach partiell erodierter Endmoränenwall markiert den letzten Gletscherhochstand um 1858 im Rotmoostal mit Berg Hangerer (3020 m) im Hintergrund und Sempervivum montanum mit Racomitrium sp., Salix reticulata (Foto: Sabine Rier, Anna Rauchberger)

Tabelle 2: 1858er Moräne

Art	Familie
<i>Salix helvetica</i>	Salicaceae
<i>Salix glaucoerulea</i>	Salicaceae
<i>Salix hastata</i>	Salicaceae
<i>Parnassia palustris</i>	Celastraceae
<i>Agrostis alpina</i>	Poaceae
<i>Carex atrata</i>	Cyperaceae
<i>Carex parviflora</i>	Cyperaceae
<i>Poa alpina</i>	Poaceae
<i>Phleum commutatum</i>	Poaceae

<i>Kobresia myosuroides</i>	Cyperaceae
<i>Avenula versicolor</i>	Poaceae
<i>Festuca nigrescens</i>	Poaceae
<i>Juncus trifidus</i>	Juncaceae
<i>Luzula multiflora</i>	Juncaceae
<i>Carex sempervirens</i>	Cyperaceae
<i>Deschampsia cespitosa</i>	Poaceae
<i>Anthoxanthum alpinum</i>	Poaceae
<i>Festuca halleri</i>	Poaceae
<i>Luzula alpinopilosa</i>	Juncaceae
<i>Nardus stricta</i>	Poaceae
<i>Juncus jacquinii</i>	Juncaceae
<i>Agrostis rupestris</i>	Poaceae
<i>Luzula spicata</i>	Juncaceae
<i>Polystichum lonchitis</i>	Dryopteridaceae
<i>Polystichum aculeatum</i>	Dryopteridaceae
<i>Asplenium viride</i>	Aspleniaceae
<i>Botrychium lunaria</i>	Ophioglossaceae
<i>Selaginella selaginoides</i>	Selaginellaceae
<i>Huperzia selago</i>	Lycopodiaceae
<i>Cetraria islandica</i>	Parmeliaceae
<i>Dryopteris filix-mas</i>	Dryopteridaceae
<i>Stereocaulon alpinum</i>	Stereocaulaceae
<i>Rhizocarpon geographicum</i>	Rhizocarpaceae
<i>Lecanora polytropa</i>	Lecanoraceae
<i>Umbilicaria cylindrica</i>	Umbilicariaceae
<i>Racomitrium sp.</i>	Grimmiaceae
<i>Crepis aurea</i>	Asteraceae
<i>Antennaria dioica</i>	Asteraceae
<i>Antennaria carpatica</i>	Asteraceae
<i>Trifolium pratense</i> subsp. <i>nivale</i>	Fabaceae
<i>Trifolium pallescens</i>	Fabaceae

<i>Trifolium badium</i>	Fabaceae
<i>Achillea moschata</i>	Asteraceae
<i>Bartsia alpina</i>	Orobanchaceae
<i>Anthyllis vulneraria</i> subsp. <i>alpicola</i>	Fabaceae
<i>Androsace obtusifolia</i>	Primulaceae
<i>Galium anisophyllum</i>	Rubiaceae
<i>Helianthemum nummularium</i>	Cistaceae
<i>Pyrola minor</i>	Ericaceae
<i>Thymus praecox</i> subsp. <i>polytrichus</i>	Lamiaceae
<i>Empetrum hermaphroditum</i>	Ericaceae
<i>Myosotis alpestris</i>	Boraginaceae
<i>Saxifraga aizoides</i>	Saxifragaceae
<i>Saxifraga bryoides</i>	Saxifragaceae
<i>Saxifraga paniculata</i>	Saxifragaceae
<i>Sedum atratum</i>	Crassulaceae
<i>Sedum alpestre</i>	Crassulaceae
<i>Sempervivum montanum</i>	Crassulaceae
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	Campanulaceae
<i>Campanula scheuchzeri</i>	Campanulaceae
<i>Astragalus alpinus</i>	Fabaceae
<i>Oxytropis lapponica</i>	Fabaceae
<i>Euphrasia minima</i>	Orobanchaceae
<i>Soldanella pusilla</i>	Primulaceae
<i>Campanula barbata</i>	Campanulaceae
<i>Salix retusa</i>	Salicaceae
<i>Salix serpillifolia</i>	Salicaceae
<i>Salix herbacea</i>	Salicaceae
<i>Silene exscapa</i>	Caryophyllaceae
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	Ericaceae
<i>Erigeron neglectus</i>	Asteraceae
<i>Erigeron uniflorus</i>	Asteraceae
<i>Geum montanum</i>	Rosaceae

<i>Pedicularis kerner</i>	Orobanchaceae
<i>Leontodon hispidus</i>	Asteraceae
<i>Gnaphalium supinum</i>	Asteraceae
<i>Artemisia genipi</i>	Asteraceae
<i>Artemisia mutellina</i>	Asteraceae
<i>Mutellina adonidifolia</i>	Apiaceae
<i>Veronica bellidioides</i>	Plantaginaceae
<i>Gentiana bavarica</i>	Gentianaceae
<i>Gentiana nivalis</i>	Gentianaceae
<i>Cirsium spinosissimum</i>	Asteraceae
<i>Ranunculus villarsii</i>	Ranunculaceae
<i>Persicaria vivipara</i>	Polygonaceae
<i>Alchemilla glaucescens</i>	Rosaceae

Unsere Wanderung zum Talschluss führt uns an den Moränen von 1870 und 1910 vorbei zum Gletscherstand von 1971. Orographisch links ist hier mehr Schotter durch den Gletschertransport vorhanden und an den Hängen ist instabiles Geröll erkennbar. Pflanzenfragmente, die durch Rutschungen und Lawinen in die Talsohle gelangen, tragen zur Humusbildung und Besiedelung bei. Der pH-Wert ist auf dieser Talseite basisch, wohingegen die orographisch rechte Seite (Hohe Mut) eher saure Bedingungen und Seitenbäche aufweist. Hornblendegarbenschiefer und Granat-Amphibolit aus dem Schneeberg-Komplex und Marmorblöcke sind vorhanden. Die Sukzessionsstadien konnten im Verlauf der Wanderung gut beobachtet werden (Tab. 6, 7). Die Humusansammlung und Bodenbildung ist hier an der Endmoräne von 1971 auch bereits gut zu erkennen, Polsterpflanzen (Saxifragaceae) und viele *Salix*-Arten konnten sich bereits etablieren. In diesem Bereich bildet das kalte, karbonatreiche Hangwasser den Sonderstandort einer kalkreichen Quellflur und es finden sich typische Arten wie *Arabis soyeri*, *Tofieldia calyculata* und *Pinguicula spp.* Zum Thema "Quellflur" hören wir einen Vortrag von Maria.



Abbildung 5: Quellfluren Vegetation (links) und Gletscherstand 1971 (Foto: Sabine Rier, Elke Huber)

Tabelle 3: 1870er Moräne

Art	Familie
<i>Thamnolia vermicularis</i>	Icmadophilaceae
<i>Flavocetraria nivalis</i>	Parmeliaceae
<i>Saxifraga oppositifolia</i>	Saxifragaceae
<i>Veronica fruticans</i>	Plantaginaceae
<i>Carex capillaris</i>	Cyperaceae
<i>Trisetum spicatum</i>	Poaceae
<i>Minuartia gerardii</i>	Caryophyllaceae
<i>Poa nemoralis</i>	Poaceae
<i>Bartsia minima</i>	Orobanchaceae
<i>Campanula cochleariifolia</i>	Campanulaceae

*Nur neu hinzugekommene, bzw. neu besprochene Arten

Tabelle 4: 1910er Moräne

Art	Familie
<i>Oxytropis halleri</i>	Fabaceae
<i>Salix reticulata</i>	Salicaceae
<i>Draba aizoides</i>	Brassicaceae
<i>Arenaria ciliata</i>	Caryophyllaceae
<i>Geum reptans</i>	Rosaceae

<i>Chamorchis alpina</i>	Orchidaceae
<i>Salix breviserrata</i>	Salicaceae
<i>Pinguicula leptoceras</i>	Lentibulariaceae
<i>Tofieldia calyculata</i>	Tofieldiaceae
<i>Hedysarum hedysaroides</i>	Fabaceae
<i>Astragalus australis</i>	Fabaceae

*Nur neu hinzugekommene, bzw. neu besprochene Arten

Tabelle 5: 1971er Moräne und Quellfluren

Art	Familie
<i>Juncus triglumis</i>	Juncaceae
<i>Carex bicolor</i>	Cyperaceae
<i>Arabis soyeri</i>	Brassicaceae
<i>Equisetum variegatum</i>	Equisetaceae
<i>Carex lachenalii</i>	Cyperaceae
<i>Carex frigida</i>	Cyperaceae
<i>Arabis caerulea</i>	Brassicaceae
<i>Festuca nigricans</i>	Poaceae

*Nur neu hinzugekommene, bzw. neu besprochene Arten





Abbildung 6: *Chamorchis alpina*, *Salix herbacea*, *Carex bicolor* und *Saxifraga aizoides* (v.l.n.r. oben), *Geum reptans*, *Linaria alpina*, *Artemisia mutellina* (v.l.n.r. unten, Fotos: Adam Seyr, Anna Rauchberger)

Bereich Nähe der Gletscherzunge

Mit zunehmender Annäherung an das Talschlussgebiet und damit die Gletscherzunge wird die Vegetation karger und artenärmer, dadurch lassen sich zunehmend interessante und ästhetisch auffällige Gesteine beobachten. Dazu zählen unter anderem schiefrige Gesteine und Paragneise mit Granat und Hornblendekristallen (Abb. 7) sowie vereinzelte Marmorgerölle und Amphibolite. Das Fehlen von Gneisen in diesem Abschnitt weist darauf hin, dass die geologische Grenze zwischen dem Ötztal- und dem Schneeberg-Komplex überschritten wurde. Im unmittelbaren Bereich vor der Gletscherzunge dominieren frische Moränen, Schuttflächen und Schmelzwassersedimente. An diesen Extremstandorten sind Pflanzen besonderen Umweltbedingungen ausgesetzt, dazu gehören instabile Substrate, mechanische Belastungen durch Frost und Schmelzwasser, Nährstoffarmut durch kaum entwickelte Böden und periglaziale Prozesse wie Erosion und Umlagerungen.

Die kürzlich eisfrei gewordenen Flächen nahe der aktuellen Gletscherzunge sind von frühen Pioniergesellschaften besiedelt. Typischerweise dominieren Flechten und Moose, man findet aber auch Arten wie die am höchsten steigende Blütenpflanze der Alpen, *Saxifraga oppositifolia*, auf trockenen, feinsandigen Standorten sowie *Saxifraga aizoides* (Abb. 6) auf feinschuttreichen und gut durchfeuchteten Flächen. *Linaria alpina* (Abb. 6) tritt als Art des bereits artenreicheren Pionierstadiums auf, wozu uns Anna mehr in ihrem Vortrag über die “Besiedelung des Gletschervorfelds” erzählte.



Abbildung 7: Hornblenden mit *Epilobium fleischeri*, Schichtungen von Hornblendeschiefer und Marmor und Gletscherhorizont des Rotmoosferners (v.l.n.r) (Fotos: Elke Huber, Lisa Paukner)

Tabelle 6: Nahe Gletscherzungung

Art	Familie
<i>Gnaphalium hoppeanum</i>	Asteraceae
<i>Scorzoneroidea montana</i>	Asteraceae
<i>Linaria alpina</i>	Plantaginaceae
<i>Comastoma tenellum</i>	Gentianaceae
<i>Taraxacum venustum</i>	Asteraceae
<i>Poa laxa</i>	Poaceae
<i>Cerastium uniflorum</i>	Caryophyllaceae
<i>Epilobium alsinifolium</i>	Onagraceae
<i>Saxifraga exarata</i>	Saxifragaceae
<i>Senecio insubricus</i>	Asteraceae
<i>Veronica alpina</i>	Plantaginaceae

Tag 3 – Gurgler Schartl (auch: Seiter Schartl; 10.07.2025)

Von: Carla Behringer, Jana Girstmair, Jennifer Lüdtke, Lisa Paukner

Koordinaten Startpunkt: 46° 52' 2.81"N 11° 1' 31.09"E

Koordinaten Endpunkt: 46° 53' 33.97"N 10° 59' 49.50"E

Meereshöhe: 1940 m (Obergurgl) bis 2930 m (Gurgler Schartl)

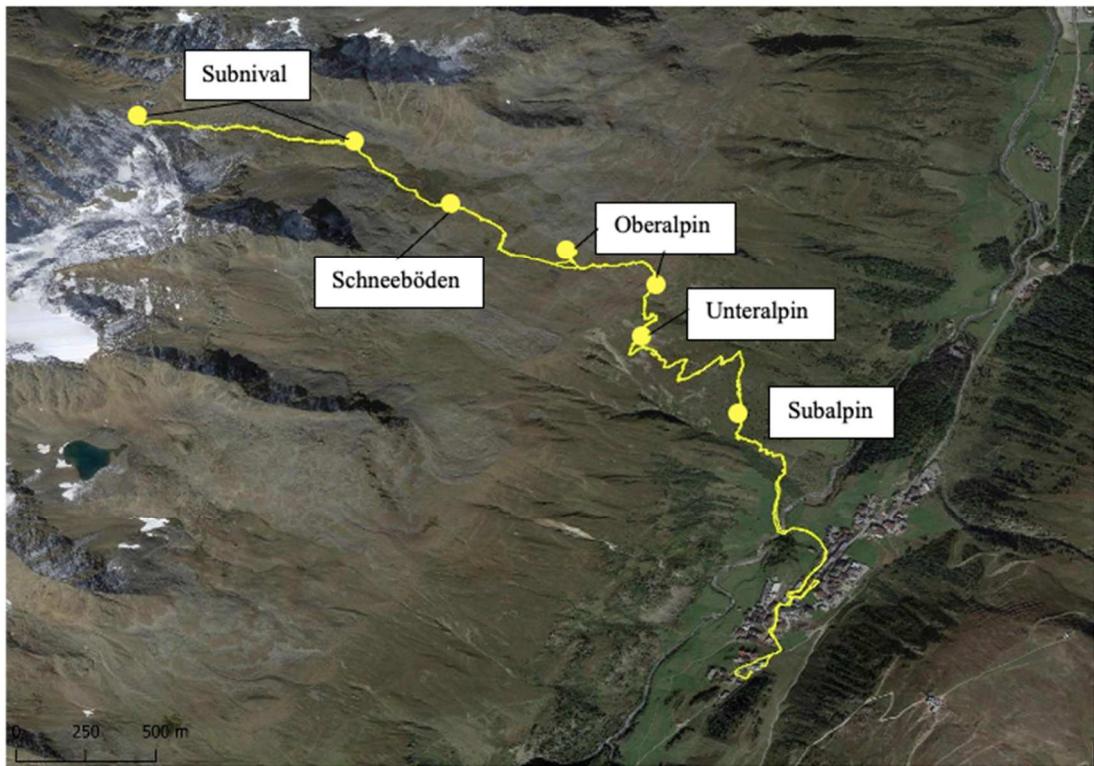


Abbildung 1: Route zum Gurgler Schartl (gelb). Start und Ende waren jeweils das Universitätszentrum Obergurgl. Stopps mit Höhenstufen sind markiert (© Google Satellite).

Entlang des Höhengradienten von Obergurgl bis zum Gurgler Schartl wurde die Vegetation der Höhenstufen von montan über subalpin und alpin bis subnival besprochen. Dabei sind die unteren Flächen stark durch die Nutzung des Menschen geprägt.



Abbildung 2: Blick vom Itlseee auf die gegenüberliegende Bergkette mit dem Königskogel im Zentrum (Foto: Lisa Paukner).

1. Subalpine Zwergstrauchheiden (2065 m):

An südexponierten, sauren Standorten der subalpinen Höhenstufe treten Arten auf, die zwar

Trockenheit anzeigen, jedoch gut an kalte Temperaturen angepasst sind. Typisch ist hier die Heidegesellschaft Juniperion nanae mit Arten wie *Juniperus communis* subsp. *nana*, *Arctostaphylos uva-ursi* und *Calluna vulgaris*. Zergstrauchheiden werden zudem von Beeresträuchern der Gattung *Vaccinium* wie *V. myrtillus* und *V. vitis-idaea* dominiert, daneben kommen auch weitere Vertreter der Familie Ericaceae vor.

Tabelle 1: Artenliste aus der subalpinen Zergstrauchheide

Gattung	Art	Familie
<i>Agrostis</i>	<i>capillaris</i>	Poaceae
<i>Anthoxanthum</i>	<i>alpinum</i>	Poaceae
<i>Arctostaphylos</i>	<i>uva-ursi</i>	Ericaceae
<i>Arnica</i>	<i>montana</i>	Asteraceae
<i>Calamagrostis</i>	<i>villosa</i>	Poaceae
<i>Calluna</i>	<i>vulgaris</i>	Ericaceae
<i>Campanula</i>	<i>barbata</i>	Campanulaceae
<i>Campanula</i>	<i>scheuchzeri</i>	Campanulaceae
<i>Carex</i>	<i>sempervirens</i>	Cyperaceae
<i>Carlina</i>	<i>acaulis</i>	Asteraceae
<i>Clematis</i>	<i>alpina</i>	Ranunculaceae
<i>Crepis</i>	<i>conyzifolia</i>	Asteraceae
<i>Deschampsia</i>	<i>flexuosa</i>	Poaceae
<i>Empetrum</i>	<i>hermaphroditum</i>	Ericaceae
<i>Festuca</i>	<i>nigrescens</i>	Poaceae
<i>Gentiana</i>	<i>acaulis</i>	Gentianaceae
<i>Geranium</i>	<i>sylvaticum</i>	Geraniaceae
<i>Geum</i>	<i>montanum</i>	Rosaceae
<i>Gymnadenia</i>	<i>rheillicani</i>	Orchidaceae
<i>Helianthemum</i>	<i>nummularium</i>	Cistaceae
<i>Hieracium</i>	<i>intybaceum</i>	Asteraceae
<i>Hieracium</i>	<i>lachenalii</i>	Asteraceae

<i>Homogyne</i>	<i>alpina</i>	Asteraceae
<i>Hypochaeris</i>	<i>uniflora</i>	Asteraceae
<i>Juniperus</i>	<i>communis</i> subsp. <i>nana</i>	Cupressaceae
<i>Knautia</i>	<i>maxima</i>	Caprifoliaceae
<i>Laserpitium</i>	<i>halleri</i>	Apiaceae
<i>Leontodon</i>	<i>hispidus</i>	Asteraceae
<i>Lilium</i>	<i>martagon</i>	Liliaceae
<i>Lonicera</i>	<i>caerulea</i>	Caprifoliaceae
<i>Luzula</i>	<i>luzuloides</i>	Juncaceae
<i>Orthilia</i>	<i>secunda</i>	Ericaceae
<i>Phyteuma</i>	<i>betonicifolium</i>	Campanulaceae
<i>Phyteuma</i>	<i>hemisphaericum</i>	Campanulaceae
<i>Poa</i>	<i>chaixii</i>	Poaceae
<i>Polygonatum</i>	<i>verticillatum</i>	Asparagaceae
<i>Pulsatilla</i>	<i>alpina</i> subsp. <i>apiifolia</i>	Campanulaceae
<i>Pulsatilla</i>	<i>vernalis</i>	Campanulaceae
<i>Pyrola</i>	<i>media</i>	Ericaceae
<i>Ranunculus</i>	<i>nemorosus</i>	Ranunculaceae
<i>Ranunculus</i>	<i>platanifolius</i>	Ranunculaceae
<i>Rhinanthus</i>	<i>glacialis</i>	Orobanchaceae
<i>Rhododendron</i>	<i>ferrugineum</i>	Ericaceae
<i>Rosa</i>	<i>pendulina</i>	Rosaceae
<i>Saxifraga</i>	<i>paniculata</i>	Saxifragaceae
<i>Sempervivum</i>	<i>arachnoideum</i>	Crassulaceae
<i>Senecio</i>	<i>abrotanifolius</i> subsp. <i>tiroliensis</i>	Asteraceae
<i>Silene</i>	<i>nutans</i>	Caryophyllaceae
<i>Solidago</i>	<i>virgaurea</i>	Asteraceae
<i>Thymus</i>	<i>praecox</i>	Lamiaceae

Vaccinium	<i>myrtillus</i>	Ericaceae
Vaccinium	<i>uliginosum</i>	Ericaceae
Vaccinium	<i>vitis-idaea</i>	Ericaceae



Abbildung 3: Blick auf die subalpinen Zergstrauchheiden des ersten Standorts (Foto: Carla Behringer).

2. Unteralepine Zergstrauchheiden mit Silikatblöcken (2385 m):

Auch hier dominieren verschiedene Zergsträucher, vorwiegend aus der Familie der Ericaceae, wie beispielsweise *Vaccinium myrtillus* und *Rhododendron ferrugineum*. Durch die Anwesenheit von saurem Blockschutt sind jedoch auch Arten wie *Cryptogramma crispa* zu finden. Der Boden ist sauer, nährstoffarm und eher flachgründig. Die nachfolgende Artenliste geht nur auf die zusätzlich zu Standort 1 gefundenen Pflanzenarten ein.



Abbildung 4: Die für sauren Blockschutt typische *Cryptogramma crispa* (Foto: Carla Behringer).

Tabelle 2: Artenliste aus den unteralpinen Zwergstrauchheiden mit Silikatblöcken

Gattung	Art	Familie
<i>Agrostis</i>	<i>agrostiflora</i>	Poaceae
<i>Cryptogramma</i>	<i>crispa</i>	Pteridaceae
<i>Deschampsia</i>	<i>flexuosa</i>	Poaceae
<i>Diphasiastrum</i>	<i>alpinum</i>	Lycopodiaceae
<i>Festuca</i>	<i>nigricans</i>	Poaceae
<i>Hieracium</i>	<i>piliferum</i>	Asteraceae
<i>Senecio</i>	<i>carniolicus</i>	Asteraceae
<i>Juncus</i>	<i>trifidus</i>	Juncaceae
<i>Luzula</i>	<i>lutea</i>	Juncaceae
<i>Pedicularis</i>	<i>tuberosa</i>	Orobanchaceae
<i>Pseudorchis</i>	<i>albida</i>	Orchidaceae
<i>Sempervivum</i>	<i>montanum</i>	Crassulaceae
<i>Sempervivum</i>	<i>wulfenii</i>	Crassulaceae
<i>Trifolium</i>	<i>alpinum</i>	Fabaceae

3. Oberalpine Rasen auf Silikat (2480 m/ 2560 m):

Natürliche, silikatgeprägte Rasen werden in den Alpen hauptsächlich von der Segge *Carex curvula* und der Binse *Juncus trifidus* dominiert. Sie sind artenarm und erstrecken sich natürlicherweise von der subalpinen bis zur nivalen Stufe. Im boreo-alpinen Grasland auf Silikatsubstraten sind neben den Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*) auch die subalpin-alpinen Borstgrasrasen (*Nardion strictae*) enthalten. Durch die z.T. intensive Beweidung mancher Standorte ist die Häufigkeit der Bürstlingsrasen und anderer Weidezeigern erhöht. Es dominieren kleinwüchsige Lebensformen, die ihre Überdauerungsknospen nah der Erdoberfläche bzw. unterirdisch anlegen und die häufig zu vegetativer Vermehrung neigen.

Tabelle 3: Artenliste Oberalpine Rasen auf Silikat

Gattung	Art	Familie
<i>Agrostis</i>	<i>alpina</i>	Poaceae
<i>Agrostis</i>	<i>rupestris</i>	Poaceae
<i>Androsace</i>	<i>obtusifolia</i>	Primulaceae

<i>Anthoxanthum</i>	<i>alpinum</i>	Poaceae
<i>Arenaria</i>	<i>biflora</i>	Caryophyllaceae
<i>Avenula</i>	<i>versicolor</i>	Poaceae
<i>Cardamine</i>	<i>resedifolia</i>	Brassicaceae
<i>Carex</i>	<i>curvula</i>	Cyperaceae
<i>Carex</i>	<i>myosuroides</i>	Cyperaceae
<i>Carex</i>	<i>lachenalii</i>	Cyperaceae
<i>Cetraria</i>	<i>islandica</i>	Parmeliaceae
<i>Cladonia</i>	<i>arbuscula</i>	Cladoniaceae
<i>Cladonia</i>	<i>furcata</i>	Cladoniaceae
<i>Cladonia</i>	<i>uncialis</i>	Cladoniaceae
<i>Deschampsia</i>	<i>cespitosa</i>	Poaceae
<i>Erigeron</i>	<i>alpinus</i>	Asteraceae
<i>Euphrasia</i>	<i>minima</i>	Orobanchaceae
<i>Festuca</i>	<i>halleri</i>	Poaceae
<i>Geum</i>	<i>montanum</i>	Rosaceae
<i>Gnaphalium</i>	<i>supinum</i>	Asteraceae
<i>Juncus</i>	<i>jacquinii</i>	Juncaceae
<i>Kalmia</i>	<i>procumbens</i>	Ericaceae
<i>Leucanthemopsis</i>	<i>alpina</i>	Asteraceae
<i>Luzula</i>	<i>campestris</i> agg.	Juncaceae
<i>Luzula</i>	<i>alpinopilosa</i>	Juncaceae
<i>Mutellina</i>	<i>adonidifolia</i>	Apiaceae
<i>Nardus</i>	<i>stricta</i>	Poaceae
<i>Pedicularis</i>	<i>kernerii</i>	Orobanchaceae
<i>Phleum</i>	<i>commutatum</i>	Poaceae
<i>Phyteuma</i>	<i>hemisphaericum</i>	Campanulaceae
<i>Pilosella</i>	<i>glacialis</i>	Asteraceae

<i>Poa</i>	<i>alpina</i>	Poaceae
<i>Poa</i>	<i>supina</i>	Poaceae
<i>Poa</i>	<i>laxa</i>	Poaceae
<i>Polytrichastrum</i>	<i>alpinum</i>	Polytrichaceae
<i>Potentilla</i>	<i>aurea</i>	Rosaceae
<i>Saxifraga</i>	<i>bryoides</i>	Saxifragaceae
<i>Scorzoneroides</i>	<i>helvetica</i>	Asteraceae
<i>Sedum</i>	<i>atratum</i>	Crassulaceae
<i>Sedum</i>	<i>alpestre</i>	Crassulaceae
<i>Sibbaldia</i>	<i>procumbens</i>	Rosaceae
<i>Soldanella</i>	<i>pusilla</i>	Campanulaceae
<i>Taraxacum</i>	<i>alpinum agg.</i>	Asteraceae
<i>Veronica</i>	<i>bellidioides</i>	Plantaginaceae
<i>Viola</i>	<i>biflora</i>	Violaceae



Abbildung 5: Beweidung mit Schafen auf den oberalpinen Silikat-Rasen über dem Itlseee (Foto: Jana Girstmair).

4. Alpine Verlandungszone (2660 m):

Die alpine Verlandungszone in Obergurgl hat Flachmoorcharakter. Flachmoore auf kalkarmen Substrat zeigen oft dichte Rasenbestände aus kleinwüchsigen Sauergräsern. Sie liegen in der montanen bis alpinen Stufe und stehen über meist torfigen Böden. Sie sind oligo- bis mesotroph, neutral bis sauer und selten unterhalb von 500 m über dem Meeresspiegel zu finden. *Eriophorum scheuchzeri* dominiert besonders in lockeren Pionierbeständen, in der alpinen Stufe ist aber das *Caricetum fuscae* (Braunseggenried, Charakterart: *Carex canescens*) häufiger.

Tabelle 4: Artenliste Alpine Verlandungszone

Art	Gattung	Familie
<i>Carex</i>	<i>lachenalii</i>	Cyperaceae
<i>Eriophorum</i>	<i>scheuchzeri</i>	Cyperaceae
<i>Micranthes</i>	<i>stellaris</i>	Saxifragaceae
<i>Poa</i>	<i>supina</i>	Poaceae



Abbildung 6: Blick auf den Soomsee und seine alpine Verlandungszone mit *Eriophorum scheuchzeri* das den Großteil des Randes bildet (Foto: Jana Girstmair). Rechts oben: Schneeboden mit *Salix herbacea*.

5. Schneeböden (2670 m):

Saure Schneeböden sind gekennzeichnet durch dichte Pflanzentepiche, in denen Moose und angepasste Arten wie *Salix herbacea* dominieren. Das dauerhaft feuchte Substrat besteht aus einer gut entwickelten Schicht aus Feinerde und Humus. Diese Standorte entstehen typischerweise in Geländeformen der subalpinen bis subnivalen Höhenstufe, die sieben bis elf Monate im Jahr schneebedeckt sind und auch während der kurzen Vegetationsperiode feucht bleiben.

Tabelle 5: Artenliste Schneeböden

Gattung	Art	Familie
<i>Anthelia</i>	sp.	Antheliaceae
<i>Arenaria</i>	<i>biflora</i>	Caryophyllaceae
<i>Cardamine</i>	<i>alpina</i>	Brassicaceae
<i>Carex</i>	<i>curvula</i>	Cyperaceae
<i>Cerastium</i>	<i>cerastoides</i>	Caryophyllaceae
<i>Polytrichum</i>	<i>sexangulare</i>	Polytrichaceae
<i>Salix</i>	<i>herbacea</i>	Salicaceae
<i>Solorina</i>	<i>crocea</i>	Peltigeraceae

6. Subnivale Stufe (2930 m):

Die subnivale Stufe ist geprägt durch eine langanhaltende Schneedeckung, die nur in besonders warmen Sommern bzw. an geneigten, sonnseitigen Standorten vollständig schmilzt. Zwischen nackten Felsen treten Vegetationsfragmente auf, die oft von polsterartigen Pflanzen sowie Moose und Flechten dominiert werden, die an die sehr kurze Vegetationsperiode angepasst sind. Die Bodenstruktur wird von Frostwechselprozessen dominiert.



Abbildung 7: Charakteristische Fels-Schnee-Landschaft der Subnivalen Stufe (links) mit *Ranunculus glacialis* (Mitte) und *Minuartia sedoides* (rechts, Fotos: Lisa Paukner).

Tabelle 6: Artenliste Subnivale Stufe

Gattung	Art	Familie
<i>Cerastium</i>	<i>pedunculatum</i>	Caryophyllaceae
<i>Gentiana</i>	<i>bavarica subsp. subacaulis</i>	Gentianaceae
<i>Huperzia</i>	<i>selago</i>	Lycopodiaceae
<i>Minuartia</i>	<i>sedoides</i>	Caryophyllaceae
<i>Potentilla</i>	<i>frigida</i>	Rosaceae
<i>Primula</i>	<i>glutinosa</i>	Primulaceae
<i>Ranunculus</i>	<i>glacialis</i>	Ranunculaceae

Literatur:

Ellmauer, T., Traxler, A. (2001) Handbuch der FFH-Lebensraumtypen Österreichs, Monographien / Umweltbundesamt. Umweltbundesamt, Wien.

Hölzel, N., & Tischew, S. (2019). Zwergstrauchheiden und bodensaure Magerrasen. In Renaturierungsökologie (pp. 289–310). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54913-1_17

InfoFlora (2025a). Juniperion nanae (<https://www.infoflora.ch/de/lebensraeume/typoch/5.4.4-trockene-subalpine-zwergstrauchheide-zwergwacholderheide.html>, abgerufen am 23.08.2025)[1]

InfoFlora (2025b). Mesophile subalpine Zwergstrauchheide (Alpenrosenheide)

(<https://www.infoflora.ch/de/lebensraeume/typoch/5.4.5-mesophile-subalpine-zwergstrauchheide-alpenrosenheide.html>, abgerufen am 06.08.2025)

InfoFlora (2025c). Caricetea curvulae
([https://www.infoflora.ch/de/lebensraeume/phytosuisse/IV.3-caricetea曲vulae.html](https://www.infoflora.ch/de/lebensraeume/phytosuisse/IV.3-caricetea_curvulae.html), abgerufen am 23.07.2025)

InfoFlora (2025d). Kalkarmes Kleinseggenried (Braunseggenried)
([https://www.infoflora.ch/de/lebensraeume\[2\]/typoch/2.2.2-kalkarmes-kleinseggenried-braunseggenried.html](https://www.infoflora.ch/de/lebensraeume[2]/typoch/2.2.2-kalkarmes-kleinseggenried-braunseggenried.html), abgerufen am 23.07.2025)
Lafenthaler A., E. (2010). Gastein im Bild - Ökologie/Biototypen - Silikat-Schneeböden
(<https://gastein-im-bild.info/gob36.html>, abgerufen am 23.07.2025)

Lasen C. (2017). Beschreibung der Lebensräume Südtirols Autonome Provinz Bozen-Südtirol, Abteilung Natur, Landschaft und Raumentwicklung.

Schmitz, J. (2005). Caricetum fuscae, Schmitzens Botanikseite
(<https://www.schmitzens-botanikseite.de/carfus/carfus2.htm>, abgerufen am 23.07.2025)

Spektrum DE (2025). Subnivale Stufe
(<https://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/subnivale-stufe/16024>, abgerufen am 23.07.2025)

Beitrag der Autorinnen:

Text: Jenny Lüdtke, Lisa Paukner (hauptverantwortlich), Carla Behringer, Jana Girstmair (mitverantwortlich). Überarbeitung und Korrektur: Carla Behringer, Jana Girstmair

Tag 4 - Hohe Mut (11.07.2025)

Adam Seyr, Elias Spögler, David Wilke, David González

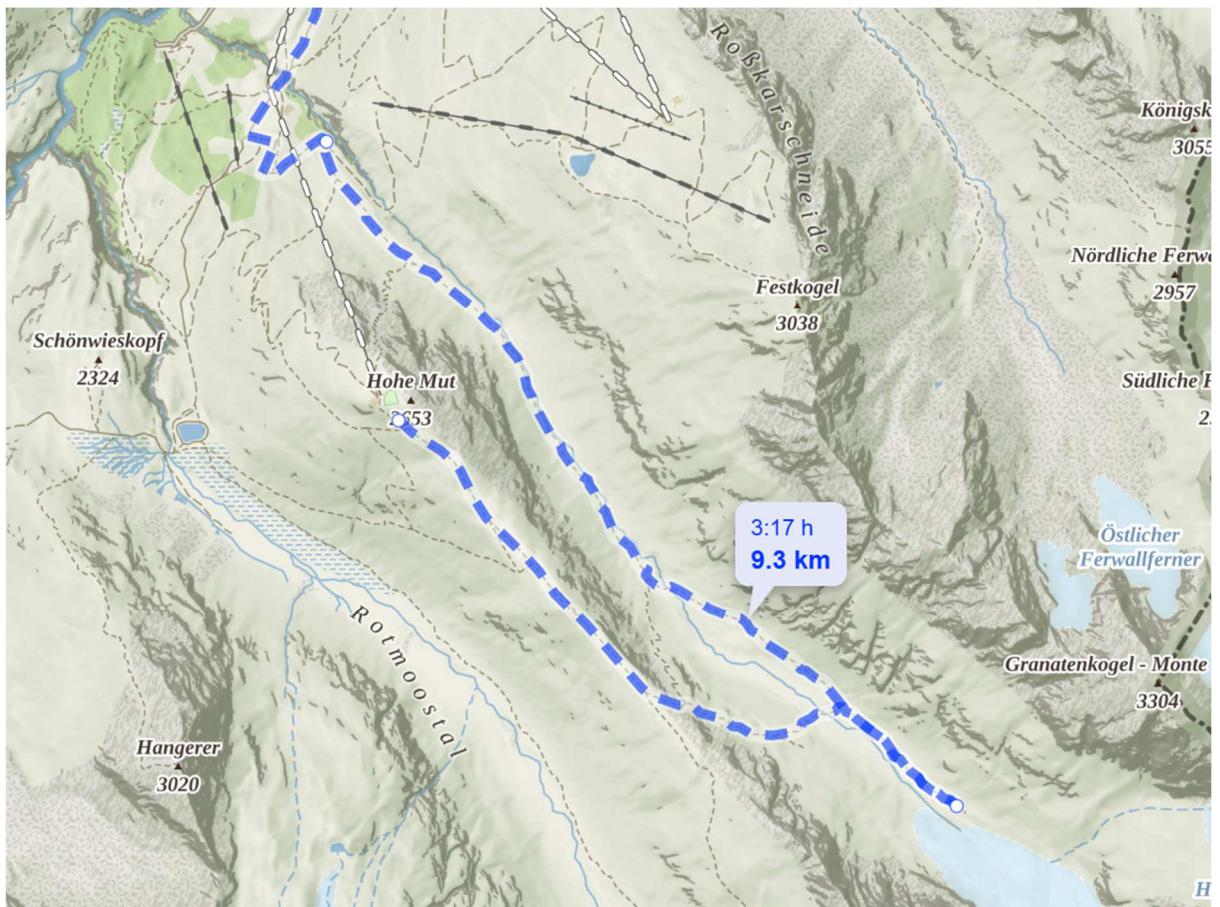


Abbildung 1: Wanderung am 4. Tag

Geographie und Geologie

Der vierte Exkursionstag begann auf der Hohen Mut, auf 2653 Metern Höhe (alpine Stufe). Die Hohe Mut befindet sich südlich von Obergurgl und ist Teil der Ötztaler Alpen. Blickt man von der Hohen Mut in Richtung Mutsattel, so 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 Hohen Mut aus sind 21 Dreitausender und mehrere Gletscher sichtbar, unter anderem der Königskogel, der Granatenkogel, der Hochfirst, der Kirchenkogel, die Seelenkögel und der Hangerer. Geologisch betrachtet befindet sich die Hohe Mut zwischen dem Ötzal-Stubai-Kristallin und dem Schneeberg-Komplex. Das Ötzal-Stubai-Kristallin besteht aus metamorphem Gestein, das während seiner Entstehung drei Metamorphosephasen und mehrere Deformationsphasen durchlaufen hat. Hauptsächlich lassen sich Paragneise und Glimmerschiefer feststellen. Der südlich angrenzende Schneeberg-Komplex ist hingegen aus grobkörnigem Glimmerschiefer mit eingeschlossenen Granaten, Hornblende, Amphibolit und Marmor zusammengesetzt (Krainer 2010). Auf der Hohen Mut selbst überwiegen

Paragneise und Glimmerschiefer, die einen sauren Untergrund bilden und somit für eine eher artenarme Flora verantwortlich sind.

Literatur:

Krainer, K. (2010): Kapitel 2: Geologie und Geomorphologie von Obergurgl und Umgebung - Publikationen Alpine Forschungsstelle Obergurgl - 1: 31-52.

Standorte, Ökologie und Vegetation



Abbildung 2: Besprechungsrunde auf der Hohen Mut mit Blick ins Gaisbergtal (links) und das Rotmoostal (rechts).
Bildquelle: David Wilke

Standort 1 - Gipfel/ Sattel Hohe Mut

Der Gipfel der Hohen Mut wird beweidet. Dies lässt sich an den Beweidungszeigern *Deschampsia cespitosa* und *Nardus stricta* ablesen. Die dominierende Vegetation bildet der Krummseggen-Rasen (*Caricetum curvulae*), der in verschiedenen Ausprägungen zu finden ist. Eine Besonderheit der Pflanzengesellschaft ist der große Anteil an Flechten. Ein Feuchtigkeitsgradient von trockenen und eher windexponierten Stellen bis hin zu feuchteren Senken mit längerer Schneebedeckung ist deutlich erkennbar. Typische Arten des Krummseggen-Rasens sind beispielsweise die Charakterarten *Carex curvula* subsp. *curvula* und *Veronica bellidioides* sowie Begleitarten wie *Agrostis rupestris* oder *Avenula versicolor*. Dichte Bestände von *Carex curvula*

gehen auf klonale Vermehrung zurück. Die Keimungsraten der Krumm-Segge sind sehr gering – insofern spielt sexuelle Vermehrung eine untergeordnete Rolle.

Exponierte Windkanten weisen eher trockene Verhältnisse auf und werden beispielsweise durch *Oreochloa disticha* und *Kalmia procumbens* charakterisiert. Für feuchtere Bereiche sind hingegen Arten wie *Mutellina adonidifolia* und *Primula glutinosa* charakteristisch. Als Schneetälchen bezeichnet man Bereiche, die nicht länger als drei Monate im Jahr schneefrei sind. Arten, welche unter diesen Bedingungen wachsen können, sind beispielsweise *Gnaphalium supinum*, *Sibbaldia procumbens* und *Salix herbacea*. Kryptogamen wie das Moos *Polytrichum sexangulare* und die Flechte *Solorina crocea* können auch unter diesen Bedingungen gedeihen.

Auf der Hohen Mut hörten wir die Referate von Mareike zur touristischen Erschließung und Entwicklung des Tourismus in Obergurgl, von David G. zu Klima und Mikroklima in der subalpinen, alpinen und nivalen Stufe und von Sabine zur Geologie des inneren Ötztales inkl. Einfluss auf das Vorkommen von Pflanzenarten.

Tabelle 1: Artenliste: Beweideter, steindurchsetzter Rasen am Gipfelbereich der Hohen Mut; größtenteils sauer, stellenweise Deposition von Kalk; Höhe: ca. 2600 m

Art	Familie
<i>Agrostis alpina</i>	Poaceae
<i>Agrostis rupestris</i>	Poaceae
<i>Alchemilla fissa</i> agg.	Rosaceae
<i>Alectoria ochroleuca</i>	Parmeliaceae
<i>Antennaria carpatica</i>	Asteraceae
<i>Antennaria dioica</i>	Asteraceae
<i>Anthoxanthum alpinum</i>	Poaceae
<i>Avenula versicolor</i>	Poaceae
<i>Carex capillaris</i>	Cyperaceae
<i>Carex curvula</i> subsp. <i>curvula</i>	Cyperaceae
<i>Cetraria islandica</i>	Parmeliaceae
<i>Diphasiastrum alpinum</i>	Lycopodiaceae
<i>Empetrum hermaphroditum</i>	Ericaceae
<i>Euphrasia minima</i>	Orobanchaceae
<i>Festuca halleri</i>	Poaceae
<i>Flavocetraria cucullata</i>	Parmeliaceae

<i>Flavocetraria nivalis</i>	Parmeliaceae
<i>Geum montanum</i>	Rosaceae
<i>Gnaphalium supinum</i>	Asteraceae
<i>Homogyne alpina</i>	Asteraceae
<i>Huperzia selago</i>	Lycopodiaceae
<i>Kalmia procumbens</i>	Ericaceae
<i>Carex myosuroides</i>	Cyperaceae
<i>Leucanthemopsis alpina</i>	Asteraceae
<i>Luzula spicata</i>	Juncaceae
<i>Minuartia sedoides</i>	Caryophyllaceae
<i>Nardus stricta</i>	Poaceae
<i>Oreochloa disticha</i>	Poaceae
<i>Pedicularis kernerii</i>	Orobanchaceae
<i>Persicaria vivipara</i>	Polygonaceae
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	Campanulaceae
<i>Poa alpina</i>	Poaceae
<i>Potentilla aurea</i>	Rosaceae
<i>Primula glutinosa</i>	Primulaceae
<i>Primula hirsuta</i>	Primulaceae
<i>Pulsatilla vernalis</i>	Ranunculaceae
<i>Racomitrium</i> sp.	Grimmiaceae
<i>Rhizocarpum geographicum</i>	Rhizocarpaceae
<i>Salix herbacea</i>	Salicaceae
<i>Saxifraga bryoides</i>	Saxifragaceae
<i>Scorzoneroides helvetica</i>	Asteraceae
<i>Sedum alpestre</i>	Crassulaceae
<i>Sempervivum montanum</i>	Crassulaceae
<i>Senecio carniolicus</i> s. str.	Asteraceae
<i>Sibbaldia procumbens</i>	Rosaceae
<i>Silene acaulis</i>	Caryophyllaceae
<i>Thamnolia vermicularis</i>	Icmadophilaceae
<i>Umbilicaria cylindrica</i>	Umbilicariaceae

<i>Vaccinium gaultherioides</i>	Ericaceae
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	Ericaceae
<i>Veronica alpina</i>	Plantaginaceae
<i>Veronica bellidiodoides</i>	Plantaginaceae
Fläche mit Weideausschluss	
<i>Gentiana punctata</i>	Gentianaceae

Standort 2 - Seitenmoräne am NE-exponierten Hang des Gaisbergtals



Abbildung 3: Abstieg in das Gaisbergtal. Links unten im Bild befindet sich die Seitenmoräne des Gaisbergferrers - unser nächster Standort. Foto: David Wilke.

Der Abstieg erfolgte vom Nordosthang des Mutsattels in das Gaisbergtal. Das Gestein hier ist wesentlich heterogener als der einheitliche Untergrund der Hohen Mut. Schiefer, Kalke und Marmore bilden als basische Gesteine gemeinsam mit den silikatischen Gesteinen ein intermediäres Substrat, das die gute Bodenbildung der Silikate und den Basenreichtum der Kalke vereint und so ein Mosaik an unterschiedlichen Pflanzengesellschaften erzeugt. Am Hang und auf der Seitenmoräne des Gaisbergferrers finden sich typische Arten von Schuttgesellschaften wie *Androsace alpina*, *Oxyria digyna*, *Artemisia mutellina* oder *Geum reptans*. Der Einfluss der basischen Gesteine des Schneeberg-Massivs wird hier durch kalkliebende Arten wie *Ranunculus montanus* s. str., *Arabis caerulea* oder *Linaria alpina* deutlich. Sie teilen sich den Standort mit Arten des Gletschervorfelds. Elias und Tom hielten ihre Referate zu den alpinen Rasen über Intermediärgesteinen und den Pflanzengesellschaften der Windkanten.

Tabelle 2: Artenliste Seitenmoräne am nordostexponierten Hang vom Gaisbergtal; Intermediärgestein (Schiefer, Marmore, Hornblende...); verschiedene Standorte; Höhe: ca. 2500 m.

Art	Familie
Rasen, teilweise steindurchsetzt:	
<i>Arenaria ciliata</i> s. str.	Caryophyllaceae
<i>Astragalus alpinus</i>	Fabaceae
<i>Carex myosuroides</i>	Cyperaceae
<i>Carex parviflora</i>	Cyperaceae
<i>Erigeron neglectus</i>	Asteraceae
<i>Festuca nigricans</i>	Poaceae
<i>Gagea serotina</i>	Liliaceae
<i>Oxytropis lapponica</i>	Fabaceae
<i>Potentilla crantzii</i>	Rosaceae
<i>Ranunculus montanus</i> s. str.	Ranunculaceae
<i>Trisetum spicatum</i>	Poaceae
Grobschutt:	
<i>Achillea moschata</i>	Asteraceae
<i>Androsace alpina</i>	Primulaceae
<i>Arabis alpina</i>	Brassicaceae
<i>Cerastium uniflorum</i>	Caryophyllaceae
<i>Doronicum clusii</i>	Asteraceae
<i>Linaria alpina</i>	Plantaginaceae
<i>Minuartia gerardii</i>	Caryophyllaceae
<i>Oxyria digyna</i>	Polygonaceae
<i>Psilathera ovata</i>	Poaceae
Basenreiche Feinschuttfuren:	
<i>Hornungia alpina</i>	Brassicaceae
<i>Veronica aphylla</i>	Plantaginaceae
Schneeböden:	
<i>Arabis caerulea</i>	Brassicaceae
<i>Gentiana brachyphylla</i>	Gentianaceae

<i>Gnaphalium hoppeanum</i>	Asteraceae
<i>Saxifraga androsacea</i>	Saxifragaceae
<i>Saxifraga seguieri</i>	Saxifragaceae
<i>Soldanella pusilla</i>	Primulaceae
Felsen:	
<i>Saxifraga exarata</i>	Saxifragaceae
Quellfluren:	
<i>Gentiana bavarica</i>	Gentianaceae

Standort 3 – Talboden Gaisbergtal; verschiedene Lebensräume



Abbildung 4: Gletscherzunge und Gletschertor des Gaisbergferners. Bildquelle: David Wilke.

Im Talboden angekommen, setzten wir unsere Exkursion in Richtung Gaisbergferner fort und nahmen eine kleine Quellflur unter die Lupe. Währenddessen bot sich uns noch ein nicht-botanisches Highlight – ein Bartgeier (*Gypaetus barbatus*) flog zunächst an uns vorbei und setzte sich dann auch noch in Sichtweite in eine Felswand. Zur Freude von einigen der Teilnehmer*innen gelangten wir anschließend sogar bis zur Gletscherzunge und zum Gletschertor des Gaisbergferners. Im Gletschervorfeld fanden wir *Oxytropis halleri* s. str.,

Artemisia genipi, *Artemisia mutellina* und *Cerastium arvense*. Nach einer Pause machten wir uns auf den Rückweg Richtung Talausgang, wo nur mehr kurze Stopps auf dem Programm waren.

Tabelle 3: Artenliste Talboden Gaisbergtal; verschiedene Lebensräume; Höhe: ca. 2450 m.

Art	Familie
Rasen, teilweise steindurchsetzt:	
<i>Coeloglossum viride</i>	Orchidaceae
<i>Comastoma tenellum</i>	Gentianaceae
<i>Oxytropis halleri</i> s. str.	Fabaceae
<i>Trifolium pratense</i> subsp. <i>nivale</i>	Fabaceae
Schutt:	
<i>Artemisia genipi</i>	Asteraceae
<i>Artemisia mutellina</i>	Asteraceae
<i>Cerastium arvense</i> s. lat.	Caryophyllaceae
<i>Cerastium pedunculatum</i>	Caryophyllaceae
<i>Cerastium uniflorum</i>	Caryophyllaceae
<i>Salix helvetica</i>	Salicaceae
<i>Trifolium pallescens</i>	Fabaceae
Quellfluren:	
<i>Bartramia</i> sp.	Bartramiaceae
<i>Bryum</i> sp.	Bryaceae
<i>Carex bicolor</i>	Cyperaceae
<i>Carex frigida</i>	Cyperaceae
<i>Cerastium fontanum</i> s. str.	Caryophyllaceae
<i>Epilobium anagallidifolium</i>	Onagraceae
<i>Juncus triglumis</i>	Juncaceae

Standort 4 – Rasen, Quellfluren und Niedermoorflächen am Talausgang



Abbildung 5: Mosaik aus Quellfluren und Niedermooren am Talausgang. Bildquelle: David Wilke.

In der Nähe des Talausgangs finden sich frische und nährstoffreichere Hänge sowie Quellfluren, die zum Ausgang des Tals hin ein Mosaik mit Niedermooren bilden. Wir besprachen die ökologischen Unterschiede zwischen der allgegenwärtigen *Carex sempervirens* und der ähnlichen *Carex ferruginea*, die erstere v. a. auf nordexponierten und etwas feuchteren Hängen ersetzt und schauen uns noch ein paar neue Arten an.

Tabelle 4: Artenliste Richtung Talausgang; Rasen, Quellfluren, Bereiche mit teilweise sehr basisch verwitterndem Gestein; Höhe: 2350 m.

Art	Familie
Trockenere Rasen:	
<i>Astragalus alpinus</i>	Fabaceae
<i>Astragalus australis</i>	Fabaceae
<i>Equisetum variegatum</i>	Equisetaceae
<i>Festuca nigricans</i>	Poaceae
<i>Festuca pumila</i>	Poaceae
<i>Oxytropis halleri</i>	Fabaceae
<i>Parnassia palustris</i>	Celastraceae
<i>Pinguicula alpina</i>	Lentibulariaceae

<i>Salix serpillifolia</i>	Salicaceae
Nährstoffreiche, feuchte Rasen, Rinnen und Bachböschung; Höhe: 2300 m	
<i>Agrostis agrostiflora</i>	Poaceae
<i>Carex ferruginea</i>	Cyperaceae
<i>Carex frigida</i>	Cyperaceae
<i>Crepis aurea</i>	Asteraceae
<i>Deschampsia cespitosa</i>	Poaceae
<i>Festuca nigricans</i>	Poaceae
<i>Hedysarum hedysaroides</i>	Fabaceae
<i>Juncus jacquinii</i>	Juncaceae
<i>Persicaria vivipara</i>	Polygonaceae
Quellflur im Bereich der Bachalluvion; Höhe: 2250 m	
<i>Tofieldia pusilla</i>	Tofieldiaceae
saures Niedermoor; Höhe: 2270 m	
<i>Carex echinata</i>	Cyperaceae
<i>Carex nigra</i>	Cyperaceae
<i>Eriophorum angustifolium</i>	Cyperaceae

Tag 5 - Aufstieg von Obergurgl zur Beilsteinruine (12.07.2025)

Am letzten Tag der Exkursion unternahmen wir eine halbtägige Wanderung vom Universitätszentrum aus in südwestlicher Richtung weiter in das Gurgler Tal hinein.

Der erste Halt erfolgte an einer beweideten Wiese, die durch Blockfelder geprägt war. Der Untergrund bestand aus saurem Gneis. Die Fläche zeichnete sich durch eine mosaikartige Landschaftsstruktur aus, die auf die abwechslungsreiche Vegetation und die geomorphologische Heterogenität des Standorts zurückzuführen ist. Ein Vertreter am ersten Standort war *Poa variegata*, eine Art, die typischerweise auf trocken-warmen Standorten anzutreffen ist. Neben typischen Kräutern und Gräsern waren auch Straucharten wie *Sambucus racemosa* vertreten.

Tabelle 1: Artenliste Beweidete Wiese, geprägt durch Blockfelder

Art	Familie
<i>Achillea millefolium</i> agg.	Asteraceae
<i>Agrostis capillaris</i>	Poaceae
<i>Anthoxanthum alpinum</i>	Poaceae
<i>Atocion rupestre</i>	Caryophyllaceae
<i>Briza media</i>	Poaceae
<i>Calluna vulgaris</i>	Ericaceae
<i>Campanula barbata</i>	Campanulaceae
<i>Campanula scheuchzeri</i>	Campanulaceae
<i>Carduus defloratus</i> s. lat.	Asteraceae
<i>Carex sempervirens</i>	Cyperaceae
<i>Carlina acaulis</i>	Asteraceae
<i>Cerastium arvense</i>	Caryophyllaceae
<i>Chaerophyllum villarsii</i>	Apiaceae
<i>Clematis alpina</i>	Ranunculaceae
<i>Cryptogramma crispa</i>	Pteridaceae
<i>Dryopteris filix-mas</i>	Dryopteridaceae
<i>Euphrasia officinalis</i> subsp. <i>rostkoviana</i>	Orobanchaceae
<i>Festuca nigrescens</i>	Poaceae
<i>Galium anisophyllum</i>	Rubiaceae
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	Woodsiaaceae
<i>Hedwigia ciliata</i>	Hedwigiaceae
<i>Hieracium intybaceum</i>	Asteraceae
<i>Juncus filiformis</i>	Juncaceae
<i>Juncus trifidus</i>	Juncaceae
<i>Juniperus communis</i> subsp. <i>nana</i>	Cupressaceae
<i>Koeleria hirsuta</i>	Poaceae
<i>Laserpitium halleri</i>	Apiaceae
<i>Linum catharticum</i>	Linaceae
<i>Lonicera caerulea</i>	Caprifoliaceae
<i>Luzula campestris</i> agg.	Juncaceae
<i>Luzula luzuloides</i>	Juncaceae
<i>Nardus stricta</i>	Poaceae
<i>Nigritella rhellicani</i>	Orchidaceae
<i>Pedicularis tuberosa</i>	Orobanchaceae
<i>Phegopteris connectilis</i>	Thelypteridaceae

<i>Phleum rhaeticum</i>	Poaceae
<i>Phyteuma betonicifolium</i>	Campanulaceae
<i>Pilosella lactucella</i>	Asteraceae
<i>Pilosella officinarum</i>	Asteraceae
<i>Plantago strictissima</i>	Plantaginaceae
<i>Poa nemoralis</i>	Poaceae
<i>Poa variegata</i>	Poaceae
<i>Polystichum lonchitis</i>	Dryopteridaceae
<i>Potentilla erecta</i>	Rosaceae
<i>Potentilla grandiflora</i>	Rosaceae
<i>Primula hirsuta</i>	Primulaceae
<i>Prunella vulgaris</i>	Lamiaceae
<i>Pulsatilla alpina</i> subsp. <i>apiifolia</i>	Ranunculaceae
<i>Ranunculus acris</i>	Ranunculaceae
<i>Rhinanthus glacialis</i>	Orobanchaceae
<i>Rubus idaeus</i>	Rosaceae
<i>Salix myrsinifolia</i>	Salicaceae
<i>Sambucus racemosa</i>	Adoxaceae
<i>Scabiosa lucida</i>	Caprifoliaceae
<i>Sempervivum arachnoideum</i>	Crassulaceae
<i>Sempervivum montanum</i>	Crassulaceae
<i>Silene nutans</i>	Caryophyllaceae
<i>Silene vulgaris</i>	Caryophyllaceae
<i>Solidago virgaurea</i>	Asteraceae
<i>Thesium alpinum</i>	Santalaceae
<i>Thymus praecox</i>	Lamiaceae
<i>Veronica fruticans</i>	Plantaginaceae



Abbildung 1: Links oben thermophiler Hang mit Felswandstandort mit rechts *Asplenium septentrionale*, links unten Vortrag von Rebekka Loheide und rechts *Koeleria hirsuta* (Fotos: Jens Bokelaar).

Der nächste Halt war an einem thermophilen, trockenen Felsstandort. Dort trug Rebekka Loheide einen Vortrag über die subalpinen Wiesen und Weiden vor. Typisch für diese extremen Bedingungen ist das Vorkommen von *Juniperus sabina* und *Koeleria hirsuta*. Diese Arten sind gut an nährstoffarme, trockene und sonnige Hänge angepasst. Ihr Auftreten bestätigt die standörtlichen Gegebenheiten und weist auf eine trockene und warme Vegetationsgesellschaft hin.

Tabelle 2: Artenliste Beweidete Wiese, geprägt durch Blockfelder

Art	Familie
<i>Agrostis agrostiflora</i>	Poaceae
<i>Allium victorialis</i>	Amaryllidaceae
<i>Asplenium septentrionale</i>	Aspleniaceae
<i>Cotoneaster integerrimus</i>	Rosaceae
<i>Danthonia decumbens</i>	Poaceae
<i>Epilobium collinum</i>	Onagraceae
<i>Equisetum sylvaticum</i>	Equisetaceae
<i>Erigeron alpinus</i>	Asteraceae
<i>Gentianella anisodonta</i>	Gentianaceae
<i>Juniperus sabina</i>	Cupressaceae
<i>Pilosella hoppeanum</i>	Asteraceae
<i>Poa molinerii</i>	Poaceae
<i>Poa nemoralis</i>	Poaceae
<i>Populus tremula</i>	Salicaceae
<i>Sagina procumbens</i>	Caryophyllaceae
<i>Saxifraga aspera</i>	Saxifragaceae
<i>Sedum annuum</i>	Crassulaceae
<i>Trifolium alpinum</i>	Fabaceae

Der nächste Standort war ein Flachmoor, das sich durch dauerhaft hohen Grundwasserstand und organogene Bodenverhältnisse auszeichnet. Die Vegetation war geprägt von typischen Moorarten. Besonders auffällig war *Eriophorum vaginatum*, ein charakteristischer Vertreter nährstoffarmer, saurer Moorböden.

In diesem Moor zeigte sich deutlich, dass die Artenzusammensetzung weitgehend konstant ist. Zwar gelten Moore als artenarme Lebensräume, doch viele der dort vorkommenden Arten sind stark an diese speziellen Standortbedingungen angepasst und kommen ausschließlich in Mooren vor. Daher sind Moore trotz ihrer geringen Artenzahl von großer Bedeutung für den Erhalt der Gesamtbiodiversität.

Am Rand sowie auf etwas höher gelegenen Bereichen des Moores traten Zwerstrauchheiden auf. Passend dazu hielt Sonja Haag ihren Vortrag über Zwerstrauchheiden an der Waldgrenze und in der unteren alpinen Stufe über Silikatstandorten.



Abbildung 2: Links oben typische Blätter von *Viola palustris*, links unten *Eriophorum vaginatum* und rechts Sonja Haag bei ihrem Vortrag (Fotos: Jens Bokelaar).

Tabelle 3: Artenliste Flachmoor

Art	Familie
<i>Bartsia alpina</i>	Orobanchaceae
<i>Carex nigra</i>	Cyperaceae
<i>Carex paupercula</i>	Cyperaceae
<i>Carex rostrata</i>	Cyperaceae
<i>Eriophorum angustifolium</i>	Cyperaceae
<i>Eriophorum vaginatum</i>	Cyperaceae
<i>Luzula sudetica</i>	Juncaceae
<i>Sphagnum</i> sp.	Sphagnaceae
<i>Trichophorum cespitosum</i>	Cyperaceae
<i>Viola palustris</i>	Violaceae
<i>Willemetia stipitata</i>	Asteraceae



Abbildung 3: Aussicht vom Beilstein mit links unten Marlene Volz bei dem Vortrag und rechts unten Lukas Hartlmayr (Fotos: Jens Bokelaar).

Am letzten Standort besuchten wir den historischen Beilstein, von dem aus ein guter Blick auf die südlich gelegenen Blockgletscher möglich war. Marlene Volz erläuterte in ihrem Vortrag die Entstehung und Bedeutung dieser periglazialen Formen und wies auf ihre klimatische und geomorphologische Relevanz hin. Anschließend sprach Lukas Hartlmayr über die menschliche Besiedelung des Ötztals in den letzten Jahrtausenden und stellte deren Entwicklung im Kontext von Klima und Landschaft dar.