

Die Vegetation von Schipisten im Vergleich zur angrenzenden Vegetation im inneren Ötztal (Zentralalpen, Nordtirol)

Roland MAYER & Brigitta ERSCHBAMER

In Obergurgl (inneres Ötztal, Zentralalpen, Nordtirol) wurden entlang eines Höhengradienten von 1930 bis 2820 m die Vegetation und verschiedene Umweltfaktoren im zentralen Teil von Schipisten, am Pistenrand und außerhalb der Pisten erhoben. Die Daten wurden pflanzensoziologisch sowie hinsichtlich verschiedener funktionaler Typen ausgewertet. Außerdem wurden Unterschiede bezüglich Bodentiefe, Wuchshöhe, Deckung und Artenzahl analysiert. Der Erfolg der jährlich durchgeführten Pistenbegrünungen (Einsaat, Düngung) wurde verglichen. Die Klassifikation der Vegetation ergab acht Vegetationstypen entlang des Höhengradienten: von einer subalpinen Wiesengesellschaft, drei unterschiedlichen Zwergstrauchheiden-Typen, einer alpinen Rasengesellschaft bis hin zu Schneebodengesellschaften und einer Schuttflur. Im Zentrum und am Rand der Schipisten herrschen mit Ausnahme der untersten Lage im Dorfbereich eindeutig die Schneebodengesellschaften vor während außerhalb der Pisten Krummseggenrasen und verschiedene Typen von Zwergstrauchheiden gedeihen. Die oberalpine Stufe wird durch eine Schuttflur charakterisiert, die aber auch Bezüge zu den Schneebodengesellschaften aufweist. Die verholzten Pflanzen (= Zwergsträucher, Sträucher und juvenile Bäume) werden auf den Schipisten stark zurückgedrängt, dafür ist dort die Abundanz der Moose deutlich erhöht. Die Flechten verlieren auf den Schipisten signifikant an Bedeutung, während die Leguminosen dort stärker auftreten. Diese Unterschiede deuten auf eine veränderte Ökologie der Bestände hin. Das Pistenzentrum weist stets die geringste Anzahl an Pflanzenarten auf. Die Schaffung und Präparierung der Schipisten wirkt sich weniger auf die Artenzahl als auf die Artenzusammensetzung aus. Die Unterschiede zwischen dem Pistenzentrum und dem Pistenrand sind zwar selten signifikant, viele Parameter zeigen jedoch Abstufungen vom Pistenzentrum über den Pistenrand zur angrenzenden Vegetation außerhalb der Piste. Der Pistenrand wird aufgrund seiner Nähe zur Vegetation außerhalb der Piste eher von Einwanderern besiedelt. Begrünungs-Maßnahmen waren ab der alpinen Stufe zunehmend weniger erfolgreich, daher wird empfohlen, die Zusammensetzung der Einsaatmischung besser an die standörtlichen Gegebenheiten anzupassen.

MAYER R. & ERSCHBAMER B., 2009: The vegetation of ski pistes compared to the adjacent vegetation in the inner Oetz Valley (Central Alps, North Tyrol).

In Obergurgl (inner Oetz Valley, North Tyrol), vegetation data and environmental variables were collected along an altitudinal gradient from 1930 to 2820 m a.s.l. along the center and edges of ski pistes as well as in the adjacent area. The data were analyzed by phytosociological methods and by means of functional types. Differences in soil depth, plant height, vegetation cover and species number were analyzed. The success of restoration measures (annually sowing and fertilizing) was evaluated. The vegetation classification revealed eight communities along the altitudinal gradient: a subalpine meadow community, three different types of dwarf shrub heaths, one alpine grassland, two snowbed communities and one scree community. On the pistes (center and edges), snowbed communities clearly dominated except on the lowest altitudes, whereas at the adjacent areas *Carex curvula*-grasslands and different types of dwarf shrub heaths prevailed. The upper alpine zone is characterized by a scree community with similarities to snowbed vegetation. Woody plants (= dwarf shrubs, shrubs and juvenile trees) are strongly suppressed on the pistes, whereas moss abundance increase. Lichens decrease on the pistes whereas legumes benefit there. These differences indicate a markedly changed functioning of the ecosystem. The center of the pistes always exhibits the lowest species number. The creation and preparation of the ski pistes effected changes in species composition much more than in species number. Differences between the center and the edges of the pistes are hardly significant, although many of the analyzed parameters exhibited gradients from the center to the edges of the pistes

and to the adjacent area. Piste edges may easily be colonized by species from the adjacent vegetation. The success of the annual restoration measures clearly decreases from the alpine to the upper alpine zone. We therefore recommend adjusting the composition of the seed mixture to the conditions at the alpine and upper alpine zone.

Keywords: Central Alps, classification, functional types, restoration measures, scree community, snowbed community, species number.

Einleitung

In den Alpen verzeichnet man derzeit wieder einen erhöhten Trend zur Schaffung von neuen Schipisten oder zum Ausbau von bereits bestehenden Schigebieten (RIXEN et al. 2003, WIPF et al. 2005). Diese Eingriffe betreffen vor allem alpine Ökosysteme, wo sie beträchtliche Auswirkungen auf die Artenzusammensetzung, Artenvielfalt und Produktivität haben (GRABHERR 1987, CHAPIN & KÖRNER 1995, BAYFIELD 1996, TILMAN 1996, URBANSKA 1997, RIXEN et al. 2003). Die Folgen der Planierung und des Betriebes von Schipisten sowie die Effekte der Beschneiungsanlagen sind im Alpenraum bereits in zahlreichen Studien untersucht worden (CERNUSCA 1977, 1984; EBUS 1986, CERNUSCA et al. 1990, 1991, 1993; ELSASSER & MESSERLI 2001, RIXEN et al. 2008). Im Zuge der Schaffung von Schipisten wird der Boden abgetragen und dadurch das alpine Ökosystem erheblich gestört (GRABHERR 1987). Durch die Pistenpräparierung erfolgt eine Verdichtung des Schnees, wodurch Bodenfröste verstärkt auftreten (NEWESELY 1997). Dadurch werden sowohl die Artenzusammensetzung als auch die Artenvielfalt sowie die Produktivität des Ökosystems reduziert. Doch viele dieser Auswirkungen wurden bislang noch gar nicht ausreichend untersucht (RIXEN et al. 2003).

Die Umgebung von Obergurgl (inneres Ötztal) wird als Wintersportgebiet sehr intensiv genutzt (EBUS 1986, GRABHERR 1987). Die Auswirkungen des Schitourismus auf den Boden und die Vegetation wurden von EBUS (1986) kartiert; eine umfassende Vegetationsanalyse der Schipisten fehlte jedoch bisher. Um diese Lücke zu schließen, wurde im Sommer 2008 mit einer vegetationskundlichen Erhebung auf den Schipisten auf der orographisch rechten Talseite des Gurgler Tals begonnen. Der Schwerpunkt der Studie lag in der Untersuchung der Auswirkungen des Pistenbaus und der Belastungen durch den Pistenbetrieb. Dazu wurde die Pistenvegetation mit der Vegetation außerhalb der Pisten verglichen. Zudem erfolgte ein Vergleich des Pistenzentrums mit dem Rand der Pisten.

Material und Methoden

Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in Obergurgl im inneren Ötztal (Zentralalpen, Nordtirol) auf der orographisch rechten Seite des Gurgler Tals. Es liegt im Schigebiet Festkogel und umfasst die Bereiche entlang der Festkogelbahn (1910–2671 m Meereshöhe), der Rosskarbahn ab der Mittelstation (ca. 2300 bis 2668 m Meereshöhe) und den untersten Abschnitt der Plattachbahn (2262–2898 m Meereshöhe). Die geografischen Koordinaten für den Bereich unmittelbar oberhalb der Festkogelbahn–Talstation lauten $46^{\circ}52.525' / 11^{\circ}02.040'$, für den Bereich am Rosskar (höchst gelegene Aufnahmen) $46^{\circ}51.496' / 11^{\circ}02.963'$.

Schaffung, Präparierung und Begrünung der Schipisten

Die Pisten und Lifтанlagen im Schigebiet Obergurgl/Hochgurgl wurden sukzessive errichtet. Die ersten Lifтанlagen entstanden in den 50er–Jahren des 20. Jahrhunderts

(EBUS 1986, Christoph Kuen, persönl. Mitteilung). Zu Beginn der 1980er-Jahre wurde das Schigebiet Festkogel wesentlich erweitert. Im Jahr 2007 erfolgte die Schaffung einer neuen Schipiste (Hohe Mut) verbunden mit dem Neubau einer Liftanlage und der Errichtung eines Speicherteichs zur Versorgung der Beschneigungsanlagen am Ausgang des Rotmoostales. Nahezu alle Liftanlagen und Pisten liegen im UNESCO-Biosphärenpark Gurgler Kamm. Das gesamte Schigebiet Obergurgl/Hochgurgl umfasst 110 Pistenkilometer und 24 Liftanlagen mit einer Gesamtkapazität von 39.400 Personen/Stunde (www.obergurgl.com). Seit der Wintersaison 1999/2000 werden 90% der insgesamt 56 Pistenkilometer im Schigebiet Obergurgl künstlich beschneit. Die Pisten werden täglich am Abend mit Raupenfahrzeugen präpariert. Bei geringer Schneelage kann es geschehen, dass der Boden teilweise aufgerissen wird. Der Pistenrand ist exakt festgelegt und wird in der gleichen Weise behandelt wie das Pistenzentrum, auch beim Befahren durch die Schifahrer besteht kein Unterschied. Außerhalb davon liegt der freie Schiraum mit Tiefschnee (Christoph Kuen, persönl. Mitteilung). Die Landesgesetze erlauben eine künstliche Beschneieung nur im Zeitraum zwischen dem 15. Oktober und 28. Februar, zudem dürfen dem Wasser keine Zusätze beigegeben werden (Christoph Kuen, persönl. Mitteilung). Die Begrünung erfolgt mit einer speziellen „Hochgebirgssamen-Mischung“ (Firma Samen Schwarzenberger, Böschungsrasen „ALPIN EXTREM“ (B4) über 1.800 m Seehöhe) die wie folgt zusammengesetzt ist (Angaben in Gewichts-Prozent): *Achillea millefolium* (1,0%), *Agrostis capillaris* (13,0%), *Alopecurus pratensis* (1,0%), *Festuca ovina* (2,5%), *Festuca rubra* (19,5%), *Festuca rubra commutata* (10,0%), *Lolium perenne* (10,0%), *Lotus corniculatus* (5,0%), *Phleum pratense* (5,0%), *Poa alpina* (5,0%), *Poa pratensis* (10,0%), *Poa trivialis*, (4,5%), *Trifolium dubium* (1,0%), *Trifolium hybridum* (10,0%) und *Trifolium repens* (2,5%). Die Saatmischung wird mit Pferde-, Rinder-, Schaf- und Ziegenmist vermischt. Die Aufbringung geschieht jährlich maschinell im zeitigen Frühjahr unmittelbar nach der Schneeschmelze. Die Begrünung und Düngung der Pisten erfolgt vom Talgrund bis in beinahe 3000 m Meereshöhe durchgehend auf die gleiche Weise (Christoph Kuen, persönl. Mitteilung).

Geländearbeiten

Entlang eines Höhengradienten von 1930 m bis 2820 m Meereshöhe wurden drei parallele Transekte geschaffen. Davon befanden sich je einer im Pistenzentrum (T1), am Pistenrand (T2) und unmittelbar außerhalb der Piste (T3). Der horizontale Abstand zwischen den parallel liegenden Vegetationsaufnahmen schwankte je nach Breite der Piste und Geländeform. Hangaufwärts wurden im Abstand von ca. 100 m je drei Vegetationsaufnahmen gemacht, wobei sich jeweils eine dieser Aufnahmen auf einem der Transekte befand. Dadurch kamen stets Vegetationsaufnahmen im Pistenzentrum, am Pistenrand und außerhalb der Piste parallel zueinander zu liegen. Insgesamt wurden 118 Vegetationsaufnahmen gemacht. Die Vegetationsaufnahmen erfolgten nach der Methode von BRAUN-BLANQUET (1964), für die Schätzung der Artmächtigkeit wurde die erweiterte Schätzskala nach REICHELT & WILMANN (1973) verwendet. Die Nomenklatur richtet sich nach FISCHER et al. (2008). Die Größe der Aufnahmeflächen betrug 25 m², nur für die Zwergstrauchgesellschaften wurden 50 m² verwendet (DIERSCHKE 1994). In jeder Aufnahmefläche wurden Exposition (Grad), Neigung (Grad) und Meereshöhe (m) gemessen. Die Bodentiefe wurde mittels eines Spatens bestimmt. Der Anteil der Gesamtdeckung der Vegetation (= Gefäßpflanzen + Moose/Flechten) und des offenen Bodens wurden geschätzt (0–100%). Die Wuchshöhe des Bestandes in jeder Aufnahmefläche wurde mittels eines Meterstabes an 13 regelmäßig angeordneten Positionen gemessen.

Datenauswertung und statistische Analysen

Die Klassifikation der Vegetation erfolgte durch das Programm TWINSpan (HILL 1979). Aufgrund dieser Analysen wurden Stetigkeits-Tabellen erstellt und daraus Gruppen abgeleitet, welche verschiedenen Pflanzengesellschaften zugeordnet wurden. Folgende Stetigkeitsklassen wurden verwendet: V: >80–100 %, IV: >60–80 %, III: >40–60 %, II: >20–40 %, I: >10–20 %, +: >5–10 %, r: ≤ % (DIERSCHKE 1994). Trenn- und Charakterarten unterscheiden sich zwischen den Gruppen um mindestens zwei Stetigkeitsklassen. Der Anteil der funktionalen Typen (verholzte Pflanzen, Grasartige, Kräuter, Leguminosen, Moose und Flechten) wurde aus den Schätzungen ihrer jeweiligen Artmächtigkeiten berechnet. Dazu wurden diese Schätzwerte nach folgendem Schema in Deckungswerte (%) umgewandelt (DIERSCHKE 1994): r = 0,1 %, + = 0,5 %, 1 = 1,0 %, 2m = 2,5 %, 2a = 8,8 %, 2b = 20,0 %, 3 = 37,5 %, 4 = 67,5 %, 5 = 87,5 %. Die verholzten Pflanzen umfassen Zwergsträucher, Sträucher und juvenile Bäume. Die Strauchschicht (SS) umfasst alle verholzten Pflanzen von 0,5 bis 1,5 m Wuchshöhe. Für die Durchführung der Analysen wurde der Höhengradient in drei Teilabschnitte (= Höhenstufen) untergliedert: subalpin (1930–2275 m), alpin inklusive Ökoton subalpin–untere alpine Stufe (2273–2672 m), oberalpin (2678–2820 m). Die Deckungswerte der Vegetation, der Gefäßpflanzen und der funktionalen Typen sowie die Artenzahlen und Umweltdaten wurden im Programm CANOCO 4.5 mittels pRDA (partial redundancy analysis = lineares Modell) und Monte Carlo Permutationstests auf ihre statistische Signifikanz geprüft. Als Permutations-Schema diente ein hierarchisches Modell, in welchem die räumlich korrelierten Aufnahmen zu einem „Whole plot“ zusammengefasst wurden. Diese räumliche Beziehung wurde durch die einzelnen Aufnahmen als „Split plots“ und die Gesamtheit der jeweils nebeneinander liegenden Aufnahmen als „Whole plots“ berücksichtigt (TER BRAAK & ŠMILAUER 1998).

Ergebnisse

Vegetation

In der subalpinen Stufe dominieren zwei Typen von Zwergstrauchheiden sowie eine Wiesengesellschaft, während Schneebodengesellschaften sehr selten auftreten. In der alpinen Stufe hingegen herrschen Schneebodengesellschaften eindeutig vor, gefolgt von Krummseggenrasen; weit seltener sind Zwergstrauchheiden anzutreffen. In der oberalpinen Stufe hingegen dominiert eine Schuttflur. Im Pistenzentrum herrschen deutlich Silikat-Schneebodengesellschaften vor, gefolgt von Schuttfluren. Nur vereinzelt sind Zwergstrauchheiden zu finden, welche aber in der Regel degradiert sind. Am Pistenrand ist die Verteilung ähnlich, nur dass hier alle identifizierten Gesellschaften vertreten sind, vereinzelt auch Krummseggenrasen. Der Bereich unmittelbar außerhalb der Pisten wird sehr deutlich von Krummseggenrasen dominiert. Mit größerem Abstand folgen dann Zwergstrauchheiden, etwas seltener treten Schuttfluren auf. Schneebodengesellschaften kommen hingegen nur sehr vereinzelt vor. Die einzelnen Gesellschaften werden im Folgenden im Detail dargestellt.

Agrostis capillaris–*Festuca rubra*-Gesellschaft (Tab. 1, Einheit 1)

Diese Wiesengesellschaft gedeiht in der subalpinen Stufe zwischen 1930 und 2050 m Meereshöhe (im Mittel auf 1968 m) ausschließlich auf den Schipisten, vorwiegend im zentralen Bereich (67 % der Aufnahmen), seltener am Rand (33 %). Die Vegetation weist eine mittlere Deckung von 81 % auf, durchschnittlich 14 % der Aufnahme fläche sind offener Boden. Der Boden ist extrem flachgründig und nur 1–3 cm tief. Trotzdem werden

die Pflanzen im Durchschnitt 41 cm hoch. Der Artenreichtum bleibt verhältnismäßig gering (durchschnittlich 29 Arten je 25 m²). In dieser Gesellschaft treten keine Zwergsträucher auf, während hochstete Arten aus den Wirtschaftswiesen und Fettwiesen wie *Scorzoneroides autumnalis*, *Phleum pratense*, *Carum carvi* und *Taraxacum* Sect. Ruderalia von großer Bedeutung sind. Diese Arten gehören ebenso wie *Hieracium lactucella* und *Trifolium hybridum* zu den wichtigsten Trennarten gegenüber der subalpinen Zwergstrauchheide (Tab. 1, Einheit 2). Flechten fehlen, Moose spielen nur eine geringe Rolle.

***Rhododendron ferrugineum*–*Vaccinium myrtillus*-Gesellschaft** (Tab. 1, Einheit 2)

Diese subalpine Zwergstrauchheide gedeiht zwischen 1956 und 2068 m Meereshöhe (im Mittel auf 2003 m) am Pistenrand (50% der Aufnahmen) und außerhalb der Piste (33%), nur selten im Pistenzentrum (17%). Die Vegetation ist meistens gut geschlossen (im Mittel zu 88%). Durchschnittlich tritt 10% offener Boden auf. Der Pflanzenbestand ist mit durchschnittlich 44 cm recht hochwüchsig. Der Reichtum an verschiedenen Arten fällt mit durchschnittlich 47 Arten je 50 m² auffallend hoch aus. Der Boden ist meist zwischen 5 und 15 cm tief und überwiegend nur mäßig steinig oder felsig. In dieser Gesellschaft gedeihen Zwergsträucher wie *Vaccinium myrtillus* und *Vaccinium vitis-idaea* mit hoher Stetigkeit. Infolge des mitunter deckenden Auftretens von *Rhododendron ferrugineum* und *Juniperus communis* ssp. *nana* ist der Zwergstrauch-Charakter ausgeprägt. Hinzu kommen Arten die für Bürstlingsrasen typisch sind (GRABHERR 1993a), wie vor allem *Phyteuma betonicifolium* und *Campanula barbata*. Abgesehen davon bestimmen die hochsteten Arten *Viola biflora*, *Ranunculus montanus*, *Crepis aurea*, *Hieracium lachenalii* und *Cirsium spinosissimum* den Trennartenblock. Flechten treten nur ganz vereinzelt auf und Moose bleiben in der Regel ohne besondere Bedeutung.

Rhododendretum ferruginei Rübel 1911 (Tab. 1, Einheit 3a)

Diese Assoziation ist typisch für die subalpine Stufe zwischen 2065 und 2275 m Meereshöhe (im Mittel 2184 m). Überwiegend kommt sie außerhalb der Schipisten vor (46% der Aufnahmen), etwas weniger häufig auch am Pistenrand (36%). Nur vereinzelt ist sie im zentralen Bereich der Piste zu finden (18%), dann sind die Zwergsträucher niedrig wüchsig und es zeigen sich Tendenzen zu einer Degradierung. Die mittlere Deckung beträgt 76%, der Anteil an offenem Boden beläuft sich im Durchschnitt auf 25%. Die mittlere Wuchshöhe beträgt 29 cm. Der durchschnittliche Artenreichtum liegt bei 36 Arten je 50 m². Diese Assoziation wächst vorwiegend auf mäßig steinig bzw. felsigen Böden, die meist im Durchschnitt zwischen 15 und 20 cm tief sind. Vom Erscheinungsbild her fällt das *Rhododendretum ferruginei* von weitem durch die hochwüchsigen Alpenrosen auf. Dazu mischt sich auch *Juniperus communis* ssp. *nana*, seltener sind es Weiden, wie *Salix helvetica*. Hinzu kommt *Luzula alpinopilosa*, welche für diese Assoziation typisch ist. Abgesehen davon gedeihen noch mit hohen Stetigkeitswerten *Achillea millefolium* agg. und *Festuca rubra* agg. Es handelt sich dabei um Arten, die oft in Wirtschaftswiesen zu finden sind. Außer *Luzula alpinopilosa* zählen noch *Empetrum hermaphroditum*, *Hieracium alpinum*, *Melampyrum sylvaticum* und *Gentiana punctata* zum Trennartenblock. Flechten fehlen, Moose bedecken im Durchschnitt 41% der Aufnahmefläche.

***Vaccinium gaultherioides*–*Sempervivum montanum*-Gesellschaft** (Tab. 1, Einheit 3b)

Diese Zwergstrauch-Gesellschaft gedeiht zwischen 2273 und 2380 m Meereshöhe (im Mittel 2328 m) im Ökoton subalpin–untere alpine Stufe. Sie wächst vorwiegend außerhalb der Piste (71% der Aufnahmen), am Pistenrand kommt sie seltener vor (29%), im Pistenzentrum fehlt sie völlig. Die mittlere Deckung der Vegetation beläuft sich auf 81%. Im Durchschnitt sind 12% einer Aufnahmefläche ohne Vegetation. Die durchschnittliche

Tab. 1: Stetigkeitstabelle der Gesellschaften auf den Schipisten und der angrenzenden Vegetation in Obergurgl. MW = Mittelwert; D1–D6: Differenzial- und Charakterarten; SS = Strauchschicht, juv. = juvenile. – Table 1: Synoptic table of the plant communities on the ski pistes and of the adjacent vegetation in Obergurgl. MW = mean value; D1–D6: Differential and character species; SS = shrub layer, juv. = juvenile.

Einheiten:

- 1: *Agrostis capillaris*–*Festuca rubra*-Gesellschaft/community
- 2: *Rhododendron ferrugineum*–*Vaccinium myrtillus*-Gesellschaft/community
- 3a: *Rhododendretum ferruginei* Rübél 1911
- 3b: *Vaccinium gaultherioides*–*Sempervivum montanum*-Gesellschaft/community
- 4: *Caricetum curvulae* Rübél 1911
- 5a: *Sibbaldia procumbens*–*Nardus stricta*-Gesellschaft/community
- 5b: *Sibbaldia procumbens*–*Saxifraga bryoides*-Gesellschaft/community
- 6: *Cerastium uniflorum*–*Poa laxa*-Gesellschaft/community

	1968	2003	2184	2328	2517	2358	2527	2714	
MW Meereshöhe (m)									
MW Neigung (°)	11,8	17,2	16,2	16,6	15,3	16,7	13,5	17,2	
MW Deckung gesamt (%)	80,8	87,5	75,9	80,7	75,8	72,4	68,5	48,9	
MW Deckung Moose (%)	6,2	5,3	41,4	22,9	26,3	41,8	51,9	38,9	
MW Deckung Flechten (%)	0,0	0,2	0,0	11,7	7,6	0,5	1,0	1,6	
MW Offener Boden (%)	14,2	10,0	24,5	12,1	15,0	20,0	21,3	45,0	
MW Wuchshöhe (cm)	41,1	43,9	28,9	16,9	8,8	13,0	6,5	4,5	
MW Artenzahl	29	47	36	41	28	34	25	21	
MW Shannon-Index (ln)	3,0	3,6	3,1	3,4	2,8	3,2	2,7	2,5	
Einheit	1	2	3a	3b	4	5a	5b	6	Stet.%
Anzahl der Aufnahmen	6	6	11	7	20	19	31	18	118
D1									
Scorzoneroides autumnalis	V	I	I	.	.	.	.	.	5,9
Phleum pratense	V	III	II	.	.	.	I	.	11,9
Carum carvi	IV	.	.	.	.	.	.	.	3,4
Hieracium lactucella	IV	II	.	II	.	.	.	.	6,8
Trifolium hybridum	III	I	.	.	.	.	.	.	3,4
Trifolium montanum	II	.	.	.	.	.	.	.	1,7
Campanula cochleariifolia	II	.	.	.	.	.	.	.	1,7
Euphrasia officinalis ssp. rostkoviana	II	.	.	.	.	.	.	.	1,7
Festuca pulchella	II	.	.	.	.	.	.	.	1,7
D1,2									
Ranunculus acris	V	V	.	.	.	.	.	.	10,2
Agrostis capillaris	V	V	I	.	.	III	.	.	19,5
Alchemilla vulgaris agg.	V	V	.	.	.	III	II	.	22,0
Trifolium pratense ssp. nivale	V	V	I	.	.	II	+	.	14,4
Solidago virgaurea	V	V	III	I	+	.	.	.	15,3
Leontodon hispidus	IV	V	.	.	.	I	.	.	9,3
Silene nutans ssp. nutans	IV	IV	.	.	.	.	.	.	6,8
Galium anisophyllum	IV	III	I	I	.	.	.	.	7,6
Rumex acetosella agg.	III	III	.	.	.	.	.	.	5,1
Epilobium angustifolium	II	I	.	.	.	.	.	.	2,5
Thymus praecox ssp. praecox	I	I	.	.	.	.	.	.	1,7
Petasites paradoxus	I	I	.	.	.	.	.	.	1,7
Phleum commutatum	I	I	.	.	.	.	.	.	1,7
Dactylis glomerata	I	I	.	.	.	.	.	.	1,7
D2									
Phyteuma betonicifolium	I	V	.	.	.	.	.	.	5,1
Viola biflora	I	V	I	.	.	.	.	.	5,9
Campanula barbata	.	V	II	III	.	II	.	.	12,7

	Ranunculus montanus	II	V	II	II	.	II	I	.	18,6
	Crepis aurea	.	IV	.	.	.	.	.	.	3,4
	Hieracium lachenalii	I	IV	.	.	.	.	.	.	4,2
	Cirsium spinosissimum	.	IV	I	I	.	II	.	.	9,3
	Selaginella selaginoides	.	III	.	.	.	.	.	.	2,5
	Anthoxanthum odoratum	.	III	.	.	.	.	.	.	2,5
	Phleum hirsutum	.	III	.	.	.	.	.	.	2,5
	Thymus praecox ssp. polytrichus	I	III	.	.	.	.	.	.	3,4
	Stellaria graminea	I	III	.	.	.	.	.	.	3,4
	Achillea moschata	.	II	.	I	.	.	.	I	5,1
	Rumex acetosa	.	II	.	.	.	.	.	.	1,7
	Alnus alnobetula (juv.)	.	II	.	.	.	.	.	.	1,7
	Chaerophyllum hirsutum	.	II	.	.	.	.	.	.	1,7
	Carex pilulifera	.	II	.	.	.	.	.	.	1,7
	Peucedanum ostruthium	.	II	.	.	.	.	.	.	1,7
	Viola sp.	.	II	.	.	.	.	.	.	1,7
D1-3a	Silene vulgaris ssp. vulgaris	V	V	IV	II	.	II	I	.	26,3
D1-3	Luzula multiflora	III	V	IV	III	.	I	.	.	17,8
D2,3a	Pinus cembra (juv.)	.	III	II	.	.	.	.	.	5,9
	Rhododendron ferrugineum (SS)	.	II	II	.	+	I	.	.	7,6
	Rhododendron ferrugineum (juv.)	.	II	II	.	+	.	.	.	6,8
D2,3	Avenella flexuosa	.	V	V	V	I	I	.	.	22,0
	Vaccinium myrtillus	.	V	V	IV	+	I	.	.	21,2
	Juniperus communis ssp. nana (SS)	.	II	III	III	+	.	.	.	9,3
	Juniperus communis ssp. nana (juv.)	.	II	I	I	.	.	.	.	5,1
D2-4	Vaccinium vitis-idaea	.	IV	V	III	III	I	+	.	26,3
D2-5a	Luzula lutea	.	IV	III	V	II	II	.	.	22,0
D3-5	Euphrasia minima agg.	I	II	V	V	V	V	IV	I	71,2
	Scorzoneroides helvetica	.	.	V	V	V	IV	III	I	55,1
	Veronica bellidioides	.	.	I	V	IV	III	II	.	37,3
D3-6	Polytrichum sp.	I	.	V	V	V	V	V	V	89,0
	Leucanthemopsis alpina	.	.	IV	V	V	IV	IV	IV	72,9
	Festuca halleri	.	.	III	V	III	IV	III	IV	52,5
	Agrostis rupestris	I	.	III	IV	V	V	V	II	66,9
	Salix herbacea	.	.	II	III	V	III	IV	IV	59,3
D3a	Empetrum hermaphroditum	.	I	V	III	II	I	+	.	18,6
	Hieracium alpinum	.	II	V	II	II	I	.	I	20,3
	Luzula alpinopilosa	.	I	IV	.	II	II	I	I	21,2
	Melampyrum sylvaticum	.	.	II	.	.	.	.	.	2,5
	Gentiana punctata	.	.	II	.	.	.	.	.	3,4
D3a,b	Vaccinium gaultherioides	.	III	V	V	III	III	I	.	38,1
	Pyrola minor	.	.	II	II	.	.	.	.	4,2
D3,4	Soldanella pusilla	.	.	V	V	V	III	II	I	49,2
	Cladonia arbuscula	.	I	V	V	V	III	II	II	51,7
	Avenula versicolor	.	II	V	V	V	III	II	I	50,0
	Cetraria islandica	.	.	IV	V	V	II	II	I	44,1
	Loiseleuria procumbens	.	.	IV	IV	IV	.	.	.	23,7
	Lycopodium alpinum	.	.	II	II	I	.	.	.	6,8
D3b	Sempervivum montanum	.	.	.	V	I	I	.	.	8,5
	Senecio incanus ssp. carniolicus	.	.	I	IV	I	.	.	I	8,5

	<i>Carex sempervirens</i>	.	.	.	III	.	.	.	I	3,4
	<i>Juncus filiformis</i>	.	I	.	III	+	I	.	.	5,1
	<i>Androsace obtusifolia</i>	.	.	.	II	.	.	.	.	1,7
D3b,4	<i>Nostoc species</i>	.	.	.	III	III	.	+	.	11,0
	<i>Carex curvula</i>	.	.	II	V	V	III	II	II	50,0
D3b-5	<i>Silene exscapa</i>	.	.	.	III	III	II	III	.	44,1
D3b-6	<i>Stereocaulon alpinum</i>	.	.	.	III	IV	II	IV	V	48,3
	Krusten-/Staubflechten	.	.	.	II	III	I	I	II	18,6
D4	<i>Oreochloa disticha</i>	.	.	.	III	V	.	+	II	22,9
	<i>Primula glutinosa</i>	.	.	I	I	V	.	II	III	33,1
	<i>Cetraria nivalis</i>	.	.	.	.	IV	I	+	II	17,8
D5-6	<i>Arenaria biflora</i>	.	.	I	.	.	V	V	IV	50,0
	<i>Sibbaldia procumbens</i>	I	I	II	II	II	V	V	IV	66,1
	<i>Cerastium cerastoides</i>	I	I	.	I	I	III	IV	V	51,7
	<i>Sedum alpestre</i>	.	.	I	II	.	III	IV	III	37,3
	<i>Erigeron uniflorus</i>	.	I	.	.	.	I	II	II	14,4
D5a	<i>Sagina saginoides</i>	I	.	.	.	.	V	III	II	32,2
	<i>Phleum rhaeticum</i>	I	II	I	II	.	IV	I	.	19,5
D5a,b	<i>Gnaphalium supinum</i>	I	.	III	II	II	V	V	III	57,6
	<i>Veronica alpina</i>	.	.	I	.	.	IV	IV	II	33,1
D6	<i>Saxifraga bryoides</i>	.	.	.	.	I	.	II	V	23,7
	<i>Cerastium uniflorum</i>	.	.	.	.	.	.	I	IV	11,0
	<i>Cardamine resedifolia</i>	.	.	I	.	.	I	II	IV	22,0
	<i>Poa laxa</i>	.	.	.	.	.	.	.	III	7,6
	<i>Saxifraga exarata</i>	.	.	.	.	.	.	.	II	4,2
	<i>Ranunculus glacialis</i>	.	.	.	.	+	.	.	II	6,8
	<i>Potentilla frigida</i>	.	.	.	.	.	.	+	II	4,2
	Begleiter:									
	Moose diverse	V	V	V	V	IV	V	V	III	84,7
	<i>Poa alpina</i>	V	V	IV	III	III	V	V	V	83,9
	<i>Potentilla aurea</i>	II	V	IV	V	II	V	V	I	66,9
	<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	.	III	IV	V	V	IV	IV	II	63,6
	<i>Festuca rubra</i> agg.	V	V	IV	II	.	V	IV	III	57,6
	<i>Achillea millefolium</i> agg.	V	IV	IV	I	.	V	IV	II	53,4
	<i>Persicaria vivipara</i>	I	IV	II	III	V	III	III	II	50,0
	<i>Homogyne alpina</i>	.	V	V	IV	IV	III	II	.	47,5
	<i>Taraxacum Sect. Ruderalia</i>	V	II	I	.	I	IV	IV	I	39,8
	<i>Mutellina adonidifolia</i>	.	II	V	V	II	IV	II	.	39,0
	<i>Deschampsia cespitosa</i>	IV	IV	I	.	I	IV	II	I	32,2
	<i>Geum montanum</i>	.	III	III	V	I	IV	I	.	27,1
	<i>Nardus stricta</i>	.	III	V	IV	+	IV	+	.	26,3
	<i>Trifolium repens</i>	IV	IV	I	I	.	IV	I	I	25,4
	<i>Campanula scheuchzeri</i>	II	IV	III	IV	+	III	I	.	23,7
	<i>Luzula spicata</i>	.	II	I	I	II	III	I	II	22,9
	<i>Lotus corniculatus</i>	IV	V	II	I	.	III	I	.	21,2
	<i>Anthoxanthum alpinum</i>	.	II	III	IV	I	II	+	.	17,8
	<i>Alchemilla fissa</i>	I	.	III	I	.	III	I	.	15,3
	<i>Minuartia gerardii</i>	I	.	.	II	.	II	I	I	11,0
	<i>Poa molineri</i>	.	.	.	.	I	I	+	II	11,0
	<i>Atocion rupestre</i>	I	III	II	I	.	I	.	.	9,3
	<i>Thamnolia vermicularis</i>	.	.	.	.	II	.	I	I	8,5
	<i>Trifolium badium</i>	I	I	.	I	.	I	I	.	6,8
	<i>Sedum atratum</i>	.	.	.	I	.	.	I	II	6,8

Plantago major	III	II	.	.	5,9
Pulsatilla vernalis	.	II	.	III	+	.	.	5,9	
Antennaria dioica	.	II	.	III	+	.	.	5,9	
Thesium alpinum	II	I	.	III	.	.	.	5,1	
Kobresia myosuroides	.	.	.	I	I	.	I	5,1	

Weitere Begleiter, Gesamtstetigkeit <5%: *Agrostis agrostiflora* 2:I; *Ajuga pyramidalis* 2:I; *Alchemilla nitida* 1:I; *Alectoria ochroleuca* 4+:; 6:I; *Arabis alpina* 6:I; *Bartsia alpina* 3a:I, 4+:; *Botrychium lunaria* 1:I, 2:I, 3b:I; *Calamagrostis villosa* 2:I, 3a:I; *Calluna vulgaris* 2:I, 3a:I; *Cardamine alpina* 3b:I, 5b+:; *Carex brunnescens* ssp. *brunnescens* 3a:I; *Carex nigra* 2:I, 3a:I; *Cerastium fontanum* 2:I, 3b:II, 5b:I; *Cerastium pedunculatum* 6:I; *Chenopodium bonus-henricus* 1:I; *Coeloglossum viride* 3a:I; *Comastoma tenellum* 5b+:; *Doronicum clusii* 6:I; *Dryopteris expansa* 2:I; *Elymus repens* 1:I; *Festuca pumila* 6:I; *Festuca varia* 6:I; *Fragaria vesca* 1:I; *Galium mollugo* agg. 1:I; *Gentiana acaulis* 3b:II, 5a:I; *Gentiana orbicularis* 6:I; *Gentiana anisodonta* 2:II, 3b:II; *Geranium sylvaticum* 1:I; *Geum reptans* 6:I; *Gymnocarpium dryopteris* 3a:I; *Helianthemum nummularium* ssp. *obscurum* 2:I; *Hieracium hoppeanum* 2:I; *Hieracium pilosum* 3b:I; 5a:I; *Hypochaeris uniflora* 2:I; *Juncus jacquinii* 3b:I, 4+:; *Larix decidua* (juv.) 2:I; *Leucanthemum vulgare* agg. 1:I, 2:II, 5b:I; *Linaria alpina* 6:I; *Lolium perenne* 1:I; *Luzula luzuloides* 2:I; *Luzula sylvatica* 2:I, 3a:I; *Myosotis alpestris* 2:II, 3b:II, 5b:I; *Oxyria digyna* 6:I; *Parnassia palustris* 2:I; *Pedicularis kernerii* 4:I; 6:I; *Pedicularis tuberosa* 5a:I; *Phyteuma orbiculare* 2:I; *Picea abies* (juv.) 2:I; *Poa* sp. 6:I; *Potentilla pusilla* 1:I; *Pseudorchis albida* 3b:I; *Rubus* sp. 1:I; *Rumex alpestris* 3a:I; *Salix hastata* (juv.) 3a:I, 5a:I; *Salix helvetica* (juv.) 1:I, 2:I, 3a:I, 5b:I; *Salix helvetica* (SS) 3a:I; *Salix retusa* 3a:I, 6:I; *Salix serpyllifolia* 5a:I, 6:I; *Salix* sp. 6:I; *Salix waldsteiniana* 1:I; *Saxifraga paniculata* 2:I; *Sedum acre* 1:I; *Sesleria albicans* 1:I; *Solorina crocea* 3b:I, 4+:, 5a:I, 5b:I; *Taraxacum* Sect. *Alpina* 6:I; *Trifolium pallescens* 2:I, 3a:I; *Trollius europaeus* 1:I, 2:I, 5a:I; *Urtica dioica* 1:I; *Veronica serpyllifolia* ssp. *humifusa* 1:I; *Vicia cracca* 1:I; *Viola arvensis* 1:I.

Wuchshöhe erreicht 17 cm. Der mittlere Artenreichtum beläuft sich auf 41 Arten je 50 m². Der Boden ist nur mäßig steinig, die Bodentiefe bewegt sich zwischen 10 und 20 cm, stellenweise sind es auch mehr als 20 cm. Diese Zwergstrauchheide gehört ebenfalls zur Klasse *Loiseleurio-Vaccinieta* und darin zur Ordnung *Rhododendro-Vaccinieta* (GRABHERR 1993b). Allerdings fehlt *Rhododendron ferrugineum*, während *Juniperus communis* ssp. *nana* mitunter deckend auftritt. Deshalb ist eine eindeutige Zuordnung zur Assoziation *Empetro-Vaccinietum gaultherioides* nicht möglich. Es gibt eine Reihe von Trennarten, wobei *Sempervivum montanum* und *Senecio incanus* ssp. *carniolicus* am wichtigsten sind. Aufgrund dieser Artausstattung vermittelt diese Gesellschaft bereits zum *Caricetum curvulae*.

Caricetum curvulae Rübél 1911 (Tab. 1, Einheit 4)

Das *Caricetum curvulae* ist zwischen 2379 und 2820 m Meereshöhe (im Mittel auf 2518 m) ausgebildet, es nimmt also eine weite Höhenamplitude ein und umfasst auch die höchstgelegenen Bereiche des Untersuchungsgebietes, kommt dort allerdings nur noch fragmentarisch vor. Das *Caricetum curvulae* findet sich fast nur außerhalb der Schipisten (85 % der Aufnahmen), weit seltener konnte es am Pistenrand nachgewiesen werden (15%). Die Deckung der Vegetation macht im Mittel 76 % aus. Der Anteil an offenem Boden ist mit durchschnittlich 15 % mäßig hoch. Die durchschnittliche Wuchshöhe beläuft sich auf 9 cm. Der mittlere Artenreichtum beträgt 28 Arten je 25 m². Der Boden ist mäßig steinig und meist zwischen 10 und 20 cm mächtig mit deutlichen Tendenzen hin zu tiefgründigen Stellen. Es handelt sich um einen Krummseggenrasen mit einigen Zwergsträuchern, von welchen aber nur *Loiseleuria procumbens* deckend in Erscheinung tritt. Besonders auffällig ist die hohe Abundanz von *Primula glutinosa*. Aufgrund der Zwergsträucher dürfte es dem *Loiseleurio-Caricetum curvulae* nahe stehen, doch

bestehen auch Beziehungen zum *Hygrocaricetum curvulae*, da *Primula glutinosa* oft deckend hervortritt (Grabherr 1993a). Abgesehen von *Primula glutinosa* zählen noch die hochsteten Arten *Oreochloa disticha* und *Cetraria nivalis* zum Trennartenblock. *Carex curvula* herrscht stark vor, wobei nicht selten deutlich mehr als 50% des Bodens durch die Krummsegge bedeckt werden. Außer *Primula glutinosa* fallen etliche weitere hochstete bis stete Arten der Klasse *Salicetea herbacea* (= Schneeböden auf Silikat) auf, wie etwa *Salix herbacea*, *Gnaphalium supinum* und *Sibbaldia procumbens*. Flechten haben nun mit fast 8% Deckung eine etwas größere Bedeutung, Moose bedecken im Durchschnitt 26% der Aufnahme­fläche.

***Sibbaldia procumbens*–*Nardus stricta*-Gesellschaft** (Tab. 1, Einheit 5a)

Diese Schnee­bodengesellschaft ist zwischen 2110 und 2460 m Meereshöhe (im Mittel 2358 m) ausgebildet. Am häufigsten tritt sie am Rand der Pisten auf (47% der Aufnahmen), doch auch im Zentrum der Pisten kann sie fast genau so oft identifiziert werden (42%). Demgegenüber ist sie außerhalb der Schipiste nur selten anzutreffen (11%). Sie weist eine mittlere Deckung von 72% auf. Im Mittel entfallen rund 20% auf vegetationslosen Boden. Die mittlere Wuchshöhe beträgt 13 cm. Der Artenreichtum beläuft sich im Mittel auf 34 Arten je 25 m². Der Boden ist auffallend steinig und felsig und meistens nur 1–3 cm tief. Abgesehen von den beiden Trennarten *Sagina saginoides* und *Phleum rhaeticum* treten außerdem noch *Nardus stricta*, *Geum montanum*, *Trifolium repens*, *Deschampsia cespitosa*, *Mutellina adonidifolia*, *Agrostis capillaris* und *Lotus corniculatus* mit deutlich höherer Stetigkeit als in der zweiten Schnee­bodengesellschaft (Tab. 1, Einheit 5b) auf. Zahlreiche dieser Arten kommen mit hoher Stetigkeit auch in den beiden subalpinen Gesellschaften vor. Durch das Auftreten von Arten wie etwa *Campanula barbata* lassen sich einige Bezüge zum *Nardetum strictae* aufzeigen (GRABHERR 1993a). Flechten sind nur ganz vereinzelt zu finden, während Moose mit durchschnittlich 42% einen sehr bedeutsamen Teil der Gesamtdeckung der Vegetation ausmachen.

***Sibbaldia procumbens*–*Saxifraga bryoides*-Gesellschaft** (Tab. 1, Einheit 5b)

Diese Gesellschaft ist zwischen 2337 und 2672 m Meereshöhe (im Durchschnitt 2527 m) ausgebildet. Sie kommt am häufigsten im zentralen Teil der Piste vor (52% der Aufnahmen), merklich weniger am Pistenrand (39%). Außerhalb der Piste tritt sie sehr stark in den Hintergrund (9%). Die Gesamtdeckung geht nun auf im Mittel 69% zurück, die offenen Stellen nehmen ein wenig zu und machen nun durchschnittlich 21% aus. Die mittlere Wuchshöhe kommt auf nur noch knapp 7 cm. Die mittlere Anzahl an Arten beläuft sich auf nur 25 Arten je 25 m². Der Boden ist überwiegend stark mit Steinen durchsetzt und weist kaum mehr als 1–3 cm Tiefe auf. Vertreter aus den Schnee­bodengesellschaften sowie Moose der Gattung *Polytrichum* kommen hier hinsichtlich ihrer Deckung noch etwas stärker zur Geltung, auch *Stereocaulon alpinum* weist hier seinen Schwerpunkt auf. Die Abgrenzung gegenüber der anderen Schnee­bodengesellschaft (Tab. 1, Einheit 5a) geschieht durch das deutliche Zurücktreten von Arten aus den Bürstlingsrasen. Die Bedeutung der Flechten bleibt sehr gering, der Anteil der Moose hingegen nimmt weiter zu und beträgt im Durchschnitt 52%, wodurch die Moose den Großteil der Gesamtdeckung ausmachen.

***Cerastium uniflorum*–*Poa laxa*-Gesellschaft** (Tab. 1, Einheit 6)

Die *Cerastium uniflorum*–*Poa laxa*-Gesellschaft gehört zu den Silikatschuttfloren der Alpen aus der Klasse *Thlaspietea rotundifolii*, Ordnung *Androsacetalia alpinae* (= Silikatschutt-Gesellschaften), weist aber ebenso Übergänge zu den Schnee­bodengesell-

schaften auf Silikat auf (ENGLISH et al. 1993). Meistens gedeiht sie im Zentrum der Piste (50% der Aufnahmen), deutlich seltener am Pistenrand (28%) oder noch etwas weniger häufig außerhalb der Piste (22%). Diese Gesellschaft ist zwischen 2573 und 2810 m Meereshöhe ausgebildet, im Mittel sind es 2714 m. Die mittlere Deckung beträgt nur noch 49%, dementsprechend nimmt der Anteil an offenem Boden (45%) merklich zu. Die mittlere Wuchshöhe sinkt auf nur noch knapp 5 cm. Der Artenreichtum vermindert sich weiter auf durchschnittlich 21 Arten je 25 m² wodurch diese Gesellschaft die artenärmste des gesamten Untersuchungsgebietes darstellt. Der Untergrund ist sehr steinig und felsig oder ist fast völlig mit Geröll und Schutt bedeckt. Böden sind so gut wie gar nicht ausgebildet. Wichtige Trennarten gegenüber den Schneebodengesellschaften (Tab. 1, Einheiten 5a und 5b) sind *Saxifraga bryoides*, *Cerastium uniflorum*, *Cardamine resedifolia* und *Poa laxa*. Flechten treten kaum in Erscheinung, während Moose im Durchschnitt 39% des Bodens bedecken und einen Großteil der Gesamtdeckung der Vegetation ausmachen.

Bodentiefe, Wuchshöhe, Gesamtdeckung und Deckung der Gefäßpflanzen

Entlang des gesamten Höhengradienten sowie in der subalpinen und alpinen Stufe war die durchschnittliche Bodentiefe im Pistenzentrum am geringsten und außerhalb der Piste am höchsten (Abb. 1a). In der oberalpinen Stufe jedoch war im Pistenzentrum die

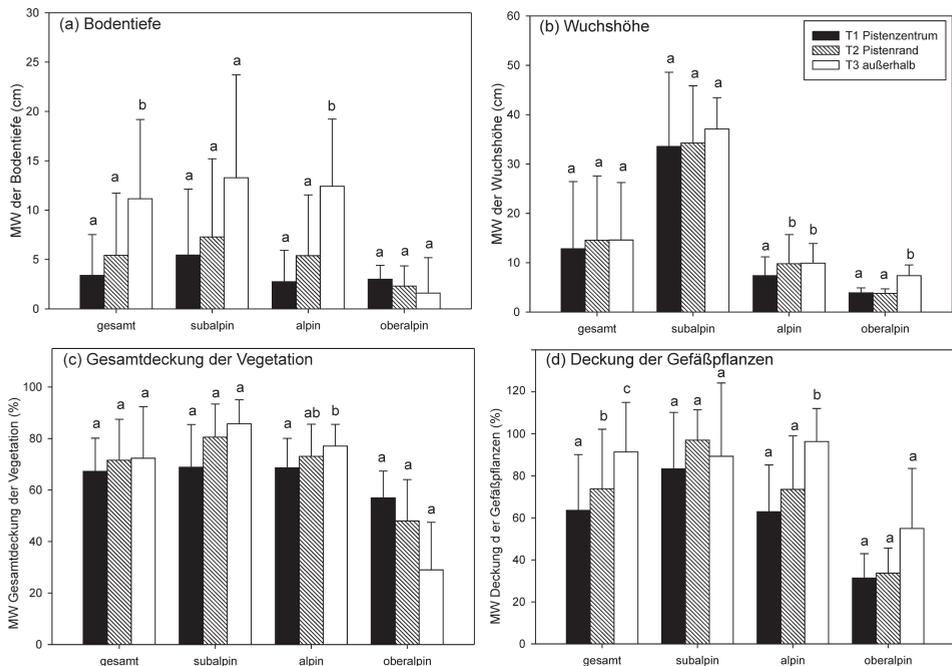


Abb. 1: Mittelwerte und Standardabweichungen der (a) Bodentiefe, (b) Wuchshöhe, (c) Gesamtdeckung der Vegetation und (d) Deckung der Gefäßpflanzen. Die Werte sind entlang des gesamten Höhengradienten (n=118), für die subalpine (n=25), alpine (n=78) und die oberalpine Stufe (n=15) angegeben. Verschiedene Buchstaben über den Balken kennzeichnen signifikante Unterschiede. – Fig. 1: Mean values and standard deviations of (a) soil depth, (b) plant height, (c) total cover of vegetation and (d) cover of vascular plants. The values are indicated across the whole altitudinal gradient (n=188), for the subalpine (n=25), alpine (n=78) and the upper alpine zone (n=15). Different letters above the bars indicate significant differences.

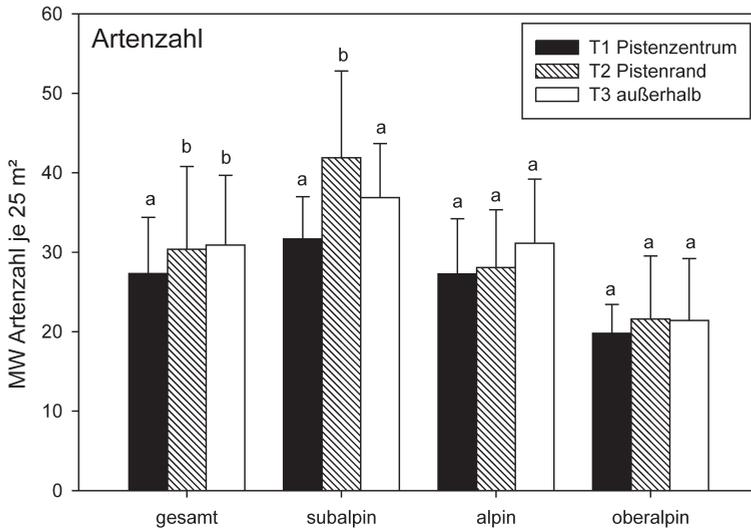


Abb. 2: Mittelwerte und Standardabweichungen der Artenzahl je 25 m². Die Werte sind entlang des gesamten Höhengradienten (n=118), für die subalpine (n=25), alpine (n=78) und die oberalpine Stufe (n=15) angegeben. Verschiedene Buchstaben über den Balken kennzeichnen signifikante Unterschiede. – Fig. 2: Mean values and standard deviations of species number per 25 m². The values are indicated across the whole altitudinal gradient (n=188), for the subalpine (n=25), alpine (n=78) and the upper alpine zone (n=15). Different letters above the bars indicate significant differences.

Bodentiefe am größten gefolgt vom Pistenrand während sie außerhalb der Piste am geringsten ausfiel. Zwischen Piste (Zentrum, Rand) und dem Bereich außerhalb der Piste wurden entlang des gesamten Höhengradienten signifikante Unterschiede in der Bodentiefe festgestellt; ausgeprägt waren diese Unterschiede vor allem in der alpinen Stufe (Abb. 1a). Hier war die Wuchshöhe am Pistenrand und außerhalb der Piste jeweils signifikant höher als im Pistenzentrum (Abb. 1b). In der subalpinen und oberalpinen Stufe war sie außerhalb der Piste deutlich größer als auf der Piste (Zentrum, Rand), wobei diese Unterschiede in der oberalpinen Stufe signifikant ausfielen. Entlang des gesamten Höhengradienten blieb die durchschnittliche Gesamtdeckung der Vegetation im Pistenzentrum am geringsten und nahm über den Pistenrand nach außerhalb zu (Abb. 1c), in der oberalpinen Stufe war es genau umgekehrt (Abb. 1c). In der alpinen Stufe unterschied sich die Gesamtdeckung zwischen Pistenzentrum und dem Bereich außerhalb der Piste signifikant. Die Deckung der Gefäßpflanzen war stets im Pistenzentrum am geringsten und nahm mit Ausnahme der subalpinen Stufe über den Pistenrand zum Bereich außerhalb der Piste deutlich zu (Abb. 1d). Signifikante Unterschiede wurden für den gesamten Höhengradienten und für die alpine Stufe nachgewiesen.

Artenvielfalt und funktionale Typen

Die Anzahl der Arten je Aufnahme­fläche war im Pistenzentrum stets am geringsten ($p=0,05$), zwischen dem Pistenrand und außerhalb der Piste fielen die Unterschiede überwiegend geringer aus (Abb. 2). In der subalpinen und oberalpinen Stufe war die Anzahl der Arten am Pistenrand am höchsten. Auffallend waren vor allem die signifikanten Unterschiede zwischen Pistenzentrum und –rand in der subalpinen Stufe (Abb. 2). Die Abundanz der verholzten Pflanzen nahm mit Ausnahme der oberalpinen Stufe vom Pis-

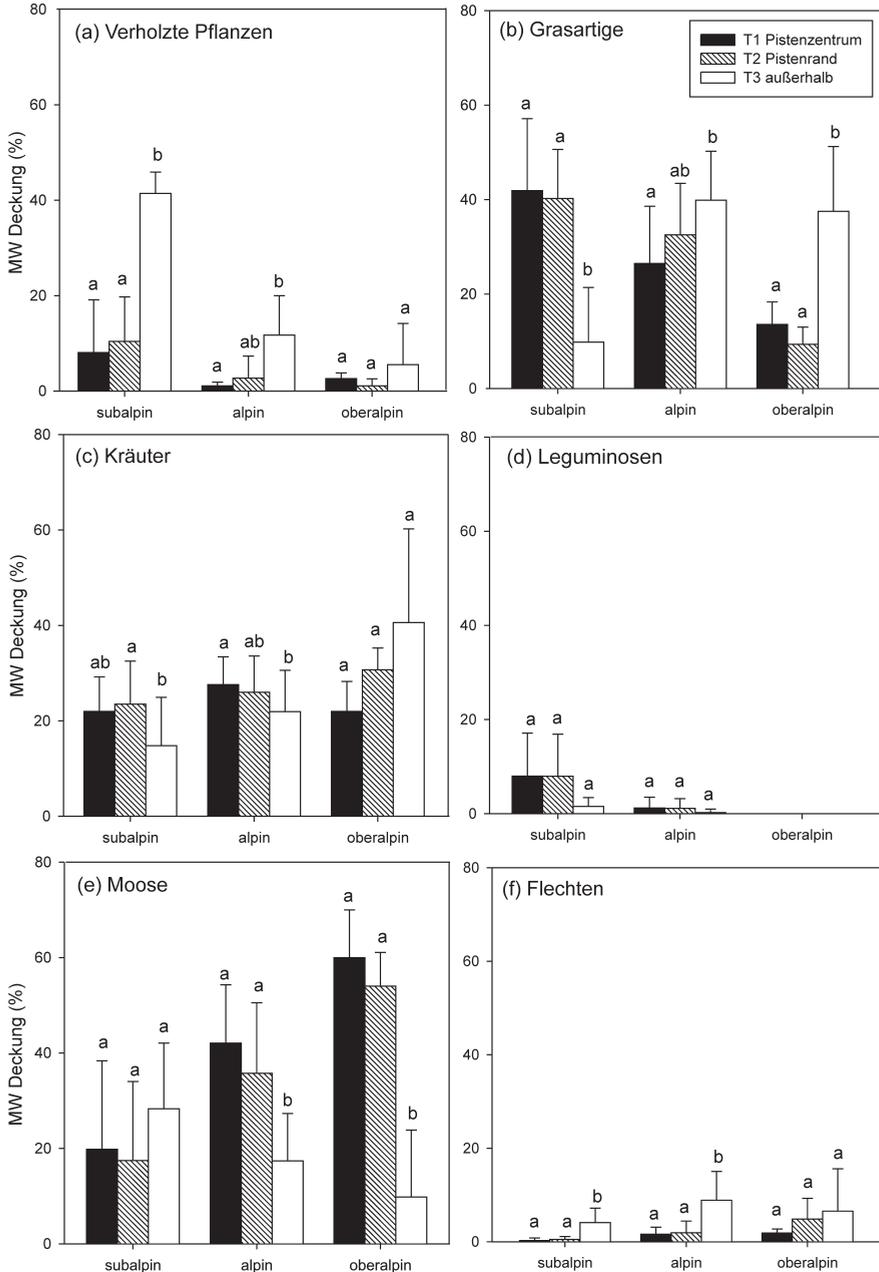


Abb. 3: Mittelwerte und Standardabweichungen der Deckung der funktionalen Typen (a) verholzte Pflanzen, (b) Grasartige, (c) Kräuter, (d) Leguminosen, (e) Moose und (f) Flechten. Die Werte sind für die subalpine (n=25), alpine (n=78) und die oberalpine Stufe (n=15) angegeben. Verschiedene Buchstaben über den Balken kennzeichnen signifikante Unterschiede. – Fig. 3: Mean values and standard deviations of cover of functional types (a) woody plants, (b) graminoids, (c) herbs, (d) legumes, (e) mosses and (f) lichens. The values are indicated for the subalpine (n=25), alpine (n=78) and the upper alpine zone (n=15). Different letters above the bars indicate significant differences.

tenzentrum über den Pistenrand zum Bereich außerhalb der Piste signifikant zu (Abb. 3a). Die Abundanz der Grasartigen erhöhte sich in der alpinen und oberalpiner Stufe vom Pistenzentrum über den Pistenrand zum Bereich außerhalb der Piste, in der subalpiner Stufe verhielt es sich umgekehrt (Abb. 3b). Die Kräuter nahmen in der alpinen Stufe vom Pistenzentrum zum Bereich außerhalb ab, auf der oberalpiner Stufe nahmen sie aber zu (Abb. 3c). Die Leguminosen traten mit fast gleicher Abundanz im Pistenzentrum und am Pistenrand auf, während sie außerhalb der Piste kaum vorkamen. In der oberalpiner Stufe fehlten sie fast völlig (Abb. 3d). Mit Ausnahme der subalpiner Stufe nahm die Abundanz der Moose vom Pistenzentrum über den Pistenrand zum Bereich außerhalb der Piste signifikant ab (Abb. 3e). Die Flechten erhöhten im Gegensatz dazu ihre Abundanz vom Pistenzentrum über den Pistenrand zum Bereich außerhalb der Piste (Abb. 3f). Signifikante Unterschiede ergaben sich mit Ausnahme der oberalpiner Stufe jeweils zwischen Piste (Zentrum, Rand) und dem Bereich außerhalb der Piste.

Begrünungsmaßnahmen

Die Vegetation auf den Schipisten hob sich durch ihre frischgrüne Farbe von der angrenzenden natürlichen Vegetation deutlich ab, allerdings blühten nur wenige der eingesäten Arten (persönliche Beobachtung). Die Anzahl der identifizierten eingesäten Arten nahm von der subalpiner Stufe (9 Arten) über die alpine (7 Arten) bis in die oberalpine Stufe (3 Arten) deutlich ab. In der subalpiner Stufe war *Festuca rubra* agg. klar am erfolgreichsten. Auch *Agrostis capillaris* und *Phleum pratense* zeigten hier ein konstantes Auftreten. Die Leguminosen, allen voran *Trifolium repens*, konnten ebenfalls nachgewiesen werden. In der alpinen Stufe herrschte unter den eingesäten Pflanzenarten sehr deutlich *Poa alpina* vor, während die mittlere Deckung von *Festuca rubra* agg. merklich zurückging. Die mittleren Deckungswerte von *Agrostis capillaris* und *Phleum pratense* fielen ebenfalls deutlich ab. Auch die Leguminosen, allen voran *Trifolium repens*, waren nun weit weniger bedeutsam. Der mittlere Deckungswert von *Achillea millefolium* agg. hingegen hatte sich sogar noch etwas erhöht. In der oberalpiner Stufe wurden nur noch ca. ein Fünftel aller eingesäten Pflanzenarten identifiziert. Am erfolgreichsten war *Poa alpina*, während *Festuca rubra* agg. nur geringe mittlere Deckungswerte aufwies. Die Leguminosen fehlten dort in den Aufnahmeflächen fast völlig. *Achillea millefolium* agg. war eine der ganz wenigen eingesäten Arten, welche von der subalpiner bis in die oberalpine Stufe gedieh.

Diskussion

Vegetation

Auf den Schipisten sind vor allem lückige Bestände ausgebildet, welche eine deutliche Zuordnung zu Silikat-Schneebodengesellschaften nahelegen. Während im zentralen Teil der Piste Zwergstrauchheiden nur selten auftreten, sind diese am Pistenrand deutlich häufiger anzutreffen. Hier findet man auch ganz vereinzelt noch Fragmente der Krummseggenrasen. Außerhalb der Piste kommen die typischen Krummseggenrasen vor, wobei ihr Schwerpunkt in der alpinen Stufe liegt. Dieses Ergebnis unterstreicht die erhebliche Störung der Vegetation durch die Anlage der Schipiste und stützt die Annahme, dass dadurch Ökosysteme mit langsamen Wachstumsraten sehr stark zurückgedrängt werden. *Carex curvula* wird vor allem durch großflächige Erdbewegungen und Planierungen nachhaltig verdrängt, weit weniger jedoch durch eine dickere und kompaktere Schneedecke (GRABHERR 1987). Schneebodengesellschaften dehnen sich auf den Schipisten bis gegen die Talstation der Liftanlagen aus. Der unterste Bereich der Schipisten um 2000

m Meereshöhe wird jedoch von einer Wiesengesellschaft eingenommen, die zahlreiche Elemente aus den Wirtschafts- und Fettwiesen aufweist. In der oberalpinen Stufe hingegen werden die Schneebodengesellschaften auf den Schipisten allmählich von Arten durchsetzt, welche typisch für Silikat-Schuttfluren sind. Schuttpflanzen wie etwa *Ranunculus glacialis* gelingt es leicht, in die Schipisten einzuwandern. Es finden sich hier aber auch immer wieder Arten, welche aus den Saatmischungen der Begrünung stammen. Übereinstimmend mit GRABHERR (1987) wurde festgestellt, dass auf Schipisten bestimmte Arten aus den Gletschervorfeldern, der Nival- und Schuttfluren aber auch aus den alpinen Rasen einwandern.

Bodentiefe, Wuchshöhe, Gesamtdeckung und Deckung der Gefäßpflanzen

Entlang des gesamten Höhengradienten war die Bodentiefe auf der Piste geringer als außerhalb. Das weist auf beträchtliche Erdbewegungen hin. In der oberalpinen Stufe hingegen war auch außerhalb der Pisten kaum eine Bodenaufgabe vorhanden, denn dort dominieren Schutt- und Blockhalden. Die mittlere Wuchshöhe des Bestandes ging auf den Schipisten entlang des gesamten Höhengradienten zurück. Die Pisten heben sich in den meisten Fällen sehr deutlich und scharf von der umgebenden Vegetation ab, doch kann es vor allem in der subalpinen Stufe vorkommen, dass am Pistenrand durchaus Zwergstrauchheiden gedeihen. In der Regel sind diese jedoch bereits schütter und weisen nur eine sehr geringe Wuchshöhe auf. Die geringere Gesamtdeckung der Vegetation deutet auf mechanische Störungen hin. Die mittlere Deckung war im Pistenzentrum am geringsten, nahm zum Pistenrand hin zu und erreichte außerhalb der Piste den höchsten Wert. Wiederum verhielt sich die oberalpine Stufe umgekehrt. Dort wurde auf der Schipiste offensichtlich durch die jährliche Düngung die Ansiedlung und das Wachstum von Arten gefördert und so eine bessere Deckung erzielt als außerhalb der Piste, wo Block- und Schuttflur-Arten in spärlicher Deckung vorherrschen. Allerdings geht dieser Zuwachs größtenteils auf die Moose zurück, welche aufgrund der kurzen Vegetationsperiode gegenüber den Gefäßpflanzen einen klaren Vorteil erlangen (ELLENBERG 1996).

Artenvielfalt und funktionale Typen

Die Ergebnisse zeigen, dass vor allem das Pistenzentrum weniger Arten enthält. Am Pistenrand ist die räumliche Distanz zur Kontaktvegetation geringer, wodurch dieser Bereich eher wieder von Einwanderern besiedelt wird als im Vergleich zum Pistenzentrum. WIPF et al. (2005) stellten fest, dass die Artenvielfalt auf Schipisten, welche planiert und beschneit wurden, signifikant zurückging. Durch die starke Störung wird nämlich der Prozess der Bildung einer Vegetationsdecke verzögert, während zugleich die längere Ausaperungszeit infolge künstlicher Beschneidung die Dauer der Vegetationsperiode verkürzt. Artenzahlen sagen auf jeden Fall weniger aus als die Veränderungen hinsichtlich der Artenzusammensetzung. Besonders auffällig war der markante Rückgang an verholzten Pflanzen auf den Schipisten. Verholzte Arten reagieren äußerst empfindlich auf mechanische Belastungen durch Schaffung und Präparierung der Schipisten. Vor allem Zwergsträucher, die zur Familie der Ericaceae gehören, werden durch die Beschädigung ihrer Überdauerungsknospen nachhaltig zurückgedrängt (KÖRNER 1999). Die Auswirkungen auf die Grasartigen waren hingegen nicht so eindeutig. In der subalpinen Stufe ist der im Verhältnis deutlich niedrigere Anteil an Grasartigen außerhalb der Schipisten auf die Vorherrschaft der hochwüchsigen Zwergstrauchheiden zurückzuführen. Auf der Schipiste und vor allem gegen den Pistenrand zu dominiert dagegen eine Wiesengesellschaft. In der alpinen Stufe verloren die Grasartigen im Pistenbereich an Bedeutung. WIPF et al. (2005) stellten fest, dass der Anteil an Grasartigen in kürzlich planierten Pisten höher war als bei älteren Pisten. Generell weisen die Leguminosen auf der Piste

deutlich mehr Anteile auf als außerhalb. Vor allem niedrig wüchsige Leguminosen leiden unter Konkurrenz-Effekten und benötigen daher Störstellen zur Keimung (DUPRÉ & DIEKMANN 2001). Daher ist anzunehmen, dass sie in den lückigeren Rasenbeständen auf den Schipisten einen Vorteil haben. Sehr auffällig war das gegenläufige Verhalten von Moosen und Flechten. Die Moose waren auf den Pisten mit deutlich höheren Anteilen vertreten als außerhalb. Mit zunehmendem Rückgang der Zwergsträucher entlang des Höhengradienten gewannen sie immer stärker an Bedeutung. Die Moose profitieren offensichtlich von der längeren Schneebedeckung aufgrund der künstlichen Beschneidung. Generell unterscheiden sich Schneebodengesellschaften vor allem durch ihre Ausaperungszeit voneinander. Bei besonders langer Schneedeckendauer gewinnen die Moose stark an Bedeutung. Sie profitieren vor allem durch die stärkere Durchfeuchtung des Bodens, während Arten der alpinen Rasen und Zwergsträucher dadurch zurück gedrängt werden (ELLENBERG 1996). Flechten hingegen litten deutlich unter der Belastung auf den Schipisten. Sie verfügen über ein verhältnismäßig geringes Kolonisierungsvermögen (VIRTANEN 2000) und werden zudem durch mechanische Störungen erheblich benachteiligt. Übereinstimmend damit zählt GRABHERR (1987) Flechten zu jener Gruppe, welche auf Schipisten stark abnehmen. Er führte diesen Rückgang vor allem auf Schereffekte durch Schikanten oder Pistengeräte zurück.

Unterschiede zwischen Pistenzentrum und Pistenrand

Bei vielen der Parameter (Bodentiefe, Wuchshöhe, Gesamtdeckung, Deckung der Gefäßpflanzen und Deckung der funktionalen Typen) zeigte sich eine Abstufung vom Pistenzentrum über den Pistenrand zum Bereich außerhalb der Piste, allerdings waren diese Unterschiede selten signifikant. Am interessantesten war das Ergebnis für die Artenzahl, welche entlang des gesamten Höhengradienten sowie in der subalpinen Stufe am Pistenrand signifikant höher ausfiel als im Pistenzentrum. Da Moose am Pistenrand seltener auftraten, ist anzunehmen, dass die Schneedecke dort etwas früher abschmilzt. FLECKNER (1996) konnte in ihrer Untersuchung auf Schipisten im Raum Hochtannberg in Lech am Arlberg feststellen, dass zwischen der Piste und ihrem Randbereich deutliche Unterschiede hinsichtlich der Artenzusammensetzung, der Bestandeshöhe, der Gesamtdeckung und der Artenzahl bestehen. Diese Werte waren auf der Piste am geringsten und nahmen nach außen hin zu. Allerdings traten am Übergang zum unbeeinflussten Bereich außerhalb der Piste die Veränderungen oft sprunghaft ein. Die Präparierung der Piste erfolgt exakt bis zur Kontaktvegetation, wodurch eine scharfe Abgrenzung gegeben ist (Christoph Kuen, persönl. Mitteilung).

Begrünungsmaßnahmen auf den Schipisten

Das Ergebnis der Untersuchung zeigt deutlich, dass der Erfolg der Einsaat mit zunehmender Meereshöhe abnahm. Besonders von der alpinen hin zur oberalpinen Stufe fiel diese Abnahme sehr markant aus, wobei die Leguminosen am stärksten betroffen waren. Bereits EBUS (1986) stellte auf den Schipisten im Raum Obergurgl fest, dass der Erfolg der Begrünungsmaßnahmen höhenabhängig ist. Sie wies aber einen erhöhten Anteil erfolgreicher Begrünung zwischen 2200 und 2400 nach und führte das auf die morphologisch bedingten Verflachungen zurück. Insgesamt deutet auch das Ergebnis der vorliegenden Arbeit darauf hin, dass die Ansaat mit der aktuell verwendeten so genannten „Hochlagen-Mischung“ ab ca. 2300 m nicht mehr funktioniert. Für Höhenlagen über 2400 m Meereshöhe, d. h. für alpine Rasen, ist kein Saatgut verfügbar, das für eine standortgerechte Begrünung geeignet wäre (KRAUTZER et al. 2000). Bei den Hauptrasenbildnern handelt es sich um sehr langsam wachsende Pflanzenarten (z. B. *Carex curvula*), welche sich vor allem vegetativ vermehren und von welchen keine Diasporen verfügbar

sind (GRABHERR 1987, KRAUTZER et al. 2000). GRABHERR (1987) merkt an, dass Schipisten instabile Systeme sind, welche ständiger Pflege (Düngung, Nachsaat) bedürfen. Die Verwendung von organischem Dünger führt zwar ebenfalls zu einer Verfälschung der Vegetation, ist aber in Hochlagen für den Erosionsschutz notwendig. Ohne sachgemäße Düngung sind Begrünungsmaßnahmen in Hochlagen nicht erfolgreich (KRAUTZER et al. 2000). Planierte Flächen bieten nämlich in der Regel wenig pflanzenverfügbare Mineralstoffe. KRAUTZER et al. (2000) empfehlen, die Düngung nach den Bedürfnissen der Leitarten zu richten, die für den Rasenschluss wichtig sind.

Um den Erfolg der Begrünung in extremen Hochlagen von über 2000 m Meereshöhe zu verbessern, ist es notwendig, Erdbewegungen überhaupt zu vermeiden, die Samenmischung auf die örtlichen Gegebenheiten besser abzustimmen und nur solche Dünger zu verwenden, welche den Humausaufbau fördern und für die Pflanzen gut verträglich sind (KRAUTZER et al. 2000). Weitere Pflegemaßnahmen, wie vor allem eine extensive Beweidung, tragen ebenfalls dazu bei, die Pistenvegetation dauerhaft zu erhalten.

Dank

Unser besonderer Dank gilt Herrn Christoph KUEN, dem Pistenchef der Liftgesellschaft in Obergurgl, für die ausführlichen und detaillierten Informationen über die Schipisten im Raum Obergurgl. Wir danken weiters der Alpinen Forschungsstelle Obergurgl, insbesondere Meinhard STROBL, für die Unterstützung während der Geländearbeiten. Das Projekt wurde von der Österreichischen Akademie der Wissenschaft im Rahmen des MaB-Projektes „Footprints“ durchgeführt und finanziert.

Literatur

- BAYFIELD N. G., 1996: Long-term changes in colonization of bulldozed ski pistes at Cairn Gorm, Scotland. *Journal of Applied Ecology* 33, 1359–1365.
- BRAUN-BLANQUET J., 1964: Pflanzensozioökologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Springer-Verlag, Wien.
- CERNUSCA A., 1977: Ökologische Veränderungen im Bereich von Schipisten, 81–150. Wagner, Innsbruck.
- CERNUSCA A., 1984: Ökologische Auswirkungen des Baues und Betriebes von Schipisten und Empfehlungen zur Reduktion der Umweltschäden. *Beitr. und Disk. zu INTERPRAEVENT 1984*, 1–253.
- CERNUSCA A., ANGERER H., NEWESELY C. & TAPPEINER U., 1990: Ökologische Auswirkungen von Kunstschnee – eine Kausalanalyse der Belastungsfaktoren. *Verh. Ges. für Ökol.* 19/2, 746–757.
- CERNUSCA A., NEWESELY C., PROCK S. & TAPPEINER U., 1993: Ökologische Auswirkungen von Schipisten und Beschneiungsanlagen am Monte Bondone, Trient. *Abschlußbericht Projektabschnitt (Winter 1991/92 bis Sommer 1992)*.
- CERNUSCA A., TAPPEINER U., NEWESELY C., ANGERER H. & BODNER M., 1991: Präparierung und Beschneigung von Schipisten aus ökologischer Sicht. *Abschlußbericht ökologischer Untersuchungen in den Schigebieten Gschwandtkopf und Steinplatte*, 1–116.
- CHAPIN S. & KÖRNER C., 1995: Arctic and Alpine Biodiversity. Patterns, causes and ecosystem consequences. Bd. 113, Springer, Berlin.
- DIERSCHKE H., 1994: Pflanzensozioökologie. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

- DUPRÉ C. & DIEKMANN M., 2001: Differences in species richness and life-history traits between grazed and abandoned grasslands in southern Sweden. *Ecography* 24, 275–286.
- EBUS A., 1986: Auswirkungen des Wintersports auf alpine Hänge – Eine Schadenskartierung im Skigebiet Gurgler Tal/Ötztal, Tirol. Diplomarbeit, Geographisches Inst. Rheinische Friedrich-Wilhelm-Universität Bonn.
- ELLENBERG H., 1996: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. Ulmer, Stuttgart.
- ELSASSER H. & MESSERLI P., 2001: The vulnerability of the snow industry in den Swiss Alps. *Mountain Research and Development* 21/4, 335–339.
- ENGLISCH T., VALACHOVIČ M., MUCINA L., GRABHERR G. & ELLMAUER T., 1993: *Thlaspietea rotundifolii*. In: GRABHERR G. & MUCINA L. (Hg.), Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II. Natürliche waldfreie Vegetation, 276–342. Gustav Fischer, Jena.
- FISCHER M. A., ADLER W. & OSWALD K., 2008: Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol. 3. Auflage. OÖ Landesmuseen, Linz.
- FLECKNER K., 1996: Die Vegetation der Schipisten und angrenzenden Bergmähdern im Raum Hochtannberg. Diplomarbeit, Univ. Innsbruck.
- GRABHERR G., 1987: Tourismusinduzierte Störungen, Belastbarkeit und Regenerationsfähigkeit der Vegetation in der alpinen Stufe. In: PATZELT, G. (Hg.), MaB-Projekt Obergurgl, Band 10, 243–256. Wagner, Innsbruck.
- GRABHERR G., 1993a: *Caricetea curvulae*. In: GRABHERR G. & MUCINA L. (Hg.), Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II. Natürliche waldfreie Vegetation, 343–372. Gustav Fischer, Jena.
- GRABHERR G., 1993b: *Loiseleurio-Vaccinietea*. In: GRABHERR G. & MUCINA L. (Hg.), Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II. Natürliche waldfreie Vegetation, 447–467. Gustav Fischer, Jena.
- 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 Univ., Ithaca.
- KÖRNER C., 1999: Alpine plant life. Functional plant ecology of high mountain ecosystems. Springer, Berlin.
- KRAUTZER B., WITTMANN H. & FLORINETH F., 2000: Richtlinie für standortgerechte Begrünungen. Ein Regelwerk im Interesse der Natur. Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau (ÖAG), Arbeitskreis standortgerechte Begrünungen. Bundesanst. alpenl. Landw. (BAL) Gumpenstein. Irnding.
- NEWESELY C., 1997: Auswirkungen der künstlichen Beschneidung von Schipisten auf Aufbau, Struktur und Gasdurchlässigkeit der Schneedecke, sowie auf den Verlauf der Bodentemperatur und das Auftreten von Bodenfrost. Dissertation, Univ. Innsbruck.
- REICHELT G. & WILMANN O., 1973: Vegetationsgeographie. Praktische Arbeitsanweisungen. Braunschweig.
- RIXEN C., HUOVINEN C., HUOVINEN K., STOECKLI V. & SCHMID B., 2008: A plant diversity x water chemistry experiment in subalpine grasslands. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 10, 51–61.
- RIXEN C., STOECKLI V. & AMMANN W., 2003: Does artificial snow production affect soil and vegetation of ski pistes? A review. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 5/4, 219–230.
- TER BRAAK C. J. F. & ŠMILAUER P., 1998: CANOCO Reference Manual and User's Guide to CANOCO for Windows. Software for Canonical Community Ordination (version 4). Microcomputer Power Ithaca New York, USA.
- TILMAN D., 1996: Biodiversity: population versus ecosystem stability. *Ecology* 77: 350–363.

URBANSKA K., 1997: Restoration ecology research above the timberline: Colonization of safety islands on a machine graded alpine ski run. *Biodiversity and Conservation* 6, 1655–1670.

VIRTANEN R., 2000: Effects of grazing on above-ground biomass on a mountain snowbed, NW Finland. *Oikos* 90, 295–300.

WIPF S., RIXEN C., FISCHER M., SCHMID R. & STOECKLI V., 2005: Effects of ski piste preparation on alpine vegetation. *Journal of Applied Ecology* 42, 306–316.

Manuskript eingelangt: 2009 11 18

Anschrift:

Mag. Roland MAYER, Univ.-Prof. Dr. Brigitta ERSCHBAMER, Institut für Botanik, Universität Innsbruck, Sternwartestraße 15, A-6020 Innsbruck.

E-Mail: Roland.Mayer@uibk.ac.at und Brigitta.Erschbamer@uibk.ac.at.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien. Frueher: Verh.des Zoologisch-Botanischen Vereins in Wien. seit 2014 "Acta ZooBot Austria"](#)

Jahr/Year: 2009

Band/Volume: [146](#)

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

Artikel/Article: [Die Vegetation von Schipisten im Vergleich zur angrenzenden Vegetation im inneren Ötztal \(Zentralalpen, Nordtirol\) 139-157](#)