© Alpine Forschungsstelle Obergurgl; download https://www.uibk.ac.at/afo/publikationen/copy_of_index.html.de und www.zobodat.at

Kapitel 4 | Lärchen-Zirbenwälder und Zwergstrauchheiden

Roland Mayer, Brigitta Erschbamer

Zusammenfassung

Lärchen-Zirbenwälder und Zwergstrauchheiden sind landschaftsprägende Vegetationstypen der subalpinen Stufe im inneren Ötztal. Der Obergurgler Zirbenwald – ein alter, einheitlich aufgebauter Waldbestand in der Terminalphase – kann dem Vaccinio-Pinetum cembrae nardetosum zugeordnet werden. Je nach Kronenschluss und Meereshöhe lassen sich eine Ausbildung mit *Oxalis acetosella* (dichterer Kronenschluss, ≤2060 m Meereshöhe) und eine Ausbildung mit *Loiseleuria procumbens* (lockerer Kronenschluss, ≥2100 m Meereshöhe) differenzieren. Die Zwergstrauchbestände im Bereich der Gurgler Heide unterscheiden sich hinsichtlich Wuchshöhe und Mikrorelief deutlich voneinander: in Muldenlagen dominiert das hochwüchsige Rhododendretum ferruginei und an Windkanten das Loiseleurio-Cetrarietum. Die Veränderungen der Vegetation und der Artenzahl wurden in 1 m²-Dauerflächen in drei Typen von Zwergstrauchheiden von 2000–2008 untersucht. Mit Ausnahme des von Flechten dominierten Loiseleurio-Cetrarietums wurden in diesem Zeitraum jeweils sehr deutliche Veränderungen festgestellt. Mögliche Ursachen dafür sind Biomassenzuwachs infolge von Klimaerwärmung oder Stickstoffeintrag direkt aus der Atmosphäre. Das Befahren mit Skiern wirkte sich ebenfalls auf die Artenzusammensetzung aus.

Abstract

Cembran pine forests and dwarf shrub heaths are characteristic plant communities in the subalpine zone of the inner Oetz valley. In Obergurgl, a homogenously structured pine forest consists of old pines (*Pinus cembra*) in the terminal stage. The community was defined as Vaccinio-Pinetum cembrae nardetosum. According to tree crown cover and altitude, two variants were distinguished: a variant with *Oxalis acetosella* (higher tree crown cover, ≤2060 m a.s.l.) and a variant with *Loiseleuria procumbens* (lower tree crown cover, ≥2100 m a.s.l). The dwarf shrub heaths can be differentiated by canopy height and microrelief. They were attributed to the Rhododendretum ferruginei in troughs and the Loiseleurio-Cetrarietum on wind-exposed edges. Additionally, species composition and

© Alpine Forschungsstelle Obergurgl; download https://www.uibk.ac.at/afo/publikationen/copy_of_index.html.de und www.zobodat.at

number of three dwarf shrub communities were studied for nine years (2000–2008) in 1-m² permanent plots. With the exception of the wind-exposed Loiseleurio-Cetrarietum, significant changes were detected in the dwarf shrub communities, probably caused by global climate warming, atmospheric nitrogen deposition and skiing.

1. Einleitung

Lärchen-Zirbenwälder (= Lärchen-Arvenwälder) sind typisch für die hochsubalpine Stufe und den Waldgrenzbereich der Innen- und zum Teil auch der Zwischenalpen. Die hochsubalpine Stufe erstreckt sich in den Innenalpen (kontinentale Kernzone) von 2000–2300 m Meereshöhe (Kilian et al. 1994), wobei die potenzielle Waldgrenze bei 2200–2350 m anzusetzen ist (Schiechtl & Stern 1975, Bortenschlager 1993). Sie wurde jedoch durch massive menschliche Eingriffe um ca. 200–300 m erniedrigt. Im inneren Ötztal liegt die aktuelle Waldgrenze heute daher bei ca. 2100–2200 m Meereshöhe (Rybníček & Rybníčková 1977). Die höchstgelegenen Zirben stehen am Schönwieskopf bei knapp 2300 m Meereshöhe.

Lärche (*Larix decidua*) und Zirbe (*Pinus cembra*) sind weit besser an das extreme Klima im Waldgrenz-Ökoton angepasst als etwa die Fichte (*Picea abies*), welche in der tiefsubalpinen Stufe der Innenalpen (1700–2000 m) Wälder mit höherem Anteil an Lärche und Zirbe ausbildet (Kilian 1994). Die Frostresistenz (nach natürlicher Frostabhärtung) liegt für die Zirbe bei –42 °C bis –54 °C, während für die Fichte –38 °C bis maximal –45 °C angegeben sind (Zitate in Neuner 2007). Hinsichtlich des Ausgangsgesteins ist die Zirbe ziemlich bodenvag (Ellenberg & Leuschner 2010). Aufgrund ihres Schwerpunktes in den Innenalpen sind es hauptsächlich silikatische Ausgangsgesteine, auf denen sie stockt. Sie gedeiht aber auch auf Karbonatgestein, so z.B. auf Hartkalken und Dolomit. Diese Karbonat-Lärchen-Zirbenwälder (Rhododendro hirsuti-Pinetum cembrae; Bojko 1931, Karner & Willner nom. nov.) kommen vor allem in den Rand- und Zwischenalpen von 1700 m bis maximal 2100 m Meereshöhe vor (Wallnöfer 1993).

Lärchen-Zirbenwälder wurden vom Menschen durch umfangreiche Rodungen und Almwirtschaft im Lauf von Jahrhunderten drastisch verändert. Im Obergurgler Zirbenwald wurden die ersten Brandhorizonte ins Neolithikum (4000–4230 v. Chr.) datiert (Patzelt 1997). Wiederholte Brandrodung scheint es in Obergurgl seit der Bronzezeit gegeben zu haben (Aulitzky et al. 1963). Generell erfolgten großflächige Eingriffe in Lärchen-Zirbenwälder vor allem im Mittelalter, als diese zum Eigentum der bajuwarischen Siedler gehörten. Zu den am stärksten nachteiligen Maßnahmen im Zuge der Almwirtschaft gehörten Brandrodung für die Weidege-

© Alpine Forschungsstelle Obergurgl; download https://www.uibk.ac.at/afo/publikationen/copy_of_index.html.de und www.zobodat.at

winnung, Abholzung der Samenbäume sowie Waldweide und Streugewinnung, wodurch dem Bergwald Nährstoffe entzogen wurden (Reisigl & Keller 1999). Nach einer Rodung oder einer natürlichen Katastrophe, wie etwa einem Waldbrand, benötigt eine Wiederbewaldung in der subalpinen Stufe viele Jahrzehnte, wobei die Entwicklung ausgehend von einer lärchenreichen Initialphase über eine Phase mit Lärche und Zirbe hin zu einer zirbenreichen Terminalphase verläuft (Mayer 1986). Das Erreichen der Terminalphase ist erst nach 300–400 Jahren zu erwarten (Mayer 1974).

An die Stelle der Lärchen-Zirbenwälder traten großflächig Ersatzgesellschaften, wie etwa Zwergstrauchheiden, Almwiesen und -weiden. Die Beweidung seit dem Neolithikum veränderte wohl auch die Zusammensetzung der von der Brandrodung verschonten Lärchen-Zirbenwald-Bestände und trug zu ihrer Dezimierung bzw. Degradierung wesentlich bei. In den Alpentälern sind daher heute nur mehr kleine Reste von einigermaßen intakten Lärchen-Zirbenwäldern vorhanden. In Tirol nahm im 20. Jahrhundert die Fläche, die von Lärchen-Zirbenwäldern bestockt war, von mehr als 100.000 ha auf nur noch 25.000 ha ab. Im Wuchsgebiet Innenalpen reduzierte sich diese Fläche sogar von 25.000 ha auf nur noch 5.000 ha. Das entspricht einem enormen Flächenverlust von 75–80 % gegenüber der ursprünglichen Bewaldung (Klosterhuber & Hotter 2001). Davon weitgehend verschont blieb der Obergurgler Zirbenwald, der insgesamt etwa 20 ha umfasst und auf Grund seiner Geschlossenheit und seines Alters im Jahr 1963 als Naturdenkmal unter Schutz gestellt wurde (Moser 1973).

Wesentlich weiter verbreitet als Lärchen-Zirbenwälder sind heute Zwergstrauchheiden, die gelegentlich noch sehr locker mit Zirben bestockt sind. Die ausgedehnten Bestände in Obergurgl sind zum Großteil durch die menschliche Nutzung der Waldgrenzlagen bedingt. Seit Mitte des 19. Jahrhunderts, aber im Besonderen seit 1950, veränderte sich die Landnutzung in der subalpinen Stufe gravierend. Die Almwirtschaft wurde immer weniger rentabel, sodass viele Almwiesen- und weiden im gesamten Alpenraum aufgelassen wurden. Dadurch dehnte sich das Areal der Zwergstrauchheiden aus. Heute scheinen sich auch die Bestände der Zirbe wieder zu regenerieren (Didier 2001, Motta et al. 2006, Casalegno et al. 2010, Ellenberg & Leuschner 2010).

Der Zirbenwald und die Zwergstrauchheiden im Raum Obergurgl wurden von Pitschmann et al. (1980) im Maßstab 1 : 37.500 sowie im Zuge der Vegetationskartierung des Ruhe- und Natura 2000-Gebietes Ötztal kartiert (Lumasegger et al. 2009). Eine detaillierte und umfassende pflanzensoziologische Bearbeitung fehlte jedoch bisher. Die Veränderungen der Artenzusammensetzung und der -vielfalt von Zwergstrauchheiden in Obergurgl werden seit dem Jahr 2000 im Rahmen eines Monitoring-Programmes beobach-

© Alpine Forschungsstelle Obergurgl; download https://www.uibk.ac.at/afo/publikationen/copy_of_index.html.de und www.zobodat.at

tet (Kaufmann 2005). Ihre Dynamik im Lauf der Zeit und vor allem der Einfluss des Klimawandels sollen langfristig erfasst werden. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, den Obergurgler Zirbenwald und die Zwergstrauchbestände auf der Gurgler Heide pflanzensoziologisch zu beschreiben und zu klassifizieren. Zudem soll analysiert werden, wie sich Artenzusammensetzung und -vielfalt von verschiedenen Zwergstrauchbeständen im Vergleich zwischen den Jahren 2000 und 2008 in 1 m² großen Dauerflächen verändert haben.

2. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet für die vorliegende Arbeit liegt im innersten Ötztal auf der orographisch rechten Talseite des Gurglertales oberhalb von Obergurgl. Geologisch betrachtet gehört es zum südlichen Ötztal-Stubai-Komplex, in welchem altkristalline Silikatgesteine vorherrschen (Purtscheller 1978). Hauptgesteine sind Biotit-Plagioklasgneis (Paragneis) und mineralische Glimmerschiefer. Vereinzelt kommen auch Quarzite mit geringer Mächtigkeit vor (Purtscheller 1978). Einen detaillierten Überblick über die Geologie und Geomorphologie im Raum Obergurgl gibt Krainer (2010). Das Untersuchungsgebiet stellt durchwegs potentielles Waldgebiet dar. Ausgenommen davon sind lediglich die stark von Winden beeinflussten, exponierten felsigen Hangbereiche. Der Schwerpunkt des Lärchen-Zirbenwaldes liegt zwischen 1900 und 2200 m Meereshöhe (Pitschmann et al. 1980). Unterhalb von 1700 m ist auch die Fichte beigemischt. Lumasegger et al. (2009) wiesen den hochsubalpinen Lärchen-Zirbenwald gemeinsam mit dem Lärchenwald als den flächengrößten Waldtyp im Ruhe- und Natura 2000-Gebiet Ötztaler Alpen aus (1,6 % Flächenanteil aller Lebensraumtypen; s. Abb. 1 in Kapitel 1).

Auch die Zwergstrauchheiden wurden im inneren Ötztal großflächig kartiert. Für das Gurglertal typisch sind das Rhododentretum ferruginei, das Empetro-Vaccinietum gaultherioides, das Junipero-Arctostaphyletum und das Loiseleurio-Cetrarietum. Diese Gesellschaften bevorzugen die Hangbereiche zwischen 2000 und 2400 m Meereshöhe und sind im gesamten Ruhe- und Natura 2000-Gebiet Ötztaler Alpen sehr weit verbreitet. Sie nehmen hier rund 7 % der kartierten Lebensräume ein (Lumasegger et al. 2009).

Das Untersuchungsgebiet der vorliegenden Studie lässt sich in zwei Teilgebiete untergliedern. Das erste Teilgebiet umfasst die zusammenhängende Waldfläche des Obergurgler Zirbenwaldes (1930–2060 m Meereshöhe) sowie die stark aufgelockerten Zirben-Bestände und Zwergstrauchheiden oberhalb von 2100 m Meereshöhe (Abb. 1). Es befindet sich ca. 1,5 km in südwestlicher Richtung vom Ortszentrum Obergurgls entfernt.

© Alpine Forschungsstelle Obergurgl; download https://www.uibk.ac.at/afo/publikationen/copy_of_index.html.de und www.zobodat.at

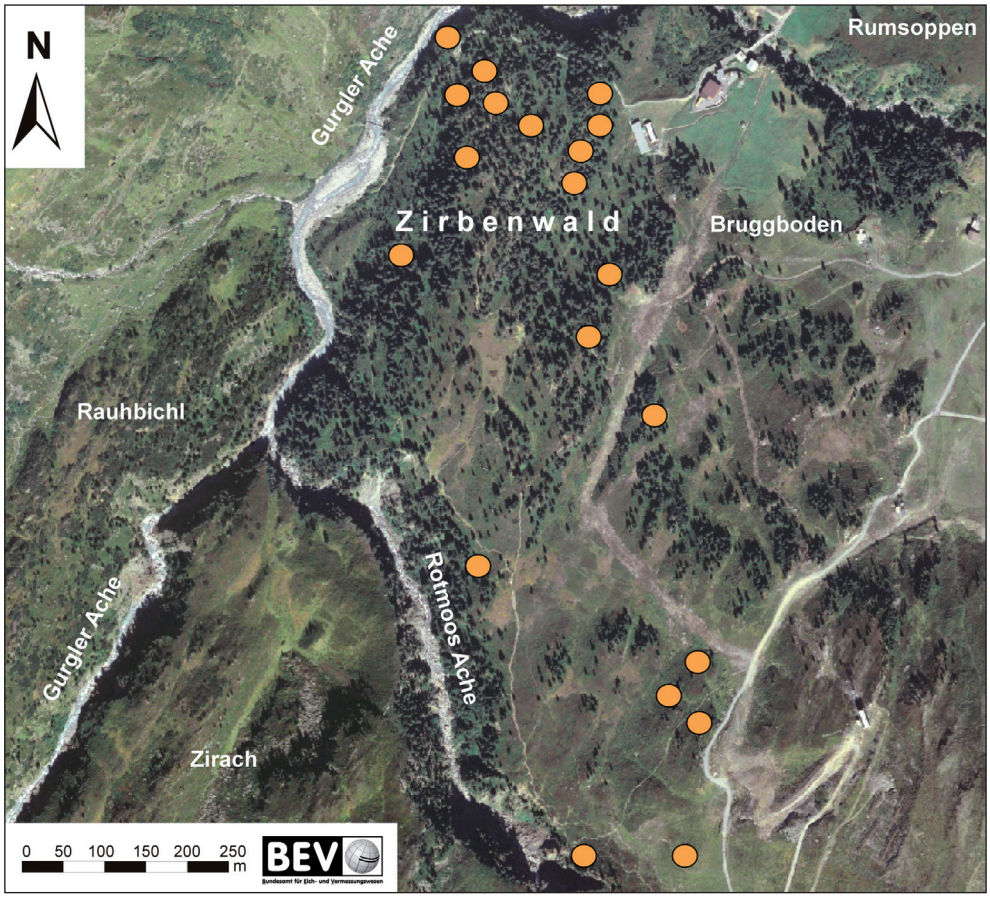

Abb. 1:
Die Position der 20 Aufnahmeflächen (Kreise) im Obergurgler Zirbenwald. (Karte: Tiroler Landesregierung, © BEV 2011, Vervielfältigt mit Genehmigung des BEV – Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen in Wien, T2011/80692)

Die Hänge sind meist zwischen 18 ° und 43 ° geneigt und in WNW- bis seltener in NW-Richtung exponiert. Das zweite Teilgebiet befindet sich auf der Gurgler Heide, wo niedrigwüchsige, spalierartige Zwergstrauchheiden an Windkanten (um ca. 10 cm Wuchshöhe) gedeihen. Es handelt sich um ein Loiseleurio-Cetrarietum, bei welchem die Flechten eine sehr große Rolle spielen. Zudem kommen auch hochwüchsige Zwergstrauchbestände (ca. 50 cm Wuchshöhe) in Hangmulden oder auf Blockschutt vor (Abb. 2). Diese werden von *Rhododendron ferrugineum* (Rostrote Alpenrose) beherrscht. Am Rumsoppen dominiert *Empetrum hermaphrodi-*

© Alpine Forschungsstelle Obergurgl; download https://www.uibk.ac.at/afo/publikationen/copy_of_index.html.de und www.zobodat.at

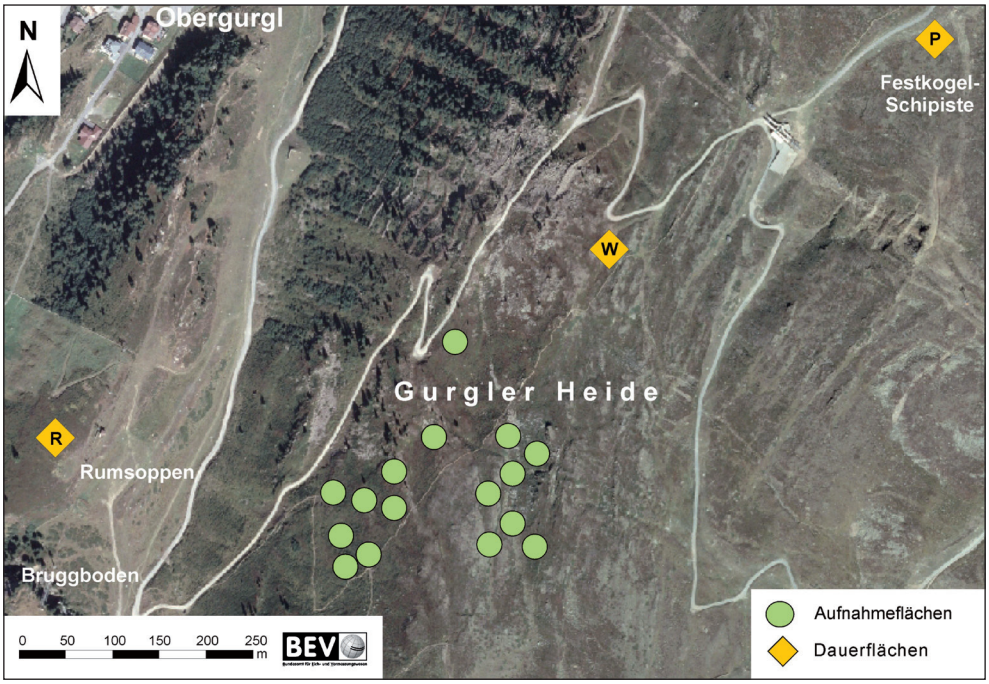

Abb. 2:
Die Position der 16 Aufnahmeflächen (Kreise) und die Lage der drei Standorte mit 1 m²-Dauerflächen (Rauten) im Bereich der Gurgler Heide; R: Rumsoppen, W: Windheide, P: Pistenheide (Karte: Tiroler Landesregierung, © BEV 2011, Vervielfältigt mit Genehmigung des BEV - Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen in Wien, T2011/80692)

tum (Zwitter-Krähenbeere) zusammen mit *Vaccinium gaultherioides* (Rauschbeere), *V. vitis-idaea* (Preiselbeere) und *V. myrtillus* (Heidelbeere). Es gedeihen jedoch auch dort immer wieder Büsche von *Rhododendron ferrugineum* und prägen so das Erscheinungsbild von weitem. Im Bereich der Festkogel-Schipiste kommen Zwergstrauchheiden am Pistenrand auf 2350 m Meereshöhe vor. Diese Pistenheide wird von Schifahrern genutzt aber nicht mit Pistenfahrzeugen präpariert. Es dominieren *Vaccinium vitis-idaea* und *Loiseleuria procumbens* (Gamsheide), *Empetrum hermaphroditum* ist beigemischt. Auch *Carex curvula* (Krumm-Segge) und die Flechte *Cetraria islandica* (Isländisches Moos) sind auffällig. Dieses zweite Teilgebiet ist ca. 1 km in südöstlicher Richtung vom Ortszentrum Obergurgls entfernt. Die Hänge sind überwiegend zwischen 16 ° und 47 ° geneigt und in WNW- bis vereinzelt in NW-Richtung exponiert.

In drei weiteren Zwergstrauchheiden im Untersuchungsgebiet wurden im Jahr 2000 im Rahmen des Langzeit-Monito-

© Alpine Forschungsstelle Obergurgl; download https://www.uibk.ac.at/afo/publikationen/copy_of_index.html.de und www.zobodat.at

ring-Programmes (Kaufmann 2005) 1 m² große Dauerflächen angelegt und in den Jahren 2000, 2003, 2004 und 2008 analysiert (Kaufmann 2005, R. Mayer unpubl. Daten). Diese drei Standorte befinden sich auf dem Rumsoppen (2040 m Meereshöhe, n=6), auf der Gurgler Heide (Windheide, 2300 m Meereshöhe, n=4) und unmittelbar außerhalb der Festkogel-Schipiste (Pistenheide, 2350 m Meereshöhe, n=3; Abb. 2). Dort wurden jeweils auch Mikroklimamessungen durchgeführt. Dazu wurde je ein Datenlogger (Onset, Pocasset MA) verwendet, um die Luft- (200 cm über dem Boden) und die Bodentemperatur (10 cm Bodentiefe) zu messen. Die mittlere Jahres-Lufttemperatur war am Rumsoppen am höchsten (Abb. 3a). In der Windheide und besonders außerhalb der Festkogel Schipiste (Pistenheide) war sie deutlich niedriger (Abb. 3a). Die mittlere Jahres-Lufttemperatur war im Jahr 2005 deutlich am niedrigsten, die höchsten Werte wurden 2002 und 2006 erreicht. Die mittlere maximale Lufttemperatur wies im Jahr 2003 an allen Standorten einen außergewöhnlich hohen Wert auf (Abb. 3b). Die mittlere minimale Bodentemperatur im Winter war am Rumsoppen am höchsten und wies die geringsten Schwankungen von Jahr zu Jahr auf (Abb. 3c). Im Bereich der Windheide hingegen wurden die geringsten mittleren Minima der Bodentemperaturen im Winter gemessen und diese zeigten auch die deutlich größten jährlichen Schwankungen (Abb. 3c).

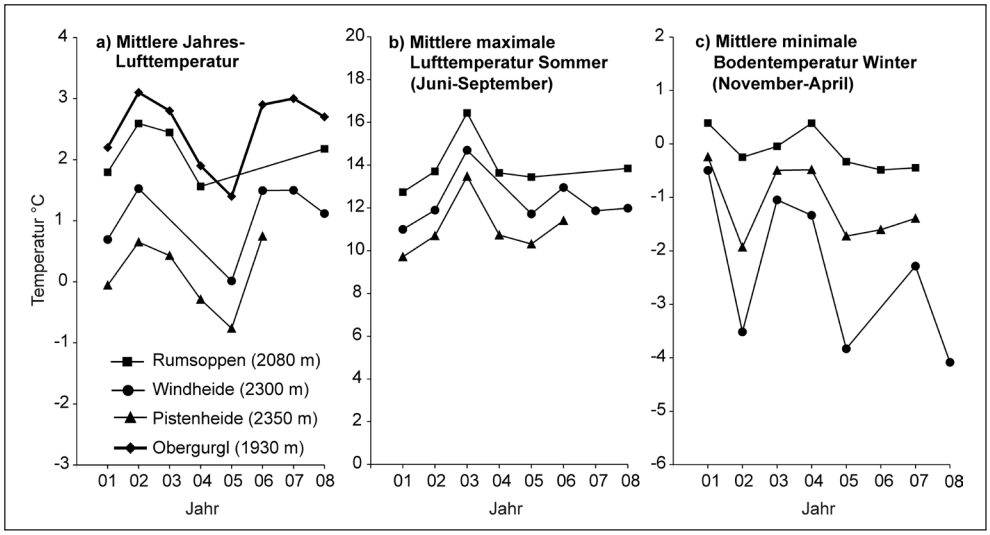

Abb. 3:
Das Mikroklima (Luft- und Bodentemperatur) an den drei Standorten mit Dauerflächenbeobachtungen. Als Referenz ist die mittlere Jahres-Lufttemperatur der Wetterstation in Obergurgl (1930 m) dargestellt.

© Alpine Forschungsstelle Obergurgl; download https://www.uibk.ac.at/afo/publikationen/copy_of_index.html.de und www.zobodat.at

3. Methoden

Vegetationsaufnahmen

Um den Obergurgler Zirbenwald (Abb. 4, 5) und die Zwergstrauchheiden im Bereich der Gurgler Heide pflanzensoziologisch zu untersuchen, wurden im August 2010 insgesamt 36 Aufnahmen gemacht. In den Aufnahmeflächen wurden alle Gefäßpflanzen sowie die auffälligsten Moose und Flechten erfasst und ihre Artmächtigkeit mit Hilfe der kombinierten Abundanz-Dominanz-Skala von Braun-Blanquet (1964), erweitert nach Reichelt & Wilmanns (1973), geschätzt. Die Rindenmoose und die Krustenflechten auf den Felsen wurden nicht berücksichtigt. Im Obergurgler Zirbenwald wurden 20 Aufnahmen entlang eines Höhengradienten von 1950 bis 2160 m Meereshöhe

Abb. 4:
Blick auf den geschlossenen Zirbenwald südwestlich von Obergurgl. (Foto: Brigitta Erschbamer)

© Alpine Forschungsstelle Obergurgl; download https://www.uibk.ac.at/afo/publikationen/copy_of_index.html.de und www.zobodat.at

Abb. 5:
Oberhalb von ca. 2100 m Meereshöhe lockert der Obergurgler Zirbenwald immer mehr auf. Die Zirben stocken dann meistens auf Felsköpfen (Hintergrund) rund um die Moore, die die Senken und ebenen Flächen bestimmen. Hier wurde teilweise aufgeforstet. (Foto: Roland Mayer)

angeordnet (Abb. 1). Es wurden auch die Bestände an den steilen, felsigen, in nordwestliche Richtung exponierten Hängen mit einbezogen, nicht jedoch die Zirbenwaldmoore, welche von Rybníček & Rybníčková (1977) erforscht worden sind. Auf der Gurgler Heide wurden sechs Zwergstrauchbestände an Windkanten und zehn in Hangmulden bzw. auf grobem Blockschutt zwischen 2150 und 2250 m Meereshöhe untersucht (Abb. 2). Die Größe der Aufnahmeflächen entsprach dem Minimumareal und betrug im Obergurgler Zirbenwald 200 m², in den hochwüchsigen Zwergstrauchbeständen 50 m² und in den niedrigwüchsigen Zwergstrauchheiden 25 m².

Frequenzanalysen und Datenverarbeitung

Die Dauerflächen im Bereich der Zwergstrauchheiden R, W und P wurden mit Hilfe eines Frequenzrahmens aufgenommen, wobei der Rahmen mittels Ösen exakt über den Bodenmarkierungen fixiert wurde. Der Rahmen wurde durch

© Alpine Forschungsstelle Obergurgl; download https://www.uibk.ac.at/afo/publikationen/copy_of_index.html.de und www.zobodat.at

Bespannung in 100 Teilquadrate zu je 10 x 10 cm unterteilt. In jedem dieser Teilquadrate wurde eine Artenliste erstellt (Präsenz/Absenz-Daten). Die Frequenz einer Pflanzenart gibt an, in wie vielen der 100 Teilquadrate sie vorkommt (Dierschke 1994). Meist erfolgt die Angabe in Prozent. Die Frequenzaufnahmen in den Dauerflächen fanden in den Jahren 2000, 2003, 2004 und 2008 statt.

Für die Auswertung wurden die Arten nach Lebensformen (Zwergsträucher, Grasartige, Kräuter, Moose und Flechten) differenziert. Die Frequenzen der Lebensformen wurden aufsummiert und die Mittelwerte dieser Summen für jeden der drei Standorte berechnet. Außerdem wurden die Mittelwerte für die Artenzahl berechnet.

Die Nomenklatur der Gefäßpflanzen richtete sich nach Fischer et al. (2008), die der Moose nach Frahm & Frey (2004), jene der Flechten nach Wirth (1995). Die Moose und Flechten wurden dankenswerterweise von Univ.-Prof. Dr. Georg Gärtner (Institut für Botanik, Universität Innsbruck) nachbestimmt.

Pflanzensoziologische Auswertung

Die Aufnahmen wurden mittels TWINSPAN (Hill 1979) klassifiziert. Zur besseren Vergleichbarkeit der Gesellschaften mit Literaturdaten wurden Stetigkeitstabellen erstellt. Die relative Stetigkeit einer bestimmten Pflanzenart ist ihr prozentuelles Vorkommen innerhalb einer gegebenen Anzahl von Aufnahmen. Es wurden folgende Stetigkeitsklassen unterschieden: V = >80 %, IV = 61–80 %, III = 41–60 %, II = 21–40 %, I = ≤20 % (Dierschke 1994).

4. Ergebnisse

4.1. Obergurgler Zirbenwald

In der Baumschicht des Obergurgler Zirbenwaldes herrscht *Pinus cembra* fast unumschränkt vor (Abb. 4). Abgesehen davon mischen sich nur einzelne Exemplare von *Picea abies*, *Larix decidua* und *Sorbus aucuparia* (Vogelbeere) dazu. Die Baumschicht ist überwiegend aufgelockert und weist eine Kronendeckung von durchschnittlich 30–50 % auf. Stellenweise wird der Bestand aber auch dichter, wobei die Kronendeckung bis zu 80 % erreicht. Die Strauchschicht ist meist spärlich ausgebildet und deckt nur in Einzelfällen maximal bis 30 %, lediglich in einer der Aufnahmen erlangte sie 60 % Deckung. In der Strauchschicht herrscht der Jungwuchs von *Pinus cembra* vor. Unter den Sträuchern ist nur *Lonicera caerulea* (Blaue Heckenkirsche) häufig, welche in manchen der Aufnahmen Deckungswerte von 5 % aufweist. Vereinzelt kommt der Jungwuchs von *Picea abies*, *Larix decidua* und *Betula pendula* (Hänge-Birke) auf.

© Alpine Forschungsstelle Obergurgl; download https://www.uibk.ac.at/afo/publikationen/copy_of_index.html.de und www.zobodat.at

Abb. 6:
Der Obergurgler Zirbenwald ist ein einschichtiger Baumbestand mit alten Zirben (Hintergrund). *Rhododendron ferrugineum* (Rostrote Alpenrose; Vordergrund) wird vor allem an den offenen Flächen zwischen den Zirben dominant, dort, wo die Kronendeckung kaum mehr gegeben ist und wo damit eine sichere Schneedecke garantiert ist. (Foto: Roland Mayer)

Es gedeihen zudem einzelne Exemplare von *Pinus mugo* (Leg-Föhre, Latsche). Der Unterwuchs wird überwiegend von Zwergsträuchern (bis 80 % Deckung) dominiert (Abb. 6), wobei *Rhododendron ferrugineum* am wichtigsten ist. Erst ab ca. 2100 m Meereshöhe geht die Vorherrschaft der Rostroten Alpenrose allmählich zurück. *Rhododendron ferrugineum* gedeiht bevorzugt in Mulden oder auf grobem Blockschutt an Bereichen ohne nennenswerte Kronendeckung und wird vorwiegend von *Juniperus communis* ssp. *nana* (Zwergwacholder) begleitet. Von den Zwergsträuchern der Gattung *Vaccinium* sind mit in etwa gleichen Anteilen *V. vitis-idaea* und *V. gaultherioides* vertreten, oft jedoch herrscht *V. myrtillus* vor. In den stärker aufgelichteten Beständen der höheren Lagen gedeiht auch *Loiseleuria procumbens*. Grasartige spielen im Unterwuchs eine wichtige Rolle, wobei sie vereinzelt bis zu 50 % des Bodens bedecken. In manchen der Flächen ist ein dichter Grasfilz ausgebildet, welcher vor allem von *Calamagrostis villosa* (Wolliges Reitgras)

© Alpine Forschungsstelle Obergurgl; download https://www.uibk.ac.at/afo/publikationen/copy_of_index.html.de und www.zobodat.at

aufgebaut wird. Mit sehr hoher Stetigkeit tritt *Avenella flexuosa* (Draht-Schmiele) auf. Sie deutet auf eine beträchtliche Versauerung des Bodens hin. Die Bedeutung der Grasartigen geht in höheren Lagen oberhalb von 2040 m Meereshöhe deutlich zurück. Es kommen zahlreiche Kräuter vor, ihre Deckung bleibt allerdings gering (meist nur zwischen 5 und 10 %). Im Obergurgler Zirbenwald gedeihen immer wieder Weidezeiger wie etwa *Lotus corniculatus* (Hornklee), *Potentilla aurea* (Gold-Fingerkraut) und *Mutellina adonidifolia* (Alpen-Mutterwurz). Hochstauden wie *Gentiana punctata* (Punktierter Enzian) treten zumeist in den Hintergrund. Eine durchwegs große Bedeutung erlangen Moose und Flechten. So ist die Moos- und Flechtenschicht meistens sehr gut ausgebildet und weist eine Deckung von bis zu 50 % und in höheren Lagen bis 75 % auf. Die wichtigsten Waldmoose sind *Dicranum scoparium* (Besen-Gabelzahnmoos), *Pleurozium schreberi* (Rotstängelmoos), *Hylocomium splendens* (Stockwerkmoos), *Rhytidiadelphus triquetrus* (Großes Kranzmoos) und *Racomitrium sudeticum* (Sudeten-Zackenmütze). Unter den Strauchflechten herrschen *Cladonia rangiferina* (Rentierflechte) und *Cetraria islandica* vor, von den Laubflechten ist *Peltigera aphthosa* (Apfelflechte) am auffälligsten. An den Stämmen und Ästen der Zirben gedeiht in oft üppigem Ausmaß *Pseudevernia furfuracea* (Baummoos) und vielfach auch die leuchtend gelbe *Letharia vulpina* (Wolfsflechte).

Pflanzensoziologisch lässt sich der Obergurgler Zirbenwald der Klasse Vaccinio-Piceetea Br.-Bl. in Br.-Bl. et al 1939 (Nordisch-alpische Nadelwälder, bodensaure Latschengebüsche und Birkenbruchwälder) und dort der Ordnung Junipero-Pinetalia mugo Boşcaiu 1971 (boreale Nadelwälder) zuordnen (Willner & Grabherr 2007). Für die Zugehörigkeit zum Verband Pinion mugo Pawł. 1978 s.l. (subalpine Lärchen-, Zirben- und Bergföhrenwälder) sprechen die Verbandscharakterarten *Pinus cembra* (Baumschicht), *Larix decidua* (Baumschicht) und *Pinus mugo* (Strauchschicht) (Tab. A1 im Anhang, Spalten 1a, 1b). Die meisten der für die Silikat-Lärchen-Zirbenwälder typischen konstanten und dominanten Begleiter treten auch im Obergurgler Zirbenwald auf (Tab. A1, Spalten 1a, 1b). Der Obergurgler Zirbenwald gehört zur Assoziation Vaccinio-Pinetum cembrae (Pollmann & Haffter 1933) Oberd. 1962 und kann aufgrund der verschiedenen Weidezeiger der Subassoziation nardetosum zugeordnet werden (Willner & Grabherr 2007). Eine der Aufnahmen an den steilen Nordwesthängen der Gurgler Ache weist Bezüge zur Subassoziation alnetosum alnobetulae auf. Es lassen sich je nach Höhenlage zwei Ausbildungen unterscheiden, welche durch Differenzialartengruppen voneinander abgegrenzt werden können (D 1a, D 1b, Tab. A1). Die Ausbildung mit *Oxalis acetosella* (15 Aufnahmen) umfasst den Zirbenwaldbestand zwischen 1950 und 2040 m

© Alpine Forschungsstelle Obergurgl; download https://www.uibk.ac.at/afo/publikationen/copy_of_index.html.de und www.zobodat.at

Meereshöhe, in welchem die Kronendeckung durchschnittlich 49 %, maximal bis zu 80 % beträgt (Tab. A1, Spalte 1a). Die mittlere Artenzahl beläuft sich jedoch auf nur 27 Arten pro 200 m². Die Ausbildung mit *Loiseleuria procumbens* (5 Aufnahmen) gedeiht in deutlich größerer Meereshöhe zwischen 2100 und 2160 m (Tab. A1, Spalte 1b). Sie weist eine niedrigere Kronendeckung von 10–60 % (im Durchschnitt 32 %) auf, wobei aber die mittlere Artenzahl mit 47 Arten pro 200 m² deutlich höher ausfällt (Abb. 5). Während *Rhododendron ferrugineum* in der Ausbildung mit *Oxalis acetosella* ihren Schwerpunkt hat, treten in der Ausbildung mit *Loiseleuria procumbens* vor allem *Cladonia arbuscula*, *Hieracium glabratum* (Kahlblatt-Habichtskraut) und *Festuca halleri* (Felsen-Schwingel) hervor. Diese Arten sind typisch für Windkanten- und Felsenrasen-Gesellschaften. Die Moos- und Flechtenschicht ist mit durchschnittlich 58 % Deckung deutlich stärker vertreten als in der Ausbildung mit *Oxalis acetosella* mit im Mittel 26 %.

4.2. Zwergstrauchheiden

In Obergurgl wurden zwei Typen von Zwergstrauchheiden untersucht, welche sich durch ihre mittlere Wuchshöhe deutlich unterscheiden. Die hochwüchsigen Zwergstrauchheiden werden durchwegs von *Rhododendron ferrugineum* aufgebaut (Tab. A1, Spalte 2; Abb. 6). Weitere wichtige Zwergsträucher sind *Juniperus communis* ssp. *nana*, *Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium myrtillus* und *Vaccinium gaultherioides*. Nur vereinzelt kommt *Arctostaphylos uva-ursi* (Arznei-Bärentraube) vor, dann jedoch mit hoher Deckung. Die Zwergsträucher decken zwischen 65–85 %. Demgegenüber kommt den Grasartigen (5–15 % Deckung) und Kräutern (5–10 % Deckung) eine deutlich geringere Bedeutung zu. Die Deckung der Moos- und Flechtenschicht wechselt stark und beträgt zwischen 10 und 70 %. Unter den Gräsern herrschen *Avenella flexuosa*, *Avenula versicolor* (Bunt-Wiesenhafer) und *Nardus stricta* vor. Von den Kräutern fallen vor allem Arten auf, welche für beweidete Nardeten (Bürstlingsrasen) typisch sind, wie *Potentilla aurea*, *Mutellina adonidifolia*, *Lotus corniculatus* und *Ranunculus montanus* (Berg-Hahnenfuß). Diese hochwüchsigen Zwergstrauchheiden gedeihen an den in nordwestliche Richtung geneigten Hängen unmittelbar oberhalb des Dorfzentrums von Obergurgl in Hangmulden, oft auf blockigem Material. Hier herrscht *Rhododendron ferrugineum* deutlich vor. Im untersten Hangabschnitt werden die Zwergstrauchbestände von Grünerlengebüschen abgelöst. In aufgelockerten Grünerlengebüschen treten die Zwergsträucher überwiegend noch deckend in Erscheinung. Bei zunehmend geschlossener Deckung von *Alnus alnobetula* (Grünerle) verschwindet *Rhododendron ferrugineum* rasch (R. Mayer, unpubl. Daten).

© Alpine Forschungsstelle Obergurgl; download https://www.uibk.ac.at/afo/publikationen/copy_of_index.html.de und www.zobodat.at

Abb. 7:
Blick auf einen hochwüchsigen Zwergstrauch-Bestand auf der Gurgler Heide, welcher dem Rhododendretum ferruginei zugeordnet wurde. Es herrscht *Rhododendron ferrugineum* vor (Vordergrund), doch auch *Vaccinien* prägen den Bestand (in herbstlicher Färbung). Das Rhododentretum ferruginei stockt bevorzugt auf grobem Blockmaterial. (Foto: Roland Mayer)

In höheren Lagen des Untersuchungsgebietes gedeiht im Anschluss an die in Mulden gelegene hochwüchsige Zwergstrauchheide ein niedrigwüchsiger Zwergstrauchbestand an Windkanten, der von den Teppichen des Spalierstrauches *Loiseleuria procumbens* geprägt wird (Abb. 7). Hier sind auch Strauchflechten der Gattungen *Cetraria* und *Cladonia* bedeutend, wobei an besonders exponierten und damit windgefegten Stellen *Alectoria ochroleuca* (Windbartflechte) stärker hervortritt (Tab. A1, Spalte 3). Die Zwergsträucher decken zwischen 55 und 85 %, auch die Moos- und Flechtenschicht (10–60 % Deckung) ist sehr gut ausgebildet. Die Grasartigen treten demgegenüber mit 5–25 % Deckung klar zurück. Kräutern kommt hinsichtlich ihrer Deckung (ca. 1 %) nur eine geringe Bedeutung zu.

Die untersuchten Zwergstrauchheiden im Bereich der Gurgler Heide gehören pflanzensoziologisch zur Klasse Loiseleurio-Vaccinietea Eggler 1952 (Zwergstrauchheiden der Arktis und boreal-nemoralen Gebirge) und hier in die Ordnung Rho-

© Alpine Forschungsstelle Obergurgl; download https://www.uibk.ac.at/afo/publikationen/copy_of_index.html.de und www.zobodat.at

Abb. 8:
Die niedrigwüchsigen, spalierartigen Zwergstrauch-Bestände auf der Gurgler Heide werden von Flechten geprägt. Auffallend sind zudem die *Vaccinien*, welche durch ihre herbstliche Färbung hervorstechen. Im Hintergrund zu sehen sind einzelne Zirben, welche meist auf felsigen Kuppen gedeihen.
(Foto: Roland Mayer)

dodendro-Vaccinietalia Br.-Bl. in Br.-Bl. et Jenny 1926 (Azidophile Zwergstrauchheiden der Arktis und boreo-nemoraler Hochgebirge, Grabherr 1993). Die hochwüchsige Zwergstrauchgesellschaft gehört zum Verband Rhododendro-Vaccinion J. Br.-Bl. ex G. Br.-Bl. et J. Br.-Bl. 1931 (Bodensaure Alpenrosen- und Heidelbeerenheiden). Dafür ausschlaggebend ist die Dominanz der Charakterart *Rhododendron ferrugineum* (Tab. A1, Spalte 2). Die wichtigste Differenzialart gegenüber dem Loiseleurio-Vaccinion (Windheiden nemoraler Hochgebirge) ist *Juniperus communis* ssp. *nana*, welche mit hoher Stetigkeit vorkommt. Gegenüber der niedrigwüchsigen Zwergstrauchgesellschaft ist das Rhododendretum ferruginei Rübel 1911 (Bodensaure Alpenrosenheide) durch eine umfangreiche Differenzialartengruppe deutlich unterschieden (D 2, Tab. A1). Als typische konstante und dominante Begleiter der Assoziation sind *Vaccinium myrtillus*, *Avenella flexuosa*, *Pleurozium schreberi* und *Peltigera aphthosa* zu nennen (Tab. A1, Spalte 2).

© Alpine Forschungsstelle Obergurgl; download https://www.uibk.ac.at/afo/publikationen/copy_of_index.html.de und www.zobodat.at

Die niedrigwüchsige Zwergstrauchheide gehört zum Verband Loiseleurio-Vaccinion Br.-Bl. in Br.-Bl. et Jenny 1926 (Windheiden nemoraler Hochgebirge). Dafür sprechen die Charakterarten *Loiseleuria procumbens* und *Empetrum hermaphroditum* (Tab. A1, Spalte 3). Die Zugehörigkeit zur Assoziation Loiseleurio-Cetrarietum Br.-Bl. et al. 1939 (Alpenazaleen-Windheiden) ist durch die Charakterarten *Hieracium alpinum* (Alpen-Habichtskraut) und *Alectoria ochroleuca* belegt (Grabherr 1993). Zahlreiche dominante und konstante Begleiter wie etwa *Cladonia arbuscula*, *Luzula lutea* (Gold-Hainsimse), *Vaccinium gaultherioides*, *Avenula versicolor* und *Phyteuma hemisphaericum* (Grasblatt-Teufelskralle) sprechen für diese Zuordnung (Tab. A1, Spalte 3). Gegenüber dem Rhododendretum ferruginei hebt sich das Loiseleurio-Cetrarietum durch die hohe Stetigkeit der Flechten und die Präsenz von alpinen Arten ab (D 3, Tab. A1; Abb. 8). Es gedeiht auf der Gurgler Heide zwischen 2150 und 2220 m Meereshöhe an extremen Windkanten, die in nordwestliche Richtung geneigt sind. *Loiseleuria procumbens* und *Vaccinium gaultherioides* treten deckend hervor, während *Empetrum hermaphroditum* zwar eine hohe Stetigkeit aufweist, aber nur eine geringe Deckung zeigt (Tab. A1, Spalte 3). *Carex curvula* ist zwar hochstet, ihr Bestand ist jedoch sehr lückig. *Juncus trifidus* (Dreiblatt-Simse) kann vertreten sein.

4.3. Veränderungen in den Dauerflächen der Zwergstrauchheiden

Die stärksten Veränderungen hinsichtlich Artenzusammensetzung und -zahl wurden in der Zwergstrauchheide auf dem Rumsoppen (2080 m) beobachtet (Tab. 1): Alle Lebensformen nahmen zwischen den Jahren 2000 und 2008 zu. Die stärksten Zunahmen verzeichneten die Moose, gefolgt von den Kräutern und den Zwergsträuchern. Die Frequenzen der Grasartigen und Flechten nahmen hingegen nur wenig zu. Die Artenzahl stieg ebenfalls deutlich an.

Im Vergleich dazu veränderten sich die Frequenzen der Lebensformen in der Windheide (2300 m) kaum. Im Vergleich zum Jahr 2000 nahmen die Frequenzen der Zwergsträucher, Kräuter und Flechten leicht ab (Tab. 1). Die Grasartigen und Moose zeigten kaum Veränderungen. Die Artenzahl blieb weitgehend konstant. Die Pistenheide veränderte sich hingegen deutlich stärker. Die Frequenzen der Kräuter waren im Jahr 2008 im Vergleich zu 2000 deutlich höher (Tab. 1). Auch die Frequenzen der Grasartigen nahmen zu. Moose und Flechten veränderten sich kaum. Die Zwergsträucher hingegen verzeichneten einen leichten Rückgang. Die mittlere Artenzahl veränderte sich nur unwesentlich.

© Alpine Forschungsstelle Obergurgl; download https://www.uibk.ac.at/afo/publikationen/copy_of_index.html.de und www.zobodat.at

Tab. 1:
Veränderungen der mittleren Artenzahl und der Frequenzen von 2000 bis 2008 ± Standardfehler in den drei Zwergstrauchheiden (R: Rumsoppen: n=6; W: Windheide: n=4; P: Pistenheide: n=3).

	Rumsoppen		Windheide		Pistenheide	
	2000	2008	2000	2008	2000	2008
Artenzahl	28± 1	32± 2	17± 1	17± 3	21± 1	23± 4
Frequenzen Zwergsträucher	176±14	274±30	183±23	161±34	190±44	178±24
Frequenzen Grasartige	136±12	153±14	27±14	32±16	132±17	185±30
Frequenzen Kräuter	117±16	227±24	66±53	56±40	199±33	330±66
Frequenzen Moose	3± 1	54±11	23±10	25±13	49±36	57±33
Frequenzen Flechten	1± 1	5± 4	298±31	249±27	118±54	122±42

5. Diskussion

5.1. Zirbenwald

Auffällig am Obergurgler Zirbenwald sind der fast durchwegs einschichtige Aufbau des Bestandes und der sehr geringe Anteil an anderen Baumarten. Der Mengenanteil *Larix decidua* zu *Pinus cembra* hängt ganz wesentlich vom Alter des Waldes und vom menschlichen Einfluss ab. Ein nahezu monodominanter Bestand aus *Pinus cembra* wie in Obergurgl weist auf eine naturnahe Schlusswaldgesellschaft hin (Mayer 1986). Zudem setzt sich der Baumbestand aus überwiegend mehr als 300 Jahre alten Zirben zusammen. Diese besondere Struktur ist auf einen Waldbrand im Jahr 1880 zurückzuführen, bei welchem vor allem nur die alten Zirben überlebten (Landmann 2006).
Der Obergurgler Zirbenwald wurde der von Willner & Grabherr (2007) ausgewiesenen Subassoziation Vaccinio-Pinetum cembrae nardetosum zugeordnet, d.h. einem Waldtyp mit typischen Weidezeigern. In der näheren Umgebung

© Alpine Forschungsstelle Obergurgl; download https://www.uibk.ac.at/afo/publikationen/copy_of_index.html.de und www.zobodat.at

existieren zahlreiche Weideflächen und auch aktuell könnten sich durchaus noch vereinzelt Weidetiere im Zirbenwald aufhalten. In der Vergangenheit jedenfalls wurde der Obergurgler Zirbenwald intensiv beweidet. Insbesondere durch die Ziegenweide ist die Vegetation und vor allem die Zirbenverjüngung so stark in Mitleidenschaft gezogen worden, dass um ca. 1930 ein Weideverbot verhängt wurde (Neuwinger 1987). In den Ostalpen wurde historisch durch den Weidebetrieb im Waldgrenzbereich das Vaccinio-Pinetum cembrae (Silikat-Lärchen-Zirbenwald) durch das Rhododendretum ferruginei (Bodensaure Alpenrosenheide) vielfach ersetzt (Mayer 1974). Auch das Befahren mit Skiern im Winter stellt eine nicht zu unterschätzende Gefährdung für den Jungwuchs der Zirbe dar.

Klosterhuber (1994) untersuchte Lärchen-Zirbenwälder im inneren Ötztal bei Zwieselstein auf 1790–2060 m Meereshöhe. In diesen Beständen waren *Larix decidua* und *Picea abies* in der Baumschicht weitaus häufiger als im Obergurgler Zirbenwald. Unterluggauer (2003) belegte im benachbarten Vent das Vaccinio-Pinetum cembrae durch vier Aufnahmen auf 1920–2110 m Meereshöhe. Im Vergleich zum Obergurgler Zirbenwald war *Larix decidua* in der Baumschicht stärker vertreten, *Picea abies* spielte auch hier keine nennenswerte Rolle. Auffällige floristische Ähnlichkeiten des Obergurgler Zirbenwaldes bestehen des Weiteren zum Rododendro ferruginei-Pinetum prostratae (Bodensaures Latschengebüsch) des Venter Tales, wobei es sich dort um Strauchbestände handelt, in welchen *Pinus cembra* einen sehr lockeren Baumbestand bildet (Unterluggauer 2003).

Im Obergurgler Zirbenwald ist die Verjüngung von *Pinus cembra* – vor allem in den dichteren Beständen – als gering einzustufen. Es wurden nur vereinzelt Keimlinge von *Pinus cembra* gefunden. Junge Zirben kommen erst in den stärker aufgelichteten Beständen der höheren Lagen ab 2100 m besser auf. Das lässt sich dadurch erklären, dass die Zirbe eine Halbschattenbaumart ist, welche für den Aufwuchs ausreichend Licht benötigt (Tranquillini 1955). Außerdem dürfte die Verjüngung an den offenen Flächen in erster Linie auf den Tannenhäher (*Nucifraga caryocatactes*) zurückzuführen sein. Dieser Rabenvogel ist besonders dazu befähigt, Zirbenzapfen zu nutzen. Mit seinem starken Schnabel bearbeitet er sie effektiv und transportiert die Nüsschen in seinem Kehlsack. Er ist in der Lage, im weiten Umkreis zu ernten und durch sein ausgezeichnetes Ortsgedächtnis Vorräte anzulegen. Der Tannenhäher ist daher der häufigste und wichtigste Verbreiter der Zirbennüsse (Mattes 1982). Er legt auch gerne Verstecke oberhalb der Waldgrenze an. Zu den bevorzugten Verstecken gehören die Umgebung der Stammbasis unter dichten Kronen, felsige Kuppen sowie Abhänge und erhöhte Stellen wie etwa Zwergstrauch-Bulten und Baumstümpfe. In einem geringen Ausmaß werden auch

© Alpine Forschungsstelle Obergurgl; download https://www.uibk.ac.at/afo/publikationen/copy_of_index.html.de und www.zobodat.at

offene Stellen wie Lichtungen genutzt. Die Verstecke im Boden legt der Tannenhäher immer in der Streu bzw. den obersten Bodenschichten an, nie in der Bodenvegetation (Mattes 1982). Mehr als 80 % der Verstecke findet der Tannenhäher wieder, trotzdem bleibt meist ein beträchtlicher Überschuss an vergrabenen Zirbennüsschen übrig, welche sich zudem in einem günstigen Keimsubstrat befinden. Die Samenausbreitung durch den Tannenhäher ist besonders an der Waldgrenze und in degradierten Beständen von großer forstwirtschaftlicher Bedeutung (Mattes 1982). Verjüngungshemmend wirkt sich jedoch *Calamagrostis villosa* aus, ein ausläuferbildendes Gras, das einen dichten Filz bildet, in welchem es die Zirbenkeimlinge sehr schwer haben aufzukommen (Mayer 1974).

5.2. Zwergstrauch-Gesellschaften

Besonders die lokalen, mikroklimatischen Verhältnisse bestimmen zusammen mit dem Geländerelief die Verteilung der Zwergstrauchgesellschaften (Larcher 1977). Da in Obergurgl diesbezüglich keine detaillierten Untersuchungen vorliegen, dienen im Folgenden die Mikroklima-Untersuchungen vom Patscherkofel bei Innsbruck (1950 m Meereshöhe) als Grundlage für die Erläuterungen. Die wichtigsten klimatischen Faktoren sind Windgeschwindigkeit, Schneehöhe und Bodentemperatur. Es lässt sich ein Gradient beobachten, der von den hochwüchsigen *Rhododendron*-Heiden in schneereichen Lagen bis hin zur niedrigwüchsigen *Loiseleuria*-Heide in schneeärmeren oder schneefreien Lagen reicht. *Rhododendron*-Heiden sind im Winter durch die Schneedecke geschützt. Im Spätwinter, bei geringerer Dicke der Schneedecke, kann allerdings das Risiko für Frostschäden beträchtlich ansteigen, da *Rhododendron ferrugineum* nicht mehr ausreichend durch den Schnee geschützt wird (Neuner et al. 1999a,b). Die Frosttrocknis-Gefahr limitiert daher das Vorkommen von *Rhododendron ferrugineum* an schneearmen Standorten. Die Untersuchungen von Cernusca (1976) zeigten die mikroklimatischen Unterschiede der Zwergstrauchbestände sehr deutlich: während in einem *Rhododendron*-Bestand aufgrund der konstanten Schneedecke stabile Wintertemperaturen von ca. 0 °C herrschten, wies die schneefrei geblasene *Loiseleuria*-Heide zur selben Zeit extreme Erwärmung (+30 °C) und Abkühlung (–10 °C) auf. Auch im Sommer unterschieden sich die Bestände markant: die *Rhododendron*-Heide blieb wesentlich kühler im Vergleich zur *Loiseleuria*-Heide. Der offene Aufbau der hochwüchsigen *Rhododendron*-Zwergstrauchbestände ermöglicht es, dass der Wind nahezu ungehindert durchziehen kann. Dadurch nehmen Temperatur und Luftfeuchtigkeit im Bestand merklich ab (Siegwolf & Cernusca 1984). In der windexponierten *Loiseleuria*-Zwergstrauchheide hingegen

© Alpine Forschungsstelle Obergurgl; download https://www.uibk.ac.at/afo/publikationen/copy_of_index.html.de und www.zobodat.at

ist das Mikroklima durch den spalierartigen, geschlossenen Wuchs der Gamsheide deutlich wärmer und feuchter (Cernusca 1976, Larcher 1977). Bestandesstruktur und Wuchshöhe üben damit einen entscheidenden Einfluss auf das Mikroklima aus (Körner 2003).

Die Aufnahmen auf der Gurgler Heide erfolgten im Bereich des potenziellen Waldgebietes. Im Rhododendretum ferruginei gedieh immer wieder der Jungwuchs der Zirbe, Keimlinge wurden hingegen nur selten gefunden. Der Jungwuchs der Zirben geht vermutlich auf Aufforstungstätigkeiten im Gebiet zurück. Im Loiseleurio-Cetrarietum traten häufiger Keimlinge von *Pinus cembra* auf, der Jungwuchs fehlte jedoch nahezu völlig. Das deutet darauf hin, dass sich im Loiseleurio-Cetrarietum Zirben-Keimlinge aufgrund der extremen Bedingungen nicht weiter entwickeln können und wieder absterben (Mattes 1982).

Im benachbarten Venter Tal untersuchte Unterluggauer (2003) ebenfalls Zwergstrauchheiden von 2000 bis 2500 m Meereshöhe. Im Venter Tal ist ein artenreiches Junipero-Arctostaphyletum (Bärentrauben-Wacholderheide) ausgebildet. Es gedeiht auf steilen und auf sehr trockenen Sonnenhängen. Unterluggauer (2003) wies ein Empetro-Vaccinietum gaultherioidis (Krähenbeerenheide) aus, das durch die hohe Stetigkeit von *Rhododendron ferrugineum* Bezüge zum Rhododendretum ferruginei in Obergurgl erkennen lässt.

5.3. Dynamik der Zwergstrauchheiden

Die stärksten Veränderungen im Verlauf von neun Jahren wurden in der Zwergstrauchheide am Rumsoppen in 2040 m Meereshöhe festgestellt. Da sich in den Dauerflächen Weidezeiger wie *Potentilla aurea*, *Ranunculus montanus* und *Lotus corniculatus* finden, könnte es sich vielleicht um eine ehemalige Weide- oder Mahdfläche handeln, welche sich gerade im Verbrachungsstadium mit Zwergsträuchern befindet. Daten über die Beweidung in der Vergangenheit fehlen jedoch im Bereich dieser Zwergstrauchbestände. Eine Auflassung müsste dann allerdings schon vor sehr vielen Jahrzehnten erfolgt sein, denn Nagl (2009) beobachtete im Raum Obergurgl, dass selbst 50 Jahre alte Brachen, welche heute zwar optisch durch Zwergsträucher geprägt werden, eindeutig noch alle Elemente der subalpinen Wiesengesellschaften aufweisen. Abgesehen von einer abnehmenden Weidebelastung könnte auch eine Temperaturerhöhung im Zuge der Klimaerwärmung für die Kräuter von Vorteil gewesen sein. In der subalpinen Stufe stellt die Wärme einen limitierenden Faktor dar, daher sollte sich die Biomassenproduktion durch eine Zunahme der Temperatur steigern. Denkbar ist auch, dass Stickstoffdepositionen zu einer deutlichen Zunahme der Frequenzen, vor allem der Kräuter, führten. Ähnliches gilt auch für die Pistenheide auf 2350 m Meereshöhe. Vermutlich wirkt sich vor allem der jährliche Düngereinfluss auf die

© Alpine Forschungsstelle Obergurgl; download https://www.uibk.ac.at/afo/publikationen/copy_of_index.html.de und www.zobodat.at

Pisten aus. Die Auswirkungen der mechanischen Belastung durch den Skibetrieb müsste genauer untersucht werden. Der Boden wurde zwar weder planiert noch kommen Raupenfahrzeuge zum Einsatz, jedoch nutzen Skifahrer regelmäßig diesen Bereich (C. Kuen, persönl. Mitteilung). Neben einer Verdichtung des Schnees wirken sich vermutlich die Scherwirkungen durch Skikanten nachteilig auf die Vegetation aus (Grabherr 1987). Infolge dieser mechanischen Störungen werden die Winterknospen der Zwergsträucher beschädigt (Körner 2003). Die Kräuter haben vermutlich zusätzlich einen Vorteil erlangt, weil die Zwergsträucher durch das Befahren mit Skiern nur schlecht aufkommen (Wipf et al. 2005, Roux-Fouillet 2011). Im Vergleich zur Zwergstrauchheide am Rumsoppen und zur Pistenheide erwies sich die Windheide (Loiseleurio-Cetrarietum), abgesehen von jährlichen Fluktuationen, als stabil. Die extremen Verhältnisse, vor allem die sehr niedrigen Boden-Temperaturen im Winter, begünstigen wahrscheinlich die Flechten gegenüber den Gefäßpflanzen. Flechten wachsen jedoch sehr langsam, sodass sich die Frequenzen über die Jahre nur wenig änderten.

In Summe zeigte diese Studie, dass es in der subalpinen und unteren alpinen Stufe innerhalb von nur wenigen Jahren zu auffälligen Veränderungen in der Zusammensetzung der Vegetation kommt. Ähnliches haben andere Autoren für die alpine und subnivale Stufe nachgewiesen (Pauli et al. 2007, Erschbamer et al. 2009). Um zu klären, ob die festgestellten Veränderungen durch Klimaerwärmung, Stickstoffeintrag oder mechanische Belastungen infolge des Skibetriebs verursacht wurden, ist eine Fortsetzung des Monitorings notwendig, gekoppelt mit experimentellen Ansätzen zur Klärung der Einflussfaktoren.

Literatur

Aulitzky, H., Czell, A., Fromme, I., Neuwinger, I., Schiechtl, H.M. & Stern, R. (1963) Beschreibung des Gurglertales. Barbeitet von H. Aulitzky u.a. Ökologische Untersuchungen in der subalpinen Stufe zum Zwecke der Hochlagenaufforstung. Mitteilungen der Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Mariabrunn 59.

Bortenschlager, S. (1993) Das höchst gelegene Moor der Ostalpen „Moor am Rofenberg“ 2670 m. Dissertationes Botanicae 196: 329–334.

Braun-Blanquet, J. (1964) Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Springer Verlag, Wien, 865 S.

Casalegno, S., Amatulli, G., Camia, A., Nelson, A. & Pekkarinen, A. (2010) Vulnerability of Pinus cembra L. in the Alps and the Carpathian mountains under present and future climates. Forest Ecology and Management 259: 750–761.

© Alpine Forschungsstelle Obergurgl; download https://www.uibk.ac.at/afo/publikationen/copy_of_index.html.de und www.zobodat.at

Cernusca A. (1976) Bestandesstruktur, Bioklima und Energiehaushalt von alpinen Zwergstrauchbeständen. Oecologia Plantarum 11: 71–102.

Didier, L. (2001) Invasion patterns of European larch and Swiss stone pine in subalpine pastures in the French Alps. Forest Ecology and Management 145: 67–77.

Dierschke, H. (1994) Pflanzensoziologie. Grundlagen und Methoden. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 684 S.

Ellenberg, H. & Leuschner, C. (2010) Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 6. Auflage. Ulmer, Stuttgart, 1333 S.

Erschbamer, B., Kiebacher, T., Mallaun, M. & Unterluggauer, P. (2009) Short-term signals of climate change along an altitudinal gradient in the South Alps. Plant Ecology 202: 79–89.

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

Frahm, J.-P. & Frey, W. (2004) Moosflora. 4. Auflage. Ulmer UTB Stuttgart, 538 S.

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.

Grabherr, G. (1993) Loiseleurio-Vaccinietea. In: Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II: Natürliche waldfreie Vegetation, Grabherr, G. & Mucina, L. (Hg.), 447–467.

Hill, M.O. (1979) TWINSPAN – a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of individuals and attributes. Cornell University, Ithaca, 90 S.

Kaufmann, R. (2005) Langzeit-Ökosystem-Monitoring im Alpinen Raum. Endbericht 2000–2005. Innsbruck: Land Tirol, Abteilung Umweltschutz, 162 S.

Kilian, W., Müller, F. & Starlinger, F. (1994) Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs. Eine Naturraumgliederung nach waldökologischen Gesichtspunkten. Forstliche Bundesversuchsanstalt, Wien, 60 S.

Klosterhuber, R. (1994) Flora und Vegetation von Schutzwäldern der Tiroler Innenalpen. Diplomarbeit, Universität Innsbruck, 168 S.

Klosterhuber, R. & Hotter, M. (2001) Rote Liste der Wald- und Gebüschgesellschaften Nord- und Osttirols. Unveröffentlichter Bericht im Auftrag der Tiroler Landesregierung, Abteilung Umweltschutz.

Körner, C. (2003) Alpine Plant Life. Functional Plant Ecology of High Mountain Systems. 2nd ed. Springer, Berlin, 344 S.

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

© Alpine Forschungsstelle Obergurgl; download https://www.uibk.ac.at/afo/publikationen/copy_of_index.html.de und www.zobodat.at

Landmann, A. (2006) Alpiner Erlebnisweg Obergurgler Zirbenwald. Verein Naturpark Ötztal, 32 S.

Larcher, W. (1977) Produktivität und Überlebensstrategien von Pflanzen und Pflanzenbeständen im Hochgebirge. Sitzungsbericht der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-naturwissenschaftliche Kl., Abt. I, 186: 373–386.

Lumasegger, M., Hoffert, H., Auer, J. & Angerer, H. (2009) Vegetationskartierung Ruhegebiet und Natura 2000-Gebiet Ötztal. Kartierung von Lebensraumtypen. Auftraggeber: Land Tirol, Abteilung Umweltschutz. REVITAL Ziviltechniker GmbH, Nußdorf-Debant, 76 S.

Mattes, 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.

Mayer, H. (1974) Wälder des Ostalpenraumes. Gustav Fischer, Stuttgart, 346 S.

Mayer, H. (1986) Europäische Wälder. Gustav Fischer, Stuttgart, New-York, 386 S.

Moser, W. (1973) Naturdenkmal Obergurgler Zirbenwald, Jenny-Druck, Innsbruck.

Motta, R., Morales, M. & Nola, P. (2006) Human land-use, forest dynamics and tree growth at the treeline in the western italian alps. Annals of Forest Science 63: 739–747.

Nagl, F. (2009) Vegetationskundliche Untersuchungen von Wiesen und Weiden im Raum Obergurgl. Diplomarbeit, Universität Innsbruck, 129 S.

Neuner, G. (2007) Frost Resistance at the Upper Timberline. In: Trees at their Upper Limit. Treelife Limitation at the Alpine Timberline. Wieser, G., Tausz, M. (Hg.) Springer, Dordrecht: 171–180.

Neuner, G., Ambach, D. & Aichner, K. (1999a) Impact of snow cover on photoinhibition and winter desiccation in evergreen *Rhododendron ferrugineum* leaves during subalpine winter. Tree Physiology 19: 725–732.

Neuner, G., Ambach, D. & Buchner, O. (1999b) Readiness to frost harden during the dehardening period measured *in situ* in leaves of *Rhododendron ferrugineum* L. at the alpine timberline. Flora 194: 289–296.

Neuwinger, I. (1987) Bodenökologische Untersuchungen im Gebiet Obergurgler Zirbenwald – Hohe Mut. In: Patzelt, G. (Hg.). MaB-Projekt Obergurgl. Veröffentlichungen des Österreichischen MaB-Programms, Wagner Innsbruck 10: 173–190.

Patzelt, G. (1997) Arbeiten aus dem Forschungsinstitut für Hochgebirgsforschung. Die Ötztalstudie – Entwicklung der Landnutzung. In: Alpine Vorzeit in Tirol. Begleitheft zur Ausstellung. Oeggl K., Patzelt, G., Schäfer D. (Hg.) Universität Innsbruck: 45–62.

Pauli, H., Gottfried, M., Reiter, K., Klettner, C. & Grabherr, G. (2007) Signals of range expansions and contractions of vascular plants in the high Alps: observations

© Alpine Forschungsstelle Obergurgl; download https://www.uibk.ac.at/afo/publikationen/copy_of_index.html.de und www.zobodat.at

(1994–2007) at the GLORIA*master site Schrankogel, Tyrol, Austria. Global Change Biology 13: 147–156.

Pitschmann, H., Reisigl, H., Schiechtl, 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.

Purtscheller, F. (1978) Ötztaler und Stubaier Alpen. Sammlung Geologischer Führer, Band 53 (2. Auflage). Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart, 128 S.

Reichelt, G. & Wilmanns, O. (1973) Vegetationsgeographie. Westermann, Braunschweig, 210 S.

Reisigl, H. & Keller, R. (1999) Lebensraum Bergwald: Alpenpflanzen in Bergwald, Baumgrenze und Zwergstrauchheide, 2. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, Gustav Fischer, Heidelberg, Berlin, 158 S.

Roux-Fouillet, P., Wipf, S. & Rixen, C. (2011) Long-term impacts of ski piste management on alpine vegetation and soils. Journal of Applied Ecology 48/4: 906–915.

Rybníček, K. & Rybníčková, E. (1977) Mooruntersuchungen im oberen Gurgltal, Ötztaler Alpen. Folia Geobotanica & Phytotaxonomica 12/3: 245–291.

Schiechtl, H.M. & Stern, R. (1975) Die Zirbe (*Pinus cembra* L.) in den Ostalpen, Ötztaler Alpen und westliche Stubaier Alpen. Angewandte Pflanzensoziologie Österreich, Band 22, Agrarverband Wien, 84 S.

Siegwolf, R. & Cernusca, A. (1984) CO_2-Gaswechsel von *Rhododendron ferrugineum* an der alpinen Waldgrenze. Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie 12: 111–122.

Tranquillini, W. (1955) Die Bedeutung des Lichtes und der Temperatur für die Kohlensäureassimilation von *Pinus cembra*-Jungwuchs am hochsubalpinen Standort. Planta, Berlin, 46: 154–178.

Unterluggauer, P. (2003) Die Vegetation in Vent und Rofen (Ötztal Tirol). Diplomarbeit Universität Innsbruck, 166 S.

Wallnöfer, S. (1993) Erico-Pinetea. In: Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil III: Wälder und Gebüsche: Mucina, L., Grabherr, G. & Wallnöfer, S. (Hg.) 244–282.

Willner, W. & Grabherr G. (2007) Die Wälder und Gebüsche Österreichs. Ein Bestimmungswerk mit Tabellen, 2 Bände. Elsevier München, 302 + 290 S.

Wipf, S., Rixen, C., Fischer, M., Schmid, B. & Stoeckli, V. (2005) Effects of ski piste preparation on alpine vegetation. Journal of Applied Ecology 42: 306–316.

Wirth, V. (1995) Flechtenflora. 2. Auflage. Eugen Ulmer UTB Stuttgart, 664 S.

© Alpine Forschungsstelle Obergurgl; download https://www.uibk.ac.at/afo/publikationen/copy_of_index.html.de und www.zobodat.at

Verzeichnis der AutorInnen

Roland Mayer
Institut für Botanik
Universität Innsbruck
Sternwartestr. 15, 6020 Innsbruck
Roland.Mayer@uibk.ac.at

Brigitta Erschbamer
Institut für Botanik
Universität Innsbruck
Sternwartestr. 15, 6020 Innsbruck
Brigitta.Erschbamer@uibk.ac.at

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Publikationen Alpine Forschungsstelle Obergurgl

Jahr/Year: 2012

Band/Volume: 2

Autor(en)/Author(s): Mayer Roland, Erschbamer Brigitta

Artikel/Article: Kapitel 4: Lärchen-Zirbenwälder und Zwergstrauch-heiden 99-123