

Lehrveranstaltung 717.057 „Exkursion: Vegetation des Hochgebirges

Leitung: Univ.-Prof. Dr. Brigitta Erschbamer



TeilnehmerInnen:

Ramskogler Katharina
Bertol Nils
Gräupner Lukas
Groiß Matthias
Hartmann Julia
Heidenwolf Petra
Held Magdalena
Rossetti Christine

Ruele Angelika
Schäfermolte Tanja
Schipflinger Mirjam
Schraffl Jakob
Trenkwalde Iris
Trippel Daniela
Witty Rosa

Gäste:

Tello Elena
Prader Karl
Nicklas Lena
Falch Moritz

Inhalt

1. EINLEITUNG	1
1.1. Obergurgl.....	1
1.2. Geologie.....	1
1.3. Klima	2
1.4. Forschung	2
2. EXKURSIONSBERICHTE	3
2.1. Montag 03.07.2017: Obergurgler Zirbenwald.....	3
2.1.1. Exkursionsroute.....	3
2.1.2. Subalpiner Wald	4
2.1.3. Obergurgler Zirbenwald	4
2.1.4. Zwergsträucher	5
2.1.5. Bodenprofil.....	5
2.1.6. Habitat: Lärchen – Zirben - Wald	6
2.1.7. Ehemalige Waldweidegebiete.....	7
2.1.8. Sonderstandort Fels im Zirbenwald und Vegetationsaufnahme	7
2.1.9. Sonderstandort Zirbenwaldmoor.....	7
2.1.10. Feuchte Weideflächen.....	8
2.2. Dienstag 04.04.2017: Hohe Mut und Gaisbergtal.....	10
2.2.1. Hohe Mut	11
2.2.2. Gaisbergtal	15
2.3. Mittwoch, 05.07.2017:	22
2.4. Donnerstag, 06.07.2017: Soomseen und subnivale Stufe	32
2.5. Freitag 7.7.2017: Rotmoostal – Besiedelung der Moränen (Primärsukzession) und Rotmoosmoor	39
3. VERTIEFUNGSGEBIETE	46
3.1. Allgemeine Informationen	46
3.1.1. Die Böden im Hochgebirge (subalpine, alpine, nivale Stufe)	46
3.1.1.1. Einleitung.....	46
3.1.1.2. Allgemeines zu Böden im Hochgebirge.....	46
a) Charakteristik der Bodenbildung im Hochgebirge	46
i) Schnelle physikalische Verwitterungsprozesse	46
ii) Langsame biologisch-chemische Verwitterung.....	46
iii) Regelmäßige Erosion und Sedimentation	46
iv) Kleinräumige Variation an Bodentypen und Einflussfaktoren	46
b) Einflussfaktoren und ihre Bedeutung für die Bodenbildung im Hochgebirge	47

i) Temperatur.....	47
ii) Niederschlag	47
iii) Wind	48
iv) Geländere relief und Hangneigung.....	48
v) Schneedecke und -höhe	48
3.1.1.3. Bodentypen im Hochgebirge.....	49
i) Rohböden am Beispiel von Polygonböden in Obergurgl.....	50
i) A-C-Böden auf Karbonatgestein	51
ii) A-C-Böden auf Silikatgestein	51
c) A-B-C-Böden	51
i) Braunerde.....	52
ii) Eisen-Humuspodsol.....	52
3.1.1.4. Bodenentwicklung am Beispiel des Rotmoostales.....	53
3.1.2. Besonderheiten des Mikroklimas in der subalpinen, alpinen und nivalen Stufe.....	55
3.1.3. Wuchformen und Strategietypen der subalpinen und alpinen Stufe	56
3.1.3.1. Strategietypen	56
3.1.3.1. Wuchformen	57
Horstbildende Pflanzen	57
Polsterbildende Pflanzen.....	58
Rosettenpflanzen	59
3.1.4. Vegetationsgeschichte von Obergurgl bzw. des inneren Ötztals	59
3.1.4.1. Pollenanalytische Rekonstruktion der Vegetationsgeschichte	59
3.1.4.2. Vegetationsgeschichte Nordtirols	60
3.1.4.3. Rotmoos (2260 m NN).....	61
3.1.4.4. Moor bei der Schönwieshütte (2260 m NN)	61
3.1.4.5. Moor bei der Gurgler Alm (2240 m NN).....	62
3.2. Waldgrenze.....	66
3.2.1. Die Waldgrenze im Bereich der Zentralalpen	66
3.2.2. Zwergstrauchheiden an der Waldgrenze und in der unteren alpinen Stufe in den Silikatalpen	69
3.3. subalpine Stufe	71
3.3.1. subalpine Waldgesellschaften (vor allem Lärchen-Zirbenwald)	71
3.3.2. subalpine Wiesen und Weiden (Borstgrasrasen, Goldhaferwiesen, Milchkrutweiden)	72
3.3.2.1. Borstgrasrasen:.....	72
3.3.2.2. Goldhaferwiesen:	73
3.3.2.3. Milchkrutweiden	73
3.4. Sonderstandorte.....	74

3.4.1. Moore der subalpinen und alpinen Stufe (Niedermoore, Hochmoore)	74
3.4.1.1. Moorbildung.....	74
3.4.1.2. Klassifikation von Mooren.....	74
3.4.1.3. Vegetation der Moore.....	75
3.4.1.4. Moore in Obbergurgl.....	76
3.4.2. Quellfluren in der subalpinen und alpinen Stufe	79
3.5. alpine Stufe.....	81
3.5.1. Das Caricetum curvulae / Krummseggenrasen	81
3.5.2. Elynetum (= Nackriedrasen).....	82
3.5.3. Schneeböden im Silikat (= Salicetea herbaceae).....	83
2.6. nivale Stufe	86
2.6.1. Arten mit nivaler Verbreitung und ihre Ökologie.....	86
4. ANHANG	88
5. LITERATUR	94

1. EINLEITUNG

(verfasst von: Christine Rossetti, Rosa Witty)

1.1. Obergurgl

Das Gebiet um Obergurgl liegt im Bereich der Ostalpen, innerhalb des Alpenhauptkammes. Der Höhengradient reicht von 1800 m über Seehöhe (NN; Untergurgl) bis auf 3482 m NN (Hochwilde). Somit kann man die Höhenstufen montan bis nival in dieser Region finden. Die Höhenstufen (Tab. 1) sind wie folgt gegliedert und charakterisiert:

Tab. 1: Höhenstufen.

Höhenstufe	Höhe [m NN]	Charakteristische Arten
montan		<i>Picea abies</i>
subalpin	ab 1900	<i>Pinus cembra</i> , <i>Larix decidua</i>
	ab 2100	<i>Rhododendron ferrugineum</i> (auch Wiesenarten)
	2300	höchste <i>Pinus cembra</i> Bestände / einzelne Bäume
alpin	ab 2500	alpine Rasen, oft <i>Carex curvula</i>
nival	ab 3000	<i>Ranunculus glacialis</i> , <i>Saxifraga oppositifolia</i>

Der Ort Obergurgl wurde erstmals um ca. 1250 erwähnt ("Gurgl") und liegt in einer touristisch stark genutzten Region. Der Wintersport und der Tourismus haben in Obergurgl eine lange Geschichte. Seit ca. 1850 ist Obergurgl eine touristisch genutzte Region in den Alpen. 1911 wurde der Skiclub von Obergurgl gegründet, welcher seitdem den Wintersport in der Region weiter vorantreibt. Große Bekanntheit erlangte die Region nachdem Auguste Piccard 1931 mit seinem Heißluftballon auf dem Gurgler Ferner notlanden musste. Die Bewohner Obergurgls eilten zu Hilfe und gelangten so zu unerwarteter Bekanntheit.

Doch das Ötztal wird schon viel länger vom Menschen genutzt und bewohnt. Mittels archäologischer Ausgrabungen am Beilstein konnte festgestellt werden, dass der Mensch schon vor 9500 Jahren vor heute (BP = Before Present) dort siedelte. Es wurde ein paläolithischer Rastplatz ausgegraben. Bis in die Neuzeit wurde an dieser Stelle immer wieder eine Heuhütte errichtet. Außerdem wurden Pollen von Weidezeigern im Moor bei der Gurgler Alm (2250 m NN) gefunden. Somit konnte eine Weidenutzung seit 6360 BP festgestellt werden. Der berühmteste Fund ist Ötzi. Er wurde 5300 BP ermordet und 1991 am Tisenjoch gefunden. Mittels Steinwällen als Viehpferche (aus der Bronzezeit) und Holzkohle (bis zu 3400 BP) in Brandhorizonten konnte eine Langzeitnutzung des Gebietes nachgewiesen werden. Auch Bewässerungsanlagen (meist aus dem Mittelalter) deuten auf eine lange Geschichte der Nutzung der Obergurgler Region hin (3400 BP). Interessanterweise wird vermutet, dass die Bewässerungsanlagen nicht nur oder auch gar nicht der Bewässerung wegen gebaut wurden, sondern zum Eintragen von Nährstoffen auf die mageren Almwiesen.

Des Weiteren spielt die Transhumanz im Ötztal eine große Rolle: von Südtirol aus werden jedes Jahr um die 3000 Schafe ins Ötztal zur Beweidung getrieben.

1.2. Geologie

Das Gestein ist geprägt durch Gneis und Amphibolite. Daher ist der pH-Wert des Bodens sauer bis leicht basisch. Des Weiteren ist der Talgrund durch den Schneeberg Zug geprägt - dieser besteht aus Marmor, Glimmerschiefer, Schiefer mit Granat und Hornblende (KRAINER 2010).

1.3. Klima

Das Klima in Obergurgl (1938 m NN) ist durch einen durchschnittlichen Jahresniederschlag von etwa 848 mm und eine Jahresmitteltemperatur von 2,8 °C geprägt. Der durchschnittliche Niederschlag am Alpenrand ist höher als jener in den Zentralalpen; z.B. Walli hat 300 Sonnentage (BIRKHAUER 1980). Betrachtet man das Klima der letzten Jahrzehnte, so sieht man deutlich, dass bis in die 1970er Jahre die Jahresmitteltemperatur negativ abweicht. Anschließend sind positive Abweichungen von der Durchschnittstemperatur zu erkennen, diese lassen sich durch die Erderwärmung erklären. In Obergurgl konnte beispielsweise eine Zunahme von 1 °C seit den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts festgestellt werden. Anderswo in den Alpen waren sogar Temperaturanstiege um bis zu 2 °C feststellbar.

1.4. Forschung

Die Umgebung von Obergurgl liegt heute im Ruhegebiet für Wildtiere und im Naturpark Ötztal (seit 2005). Das Ruhegebiet für Wildtiere erstreckt sich vom Stubai bis ins Ötztal. Zusätzlich ist die gegenüberliegende Talseite gemeinsam mit dem Gebiet um Vent und den Gletschern ein Natura 2000 Schutzgebiet. Ursprünglich sollte der "Gurgler Kamm" UNESCO Biosphären Reservat werden - dies wurde auch genehmigt. Das Biosphärenreservat wurde nicht umgesetzt und so wurde der Status 2015 aberkannt.

Das Gebiet um Obergurgl ist geprägt durch eine große Artenvielfalt:

- 580 Gefäßpflanzenarten
- 532 Flechten
- 300 Moose
- 823 Algen
- 222 Pilze (bisher wurde nur das Gletschervorfeld untersucht)

Diese Artenvielfalt und die verschiedenen Höhenstufen haben Forscher dazu angeregt verschiedenste Langzeitstudien um Obergurgl und die Alpine Forschungsstelle herum durchzuführen. Diese Projekte laufen zumeist unter dem Großprojekt "Long Term Ecological Research (LTER)". Seit 1938 wird die Fließgeschwindigkeit des Blockgletschers Äußeres Hochebenkar dokumentiert. 1951 wurde dann die Alpine Forschungsstelle Obergurgl (AFO) gegründet und mit dem Aufzeichnen meteorologischer Daten erhoben - im Zuge der Gründung der Alpinen Forschungsstelle Obergurgl (AFO). Der Gletscher bei Vent begonnen. Der Gletscher bei Vent wird seit 1953 beobachtet. Walter Moser untersuchte ab den 1960er Jahren bis 1979 die Ökologie der nivalen Stufe. Des Weiteren konnte er 1973 das Man and Biosphere (MaB) - Projekt Obergurgl ins Leben rufen. Gernot Patzelt arbeitete nach dieser Zeit zum Thema Glaziologie und Kulturgeographie. Das Gletschervorfeld des Rotmoosferners wird seit 1995/1996 sehr untersucht (botanisch, wie auch zoologisch). Mittels zoologischer Untersuchungen konnte beispielsweise festgestellt werden, dass die Moränen zuerst von Prädatoren besiedelt werden.

Experimente in den Gletschervorfeldern haben des Weiteren gezeigt, dass Trockenheit und Samenverfügbarkeit limitierend sind für die Ansiedelung von Pionierpflanzen. *Saxifraga aizoides* ist beispielsweise ein wichtiger Pionier, vor allem auf den jungen Stadien der Moränen. Die Sterblichkeitsrate von *Saxifraga aizoides* ist durch die schwierigen Verhältnisse jedoch sehr hoch. Außerdem wurde ein massiver Rückgang der Pionierarten auf der 1971er Moräne über die Jahre (1996-2016) festgestellt (bis zu -77 %). Dabei stieg der Anteil von Flechten deutlich (+ 27 %).

Weitere Untersuchungen in Bezug auf Klimaerwärmung und (zukünftiger) Zusammensetzung der Arten werden aktuell durchgeführt.

2. EXKURSIONSBERICHTE

2.1. Montag 03.07.2017: Obergurgler Zirbenwald

(verfasst von: Christine Rossetti, Rosa Witty)

2.1.1. Exkursionsroute

Die Exkursion startete beim Universitätszentrum Obergurgl und führte uns zuerst entlang einer Straße durch Weideflächen und einem Schilft dem Obergurgler Zirbenwald entgegen. Zu Beginn des Waldes legten wir den ersten Stopp ein und widmeten uns den verschiedenen Zwergsträuchern. Auf dem Weg Richtung Zirbenwaldmoor konnten wir ein Bodenprofil des Waldes begutachten. Danach ging es weiter und wir befassten uns mit dem Zirbenwald und den ehemaligen Waldweidegebieten. Etwas weiter trafen wir auf einen Sonderstandort auf Fels. In unmittelbarer Nähe führten wir hier eine Vegetationsaufnahme durch. Danach ging es weiter zum Sonderstandort Zirbenwaldmoor, weiter über den Weg entlang Richtung Tal wo wir den letzten Stopp in einer feuchten Weidefläche einlegten. Anschließend folgten wir dem Weg bergab und erreichten die Straße beim Schilft, die uns wieder zurück zum Universitätszentrum führte (Abb. 1).

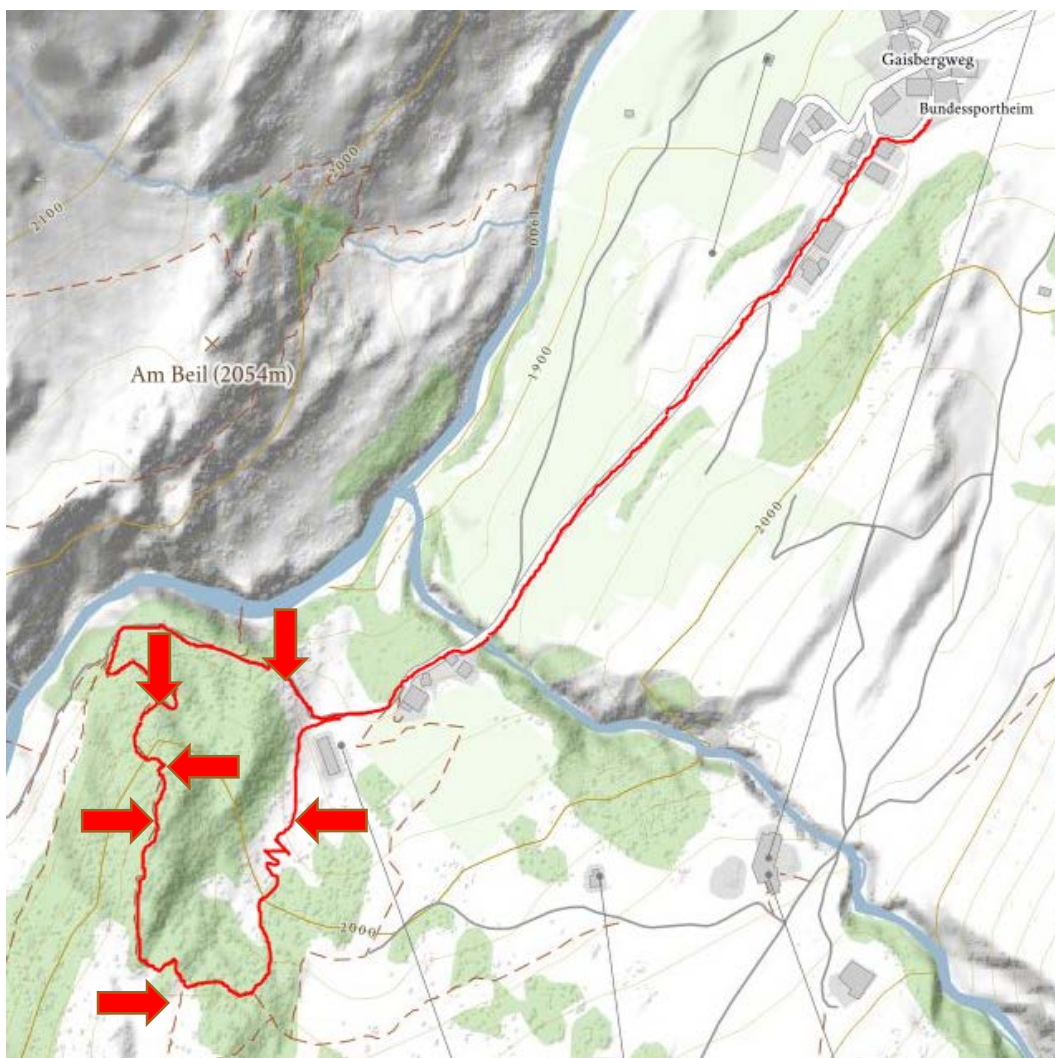


Abb. 1: Exkursionsroute mit den einzelnen Stopps zur Artenbestimmung entgegen dem Uhrzeigersinn (<https://www.tirol.at/karte#ident=addressbase857>; 25.07.2017).

2.1.2. Subalpiner Wald

In der subalpinen Höhenstufe, in der sich das Gebiet von Obergurgl befindet, wäre ein Lärchen – Zirben – Wald (*Larici – Pinetum cembrae*) bei nicht anthropogenem Einfluss zu erwarten. Dieser Wald stellt auch das Klimaxstadium dieser Höhenstufe dar. Jedoch nimmt der Lärchenbestand solcher Wälder mit dem Alter ab, da die Lärche (*Larix decidua*) ein Pionierbaum ist und durch die Zirbe (*Pinus cembra*) verdrängt wird. Die potentielle Waldgrenze im Bereich Obergurgl wird bei ca. 2300 m NN erreicht. Die höchsten Standorte der Zirbe (*Pinus cembra*) im Ötztal sind am Schönwieskopf auf ca. 2300 m NN zu finden. Die Zirbe (*Pinus cembra*) ist leicht von anderen *Pinus*-Arten zu unterscheiden, da sie 5 Nadeln am Kurztrieb hat. Ihre Zapfen stehen aufrecht, um das Sammeln von Nüssen ihres Verbreitungspartners, des Tannenhähers (*Nucifraga caryocatactes*), zu erleichtern. Der Vogel sammelt bis zu 20 Nüsse in seinem Kropf und versteckt diese als Vorrat für den Winter. Er hat die Präferenz dies hangaufwärts des Sammelortes zu tun, was eine Verbreitung der Zirbe nach oben hin zur Folge hat, diese aber talabwärts begrenzt. Der Tannenhäher hat eine Wiederfundrate seiner Verstecke von > 80%. Dennoch erleichtert dieses Zusammenspiel mit dem Vogel der Zirbe den Zugang zu humusreichen Flächen und guten Substraten für ihre Nachkommen.

2.1.3. Obergurgler Zirbenwald

Der Obergurgler Zirbenwald (Abb. 2) ist eine Rarität in Tirol, da es nur wenige zusammenhängende Zirbenwälder in den Ostalpen gibt. Er umfasst eine Fläche von ca. 20 ha, erstreckt sich von 1950 m bis 2100 m NN und gliedert sich in aufgelockerte und zusammenhängende Waldflächen (MAYER & ERSCHBAMER 2012). Der vorherrschende Zirbenbestand erreicht ein Alter zwischen 300- 350 Jahren. Dies scheint nicht gerade viel zu sein, wenn man bedenkt, dass ein Individuum einer Zirbe (*Pinus cembra*) potentiell 1000 Jahre erreichen kann. Im Nationalpark Hohe Tauern in Salzburg wurde ein Exemplar mit 450 Jahren nachgewiesen (450 Zirbenjahre in STURM & DRANG 2017).

Die Fläche des Obergurgler Zirbenwald in Kombination mit dem Alter des Bestandes ist auch der Grund, weshalb der Obergurgler Zirbenwald seit 1963 als Naturdenkmal ausgewiesen ist (Obergurgler Zirbenwald 2017).

Der Bestand des Zirbenwaldes ist hauptsächlich einschichtig und unregelmäßig, an vereinzelt Stellen bildet sich derzeit ein Jungwuchs aus. Die mittlere Altersstufe der Bäume fehlt zum Teil komplett. Hauptursache dafür ist ein Waldbrand 1880. Zusätzlich wurde das Gebiet für die Waldweide verwendet, die die Bestände der jungen Zirben und Lärchen zusätzlich dezimierte. Deshalb wurde 1930 ein Weideverbot für den Obergurgler Zirbenwald ausgesprochen (MAYER & ERSCHBAMER 2012).



Abb. 2: Blick auf den Obergurgler Zirbenwald auf der orographisch rechten Talseite und den Ramolkögeln (rechts der Bildmitte) von Obergurgl commend (Foto: Christine Rossetti).

2.1.4. Zwergsträucher

Der erste Stopp befasst sich mit dem Schwerpunkt Zwergsträucher. Im potentiellen Waldgebiet von Obergurgl bilden diese Zwergstrauchheiden so lange die Ersatzgesellschaft, bis sich der Wald diese Gebiete wieder zurückerobert hat. Die vorgefundenen Arten sind in Tab. 2 aufgelistet. Die vorhandenen Ericaceen stimmen mit den vorherrschenden Bedingungen des Bodenuntergrundes (vorwiegend Silikat) überein und sind ausgesprochene Säurezeiger. Weiters verfügen Ericaceen über sehr ausgeprägte Endomykorrhiza (vesikulär - arbuskuläre Mykorrhiza) als Symbiosepartner.

Tab. 2: Artenliste im Obergurgler Zirbenwald.

Art	Familie	Trivialname
<i>Avenella flexuosa</i>	Poaceae	Draht-Schmiele
<i>Calluna vulgaris</i>	Ericaceae	Besenheide
<i>Empetrum hermaphroditum</i>	Ericaceae	Krähenbeere
<i>Juniperus communis subsp. nana</i>	Cupressaceae	Alpen-Wacholder
<i>Luzula luzuloides</i>	Juncaceae	Weißliche Hainsimse
<i>Melampyrum pratense</i>	Orobanchaceae	Wiesen-Wachtelweizen
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	Ericaceae	Rostblättrige Alpenrose
<i>Vaccinium gaultherioides</i>	Ericaceae	Rauschbeere
<i>Vaccinium myrtillus</i>	Ericaceae	Heidelbeere (Blaubeere)
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	Ericaceae	Preiselbeere

2.1.5. Bodenprofil

Einen kleinen Zwischenstopp legten wir bei einem schon freigelegten Bodenprofil des Waldbodens ein. Dieses zeigte eine deutliche Schichtabfolge des Podsoles. Ein Podsol entsteht meist auf silikatreichem Ausgangsgestein gepaart mit schwer zersetzbarer Bodenstreu und verhältnismäßig hohem Niederschlag und erreicht einen sehr geringen pH-Wert. Durch den hohen Niederschlag findet eine vertikale Verlagerung von Sesquioxiden und Huminstoffen statt. Durch diesen Prozess entsteht ein Auswaschungshorizont, der weißlich erscheint (Abb. 3).



Abb. 1: Bodenprofil des Obergurgler Zirbenwaldes (Foto: Christine Rossetti).

2.1.6. Habitat: Lärchen – Zirben - Wald

Die dominierende Baumart ist in diesem Habitat die Zirbe (*Pinus cembra*). Die wenigen anderen Gehölzarten (Tab. 3) waren meistens im Unterwuchs des Waldes vertreten. Ebenfalls haben wir ein paar krautige Pflanzen gefunden, die typisch für lichten Waldunterwuchs sind. Auch Moose und Flechten wurden in die Artenliste mitaufgenommen.

Tab.3: Artenliste des Lärchen-Zirben-Waldes.

Art	Familie	Trivialname
<i>Alnus alnobetula</i>	Betulaceae	Grün-Erle
<i>Larix decidua</i>	Pinaceae	Lärche
<i>Lonicera caerulea</i>	Caprifoliaceae	Blaue Heckenkirsche
<i>Pinus cembra</i>	Pinaceae	Zirbe
<i>Sorbus aucuparia</i>	Rosaceae	Eberesche (Vogelbeere)
<i>Pedicularis tuberosa</i>	Orobanchaceae	Knolliges Läusekraut
<i>Potentilla erecta</i>	Rosaceae	Blutwurz
<i>Homogyne alpina</i>	Asteraceae	Alpen-Brandlattich
<i>Hylocomium splendens</i>	Hylocomiaceae	Etagenmoos
<i>Pleurozium schreberi</i>	Hylocomiaceae	Rotstängelmoos
<i>Polytrichum</i> sp.	Polytrichaceae	Haarmützenmoos
<i>Cetraria islandica</i>	Parmeliaceae	Isländisch Moos
<i>Cladonia rangiferina</i>	Cladoniaceae	Rentierflechte
<i>Cladonia</i> sp.	Cladoniaceae	
<i>Letharia vulpina</i>	Parmeliaceae	Wolfsflechte
<i>Usnea</i> sp.	Parmeliaceae	Bartflechte

Einer gesonderten Erwähnung bedarf es der Wolfsflechte (*Letharia vulpina*; Abb. 4), die nur auf der Lärche (*Larix decidua*) oder der Zirbe (*Pinus cembra*) wächst. Sie ist giftig und wurde früher angeblich zum Vergiften von Wolfs- und Fuchsködern verwendet.



Abb. 4: Wolfsflechte (*Letharia vulpina*) auf altem Zirbenast (Foto: Christine Rossetti).

2.1.7. Ehemalige Waldweidegebiete

Die Flächen des Obergurgler Zirbenwaldes, die früher als Waldweide genutzt wurden, zeigen heute noch bestimmte Weidezeiger auf (Tab. 4). Bedenkt man die Tatsache, dass die Waldweide seit 1930 verboten ist, erkennt man, dass es in der subalpinen Höhenstufe sehr lange dauert, dass sich Habitats von Veränderungen erholen verglichen zum Tal.

Tab.4: Artenliste des ehemaligen Waldweidegebietes.

Art	Familie	Trivialname
<i>Calamagrostis villosa</i>	Poaceae	Wolliges Reitgras
<i>Nardus stricta</i>	Poaceae	Borstgras
<i>Scorzoneroides helvetica</i>	Asteraceae	Schweizer-Schuppenleuzenzahn

2.1.8. Sonderstandort Fels im Zirbenwald und Vegetationsaufnahme

Nicht weit nach den ehemaligen Waldweidegebieten gibt es auf der orographisch rechten Seite des Weges einen großen Schieferfindling mitten im Zirbenwald. Der Baumbestand ist hier eher licht. Daher stellt dieser Standort etwas Besonderes dar, da er trockenadaptierte Pionierpflanzen (Tab. 5) aufweist und sein eigenes Mikroklima besitzt.

Tab.5: Artenliste des Sonderstandortes Fels.

Art	Familie	Trivialname
<i>Atocion rupestre</i>	Caryophyllaceae	Felsen-Leimkraut
<i>Sempervivum montanum</i>	Crassulaceae	Berg-Hauswurz
<i>Rhizocarpon geographicum</i>	Rhizocarpaceae	Landkartenflechte

In unmittelbarer Nähe dieses Sonderstandortes führten wir eine Vegetationsaufnahme durch. Wir erhielten eine geordnete Tabelle mit den vorherrschenden Arten *Vaccinium gaultherioides*, *Vaccinium myrtillus*, *Avenella flexuosa* und *Vaccinium vitis-idaea* (Anhang Tab. I).

2.1.9. Sonderstandort Zirbenwaldmoor

Der vorletzte Stopp ist das Zirbenwaldmoor (Abb. 5). Dies ist vor ca. 8000 Jahren durch den glazialen Rückgang entstanden. Toteis hat sich gebildet und ist mit der Zeit abgeschmolzen. Das so entstandene Wasser gepaart mit dem Niederschlag haben die wasserundurchlässigen Mulden gefüllt. Es hat sich zunächst ein See ausgebildet, der mit fortlaufendem Alter immer mehr verlandet ist.



Abb. 5: Zirbenwaldmoor mit Blick auf den Hangerer (Foto: Christine Rossetti).

Interessant ist, dass das Zirbenwaldmoor Arten von Hoch- und Niedermooren beheimatet (Tab. 6).

Tab. 6: Artenliste des Zirbenwaldmoors.

Art	Familie	Trivialname
<i>Carex echinata</i>	Cyperaceae	Igel-Segge
<i>Carex nigra</i>	Cyperaceae	Braun-Segge
<i>Carex pauciflora</i>	Cyperaceae	Armbütige Segge
<i>Carex paupercula</i>	Cyperaceae	Riesel-Segge
<i>Carex rostrata</i>	Cyperaceae	Schnabel-Segge
<i>Eriophorum angustifolium</i>	Cyperaceae	Schmalblättriges-Wollgras
<i>Eriophorum vaginatum</i>	Cyperaceae	Scheiden-Wollgras
<i>Juncus filiformis</i>	Juncaceae	Faden-Binse
<i>Poa glauca</i>	Poaceae	Blaues Rispengras
<i>Trichophorum cespitosum</i>	Cyperaceae	Rasenbinse
<i>Viola palustris</i>	Violaceae	Sumpf-Veilchen
<i>Drepanocladus sp.</i>	Amblystegiaceae	
<i>Sphagnum sp.</i>	Sphagnaceae	Toorfmoos

2.1.10. Feuchte Weideflächen

Den letzten Stopp legten wir auf einer feuchten Weidefläche entlang des Wanderweges ein. Die dort vorgefundenen Arten (Tab. 7) haben sich zumeist auf saure, feuchte und nährstoffarme Standorte spezialisiert.

Tab. 7: Artenliste der feuchten Weidefläche.

Art	Familie	Trivialname
<i>Arnica montana</i>	Asteraceae	Echte Arnika
<i>Bartsia alpina</i>	Orobanchaceae	Alpenhelm
<i>Gentiana punctata</i>	Gentianaceae	Tüpfel-Enzian
<i>Mutellina adonidifolia</i>	Apiaceae	Alpen-Mutterwurz
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	Campanulaceae	Halbkugelige Teufelskralle
<i>Pinguicula leptoceras</i>	Lentibulariaceae	Dünnsporn-Fettkraut
<i>Pseudorchis albida</i>	Orchidaceae	Weißer Höswurz
<i>Pyrola minor</i>	Monotropoideae	Kleines Wintergrün
<i>Willemetia stipitata</i>	Asteraceae	Gestielter Kronlattich

Besonders hervorgehoben sollte das Dünnsporn-Fettkraut (*Pinguicula leptoceras*) werden (Abb. 6). Dies ist eine fleischfressende Art, die gelblichgrüne, flache elliptische Blätter in Rosetten ausbildet. An der Blattoberfläche gibt sie ein für Insekten klebriges Fangsekret ab. Dort wo die Pflanze schon Insekten verdaut hat, kann man eine kleine Vertiefung in den Blättern feststellen.



Abb. 6: Detailaufnahme des Blütenstandes vom Dünnsporn-Fettkraut (*Pinguicula leptoceras*;
Foto: Christine Rossetti).

2.2. Dienstag 04.04.2017: Hohe Mut und Gaisbergtal

(verfasst von: Iris Trenkwalder, Julia Hartmann & Petra Heidenwolf)

Am zweiten Tag (04.07.2017) führte die Exkursion ausgehend von der Bergstation Hohe Mut (2670 m NN), über den Sattel der Hohen Mut Richtung Forscherhütte und endete mit dem Abstieg ins Gaisbergtal (ca. 2300 m NN; Abb. 7).

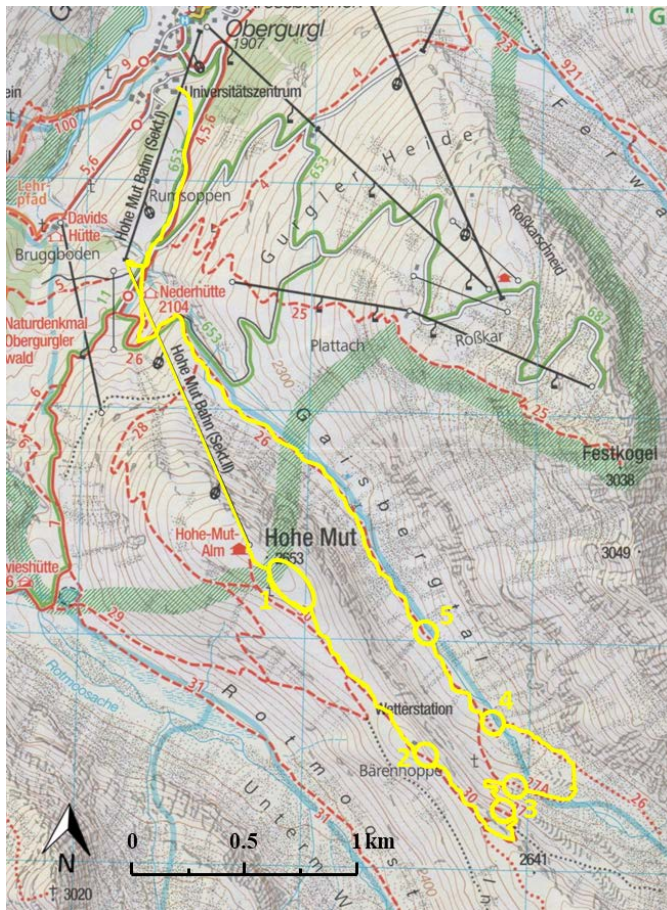


Abb. 7: Route (gelbe Line) des zweiten Exkursionstages. Die gelben Kreise kennzeichnen die Standorte, an denen die Vegetation aufgenommen wurde: 1: Hohe Mut Rücken: Weiderasen, Krummseggenrasen, Schneeboden; 2: Vegetationsaufnahmen nahe der Forscherhütte; 3: Hohe Mut Flanke: Schutt- und Felsvegetation auf Silikat, Glimmerschiefer, Gneis und Quarz; 4: 1923er Moräne: mittleres Sukzessionsstadium des Gletschervorfeldes; 5: 1858er Moräne: spätes Sukzessionsstadium des Gletschervorfeldes. (Karte: modifiziert nach Kompass-Karten-GmbH 2002)

Am Sattel der Hohen Mut können die benachbarten Täler, Rotmoostal und Gaisbergtal, sowie ein Großteil des inneren Ötztals sehr gut betrachtet werden (Abb. 8). Auffällig sind diverse Felsformationen und Moränenhügel am Talboden, die auf eine eiszeitliche Vergletscherung des Gebietes verweisen. Auch die abgerundete Form der Hohen Mut entstand aus einer früheren Vergletscherung. Das Ötztal sowie seine Seitentäler sind klassische von den Gletschern geformte Trogtäler (KRAINER 2010). Deren Talflanken sind deutlich durch Gletscherabschliffe und Schuttflächen, unter denen sich Blockgletscher befinden, gekennzeichnet. Als Blockgletscher werden lappen- bis zungenförmige Körper aus gefrorenem Lockermaterial (Hangschutt, Moräne), Eislinsen oder Körper bezeichnet, die sich deutlich von ihrer Umgebung abheben und sich langsam hangabwärts bewegen (KRAINER 2010). Ein weiteres Charakteristikum gletschergeprägter Gebiete sind Karbildungen. Es handelt sich hierbei um übertiefte, durch Glazialerosion entstandene Mulden, in denen sich Seen

(Karseen) bilden können (KRAINER 2010). Während der Eiszeit waren vermutlich nur die höchsten Gipfel der Öztaler Alpen eisfrei. Weltweit werden diese isolierten, eisfreien Bergspitzen als Nunatakker bezeichnet.



Abb. 8: Hohe Mut und angrenzende Täler. In der linken Bildhälfte ist das Gaisbergtal mit dem Gaisbergferner deutlich zu erkennen. Mittig der Hohe Mut Sattel, der im Süden in den Kirchenkogel übergeht. In der rechten Bildhälfte befindet sich das Rotmoostal mit den Moränenwällen am Talboden und der Talschluss wird von Resten des Rotmoosferners gebildet. Die Bergspitzen im Süden bilden die Grenze zu Südtirol: Rotmooskogel, Scheiberkogel, Trinkerkogel, Heufler Kogel, Liebener Spitze (nicht sichtbar hinter dem Kirchenkogel), Seeber Spitze und Hochfirst (von rechts nach links; Foto: Iris Trenkwalder).

Durch den Rückzug der Gletscher konnte in den Gletschervorfeldern sehr gut die Primärsukzession dokumentiert werden. Am Gletschervorfeld des Rotmoostals kann in eingezäunten bzw. markierten Versuchsflächen die Vegetationsentwicklung bestens erforscht werden.

Ein wichtiger Faktor der sich auf die Vegetationszusammensetzung auswirkt, ist der geologische Untergrund. Das Ötztal gehört zur geologischen Einheit des „Ötztal-Stubai-Komplexes“, deren südlichen Anteile durch die geologische Einheit des „Schneeberger Zuges“ bzw. „Schneeberg Komplexes“ bestimmt werden (KRAINER 2010). Der „Ötztal-Stubai-Komplex“ setzt sich aus Altkristallin (Paragneise und Glimmerschiefer) zusammen; der „Schneeberg Komplex“ wird durch tonige und kalkige Sedimente geprägt und südlich durch mächtige Marmorzüge der Laaser Serie begrenzt (KRAINER 2010). Im Gaisberg- und Rotmoostal finden sich vor allem Granatglimmerschiefer und Hornblendeschiefer, sowie Amphibolite und Marmore.

Auf Grund dieser komplexen geologischen Zusammensetzung können Pflanzenarten gemeinsam auftreten, die normalerweise strikt getrennt voneinander vorkommen. Folglich können an einem Standort Silikat- und Kalkpflanzen wachsen.

2.2.1. Hohe Mut

Am Sattel der Hohen Mut konnte sowohl der alpine Rasen, der teilweise durch seine Nutzung als Schafweide anthropogen beeinflusst war, als auch die Schneebodenvegetation genauer betrachtet werden. Nahe der Forscherhütte wurden zudem vier Vegetationsaufnahmen getätigt (siehe Anhang Tab. II).

Der Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*) wäre charakteristisch für die alpine Stufe auf Silikat. Auf Grund des hohen Nährstoffeintrages nahe der Bergstation ist allerdings ein Weiderasen (*Nardo-Curvuletum*) vorhanden (Tab. 8). Es dominiert *Poa alpina* und als klassische Weidezeiger sind *Deschampsia cespitosa* und *Nardus stricta* zu nennen (Abb. 9).



Abb. 9: Hohe Mut Rücken: Weiderasen. *Poa alpina* und die Weidezeiger *Deschampsia cespitosa* und *Nardus stricta* (von links nach rechts; Fotos: Iris Trenkwalder).

Tab.8: Hohe Mut Rücken: Weiderasen.

Art	Familie	Merkmal
<i>Mutellina adonidifolia</i>	Apiaceae	Fein gefiederte Blätter
<i>Taraxacum sect. alpina</i>	Asteraceae	Milchsaft
<i>Scorzoneroides helvetica</i>	Asteraceae	Viel kleiner als im Tal
<i>Leucanthemopsis alpina</i>	Asteraceae	Alpenmargerite
<i>Gnaphalium supinum</i>	Asteraceae	Kleine grasgrüne stark behaarte Rosetten, unauffällig weiß blühend
<i>Cardamine resedifolia</i>	Brassicaceae	4 zählige weiße Blüten, tief eingeschnittene Blätter
<i>Cerastium cerastoides</i>	Caryophyllaceae	Weißblühend, 3 Narben, unbehaarte Blätter, Ausläufer bildend
<i>Arenaria biflora</i>	Caryophyllaceae	Kriechender Wuchs, kleine weiße Blüten
<i>Silene acaulis ssp. exscapa</i>	Caryophyllaceae	Ungestielte Blüten
<i>Sedum alpestre</i>	Crassulaceae	Grasgrüne fleischige Blätter
<i>Gentiana brachyphylla</i>	Gentianaceae	Dachziegelartige gestapelte gleichlange Rosettenblätter
<i>Luzula alpinopilosa</i>	Juncaceae	Blaugrün, schwache Bewimperung, typ. Für Gletschervorland
<i>Veronica alpina</i>	Plantaginaceae	Blaublühend
<i>Poa alpina</i>	Poaceae	Breite Blätter mit Skispur, keine Grannen, oft blaugrün
<i>Deschampsia cespitosa</i>	Poaceae	Oberseite der Blätter mit Wiederhacken, bildet große Horste
<i>Nardus stricta</i>	Poaceae	Derbe Rollblätter
<i>Anthoxanthum alpinum</i>	Poaceae	Ährchen mit abgespreizten Spelzen, lange Grannen
<i>Potentilla aurea</i>	Rosaceae	5zählige kräftig gelbe Blüte mit intensivem (gelb-orangem) Fleck, Blätter mit silbrigem Überzug
<i>Geum montanum</i>	Rosaceae	An den Boden gedrückte Rosette mit vergrößerten Endblättchen, oberirdische Ausläufer, gelb blühend
<i>Sibbaldia procumbens</i>	Rosaceae	dreiteilige Blätter, gelb-grünliche Blüte

Auf der nächsten Anhöhe liegt ein Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*) vor (Tab. 9). Dieser verläuft großflächig über den gesamten Rücken der Hohen Mut. Der Boden ist hier meist flachgründiger und mit vielen Wurzeln durchwachsen, was wiederum das Aufkommen anderer Arten hemmt. Auf diesem Standort konnten vermehrt Flechten dokumentiert werden (Abb. 10).



Abb. 10: Hohe Mut Rücken: Krummseggenrasen. Die Charakterart des *Caricetum curvulae* *Carex curvula* (links), sowie die Flechten *Flavocetraria cucullata* (Mitte oben), *Cetraria islandica* (Mitte unten) und *Stereocaulon alpinum* (rechts; Fotos: Iris Trenkwalder).

Tab. 9: Hohe Mut Rücken: Krummseggenrasen.

Art	Familie	Merkmal
<i>Homogyne alpina</i>	Asteraceae	Nierenförmige dunkelgrüne Blätter
<i>Antennaria carpatica</i>	Asteraceae	Braune Hüllblätter
<i>Myosotis alpestris</i>	Boraginaceae	Alpen-Vergissmeinnicht
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	Campanulaceae	Grasartige Blätter
<i>Minuartia sedoides</i>	Caryophyllaceae	Polsterbildend, gelbe Blüten
<i>Carex curvula</i>	Cyperaceae	Absterbende Blattspitzen die sich einrollen, mächtige braune Blattscheiden, bandförmiger Querschnitt
<i>Kobresia myosuroides</i>	Cyperaceae	Hohe stark glänzende Blattscheide, Rollblätter
<i>Loiseleuria procumbens</i>	Ericaceae	Ledrige Blätter, 2 Rillen an der Blattunterseite
<i>Vaccinium gaultherioides</i>	Ericaceae	Brauner Stängel
<i>Hedysarum hedysaroides</i>	Fabaceae	Violett
<i>Thamnolia vermicularis</i>	Icmadophilaceae	Flechte
<i>Luzula lutea</i>	Juncaceae	Leuchtend gelb
<i>Lloydia serotina</i>	Liliaceae	Weißer Blüten, grasartig Blätter
<i>Pedicularis kernerii</i>	Orobanchaceae	Große rosa Blüten, Unterlippe sehr groß, Sporn
<i>Flavocetraria nivalis</i>	Parmeliaceae	Flechte, Gelbe Basis,

<i>Flavocetraria cucullata</i>	Parmeliaceae	Flechte, Rote Basis
<i>Cetraria islandica</i>	Parmeliaceae	Flechte
<i>Alectoria ochroleuca</i>	Parmeliaceae	Flechte, Netzartig
<i>Veronica bellidioides</i>	Plantaginaceae	Deutliche Rosette deren Blätter nach unten größer werden, 1 oder 2 Stängelblätter
<i>Oreochloa disticha</i>	Poaceae	Zweizeilige Ährchen, Blattscheide graubraun, runder Querschnitt bei Grundblättern
<i>Festuca halleri</i>	Poaceae	Ährchen dunkelviolett, meist einseitwendig
<i>Avenula versicolor</i>	Poaceae	3 Grannen, gescheckte Ährchen
<i>Phleum commutatum</i>	Poaceae	büschelig wachsend
<i>Persicaria vivipara</i>	Polygonaceae	Umgerollter Blattrand
<i>Androsace obtusifolia</i>	Primulaceae	Weiß 5zählige Blüten
<i>Euphrasia minima</i>	Orobanchaceae	Gelb oder weiß blühend, meist 1 Blüte
<i>Soldanella pusilla</i>	Primulaceae	kleine hellgrüne nierenförmige Blättchen, ausgefrante helllila Blüte
<i>Primula glutinosa</i>	Primulaceae	Glänzende Rosettenblätter
<i>Potentilla frigida</i>	Rosaceae	Dreizählige behaarte Blätter, hellgelbe Blüten ohne Flecken
<i>Salix herbacea</i>	Salicaceae	kriechend, kleine vom Boden abstehende Stämmchen
<i>Saxifraga bryoides</i>	Saxifragaceae	Weißblühend mit orangen Punkten
<i>Stereocaulon alpinum</i>	Stereocaulaceae	Flechte, Korallenartiger Habitus

Am Rücken der Hohen Mut befindet sich eine größere Senke, die meist bis in die Sommermonate hinein mit Schnee bedeckt ist (Schneeboden). Am Tag der Exkursion war kein Schnee mehr vorzufinden. Allerdings kann auf Grund der Vegetationszusammensetzung die lange Schneebedeckung nachgewiesen werden (Tab. 10).

Speziell angepasste Pflanzenarten, wie z.B. *Soldanella pusilla*, durchwachsen die Schneedecke und entfalten ihre Blüten oberhalb der Schneebedeckung. Bei drei Monaten Schneefreiheit breitet sich vor allem *Salix herbacea* und *Sibbaldia procumbens* aus. Ist der Boden nur ein Monat schneefrei, dann bilden sich größer Bestände von *Polytrichum norvegicum* aus. Bei ständiger Schneebedeckung können sich nur Lebermoose (*Anthelia juratzkana*) behaupten (Abb. 11).

Tab. 10: Hohe Mut Rücken: Schneeboden.

Art	Familie	Merkmal
<i>Anthelia juratzkana</i>	Antheliaceae	Lebermoos, Grauer Überzug
<i>Mutellina adonidifolia</i>	Apiaceae	Fein gefiederte Blätter
<i>Gnaphalium supinum</i>	Asteraceae	Kleine grasgrüne stark behaarte Rosetten, unauffällig weiß blühend
<i>Cardamine alpina</i>	Brassicaceae	Ganzrandige Blätter, sehr kleinwüchsig
<i>Sedum alpestre</i>	Crassulaceae	Grasgrüne fleischige Blätter
<i>Dibaeis baeomyces</i>	Icmadophilaceae	Weiß-rosa Erdflechte
<i>Soldanella pusilla</i>	Pirmulaceae	kleine hellgrüne nierenförmige Blättchen, ausgefrante helllila Blüte
<i>Veronica alpina</i>	Plantaginaceae	Blaublühend, behaart
<i>Nardus stricta</i>	Poaceae	Derbe Rollblätter
<i>Agrostis rupestris</i>	Poaceae	Kleine Horste

<i>Polytrichum norvegicum</i>	Polytrichaceae	Moos, Typ. Für Schneeboden
<i>Primula glutinosa</i>	Primulaceae	klebrig
<i>Sibbaldia procumbens</i>	Rosaceae	dreiteilige Blätter, gelb-grünliche Blüte



Abb. 11: Hohe Mut Rücken: Schneeboden. Links eine Übersicht des Schneebodens (etwa 80 x 50 cm) mit Horsten von *Nardus stricta*, umgeben von *Polytrichum norvegicum* (dunkelgrün) und einigen Angiospermen, wie *Soldanella pusilla* (Mitte) und *Salix herbacea* (rechts oben). *Anthelia juratzkana* (rechts unten) ist eine Lebermoosart, die auf Standorten mit beinahe immerwährender Schneebedeckung überleben kann (Fotos: Iris Trenkwalder).

An einigen Stellen des alpinen Rasens wurden Bereiche von der Beweidung ausgeschlossen. Hier zeigten sich nach 14 Jahren ohne Beweidung ein Rückgang der Schneebodenarten (wie z.B. *Gnaphalium supinum* und *Mutellina adonidifolia*) und eine deutliche Zunahme der Gräser. Außerdem sind starke Fluktuationen in der Vegetation zu beobachten. Diese Effekte sind bei der kleineren eingezäunten Fläche deutlicher zu beobachten.

Nahe der Forscherhütte wurde ein weiterer Stopp bei Vera Margreiter durchgeführt. Vera Margreiter ist Doktorandin bei Univ.-Prof. Dr. Brigitta Erschbamer und stellte uns ihr Experiment bezüglich Keimung und Etablierung bestimmter Pflanzenarten vor:

Samen von 9 Arten wurden entlang eines Höhen transekts (2000, 2300, 2600 und 2900 m NN) in 2 cm tief in den Erdboden reichenden Ringen mit unterschiedlichen Ausgangsbedingungen (natürlicher oder künstlicher Boden, starke Konkurrenz oder nicht usw.) gesetzt. Es wird nun die Keimung bzw. Etablierung beobachtet. Die Aussaat erfolgte im Herbst 2016 und seit Mai 2017 treten erste Keimlinge auf. Eine zusätzliche Bewässerung erfolgt nicht. Ziel der Arbeit ist es, den Effekt des Klimawandels im Alpenraum und dessen Auswirkung auf die Vegetation zu dokumentieren.

2.2.2. Gaisbergtal

Der Gaisbergferner ist ein Talgletscher, dessen Nährgebiet sich am Gaisbergjoch auf 3237 m NN befindet. Die Aufnahmen von 1956 und 2017 zeigen einen deutlichen Rückzug des Gletschers (Abb. 12). Anhand der Endmoränen lassen sich die ehemaligen Gletscherstände sehr präzise dokumentieren. Dieser überaus schnelle Rückgang der Gletscher in den letzten Jahren, welcher sich im gesamten Alpenraum nachverfolgen lässt, ist durch die globale Erwärmung verursacht.



Abb.12: Gaisbergferner. Gletscherstand 1956 und 2017 (Foto 2017: Petra Heidenwolf; Foto 1956: https://de.wikipedia.org/wiki/Gaisbergferner#/media/File:Gaisbergferner_1956.jpg).

Während des Abstiegs ins Gaisbergtal wurde speziell auf die Schutt- und Felsvegetation eingegangen (Abb. 13, Tab. 11).



Abb. 13: Hohe Mut Flanke: Schutt- und Felsvegetation auf Silikat. *Arenaria biflora* und *Gentiana brachyphylla* (von links nach rechts, Fotos: Iris Trenkwalder).

Tab.11: Hohe Mut Flanke: Schutt-und Felsvegetation auf Silikat.

Art	Familie	Merkmal
<i>Arenaria biflora</i>	Caryophyllaceae	Kriechender Wuchs, kleine weiße Blüten
<i>Gentiana brachyphylla</i>	Gentianaceae	Dachziegelartige gestapelte gleichlange Rosettenblätter
<i>Huperzia selago</i>	Lycopodiaceae	Bärlapp
<i>Poa alpina</i>	Poaceae	Breite Blätter mit Skispur, keine Grannen, oft blaugrün

Schuttflächen, die vor allem aus Gneis und Quarz mit vereinzelt Glimmerschieferblättchen bestehen, ermöglichen das Vorkommen eines Pflanzenbestandes, der sich von anderen Standorten unterscheidet (Abb. 14, Tab. 12).



Abb. 14: Hohe Mut Flanke: Schutt-und Felsvegetation auf Gneis und Quarz. Oben: *Minuartia sedoides*, *Geum reptans* und *Hornungia alpina* ssp. *brevicaulis*. Unten: *Oxyria digyna*, *Saxifraga oppositifolia* und *Androsace alpina* (von links nach rechts; Fotos: Iris Trenkwalder).

Tab. 12: Hohe Mut Flanke: Schutt-und Felsvegetation auf Gneis und Quarz.

Art	Familie	Merkmal
<i>Leucanthemopsis alpina</i>	Asteraceae	Alpenmargerite
<i>Erigeron uniflorus</i>	Asteraceae	zungenförmige Grundblätter, behaart, bewimpert
<i>Arabis alpina</i>	Brassicaceae	weiße Blüte, verzweigter Stängel, Grundblätter sind rosettenförmig angeordnet
<i>Hornungia alpina</i> ssp. <i>brevicaulis</i>	Brassicaceae	bevorzugt Silikat
<i>Campanula scheuchzeri</i>	Campanulaceae	grasartige Blätter, zarte violett-blaue Blüte
<i>Minuartia sedoides</i>	Caryophyllaceae	Polsterbildend, gelbe Blüten
<i>Cerastium uniflorum</i>	Caryophyllaceae	auf Silikat
<i>Silene acaulis</i> agg.	Caryophyllaceae	Polsterwuchs, kleine rosa Blüten
<i>Carex atrata</i> ssp. <i>aterima</i>	Cyperaceae	kommt auf alpinen Magerrasen und Felsfluren vor
<i>Luzula alpinopilosa</i>	Juncaceae	Blaugrün, schwache Bewimperung, typ. für Gletschervorland
<i>Sesleria ovata</i>	Poaceae	eiförmig, bläulich
<i>Oxyria digyna</i>	Polygonaceae	Geflügelte rote Früchte
<i>Androsace alpina</i>	Primulaceae	Rosa-weiß blühende Polster
<i>Ranunculus glacialis</i>	Ranunculaceae	weiße Blüte, nach Bestäubung rosa Blüte, eine der höchst vorkommenden Arten
<i>Geum reptans</i>	Rosaceae	Große gelbe Blüten, keine Ausläufer
<i>Saxifraga oppositifolia</i>	Saxifragaceae	Blütenstiele meist unbeblättert, nur eine Blüte pro Stiel, rosa
<i>Saxifraga bryoides</i>	Saxifragaceae	Weißblühend mit orangen Punkten
<i>Saxifraga seguieri</i>	Saxifragaceae	Kleine Rosetten mit grüngelben kleinen Blüten
<i>Saxifraga androsacea</i>	Saxifragaceae	Blätter am Grund rosettenartig angeordnet, Drüsen, weiße Blüte
<i>Saxifraga exarata</i>	Saxifragaceae	3 bis mehrspaltige Blätter, drüßige Rosetten

In Bereichen mit viel Glimmerschiefer werden pH-Werte von 7 erreicht. Diese basische Bodeneigenschaft beeinflusst maßgeblich den Pflanzenbewuchs (Abb. 15, Tab. 13).



Abb. 15: Hohe Mut Flanke: Schutt-und Felsvegetation auf vorwiegend Glimmerschiefer. Oben: *Artemisia genipi* (links) und *Linaria alpina* (Mitte). Unten: *Cerastium uniflorum* (links) und *Minuartia gerardii* (Mitte). Rechts: *Salix reticulata*.

Tab. 13: Hohe Mut Flanke: Schutt-und Felsvegetation auf vorwiegend Glimmerschiefer.

Art	Familie	Merkmal
<i>Cirsium spinosissimum</i>	Asteraceae	Durch Schafe verbreitet
<i>Doronicum clusii</i>	Asteraceae	Gelbe Blüte
<i>Artemisia genipi</i>	Asteraceae	Bäumchenartiger Wuchs
<i>Artemisia mutellina</i>	Asteraceae	Lockerer Wuchs
<i>Arabis caerulea</i>	Brassicaceae	Weiß-lila
<i>Cardamine alpina</i>	Brassicaceae	Behaarte Blätter
<i>Minuartia gerardii</i>	Caryophyllaceae	Kelchblätter mit 3 Nerven
<i>Cerastium uniflorum</i>	Caryophyllaceae	Erste Pflanze nach dem Gletscher auf Silikat
<i>Carex parviflora</i>	Cyperaceae	Ungestielte Ährchen, dreieckiger Stiel
<i>Hedysarum hedysaroides</i>	Fabaceae	Violette Blüte
<i>Linaria alpina</i>	Plantaginaceae	Glauke Blätter
<i>Veronica fruticans</i>	Plantaginaceae	Mit pinkem Schlundring
<i>Poa alpina</i>	Poaceae	Breite Blätter mit Skispur, keine Grannen, oft blaugrün
<i>Trisetum spicatum</i>	Poaceae	Ährchen mit Goldglanz
<i>Deschampsia cespitosa</i>	Poaceae	Starke weiße Aderung
<i>Geum reptans</i>	Rosaceae	Große gelbe Blüten
<i>Salix retusa</i>	Salicaceae	Kriechende Stämmchen, kleine Blätter
<i>Salix reticulata</i>	Salicaceae	Eiförmige Blätter, wollig filzige Blattunterseite, stark netznervig
<i>Saxifraga adscendens</i>	Saxifragaceae	dicht drüsig behaar, weiße Blüten
<i>Saxifraga stellaris</i>	Saxifragaceae	Weißer sternförmige Blüten
<i>Saxifraga aizoides</i>	Saxifragaceae	Beblätterter Stängel, Erste Pflanze auf basischem Material

Am Talboden wurde die Vegetation der Moränen genauer betrachtet. Die 1923er Moräne war nur spärlich besiedelt (Abb. 16, Tab.14). Auf Grund der geringen Konkurrenz können Pflanzen vorkommen, die normalerweise ihre Verbreitung auf silikatreichere oder kalkhaltigere Ausgangsgesteine beschränken.



Abb. 16: 1923er Moräne: Mittleres Sukzessionsstadium des Gletschervorfeldes. *Achillea moschata*, *Sedum atratum*, *Kobresia myosuroides*, *Oxytropis lapponica*, *Juncus jacquinii* und *Dryas octopetala* (von links oben nach rechts unten).

Tab. 14: 1923er Moräne: Mittleres Sukzessionsstadium des Gletschervorfeldes.

Art	Familie	Merkmal
<i>Achillea moschata</i>	Asteraceae	Starker Duft
<i>Sedum atratum</i>	Crassulaceae	Fleischige Blätter
<i>Carex sempervirens</i>	Cyperaceae	Typ. für Kalk, tote Blätter bleiben erhalten
<i>Kobresia myosuroides</i>	Cyperaceae	Glänzende Blattscheiden
<i>Astragalus alpinus</i>	Fabaceae	Ohne Spitze am Schiffchen
<i>Oxytropis lapponica</i>	Fabaceae	Violett, mit Spitze am Schiffchen
<i>Anthyllis vulneraria</i> ssp. <i>alpicola</i>	Fabaceae	Gelb blühend
<i>Lotus corniculatus</i> ssp. <i>alpestris</i>	Fabaceae	Nur 3 Blüten
<i>Trifolium pallescens</i>	Fabaceae	Weißer Klee mit kleinen kahlen Blättchen
<i>Trifolium pratense</i> ssp. <i>nivale</i>	Fabaceae	Behaarte Blätter, schmutzig weiß-rosa Blüten
<i>Juncus jacquinii</i>	Juncaceae	Schwarz-gelb-violette Blüten
<i>Festuca norica</i>	Poaceae	Weiche Rollblätter,
<i>Dryas octopetala</i>	Rosaceae	auf Kalk
<i>Galium anisophyllum</i>	Rubiaceae	bevorzugt Kalk

Die 1858er Moräne ist schon länger eisfrei, wodurch sich eine andere Artenzusammensetzung im Vergleich zur 1923er Moräne ergibt (Abb. 17, Tab. 15).



Abb. 17: 1858er Moräne: Spätes Sukzessionsstadium des Gletschervorfeldes. *Potentilla crantzii*, *Gnaphalium hoppeanum*, *Persicaria vivipara*, *Erigeron uniflorus* und *Saxifraga paniculata* (von links oben nach rechts unten).

Tab.15: 1858er Moräne: Spätes Sukzessionsstadium des Gletschervorfeldes.

Art	Familie	Merkmal
<i>Erigeron uniflorus</i>	Asteraceae	zungenförmige Grundblätter, behaart, bewimpert
<i>Artemisia genipi</i>	Asteraceae	Bäumchenartiger Wuchs
<i>Gnaphalium hoppeanum</i>	Asteraceae	Kalkzeiger, viele Blüten, kann 5-6 cm groß werden
<i>Myosotis alpestris</i>	Boraginaceae	Alpen-Vergissmeinnicht
<i>Minuartia sedoides</i>	Caryophyllaceae	Polsterbildend, gelbe Blüten
<i>Silene acaulis</i> agg.	Caryophyllaceae	Polsterwuchs, kleine rosa Blüten
<i>Kobresia myosuroides</i>	Cyperaceae	Lackierte hohe Blattscheide
<i>Eriophorum scheuchzeri</i>	Cyperaceae	An Quellen, einköpfiges Wollgras ohne aufgeblasene Blattscheiden
<i>Oxytropis lapponica</i>	Fabaceae	Violett, mit Spitze am Schiffchen
<i>Trifolium pallescens</i>	Fabaceae	Weißer Klee mit kleinen kahlen Blättchen
<i>Gentiana verna</i>	Gentianaceae	Geflügelter Kelch, größere grundständige Blätter
<i>Thymus praecox</i> ssp. <i>polytrichus</i>	Lamiaceae	Starker Duft, kriechend
<i>Coeloglossum viride</i>	Orchidaceae	grünliche Blüten oft rötlich überlaufen, Geophyt, auf Kalk
<i>Veronica aphylla</i>	Plantaginaceae	Typ. für Kalk, Rosette und unbeblätterter Stängel
<i>Poa alpina</i>	Poaceae	Breite Blätter mit Skispur, keine Grannen, oft blaugrün
<i>Festuca pumila</i>	Poaceae	Lange Ligula, scheckige Ährchen
<i>Persicaria vivipara</i>	Polygonaceae	Umgerollter Blattrand

<i>Androsace obtusifolia</i>	Primulaceae	Weißer 5-zähliger Blüten
<i>Potentilla crantzii</i>	Rosaceae	Dreizählige Blätter, rot überlaufender Stängel, große Nebenblätter, Kalkzeiger
<i>Sibbaldia procumbens</i>	Rosaceae	dreiteilige Blätter, gelb-grünliche Blüte
<i>Salix herbacea</i>	Salicaceae	kriechend, kleine vom Boden abstehende Stämmchen
<i>Saxifraga paniculata</i>	Saxifragaceae	Rosette mit kalkausscheidenden Drüsen, breite Amplitude auf Kalk und Silikat

2.3. Mittwoch, 05.07.2017:

(verfasst von: Lukas Gräupner, Matthias Groß, Magdalena Held, Daniela Trippel)

Die botanische Tageswanderung am Mittwoch, den 05.07.2017 führt uns Richtung Südwesten, weiter hinein in das Gurgler Tal (Abb.18). Vom Startpunkt aus unterhalb des Zirbenwaldes wandern wir an Hochstaudenfluren vorbei, über die Gurgler Ache, in Richtung des Beilsteins, einer archäologischen Ausgrabungsstätte. Zwischendurch machen wir an verschiedenen Standorten wie subalpinen Weiderasen und Extremstandorten wie Felsformationen und -hängen halt, um die jeweilige Vegetation genauer zu analysieren. Unterhalb des Beilsteins befindet sich ein Moor. Auf dem Rückweg nach Obergurgl kommen wir an ehemaligen und noch bis heute genutzten Bergmähdern vorbei. Ebenso begutachten wir Bachquellfluren und Blockschutthalden.

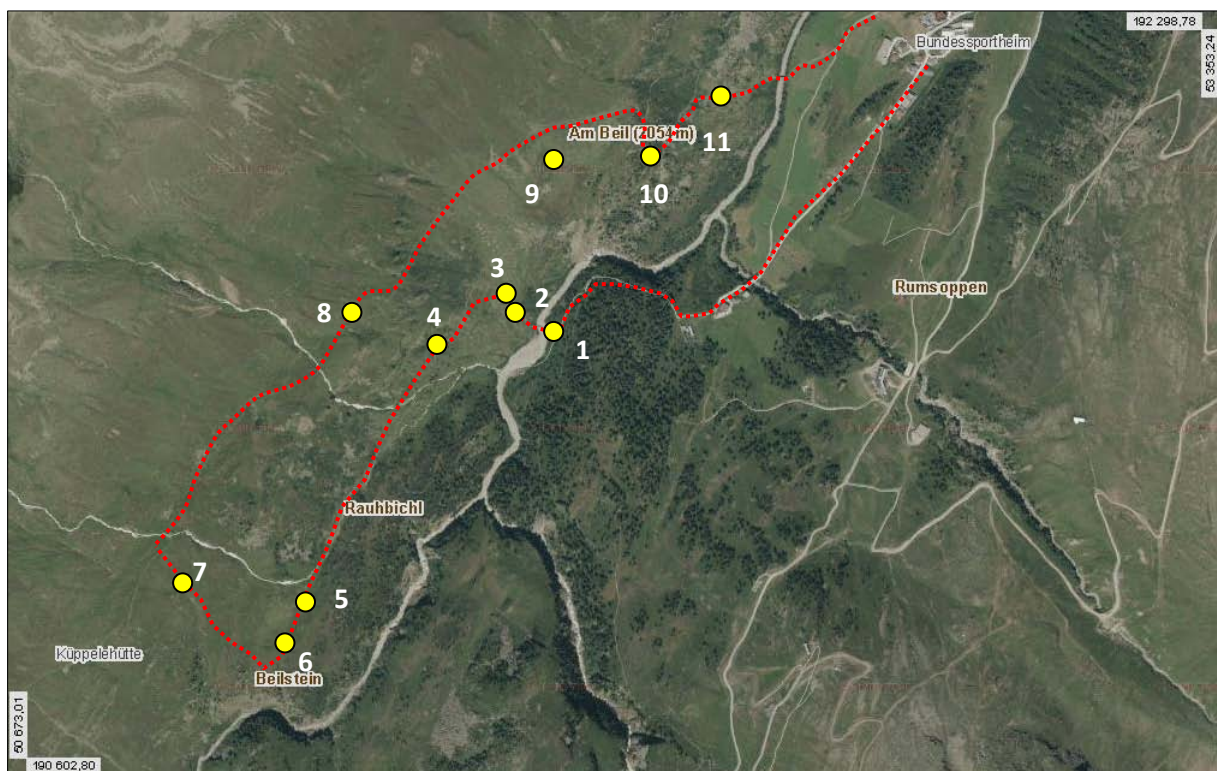


Abb. 18: Überblick über die botanische Tageswanderung und den 11 Stationen (gelb markiert) am Mittwoch, den 05.07.2017 (Quelle: TIRIS).

Unmittelbar südlich von Obergurgl, vor Erreichen der ersten Station, kommen wir zu einem 14 Jahre alten Weideausschlussbereich (Abb. 19). Dort wurde erwartet, dass konkurrenzstarke Pflanzen, wie Zwergsträucher, dominant werden und konkurrenzschwache Weidearten, wie *Trifolium pratense*, stark zurückgehen. Als Ergebnis des Weideausschlusses konnte die unerwartete Einwanderung der Hochstaude *Geranium sylvaticum* beobachtet werden.



Abb.19: Weideausschlussbereich.

Station 01: Hochstaudenflur

Hochstaudenfluren (Abb. 20) bilden eine Pflanzengesellschaft, die einen Übergang zwischen Grasesellschaften und Zwergstrauchheiden darstellen. Da die Grünerle und deren häufige Begleitart *Adenostyles alliariae* vorkommen, wird die Gesellschaft als *Alnetum viridis* bezeichnet. Diese Einheit wird durch weitere hochwüchsige Arten wie *G. sylvaticum*, *Peucedanum ostruthium* (siehe Tab. 16) charakterisiert. Diese Hochstaudenfluren haben eine hohe Produktivität und bilden somit viel Biomasse. Sie sind an ihrem subalpinen Standort in den Innenalpen ausreichend mit Nährstoffen (nährstoffreiche Böden) versorgt, ebenso mit genügend Feuchtigkeit, da sie häufig in der Nähe von Quellfluren bzw. Bächen vorkommen (OZENDA 1988).

Tab. 16: Artenliste Standort 01: Hochstaudenflur orografisch rechts der Gurgler Ache.

Artname	Familie	Artname	Familie
<i>Chaerophyllum villarsii</i>	Apiaceae	<i>Geranium sylvaticum</i>	Geraniaceae
<i>Peucedanum ostruthium</i>	Apiaceae	<i>Epilobium angustifolium</i>	Onagraceae
<i>Adenostyles alliariae</i>	Asteraceae	<i>Alopecurus pratensis</i>	Poaceae
<i>Cirsium heterophyllum</i>	Asteraceae	<i>Avenella flexuosa</i>	Poaceae
<i>Solidago virgaurea</i>	Asteraceae	<i>Rumex alpestris</i>	Polygonaceae
<i>Alnus alnobetula</i>	Betulaceae	<i>Rumex alpinus</i>	Polygonaceae
<i>Chenopodium bonus-henricus</i>	Chenopodiaceae	<i>Urtica dioica</i>	Urticaceae

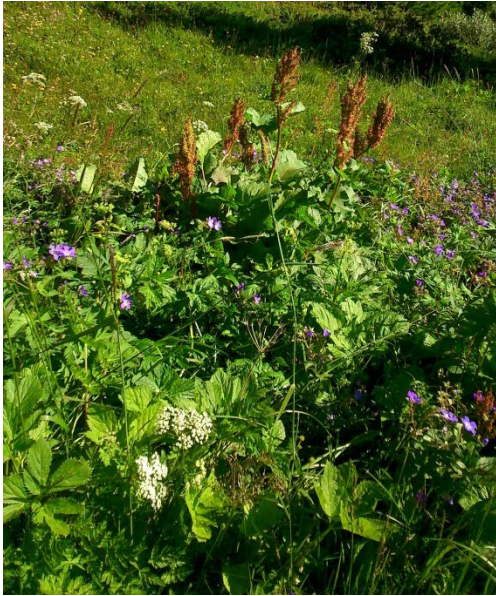


Abb. 20: Hochstaudenflur.

Station 02: Subalpiner Weiderasen orografisch links der Gurgler Ache

Der von uns untersuchte Weiderasen besteht aus einer Mischung aus drei Gruppen: Zwergsträucher, Gräser und Kräuter, wobei bei den beiden letzten auch noch zwischen den Standorten Wiese/Weide und feuchter Standort unterschieden wurde. Elemente aus dem Waldunterwuchs, wie Zwergsträucher und *Avenella flexuosa*, zeigen einen potentiellen Waldstandort an.

Typische Gräser der subalpinen Weiden sowie der Bergmähder sind *Festuca nigrescens*, die dichte Horste ausbildet (im Gegensatz dazu ist *Festuca rubra* ausläuferbildend), sowie *Agrostis capillaris*, die in den Fettwiesen von Obergurgl meist nicht mehr zu finden ist. Generell ist *A. capillaris* aus den Mähwiesen der Tallagen aufgrund der intensivierten Düngung verschwunden. Der gegenständliche Weiderasen wird den Milchkrautweiden (Assoz.: *Crepido-Festucetum commutatae*), also den durch die Beweidung gut mit Nährstoffen versorgten Weiden, hinzugerechnet. Namensgebend sind die Gattungen *Leontodon* und *Crepis*, die als Milchkräuter bezeichnet werden. Der Übergang zu den Borstgrasrasen ist fließend. Borstgrasrasen werden extensiver bewirtschaftet und sind weniger gut mit Nährstoffen versorgt als Milchkrautweiden. Die Milchkrautweiden können in den Tallagen von Obergurgl gegen die Goldhafer-Mähwiesen abgegrenzt werden. In diesen gemähten Wiesen sind Gräser, wie z.B. *Trisetum flavescens*, *Phleum pratense* sowie *Alopecurus pratensis* vertreten. Diese Arten fehlen in den Milchkrautweiden.

Die Arten des subalpinen Weiderasens sind in Tab. 17 aufgelistet.

Tab. 17: Artenliste Standort 02: subalpiner Weiderasen orografisch links der Gurgler Ache.

Artname	Familie	Artname	Familie
<i>Chaerophyllum villarsii</i>	Apiaceae	<i>Hypericum maculatum</i>	Hypericaceae
<i>Achillea millefolium</i>	Asteraceae	<i>Juncus articulatus</i>	Juncaceae
<i>Carduus defloratus</i> agg.	Asteraceae	<i>Juncus filiformis</i>	Juncaceae
<i>Carlina acaulis</i>	Asteraceae	<i>Luzula luzuloides</i>	Juncaceae
<i>Cirsium acaule</i>	Asteraceae	<i>Luzula multiflora</i>	Juncaceae
<i>Crepis aurea</i>	Asteraceae	<i>Luzula sudetica</i> agg.	Juncaceae
<i>Hieracium pilosella</i>	Asteraceae	<i>Prunella vulgaris</i>	Lamiaceae
<i>Leontodon hispidus</i>	Asteraceae	<i>Thymus pulegioides</i>	Lamiaceae
<i>Alnus alnobetula</i>	Betulaceae	<i>Dactylorhiza maculata</i> agg.	Orchidaceae
<i>Campanula scheuchzeri</i>	Campanulaceae	<i>Gymnademina conopsea</i>	Orchidaceae
<i>Phyteuma betonicifolium</i>	Campanulaceae	<i>Nigritella rhellicani</i>	Orchidaceae
<i>Phyteuma orbiculare</i>	Campanulaceae	<i>Rhianthus glacialis</i>	Orobanchaceae
<i>Cerastium arvense</i> ssp. <i>strictum</i>	Caryophyllaceae	<i>Agrostis capillaris</i>	Poaceae
<i>Silene nutans</i>	Caryophyllaceae	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Poaceae
<i>Juniperus communis</i> ssp. <i>nana</i>	Cupressaceae	<i>Avenella flexuosa</i>	Poaceae
<i>Carex echinata</i>	Cyperaceae	<i>Briza media</i>	Poaceae
<i>Carex nigra</i>	Cyperaceae	<i>Deschampsia cespitosa</i>	Poaceae
<i>Carex sempervirens</i>	Cyperaceae	<i>Festuca nigrescens</i>	Poaceae
<i>Calluna vulgaris</i>	Ericaceae	<i>Festuca rubra</i>	Poaceae
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	Ericaceae	<i>Nardus stricta</i>	Poaceae
<i>Vaccinium gaultherioides</i>	Ericaceae	<i>Phleum commutatum</i>	Poaceae
<i>Vaccinium myrtillus</i>	Ericaceae	<i>Ranunculus acris</i>	Ranunculaceae
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	Ericaceae	<i>Alchemilla</i> sp.	Rosaceae
<i>Trifolium pratense</i> ssp. <i>nivale</i>	Fabaceae	<i>Potentilla erecta</i>	Rosaceae
<i>Trifolium repens</i>	Fabaceae	<i>Saxifraga stellaris</i>	Saxifragaceae

Station 03: Felsstandorte im Bereich der subalpinen Weiden

In der Weidefläche treten punktuell Felsen hervor. Zudem wurde die Weide von den Bauern und Bäuerinnen von den zahlreichen Steinen "gesäubert". Durch die Weidepflfegemaßnahmen sind zahlreiche Lesesteinhaufen und -mauern entstanden, die wertvolle Biotope für trockenheitsliebende Pflanzen (z. B. Sukkulente, Farne und Gräser, Abb. 21) und Tiere sind. Tab. 18 listet die vorgefundenen Pflanzen auf Felsstandorten auf.

Tab. 18: Artenliste Standort 03: Felsstandorte in der Weide sowie Felsköpfe oberhalb Weide.

Artnamen	Familie	Artnamen	Familie
<i>Laserpitium halleri</i>	Apiaceae	<i>Racomitrium canescens</i>	Grimmiaceae
<i>Asplenium septentrionale</i>	Aspleniaceae	<i>Thymus pulegioides</i>	Lamiaceae
<i>Cirsium acaule</i>	Asteraceae	<i>Agrostis alpina</i>	Poaceae
<i>Atocion rupestre</i>	Caryophyllaceae	<i>Koeleria hirsuta</i>	Poaceae
<i>Cerastium arvense ssp. strictum</i>	Caryophyllaceae	<i>Primula hirsuta</i>	Primulaceae
<i>Sempervivum arachnoideum</i>	Crassulaceae	<i>Cryptogramma crispa</i>	Pteridaceae
<i>Sempervivum montanum</i>	Crassulaceae	<i>Potentilla grandiflora</i>	Rosaceae
<i>Juncus trifidus</i>	Cyperaceae	<i>Veronica fruticans</i>	Veronicaceae



Abb. 21: Felsstandort mit trockenliebenden Arten wie *Sempervivum arachnoideum*, *Primula hirsuta*, *Asplenium septentrionale* (von links nach rechts).

Station 04: Zwergstrauchdominierter, verbrachender, subalpiner Weiderasen

Die Vegetation nordöstlich des Beilsteins entlang des Weges besteht aus Zwergsträuchern- dominieren Flächen. Einige Arten weisen auf sehr trockene Standortbedingungen hin. Gesellschaften mit *Campanula barbata*, *Gentianella rhaetica* und *Helianthemum nummularium ssp. grandiflorum* können als Crepido-Festucetum commutatae bezeichnet werden (Abb. 22). Die Arten sind in Tab. 19 aufgelistet.

Tab. 19: Artenliste Standort 04: Zwergstrauchdominierter verbrachender subalpiner Weiderasen.

Artname	Familie	Artname	Familie
<i>Campanula barbata</i>	Campanulaceae	<i>Nigritella rhellicani</i>	Orchidaceae
<i>Helianthemum nummularium</i> <i>ssp. grandiflorum</i>	Cistaceae	<i>Calamagrostis villosa</i>	Poaceae
<i>Polystichum lonchitis</i>	Dryopteridaceae	<i>Pulsatilla alpina</i> <i>ssp.</i> <i>apiifolia</i>	Ranunculaceae
<i>Empetrum hermaphroditum</i>	Ericaceae	<i>Rosa pendulina</i>	Rosaceae
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	Ericaceae	<i>Saxifraga paniculata</i>	Saxifragaceae
<i>Gentianella rhaetica</i>	Gentianaceae	<i>Daphne mezereum</i>	Thymelaeaceae
<i>Allium victorialis</i>	Liliaceae		



Abb. 22: *Campanula barbata* (links) und *Gentianella rhaetica* (rechts).

Station 05: Subalpiner Weiderasen Bereich Beilstein

Nordöstlich der prähistorischen Fundstelle am Beilstein wurden vier Vegetationsaufnahmen nach Braun-Blanquet durchgeführt (Aufnahmefläche: 1x1m). Deckungsmäßig überwog das Gras *Nardus stricta*, das in allen Aufnahmen am häufigsten vertreten war. Typische Begleiter wie *Geum montanum*, *Leontodon hispidus* wurden ebenfalls oft aufgenommen. Die entsprechende Rohtabelle liegt dem Anhang des Protokolls bei (vgl. dazu Anhang Tab. III).

Die archäologische Ausgrabungsstätte Beilstein liegt auf 2180 m NN. Man hat dort menschliche Spuren aus verschiedenen Zeitperioden gefunden. Bereits vor 9500 Jahren sind Menschen über den Gletscher dorthin gewandert, die noch als Jäger und Sammler gelebt haben. Weiters konnte eine bronzzeitliche Fibel gefunden werden. Bis kurz vor der Gegenwart wurden dort immer wieder Heustadel erbaut.

Auf der gegenüberliegenden Talseite ist der Blockgletscher oberhalb der Gurgler Alm zu sehen. Der Blockgletscher bewegt sich zwischen 0,1 bis 2,0 m pro Jahr Richtung Tal. Prof. Psenner/ Institut für Ökologie, den wir am Beilstein treffen, erklärt, dass durch das Tauen und Frieren im Inneren des Blockgletschers Schwefel und Schwermetalle (Nickel!) aus dem Eis gelöst und in den unterhalb liegenden Rasess-See im Obervinschgau beispielsweise eingetragen werden. Diese Hangwässer sowie das Wasser des Sees sind daher bei weitem nicht als Trinkwasser geeignet. Die Schwermetallbelastung wurde auch im Schwarzsee oberhalb Sölden nachgewiesen (THIES et al. 2007).

Station 06: Moor östlich des Beilsteins

Im Bereich des Beilsteins sind auf den Verebnungen und Senken immer wieder Feuchtstandorte und Moore anzutreffen, die direkt in Weideflächen übergehen, weshalb auch die Orchideen *Gymnadenia conopsea*, *Pseudorchis albida*, *Dactylorhiza maculata* agg. und andere Weidearten, wie *Calluna vulgaris*, *Nardus stricta* und *Carex sempervirens* zu finden sind (Abb. 23). Je feuchter der Standort wird, desto unterschiedlicher ist auch die Vegetation. Während *Trichophorum cespitosum* am Rande des Moores steht, wird dies je weiter man hinein ins Moor geht, durch feuchtere Arten wie *Carex nigra* abgelöst, bis diese wiederum durch die Hochmoorzeiger *Carex pauciflora* und *Sphagnum magellanicum* ersetzt werden. Tab. 20 listet die Arten des Moores in der Nähe des Beilsteins auf.

Tab. 20: Artenliste Standort 06: Moor im Bereich des Beilsteins.

Artname	Familie	Artname	Familie
<i>Carex echinata</i>	Cyperaceae	<i>Juncus filiformis</i>	Juncaceae
<i>Carex nigra</i>	Cyperaceae	<i>Dactylorhiza maculata</i>	Orchidaceae
<i>Carex pauciflora</i> (Hochmoor-Zeiger)	Cyperaceae	<i>Gymnadenia conopsea</i>	Orchidaceae
<i>Carex rostrata</i>	Cyperaceae	<i>Pseudorchis albida</i>	Orchidaceae
<i>Carex sempervirens</i>	Cyperaceae	<i>Molinia caerulea</i>	Poaceae
<i>Eriophorum angustifolium</i>	Cyperaceae	<i>Nardus stricta</i>	Poaceae
<i>Eriophorum vaginatum</i> (Hochmoor-Zeiger)	Cyperaceae	<i>Potentilla erecta</i>	Rosaceae
<i>Trichophorum cespitosum</i> (Hochmoor-Zeiger)	Cyperaceae	<i>Sphagnum magellanicum</i>	Sphagnaceae
<i>Calluna vulgaris</i>	Ericaceae	<i>Viola palustris</i>	Violaceae
<i>Vaccinium uliginosum</i> agg.	Ericaceae		



Abb. 23: Das Moor östlich des Beilsteins.

Station 07: Standorte am ostexponierten Steilhang

Zwischen den Weiden und Mooren bilden immer wieder mit Fels durchsetzte Steilstufen interessante Pflanzenstandorte aus. Dieser Steilhang ist bis vor 100 Jahren genutzt worden. Aufgrund der langsamen Sukzession findet man sowohl Zwergsträucher und Weidezeiger. Zirben jedoch gehen hier

nur an Felsen und exponierten Kuppen auf, wo ihre Samen vom Tannenhäher deponiert werden. Dieser Standort zeichnet sich v.a. durch die Bärentraube (*Arctostaphylos uva-ursi*) aus. Die besprochenen Arten sind in Tab. 21 aufgelistet.

Tab. 21: Artenliste Standort 07: Mit Fels durchsetzte Steilhänge.

Artname	Familie	Artname	Familie
<i>Sempervivum montanum</i>	Crassulaceae	<i>Avenula versicolor</i>	Poaceae
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	Ericaceae	<i>Primula hirsuta</i>	Primulaceae
<i>Juncus jacquinii</i>	Juncaceae	<i>Saxifraga aspera</i>	Saxifragaceae
<i>Juncus trifidus</i>	Juncaceae	<i>Saxifraga paniculata</i>	Saxifragaceae
<i>Luzula luzuloides</i>	Juncaceae	<i>Pedicularis tuberosa</i>	Scrophulariaceae
<i>Melampyrum sylvaticum</i>	Orobanchaceae		

Station 08: Bergmähder "Am Stein"

Nur mehr wenige der Bergmähder werden heute noch gemäht. Die noch bewirtschafteten Flächen heben sich schon von weitem als hell- bis sattgrüne Flächen von den eher bräunlich gefärbten zwergstrauchdominierten Standorten ab. Die Bergmähder wurden bis in die 1960er Jahre alle zwei Jahre (seltener jährlich) mit der Sense gemäht. Seit rund 60 Jahren fallen diese Bergmähder brach oder sind Teil der ausgedehnten Schafweide-Flächen in der alpinen Stufe von Obergurgl.

Das kräuterreiche und folglich für das Vieh sehr gesunde Bergheu wurde dann als Heuballen über Drahtzüge ins Tal befördert. Viele Bauern lagerten das Heu auch in Heuschöber in der Nähe der Mähder. Das Heu wurde dann, meistens im Winter per Schlitten zum Hof gebracht. Die zahlreichen verfallenen Heuhütten zeugen noch von dieser regen Bewirtschaftung der Bergwiesen. Zum Teil wurden die Bergwiesen mit Wasser, das über Waale aus den Gletscherbächen geleitet wurde, bewässert oder gedüngt. Die im Bach mitgeführten Sedimente bewirkten einen gewissen Nährstoffeintrag. Großteils wurde jedoch Stallmist als Dünger vom Hof im Tal auf die Bergwiese getragen und dort verteilt. Tab. 22 listet die Arten der Bergmahd "Am Stein" (2.230 m NN) auf.

Tab. 22: Artenliste Standort 08: Bergmahd "Am Stein".

Artname	Familie	Artname	Familie
<i>Chaerophyllum villarsii</i>	Apiaceae	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Poaceae
<i>Achillea millefolium</i>	Asteraceae	<i>Deschampsia cespitosa</i>	Poaceae
<i>Carlina acaulis</i>	Asteraceae	<i>Festuca nigrescens</i>	Poaceae
<i>Crepis aurea</i>	Asteraceae	<i>Nardus stricta</i>	Poaceae
<i>Leontodon hispidus</i> agg.	Asteraceae	<i>Phleum commutatum</i>	Poaceae
<i>Myosotis sylvatica</i>	Boraginaceae	<i>Poa alpina</i>	Poaceae
<i>Campanula barbata</i>	Campanulaceae	<i>Rumex acetosa</i>	Polygonaceae
<i>Campanula scheuchzeri</i>	Campanulaceae	<i>Rumex alpinus</i>	Polygonaceae
<i>Phyteuma betonicifolium</i>	Campanulaceae	<i>Ranunculus acris</i>	Ranunculaceae
<i>Atocion rupestre</i>	Caryophyllaceae	<i>Alchemilla</i> sp.	Rosaceae
<i>Silene vulgaris</i>	Caryophyllaceae	<i>Geum montanum</i>	Rosaceae
<i>Carex sempervirens</i>	Cyperaceae	<i>Potentilla aurea</i>	Rosaceae
<i>Lotus corniculatus</i> spp. <i>alpestris</i>	Fabaceae	<i>Potentilla erecta</i>	Rosaceae
<i>Trifolium pratense</i> spp. <i>nivale</i>	Fabaceae	<i>Galium anisophyllum</i>	Rubiaceae
<i>Trifolium repens</i>	Fabaceae	<i>Pedicularis tuberosa</i>	Scrophulariaceae

<i>Nigritella rhellicani</i>	Orchidaceae	<i>Rhinanthus glacialis</i>	Scrophulariaceae
<i>Agrostis capillaris</i>	Poaceae	<i>Euphrasia officinalis</i> <i>spp. rostkoviana</i>	Scrophulariaceae

Station 09: Bachquellflur mit *Carex frigida*

Quellfluren auf Silikat- oder Kalkgestein, gespeist von Gletscherbächen, stellen in der subalpinen und alpinen Stufe einen Sonderstandort dar. Sie heben sich von den ausgedehnten Zwergstrauchheiden und Weideflächen ab. Die gegenständlichen Quellfluren werden pflanzensoziologisch den Quellflachmooren (Amblystegio intermedii-Scirpetum austriaci, NORDHAGEN 1928 em. DIERSSEN 1982) mit *T. cespitosum* als Leitart zugeordnet. Das Vorkommen von *Tofieldia calyculata* deutet auf basische Verhältnisse hin. Die Eissegge (*Carex frigida*) ist an Bäche und Quellfluren gebunden. Als eine kalt-stenotherme Art braucht sie Standorte, die lange schneefrei bleiben sowie konstant tiefe Temperaturen im Jahresverlauf aufweisen. Entlang von Bächen und Quellfluren herrschen daher ideale Bedingungen für diese Segge.

In Tab. 23 sind die beiden begutachteten Quellfluren enthalten, an denen *C. frigida* vorkam.

Tab. 23: Artenliste Standort 09: Bachquellflur mit *Carex frigida*.

Artname	Familie	Artname	Familie
<i>Carex echinata</i>	Cyperaceae	<i>Pinguicula leptoceras</i>	Lentibulariaceae
<i>Carex flava ssp. lepidocarpa</i>	Cyperaceae	<i>Potentilla erecta</i>	Rosaceae
<i>Carex frigida</i>	Cyperaceae	<i>Saxifraga stellaris</i>	Saxifragaceae
<i>Trichophorum alpinum</i>	Cyperaceae	<i>Selaginella</i> <i>selaginoides</i>	Selaginellaceae
<i>Trichophorum cespitosum</i>	Cyperaceae	<i>Sphagnum sp.</i>	Sphagnaceae
<i>Juncus articulatus</i>	Juncaceae	<i>Tofieldia calyculata</i>	Tofieldiaceae

Station 10: Felsstandort mit *Juniperus sabina*

Der giftige, früher in der Volksmedizin als Abtreibungsmittel verwendete Stink-Wacholder, *Juniperus sabina*, kommt in den Innenalpen an heißen, sonnigen, trockenen, westlichen Hängen vor (Abb. 24). Der niederwüchsige Strauch wächst auf flachgründigen, felsigen Standorten. Somit ist dies ein weiterer Sonderstandort, der aufgrund seiner vorherrschenden Standortfaktoren (Exposition, Relief) nur von wenigen Arten wie *J. sabina* besiedelt werden kann. Pflanzensoziologisch wird die Vegetation am Standort dem Verband *Juniperion nanae* zugeordnet. Die entsprechende Assoziation heißt *Junipero-Arctostaphyletum*. Die besprochenen Arten dieses Standorts sind in Tab. 24 aufgelistet.

Tab. 24: Artenliste Standort 10: Felsstandort mit *Juniperus sabina*.

Artname	Familie	Artname	Familie
<i>Hieracium intybaceum</i>	Asteraceae	<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	Ericaceae
<i>Juniperus sabina</i>	Cupressaceae	<i>Cotoneaster tomentosus</i>	Rosaceae
<i>Erigeron alpinus</i>	Asteraceae	<i>Plantago strictissima</i>	Plantaginaceae
		<i>Poa variegata</i>	Poaceae



Abb. 24: *Juniperus sabina* an einem Westhang.

Station 11: Felsblockhalde im Bereich subalpiner Weiden

Bei der letzten Station, einer Felsblockhalde am Unterhang im Übergang in die Weideflächen des Talbodens von Obergurgl wurden schwerpunktmäßig Farne bestimmt. Diese Steinhalde ist relativ alt, war also in den letzten Jahren keinen Störungen, wie Erosion, unterworfen.

Tab. 25 listet die besprochenen Arten auf.

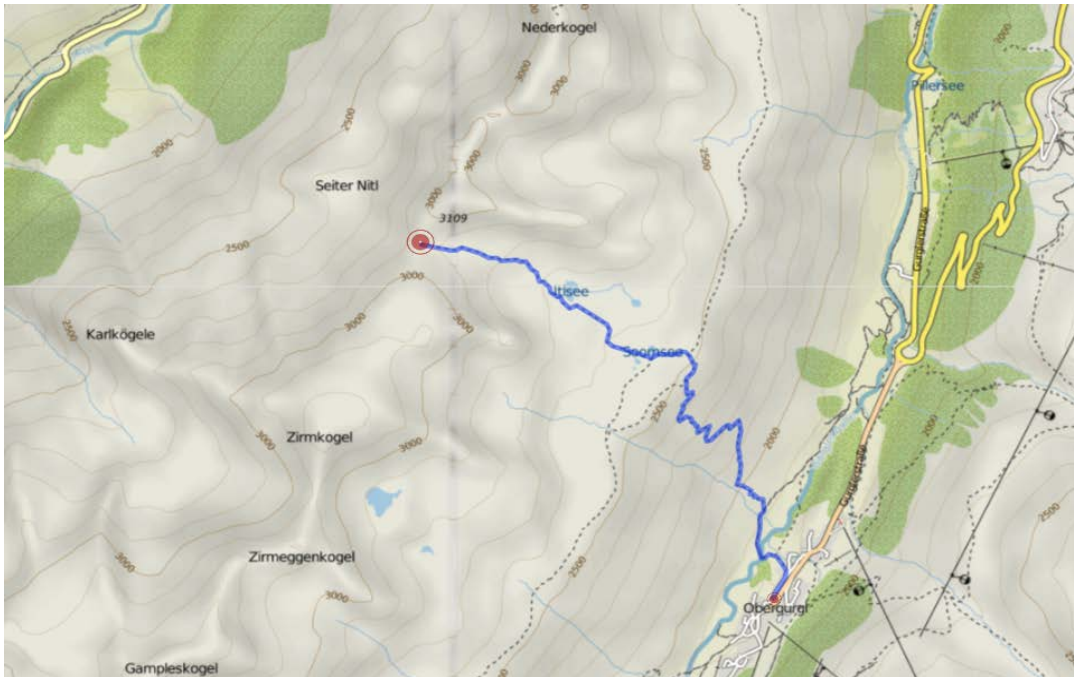
Tab. 25: Artenliste Standort 11: Steinhalde im Bereich subalpiner Weiden.

Artnamen	Familie	Artnamen	Familie
<i>Solidago virgaurea</i>	Asteraceae	<i>Dryopteris filix-mas</i>	Polypodiaceae
<i>Carex pallescens</i>	Cyperaceae	<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	Polypodiaceae
<i>Epilobium anagallidifolium</i>	Onagraceae	<i>Phegopteris connectilis</i>	Polypodiaceae
<i>Koeleria hirsuta</i>	Poaceae	<i>Polypodium vulgare</i>	Polypodiaceae
<i>Poa nemoralis</i>	Poaceae	<i>Polystichum lonchitis</i>	Polypodiaceae
<i>Asplenium septentrionale</i>	Polypodiaceae	<i>Potentilla grandiflora</i>	Rosaceae
<i>Athyrium filix-femina</i>	Polypodiaceae	<i>Rubus idaeus</i>	Rosaceae
<i>Cryptogramma crispa</i>	Polypodiaceae		

2.4. Donnerstag, 06.07.2017: Soomseen und subnivale Stufe

(Verfasst von: Angelika Ruele, Tanja Schaefermolte, Mirjam Schipflinger)

Ziel dieser Tagesexkursion war es, die Gurgler Scharte (2930 m NN) zu erreichen, um einen Blick auf die Vegetation der subnivalen Stufe zu werfen.



Von

Abb. 25: Tagesroute 06.07.17

Obergurgl aus ging unsere Route auf der orographisch linken Talseite einen Hang hinauf bis zu den Soomseen auf ca. 2530 m NN und weiter bis auf die Gurgler Scharte auf 2930 m NN (Abb. 25). Zwischendurch wurde immer wieder angehalten, um die typische Vegetation des Gebiets zu wiederholen bzw. um auf verschiedenen Standorten neu vorkommende Arten kennenzulernen.

Zu Beginn, noch vor Anstieg des Hanges, konnte nochmals ein Blick auf die typischen extremen Fettwiesen mit ihren charakteristischen Arten, insbesondere *Alopecurus pratensis*, geworfen werden und weiter am Hang konnten typische Straußgraswiesen mit *Agrostis capillaris* als Charakterart beobachtet werden, welche durch ihren typischen rötlichen Schimmer leicht erkennbar sind. Auch Gehölze konnten vom Fuße des Hanges aus angesprochen werden. An vermutlich feuchteren Standorten wuchs *Alnus alnobetula*, an vermutlich häufig gestörten Standorten *Betula pendula* und auf Felskuppen *Populus tremula*.

Am Hang entlang wurden bekannte sowie neue Arten der Zwergstrauchheiden (Tab. 26, 27) an schon über lange Zeit beweideten Flächen aufgenommen. Neben der dominanten Grasart *Nardus stricta* kommen zwischen den Zwergsträuchern auch einige Fettwiesenarten wie beispielsweise *Alchemilla vulgaris* agg. oder *Geranium sylvaticum* vor. An offeneren Stellen, an welchen die Zwergsträucher nicht so dominant sind, tritt massiv *Calamagrostis villosa* auf.

Tab. 26: Artenliste Zwergstrauchheiden.

Art	Familie
<i>Achillea millefolium</i>	Asteraceae
<i>Alchemilla vulgaris</i> agg.	Rosaceae
<i>Allium victorialis</i>	Alliaceae
<i>Alnus alnobetula</i>	Betulaceae
<i>Anthoxanthum odoratum</i> agg.	Poaceae
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	Ericaceae
<i>Atocion rupestre</i>	Caryophyllaceae
<i>Avenella flexuosa</i>	Poaceae
<i>Betula pendula</i>	Betulaceae
<i>Calamagrostis villosa</i>	Poaceae
<i>Calluna vulgaris</i>	Ericaceae
<i>Campanula barbata</i>	Campanulaceae
<i>Carex sempervirens</i>	Cyperaceae
<i>Cirsium acaule</i>	Asteraceae
<i>Epilobium angustifolium</i>	Onagraceae
<i>Geranium sylvaticum</i>	Geraniaceae
<i>Gymnadenia conopsea</i>	Orchidaceae
<i>Helianthemum nummularium</i> ssp. <i>grandiflorum</i>	Cistaceae
<i>Hypochaeris uniflora</i>	Asteraceae
<i>Juniperus communis</i> ssp. <i>nana</i>	Cupressaceae
<i>Knautia maxima</i>	Dipsacaceae
<i>Laserpitium halleri</i>	Apiaceae
<i>Leonthodon hispidus</i>	Asteraceae
<i>Luzula luzuloides</i>	Juncaceae
<i>Nardus stricta</i>	Poaceae
<i>Nigritella rhellicani</i>	Orchidaceae
<i>Phyteuma betonicifolia</i>	Campanulaceae
<i>Populus tremula</i>	Salicaceae
<i>Ranunculus acris</i>	Ranunculaceae
<i>Ranunculus platanifolius</i>	Ranunculaceae
<i>Rosa pendulina</i>	Rosaceae
<i>Saxifraga paniculata</i>	Saxifragaceae
<i>Senecio abrotanifolius</i> ssp. <i>tiroliensis</i>	Asteraceae
<i>Solidago virgaurea</i>	Asteraceae
<i>Vaccinium myrtillus</i>	Ericaceae
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	Ericaceae

Vom Hang aus hatte man Ausblick auf die Hohe Mut, das Rotmoostal mit den höchst gelegenen Zirben am Schönwieskopf, den Festkogel und das Königstal. Durch einen Blick auf das Verwalltal war das Ergebnis von Solifluktion gut erkennbar. Dieser Vorgang wird auch Bodenfließen genannt. Durch wiederholtes Auftauen und Gefrieren des Bodens kommt es hierbei zur Flächenabtragung der Erdoberfläche und zur Zungenbildung.

Bei einem Blick auf die Hänge mit *Juniperus nana* und *Arctostaphylos uva-ursi* war auffällig, dass beide Arten verbrannte Blätter aufwiesen. Der Grund dafür ist vermutlich Frosttrocknis. In besonders schneearmen Wintern sind die Böden durch das Fehlen der Schneedecke gefroren. Pflanzen verlieren Wasser durch Transpiration, haben aber keine Möglichkeit, Wasser aus dem gefrorenen Boden aufzunehmen.

Tab. 27: Weitere Arten zwischen den Zwergsträuchern.

Art	Familie
<i>Achillea moschata</i>	Asteraceae
<i>Juncus trifidus</i>	Juncaceae
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	Campanulaceae
<i>Saxifraga paniculata</i>	Saxifragaceae
<i>Sempervivum montanum</i>	Crassulaceae
<i>Senecio carniolicus</i>	Asteraceae
<i>Androsace obtusifolia</i>	Primulaceae
<i>Botrychium lunaria</i>	Ophioglossaceae
<i>Erigeron alpinus</i>	Asteraceae
<i>Pulsatilla vernalis</i>	Ranunculaceae

Im Bereich der Soomseen auf 2530 m NN dominierte die Gesellschaft des *Caricetum curvulae*. *Carex curvula* (Tab. 28, 29, 30) hat ihr Hauptverbreitungsgebiet in dieser Höhenlage, steigt in den Öztaler Alpen jedoch auch bis über 3000 m NN auf.

Tab. 28: *Caricetum Curvulae* – Gräser.

Art	Familie
<i>Agrostis rupestris</i>	Poaceae
<i>Anthoxanthum alpinum</i>	Poaceae
<i>Avenella versicolor</i>	Poaceae
<i>Carex curvula</i>	Cyperaceae
<i>Festuca halleri</i>	Poaceae
<i>Luzula alpinopilosa</i>	Juncaceae
<i>Poa alpina</i>	Poaceae

Tab. 29: *Caricetum curvulae* – krautige Arten.

Art	Familie
<i>Gentiana punctata</i>	Gentianaceae
<i>Geum montanum</i>	Rosaceae
<i>Gnaphalium supinum</i>	Asteraceae
<i>Homogyne alpina</i>	Asteraceae
<i>Leucanthemopsis alpina</i>	Asteraceae
<i>Mutellina adonidifolia</i>	Apiaceae
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	Ranunculaceae

<i>Potentilla aurea</i>	Rosaceae
<i>Scorzoneroides helvetica</i>	Asteraceae
<i>Sempervivum montanum</i>	Crassulaceae
<i>Sibbaldia procumbens</i>	Rosaceae
<i>Soldanella alpina</i>	Primulaceae
<i>Veronica bellidioides</i>	Antirrhinaceae

Tab. 30: *Caricetum curvulae* – Flechten.

Art	Familie
<i>Cetraria islandica</i>	Parmeliaceae
<i>Dibaeis baeomyces</i>	Icmadophilaceae
<i>Solorina crocea</i>	Peltigeraceae

In der alpinen Stufe konnten in Depressionen und Muldenlagen typische Schneebodenarten besichtigt werden. An Schneeböden (Tab. 31) herrscht eine sehr lange Schneebedeckung und somit eine Verkürzung der Vegetationsperiode. Durch das lange Vorhandensein der Schneeschicht ist jedoch die Wasser- und Nährstoffversorgung an diesen Standorten sehr gut. Charakterarten sind zum Beispiel *Salix herbacea*, *Cardamine alpina* oder *Arenaria biflora*. An den Rand von Schneeböden können Arten wie *Poa alpina*, *Festuca halleri* und *Primula glutinosa* einwandern.

Tab. 31: Arten der Schneeböden

Art	Familie
<i>Cardamine alpina</i>	Brassicaceae
<i>Cerastium cerastoides</i>	Caryophyllaceae
<i>Gnaphalium supinum</i>	Asteraceae
<i>Polytrichum norvegicum</i>	Polytrichaceae
<i>Salix herbacea</i>	Salicaceae
<i>Soldanella pusilla</i>	Primulaceae
<i>Stereocaulon alpinum</i>	Stereocaulaceae
<i>Veronica alpina</i>	Antirrhinaceae

An extremen Schneeböden, an welchen die Schneebedeckung sehr lange andauert, kommt nur noch das Lebermoos *Anthelia juratzkana* (Abb. 26) vor. Ist der Standort ein wenig länger schneefrei, so kommt auch *Polytrichum norvegicum* vor und bei einer langen schneefreien Zeit findet eine Besiedelung mit *Salix herbacea* statt.



Abb. 26: Schneeboden mit *Anthelia juratzkana*.

Das erste Exemplar von *Ranunculus glacialis* wurde auf 2790 m NN entdeckt. Hier waren außerdem charakteristische Permafrostböden mit typischer Polygonstruktur und Steinpflaster gut beobachtbar (Abb. 27).



Abb. 27: Links *Ranunculus glacialis* und rechts durch kryoturbate Prozesse gebildetes Steinpflaster.

Auf der Gurgler Scharte (2930 m NN) konnten einige Arten gefunden werden, deren Hauptverbreitung subnival ist. Dazu gehören *Cerastium uniflorum* und *Potentilla frigida*. In solchen Höhenlagen spielen Mikroklima und Exposition eine bedeutende Rolle für die Pflanzen (Abb. 28). Die höchststeigende Pflanze ist *Saxifraga oppositifolia*, welche auch über 4000 m NN noch vorkommt.



Abb. 28: Links in gelb *Potentilla frigida* und in weiß *Cerastium uniflorum* und rechts *Salix herbacea* in Felsspalte wachsend.

Tab. 32: Arten der Initialrasen.

Art	Familie
<i>Carex curvula</i>	Cyperaceae
<i>Cerastium uniflorum</i>	Caryophyllaceae
<i>Gentiana brachyphylla</i>	Gentianaceae
<i>Leucanthemopsis alpina</i>	Asteraceae
<i>Minuartia sedoides</i>	Caryophyllaceae
<i>Poa alpina</i>	Poaceae
<i>Poa laxa</i>	Poaceae
<i>Potentilla frigida</i>	Rosaceae
<i>Primula glutinosa</i>	Primulaceae
<i>Ranunculus glacialis</i>	Ranunculaceae
<i>Salix herbacea</i>	Salicaceae
<i>Saxifraga bryoides</i>	Saxifragaceae
<i>Saxifraga oppositifolia</i>	Saxifragaceae

Von der Gurgler Scharte aus hatte man Ausblick auf Hochsölden, den Rettenbach- und den Tiefenbachferner, den höchsten Berg Tirols: die Wildspitze (3774 m), den Vernagtferner und die Hochvernagtspitze.

Auf dem Rückweg konnte die Sukzession von Schuttflächen hin zu den Initialrasen, in welchen subnivale Arten wie *Poa laxa* nicht mehr konkurrieren können, verfolgt werden (Tab. 32 und 33).

Tab. 33: Artenliste Initialrasen.

Art	Familie
<i>Carex curvula</i>	Cyperaceae
<i>Huperzia selago</i>	Lycopodiaceae
<i>Minuartia sedoides</i>	Caryophyllaceae

<i>Oreochloa disticha</i>	Poaceae
<i>Silene acaulis</i> ssp. <i>excapa</i>	Caryophyllaceae



Abb. 29: Niedermoor mit *Eriophorum scheuchzeri*

Am Niedermoor (Abb. 29) kamen neben dem charakteristischen einköpfigen Scheuchzers Wollgras und dem Bitteren Schaumkraut aufgrund der Beweidung auch typische Weidezeiger vor, so z.B. *Poa supina* (Tab. 34).

Tab. 34: Arten im Niedermoor.

Art	Familie
<i>Cardamine amara</i>	Brassicaceae
<i>Carex lachenalli</i>	Cyperaceae
<i>Eriophorum scheuchzeri</i>	Cyperaceae
<i>Poa supina</i>	Poaceae

2.5. Freitag 7.7.2017: Rotmoostal – Besiedelung der Moränen (Primärsukzession) und Rotmoosmoor

(verfasst von: Nils Bertol und Jakob Schraffl)

Am letzten Tag unserer Exkursion in Obergurgl wandern wir ausgehend vom Forschungszentrum ins Rotmoostal, entlang der Rotmoosache bis zum Gletschertor des Rotmoosferners. Wir befinden uns in einem vom Gletscher gebildeten Trogtal und werden auf dem Rückweg die unterschiedliche Besiedelung der einzelnen Moränen sowie das Rotmoosmoor beobachten (Abb. 30).

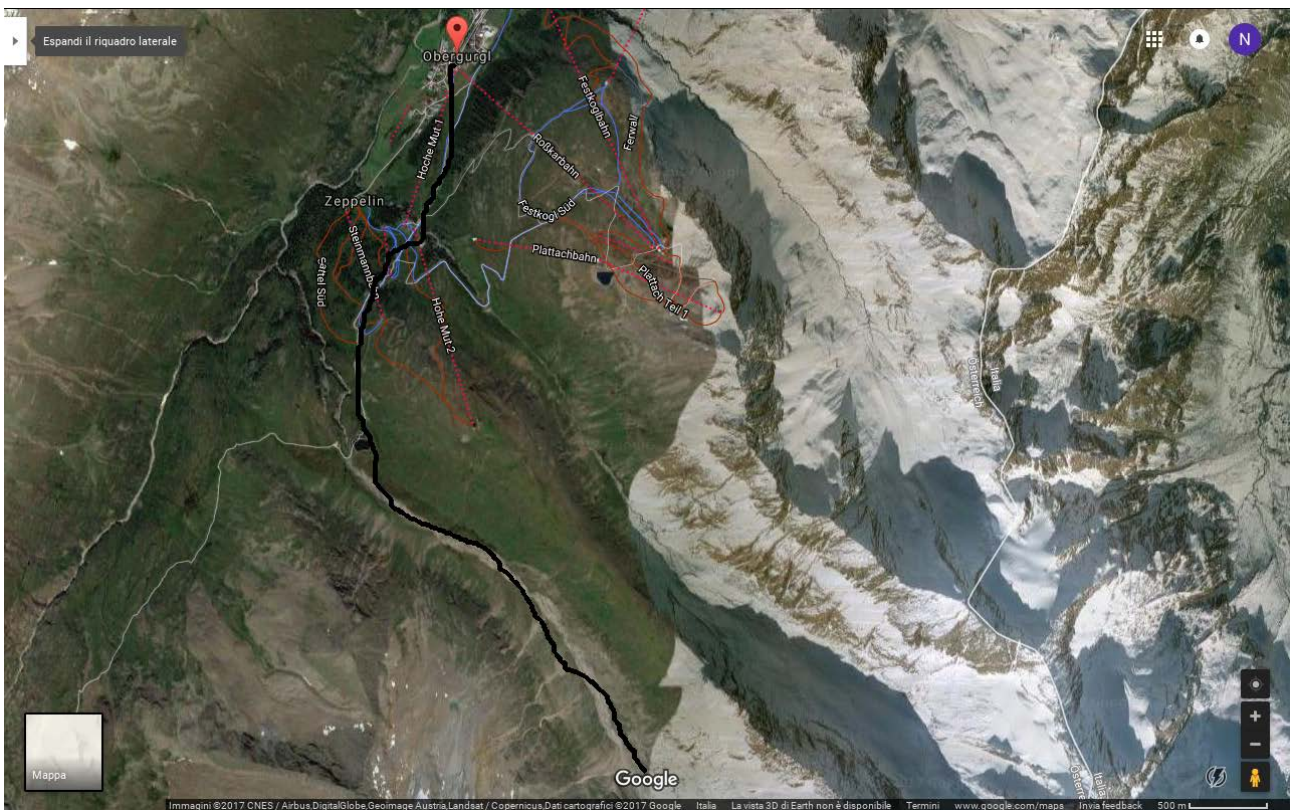


Abb. 30: Wanderroute (schwarze Linie) am letzten Tag von Obergurgl ins Rotmoostal bis zu den Gletschertoren des Rotmoosferner.

Unser erster Stopp lag am Speicherteich am Eingang des Rotmoostales. Dieses Becken wurde im Jahre 2007 errichtet, wird von der Rotmoosache gespeist und versorgt das gesamte Skigebiet mit Wasser für die künstliche Beschneigung. Der Teich fasst insgesamt 45.000 m³ Wasser, das dann weiter in die Ötztaler Ache fließt. Im gesamten Tal gibt es relativ wenig Niederschlag (850mm/Jahr), besonders die Winter sind relativ trocken, dies macht eine Beschneigung unerlässlich, um den Winterbetrieb sichern zu können.

Am Beginn des Tales finden wir Weideausschlußflächen; die Weiden werden heutzutage noch von Pferden und Schafen beweidet. Generell ist das Gebiet im Rotmoostal sehr variabel, wird jedoch von den verschiedenen Moränen (Details folgen im weiteren Verlauf des Berichtes) bestimmt.

Neben den Moränen, die das Rotmoostal prägen, gab es natürlich auch andere Vegetationstypen zu beobachten, wie z.B.: das Rotmoosmoor oder auch Pflanzengesellschaften am Fluss, der das Tal durchfließt.

So konnten wir z. B. am Fluss entlang die starke Präsenz von *Salix helvetica* sehen (Abb. 31).



Abb.31: *Salix helvetica* und Rotmoosache

Gletschertore Rotmoosgletscher



Abb. 32: Gletschertore des Rotmoosferners

An den Gletschertoren des Rotmoosferners (Abb.32, 33) sahen wir den Start der Primärsukzession, jedoch mit weit auseinanderliegenden Individuen. Die typischen Pionierpflanzen an zurückgehenden Rotmoosferner (Tab. 35) sind *Saxifraga aizoides* und *Saxifraga oppositifolia*. Jedoch finden wir auch

Pflanzen, die nicht so typisch für das Pionierstadium sind, deren Samen von den Seitenhängen kommen oder die als Pflanzenbruchstücke mit Lawinen hergebracht werden. Das Gestein am Gletscher ist eine Mischung aus Silikat und basischen Gestein.

Tab. 35: Pionierarten.

Art	Familie
<i>Arabis alpina</i>	Brassicaceae
<i>Arabis caerulea</i>	Brassicaceae (Abb.33)
<i>Artemisia genipi</i>	Asteraceae
<i>Cerastium pedunculatum</i>	Caryophyllaceae
<i>Cerastium uniflorum</i>	Caryophyllaceae
<i>Cirsium spinosissimum</i>	Asteraceae
<i>Deschampsia cespitosa</i>	Poaceae
<i>Geum reptans</i>	Rosaceae
<i>Linaria alpina</i>	Antirrhinaceae
<i>Oxyria digyna</i>	Polygonaceae
<i>Poa laxa</i>	Poaceae
<i>Poa alpina</i>	Poaceae
<i>Salix hastata</i>	Salicaceae
<i>Saxifraga exarata</i>	Saxifragaceae
<i>Salix reticulata</i>	Salicaceae
<i>Saxifraga aizoides</i>	Saxifragaceae
<i>Saxifraga oppositifolia</i>	Saxifragaceae
<i>Silene acaulis</i> agg.	Caryophyllaceae
<i>Veronica alpina</i>	Antirrhinaceae



Abb. 33: *Arabis caerulea* in der Nähe des Gletschertores.

Gletschermoränen 1986 – 1990

Die Moräne der 80er und 90er Jahre zeigt eine frühe „Pioniergesellschaft“ (Tab. 36). Hier treten erstmalig Flechten auf (*Peltigera rufescens*). Weiters spielt in diesen Bereich des Tales nach wie vor *Saxifraga aizoides* eine wichtige und dominante Rolle. *Saxifraga aizoides* ist aufgrund ihrer hohen Samenausbildung eine der erfolgreichsten Pionierpflanzen. Außerdem werden ihre Polster bei starkem Niederschlag vom Berg ins Tal geschwemmt, wachsen dort wieder an und steigern nochmals die Konkurrenzkraft von *Saxifraga aizoides*.

Tab. 36: Arten der frühen „Pioniergesellschaft“.

Art	Familie
<i>Arenaria ciliata</i>	Caryophyllaceae
<i>Artemisia genipi</i>	Asteraceae
<i>Campanula scheuchzeri</i>	Campanulaceae
<i>Cerastium uniflorum</i>	Caryophyllaceae
<i>Doronicum clusii</i>	Asteraceae
<i>Erigeron uniflorum</i>	Asteraceae
<i>Gnaphalium hoppeanum</i>	Asteraceae
<i>Leucanthemopsis alpina</i>	Asteraceae
<i>Linaria alpina</i>	Antirrhinaceae
<i>Minuartia gerardii</i>	Caryophyllaceae
<i>Poa alpina</i>	Poaceae
<i>Sedum atratum</i>	Crassulaceae
<i>Silene acaulis</i> agg.	Caryophyllaceae
<i>Trisetum spicatum</i>	Poaceae
<i>Veronica alpina</i>	Antirrhinaceae

Gletschermoräne 1971

Der nächste Stopp der Gruppe war an der 1971 Moräne. An dieser Moräne befinden sich eine Wetterstation und Untersuchungsflächen mit Komponenten des Internationalen Tundra-Experiments (ITEX). Hier werden neben Temperatur, Feuchtigkeit und Niederschlag auch die Bodentemperatur oder die Polstertemperatur bestimmt. Die 1971 Moräne zeigt einen relativ starken Bewuchs. Die Dauerflächen in diesem Bereich bestehen seit 1996 und werden seit 2002 regelmäßig vom Institut Botanik untersucht. In den letzten Jahren wurde hier die Auswirkung von Erwärmung mit Hilfe von Open-Top-Kammern getestet (im Zuge des ITEX). In den Kammern kam es zur früheren Schneeschmelze, der Wassergehalt in der Kammer war verändert und die Temperatur im Schnitt um 1,5° erhöht. Fabaceae kamen mit den höheren Temperaturen gut zurecht und bildeten größere Früchte und mehr Samen aus. N-Fixierer wie einige Fabaceae spielen eine wichtige Rolle bei der Primärsukzession, auch wenn sie meist nicht die ersten Pflanzenarten sind, die sich ansiedeln. *Poa alpina* kam mit den gesteigerten Temperaturen in den Kammern nicht zurecht. *Saxifraga aizoides* bildete zwar größere Blüten aber weniger Samen aus, deren Keimfähigkeit weiters verschlechtert war.

An dieser Stelle fallen außerdem die vielen verschiedenen Gesteinstypen wie Marmor und Quarz, Hornblendeschiefer, Granatglimmerschiefer und Gneis auf.

Bestandsaufnahmen siehe Tabelle IV im Anhang.

An der 1956 Moräne machen wir nur einen kurzen Stopp. Diese ist stark von Bächen beeinflusst, und dies zeigt sich auch in der vorkommenden Vegetation (siehe Quellfluren).

Quellfluren – subalpine und alpine Alluvionen

Hier haben wir es mit einem FFH-Lebensraumtyp zu tun: “Alpine Pionierformation des Caricion bicoloris-atrofuscae”, genauer mit einer “*Carex bicolor*-Flutmulde”. Generell kann hier von einem Sonderstandort gesprochen werden (Tab. 37).

In diesem Bereich fallen die vielen Moospolster auf, jedoch sind auch viele Weidenarten eingewandert und so ist dieser Bereich des Tales sicherlich ein besonderer „untypischer“ Standort.

Tab. 37: Arten liste „*Carex bicolor*-Flutmulde “.

Art	Familie
<i>Arabis soyeri</i>	Brassicaceae
<i>Carex bicolor</i>	Cyperaceae
<i>Carex capillaris</i>	Cyperaceae
<i>Carex lachenalii</i>	Cyperaceae
<i>Juncus jacquinii</i>	Juncaceae
<i>Juncus triglumis</i>	Juncaceae
<i>Pinguicula leptoceras</i>	Lentibulariaceae
<i>Pinguicula vulgaris</i>	Lentibulariaceae
<i>Salix helvetica</i>	Salicaceae
<i>Salix myrsinifolia</i>	Salicaceae
<i>Salix herbacea</i>	Salicaceae
<i>Saxifraga aizoides</i>	Saxifragaceae

Am Fluss entlang machen wir einen kurzen Halt und beobachten u. a. die unterschiedlichen Fabaceen (Tab. 38).

Tab. 38: Halt an der Rotmoos Ache.

Art	Familie
<i>Astragalus alpinus</i>	Fabaceae
<i>Carex atrata</i> ssp. <i>aterrima</i>	Cyperaceae
<i>Epilobium fleischeri</i>	Onagraceae
<i>Oxytropis halleri</i>	Fabaceae
<i>Oxytropis lapponica</i>	Fabaceae
<i>Pinguicula alpina</i>	Lentibulariaceae
<i>Trifolium badium</i>	Fabaceae

Gletschermoräne 1923

Auf der Höhe dieser Moräne können wir erstmals Rasenbildung beobachten (Tab. 39). An dieser Moräne befindet sich wie an der 1971 Moräne eine Wetterstation. An dieser Stelle werden unter anderen Strahlung, Wind, Temperatur und Luftfeuchtigkeit gemessen.

Tab. 39: Artenliste Gletschermoräne 1923.

Art	Familie
<i>Anthyllis vulneraria ssp. alpicola</i>	Fabaceae
<i>Asplenium viride</i>	Asplenaceae
<i>Salix herbacea</i>	Salicaceae
<i>Salix helvetica</i>	Salicaceae
<i>Salix reticulata</i>	Salicaceae
<i>Salix retusa</i>	Salicaceae
<i>Saxifraga bryoides</i>	Saxifragaceae
<i>Saxifraga paniculata</i>	Saxifragaceae
<i>Trifolium pallescens</i>	Fabaceae

Endmoräne 1858

Die Endmoräne stammt aus dem Jahre 1858 (auch 1850er Moräne genannt) und zeigt die größten Ausmaße des Rotmoosgletschers. Aufgrund einer Klimaverschlechterung in diesen Jahren hatte sich der Gletscher in den 1850er Jahren wieder etwas ausgebreitet und seine maximale Größe erreicht.

Generell können Moränen in verschiedene Typen eingeteilt werden, so gibt es beispielsweise die schon erwähnte Endmoräne, Grundmoränen und Seitenmoränen.

Die Endmoräne des Rotmoosgletschers zeichnet sich durch relativ dichten Bewuchs aus, neben Pflanzen der Weidausschlussflächen findet man weiters Pflanzen extensiv beweideter Flächen und Pflanzenarten der Primärsukzession.

Wir finden hier einen Nacktriedrasen (Tab. 40) vor, mit einer Bedeckung von 80 bis 90%. Diese Nacktriedrasen findet man häufig an Moränenhängen. Diese Rasen sind besonders interessant, da sie sehr tiefe Temperaturen aushalten und überdauern können. Im Bereich der 1923er Moräne wachsen diese Rasen auf Rohböden, auf der 1858er Moräne ist dann der Bodentyp Pararendzina, ausgebildet mit 5 – 10 cm Mächtigkeit.

Tab. 40: Artenliste Nacktriedrasen.

Art	Familie
<i>Anthyllis vulneraria ssp. alpicola</i>	Fabaceae
<i>Kobresia myosuroides</i>	Cyperaceae
<i>Myosotis alpestris</i>	Boraginaceae
<i>Persicaria vivipara</i>	Polygonaceae
<i>Poa alpina</i>	Poaceae
<i>Trifolium pallescens</i>	Fabaceae

Rotmoosmoor

Moore zeichnen sich generell durch ihre Wassersättigung aus, dadurch wird das organische Material nicht abgebaut, es bildet sich Torf aus. Moore können in verschiedene Typen unterteilt werden, zu den wichtigsten gehören das Hochmoor und das Niedermoor. In den Alpen gibt es zwar einige Moore, diese sind aber im Verhältnis zu anderen Gebieten relativ klein. Entstehen können solche Moore durch Verlandung von Gewässern oder auch durch Absenkung trockener Gebiete.

Das Rotmoosmoor begann sich vor 5.000 Jahren zu bilden und weist eine Torfhöhe von drei Metern auf (Abb. 34, Tab. 41). In diesem Fall sprechen wir von Cyperaceen-Torf, da es aus Sauergräser-Resten besteht. Wir finden Zonen mit Nieder- als auch mit Hochmoorcharakter. Gespeist wird es vom Regenwasser sowie von Quellfluren des anliegenden Hanges. Neben dem Torf findet man im Rotmoosmoor auch graue Schichten, diese weisen auf Überflutungen durch den Bach hin. Außerdem findet man im Moor auch kantige Steine, die auf Felsstürze hinweisen. Auch Holzstücke wurden im Moor gefunden, diese konnten den Arten Grünerle und Zitterpappel zugewiesen werden und können bis zu 4.000 Jahren alt sein.



Abb. 34: Torfabbruch des Rotmoosmoores am Flussufer.

Tab. 41: Artenliste Rotmoosmoor.

Art	Familie
<i>Nardus stricta</i>	Poaceae
<i>Trichophorum cespitosum</i>	Cyperaceae
<i>Carex rostrata</i>	Cyperaceae

3. VERTIEFUNGSGEBIETE

3.1. Allgemeine Informationen

3.1.1. Die Böden im Hochgebirge (subalpine, alpine, nivale Stufe)

(verfasst von: Matthias Groß)

3.1.1.1. Einleitung

In den folgenden Kapiteln wird auf die Böden im Hochgebirge eingegangen. Deren Charakteristika sowie physikalische Einflussfaktoren werden auf allgemeiner Ebene erläutert, bevor auf verbreitete Bodentypen und deren Entstehung in der subalpinen, alpinen und nivalen Höhenstufe eingegangen wird. Fotos und Beobachtungen aus der Exkursionswoche in Obergurgl von 03. bis 07. Juli 2017 ergänzen die weitgehend auf Literatur aufbauenden Ausführungen.

3.1.1.2. Allgemeines zu Böden im Hochgebirge

a) Charakteristik der Bodenbildung im Hochgebirge

i) Schnelle physikalische Verwitterungsprozesse

Auf Grund der sich häufig und schnell ändernden Temperaturextreme dominieren im Hochgebirge Frost- und Temperatursprengungen (SCHWIENBACHER et al. 2010). Diese physikalischen Verwitterungsprozesse gemeinsam mit anderen Einflussfaktoren (Wasser, Schnee, Wind) stören eine homogene Bodenbildung und -entwicklung. Böden im Hochgebirge entwickeln sich daher sehr langsam (OZENDA, 1988). Reife und stabile Endstadien von Böden über der Waldgrenze sind sehr selten, weil ruhende Hänge und ebene Böden oft nur lokal anzutreffen sind (ELLENBERG 1986).

ii) Langsame biologisch-chemische Verwitterung

Auch hinsichtlich der chemischen Bodenbildung werden sehr lange Zeitspannen benötigt, weil die Stoffproduktion alpiner Pflanzengesellschaften und damit einhergehend der Humusaufbau sehr gering ausfällt (ELLENBERG, 1986).

iii) Regelmäßige Erosion und Sedimentation

Hochgebirgsböden entstehen nicht gezwungenermaßen aus dem anstehenden, sondern gehen aus Ablagerungen hervor. So wird Schutt- und Erdmaterial durch Erdbeben, Felsstürze, Lawinen, Wildbäche und Gletscher kurz- oder langfristig am Oberhang erodiert und schließlich unterhalb abgelagert. Diese bodenbildenden sehr inhomogenen Ausgangssubstrate für die Bodenbildung sind kolluviale bzw. alluviale Sedimente, Schutt oder Moränen (OZENDA 1988).

Das subalpine und alpine Klima sorgt insgesamt dafür, dass viele Standorte mechanisch instabil bleiben. Nur sehr begrenzte Flächen konnten sich seit der letzten Eiszeit ungestört entwickeln (ELLENBERG, 1986).

iv) Kleinräumige Variation an Bodentypen und Einflussfaktoren

Je nach Hangneigung, Relief, Exposition, Mikroklima, Erosion, der Lage im Hang, Vegetation, Bodenleben, Wasserversorgung, Bodenstruktur und -gefüge sowie Bodenreaktion besteht meist ein kleinräumiges Mosaik an unterschiedlichen Bodentypen. Der Zeitgradient als bestimmender Faktor einer ungestörten Bodenbildung, also die Chronosequenz, tritt stark zurück bzw. wird durch die oben genannten Faktoren verwischt. Die Bodenentwicklung eines Standortes wird oft durch Störung immer wieder in ein früheres Stadium zurückversetzt (SCHWIENBACHER et al. 2010).

b) Einflussfaktoren und ihre Bedeutung für die Bodenbildung im Hochgebirge

Mit zunehmender Meereshöhe wirken sich klimatische Faktoren immer ungünstiger auf die Lebensbedingungen von Tieren, Pflanzen und den Menschen aus. Sie haben auch auf Hochgebirgsböden und die bodenbildenden Prozesse entscheidenden Einfluss. Im Allgemeinen wird das Klima immer rauer, die Niederschläge und Windstärken nehmen zu, eine geschlossene Schneedecke hält länger an als in tieferen Lagen; Hangrutschungen, Murgänge, Lawinen sowie Felsstürze nehmen an Bedeutung zu (OZENDA 1988, ELLENBERG 1986). Im Folgenden wird auf die wichtigsten Einflussfaktoren für die Bodenbildung eingegangen.

i) Temperatur

Die Temperaturen, sowohl die Luft- als auch der Bodentemperatur, unterliegen mit zunehmender Meereshöhe immer größeren Schwankungen. Frost- und Temperatursprengungen werden dadurch begünstigt. Der Wechsel von Frieren und Tauen im wassergesättigten Boden bewirkt zudem Durchmischungsvorgänge. Durch diese als Kryoturbationen (Abb. 35) bezeichneten Vorgänge entstehen Brodel-, Tropfen- und Taschen-Muster sowie Eislinsen im Boden. An der Bodenoberfläche sind diese Prozesse in Form von Frostaufbrüchen mit Buckelbildungen sichtbar (BLUM 1992). Zudem entstehen in der subnivalen und nivalen Stufe durch Kryoturbation sog. Polygonböden, eine Bodenart der Frost-Rohböden (vgl. Kap. 2.1.1.3.ai).

Frost- und Temperatursprengung sowie Kryoturbation fördern einen labilen Bodenaufbau. Folglich steigt auch in Abhängigkeit der Hangneigung die Erosionsanfälligkeit instabiler Ausgangssubstrate.



Abb. 35: Durch Kryoturbation entstandene Buckel und Hügel schaffen ein strukturreiches Geländere relief (Foto: Groß).

ii) Niederschlag

Mit zunehmender Höhe nehmen auch Niederschläge zu, wodurch die in Abhängigkeit der Hangneigung und Erosionsanfälligkeit des Substrates Erosions- und Ablagerungsprozesse begünstigt werden. Zudem hat die Niederschlagsmenge großen Einfluss auf Verwitterungs- und Verlagerungsprozesse im Boden. Fast alle Böden im Hochgebirge unterliegen relativ großen Niederschlagsmengen, kombiniert mit feucht-humidem Klima, Auswaschungs- und Verlagerungsprozessen. Die Auswaschung und damit

Verlagerung von Ton, löslichen Salzen, Oxiden und Hydroxiden und Humus bewirkt Versauerung und Nährstoffverarmung im Oberboden (A-Horizont). Dadurch entstehen wiederum mit Humus sowie mit Aluminium- und Eisenverbindungen angereicherte Horizonte im Unterboden. Der Eisen-Humus-Podsol als ein verbreiteter Bodentyp im Hochgebirge ist Resultat dieses Prozesses, der als Podsolierung bezeichnet wird (OZENDA 1988, BLUM 1992, SCHACHTSCHABEL et al. 1982).

iii) Wind

Wie Niederschlag und Schnee führen auch die mit der Höhe zunehmenden Windstärken zu Erosion des Oberbodens (ELLENBERG 1986). Exponierte Rücken und Kuppen sind davon besonders betroffen.

iv) Geländere relief und Hangneigung

Je steiler das Gelände geneigt ist, desto eher werden Bodenschichten, verstärkt durch Niederschläge Frost- und Temperatursprengung sowie Kryoturbation, erodiert.

Bei übermäßiger Wasserzufuhr, z.B. während der Schneeschmelze oder bei Starkniederschlagsereignissen wird Solifluktion gefördert, also das Bodenfließen der obersten feinerdereichen, mit Wasser angereicherten Bodenschicht (A-Horizont) über gefrorenem Untergrund. Die Feinerde zusammen mit Pflanzenteilen lagert sich talseitig wieder an, entweder am Hangfuß oder im Bereich von unterhalb bestehenden Vegetationsdecken, in denen der eingetragene Humus akkumuliert wird (ELLENBERG 1986).

Solifluktion (Abb. 36) entsteht vor allem in Bereichen mit Permafrostböden, deren tiefere Horizonte ständig gefroren sind, während die oberen im Sommer tauen (SCHACHTSCHABEL et al. 1982).



Abb. 36: Blick vom Gegenhang auf den Talausgang des Königstales mit dem Königsbach in Obergurgl. Orografisch rechts ist ein steiler Hanganriss erkennbar (vgl. Markierung). Durch Solifluktion gleiten die labilen Oberbodenschichten talwärts (Foto: Groß).

v) Schneedecke und -höhe

Mit zunehmender Meereshöhe nehmen die Tage mit geschlossener Schneedecke sowie die Tage mit Schneefall und in Folge die Schneedeckenhöhe zu (ELLENBERG, 1986). Bodenbildende Prozesse werden dadurch entscheidend verlangsamt. Ab einer gewissen Höhe der Schneedecke wirkt diese

jedoch wiederum als thermische Isolierschicht, wodurch eine gewisse Aktivität der Bodenmikroorganismen in den kalten Jahreszeiten bei Temperaturen um den Gefrierpunkt gewährleistet ist (OZENDA 1988).

3.1.1.3. Bodentypen im Hochgebirge

Bodentypen im Hochgebirge können sich auf Grund des hohen Grades an Störanfälligkeit, verursacht durch die in Kap. 3.1.1.2 behandelten Faktoren, nur sehr schwer entlang eines zeitlichen Gradienten, der Chronosequenz, entwickeln (SCHWIENBACHER et al. 2010). Auch ist eine von Topografie und Exposition abhängige Bodenentwicklung, eine Reliefsequenz sehr theoretisch, da oberhalb der Waldgrenze zahlreiche Einflussfaktoren den Faktor Geländere relief überlagern. Es kann daher von einer polygenetischen Bodenentwicklung (BLUM 1992) im Hochgebirge ausgegangen werden.

Ozenda (1988) beschreibt die vorherrschenden Bodentypen in Abhängigkeit der Höhenstufe und der Vegetation (Tab. 42). Diese Einteilung kann als grobes Schema herangezogen werden.

Tab. 42: Verteilung der vorherrschenden Bodentypen im Hochgebirge in Abhängigkeit der Meereshöhe (angelehnt an OZENDA 1988). Die Bezeichnung der Bodenhorizonte richtet sich NESTROY et al. 2000 (vgl. Glossar im Anhang).

Höhenstufe	Vegetation	Bodentyp	Horizontabfolge (beispielhaft)
Nival-Subnival	Schutthaldenvegetation Vegetationslose Moränen	Rohböden Alpine Ranker	(A)-C
Alpin	Alpine Grasheiden Alpine Weiderasen Krautreiche Zwergstrauchgesellschaften	Ranker (Silikat) Rendzina (Karbonat) Braunerde (Übergangstyp)	Ah-C Ah-C Ah-Bv-C
Subalpin	Zwergstrauchreicher Nadelwald Zwergstrauchheide	Eisen-Humus-Podsol Podsoliger Boden	L-F-H-Ae-E-Bh-Bs-C

Die folgende Beschreibung der vorherrschenden Bodentypen im Hochgebirge richtet sich nach der Horizont-Abfolge, die eine Klassifizierung zulässt (nach BLUM 1992):

Lithomorphe Böden

- (A)-C-Böden: Rohböden
- A-C-Böden: Ranker ¹ (auf Silikat) sowie Rendzina ² (auf Karbonat)

Klimaphytomorphe Böden

- A-B-C-Böden: Braunerde und Podsol ³

¹ Ranker: von Ran, österr. Dialektausdruck = Steilhang.

² Rendzina: polnisch für flachgründigen Kalk-Boden.

³ Podsol: russisch für aschefarbenen Boden. Auch Bleicherde genannt.

a) (A-) C-Rohböden

In der subnivalen bis nivalen Stufe geht die Bodenentwicklung auf Grund der kurzen Vegetationsperiode nicht über Rohböden hinaus. Der spärliche Bewuchs beschränkt sich auf Polsterpflanzen, Flechten und Moose (ELLENBERG 1986, SCHWIENBACHER et al. 2010).

Die Rohböden mit der Horizontabfolge (Ah)-C bestehen meist aus abgelagerten Moränen. Der A-Horizont ist oft noch gar nicht bis sehr schwach ausgebildet, weshalb auch eine Vegetationsdecke nur punktuell bis lückig ausgeprägt ist. Dort wo Schmelzwasser oder Bäche zusätzliches Material abgelagert haben, bilden sich tiefgründige Schuttansammlungen, welche den C-Horizont darstellen (SCHWIENBACHER et al. 2010).

Spärlicher Bewuchs mit Pionierpflanzen führt schnell zu einem Initialstadium der Bodenentwicklung. Humus wird einerseits durch das Pflanzenwachstum angereichert. Andererseits werden durch Regen und Schnee und Hangrutschungen Pflanzenteile und Feinerde eingetragen. Der Aufbau eines humosen Oberbodenhorizonts (Ah) wird dadurch gefördert (ELLENBERG 1986).

Durch regelmäßige Störungen, die auch die Entwicklung einer geschlossenen Vegetationsdecke verhindert, können sich die Rohböden der subnivalen bis nivalen Stufe nicht bzw. sehr schwer, und dann temporär, zu Rendzinen oder Rankern entwickeln.

i) Rohböden am Beispiel von Polygonböden in Obergurgl

Am Donnerstag, den 06.07.2017 bei der Wanderung über die Soomseen zum Gurgler Schartl wurden kurz Struktur- bzw. Polygonböden auf rd. 2.800 m NN analysiert (vgl. Foto Abb. 37 und Abb. 38).

Polygonböden als Untergruppe der Frost-Rohböden entstehen durch Kryoturbation. Durch ständiges Frieren und Tauen der wasserzügigen Böden werden grobklastische Gesteine zu immer feineren Korngrößen (Grus, Kies) zerteilt bzw. aufgespalten. Es bildet sich nach und nach eine Polygonstruktur aus Grob- und Feinkorn aus. In der subnivalen und nivalen Stufe sind diese Polygonböden das Klimax-Stadium der Bodenentwicklung. Nach BLUM (1992) werden die Polygonböden dem Bodentyp „Alpiner Råmark“ (schwedisch= Rohboden) zugeordnet.



Abb. 27: Polygonböden östlich des Gurgler Schartls auf rd. 2.800 m NN. Auf einen schwach ausgeprägten, lückigen A-Horizont folgt der C-Horizont (Foto: Groß).



Abb. 38: Polygonstruktur der Polygonböden (alpiner Råmark) auf rd. 2.800 m NN im Bereich des Gurgler Schartls. Das Spektrum der Korngrößenverteilung verbreitert sich. Die mit feinerem Kornfraktionen angereicherten Bereiche bilden das Ausgangssubstrat für die Besiedelung von Pionierpflanzen (Foto: Groß).

b) A-C-Böden

Kann sich unter geringeren störenden Einflussfaktoren eine stabilere Vegetationsdecke entwickeln, so bildet sich ein durchgehender A-Horizont aus (SCHWIENBACHER et al. 2010).

i) A-C-Böden auf Karbonatgestein

Auf karbonatischem Ausgangsgestein entwickeln sich aus Rohböden die Rendzina, die den lithomorphen Karbonat-Böden zugeordnet werden (BLUM, 1992). Im Hochgebirge liegt der Bodentyp Tangelrendzina (Tangel= dicke Humusauflage) mit der Horizontabfolge L -F -Oh-Ah -C vor (REISIGL et al., 1989; BLUM, 1992).

Rendzinen sind in Obergurgl etwa auf Grund des Einflusses von Karbonat des Schneeberg-Komplexes im Rotmoostal zu finden und Gaisbergtal (vgl. Kap. 2.1.1.4).

ii) A-C-Böden auf Silikatgestein

Bei fehlendem Kalkeinfluss auf saurem Ausgangsgestein entstehen aus Rohböden die Ranker, die den lithomorphen Silikat-Böden zugeordnet werden (BLUM 1992). Bei ausreichender Vegetationsbedeckung häuft sich unter Einfluss tiefer Temperaturen Humus an, da die Mineralisation der organischen Substanz verhindert wird bzw. sehr langsam abläuft. So bilden sich mit steigender Meereshöhe immer mächtiger werdende Humusaufgaben (OZENDA 1988).

c) A-B-C-Böden

Durch Auswaschungs- und Verlagerungsprozesse im Zuge der chemische-biologische Verwitterung bildet sich unter dem A-Horizont ein B-Horizont (Unterboden) aus (Blum 1992). Durch Tonmineral-Neubildung oder –Verlagerung, die Freisetzung von Eisen- und Aluminium-Verbindungen sowie durch die Auswaschung von Humus im A-Horizont entsteht damit ein Anreicherungshorizont oder Verwitterungshorizont (Bv-Horizont) (REISIGL et al. 1989, BLUM 1992, SCHACHTSCHABEL et al. 1982).

i) Braunerde

Braunerden (Abb. 39) gehen aus Ranker und Rendzinen durch fortschreitende Bodenentwicklung hervor. Sie sind im Hochgebirge vor allem unter krautreichen Weiderasen und grasreichen Zwergstrauchgesellschaften zu finden (SCHWIENBACHER et al. 2010). Voraussetzung für die Braunerde ist die ausreichende Zersetzung der Streuauflage, sodass ausreichend organische Substanz nachgeliefert und im Oberboden zersetzt werden kann. Die Braunerde bildet einen, meist mit Fe-Verbindungen braunen Bv-Horizont aus.

Sobald die Nutzung durch Beweidung und Mahd aufgegeben wird und die Flächen mit Zwergsträuchern verbuschen, verändern sich die Auf-, Abbau- und Verlagerungsprozesse der Braunerde. Durch fehlende Nährstoffzufuhr durch Düngung des Weideviehs, gekoppelt mit der schwer und langsam zersetzbaren Streuauflage der Zwergsträucher, treten Nährstoffarmut und Versauerung im Boden ein. Die Braunerde entwickelt sich zum Podsol.



Abb. 39: Braunerde mit Ah- und Bv-Horizont auf den ausgedehnten mit Schafen beweideten Grasmatten südlich der Hohen Mut. Der C-Horizont wurde nicht freigelegt (Foto: Groiß).

ii) Eisen-Humuspodsol

Der Eisen-Humus-Podsol (Abb. 40) ist vor allem auf Silikatgestein in kalt bis gemäßigt-humiden Klima, vor allem im Hochgebirge weit verbreitet. Er bildet das Endglied der Bodenentwicklung in der Waldgrenzzone (REISIGL et al. 1989). Durch die Auswaschung und Verlagerung von Eisen, Aluminium und/oder Humus wird der Oberboden ausgewaschen. Im Zuge der Podsolierung entsteht ein Bleichhorizont (Eh,al,fe) sowie ein daran anschließender Anreicherungshorizont (Bh,al,fe).

Diese Horizontabfolge des Podsols liegt generell wie folgt vor: L-F-H-Ah-Eh,al,fe – Bh-Bal,fe-C (BLUM, 1992).

Der Podsol ist vor allem unter Rhododendron-Lärchenwäldern, Erica-Beständen sowie unter Zwergstrauchgesellschaften verbreitet. Die Pflanzenrückstände sind generell nährstoffarm. Dort kann die oft mächtige Streuauflage aus Nadeln und Blättern, bspw. der Alpenrose, nur unvollständig zersetzt werden. Die daraus resultierende Nährstoffarmut und Versauerung verschlechtert die

Lebensbedingungen der Mikroorganismen, wodurch die Streu nur zögerlich und langsam zersetzt wird (SCHACHTSCHABEL et al. 1982).

Neben einer Vegetationsdecke mit schwer zersetzbaren Pflanzenrückständen sind vor allem die im Hochgebirge hohen Niederschlagsmengen, welche die Auswaschungs- und Verlagerungsprozesse verstärken, Voraussetzung für die Entstehung des Eisen-Humuspodsol (REISIGL et al. 1989, SCHACHTSCHABEL et al. 1982).

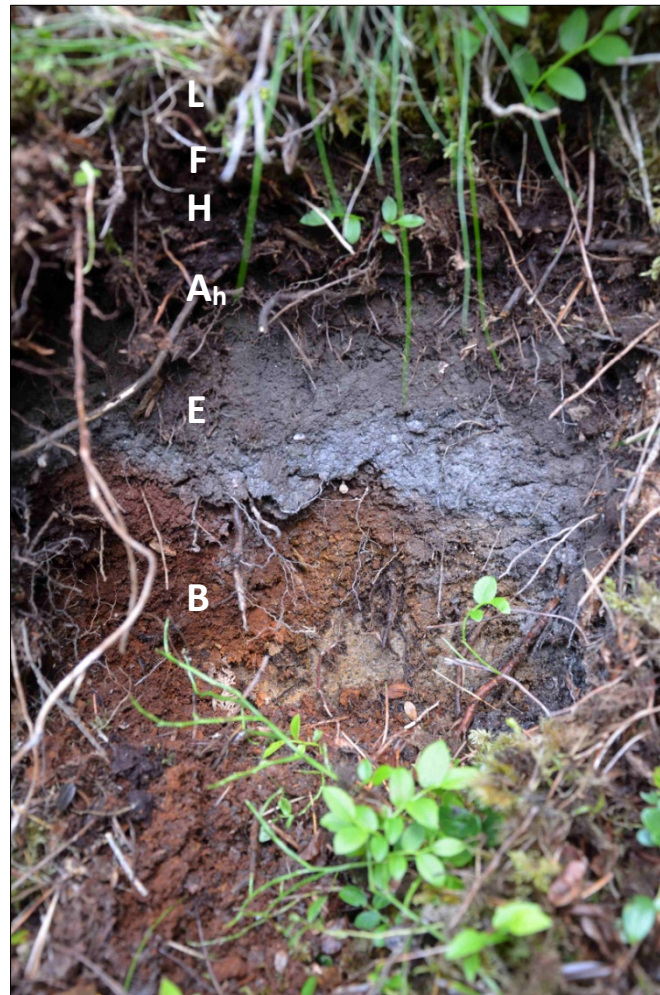


Abb. 40: Eisen-Humus-Podsol im Bestand des Obergurgler Zirbenwaldes. Auf den mächtigen Streu- bzw. Auflagehorizont (L-F-H-Horizontabfolge) und den mineralischen Oberbodenhorizont (Ah) folgt der fahle braun bis graue Eluvial-Horizont (E). Darunter der Anreicherungshorizont (B). Der C-Horizont ist nicht abgebildet (Foto: Groiß).

3.1.1.4. Bodenentwicklung am Beispiel des Rotmoostales

Die in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Bodentypen sind nicht statischer Natur, sondern unterliegen einer Dynamik. Im Folgenden wird auf die Bodenentwicklung am Beispiel der Böden im Rotmoostal bei Obergurgl eingegangen.

Schwiembacher et al. (2010) beschreibt die Chronosequenz von Bodentypen im Gletschervorfeld im Rotmoostal bei Obergurgl und weist darauf hin, dass verschiedenste Prozesse „... auch im Modellgebiet Rotmoostal zum ‚Verwischen‘ des Zeitgradienten führen können (MALLAUN, 2001 nach SCHWIENBACHER et al. 2011). Die Beschreibung der Bodentypen auf Moränen im Gletschervorfeld entlang einer Chronosequenz ist dann aussagekräftig, wenn „... eine klar getrennte Abfolge von

Moränen bekannten Alters, wie dies im Rotmoostal der Fall ist“ vorliegt (SCHWIENBACHER et al., 2010, vgl. Tab. 43).

Tab.43: Bodentypen im Gletschervorfeld im Rotmoostal zwischen 2.500 und 2.300 m NN. Das Alter der Böden nimmt nach unten hin zu (SCHWIENBACHER et al. 2010).

Bodentyp		Vegetation	Horizont-Abfolge
<<< Alter der Böden (Chronosequenz)	Karbonathaltige Grobmaterial-Rohböden	Rezent eisfreie Fläche	Typ 1: (A)-C
		Alter Pionierstandort	Typ 2: (Ai)-C1v-C2v-C3v-C4v
		Alluviale Schwemmfläche im Rotmoostal	Typ 3: (Ai)-C1v-C2v-C3v
	Proto-Pararendzinen	Moos- und Polsterpflanzenreiche Pioniervegetation	Typ 1: (F)-(H)-Ahb-/Cv-Cv
		Von Nacktried dom. Initialrasen	Typ 2: F-H-Ahb/Cv-C1v-C2v- C3v-C4v
	Eisen-Humus-Podsol	Subalpiner Bürstlingsrasen	Typ 1: L-F-H-Ahe-Bs-Bh-Bv

3.1.1.5. Glossar – bodenkundliche Grundbegriffe

Bezeichnung und Definition der Bodenhorizonte (nach NESTROY et al. 2000)

Organische Auflagehorizonte

L – Streuhorizont. Oberflächlich aufliegendes und abgestorbenes organisches Material. Auf terrestrischen Böden besteht die Streu aus weitgehend unveränderte Blatt- und Nadelstreu.

F – Streuhorizont mit deutlich veränderter Blatt- und Nadelstreu.

H – Auflagehorizont, in dem die organische Substanz zum überwiegenden Teil (mind. 70 Masse-%) aus organischer Feinsubstanz besteht. Biogenes Material mit freiem Auge nur mehr sehr schwer feststellbar.

Mineralbodenhorizonte

Ah – Mineralischer Oberbodenhorizont mit erkennbarer Akkumulation org. Substanz.

Ahb - Mineralischer Oberbodenhorizont mit biogener Akkumulation der organischen Substanz.

Ahe - Mineralischer Oberbodenhorizont mit mäßiger Podsoligkeit. Der Der Humus ist teilweise ausgewaschen, das Gefüge meist brüchig-kohärent, z.T. zugleich plattig, örtlich kleine, meist diffus wolkige Bleichflecken mit 1-2, maximal 4 cm Durchmesser, ungleichmäßig humos, Horizontbegrenzung nach oben meist scharf, nach unten meist undeutlich.

B - durch Eisenoxid oder Eisenoxidhydrat gefärbter Verwitterungs- oder Anreicherungshorizont. (Unterboden).

Bv – Anreicherungshorizont, angereichert mit Ton oder Verbraunung durch Fe-Freisetzung.

Bs – Anreicherungshorizont, mit Sesquioxiden angereicht, meist aus den oberen Horizonten durch Podsolierung.

Bh – Mineralischer Horizont mit deutlich sichtbaren Humusstoffe aus den oberen Horizonten; durch Podsolierung oder Solodierung angereichert.

C - Locker oder festes Material, aus dem der Boden entstanden ist (Ausgangsgestein), oder das den Boden unterlagert.

E - Ein durch Lessivierung, Podsolierung, Feuchtbleichung oder Solodierung fahl gefärbter Eluvialhorizont ohne sichtbaren Humusgehalt.

3.1.2. Besonderheiten des Mikroklimas in der subalpinen, alpinen und nivalen Stufe

(verfasst von: Rosa Witty)

Mikroklima kann auf zwei Weisen definiert werden. Einmal das Klima in Bodennähe bis zu einer Höhe von zwei Metern (in der Ökologie verwendete Definition). Des Weiteren können genau definierte, kleine Räume (Gebiete) als Mikroklima bezeichnet werden (Klima Glossar). Die Besonderheit an Mikroklimata ist, dass es in der bodennahen Luftschicht eine außerordentliche Vielfalt in der kleinräumigen Ausprägung gibt. Die Grenzschicht zwischen Vegetation und Boden wird direkt durch diese beiden Faktoren beeinflusst. Vegetation und Boden bilden die aktiven Oberflächen für Strahlungsumsetzung, Verdunstung und Taubildung (Klima Glossar, Lexikon der Biologie). Eine längere Vegetationsperiode ist entscheidend für Pflanzen. Sie kann durch eine längere Besonnung und damit einhergehende Temperaturerhöhung begünstigt werden (ERSCHBAMER 2013). Des Weiteren bilden sie den Lebensraum für Tiere und Pflanzen. Das Mikroklima wird zusätzlich sehr entscheidend von abiotischen Faktoren beeinflusst. Topographische Gegebenheiten wie Exposition, Hangneigung, Relief, Meereshöhe haben einen sehr großen Einfluss auf das Mikroklima. Es können deutliche Unterschiede zwischen Mikroklimata innerhalb des gleichen Gebiets auftreten, sobald sich die Messorte beispielsweise in ihrem Relief (Kuppe, Mulde, Rücken) unterscheiden (ERSCHBAMER 2013, HARTL 2013). Weitere abiotische Faktoren, die eine entscheidende Rolle spielen, sind Substrateigenschaften, Schneebedeckung, APERZEIT, Strahlungsintensität (Tageslänge, Fröste) und Windexposition (ERSCHBAMER 2013, HARTL 2013). Weiterhin ist die Bodenbedeckung durch Pflanzen, wie auch ihre Dichte, Wuchshöhe und Artzusammensetzung ein wichtiger Faktor. Verschiedene Vegetationstypen können sich in ihrer Struktur und Ökophysiologie unterscheiden (ERSCHBAMER 2013). Auch dies hat letztendlich Auswirkungen auf das Mikroklima. Bei einem dichteren Bewuchs kühlt beispielsweise der Boden nachts weniger ab. Somit wird auch ein Rückzugsort für unterschiedliche Tierarten geschaffen. Auch die Waldgrenze spielt eine Rolle, Messungen über und unter der Waldgrenze zeigen kleinstandörtliche Unterschiede (HARTL 2013). Alpine Rasen haben im Gegensatz zu Baumbeständen während der Vegetationszeit eine höhere Bodentemperatur (ERSCHBAMER 2013).

Das für Pflanzen relevante Mikroklima wird auch Bioklima genannt (HARTL 2013, Lexikon der Biologie). Es ist definiert als der Bereich von der Oberkante bis zur Wurzelspitze der Pflanzen (HARTL 2013). Es konnte beispielsweise gezeigt werden, dass sich das Bioklima einer Pflanze vom umgebenden Klima unterscheiden kann (HARTL 2013). Dies ist darüber hinaus beeinflusst durch die Wuchsform (Polster, Spalierstrauch, Horst, einzeln (HARTL 2013). Betrachtet man einen ganzen Bestand, so kann festgestellt werden, dass er sich ein eigenes wärmeres, stabileres und feuchteres Mikroklima schafft (ERSCHBAMER 2013). Dies wurde beispielsweise von Erschbamer (2013) in ihrer Studie am Rotmoosferner gezeigt. Es konnte eine höhere Erwärmung der Pflanzenorgane, wie auch des Bodens und im Speziellen der Bodenoberfläche festgestellt werden. Die Temperaturerhöhung des Bodens und seiner Oberfläche ist wohl gemerkt abhängig von der Topographie und den Substrateigenschaften (ERSCHBAMER 2013).

Innerhalb des Höhengradienten von subalpiner bis nivaler Stufe, wie auch innerhalb der einzelnen Stufen, treten verschiedene Mikroklimata auf. Generell verändert sich das Klima durch eine Abnahme

der Luft- (ca. 0,4 – 0,7 °C pro 100 Höhenmeter) und Bodentemperatur, Zunahme der Niederschläge (ca. + 20 mm pro 100 Höhenmeter) und der direkten Sonneneinstrahlung (Eberhardt). Auch sind saisonale Unterschiede erkennbar. Außerdem verkürzt sich die Vegetationsperiode durch eine Verschiebung der Apherzeit nach hinten (HARTL 2013). Die subalpine Stufe reicht von einer Höhe von 1900 m NN bis auf 2300 m NN und ist durch größere Schwankungen in der Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Einstrahlung geprägt (EBERHARDT 2017). Die Jahresmitteltemperatur beträgt beispielsweise in Obergurgl (1938 m NN) 2,8 °C. Sie kann in anderen Gebieten jedoch auch niedriger (bis zu 0 °C) sein. Sie ist natürlicher Weise durch den Wald und die Waldgrenze geprägt. Die alpine Stufe erstreckt sich von 2300 m NN bis auf 3000 m NN (EBERHARDT 2017). Die natürliche Vegetation sind Zwergstrauchheiden und Rasen. Die Jahresmitteltemperatur liegt zwischen -1 °C und -3 °C. Ab ca. 3000 m NN beginnt die nivale Stufe. Sie hat eine Jahresmitteltemperatur von unter -3 °C und ist durch Fels, Eis und Schnee gekennzeichnet (EBERHARDT 2017). Die Vegetation ist artenarm (Moose, Flechten, Polster- und Felsspaltenpflanzen).

3.1.3. Wuchformen und Strategietypen der subalpinen und alpinen Stufe

(verfasst von: Christine Rosetti)

3.1.3.1. Strategietypen

Das Vorkommen von bestimmten Pflanzenarten ist von vielen Faktoren abhängig. Temperatur, Feuchte, Nährstoffsituation, Substrat, usw. spielen für die Entwicklung der Pflanzen und deren Fortbestand eine wichtige Rolle. Basierend auf diesen Parametern kann man Pflanzen in verschiedene ökologische Strategietypen einteilen (GRIME et al. 1988).

Die Kernstrategen sind folgende:

- **Konkurrenzstrategen** (C-Strategen; C = competitor): Alle Umweltparameter sind in einem Optimum. Die Pflanzen weisen eine hohe Plastizität mit häufig ausgebildeten Speicherorganen auf. Die Reproduktionsrate ist, verglichen mit anderen Strategen, gering. Hauptsächlich gehören Bäume, Sträucher und ausdauernde Stauden zu diesem Typ.
- **Stresstoleranzstrategen** (S-Strategen; S = stress tolerator) kommen mit Extrembedingung des jeweiligen Standortes und der zugrundeliegenden Limitation von Nährstoffen zurecht. Die betroffenen Arten haben eine niedrige Wachstums- und Reproduktionsrate, sind dafür aber langlebig. Hochgebirgsarten fallen unter diese Strategen.
- **Ruderalstrategen** (R-Strategen; R = ruderal) punkten mit schnellem Zuwachs. Sie sind meist kurzlebige, krautige Arten und kommen häufig an Standorten mit Störungen wie zum Beispiel an Bächen und Schutthalden vor.

Da die Zuordnung der einzelnen Pflanzenarten nicht immer so einfach ist, gibt es zahllose Übergänge (Abb. 41) zwischen allen drei Strategietypen (KLOTZ & KÜHN 2002).

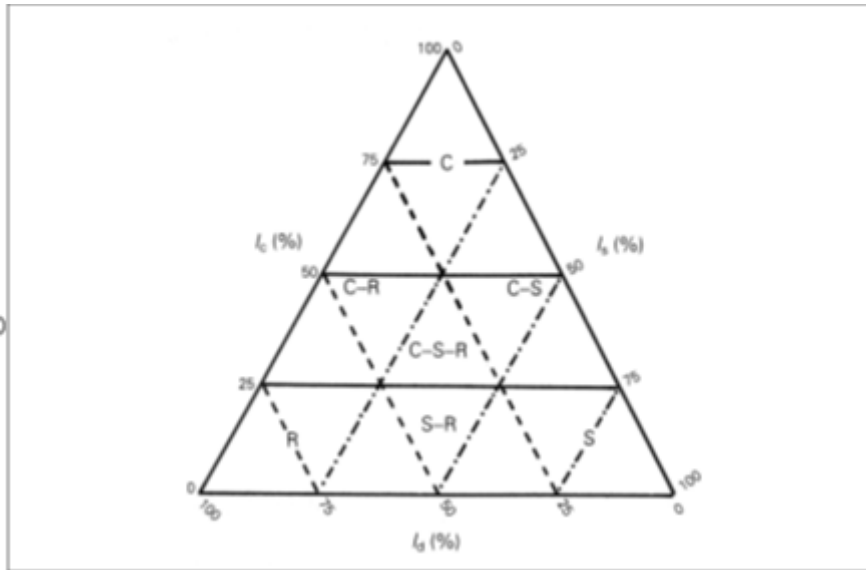


Abb. 41: Dreiecksmodell der ökologischen Primärstrategien: C = Konkurrenzstrategie, S = Stresstoleranzstrategien, R = Ruderalstrategien und Überganstypen mit relativer Bedeutung von Konkurrenz (I_c), Stress (I_s) und Störung (I_r) (nach GRIME et al. 1988) aus Klotz & Kühn (2002).

All diese Strategien sind Formen drei grundsätzlicher Überlebenswege:

- Der phylogenetischen Anpassung (Adaptation) im Laufe der Evolution,
- Der ontogenetischen Modifikationen (nicht mehr rückgängig machbar).
- Der reversiblen Anpassung (Akklimation), sprich Modulation.

Dies zeigt sich besonders in den jeweiligen Wuchsformen.

3.1.3.1. Wuchsformen

In der (sub)alpinen Höhenstufe haben sich drei typische Wuchsformen der Pflanzen etabliert, die als Antwort auf die herrschenden Temperaturen angesehen werden können. Man könnte die Pflanzen auch in Horstbildner, Polsterbildner oder Rosettenpflanzen einteilen. Alle drei Wuchsformen bilden ihr eigenes Mikroklima aus, wirken bodenstabilisierend und schutzbietend.

Horstbildende Pflanzen

Verschiedenste Süß- und Sauergräser werden auch als Horstgräser bezeichnet. Sie besitzen eine kurze Grundachse mit zahlreich verzweigten Seitentrieben. Dadurch können sie einen dichten Bestand ausbilden. Horstgräser erzeugen durch anhaftende tote Blätter bzw. Blattteile ihr eigenes Mikroklima. Zum Beispiel bei der Krummsegge (*Carex curvula*) erfolgt das Absterben der Blätter von der Blattspitze aus schon sehr früh (Abb. 42). Nur die jüngsten Blätter sind bis in die Spitze grün. Dies dient den Pflanzen als Windschutz und der Strahlungsabsorption, kommt aber auch dem Nährstoffhaushalt zugute.

Weiters könnte man die Horstgräser noch in Standhorste, wie zum Beispiel die Horstsegge (*Carex sempervirens*), und Wanderhorste, wie zum Beispiel das Borstgras (*Nardus stricta*), einteilen. Standhorste besitzen basale Seitenknospen aus denen ein dichter Pflanzenbestand aufgebaut werden kann. Die Wanderhorste breiten sich durch Ausläufer aus und können so einen dichten Pflanzenbestand bilden.



Abb. 42: Natürliche Wuchsform der Krummsegge (*Carex curvula*; Foto: Christine Rossetti).

Polsterbildende Pflanzen

Polster werden durch regelmäßiges Wachstum mit gleichmäßigen Verzweigungen gebildet. Man kann Vollkugel-, Halbkugel- und Flachpolster unterscheiden. Die Wuchsform ist genetisch fixiert (REISIGL & KELLER 1994). Die Polsterpflanzen (Abb. 43) werden auch gerne als Wärmefallen zur Wärmespeicherung und Streufallen für Nährstoffspeicherung angesehen.



Abb. 43: Detailaufnahme des gegenblättrigen Steinbrechs (*Saxifraga oppositifolia*) in Blüte, eine typische Polsterpflanze (Foto: Christine Rossetti).

Rosettenpflanzen

Rosettenpflanzen (Abb. 44) werden durch ihre dichtstehenden, gedrängten Blätter am Blattgrund charakterisiert. Dies ist die Folge eines sehr langsamen Streckenwachstums indem die Internodien sehr kurz bleiben. Es bildet sich eine Rosette aus.



Abb. 44: Ein typischer Vertreter der Rosettenpflanzen ist die Berg-Hauswurz (*Sempervivum montanum*), hier im vegetativen Zustand (Foto: Christine Rossetti)

3.1.4. Vegetationsgeschichte von Obergurgl bzw. des inneren Ötztales

(verfasst von: Petra Heidenwolf)

3.1.4.1. Pollenanalytische Rekonstruktion der Vegetationsgeschichte

Die Vegetation hat sich im Verlauf der Geschichte ständig verändert. Dies geschah zum einen durch natürliche Gegebenheiten, wie durch Klimaveränderungen, und zum anderen beeinflusste der Mensch, durch Rodungen für Ackerbau und Viehzucht, sowie durch das Anlegen von Straßen und das Gründen von Siedlungen, seine Umwelt. Derartige Vegetationsveränderungen können mit Hilfe der Pollenanalyse erfasst werden und dadurch einen Einblick in die natürliche und anthropogene Vegetationsentwicklung geben.

Im Zuge der Bestäubung werden jedes Jahr Pollen unterschiedlicher Pflanzenarten freigesetzt. Besonders bei windbestäubten Arten gelangen große Mengen an Blütenstaub in die Luft. Ein Teil dieser Pollen gelangt auf die Erdoberfläche und kann sich über Jahrtausende in Moor- oder Seeablagerungen erhalten. Das Pollenspektrum einer Schicht gibt Auskunft über die Vegetationszusammensetzung eines bestimmten Zeitabschnittes.

Menschliche Tätigkeiten können über sog. Siedlungszeiger erfasst werden, die in primäre und sekundäre anthropogene Indikatoren unterteilt werden. Zu den primären Indikatoren gehören Pflanzen, die vom Menschen angebaut wurden (LANG 1994). Die wichtigsten Gruppen der Kulturzeiger

bilden Getreidearten, Leguminosen, Öl- und Faserpflanzen (*Linum usitatissimum*, *Cannabis sativa*), sowie mehrjährige Fruchthölzer (*Vitis* sp., *Castanea sativa* und *Juglans regia*) (LANG 1994). Die vom Menschen unabsichtlich eingeführten Pflanzen zählen zu den sekundären Indikatoren (LANG 1994). Meistens handelt es sich um Ackerunkräuter, deren Ausbreitung durch die Landwirtschaft gefördert wurde. Eine der wichtigsten Arten ist der Spitzwegerich (*Plantago lanceolata*), der in weiten Teilen Europas verbreitet ist (LANG 1994). Lokale Weidezeiger, wie z. B. *Artemisia* sp., *Rumex acetosa*, Brassicaceae, Cichorioideae und Chenopodiaceae, können das Ausmaß der landwirtschaftlichen Nutzung reflektieren (PUTZER & FESTI 2014). Zu den Weidezeigern gehören auch Zwergsträucher und Sträucher, wie *Juniperus* sp. (LANG 1994). Weiters gehören die Poaceae zu den anthropogen geförderten Pflanzenfamilien (LANG 1994). Zusätzliche Faktoren, die auf eine intensive Landnutzung hinweisen, sind eine Abnahme der Baumpollen, eine Zunahme lokaler Holzkohle und das Vorkommen von koprophen Pilzsporen (PUTZER & FESTI 2014).

3.1.4.2. Vegetationsgeschichte Nordtirols

Im Präboreal (9610-8690 v. Chr.) findet eine Klimaverbesserung statt und hat zur Folge, dass sich in den Tallagen ein Eichenmischwald (EMW) ausbreitet. Mit der Ausbreitung des EMW erfolgt auch die Einwanderung der Hasel (*Corylus avellana*). Im Inntal herrscht im Präboreal und Boreal ein Trockenlaubmischwald bis in eine Höhe von ca. 1000 m NN (BORTENSCHLAGER 1984). Ulme, Linde, Esche und Hasel stiegen höher bis ca. 1200 m und bildeten in dieser Höhe einen breiteren Grenzsaum zwischen den Laubwäldern der Tieflagen und den Föhrenwäldern in höheren Lagen (BORTENSCHLAGER 1984). In höheren Lagen ab 1400 m NN wurde der Wald hauptsächlich durch Föhren und Birken bestimmt. In Obgurgl wird die Waldgrenze durch *Pinus cembra* gebildet. Durch ungünstige Klimabedingungen sinkt die Waldgrenze. Diese Schwankungen können in den Pollenprofilen erkannt werden, wodurch Rückschlüsse auf vergangene Klimabedingungen gemacht werden können.

Ab dem mittleren Präboreal treten erste Spuren der Fichte auf, die langsam aber kontinuierlich ansteigen (BORTENSCHLAGER 1984). Eine Einwanderung erfolgte ausgehend vom Alpenvorland, wodurch der Laub-Föhrenwald in einer Höhenlage von 1200-1400 m NN verdrängt wird, da die Fichte in den Tallagen nicht konkurrenzfähig war (BORTENSCHLAGER 1984). Gegen Ende des Boreals wurden die mittleren Höhenlagen hauptsächlich durch die Fichte bestimmt und die Waldgrenze wurde von der Zirbe und Lärche gebildet.

Die letzte große, nicht anthropogen beeinflusste Änderung der Wälder fand vor ca. 6500 – 6000 Jahren, durch das fast gleichzeitige Auftreten der Tanne und Buche, statt (BORTENSCHLAGER 1984). In den Tieflagen wurde dadurch der EMW verdrängt, in den mittleren Höhenlagen entstand ein Fichten-, Tannen- und Buchenwald und in den hohen Lagen blieben die Wälder relativ unverändert (BORTENSCHLAGER 1984).

Der Mensch war sicherlich schon im Paläo- und Mesolithikum in das Alpeninnere vorgedrungen. Am sog. „Beilstein“, in der Nähe der von Obgurgl (Gurglertal) auf 2117 m NN, wurden Feuersteine, Pfeilspitzen und Abschlüge gefunden, die beweisen, dass dieser Ort bereits vor 9500 Jahren als Lagerplatz genutzt wurde. Auch eine spätere Nutzung, die in das 15. und 17. Jh. zurückgeht, kann durch die noch heute vorhandenen, aber teils verfallenen Holzschuppen mit Steinmauern bestätigt werden.

Am Ende des Mesolithikums (~9600 v. Chr.) mit Beginn des Neolithikums (~5500 v. Chr.) ging der Mensch zu festen Siedlungen, Viehhaltung und Ackerbau über (Bortenschlager 1984). Für den Bau der Siedlungen benötigte der Mensch Holz und für Ackerbau und Viehzucht genügend Platz, sodass massive Rodungen die Folge waren. Der menschliche Eingriff zeigt sich in den Pollenprofilen durch ein

Sinken der Baumpollen (BP)-Kurve und einen Anstieg der Nicht-Baumpollen (NBP)-Kurve, mit gleichzeitigem Auftreten von Siedlungs- und Kulturzeigern, wie z. B. Getreidepollen.

Für die Rekonstruktion der Vegetationsentwicklung in Obergurgl können das Rotmoosmoor (Abb. 46), das Moor bei der Schönwieshütte (Abb. 47) und Gurgler Alm (Abb. 48) herangezogen werden (Legende zu den Pollenprofilen siehe Abb. 45). Die Moore befinden sich in einer Höhenlage um 2250 m NN und liegen somit im Bereich der Waldgrenze, wodurch die Schwankung der Waldgrenze im Holozän (begann vor ca. 11.700 Jahren, Erwärmung der Erde bzw. Ende der Eiszeit) sehr gut analysiert werden kann (BORTENSCHLAGER 2010). Zusammenfassend kann man sagen, dass ab dem Holozän die Waldgrenze im Bereich der Moore lag und zwischen 200-250 m schwankte (BORTENSCHLAGER 2010).

3.1.4.3. Rotmoos (2260 m NN)

Das Verhältnis zwischen Baumpollen und Nicht-Baumpollen, macht es möglich, die Schwankungen der Waldgrenze in der Vergangenheit festzulegen. Ein Anteil von etwa 25 % Nichtbaumpollen spricht für die Waldfreiheit (BORTENSCHLAGER 2010). Im Rotmoos schwanken diese Werte zwischen 25 und 40 % und zeigen eine Waldfreiheit an (Abb. 46). Diese finden von 265 bis 185 cm Tiefe statt und wurden als Rotmooschwankung 1 und 2 bezeichnet. Bei der Rotmooschwankung handelt es sich um Gletschervorstöße, die während klimatisch ungünstigen Bedingungen vor ca. 5000 Jahren stattfanden. Dazwischen sind immer wieder markante Gipfel von *P. cembra* erkennbar. Die außerordentlich hohen Werte an Cyperaceae weisen *Carex* sp. als Torf bildende Standortspflanze aus (BORTENSCHLAGER 2010).

Zwischen 180 und 140 cm (~3000-2680 v. Chr.) wurden sehr viele Holzreste gefunden, die ebenfalls einen Beweis für eine frühe Bewaldung des Gebietes liefern (BORTENSCHLAGER 2010).

Zwischen 135-115 cm (~2680-2325 v. Chr.) erreichen die NBP ihre Höchstwerte. Die steigenden NBP ab 85 cm und dann besonders in 72,5 bis 60 cm Tiefe (~1300 v. Chr.) zeigen wieder ungünstige Bedingungen mit Waldgrenzabsenkungen (BORTENSCHLAGER 2010).

Die Ausdehnung des römischen Reiches zeigt sich durch den Fund von Kulturzeigern, wie z.B. *Castanea sativa* und *Juglans regia*, die aus dem Fernflug stammen (BORTENSCHLAGER 2010). Ein vermehrtes Aufkommen von Weidezeigern findet ab 4000 v. Chr. statt und bestätigt somit, dass das Rotmoostal und die nähere Umgebung bereits sehr früh als Schafweide genutzt wurde (BORTENSCHLAGER 2010).

3.1.4.4. Moor bei der Schönwieshütte (2260 m NN)

Das Torfwachstum wird auf 8000 v. Chr. datiert (Abb. 47). Es dominieren Baumpollen und die Anwesenheit eines Zirbenwaldes wird durch den Fund von Teilen eines Zirbenzapfens und durch Samen belegt (BORTENSCHLAGER 2010). In 185 cm Tiefe (~7950 v. Chr.) sinkt der Anteil der Baumpollen. Es folgt eine ungünstige klimatische Phase und auf Grund der erhöhten NBP ist von Waldfreiheit in dieser Höhenlage auszugehen. Darauf erreicht die Waldgrenze im Bereich von 160-155 cm Tiefe wieder das Moor. Bei 153 cm sinkt die Waldgrenze. Es handelt sich um eine ungünstige klimatische Phase, die voraussichtlich bis um 7000 v. Chr. dauerte (BORTENSCHLAGER 2010). Die dominierenden Arten des alpinen Rasens werden zusammengefasst als Poaceae, Rosaceae, Apiaceae, Cichoriaceae, *Artemisia* sp., *Thalictrum* sp., *Selaginella selaginoides* und *Botrychium* sp. (BORTENSCHLAGER 2010).

Ab 127 cm (~6850 v. Chr.) besteht eine geschlossene *Picea*-Kurve, jedoch sind die niedrigen Werte dem Fernflug aus den Tallagen anzurechnen (BORTENSCHLAGER 2010). Sobald die 5 %-Marke überschritten wird, könnten sich bereits lokal einige Fichten etabliert haben.

Die Tendenz, dass *Pinus* sp. und *Picea* sp. waldbildend sind, steigt bei 90 cm Tiefe (~4620 v. Chr.; BORTENSCHLAGER 2010). Ab 85 cm nehmen die *Picea* sp.- und *P. cembra*-Werte deutlich ab. Die

Waldgrenze befindet sich unterhalb des Moors. Diese kühlere Phase wird der Rotmooschwankung (jüngeres Atlantikum; vor ca. 5000 Jahren, Klimadepression) zugeordnet (BORTENSCHLAGER 2010).

Die Weidezeiger nehmen darauf deutlich zu und in 35 cm (~2000 v. Chr.) treten die ersten Kulturzeiger (Getreide-Pollen) auf, allerdings handelt es sich hierbei um Fernflug aus den Tallagen (BORTENSCHLAGER 2010). Durch Brandrodung zur Weidegewinnung wurde die Waldgrenze deutlich abgesenkt, sodass ab diesem Zeitpunkt die Waldgrenze sowohl durch natürliche, als auch anthropogene Faktoren beeinflusst wurde (BORTENSCHLAGER, 2010).

3.1.4.5. Moor bei der Gurgler Alm (2240 m NN)

In 140 cm Tiefe befinden wir uns im Präboreal mit erhöhten NBP-Werten, was wiederum Waldfreiheit bestätigt (BORTENSCHLAGER 2010; Abb. 48). In 132 cm (~7715 v. Chr.) beginnt die Wiederbewaldung des Gebietes mit einer geschlossenen *Picea*-Kurve und einer *Pinus*-Dominanz (BORTENSCHLAGER 2010). Diese besteht jedoch nur bis ca. 1300 v. Chr., danach ist davon auszugehen, dass sich die Waldgrenze unterhalb des Moores befand (BORTENSCHLAGER 2010).

In 75 cm (~4255 v. Chr) nehmen die Holzkohlereste stark zu und es ist folglich mit menschlicher Aktivität (Brandrodung) zu rechnen, mit gleichzeitigem Anstieg der Weidezeiger (BORTENSCHLAGER 2010). Die teils abrupten Schwankungen in der *Betula*-Kurve können auch als Sukzessionsstadien nach Lawinenereignissen in der Nähe des Standortes interpretiert werden (BORTENSCHLAGER 2010).

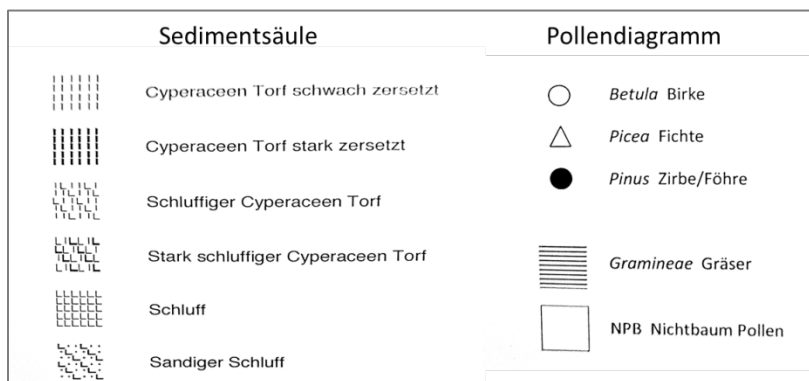


Abb. 45: Legende zu den Pollenprofilen (BORTENSCHLAGER, 2010).

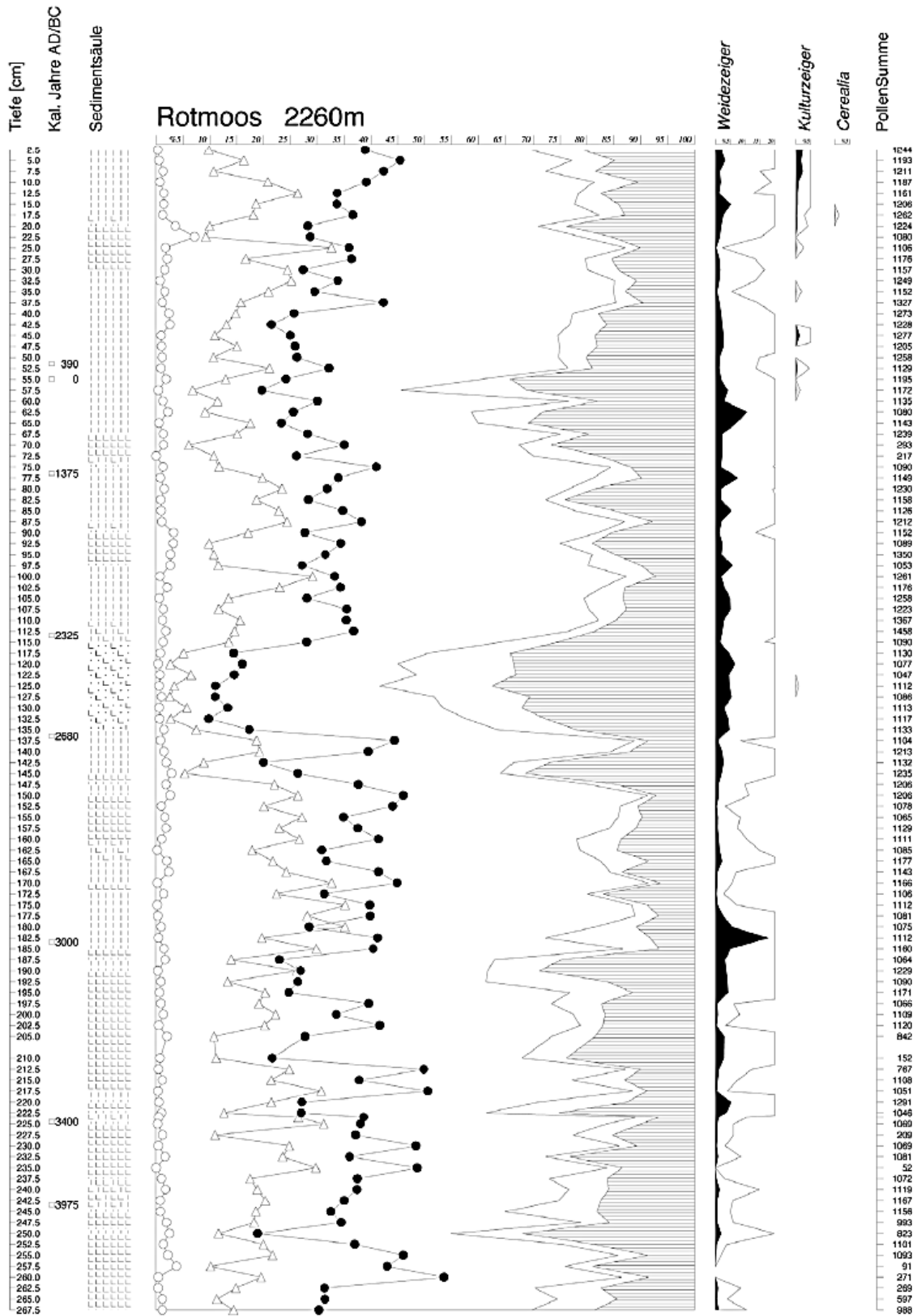


Abb. 46: Vereinfachtes Pollenprofil Rotmoos (BORTENSCHLAGER, 2010).

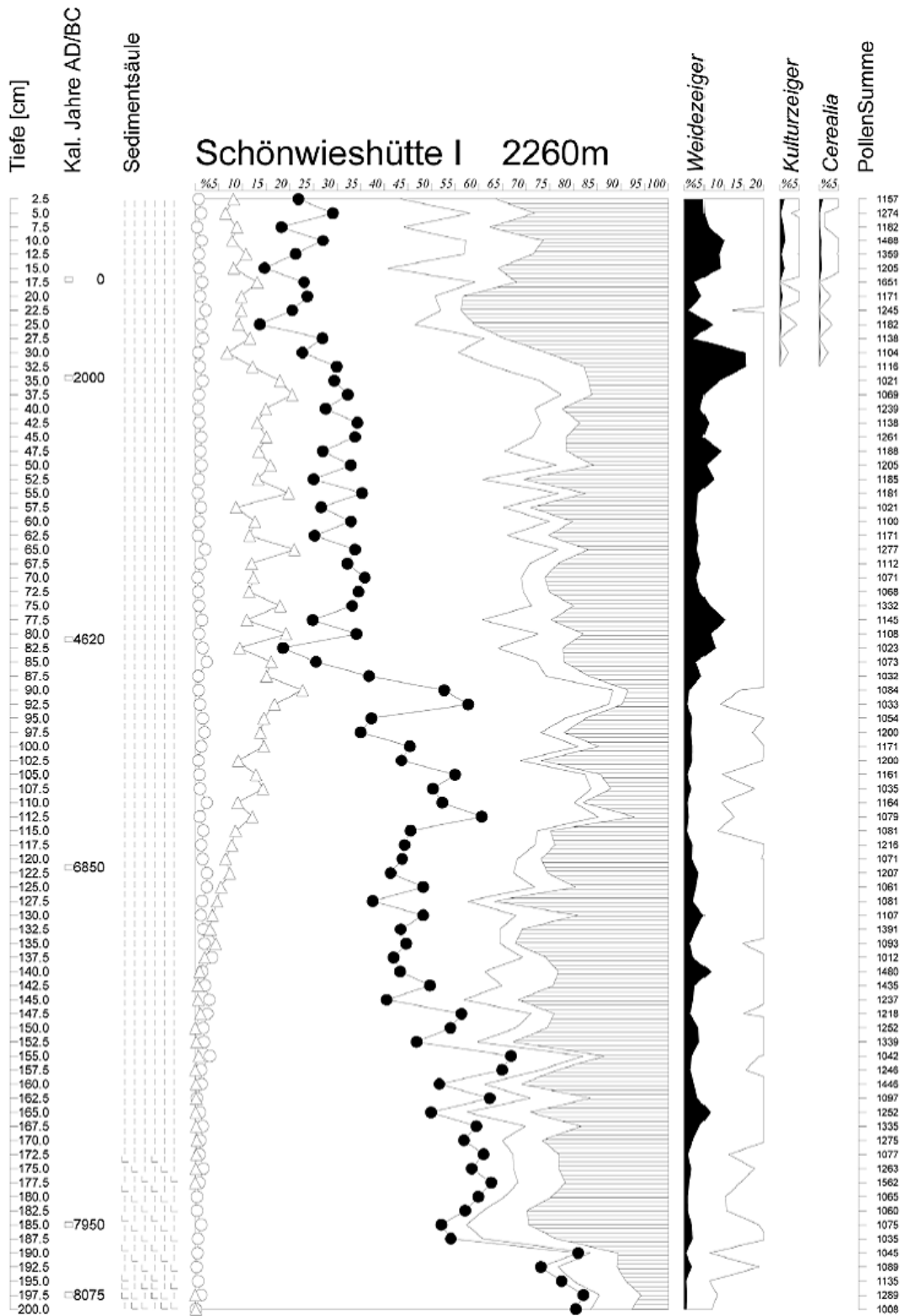


Abb. 47: Vereinfachtes Pollenprofil – Moor bei der Schönwieshütte (BORTENSCHLAGER, 2010)

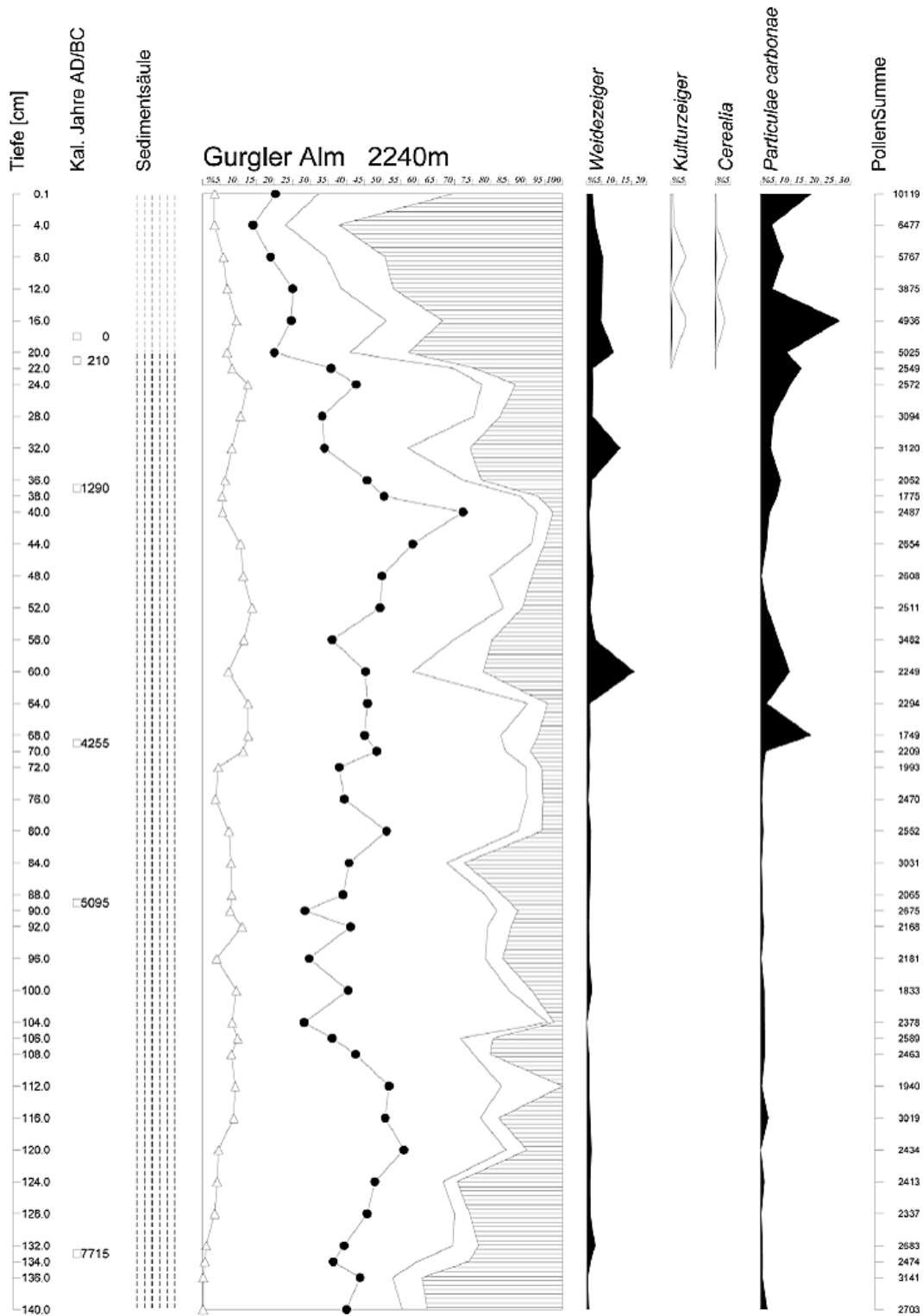


Abb. 48: Vereinfachtes Pollenprofil – Moor bei der Gurgler Alm (BORTENSCHLAGER, 2010).

3.2. Waldgrenze

3.2.1. Die Waldgrenze im Bereich der Zentralalpen

(verfasst von: Julia Hartmann)



Abb. 49: Weg zum Beilstein: Obergurgler Zirbenwald, Foto: Julia Hartmann.

3.2.1.1. Definitionen (KÖRNER 2012)

- Die Waldgrenze ist der Übergang von mehr oder weniger geschlossenem Wald zum lückenhaften Waldgrenz-Ökoton, wo Waldinseln, Zwergstrauchheiden und Rasenflächen abwechseln.
- Die Baumgrenze stellt die Obergrenze einzelner Bauminseln mit einer Baumhöhe von mindestens 3 m dar.
- Die Baumindividuen-Grenze ist das höchste Vorkommen von Individuen einzelner Baumarten.

Obergurgl befindet sich auf 1930 m Seehöhe in den Ötztaler Alpen (Abb.49) nahe dem Alpenhauptkamm. Erste menschliche Besiedelung und Bewirtschaftung wurde (mittels Nachweis von Brandrodung) bereits von etwa 3400 vor Christus nachgewiesen (PATZELT 1996). Die Besiedlung erfolgte vom Vinschgau über den Alpenhauptkamm, wodurch bereits damals eine Beeinflussung der Waldgrenze durch den Menschen gegeben war.

Das Gebiet ist aufgrund der hohen Bergketten durch das inneralpine Trockenklima geprägt (Jahresmittel der Niederschläge in Obergurgl = 819 mm) (Wikipedia, kein Datum). Obergurgl liegt in der kontinentalen Kernzone der Alpen. Dies ist der trockenste Bereich der österreichischen Alpen, mit starken jahreszeitlichen Temperaturschwankungen, die sich vor allem im subalpinen Bereich (= Waldgrenzbereich) bemerkbar machen. Hier schwanken die Temperaturen an einem Tag im Jahresmittel um 16 °C (KILIAN 1994). Die starke Erhöhung der Tagestemperatur führt oft zu einer Überschreitung des Temperaturminimums für das Baumwachstum (Temperaturlimitierung des Wachstums – Baumgrenzisotheorie (= mittlere Temperatur während der Wachstumsperiode) = 6,4 °C) (KÖRNER 2014) und somit kommt es zu einer Anhebung der Waldgrenze auf 2300 m Seehöhe. Der Jahresniederschlag beträgt zwischen 900 und 1000 mm (aufgrund der allseitigen Abschirmung durch Bergketten) und das Niederschlagsmaximum wird im Juli erreicht (KILIAN 1994). Die aktuelle Waldgrenze liegt jedoch bei etwa 2050 m NN, da es zu einem starken anthropogen verursachten

Waldverlust im Bereich der Waldgrenze kam und die Sukzession extrem langsam voranschreitet. Aufforstungsprojekte finden statt zeigen allerdings mäßigen Erfolg (JANDL et. Al 2012).

Die subalpine Stufe ist näherungsweise der Krummholzgürtel = das Ökoton zw. Wald- und Baumindividuen-Grenze. Der obere Bereich des Waldgrenzökotons besteht aus einer Zone mit Zwergsträuchern und wird oft zur unteren alpinen Stufe gerechnet (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010).

Wald- und Baumgrenze sind in unseren Breiten meist anthropogen nach unten verschoben und es ist oft schwer zu bestimmen, wo die „natürliche“ Waldgrenze läge. Aber der Wald wird nicht nur durch die Beweidung begrenzt, sondern auch durch Lawinschneisen, durch Bäche, erodierte Rinnen und Schuttflächen unterbrochen (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010).

Der Waldgrenzökoton beinhaltet Arten der montanen und alpinen Stufe, wobei bei natürlichen Verhältnisse mehr montane Arten vertreten sind. Der subalpine Wald wird durch eine geringe Wuchshöhe und ein lückiges Kronendach geprägt. Die Bäume sind meist bis zum Erdboden beastet und in den Lücken siedeln Zwergstrauchheiden und alpiner Rasen. Das lückige Kronendach sorgt für andere Bedingungen, als sie in einem geschlossenen Waldbestand mit dichter Krone zu beobachten wären. Schnee spielt im Waldgrenzökoton eine entscheidende Rolle und entscheidet, welche Pflanzengesellschaft entsteht (Tab. 44) (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010).

Tab 44: Zusammenhang zwischen Vegetationsform und Höhe der Schneedecke aus JANDL et. al (2012)

Höhe der Schneedecke im April [cm]	Pflanzengesellschaft	
5-10	<i>Alectoietum ochroleucae</i>	Windflechtenheide
10-30	<i>Loiseleurietum procumbentis</i>	Gemsheide
30-80	<i>Vaccinetum uliginosi</i>	Rauschbeerheide
80-200	<i>Rhododendretum ferruginei</i> + <i>Vaccinetum myrtilli</i>	Rostrote Alpenrose und Heidelbeere

Die Waldgrenze stellt **ein Mosaik aus verschiedenen Gesellschaftsfragmenten** dar:

- Subalpiner Wald
- Subalpiner-alpiner Rasen
- Subalpine-niederalpine Zwergstrauchheiden
- Hochmontane-niederalpine Quellsümpfe & Flachmoore
- Subalpine-alpine Hochstaudenfluren
- Subalpines Grauerlengebüsch
- Montane bis alpine Steinschuttfluren
- Montane-alpine Felsspaltenfluren
- Subalpine-nivale Kryptogamen-Gesellschaften (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010)

Das Ötztal ist ein Zentrum der hochsubalpinen Lärchen-Zirbenwälder = **Larici-Pinetum cembrae**

3.2.1.2. Typische Arten:

- ***Pinus cembra***
- ***Larix desidua***
- ***Pinus mugo* ssp. *mugo* = Latsche = Bergkiefer:** Pinaceae, strauchförmig, 1-3 m hoch, typischer krummer Wuchs. Sie ist monözisch (eingeschlechtlich), besitzt dunkelgrüne spitze Nadeln (bis 5 cm), die paarweise an den Kurztrieben sitzen. Zapfen werden zw. 3 und 7 cm lang (Abb. 50). Besiedelt mäßig trockene, felsige, sehr nasse und kalte Standorte zwischen 1000 und 2700 m Seehöhe, sehr Lawinenresistent aber wird von Klimax-Baumarten schnell verdrängt (Lichtkonkurrenz) (Wikipedia, kein Datum).
- ***Rhododendron ferrugineum* = Rostrote Alpenrose:** Ericaceae, stark verzweigt, immergrüner Strauch der 20 – 130 cm hoch wird, Rinde junger Äste rotbraun beschuppt, bei älteren grau, wechselständige Laubblätter die an den Zweigenden gehäuft auftreten, ledrige lanzettliche bis schmale-elliptische Blattspreite mit zugespitztem Ende, Blattrand ist fein gesägt und mehr oder weniger nach unten gerollt, Blattoberseite glänzend dunkelgrün und die Unterseite bei jungen Blättern gelblich – später rostbraun (Abb. 51). Blüte von Mai bis Juli – tief rosafarbene bis rote breit trichterförmige bis 2 cm lange innen behaarte Blüten. Bildet Kapselfrüchte. Häufig auf Silikat zw. 500 und 2800 m. Benötigt schützende Schneedecke um nicht zu erfrieren (Wikipedia, kein Datum).
- ***Juniperus communis* ssp. *nana* = Alpenwacholder,** Zwergwacholder, Cupressaceae, niederliegender Strauch bis 70 cm hoch, mit dünner zimtbrauner bis brauner Borke und breiten nadelförmigen Blättern. Diözisch mit so etwa kugelförmigen bräunlich-schwarz gefärbten Zapfen (Abb. 52). Weit verbreitet auf felsigen trockenen Böden und felsigen Spalten von 0 – 4050 m. Weibliche Zapfen werden zur Aromatisierung von Gin verwendet (Wikipedia, kein Datum).
- ***Vaccinium*-Arten:**
 - *Vaccinium vitis idea*
 - *Vaccinium myrtillis*
 - *Vaccinium gaulterioides*
 - *Vaccinium uliginosum*
- ***Alnus alnobetula* = *Alnus viridis* = Grünerle:** Betuloideae, die einzige strauchförmige Erlen-Art in Europa, sommergrün, 3-6 m hoch, glatte graue Rinde bis schwärzliche Borke, ungestielte Knospen, Laubblätter oval und doppelt gesägt (Abb. 53). Blüte (eingeschlechtlich) von April bis Juni. Sie wird bis 110 Jahr alt. Vorkommen vom Tal bis 2800 m, Pionierart an feuchten Standorten, bildet dort oft die oberste Stufe der Waldgrenze. Sie besitzt biegsame Äste und ist dadurch oft auf lawinengefährdeten Nordhängen zu finden. Sie bildet Symbiosen mit *Frankia* (Wikipedia, kein Datum).



Abb.50: *Pinus mugo* ssp. *mugo* von <https://upload.wikimedia.org/wi>



Abb. 51: *Rhododendron ferrugineum*, Foto: Julia Hartmann



Abb. 52: *Juniperus communis* von <https://de.wikipedia.org/wiki/Alpenwacholder>



Abb. 53: *Alnus alnobetula* von [https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Atlas_der_Alpenflora_1882_\(14784497692\).jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Atlas_der_Alpenflora_1882_(14784497692).jpg)

Weiters kommen auch Baumgruppen von *Betula pendula* und *Populus tremula* bis zur Waldgrenze hinauf vor.

3.2.2. Zwergstrauchheiden an der Waldgrenze und in der unteren alpinen Stufe in den Silikatalpen

(verfasst von: Angelika Ruele)

Lärchen-Zirbenwälder sind typisch für die hochsubalpine Stufe und den Waldgrenzbereich der Innen- und zum Teil auch der Zwischenalpen. Wird der Zirbenwald gestört, beispielsweise durch Rodung, Waldweide oder Lawinen, so besiedeln Zwergstrauchheiden als Ersatzgesellschaften das potentielle Waldgebiet (MAYER & ERSCHBAMER 2012). Zwergstrauchheiden bilden Übergangsgesellschaften, die vom Wald in die gehölzfreien hochalpinen Rasen führen (<https://www.uibk.ac.at/botany/alpinegarden/pflanzengesellschaften/zwergstrauchheide/index.html.de>).

In den Ostalpen wurde im Waldgrenzbereich das *Vaccinio-Pinetum cembrae* (Silikat-Lärchen-Zirbenwald) vielfach durch das *Rhododendretum ferruginei* (Bodensaure Alpenrosenheide) ersetzt. Die ausgedehnten Bestände in Obergurgl sind zum Großteil durch die menschliche Nutzung der Waldgrenzlagen bedingt. Seit 1950 hat sich die Landnutzung in der subalpinen Stufe sehr stark verändert. Durch die Auflassung von Almwiesen und Weiden dehnte sich das Areal der Zwergstrauchheiden aus.

Die Zwergstrauchheiden umfassen Gesellschaften wie das *Rhododendretum ferruginei*, das *Empetro-Vaccinietum gaultherioides*, das *Junipero-Arctostaphyletum* und das *Loiseleurio-Cetrarietum* (GRABHERR 1993).

Die wichtigsten klimatischen Faktoren, welche die Verteilung der Zwergstrauchgesellschaften bestimmen, sind insbesondere Windgeschwindigkeit, Schneehöhe und Bodentemperatur. Vorzugsweise kommen diese Gesellschaften an Hangbereichen zwischen 2000 m NN und 2400 m NN vor, wobei das *Loiseleurio-Cetrarietum* auf der Gurgler Heide zwischen 2150 m NN und 2220 m NN schneearme Windkanten dominiert und das hochwüchsige *Rhododendretum ferruginei* Muldenlagen oder Blockschutt bevorzugt (MAYER & ERSCHBAMER 2012). Als immergrünes trockenheitsempfindliches Gehölz kann die Alpenrose nur an Stellen mit genügend langer und hoher Schneedecke, welche vor Frostdrocknis schützt, weiter über die Waldgrenze hinaufsteigen (Abb. 54) (<https://www.uibk.ac.at/botany/alpinegarden/pflanzengesellschaften/zwergstrauchheide/index.html.de>).

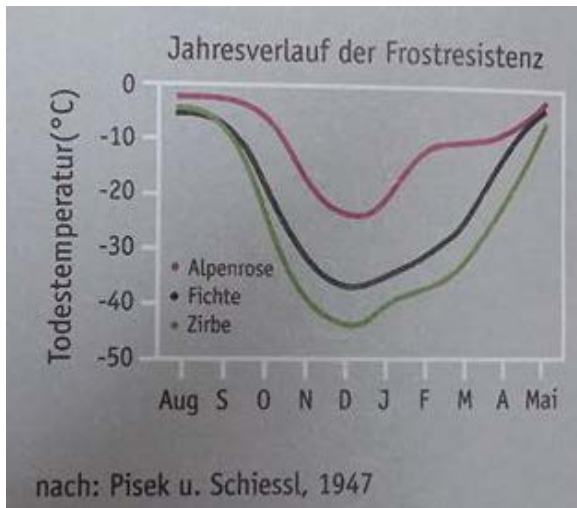


Abb. 54: Jahresverlauf der Frostresistenz. Deutlich zu erkennen ist die geringe Frostresistenz von *Rhododendron ferrugineum* (Obergurgler Zirbenwald, 2016)

Wichtige Zwergsträucher, die zusammen mit *Rhododendron ferrugineum* vorkommen, sind *Juniperus communis* ssp. *nana* (Zwerg-Wacholder), *Empetrum hermaphroditum* (Zwitter-Krähenbeere) gemeinsam mit den *Vaccinium*-Arten: *V. gaultherioides* (Rauschbeere), *V. vitis-idaea* (Preiselbeere) und *V. myrtillus* (Heidelbeere), welche vor allem in geschlossenen Wäldern dominieren. Nur vereinzelt kommt *Arctostaphylos uva-ursi* (Arznei-Bärentraube) vor, so vor allem auf flächengrünigen, stark besonnten Hängen.

Gräser: u.a. *Avenella flexuosa*, *Avenula versicolor*, *Nardus stricta*.

Kräuter: u.a. *Potentilla aurea*, *Mutellina adonidifolia*, *Lotus corniculatus*, *Ranunculus montanus*

Moose und Flechten: u.a. *Pleurozium schreberi* und *Peltigera aphthosa*

In höheren Lagen gedeiht an den Windkanten ein niederwüchsiger Zwergstrauchbestand, der von der teppichbildenden *Loiseleuria procumbens* (Immergrüne Gämsheide) geprägt wird, welche durch ihre dachziegelartige Schichtung den Wind bremst und durch ihre dicken Häute und dunklen Pigmente der Blattoberseite vor starker Strahlung an exponierten Lagen geschützt wird (Abb. 55). Auch *Vaccinium gaultherioides* tritt deckend auf, zudem sind Arten vertreten wie *Hieracium alpinum*, *Empetrum hermaphroditum*, *Carex curvula* und *Juncus trifidus*. Krautige Arten treten immer weiter zurück.



Abb. 55: *Loiseleuria procumbens* in Blüte.

Strauchflechten aus den Gattungen *Cetraria* (*C. islandica*) und *Cladonia* (*C. arbuscula*) spielen hier eine bedeutende Rolle. An besonders windexponierten Standorten tritt vor allem die Bartflechte *Alectoria ochroleuca* stärker hervor (MAYER & ERSCHBAMER 2012).

Tab. 45: A) Rhododendron ferruginei: Deckung und B) Loiseleurio-Cetrarietum: Deckung.

A)

Zwergsträucher	65-85%
Grasartige	5-15%
Kräuter	5-10%
Moos- Flechtschicht	10-70%

B)

Zwergsträucher	55-85%
Grasartige	5-25%
Kräuter	1%
Moos- Flechtschicht	10-60%

3.3. subalpine Stufe

3.3.1. subalpine Waldgesellschaften (vor allem Lärchen-Zirbenwald)

(verfasst von: Magdalena Held)

Der Lärchen-Zirbenwald ist typisch für die hochsubalpine Stufe (2000 – 2300 m NN) der kontinentalen Kernzone der Alpen und bildet die Waldgrenze der Innen- und zum Teil der Zwischenalpen (KILIAN et al. 1994). In Obbergugl liegt der Schwerpunkt dieser Waldgesellschaft auf 1900 - 2200 m NN (PITSCHMANN et al. 1980). Die Waldgrenze ist sehr oft durch menschliche Aktivität erniedrigt und liegt im Ötztal auf 2100 – 2200 m NN (RYBNÍČEK & RYBNÍČKOVÁ 1977). In Obbergugl stammen die ersten Brandhorizonte aus dem Neolithikum (PATZELT 1997), Teile des Waldes wurden also bereits seit 4230 v. Ch. für Almwiesen und -weiden gerodet. Weitere Brandhorizonte wurden auf 2000 v. Ch. und 100 n. Ch. datiert. Im 20. Jahrhundert verlor der Lärchen-Zirbenwald in Tirol etwa 75 – 80 % (KLOSTERHUBER & HOTTER 2001) der ursprünglichen Fläche, davon ist der Obbergugler Zirbenwald weitgehend verschont geblieben und erstreckt sich über ein Areal von 20 ha. Aufgrund seiner Geschlossenheit und seines Alters wurde er 1963 als Naturdenkmal unter Schutz gestellt (MOSEK 1973). Solche Wälder stellen neben einem wichtigen Schutz vor Erosionen und Hangrutschungen einen Lebensraum für Wildtiere dar, die sich im Winter aus baumfreien Berggebieten dorthin zurückziehen (MERTZ 1960).

Die Wiederbewaldung nach einem Feuer dauert mehrere Jahrzehnte und beginnt mit einer lärchenreichen Initialphase. Dann geht der Wald in eine Phase mit Lärche und Zirbe über, bevor er nach 300 – 400 Jahren die zirbenreiche Terminalphase erreicht (MAYER 1986, MAYER 1974). Obwohl auch die Zirbe (*Pinus cembra*) wie die Lärche (*Larix decidua*) auf einem Rohboden keimungsfähig wäre (REISIGL & KELLER 1999), stellt die Lärche aufgrund der unterschiedlichen Verbreitungsmechanismen der Samen alleine die Pionierbaumart dar. Der Tannenhäher (*Nucifraga caryocatactes*) legt die Samen der Zirbe nur an Orten ab, an denen er sie wiederfinden kann (MATTEK 1982), während die Lärchensamen vom Wind überall hingetragen werden können. Später wird die Lärche jedoch aufgrund der höheren Konkurrenzskraft der Zirbe stark zurückgedrängt.

Beim Obbergugler Zirbenwald handelt es sich um einen einheitlich aufgebauten Zirbenbestand in der Terminalphase. Er wird als Larici-Pinetum cembrae bezeichnet. In der Baumschicht findet man neben *P. cembra* einzelne Exemplare von *L. decidua*, *Picea abies* und *Sorbus aucuparia*. Die Kronendeckung beträgt meistens 30 – 50 %, an manchen Stellen bis zu 80 %. Die Strauchschicht ist meist spärlich und hat in Einzelfällen bis 30 % Deckung. Sie wird vor allem vom Jungwuchs der Zirbe gebildet, während selten auch *L. decidua*, *P. abies* und *Betula pendula* zu finden sind. Der häufigste Strauch ist *Lonicera*

caerulea. Im Unterwuchs können die Zwergsträucher bis 80 % Deckung aufweisen, wichtige Arten sind hier *Rhododendron ferrugineum*, *Juniperus communis* ssp. *nana*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Vaccinium myrtillus* und *Vaccinium gaultheroides*, sowie in aufgelichteten Beständen *Loiseleuria procumbens*. Grasartige können bis zu 50 % Deckung haben, hier sind vor allem *Calamagrostis villosa* und *Avenella flexuosa* zu nennen. Des Weiteren kommen zahlreiche krautige Arten mit geringer Deckung vor, wie beispielsweise die Weidezeiger *Mutellina adonidifolia*, *Lotus corniculatus* und *Potentilla erecta*. In höheren Lagen spielen Moose und Flechten, wie *Rhytidiadelphus triquetrus* und *Hylocomium splendens*, *Pseudevernia furfuracea*, *Letharia vulpina*, *Hyogymnea physodes*, *Usnea* sp. und *Cetraria islandica* eine wichtige Rolle (KOCH & ERSCHBARMER 2012).

Im Folgenden werden weitere Faktoren, die die Struktur und Zusammensetzung der Arten in der Baumschicht beeinflussen, genannt. Aufgrund eines Waldbrandes im Jahre 1880 ist der Bestand einschichtig, da nur ältere Zirben überlebten. Daher sind viele Individuen über 300 Jahre alt (LANDMANN 2006). Der Jungwuchs kann durch Skifahrer (GRABHERR 1987) oder den durch *C. villosa* gebildeten Grasfilz beeinträchtigt werden (MAYER 1974). Jedoch sind junge Zirben konkurrenzstärker gegenüber anderen Holzpflanzen, als Lärchen, da oft mehrere dicht beieinander keimen, von denen dann die stärkste überlebt (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010). Auch Waldweide, die seit 1930 verboten ist, beeinträchtigte das Aufkommen der Lärche (NEUWINGER 1987, MERTZ 1960). Die Fichte ist nur bis etwa 1700 m Höhe beigemischt, da sie eine niedrigere Frosttoleranz aufweist (KILIAN 1994).

3.3.2. subalpine Wiesen und Weiden (Borstgrasrasen, Goldhaferwiesen, Milkrautweiden)

(verfasst von: Jakob Schraffl)

3.3.2.1. Borstgrasrasen:

Charakterarten: *Nardus stricta*, *Arnica montana*, *Carex pallescens*, *Galium pumilum*, *Hieracium lactucella*

Trennarten: *Botrychium lunaria*, *Scorzonera humilis* und *Veronica officinalis*

Die Borstgrasrasen werden dem Verband Nardion und der Ordnung Nardetalia zugeordnet und werden als Gesellschaft Sieversio-Nardetum benannt (MUCINA et al. 1993). Generell sind solche Rasen von *Nardus stricta* beherrscht. Diese Art ist horstbildend und deshalb so dominant in dieser Gesellschaft (Benennung Gesellschaft nach dieser Art). Weiters sind in solchen Rasen auch relativ viele Grasarten vorhanden.

Sieversio-Nardetum, das auf die hochmontanen-subalpinen Stufen beschränkt ist, bevorzugt vor allem saure, lehmige und teilweise tonige Böden, wie Braunerde und Ranker. Die Borstgrasrasen werden auch als Ersatzgesellschaft der bodensauren Wälder genannt. Solche Rasen sind durch extensive Rinderbeweidung entstanden (anthropo-zoogen), da bei Beweidung die weniger schmackhaften Pflanzenarten wie *Nardus stricta* verschmährt werden und stehenbleiben. Solche Rasen sind hinsichtlich Futterqualität und Ertrag schlecht.

Die Charakterart *Nardus stricta* mag regenreiche, kalkarme und beweidete Gebiete. Ursprünglich kam die Art an waldfreien Schnee-Akkumulationslagen des Zwergstrauchgürtels bzw. im Waldgrenzökoton vor. Weiters kann *Nardus stricta* auch in andere Gesellschaften einwandern (z.B.: in Schneetälchen oder Kleinseggenmoore), dies liegt daran, dass *Nardus stricta* ein Ubiquist ist und genau dort einwandert, wo andere Arten und Gesellschaften durch Beweidung geschwächt werden. Heutzutage geht *Nardus stricta* wieder zurück, weil Magerrasen kaum mehr beweidet werden und bei zu intensiver Nutzung im Grünland die Konkurrenz einfach zu groß ist. Jedoch bleibt die Art dort, wo sie sich einmal festgesetzt, hartnäckig und oft auch dominant.

Allgemein kann noch gesagt werden, dass die Borstgrasrasen heute aufgrund von Düngung oder Auflassung der Flächen zurückgehen; aufgelassene Borstgrasweiden werden zu Zwergstrauchheiden. Dort wo sie heute noch vorkommen, ist ein ausreichender Schneeschutz notwendig (50 cm Schneehöhe, spätes Abschmelzen). Borstgrasrasen vertragen auch bis zu einem gewissen Maße Tritt.

3.3.2.2. Goldhaferwiesen:

Charakterarten: *Crepis mollis*, *Alchemilla vulgaris*, *Centaurea pseudophrygia*, *Crocus albiflorus*, *Narcissus radiiflorus*, *Phyteuma nigrum*, *Pimpinella major subsp. rubra* und *Viola tricolor subsp. subalpina*.

Trennarten: *Cirsium palustre*, *Hypochoeris radicata*

Konstante Begleiter: *Achillea millefolium*, *Alchemilla vulgaris*, *Alopecurus pratensis*, *Festuca rubra*, *Ranunculus acris*, *Plantago lanceolata*, *Geranium sylvaticum*

Die Goldhaferwiesen werden dem Verband Polygono-Trisetion und der Ordnung Arrhenatheretalia zugeordnet und werden als Geranio sylvatici-Trisetetum bezeichnet (MUCINA et al. 1993).

Goldhaferwiesen kommen auf einer Höhe von 400 m NN - 950 m NN auf frischen, mäßig sauren bis basischen und auf lehmig-sandigen bis lehmigen Böden vor. Meist werden solche Wiesen zweimal gemäht oder einmal gemäht und dann beweidet. Goldhaferwiesen sind gut nährstoffversorgt und liefern gute, qualitativ hohe Erträge. Häufig sind solche Gesellschaften in Berglagen mit anderen Gesellschaften vermischt. Bei zu starker Nährstoffzufuhr können Goldhaferwiesen in Hochstaudenfluren übergehen.

3.3.2.3. Milchkrautweiden

Trennarten: *Alchemilla hoppeana*, *Aster bellidiastrum*, *Plantago alpina*

Konstante Begleiter: *Agrostris capillaris*, *Alchemilla vulgaris*, *Campanula scheuchzeri*, *Lotus corniculatus*, *Poa alpina*, *Trifolium repens*, *Trifolium pratense*, *Crepis aurea*, *Leontodon hispidus*

Milchkrautweiden werden im Fachjargon als Crepido-Festucetum commutatae bezeichnet. Umgangssprachlich werden die Arten *Leontodon hispidus* und *Crepis aurea* als Milchkraut angesprochen (MUCINA et al. 1993).

Die Milchkrautweiden kommen zwischen der subalpinen und alpinen Stufe auf tiefgründigen und feinerdreichen Böden vor. Sie kommen am besten mit neutralen bis mäßig sauren pH-Werten zurecht. Diese Weiden sind die Folgegesellschaft von Fichtenwald und Krummholzgesellschaften und treten nach der Rodung dieser auf.

In solchen Gesellschaften fehlen hochwüchsige, gegen Beweidung empfindliche Arten und generell stehen Kräuter im Vergleich zu den Gräsern im Vordergrund (Unterschied zu tieferen Lagen).

Crepido-Festucetum commutatae sind die wertvollsten Grasland-Gesellschaften der subalpinen und unteren alpinen Stufe. Sie werden jährlich gedüngt und sind weiters wirtschaftlich bedeutende Almweiden. Milchkrautweiden fallen durch ihr saftig-grünes Aussehen auf. Häufig kann es außerdem zu einer Vermischung mit anderen Grasgesellschaften wie Borstgrasweiden kommen. Borstgrasrasen können bei starker Düngung in Milchkrautweiden übergehen.

3.4. Sonderstandorte

3.4.1. Moore der subalpinen und alpinen Stufe (Niedermoore, Hochmoore)

(verfasst von: Nils Bertol)

Moore entstanden seit Ende der letzten großen Eiszeit und bildeten vor einigen Jahrtausenden riesige Flächen in Mitteleuropa. Durch Trockenlegung und Nutzung wurden viele Moore zerstört und heute findet man sie nur mehr in meist geschützten Naturräumen. Die Einzigartigkeit dieser Lebensräume mit teils sehr spezifischer und angepasster Flora und Fauna sind für Biologen ein interessanter Forschungsbereich, dessen Schutz und Erhaltung allerhöchste Priorität haben soll.

3.4.1.1. Moorbildung

Wenn sich über mineralischem Grund über lange Zeit wassergesättigtes organisches Material – Torf – bilden kann, entwickeln sich Moore. Deren Entwicklung, Gestalt und Zusammensetzung hängt von Klima, Hydrogeologie und Geomorphologie ab (DIERSSEN & DIERSSEN 2008).

Die Bildung und Anhäufung von Torf sind die wichtigsten Kennzeichen eines Moores und stellen den grundlegenden Unterschied zu einem Sumpf dar. Im Sumpf wird durch einen schwankenden Wasserstand die Sauerstoffzufuhr immer wieder ermöglicht und dadurch kann die pflanzliche Totsubstanz abgebaut werden und es bildet sich nur eine dünne Humusschicht. Im Moor hingegen ist die Wassersättigung des Bodens ziemlich konstant und durch den daraus folgenden Sauerstoffmangel kann die organische Totsubstanz nicht vollständig abgebaut werden und es entsteht Torf (DIERSSEN & DIERSSEN 2008).

i) Prozesse der Moorentwicklung

Moore entwickeln sich, wenn Gewässer verlanden oder terrestrische Lebensräume versumpfen.

a) Verlandung

Wenn sich ein Gewässer mit Seesedimenten füllt und der Sauerstoffgehalt nicht ausreichend ist, um die zugeführten organischen Substanzen zu mineralisieren, verlandet der Wasserkörper. Die subhydrischen, organischen Bildungen, hauptsächlich Reste und Exkremente des Seeplanktons oder von Makrophyten, lagern sich ab und mit fortschreitender Verlandung werden die Seesedimente schlussendlich von Torfen überlagert (DIERSSEN & DIERSSEN 2008).

b) Versumpfung

Wenn an einem Standort das Grundwasser ansteigt oder der Abfluss bzw. die Verdunstung abnehmen, versumpfen Mineralböden. Die gebildete Phytomasse wird bei hohem Grundwasser aufgrund des Sauerstoffmangels unvollständig mineralisiert und es bilden sich Torfe. Dafür verantwortlich sind hauptsächlich Torfmoose (*Sphagnum* spp.) an der Oberfläche oberhalb des Grundwasserspiegels. Während sich in den meisten Ökosystemen langfristig ein Gleichgewicht zwischen aufgebauter und zersetzter Phytomasse einstellt, ist bei wachsenden Mooren ein Ungleichgewicht zugunsten der Torfbildung vorhanden. Meistens ist das auf eine verringerte Zersetzungsrate, aufgrund der schwer zersetzbaren Zellwände der Torfmoose, zurück zu führen (DIERSSEN & DIERSSEN 2008).

3.4.1.2. Klassifikation von Mooren

Eine einfache, aber für detaillierte Gliederung und Beschreibung unbefriedigende Einteilung unterscheidet zwischen Nieder- und Hochmoor (DIERSSEN & DIERSSEN 2008).

Ein Niedermoor ist vom Grundwasser gebildetes Moor, deswegen auch minerotroph genannt. Niedermoore findet man hauptsächlich im Tiefland, können aber auch im Gebirge auftreten. Sie sind in der Regel nährstoffreich.

Hochmoore werden nicht vom Grundwasser ernährt, sondern werden nur vom Niederschlagswasser gespeist und auch ombrogen oder ombrotroph genannt. Gewöhnlich sind sie nährstoffarm, weil Regenwasser kaum für Pflanzen verfügbare Nährstoffe enthält.

Man spricht auch von topogenen Mooren, wenn der Grundwasserspiegel konstant ist, und von soligenen, wenn das Grundwasser in Bewegung ist. Bei Quellen in Hanglagen haben wir es mit rheogenen Mooren zu tun, und bei von Regenwasser gespeisten Moore mit ombrogenen.

Eine genauere Unterteilung nach hydrologischen Kriterien sieht folgende Moortypen vor (DIERSSEN & DIERSSEN 2008):

a) Verlandungsmoore bilden sich durch Sedimentauffüllung in Seen, Altwässern und flachen Heidekolken. Die Verlandung findet durch die sich mit der Zeit Richtung Gewässermittelpunkt verschiebende Ufervegetation und durch die Bildung von torfmoosbeherrschten Schwingrasen statt. Für Stillgewässer sind Verlandungsmoore dessen Spätstadien.

b) Versumpfungsmoore entstehen, wo das Grundwasser nicht abfließen kann und sich oberflächennah anstaut. Es sind dies meist abflusslose Mulden oder Senken, wo sich die Torfe direkt über dem Mineralboden bilden.

c) Dort wo Oberflächenwasser in Geländesenken einströmt, können sich Kesselmoore bilden. Es sind dies meist überschaubare schüsselförmige Geländevertiefungen.

d) Überflutungsmoore bilden sich in Flussauen oder Seemarschen, die periodisch überschwemmt werden und deshalb die Torfbildung aufgrund des Sauerstoffmangels fördern. Die Torfschichten wechseln sich meist mit Sand-, Schluff- und Tonlagen ab.

e) Da Hangmoore sich im Allgemeinen im Bereich von Quellwasseraustritten entwickeln, werden sie oft auch als Quellmoore bezeichnet. Diese Moore sind meist nur kleinräumig und dessen Oberfläche kann eben, geneigt oder kuppig aufgewölbt sein.

f) Hochmoore bilden sich aufgrund eines Niederschlagsüberschusses und sind durch die Ansammlung von abgestorbener Pflanzensubstanz und der Torfbildung meist deutlich höher als das ursprüngliche Geländeniveau.

g) Niedermoore wie z. B. Kesselmoore können sich in niederschlagsreichen und kühlen Klimaten zu Hochmooren weiterentwickeln. Während des Übergangs von Nieder- zu Hochmooren erkennt man typische Zwischenstadien die als Zwischen- oder Übergangsmoore bezeichnet werden. Der dafür international gebräuchliche Begriff ist basenarmes Niedermoor.

3.4.1.3. Vegetation der Moore

Der Blick auf die vorherrschende Pflanzenwelt hilft bei einer schnellen Unterscheidung zwischen einem Nieder- und einem Hochmoor.

Beim Niedermoor finden wir aufgrund der verfügbaren Nährstoffe meist eine üppige und artenreiche Vegetation. Typisch im alpinem und subalpinem Gelände sind hierfür *Carex echinata*, *Carex nigra*, *Carex rostrata*, *Eriophorum angustifolium*, *Trichophorum cespitosum*, *Viola palustris*. Die vorhandenen Moose gehören meist zur Gruppe der Braunmoose (z. B. *Drepanocladus* sp.).

In Hochmooren finden wir dagegen eine eher spärliche und artenarme Pflanzenwelt vor, die vor allem aus Torfmoosen (*Sphagnum* spp.) besteht. Typische Hochmoorarten sind u. a. *Eriophorum vaginatum*, *Carex pauciflora*, *Carex paupercula*.

3.4.1.4. Moore in Obergurgl

Im Gebiet um Obergurgl finden wir verschiedene und sehr unterschiedliche Moore.

Zirbenwaldmoor

Am ersten Tag wanderten wir zum Zirbenwaldmoor (Abb. 56, Tab. 46), das im geschützten Obergurgler Zirbenwald liegt und einen Niedermoorcharakter mit einigen typischen Elementen eines Hochmoores (u. a. *Sphagnum magellanicum*, *Eriophorum vaginatum*, *Carex pauciflora*) aufweist. Es ist noch gut erkennbar, dass das Moor aufgrund der Verlandung eines ehemaligen Sees entstanden ist. Die kleine, offene Wasserfläche inmitten des Moores ist anthropogenen Ursprungs.



Abb.56:

Zirbenwaldmoor.

(http://www.naturparkoetztal.at/fileadmin/userdaten/Bilder/galerie_800x600px/landschaft/zirbenwald_obergurgl/zirbenwaldmoor_obergurgl_np_oetztal.jpg)

Tab. 46: Artenliste Zirbenwaldmoor.

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>Drepanocladus sp.</i>	Amblystegiaceae
<i>Eriophorum angustifolium</i>	Cyperaceae
<i>Eriophorum vaginatum</i>	Cyperaceae
<i>Juncus filiformis</i>	Juncaceae
<i>Sphagnum magellanicum</i>	Sphagnaceae
<i>Trichophorum cespitosum</i>	Poaceae
<i>Viola palustris</i>	Violaceae

Quellmoore im Gaisbergtal

Entlang des Gaisbergbaches können wir einige Quellmoore beobachten, wobei eines der letzten besonders durch die starke Präsenz von *Eriophorum scheuchzeri* auffällt.

Moore am Beilstein

Das Ziel unseres dritten Exkursionstages war der Beilstein. In der Nähe dieses prähistorischen Rastplatzes finden wir ein ausgedehntes Moor mit sowohl typischen Niedermoor- als auch Hochmoorarten (Tab. 47).

Tab. 47: Artenliste Moor am Beilstein.

Art	Familie
<i>Carex echinata</i>	Cyperaceae
<i>Carex nigra</i>	Cyperaceae
<i>Carex pauciflora</i>	Cyperaceae
<i>Carex rostrata</i>	Cyperaceae
<i>Carex sempervirens</i>	Cyperaceae
<i>Eriophorum vaginatum</i>	Cyperaceae
<i>Juncus filiformis</i>	Juncaceae
<i>Molinia caerulea</i>	Poaceae
<i>Potentilla recta</i>	Rosaceae
<i>Pseudorchis albida</i>	Orchidaceae
<i>Sphagnum magellanicum</i>	Sphagnaceae
<i>Trichophorum cespitosum</i>	Poaceae
<i>Vaccinium uliginosum</i> agg.	Ericaceae
<i>Viola palustris</i>	Violaceae

Rotmoosmoor

Das beeindruckendste Moor um Obergurgl ist das Rotmoosmoor (Abb.57), das sich am Talausgang des Rotmoostales über mehrere hundert Meter Länge ausdehnt.



Abb. 57: "Das Rotmoostal talauswärts in nordwestlicher Richtung, rechts im Bild der Rücken der Hohen Mut, linke Hangseite „unter den Wasserfällen“ gegen Hangerer; typische Herbstfärbung des eigentlichen Moores im Hintergrund gegen Schönwieshütte; Aufnahmedatum: 23.9.2009" (Foto: G. Gärtner). Aus: Glaziale und periglaziale Lebensräume im Raum Obergurgl, Koch E.-M., Erschbamer B. (eds.), iup

Das Rotmoosmoor begann sich vor 5.000 Jahren zu bilden und weist eine Torfhöhe von drei Metern auf (Abb. 58). In diesem Fall sprechen wir von Cyperaceen-Torf, da es aus Sauergräser-Resten besteht. Wir finden Zonen mit Nieder- als auch mit Hochmoorcharakter. Gespeist wird es vom Regenwasser sowie von Quellfluren des anliegenden Hanges. Neben dem Torf findet man im Rotmoosmoor auch graue Schichten, diese weisen auf Überflutungen durch die Rotmoosache hin. Außerdem findet man im Moor auch kantige Steine, die auf Felsstürze hinweisen. Auch Holzstücke wurden im Moor gefunden, diese konnten den Arten Grünerle und Zitterpappel zugewiesen werden und können bis zu 4.000 Jahren alt sein.



Abb. 58: Torfabbruch des Rotmoosmoores am Flussufer

3.4.2. Quellfluren in der subalpinen und alpinen Stufe

(verfasst von: Daniela Trippel)

Quellfluren bilden in der subalpinen und alpinen Stufe einen Sonderstandort. Diese Pflanzengesellschaften werden oftmals von Arten geprägt, die nur an diesen speziellen Standorten vorkommen. Quellfluren entstehen durch zufällige Quellaustritte und das Verrinnen des Quellwassers (Abb. 59). Sie werden von Hangwasser oder Quellwasser gespeist. Generell sind Quellfluren meist moosreiche, dauerhaft vom Quellwasser durchfeuchtete oder seicht überrieselte Rasen.



Abb. 59: Quellflur im Rotmoostal (auf der orographisch linken Talseite)

Charakteristisch für die Quellfluren sind die ganzjährig ähnlich bleibenden Standortbedingungen (Temperatur und chemische Wasserzusammensetzung). Der Kalkgehalt des Wassers entscheidet meistens über die Artzusammensetzung dieser Quellgesellschaften. Im klassischen Sinn werden Quellfluren (Klasse Montio-Cardaminetea) in zwei Verbände eingeteilt. Es wird hierbei zwischen dem kalkarmen Cardamino-Montion und dem basenreichen Cratoneurion commutati unterschieden (ZECHMEISTER 1993). Jedoch entspricht diese Einteilung nicht immer der Realität. Die Quellfluren bilden eine azonale Pflanzengesellschaft, deren Artzusammensetzung v.a. durch die Hydrologie bestimmt wird. Unterschiede zwischen Silikat und Karbonat sind im alpinen Gebiet relativ gering. Quellfluren werden erst spät im Jahr von Schnee bedeckt, haben somit eine lange Aperaturzeit. Weitere Einflussfaktoren sind der Quelltypus, die Schüttung, die Fließgeschwindigkeit, die Höhenlage und die Beschattung (ZECHMEISTER 1993). Diese Bedingungen führen dazu, dass sich in dieser Region kaltstenotherme, alpin-arktisch oder subalpin-boreale und frostempfindliche atlantische Arten treffen (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010).

Während unserer Exkursion in Obergurgl haben wir mehrere Quellfluren betrachten können. Ihre Bestandeshöhe ist niedrig und wird vorwiegend von Moospolstern dominiert, wobei sich assoziierte Phanerogamen davon abheben. Durch ihre notwendige Nähe zum Wasser sind einige Arten nicht sehr austrocknungstolerant. Beispielsweise *Bryum schleicheri* ist sehr austrocknungsempfindlich (Ellenberg & Leuschner 2010). Die Moospolster werden hauptsächlich von Laubmoosen gebildet (*Bryum*, *Cratoneuron*, *Philonotis*).

Saxifraga stellaris (Saxifragaceae), *Cardamine amara* (Brassicaceae) und *Carex frigida* (Cyperaceae) bilden zusammen eine Quellflur. Die kaltstenotherme Eissegge *C. frigida* bildet eine Eisseggen-Flur (Caricetum frigidae), die oft an Bächen oder Quellen vorkommt und tiefe Temperaturen im gesamten Jahresverlauf benötigt (Abb. 60). Diese besondere Quellflur hebt sich von den umgebenden Zwergstrauchheiden und Weideflächen ab. Weitere wichtige Arten sind *Trichophorum cespitosum*, *Carex echinata*, *Juncus articulatus*, *Pinguicula leptoceras* und *Sphagnum* sp.

Im Rotmoostal haben sich durch Hangwasser ebenfalls moosdominierende Quellfluren des Cratoneurion gebildet. Die Bachläufe sind leicht mit Wasser überrieselt. Aufgrund der geologischen Besonderheit im Rotmoostal liegen diese Standorte auf einem Gemisch aus Silikat und Kalk. Arten, die im Rotmoostal an Quellfluren anzutreffen sind (Abb. 59), sind *S. stellaris*, *S. aizoides*, *P. leptoceras* und *Epilobium alsinifolium* (NAGL & ERSCHBAMER 2010), sowie *Arabis soyeri*, das nur an Feuchtstandorten vorkommt. Eine besondere und seltene Art ist *Carex bicolor*, die der alpinen Schwemmufergesellschaften des Caricion bicoloris-atrofuscae ihren Namen gibt (NAGL & ERSCHBAMER 2010). Zusammen mit *C. capillaris* und *Juncus triglumis* besiedeln sie kiesige Uferbereiche am Rande der Rotmoosache.



Abb. 60: Eisseggen-Flur mit *Carex frigida*

Aufgrund der Kleinflächigkeit dieser besonderen Pflanzengesellschaft lassen sich in dieser Vegetation und in angrenzender Umgebung auch andere Arten wie zum Beispiel *Potentilla erecta* finden oder auch andere Elemente der Rasengesellschaften (NAGL & ERSCHBAMER 2010). Quellfluren vermischen sich im Hochgebirge mit alpinen Urwiesen und Schuttfluren (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010). Viele Arten, die wir im Zusammenhang mit den Quellfluren betrachtet haben, sind Arten aus Nieder-, Hoch- oder Quellmooren. Sie sind alle an feuchte oder überrieselte Standorte angepasst. Im Vergleich zu anderen Pflanzengesellschaften stellen Quellfluren eine eher artenarme Vegetation dar.

Die moosreichen Kalkquellfluren des Cratoneurion commutati können zur Tuffbildung führen, da durch Kohlenstoffdioxidassimilation der Pflanze Kalk entsteht. Diese Assoziation kann in das Caricetum davallianae (Kalk-Kleinseggengried) übergehen, wenn genügend Tuff abgesondert wird (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010).

Quellfluren bieten extrem stenöke Tier- und Pflanzenarten einen Lebensraum. Im Hochgebirge sind die Quellfluren bislang noch nicht gefährdet. Da diese Pflanzengesellschaften aber auch kleinräumig in flacheren Ebenen Mitteleuropas vorkommen, sollten sie geschützt werden, damit sie nicht durch land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen verdrängt bzw. negativ beeinflusst werden (ZECHMEISTER 1993).

3.5. alpine Stufe

3.5.1. Das *Caricetum curvulae* / Krummseggenrasen

(verfasst von: Tanja Schaefermolte)

Das klassische *Caricetum curvulae* Rübél 1911, der typische Krummseggenrasen, ist eine Assoziation im Verband *Caricion curvulae* Br.-Bl. in Br.-Bl. et Jenny 1926 und ist die am weitesten verbreitete, geschlossene Vegetation der alpinen Stufe auf sauren, nicht zu trockenen Böden. Das *Caricetum curvulae* mit der Charakterart *Carex curvula* s. str. bildet die Klimaxgesellschaft in den Zentral- und Ostalpen in 2400 m NN - 2800 m NN (Pflanzenwelt der Furka 2012). Die Gesellschaft bildet sich auf sonnigen, flachen bis wenig geneigten Flächen, die nährstoffarm, aber gut mit Wasser versorgt sind. Die obere Humusschicht hat selten einen pH-Wert höher als 5,5. Bei den Böden handelt es sich häufig um Pseudogleye und junge, kalkarme Ranker (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010). Kennarten sind *Oreochlea disticha*, *Pedicularis kernerii* und *Veronica bellidioides*. Dominante und konstante Begleiter sind *Carex curvula* ssp. *curvula*, *Agrostis rupestris*, *Avenula versicolor*, *Leucanthemopsis alpina*, *Minuartia sedoides*, *Phyteuma hemisphaericum*, *Pulsatilla alpina* subsp. *austriaca*, *Senecio incanus* ssp. *carniolicus* und *Silene acaulis* ssp. *exscapa* (GRABHERR, 1993). *Carex curvula* bildet in diesem flachgründigen Boden einen dicken Wurzelfilz, der es für andere Arten schwierig macht, sich zu etablieren (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010). Flechten wie *Flavocetraria cucullata et nivalis*, *Cladonia ericetorum et arbuscula*, *Cetraria islandica* und *Thamnolia vermicularis* können die durch intraspezifische Konkurrenz entstandenen, oberirdischen Lücken zwischen der Segge gut besiedeln, da sie im Vergleich zu Blütenpflanzen edaphisch unabhängig sind. Diese Flechten bilden einen großen Teil der Biomasse. Das *Caricetum curvulae* differenziert sich von den anderen Assoziationen des *Caricion curvulae* durch die Präsenz von Habichtskräutern, wie *Hieracium alpinum et piliferum* (https://www.infoflora.ch/de/lebensraeume/phytosuisse/43114-caricetum_curvulae.html).

In zunehmender Höhe löst sich die Gesellschaft in Rasenflecken auf, wird von Silikatschuttfuren abgelöst und weicht an windexponierteren Gratlagen dem Nacktried (*Kobresia myosuroides*). Im subalpinen Bereich wird die Gesellschaft durch das *Nardion* ersetzt. Der Futterwert ist nur für Schafe und Ziegen ausreichend.

Der Standort des *Caricetums* ist feuchter, als das strohige Aussehen der dominanten Arten vermuten lässt. Krummseggenrasen benötigen eine Schneebedeckung von sieben bis acht Monaten im Jahr und sind eng verzahnt mit den an noch feuchteren Standorten auftretenden Schneetälchengesellschaften (https://www.infoflora.ch/de/lebensraeume/phytosuisse/43114-caricetum_curvulae.html).

Die Strohtunika entsteht, da die Blattscheiden der Krummsegge stark zersetzungresistent sind. Auch die Blattspreiten sterben kurz nach Erscheinen an der Spitze beginnend kontinuierlich ab und werden von dem Pilz *Clathrospora elynae* vorzersetzt. Die viele Nekromasse dient als Windfang und erzeugt

ein günstiges Mikroklima, sodass die Temperatur direkt an der Pflanze bis zu zehn Grad wärmer sein kann als die Umgebungstemperatur.

Carex curvula breitet sich mit Ausläufern circa 0,5 mm pro Jahr aus und bildet so Quadratmeter große Klone, die tausend Jahre alt sein können. In einem *Caricetum* kann die unterirdische Biomasse das 18-fache der oberirdischen Biomasse betragen (Pflanzenwelt der Furka 2012).

3.5.2. Elynetum (= Nacktriedrasen)

(verfasst von: Lukas Gräupner)

Das Nacktried (*Kobresia myosuroides*) hat eine auffallend leuchtend braune Farbe. Es bildet kleine, dichte Horste mit harten Stängeln. Teilweise findet Vergesellschaftung mit der Felsensegge (*Carex rupestris*) statt. Charakterarten können *Carex parviflora* (zu *Carex atrata* gehörend), *Aster alpinus*, *Ligusticum mutellium*, *Oxytropis*- und *Astragalus*-Arten, sowie anuelle Gentianaceen wie *Gentiana prostrata*, *Gentiana nana*, *Gentianella tenellum*, *Lamatogonium (Swertia) carinthiacum*, sowie *Erigeron alpinus*, *Saussurea alpina*, *Hedysarum hedysaroides*, sohin Arten die in sonstige alpine und subalpine Rasen expandieren, sein. Das Nacktried kann höchstens als Verbands-Kennart betrachtet werden, weil es auch in den Kältesteppen der Arktis und Subarktis häufig vorkommt und dort verwandte Gesellschaften bildet. Windkanten oder Windecken, das heißt scharf hervortretende oder sturmexponierte Ränder größerer Rasenflächen sind bevorzugte Besiedlungsgebiete (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010). Diese Windkanten entstehen meistens durch Verletzungen einer schon geschlossenen Grasnarbe infolge von Solifluktion, Erdbeben, Tritt oder künstlichem Ausschnitt. Die meisten Elyneten sind Dauergesellschaften oder Abbaustadien von Rasengesellschaften, die unter weniger extremen Gegebenheiten entstanden sind. Auf manchen Gletschermoränen zB können Neubesiedlungen und Festigung von Rohbodenkuppen auftreten. Normale Sonnhänge oder sogar schattige Plätze haben immer eine niedrigere Verdunstung als die exponierten Nacktried-Windecken. Zudem fällt frühmorgens mehr Tau an den Windecken als an geschützteren Flächen aufgrund der heftigeren Luftbewegung. Niedrigere Tiefsttemperaturen auf diesen Rasen werden aufgrund fehlendem Schneeschutz und erhöhter Verdunstung erreicht, was Elynetum große Frosthärte abverlangt und diese in Teilen wie Sibirien oder Hochasien unter Beweis gestellt werden muss. Dem kontinentalen Klima solcher Nacktried-Standorte, entsprechen die großen Zahlen altaisch-alpiner Arten die dort wachsen, wie z.B. *Draba fladnizensis*, *Erigeron uniflorus*, *Lloydia uniflorus*, *Lloydia serotina* und *Oxytropis campestris* mit Verbreitungsschwerpunkt in den kontinentalen südsibirischen Gebirgen. Das sommerliche Klima ist hierfür entscheidend, sprich 4 Monate gute Wasserversorgung gefolgt von Monaten trocken oder halbtrocken (tiefere Lagen) oder kühl (untere alpine Stufe). Das nördliche Norwegen und Island bieten großflächige Nacktriedrasen wenig über Meereshöhe, meistens an Hangfüßen, wo die dünne Schneedecke sowieso wegeblasen wird (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010). Dieser Punkt ist noch nicht ganz geklärt, ob Elyna nur ohne einer Schneedecke überleben kann oder von ihr nur besser überstanden wird, als von anderen Rasenbildnern. Geographisch gesehen kommt Elynetum vor allem in den Massiven der West- und Ostalpen vor (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010). Die Überlegenheit dieses Rasentyps gegenüber jedem anderen zieht sich dort über mäßig geneigte Schutthalden und Moränenhängen mit extremen Windverhältnissen und Temperaturschwankungen über schmale Grate, Gipfel und Felsvorsprünge auf oberer alpinen bis subnivaler Stufe hin. Nacktried dominiert dort. Die Variation zwischen den Charakterarten und typischen Begleiter variiert nur wenig. In den Hohen Tauern auf Höhe der Kalkglimmerschiefer und Kalkphyllite sind die Bestände großflächig. Daher stammen auch die ausführlichsten Beschreibungen. Im Normalfall kommt Nacktried, durch die Bindung an Windkanten bzw. die Präferenz für kalkhaltige

Gesteine, in relativer Seltenheit und Kleinflächigkeit vor. Südlich des Alpenhauptkammes gibt es kaum Vorkommen und Nachweise (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010). Albrecht differenziert zwischen vier Subassoziationen, welche sich ökologisch durch den Grad der Bodenreifung und die ständige Nachfuhr von frischem Muttergestein, welches die immer aufkommende Versauerung, erklären lässt. Lippert unterscheidet Varianten nach Gesteinsuntergrund, Steilheit und Schneebedeckung (ELLENBERG & LEUSCHNER).

3.5.3. Schneeböden im Silikat (= *Salicetea herbaceae*)

(verfasst von: Iris Trenkwalder)

Schneebodenvegetation ist typisch für Muldenlagen der alpinen Stufe. Sie wird durch lange Schneedeckendauer und, daraus resultierend, von vergleichsweise guter Wasser- und Nährstoffversorgung bestimmt. Mikroklimatisch betrachtet sind Temperaturschwankungen in den feuchten Mulden weniger stark ausgeprägt als auf den angrenzenden trockeneren Rücken und das Temperaturregime ist im Allgemeinen kühler (WIJK 1986, ENGLISCH 1993, ELLENBERG & LEUSCHNER 2010).

Die Artzusammensetzung hängt von der Dauer der Schneedecke ab. Diese wirkt im Winter zwar als isolierende Schicht, verkürzt aber im Sommer die Vegetationsperiode. Daher weisen Schneebodenarten eine rasche Entwicklung auf. Bei höheren Pflanzen ist zur Ausbildung von Blüten und Früchten eine Aperaturzeit von zumindest drei Monaten notwendig. Bei einer kürzeren Vegetationsperiode ist nur vegetative Fortpflanzung möglich. Eine Schneedeckendauer von über zehn Monaten können nur Kryptogamen dauerhaft überleben, wobei an solchen Standorten aufgrund der Feuchtigkeit Moose dominieren (ENGLISCH 1993, ELLENBERG & LEUSCHNER 2010).

Typische Vertreter dieser Klasse sind *Salix herbacea*, *Gnaphalium supinum*, *Sibbaldia procumbens*, *Soldanella pusilla*, *Arenaria biflora*, *Cardamine alpina*, *Polytrichum norvegicum* und *Solorina crocea* (Abb. 61). Einige dieser Arten, wie *S. herbacea*, *S. procumbens* und *A. biflora*, haben als Anpassung auf die lange Schneedecke eine kriechende Wuchsform entwickelt. *S. pusilla* ist eine Art, die im Frühjahr mit ihren Blüten die Schneedecke durchstößt. Bei einer Schneehöhe von 11-18 cm reicht das verfügbare Licht für eine positive Photosynthesebilanz aus. Somit ist die Vegetationsperiode etwas länger als die Aperaturzeit (ENGLISCH 1993, ELLENBERG & LEUSCHNER 2010).

Unterhalb der Gurgler Scharte findet sich neben einem typischen *Salicetum herbaceae* ein *Polytrichetum sexangularis* (Abb. 62). Dies ist die extremste Form der Schneeböden mit einer schneefreien Zeit von höchstens zwei Monaten. Hier dominiert die Moosart *Polytrichum norvegicum* (= *Polytrichum sexangulare*; Abb. 61 g).



Abb. 61: *Salicetea herbaceae*. a *Salix herbacea*, b *Gnaphalium supinum*, c *Sibbaldia procumbens*, d *Soldanella pusilla*, e *Arenaria biflora*, f *Cardamine alpina*, g *Polytrichum norvegicum*, h *Solorina crocea*.



Abb. 62: *Polytrichetum sexangulare* unterhalb der Gurgler Scharte. Standorte mit einer Schneebedeckung von mehr als 10 Monaten werden in der alpinen Stufe von *Polytrichum norvegicum* (= *Polytrichum sexangulare*) dominiert.

Auf der Hohen Mut können zwei Assoziationen der *Salicetea herbaceae* unterschieden werden: *Nardo-Gnaphalietum supini* und *Salicetum herbaceae*. Typisch für *Nardo-Gnaphalietum-supini* sind *Gnaphalium supinum* und *Nardus stricta*, sowie die Begleitarten *Deschampsia cespitosa*, *Soldanella pusilla* und *Mutellina adonidifolia*. Diese Assoziation wurde bisher in der subalpinen Stufe beschrieben (ENGLISCH 1993), steigt aber auf der Hohen Mut bis in die alpine Stufe hinauf. Dies könnte auf die intensive Beweidung oder den Klimawandel zurückzuführen sein. Im *Salicetum herbaceae* finden sich neben *Salix herbacea* einige konstante Begleiter, wie *Leucanthemopsis alpina*, *Taraxacum alpinum* agg., *Sedum alpestre* und *Veronica alpina* (Abb. 63; eigene, nicht publizierte Daten).



Abb. 63: a-b **Nardo-Gnaphalietum supini**. a *Nardus stricta*, b *Mutellina adonidifolia*. c-f **Salicetum herbaceae**. c *Leucanthemopsis alpina*, d *Taraxacum alpinum* agg., e *Sedum alpestre*, f *Veronica alpina*.

Als Übergang zum alpinen Rasen (*Caricetum curvulae*) kann auf der Hohen Mut außerdem die Assoziation des *Hygrocaricetum curvulae* genannt werden. Hierfür typische Arten sind *Primula glutinosa*, *Polytrichum norvegicum*, *Gnaphalium supinum*, *Mutellina adonidifolia*, *Sibbaldia procumbens* und *Soldanella pusilla*. Als Begleiter kommen außerdem verstärkt trockenheitsangepasste Arten vor, etwa *Carex curvula* subsp. *curvula*, *Scorzoneroides helvetica* und *Leucanthemopsis alpina* (Abb. 64; eigene, nicht publizierte Daten).



Abb. 64: **Hygrocaricetum curvulae**. a *Primula glutinosa*, b *Carex curvula*, c *Scorzoneroides helvetica*.

2.6. nivale Stufe

2.6.1. Arten mit nivaler Verbreitung und ihre Ökologie

(verfasst von: Mirjam Schipflinger)

Die nivale Stufe wird auch die Stufe des ewigen Schnees genannt und bezeichnet jenes Gebiet der Alpen, in welchem durchschnittlich mehr Schnee fällt als abschmilzt (Moser 1973). Die klimatische Schneegrenze zwischen 2800 m NN und 3100 m NN ist eine theoretische Trennlinie und bildet den Übergang in die nivale Stufe.

Trotz des Schnee-Überschusses sind reichlich Aperstellen vorhanden, welche, sofern sie während der Vegetationsperiode einige Wochen schneefrei bleiben, das Besiedeln durch Kryptogamen und auch Samenpflanzen ermöglichen (MOSER 1973).

Die nivale Zone kann nach REISIGL & PITSCHMANN (1958) in drei Höhenabschnitte gegliedert werden: In der subnivalen Stufe löst sich die geschlossene Pflanzendecke der alpinen Stufe in kleinere, isolierte Fragmente auf. Charakteristisch ist hier also ein sehr lückiger Bestand mit Horstpflanzen, Polster- und Rosettenpflanzen, welche vor allem von Dikotyledonen gebildet werden, sowie Moosen und Flechten. In der darauffolgenden mittleren nivalen Stufe verschwinden die Rasenfragmente völlig und Pflanzenpolster mit Kryptogamen-Assoziationen stellen sich ein. In der oberen nivalen Stufe gibt es auf Nunatakkern nur noch sehr wenige Gefäßpflanzen, welche ausschließlich an lokalklimatisch günstigen Mikrostandorten an Graten und Felswänden zu finden sind (ELLENBERG 1996). Die Vegetation wird hier auf Silikat sowie auf Kalk hauptsächlich von Thallophyten gebildet.

Die Biodiversität nimmt also mit zunehmender Meereshöhe aufgrund von ungünstigen Bedingungen ab. Eine wesentliche Einschränkung im Hochgebirge ist die kurze Vegetationszeit (REISIGL & KELLER 1987). Während Pflanzen im Bereich der Waldgrenze mit ca. 120 Tagen rechnen können, stehen jenen in der nivalen Stufe nur mehr 60 Tage oder weniger zur Verfügung (ERLER 2002). Diese Pflanzen müssen ihre vegetative und reproduktive Entwicklung also rasch und vor allem bei niedrigen Temperaturen durchführen können, da die Temperatur pro 100 m Meereshöhe um etwa 0,6°C abnimmt (ERLER 2002, REISIGL & KELLER 1987). Auch die großen Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht, eine höhere Strahlungsintensität, starke UV-Strahlung und zunehmende Niederschläge stellen Herausforderungen dar. Eine höhenbedingte Abnahme von Bestäubern kann zudem zur Pollenlimitierung führen (KÖRNER 2003). Das Fehlen einer frostfreien Saison begrenzt das Pflanzenwachstum zusätzlich. An 63% der Tage der Vegetationsperiode ist mit nächtlichen Frösten zu rechnen (LACKNER 2012).

Als Anpassung an die extremen Klimabedingungen und den Mangel an Nischen im Hochgebirge haben sich vor allem die drei Wuchsformtypen Rosetten, Polster und Horste etablieren können (REISIGL & KELLER 1987). Neben der speziellen Wuchsform gibt es außerdem eine Vielzahl weiterer Überlebensstrategien und Anpassungen wie etwa das Ausbilden von großen Wurzelsystemen, die Kooperation mit Wurzelpilzen, die Anlage von Blütenknospen bereits vor dem Eintritt in die Winterruhe, die Bildung von wasserspeichernden Geweben oder die vegetative Vermehrung.

Nach GRABHERR et al. (1995) zählen *Draba fladnizensis*, *Poa laxa*, *Ranunculus glacialis*, *Cerastium uniflorum*, *Saxifraga oppositifolia*, *Saxifraga bryoides*, *Saxifraga exarata* und *Androsace alpina* zu den häufigsten Nivalpflanzen. Weitere typische Vertreter sind auf Silikat *Minuartia sedoides*, *Potentilla frigida* und *Silene*-Arten und auf Kalk *Saxifraga aphylla* und *Poa minor*.

In den europäischen Alpen gilt *Ranunculus glacialis* als eine der höchststeigenden Blütenpflanzen. Eine Stelle des Finsteraarhorns auf 4275 m NN gilt bis heute als höchster Fundort. Unter 2000 m NN ist die Pflanze nur selten anzutreffen (HEGI 1975).

Es handelt sich um einen Hemikryptophyten, welcher oft im Schutz von Eisüberhängen wächst. Diese haben die Wirkung eines Glashauses und ermöglichen das hohe Aufsteigen der Pflanze. Die Blätter besitzen keine auffälligen Klimaanpassungen, jedoch toleriert die Art extrazelluläre Eisbildung im Blattgewebe. Gekoppelt ist dieser Vorgang an eine Gefrierdehydrierung, wobei Wasser aus der Zelle in den Zellzwischenraum transportiert wird. Eine intrazelluläre Eisbildung wäre jedoch letal (LACKNER 2012). Die Toleranzgrenze liegt bei -6 °C. Auch die als höchstgelegene (4505 m NN) Blütenpflanze geltende *Saxifraga oppositifolia* weist eine bemerkenswerte Kälteresistenz der Blüten auf (Schädigung erst ab -10° bis -15°; KAINMÜLLER 1974).

Eine weitere Überlebensstrategie von *R. glacialis* ist, dass Reservestoffe aus den Blättern in die Wurzeln zurückverlagert werden und bereits gebildete Knospen wieder abgebaut werden können, wenn ungünstige Bedingungen während des Sommers herrschen.

Für alle Arten mit nivaler Verbreitung ist es von Bedeutung, die Zeitspanne zwischen Blühbeginn und Samenreife kurz zu halten, damit das Reifen der Samen während der begrenzten Vegetationsperioden sichergestellt werden kann (ERLER 2002). Der Gletscherhahnenfuß kommt mit einer Vegetationsperiode von nur ca. 7 Wochen aus und produziert dabei trotzdem zahlreiche Samen, was auf seine Vielseitigkeit in Bezug auf das Fortpflanzungssystem zurückzuführen ist. Er nutzt sowohl Fremd- und Selbstbestäubung als auch Apomixis (STEINACHER 2004). Die Fremdbestäubung erfolgt hauptsächlich durch Vertreter verschiedener Fliegenfamilien (TOTLAND 1994). Die arktisch-alpine Pflanze gehört zu den Frühjahrsblüheren, was bedeutet, dass die Blütenknospen zur Zeit des Ausaperns, im Gegensatz zu Hochsommerblüheren wie *Cerastium uniflorum*, schon weiter entwickelt sind (ERLER 2002). Bereits zwei Jahre vor dem Entfalten der Blüten werden Blütenanlagen ausgebildet (MOSER 1968). Während *C. uniflorum* nach der Schneeschmelze ungefähr einen Monat bis zum Beginn der Anthese benötigt, sind es bei *R. glacialis* nur etwa 10 bis 14 Tage (ERLER 2002). Zu den Frühjahrsblüheren zählen neben *R. glacialis* außerdem *Saxifraga oppositifolia* und *Soldanella alpina* (KÖRNER, 2003). Während bei frühblühenden Arten Selbstbestäubung nur eine untergeordnete Rolle spielt, sind Spätblüher von Selbstbestäubung, Apomixis und Viviparie geprägt (MOLAU 1993).

Zu den widerstandsfähigsten Besiedlern der Nivalzone zählen die verschiedensten Flechtenarten. Im Ötztaler Hochgebirge kommen unter anderem die Strauchflechten *Stereocaulon alpinum* und *Cetraria islandica*, die Landkartenflechte *Rhizocarpon geographicum* und das Totengebein *Thamnolia vermicularis* vor. Flechten ertragen sowohl extrem tiefe als auch extrem hohe Temperaturen. Sie schützen sich gegen Windschliff durch die Ausbildung einer Schicht abgestorbener Pilzhyphen und gegen hohe UV-Strahlung durch die Produktion von Usninsäure (OBERMAYR 1997). Auch die Grünalge *Chlamydomonas nivalis* ist durch die Einlagerung von UV-absorbierenden Pigmenten perfekt an den Standort angepasst. Zu den hochsteigenden Moosen zählen z.B. *Racomitrium canescens* und *Polytrichum piliferum*.

Das Hochgebirge bietet also trotz extremer Bedingungen noch zahlreichen Arten einen Lebensraum. Möglicherweise sind diese Pflanzen jedoch sogar gerade wegen der außergewöhnlichen Bedingungen dort überlebensfähig, denn sie zählen nicht zu den konkurrenzstarken Arten und könnten sich daher in dichten Vegetationsbeständen nicht behaupten.

4. ANHANG

Tabelle I: geordnete Liste der Vegetationsaufnahme im Obergurgler Zirbenwald

Aufnahmenummer	1	2	3
Flächengröße [m²]	4	4	4
Meereshöhe [m]	2058	2060	2040
Neigung [%]	15	8	0
Mesorelief (100 m Umkreis)	Mulde	Oberhang, Mulde	Mulde
Deckung Krautschicht [%]	95	80	80
Deckung Moosschicht [%]	3	16	20
Aufnahmenummer	1	2	3
<i>Vaccinium gaultherioides</i>	4	4	2b
<i>Vaccinium myrtillus</i>	2b	2a	2a
<i>Avenella flexuosa</i>	2m	2m	+
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	1	2a	1
<i>Rhododendron ferrugineum</i>		2a	2a
<i>Calamagrostis villosa</i>		2m	2a
<i>Calluna vulgaris</i>	2a	1	
<i>Polytrichum sp.</i>	+	2a	
<i>Homogyne alpina</i>		+	1
<i>Melampyrum pratense</i>	1	+	
<i>Empetrum hermaphroditum</i>		1	
<i>Gentiana punctata</i>	1		
<i>Juniperus communis subsp. nana</i>	1		
<i>Nardus stricta</i>			1
<i>Pinus cembra</i>		1	
<i>Scorzoneroides helvetica</i>		+	
<i>Pleurozium schreberi</i>	2a	2b	2a
<i>Hylocomium splendens</i>	+		
<i>Cladonia rangiferina</i>	+	1	
<i>Cetraria islandica</i>	+		

Tabelle II: Vegetationsaufnahmen im Bereich der Forscherhütte auf der Hohen Mut.

Aufnahmenummer	1	2	3	4
Meereshöhe (m)	2587	2620	2588	2610
Geogr. Koordinaten	N46°50'27,0' ' E11°2'23,3"	N46°50'26,5' ' E11°2'23,6"	N46°50'26," E11°2'23,4"	N46°50'26" E11°2'23"
<i>Carex curvula</i>	2a	4	3	4
<i>Avenula versicolor</i>	1	2b	2a	2b
<i>Cetraria islandica</i>	1	2m	1	2a
<i>Salix herbacea</i>	1	2m	2a	+
<i>Leucanthemopsis alpina</i>	1	1	1	1
<i>Scorzoneroides helvetica</i>	+	+	1	1
<i>Loiseleuria procumbens</i>	4	2a	2b	
<i>Persicaria vivipara</i>	1	2a	1	
<i>Veronica bellidioides</i>		2m	1	1
<i>Nardus stricta</i>		2a		2b
<i>Homogyne alpina</i>		2a		1
<i>Oreochloa disticha</i>	+	2a		
<i>Cladonia arbuscula</i>	1	2m		
<i>Potentilla aurea</i>		1		2m
<i>Polytrichum norvegicum</i>	+	2m		
<i>Festuca halleri</i>		2m	+	
<i>Gnaphalium supinum</i>		1		1
<i>Primula glutinosa</i>	1	1		
<i>Flavocetraria nivalis</i>	1		1	
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	1		1	
<i>Agrostis rupestris</i>	1		+	
<i>Dibaeis baeomyces</i>		+	1	
<i>Minuartia sedoides</i>		+	1	
<i>Thamnolia vermicularis</i>	+		1	
<i>Mutellina adonidifolia</i>				2m
<i>Cladonia symphycarpa</i>		2m		
<i>Alectoria ochroleuca</i>		2m		
<i>Anthoxanthum alpina</i>		2m		
<i>Geum montanum</i>				1
<i>Poa alpina</i>			1	
<i>Vaccinium gaultherioides</i>			1	
<i>Hieracium sp.</i>		1		
<i>Sibbaldia procumbens</i>	1			
<i>Antennaria carpatica</i>			+	
<i>Euphrasia minima</i>			+	
<i>Kobresia myosuroides</i>			+	
<i>Potentilla frigida</i>			+	
<i>Calluna vulgaris</i>		+		
<i>Anthelia juratzkana</i>	+			
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	+			
<i>Pleurozium schreberi</i>	+			

Tab. III: Vegetationsaufnahmen subalpiner Weiderasen, Bereich Beilstein, Fläche je Aufnahme 1x1 m.

Aufnahmenr.	1	2	3	4
Meereshöhe [m NN]	2135	2120	2105	2220
Neigung [%]	15	25	46	46
Exposition [°]	110	100	120	120
Mesorelief	Oberhang	Unterhang	Unterhang	Mittelhang
Deckung Baum [%]	0	0	0	0
Deckung Strauch [%]	0	0	7	0
Deckung Kraut [%]	96	85	80	97
Deckung Moos [%]	0	0	0	0
Höhe BS [m]	0	0	0	0
Hohe SS [m]	0	0	0	0
Durchschnitt. Höhe KS [cm]	15	20	20	10
Bodenwasserhaushalt (1=trocken, 2=mittel, 3=feucht)	2	2	2	1
Anzahl der Arten	21	22	19	18
<i>Nardus stricta</i>	3	4	3	3
<i>Phleum commutatum</i>	+			
<i>Luzula multiflora</i>	1		+	
<i>Festuca nigrescens</i>	+		2b	1
<i>Carex sempervirens</i>	+	2m		
<i>Anthoxanthum odoratum</i> agg.	1	2m		1
<i>Festuca rubra</i> agg.	1	2m		1
<i>Avenula versicolor</i>				2m
<i>Trifolium badium</i>	+	2m	1	
<i>Alchemilla vulgaris</i> agg.	1	1	1	+
<i>Potentilla erecta</i>	2a	2m		
<i>Potentilla aurea</i>				1
<i>Ranunculus acris</i>	+		+	
<i>Leontodon hispidus</i>	2a	2m	1	+
<i>Trifolium pratense</i> ssp. <i>nivale</i>	1	1	1	
<i>Crepis aurea</i>	+		1	
<i>Phyteuma betonicifolium</i>	1	1	1	1
<i>Phyteuma orbiculare</i>		1		
<i>Geum montanum</i>	2a	2a	2a	2a
<i>Solidago virgaurea</i>	+			
<i>Pericaria vivipara</i>	+	2m	1	2m
<i>Chaerophyllum villarsii</i>	+		+	
<i>Campanula scheuchzeri</i>	r			
<i>Campanula barbata</i>		+	+	
<i>Lotus corniculatus</i> agg.	r	+		1
<i>Vaccinium myrtillus</i>		2a		

<i>Vaccinium vitis-idaea</i>				+
<i>Calluna vulgaris</i>		1		
<i>Pseudorchis albida</i>		+		
<i>Scorzoneroides helvetica</i>		+		
<i>Coeloglossum viride</i>		+		
<i>Thesium alpinum</i>		+		
<i>Carlina acaulis</i>		2a	1	+
<i>Geranium sylvaticum</i>			+	
<i>Nigritella rhellicani</i>			+	1
<i>Potentilla crantzii</i>			1	
<i>Luzula sudetica</i>			+	+
<i>Gentiana acaulis</i>				1
<i>Juncus jaquinii</i>				2m

Tab. IV: Vegetationsaufnahmen 1971er Moräne.

Aufnahmenr.	1	2	3	4
Datum	07.07.2017	07.07.2017	07.07.2017	07.07.2017
Meereshöhe [m]	2380	2390	2390	2390
Neigung [°]	20	17	5	3
Exposition [°]	10	320	270	310
Mesorelief	Mulde	Kuppe	Kuppe	Mulde
Deckung Baumschicht [%]	0	0	0	0
Deckung Strauchschicht [%]	0	0	0	0
Deckung Krautschicht [%]	40	40	15	25
Deckung Moos [%]	10	15	20	10
Durchschn. Höhe KS [cm]	5	3	2	4.00
Gründigkeit Bodne [cm]	<15	<15	<15	<15
Boden Wasserhaushalt	mittel	mittel	trocken	trocken
Bodentyp	Syrosem	Syrosem	Syrosem	Syrosem
Arten				
<i>Racomitrium canescens</i>	2m	2a	2m	
<i>Avenula versicolor</i>	+			
<i>Festuca pumila</i>	1	1		
<i>Luzula spicata</i>	2a			
<i>Poa alpina</i>	2a	+	1	2m
<i>Achillea moschata</i>	1		r	
<i>Artemisia genipi</i>	1	1	1	2m
<i>Campanula scheuchzeri</i>	1	1	r	+
<i>Cerastium uniflorum</i>	+	1		1
<i>Leucanthemopsis alpina</i>	+	+		+
<i>Linaria alpina</i>	+		+	
<i>Minuartia gerardii</i>	1		+	
<i>Saxifraga aizoides</i>	1	+		
<i>Saxifraga bryoides</i>	1	2a	2m	
<i>Saxifraga oppositifolia</i>	1	+		2m
<i>Sempervivum montanum</i>	1			
<i>Silene acaulis</i> agg.	2a		1	2b
<i>Trifolium pallescens</i>	1	1	1	2m
<i>Arabis caerulea</i>		1		
<i>Artemisia mutellina</i>		1	2m	
<i>Euphrasia minima</i>		1	r	
<i>Leontodon hispidus</i> agg.		+		+
<i>Pedicularis kernerii</i>		+		
<i>Sedum atratum</i>		1	1	1
<i>Stereocaulon alpinum</i>			2a	1
<i>Festuca halleri</i>			1	
<i>Arenaria ciliata</i>			1	
<i>Erigeron uniflorus</i>			+	1

<i>Flavocetraria</i> sp.			+	
<i>Nardus stricta</i>			+	
<i>Saxifraga exarata</i>			+	
<i>Saxifraga paniculata</i>			2m	+
<i>Trisetum spicatum</i>				+
<i>Androsace obtusifolia</i>				+
<i>Gnaphalium hoppeanum</i>				+
<i>Salix herbacea</i>				2m
<i>Sibbaldia procumbens</i>				1
<i>Veronica alpina</i>				1

5. LITERATUR

BLUM, W. E.-H. (1992): Bodenkunde in Stichworten. Gebrüder Bornträger Verlagsbuchhandlung. 5. Revidierte und erweiterte Auflage, Berlin-Stuttgart.

Bortenschlager, S. (1984): Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols I. Inneres Ötztal und unteres Inntal. Ber. Nat.-med. Verein Innsbruck, Band 71, S.19-56.

Bortenschlager, S. (2010): Vegetationsgeschichte im Bereich des Rotmoostales. In: Koch, E. M. & Erschbamer (Hrsg.): Glaziale und periglaziale Lebensräume im Raum Obergurgl. Innsbruck university press, Band 1, S. 77-91.

Dierssen, B. & Dierssen, K. (2008): "Moore" aus der Serie "Ökosysteme Mitteleuropas aus geobotanischer Sicht". Eugen Ulmer KG.

Ellenberg, H. (1986): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 4. verb. Aufl. Ulmer, Stuttgart.

Ellenberg, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. Ulmer Verlag, Stuttgart.

Ellenberg, H. & Leuschner, C. (2010): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 6. Aufl. Stuttgart, Ulmer.

Englisch, Th. (1993): Salicetea herbaceae. In: Grabherr, G. & Mucina, L. (Hrsg.): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II, 382-401. Fischer, Jena.

Erler, S. (2002): Samenentwicklung und Reproduktionserfolg von *Ranunculus glacialis* L. und *Cerastium uniflorum* Clairv. Diplomarbeit am Institut für Botanik, Innsbruck.

Grabherr, G. (1987): Tourismusinduzierte Störungen, Belastbarkeit und Regenerationsfähigkeit

der Vegetation in der alpinen Stufe. In: MaB-Projekt Obergurgl. Veröffentlichungen des Österreichischen MaB-Programms, Patzelt, G. (Hg.), Wagner Innsbruck 10: 243–256. In: KOCH, E.-M. & ERSCHBAMER, B. (2012).

GRABHERR, G. (1993): Caricetea curvulae. In: Die Pflanzengesellschaften Österreichs Teil II, Grabherr, G., MUCINA, L. (eds) Gustav Fischer Verlag, Jena.

Grabherr, G. (1993): Loiseleurio-Vaccinietae. In: Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II: Natürliche waldfreie Vegetation, Grabherr, G. & Mucina, L.

Grabherr, G., Gottfried, M., Gruber, A., Pauli, H. (1995): Patterns and current changes in alpine plant diversity. In Chapin F. S., III and Körner C. (eds.), Arctic and Alpine Biodiversity. Ecological Studies 113: 167-181.

Grime, J. P., Hodgson, J. G. & Hunt, R. (1988): Comparative plant ecology. – London (Unwin Hyman), 742 S.

Hegi, G. (1975): Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Band III. Parey Verlag, Berlin, Hamburg.

JANDL, R., SCHINDLBACHER, A., SCHÜLER, S., & STÖHRE, D. (2012): Wald- und Waldgrenzforschung in Obergurgl. In E. Koch, & B. Erschbamer (Hrg), An der Grenze des Waldes und der menschlichen Siedlung. Innsbruck, innsbruck university press: S. 125-145

Kainmüller, C. (1974): Die Temperaturreistenz von Hochgebirgspflanzen. Dissertation. Innsbruck.

KILIAN, W. M. (1994): Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs: Eine Naturraumgliederung nach waldökologischen Gesichtspunkten. Wien, Forstliche Bundesversuchsanstalt, Waldforschungszentrum.

Kilian, W., Müller, F. & Starlinger, F. (1994): Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs. Eine Naturraumgliederung nach waldökologischen Gesichtspunkten. Forstliche Bundesversuchsanstalt, Wien, In E. Koch, & B. Erschbamer (Hrg), An der Grenze des Waldes und der menschlichen Siedlung. Innsbruck, innsbruck university press: 60 S.

Klosterhuber, R. & Hotter, M. (2001): Rote Liste der Wald- und Gebüschgesellschaften Nord- und Osttirols. Unveröffentlichter Bericht im Auftrag der Tiroler Landesregierung, Abteilung Umweltschutz. In: In E. Koch, & B. Erschbamer (Hrg), An der Grenze des Waldes und der menschlichen Siedlung. Innsbruck, innsbruck university press:

Klotz, S. & Kühn, I. (2002): Ökologische Strategietypen. In: Schriftenreihe für Vegetationskunde H. 38, Bundesamt für Naturschutz, Bonn, 197-201.

Körner, C. (2003): Alpine Plant Life: Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems. 2nd edition, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.

KÖRNER, C. (2012): Alpine Treelines: Functional Ecology of the Global High Elevation Tree Limits. Basel, Springer.

KÖRNER, C. (2014): Warum gibt es eine Waldgrenze? Biologie in unserer Zeit, 44: 250–257. doi:10.1002/biuz.201410542

Kompass-Karten-GmbH (2002): Inneres Ötztal. Gurgler Tal, Venter Tal, Pitztal. Kompass-Karten-GmbH, Innsbruck.

Krainer, K. (2010): Geologie und Geomorphologie von Obergurgl und Umgebung. In: Koch, E.M. & Erschbamer, B. (Hrsg.): Glaziale und periglaziale Lebensräume im Raum Obergurgl. Alpine Forschungsstelle Obergurgl 1, innsbruck university press, 31-52.

Lackner, B. (2012): Mikroskopische Analyse der Gefrierzytorrhose von Mesophyllzellen von "Ranunculus glacialis" und Entwicklung eines forschenden Unterrichtskonzepts zum Thema Frosttoleranz bei Pflanzen. Diplomarbeit am Institut für Botanik, Innsbruck.

Landmann, A. (2006): Alpiner Erlebnisweg Obergurgler Zirbenwald. Verein Naturpark Ötztal, 32 S. In: In E. Koch, & B. Erschbamer (Hrg), An der Grenze des Waldes und der menschlichen Siedlung. Innsbruck, innsbruck university press:

Lang, G. (1994): Quartäre Vegetationsgeschichte Europas. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.

Matthes, H. (1982): Die Lebensgemeinschaft von Tannenhäher, *Nucifraga caryocatactes* (L.), und Arve, *Pinus cembra* L., und ihre forstliche Bedeutung in der oberen Gebirgswaldstufe. Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf 241, 74 S. In: In E. Koch, & B. Erschbamer (Hrg), An der Grenze des Waldes und der menschlichen Siedlung. Innsbruck, innsbruck university press:

Mayer, H. (1974): Wälder des Ostalpenraumes. Gustav Fischer, Stuttgart, In E. Koch, & B. Erschbamer (Hrg), An der Grenze des Waldes und der menschlichen Siedlung. Innsbruck, innsbruck university press: 346 S

Mayer, H. (1986): Europäische Wälder. Gustav Fischer, Stuttgart, New-York. In E. Koch, & B. Erschbamer (Hrg), An der Grenze des Waldes und der menschlichen Siedlung. Innsbruck, innsbruck university press: 386 S.

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.

Mertz, P. (1960): Pflanzengesellschaften Mitteleuropas und der Alpen: Erkennen - Bestimmen - Bewerten; ein Handbuch für die vegetationskundliche Praxis. ecomed, Lansberg am Lech, S.

Molau, U. (1993): Relationships between flowering phenology and life history strategies in tundra plants. Arctic and Alpine Research 25: 391-402.

Moser, W. (1968): Neuer von der botanischen Forschungsstation „Hoher Nebelkogel“, Tirol. Jb. Ver. Schutz der Alpenfl. und -Tiere 33: 125-133.

Moser, W. (1973): Naturdenkmal Obergurgler Zirbenwald, Jenny-Druck, Innsbruck. In Erschbamer, B. & Koch, E.M. (Hrsg.): An den Grenzen des Waldes und menschlicher Siedlung. Alpine Forschungsstelle Obergurgl 2, innsbruck university press, Innsbruck:

Moser, W. (1973): Licht, Temperatur und Photosynthese an der Station „Hoher Nebelkogel“ (3184 m). In Ökosystemforschung (pp. 203-223). Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.

Mucina, L. & Grabherr, G. (1993) : Pflanzengesellschaften Österreichs (1993)

Nagl, F. & Erschbamer, B. (2010): Vegetation und Besiedlungsstrategien. In: Koch E.-M. & Erschbamer, B. (Hrsg.): Glaziale und periglaziale Lebensräume im Raum Obergurgl. Alpine Forschungsstelle Obergurgl 1, innsbruck university press, Innsbruck, 121-143.

Nestroy, O., Danneberg, O.H., Englisch, M., Geßl, A., Hager, H., Herzenberger, E., Kilian, W., Nelhiebel, P., Pecina, E., Pehamberger, A., Schneider, W. & Wagner, J. (2011): Systematische Gliederung der Böden Österreichs - Österreichische Bodensystematik 2000, in der revidierten Fassung von 2011. Hrsg.: Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft. Wien. Download unter: <https://www.bodensystematik.de/OEBG-Systematik.pdf> (letzter Zugriff: 01.07.2017).

Neuwinger, I. (1987): Bodenökologische Untersuchungen im Gebiet ObergurglerZirbenwald – Hohe Mut. In: Patzelt, G. (Hg.). MaB-Projekt Obergurgl. Veröffentlichungendes Österreichischen MaB-Programms, Wagner Innsbruck 10: 173–190. In: Koch, E.-M. & Erschbamer, B. (2012).

Obermayer, W. (1997): Flechten der Hochgebirge. In Scholler, H. [ed.]. Flechten: Geschichte, Biologie, Systematik, Ökologie, Naturschutz und kulturelle Bedeutung. Begleitheft zur Ausstellung `Flechten – Kunstwerke der Natur´: 119-127. Frankfurt am Main.

Ozenda, P. (1988): Die Vegetation der Alpen. Fischer, Stuttgart.

Patzelt, G. (1996): Modellstudie Ötztal – Landschaftsgeschichte im Hochgebirgsraum In: Koch, E.-M. & Erschbamer, B. (Hrg), Glaziale und periglaziale Lebensräume im Raum Obergurgl (S. 9-11). Innsbruck, innsbruck university press.

Patzelt, G. (1997): Arbeiten aus dem Forschungsinstitut für Hochgebirgsforschung. Die Ötztalstudie – Entwicklung der Landnutzung. In: Alpine Vorzeit in Tirol. Begleitheft zur Ausstellung. Oeggel K., Patzelt, G., Schäfer D. (Hg.) Universität Innsbruck: 45–62. In: Koch, E.-M. & Erschbamer, B., An den Grenzen des Waldes und der menschlichen Siedlung, Innsbruck, university press, Innsbruck (2012)

Pflanzenwelt der Furka – Kleiner Führer zu den Herbar-Collagen im Haus Rumex der alpinen Forschungs- und Ausbildungsstation Furka (ALPFOR) (2012). Broschüre der Alpinen Forschungs- und Ausbildungsstation Furka, Basel.

Pitschmann, H. Reisigl, H. Schiechl, H. & Stern, R. (1980): Karte der aktuellen Vegetation von Tirol 1 : 100.000. VII. Teil: Blatt 10, Ötztaler Alpen Meran. Documents pour la Carte de la Végétation des Alpes 23: 47–68 + 1 Karte. In: Koch, E.-M. & Erschbamer, B., An den Grenzen des Waldes und der menschlichen Siedlung, university press innsbruck, Innsbruck (2012)

Putzer, A., & Festi, D. (2014): Nicht nur Ötzi? – Neufunde aus dem Tisental (Gem. Schnals/Prov. Bozen). Prähistorische Zeitschrift, 89(1), S. 55-71.

Reisigl, H., & Pitschmann, H. (1958): Obere Grenzen von Flora und Vegetation in der Nivalstufe der zentralen ötztaler Alpen (Tirol). Vegetatio, 8(2), 93-129.

Reisigl, H., & Keller, R. (1987): Alpenpflanzen im Lebensraum. Alpine Rasen, Schutt- und Felsvegetation. Fischer-Verlag, Stuttgart.

Reisigl, H. & Keller, R. (1989): Lebensraum Bergwald. Spektrum Akadem. Verlag, Heidelberg.

Reisigl, H. & Keller, R. (1994): Alpenpflanzen im Lebensraum. Fischer, Stuttgart: 149.

Schachtenschnabel, P. & Scheffer, F. (1982): Lehrbuch der Bodenkunde. 11. Auflage. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.

Schwienbacher, E. & Koch, E.-M. (2010): Die Böden eines alpinen Blockgletschers. In: Koch, E.-M. & Erschbamer, B. (Hrsg.): Glaziale und periglaziale Lebensräume im Raum Obergurgl. Alpine Forschungsstelle Obergurgl 1, innsbruck university press, Innsbruck.

Steinacher, G. (2004): Reproduktionsbiologie von Hochgebirgspflanzen: *Ranunculus glacialis* und *Cerastium uniflorum*. Diplomarbeit am Institut für Botanik. Innsbruck.

Thies, H., Nickus, U., Mair, V., Tessardi, R., Tait, D., Thaler, B. & Psenner, R. (2007): Unexpected response of high alpine lake waters to climate warming. Environ. Sci. Technol. 41: 7424-7429.

Totland, O. (1994): Intraseasonal variation in pollination intensity and seed set in an alpine population of *Ranunculus acris* in southwestern Norway. Ecography 17: 159-165.

Wijk, S. (1986): Performance of *Salix herbacea* in an alpine snow-bed gradient. Journal of Ecology 74, 675-684.

Zechmeister, H. (1993): Montio-Cardaminetea. In: Grabherr, G. & Mucina, L. (1993): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II: Natürliche waldfreie Vegetation. Fischer, Jena.

Internet

Tiroler Rauminformationssystem Obergurgler Zirbenwald:

<http://www.naturpark-oetztal.at/besuchen/wandern/themenwandern/naturkundliche-themenwege/obergurgler-zirbenwald/> [25.07.2017]

450 Zirbenjahre in Sturm und Drang - Spurensucher im Salzburger Land. <https://www.youtube.com/watch?v=a8V1R7M74c4> [09.09.2017]

Wikipedia. Abgerufen am 10. 06 2017 von <https://de.wikipedia.org>

<https://www.uibk.ac.at/botany/alpine-garden/pflanzengesellschaften/zwergstrauchheide/index.html.de>

https://www.infoflora.ch/de/lebensraeume/phytosuisse/43114-caricetum_curvulae.html (Stand: 30.6.2017 18:06)