

Integrative Forschung im Ötztal

footprints

FUTURE | PAST | PRESENT



Endbericht

MaB Biosphärenpark Ötztal

Phase 3

März 2012

Gefördert aus Mitteln der Österreichische Akademie der Wissenschaften
Man and Biosphere Programme

Beteiligte wissenschaftliche Einrichtungen und Personen:



**Institut für Soziale Ökologie, Fakultät für interdisziplinäre
Forschung und Fortbildung, Universität Klagenfurt**

Projektleitung

DI Willi Haas

Kapitel 1: Einführung, Rahmen und Schlussfolgerungen



**Departments für Naturschutzbiologie, Vegetations- und
Landschaftsökologie, Universität Wien**

Kapitel 6: Vegetationskartierung der Schipisten in Obergurgl von
Ass.-Prof. Mag. Dr. Karl Reiter und Siegrun Ertl

Kapitel 7: Konzepte zur Zonierung eines Biosphärenreservats im
inneren Ötztal von Ass.-Prof. Mag. Dr. Karl Reiter, Mag. Martin
Prinz, Mag. Iris Wagner, Ass. Prof. Dr. Thomas Wrbska, Wien



Institut für Botanik, Leopold-Franzens-Universität Innsbruck

Ao. Univ.-Prof. Dr. Brigitta Erschbamer (Projektleitung)
Mag. Roland Mayer (Projektmitarbeiter)

Kapitel 4: Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal – Raum
Obergurgl, Vent/Rofental

Kapitel 5: Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)



WSL-Institut für Schnee und Lawinenforschung SLF, Davos

Mirjam Ackermann, Thomas Neuenschwander und Dr. Ariane Walz

Kapitel 2: Auswertung der Befragung von Wanderern und anderen
Freizeitsportlern im oberen Ötztal (Ackermann und Walz)

Kapitel 3: Die Entwicklung des Wintertourismus im oberen Ötztal
(Neuenschwander und Walz)

Inhalt im Überblick

Vorbemerkung	8
1. Einleitung, Rahmen und Schlussfolgerungen.....	11
2. Auswertung der Befragung von Wanderern und anderen Freizeitsportlern im oberen Ötztal	21
3. Die Entwicklung des Wintertourismus im Oberen Ötztal: das Skigebiet Obergurgl-Hochgurgl von 1960 bis 2008	38
4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal – Raum Obergurgl, Vent/Rofental	52
5. Schipisten im Raum Obergurgl (Inneres Ötztal).....	157
6. Vegetationskartierung der Schipisten in Obergurgl	208
7. Konzepte zur Zonierung eines Biosphärenreservats Im Inneren Ötztal	215
Literatur	238
Anhang inkl. zusammenfassendem Buchkapitel (in englischer Sprache)	247

Detailliertes Inhaltsverzeichnis

VORBEMERKUNG	8
1. EINLEITUNG, RAHMEN UND SCHLUSSFOLGERUNGEN	12
1.1 Konzeptueller Rahmen für das Monitoring.....	13
1.2 Bearbeitungsschwerpunkte	15
1.3 Empfehlungen für partizipative Bewertungsprozesse	18
1.4 Schlussfolgerungen für eine allfällige Implementierung	20
2. AUSWERTUNG DER BEFRAGUNG VON WANDERERN UND ANDEREN FREIZEITSPORTLERN IM OBEREN ÖTZTAL	22
2.1 Einleitung	22
2.2 Methoden	21
2.2.1 Befragung	23
2.2.2 Aufbereitung der Daten	24
2.2.3 Auswertung	24
2.3 Ergebnisse	25
2.3.1 Besucherzahlen	26
2.3.2 Frequentierung von Routen und Teilabschnitten	26
2.3.3 Art der Aktivität.....	28
2.3.4 Räumliche Verteilung von Aktivitäten	29
2.3.5 Gründe für den Aufenthalt.....	32
2.3.6 Bekanntheit des Biosphären- und des Naturparks Ötztal	33
2.3.7 Frequentierung des Biosphärenparks	34
2.4 Diskussion.....	34
2.4.1 Methode	34
2.4.2 Sommertourismus im Oberen Ötztal	35
2.5 Fazit	37
3. DIE ENTWICKLUNG DES WINTERTOURISMUS IM OBEREN ÖTZTAL: SKIGEBIET OBERGURGL-HOCHGURGL VON 1960 BIS 2008	38
3.1. Einleitung	38
3.2 Daten	39
3.3 Methoden	40
3.4 Resultate	41
3.4.1. Räumliche Ausdehnung des Skigebietes	41
3.4.2. Ausbau und Modernisierung der Bahnen	45
3.4.3. Ausbau der technischen Beschneigung.....	46
3.4.4. Frequentierung des Skigebietes	47
3.4.5. Zusammenfassung und Entwicklungskennzahlen	48
3.5 Schlussfolgerungen und Ausblick	49
4. DIVERSITÄT SERHEBUNGEN IM HINTEREN ÖTZTAL – RAUM OBERGURGL, VENT/ ROFENTAL	52

4.1 Einleitung	52
4.2 Material und Methoden	54
4.2.1 Untersuchungsgebiet	54
4.2.2 Erstellen einer Datenbank	55
4.2.3 Vegetations- und Stetigkeitstabellen	57
4.2.4 Diversitäts-Indices	58
4.2.5 Floristische Ähnlichkeiten	58
4.2.6 Zeigerwert-Analysen	59
4.2.7 Ordinationen	59
4.2.8 Statistische Analysen	59
4.3 Ergebnisse und Diskussion	61
4.3.1. Vegetationstypen im Raum Obergurgl und im Venter Tal/Rofental	61
4.3.2 Vergleich der Goldhaferwiesen, Bürstlingsrasen und Zwergstrauchheiden im Raum Obergurgl und im Venter Tal/Rofental	107
4.3.3 Die Vegetationstypen auf der Hohen Mut nach Aufnahmen aus den 70-er Jahren (Duelli 1977)	131
4.3.4 Vergleich der Aufnahmen von Duelli aus den 70-er Jahren mit den Aufnahmen von 2006 auf der Hohen Mut	139
4.3.5. Zeitliche Entwicklungen von Monitoring-Dauerflächen im Raum Obergurgl, orographisch rechte Talseite	146
4.3.6 Bisheriger Kenntnisstand und Kenntnislücken	154
5. SCHIPISTEN IM RAUM OBERGURGL (INNERES ÖTZTAL)	157
5.1 Zusammenfassung	157
5.2 Einleitung	159
5.3 Material und Methoden	162
5.3.1 Untersuchungsgebiet	162
5.3.2 Die Pisten im Schigebiet Festkogel	163
5.3.3 Geländearbeit	166
5.3.4 Datenmanagement und Vegetationsanalysen	168
5.3.5 Statistische Analysen	169
5.4 Ergebnisse	171
5.4.1 Vegetation	171
5.4.2 Bodentiefe	184
5.4.3 Wuchshöhe der Vegetation	184
5.4.4 Gesamtdeckung der Vegetation	185
5.4.5 Deckung der Gefäßpflanzen	185
5.4.6 Artenvielfalt	188
5.4.7 Funktionale Typen	188
5.4.8 Zeigerwert-Analysen	194
5.4.8 Eingesäte Pflanzenarten	197
5.5 Diskussion	198
5.5.1 Vegetation	199
5.5.2 Bodentiefe, Wuchshöhe, Gesamtdeckung und Deckung der Gefäßpflanzen	200
5.5.3 Artenvielfalt	201
5.5.4 Funktionale Typen	202
5.5.5 Zeigerwert-Analysen	203
5.5.6 Unterschiede zwischen Pistenzentrum und Pistenrand	203
5.5.7 Zusammenhänge mit der Meereshöhe und der Bodentiefe	204
5.5.8 Einsaat auf den Schipisten	204
5.6 Schlussfolgerungen	205

5.7 Ausblick	207
5.8 Danksagung.....	207
6. VEGETATIONSKARTIERUNG DER SCHIPISTEN IN OBERGURGL	208
6.1 Einleitung	208
6.2 Methoden	208
6.3 Ergebnisse	210
6.3.1 Zustandskartierung	212
6.3.2 Zusammenfassung.....	214
7. KONZEPTE ZUR ZONIERUNG EINES BIOSPHÄRENRESERVATS IM INNEREN ÖTZTAL	215
7.1 Zusammenfassung	215
7.2 Einleitung	215
7.3 Das Untersuchungsgebiet	217
7.4 Methoden	218
7.4.1 Die Stichprobe.....	220
7.4.2 Segmentierung des Untersuchungsgebietes	220
7.4.3 Kartierung	223
7.4.4 Geodatenbank als Informationssystem zu einem zukünftigen Biosphärenreservats	225
7.4.5 Objekt-basierten Bildanalyse	226
7.4.6 Die Methode der Entzerrung von Luftbilder	227
7.5 Ergebnisse	229
7.5.1 Modell der Landbedeckung des inneren Öztals	229
7.5.2 Hemerobiebewertung	231
7.5.3 Zonierungskonzept auf Basis der erarbeiteten Landbedeckungsklassen	233
7.6 Diskussion.....	235
LITERATUR.....	238
ANHANG inkl. zusammenfassendem Buchkapitel (In englischer Sprache)	247

Vorbemerkung

Das MAB–Projekt Footprints ist ein mehrjähriges Projekt das in drei Phasen bearbeitet wurde. Dieser vorliegende Endbericht schließt die dritte und letzte Phase ab. Schwergewicht der Arbeiten dieser letzten Phase ist es, den Satus Quo in ausgewählten Bereichen des lokalen natürlichen als auch sozialen Systems (siehe auch Kapitel 1) gegenüber den bisherigen Arbeiten zu ergänzen und die Basis für eine allfällige Zonierung vorzulegen.

Zunächst wird eine Auswertung der Befragung von Wanderern und anderen Freizeitsportlern im oberen Ötztal präsentiert, um einen Ist-Zustand darzulegen und – mangels Erhebungen in der Vergangenheit - für zukünftige Erhebungen eine Referenz zu geben. Erst die Interpretation einer Entwicklungsdynamik wird Hinweise zur Diskussion der Belastung der Natur durch touristische Aktivitäten im Sommer ermöglichen (Kapitel 2).

In einem weiteren Kapitel wird die Entwicklung des Skigebietes Obergurgl-Hochgurgl mit Fokus auf die letzten 30 Jahre anhand verschiedener Zeitschnitte dokumentiert (Kapitel 3).

Danach wird der momentane Stand des Wissens zur Biodiversität zusammengefasst. Es werden vorliegende Arbeiten zusammengefasst und die aktuelle Diversität bzw. die Veränderung der Diversität im Lauf der Zeit festgestellt bzw. abgeschätzt. Dazu wurden eigene Erhebungen durchgeführt (Kapitel 4).

Im Raum Obergurgl wurde entlang der Festkogel- und Rosskarbahn, sowie entlang des untersten Abschnittes der Plattachbahn eine vegetationskundliche Studie auf den Schipisten durchgeführt. Dabei wurde entlang eines Höhengradienten von 1930 bis 2820m Meereshöhe die Vegetation und verschiedene Umweltfaktoren im zentralen Teil der Piste, am Pistenrand und außerhalb der Piste erhoben (Kapitel 5).

Eine weitere Untersuchung bezüglich Veränderungen der Vegetation im Bereich von Schipisten wurde erstellt. Zur Bewertung des Zustandes bzw. der Dichte der

Vorbemerkung

Vegetation wurde die Arbeit von Ebus (1984) herangezogen, um so einen Vergleich zwischen vergangenen und gegenwärtigen Zuständen präsentieren zu können (Kapitel 6).

Weiters werden flächendeckende Landbedeckungskarten als Basis für die Zonierung eines neu auszuweisenden Biosphärenreservats im inneren Ötztal vorgestellt (Kapitel 7).

Hier sei auch auf zentrale Punkte verwiesen, die für eine allfällige Rekonstitution des Biosphärenparks wichtig sind. Erst durch eine tragfähige Verankerung auf den unterschiedlichsten Ebenen, so unsere Einsichten, gibt es eine realistische Erfolgchance für eine dauerhaft nachhaltige Entwicklungsdynamik im oberen Ötztal (Kapitel 1).

Eine räumliche verortete Übersicht der im Rahmen von Footprints durchgeführten räumlich verortbaren Untersuchungen findet sich im Kapitel 1 auf Seite 16. Schließlich findet sich anstatt einer Zusammenfassung des Projektes Footprints ein zusammenfassendes Buchkapitel der AutorInnen¹ in englischer Sprache mit dem Titel „Integrated Monitoring and Sustainability Assessment in the Tyrolean Alps: Experiences in Transdisciplinarity“² im Anhang A.

¹ AutorInnen sind: Willi Haas, Simron Jit Singh, Brigitta Erschbamer, Karl Reiter and Ariane Walz

² erschienen in Singh et al. (2012): Long Term Socio-Ecological Research: Studies in Society- Nature Interactions Across Spatial and Temporal Scales. Dordrecht: Springer



Abbildung 1: Obergurgl 1974 (oben) und 2007 (unten)



Abbildung 2: Vent 1974 (oben) und 2007 (unten)

1. Einleitung, Rahmen und Schlussfolgerungen

Zwischen den dynamischen Entwicklungen des Tourismusgebietes im oberen Ötztal und dem Biosphärenpark Gurgler Kamm hat sich ein Spannungsfeld entwickelt. Unzureichende Abstimmung zwischen den unterschiedlichen Interessen hat in der Vergangenheit immer wieder zu Irritationen vor allem jener geführt, die Naturschutzanliegen vertreten. Da der Biosphärenpark bis dato noch nach Pre-Sevilla Kriterien definiert ist und eine Neu-Konstituierung nach den neuen Bestimmungen der UNESCO ansteht, kann dieser Neu-Anfang nun als Chance gesehen werden. Eine gute Kommunikationsbasis zwischen Nutzern, Schützern und der Forschung könnte kluge Entscheidungen zu künftigen Entwicklungsoptionen begünstigen, damit Schutz- und Nutzungsinteressen nicht in einen unüberbrückbaren Konflikt geraten.

Eine Neu-Konstitution des Biosphärenparks bedeutet, dass entsprechend den österreichischen Kriterien das Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung verpflichtend verfolgt werden muss (siehe dazu Kriterien für Biosphärenparks in Österreich³ und Lange 2006). Die Frage, ob ein Biosphärenpark mit seinen unterschiedlichen Zonen den Kriterien einer nachhaltigen Entwicklung folgt, ist jedoch keineswegs trivial. Aus diesem Grund stellen wir diesem Bericht einige Überlegungen für Monitoring und Bewertung voran (siehe auch Endbericht 2007, Kapitel konzeptueller Rahmen und Endbericht 2008, Kapitel 1 Einleitung).

³ http://www.oeaw.ac.at/isr/Projekte/abbildungen/Bio_Park/kriterienkatalog.pdf

1.1 Konzeptueller Rahmen für das Monitoring

Ausgangspunkt unserer Überlegungen für eine Beurteilung der nachhaltigen Entwicklung ist die Beobachtung jener gesellschaftlicher Aktivitäten, die in einem plausiblen Wirkungszusammenhang mit dem Zustand der Natur stehen (Fischer-Kowalski et al. 2008). Damit haben wir zwei Systeme eingeführt: ein Natürliches und ein Soziales. Beobachtet werden damit Indikatoren, die die Interaktionen zwischen den beiden Systemen beschreiben. Diese Interaktionen oder Austauschprozesse können aus der Perspektive der Gesellschaft als Investitionen beschrieben werden, um einen bestimmten Nutzen zu erzielen (siehe Abbildung 1).

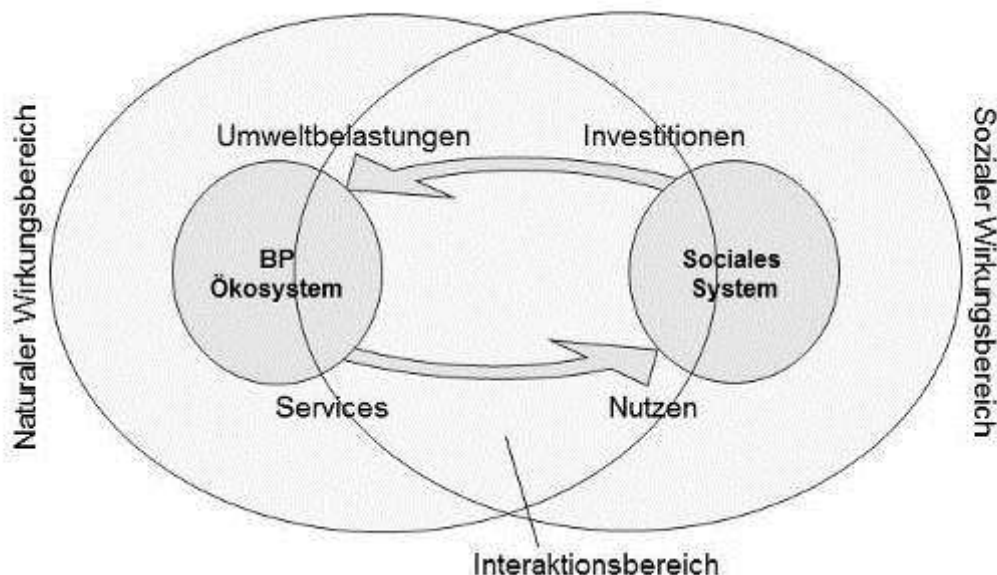


Abbildung 1: Simple Interaktionsmodell zwischen sozialem und natürlichem System (Ökosystem des Biosphärenparks)

So wird beispielsweise das Pflügen in ein Feld investiert, um später Feldfrüchte zu ernten. Aus der Perspektive der Natur bzw. des natürlichen Ökosystems sind diese Eingriffe meist Umweltbelastungen (Landnutzungen und Emissionen), damit die Gesellschaft vom Ökosystem bestimmte direkt nutzbare Services wie das Pflanzenwachstum einer bestimmten Nutzpflanze (und nicht von unerwünschten Pflanzen) erhält. Ein weiteres Beispiel ist die Errichtung von Aufstiegshilfen (Liften) sowie das Präparieren und Beschneien eines Hanges. Diese Investitionen führen zu Eingriffen (Umweltbelastungen). Allerdings erst die Investition von Arbeit und technischem Gerät erlaubt die Nutzung des Hanges für den alpinen Skilauf (Service),

1. Einleitung, Rahmen und Schlussfolgerungen

so wie er heute von TouristInnen geschätzt wird. Das wiederum verspricht einen unmittelbaren gesellschaftlichen Nutzen⁴. Einerseits für TouristInnen im Sinne von Erholung und Fitness und andererseits für die lokale Wirtschaft im Sinne von Einnahmen und damit Gewinnen und Arbeitsplätzen. Investitionen können aber auch Pflegemaßnahmen sein, die auf die Erhöhung der Funktionsfähigkeit von Ökosystemen abzielen.

Damit ergibt sich zusammenfassend im Interaktionsbereich zwischen Gesellschaft und Natur ein erstes Set an Indikatoren: Investitionen, Umweltbelastungen /Pflegemaßnahmen, Services und Nutzen. Diese können über einen längeren Zeitraum beobachtet werden und zeigen an, ob Austauschbeziehung eine nachhaltige oder nicht nachhaltige Entwicklungsdynamik entfalten. Um die Entwicklungsdynamik früher abschätzen zu können, ist es von Vorteil jene Indikatoren im sozialen Wirkungsbereich zu identifizieren, die früher oder später zu einer höheren bzw. niederen Intensität der Gesellschaft-Natur Interaktionen führen. Ein Beispiel dafür sind Bevölkerungs- oder Übernachtungszahlen. Ebenso von Bedeutung ist die Frage ob lokale wirtschaftliche Bedingungen ausreichende Einkommensmöglichkeiten versprechen. Fehlen diese, so kann dies früher oder später entweder zu einer erzwungenen Abwanderung oder aber zu neuen Entwicklungsinitiativen führen. Damit ergibt sich ein zweites Set an Indikatoren zum sozialen Wirkungsbereich. Ein drittes notwendiges Set an Indikatoren fokussiert auf den Zustand der Natur. Da der Wirkungszusammenhang zwischen den Austauschbeziehungen und dem Zustand der Natur einer permanenten Überprüfung bedarf, gilt es auch den Zustand der Natur genau in jenen Bereichen zu beobachten, in denen kritische Änderungen zu vermuten sind. Dieses dritte Set an Indikatoren ist dem naturalen Wirkungsbereich zuzuordnen.

⁴ Natürlich können auch Skiunfälle auftreten, die nicht als gesellschaftlicher Nutzen bezeichnet werden können. Solange für TouristInnen Skiunfälle als Ausnahme angesehen werden, dämpft das jedoch nicht ihr Interesse am alpinen Skilauf.

1.2 Bearbeitungsschwerpunkte

Basierend auf diesem konzeptuellen Ausgangspunkt der Überlegungen wird deutlich, dass ein umfassendes Monitoring sämtlicher Indikatorenbereiche weder praktikabel noch sinnvoll erscheint. Vielmehr geht es darum, jene kritischen Bereiche zu identifizieren, die im Interaktionsbereich eine nicht-nachhaltige Dynamik entfalten könnten. Im Zusammenhang mit diesen stehen dann Indikatoren im sozialen Wirkungsbereich quasi zur Früherkennung solcher Dynamiken sowie Indikatoren im naturalen Wirkungsbereich, um Evidenz für die Auswirkungen solcher nicht-nachhaltigen Dynamiken bereit stellen und analysieren zu können. Die kritischen Indikatoren wurden im Forschungsteam zu verschiedenen Zeitpunkten des Projektes diskutiert und gemeinsam festgelegt. Das Ergebnis dieser Entscheidungen ist in Tabelle 2 zusammengefasst und gibt somit eine Übersicht der gewählten Bearbeitungsschwerpunkte. Diese sind auch räumlich verortet in einer Karte des oberen Öztals dargestellt (Abbildung 2).

Räumlich verortete Übersicht der Untersuchungen des

Projekts footprints

Grundkarte: Konzept der Zonierungen



Projekt FOOTPRINTS
Gefördert durch das
MAB - Programm /ÖAW

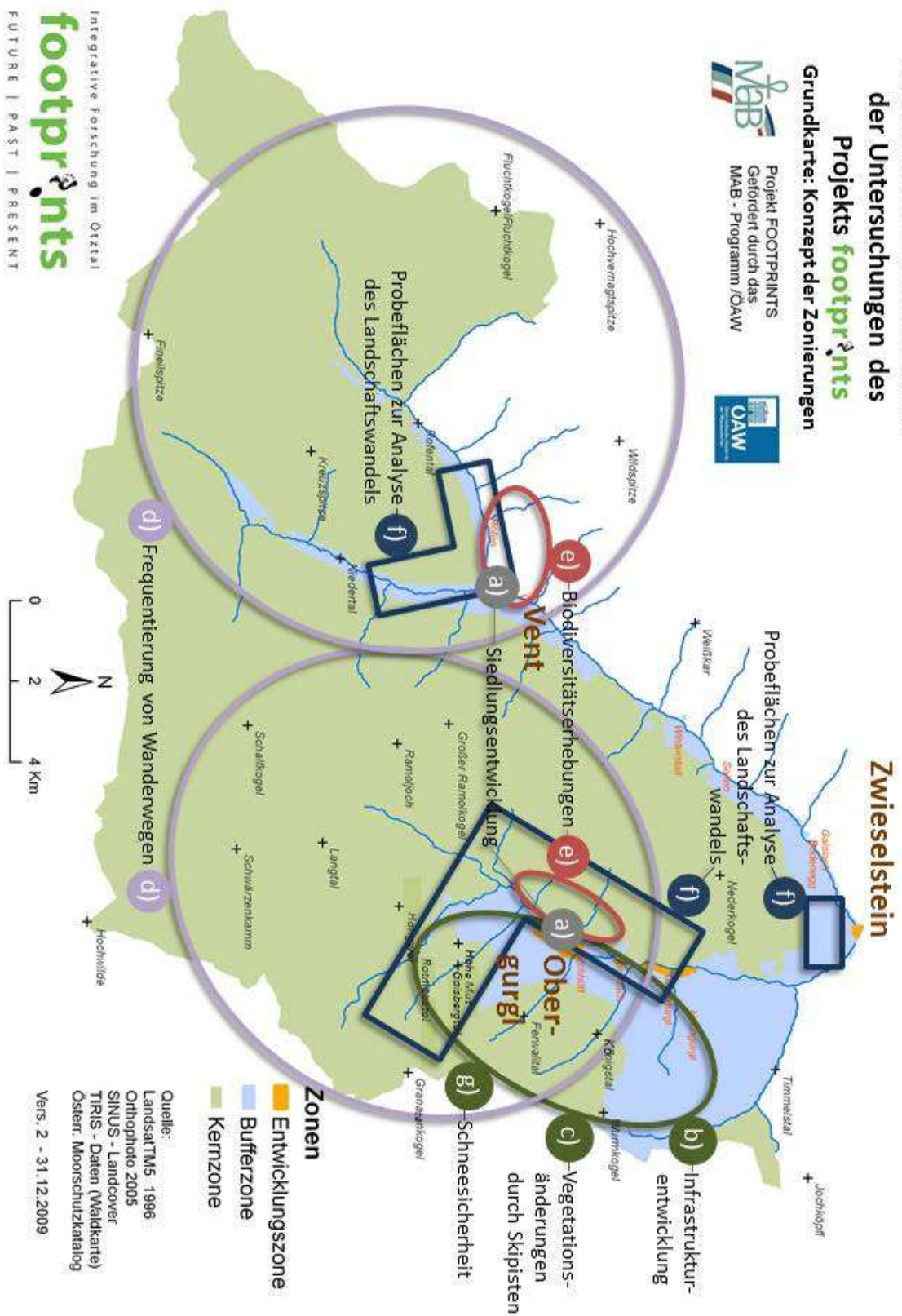


Abbildung 2: Räumlich verortete Übersicht der Untersuchungen des Projektes Footprint

1. Einleitung, Rahmen und Schlussfolgerungen

Bereich	Karte	Kritische untersuchte Indikatorenbereiche	Relevante Berichtsteile
Sozialer Wirkungsbereich	n.a.	Bevölkerungsdynamik	Endbericht 2007, Phase 1 • Kapitel Politische, ökonomische und demographische Eckdaten
	n.a.	Beschäftigung und Einkommensmöglichkeiten	Endbericht 2008, Phase 2 • Kapitel 4 Sozioökonomische Entwicklung • Kapitel 5 Fotos und Fotomontagen sowie • Kapitel 6 IIASA Prognose von 1974 für das Jahr 2000
	n.a.	Wirtschaftliche Aktivitäten und speziell touristische Entwicklung	
	n.a.	Gebäude und Gästebetten	
Interaktionsbereich	a)	Bebauung und Bodenversiegelung (Siedlungsausdehnung und -struktur)	Endbericht 2008, Phase 2 • Kapitel 3 Landschaftseingriffe durch die Siedlungsentwicklung im Oberen Ötztal 1973-2003
	b)	Infrastrukturentwicklungen im Wintertourismus (Lifte, Beschneiungsanlagen, etc.)	Aktueller Endbericht 2012, Phase 3 • Kapitel 3 Die Entwicklung des Wintertourismus im oberen Ötztal
	c)	Vegetationsveränderungen durch Skipisten	Aktueller Endbericht 2012, Phase 3 • Kapitel 5 Skipisten im Raum Obergurgl und • Kapitel 6 Vegetationskartierung der Skipisten in Obergurgl
	d)	Frequentierung und Nutzungen von Wanderwegen (inkl. Besucherinteressen)	Aktueller Endbericht 2012, Phase 3 • Kapitel 2 Auswertung der Befragung von Wanderern und anderen Freizeitsportlern im Oberen Ötztal
Natürlicher Wirkungsbereich	e)	Biodiversitäts- und Vegetationsbewertungen	Aktueller Endbericht 2012, Phase 3 • Kapitel 4 Diversitätserhebungen im hinteren Ötztal – Raum Obergurgl/Vent/Rofental
	f)	Landschaftsdiversität	Endbericht 2008, Phase 2 • Kapitel 9 Landschaften des inneren Ötztals • Kapitel 10 Vom Luftbild zum Orthophoto als Grundlage der Analyse des Landschaftswandels
	g)	Schneesicherheit unter veränderten klimatischen Bedingungen	Endbericht 2008, Phase 2 • Kapitel 7 Schneedeckenentwicklung im Oberen Ötztal

Tabelle 1: Kritische untersuchte Indikatorenbereiche

Dabei sei anzumerken, dass für die Einschätzung, ob eine Region eine positive oder negative Entwicklungsdynamik bezüglich Nachhaltigkeit aufweist, Energieverbrauch und Emissionen eine zentrale Rolle spielen. Diese Aspekte wurden allerdings nicht untersucht, da das gegenständliche Projekt schwerpunktmäßig auf die lokalen Veränderungen des Naturraums aufgrund lokaler sozio-ökonomischer Aktivitäten fokussierte.

Im vorliegenden Bericht werden die Vegetationsänderungen durch Skipisten, die Frequentierung und Nutzungen von Wanderwegen, die Entwicklung des

Wintertourismus (Infrastruktur), Biodiversitäts- und Vegetationserhebungen berichtet und diskutiert.

1.3 Empfehlungen für partizipative Bewertungsprozesse

Das Monitoring derartiger Indikatoren kann nun mit Hilfe von entscheidungsbezogenen Analysen Bewertungs- und Entscheidungsprozesse unterstützen. Im Falle der Neukonstituierung des Biosphärenparks könnte der Bewertungsprozess von unterschiedlichen Stakeholdern, ob Entscheider und/oder Betroffene inklusive des Biosphärenpark-Managements, mit Unterstützung wissenschaftlicher Akteure gemeinsamen durchlaufen werden. Im ersten Schritt wären wissenschaftliche Analysen *vis a vis* der gesetzten Ziele zu evaluieren. So eine Evaluation könnte zum Schluss kommen, dass es keinen Handlungsbedarf gibt, oder aber dass Umweltbelastungen reduziert oder Schutz- bzw. Pflegemaßnahmen gesetzt werden sollten. Im Falle eines Handlungsbedarfes gilt es verschiedene Handlungsoptionen zu entwickeln und ihre Neben- und Langzeitfolgen herauszuarbeiten, um deren Potenziale für nachhaltige und nicht-nachhaltige Dynamiken erkennen zu können.

Ein alternativer Ausgangspunkt für einen Bewertungsprozess können Vorschläge für neue ökonomische Entwicklungsoptionen sein. Hier geht es wiederum um eine Evaluation hinsichtlich der Ziele und nötigenfalls um spezielle wissenschaftliche Analysen zur Unterstützung der Entscheidungsfindung. Ein derartiger Bewertungsprozess sollte schließlich zu einer Entscheidung führen, sei es die Veränderung sozio-ökonomischer Aktivitäten zur Reduktion von Umweltbelastungen oder Naturschutzmaßnahmen (im Sinne der Pflege). Diese Entscheidungen sollten zu (veränderten) Eingriffen bzw. Interventionen in die Natur führen (siehe Abbildung 3). Sind diese erfolgreich, sollte ein entsprechendes Monitoring System erwünschte oder unerwünschte Veränderungen registrieren und in Form von Analysen Stakeholdern bereitstellen können.

Unabhängig vom Ausgangspunkt ist die Einbindung aller Stakeholder von großer Bedeutung. Verschiedenste Autoren führen Gründe an, weshalb eine breite Beteiligung bei Fragen des Managements natürlicher Ressourcen auf lokaler Ebene

1. Einleitung, Rahmen und Schlussfolgerungen

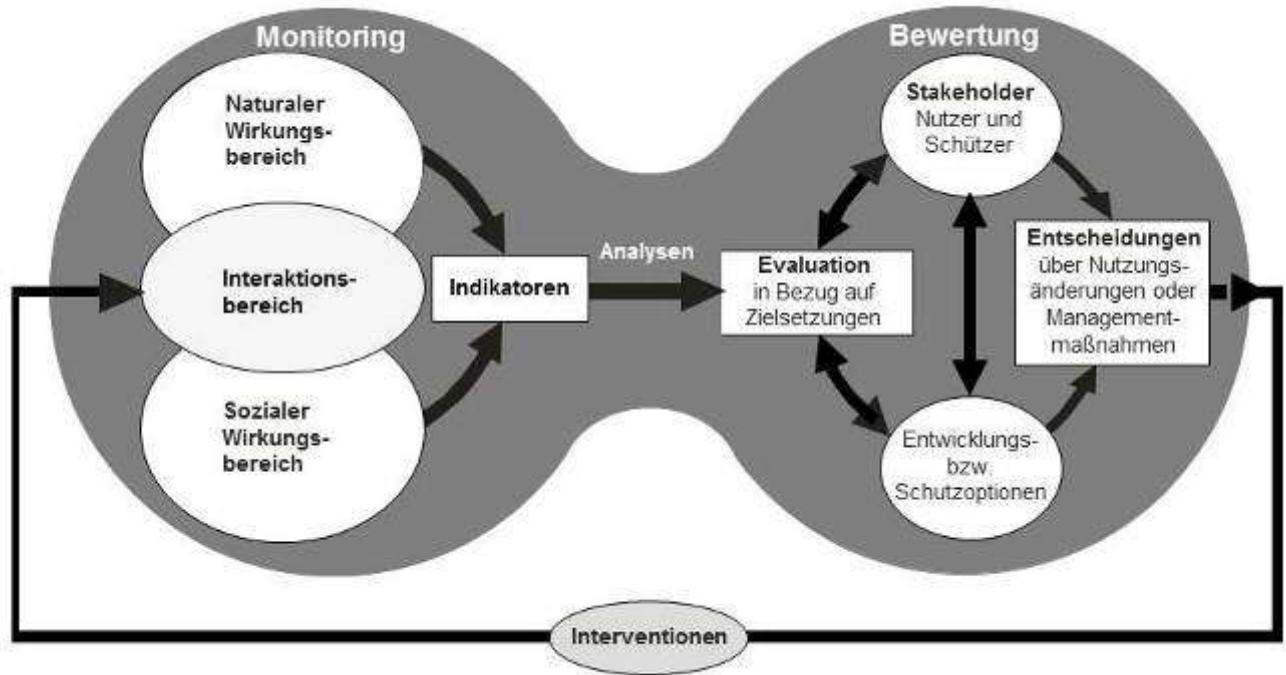


Abbildung 3: Integriertes Monitoring der natürlichen und sozialen Wirkungsbereiche sowie des Interaktionsbereiches als wissenschaftliche Grundlage für gesellschaftliche Bewertungsprozessen von Stakeholdern (modifiziert nach Fischer-Kowalski et al. 2008)

von Vorteil ist. Im Zusammenhang mit Forschung zu Biosphärenparks zeigen Stoll-Kleemann & Welp (2008, Seite 162) drei Schlüsselfaktoren auf. Erstens ist es ein allseits akzeptierter Anspruch, dass jene Personen (oder Institutionen) involviert werden, die in ihrem alltäglichen Leben von diesen Entscheidungen betroffen sind. Zweitens finden Maßnahmen, die in partizipativen Entscheidungsfindungsprozessen getroffen werden, eine höhere Akzeptanz und damit auch eine größere Umsetzungswahrscheinlichkeit. Drittens, nachdem es keine Stakeholder-Gruppe inklusive Wissenschaft gibt, die über das gesamte Spektrum an relevanten Wissen (auch im Sinn von Erfahrungswissen) verfügt, führen Entscheidungsprozesse, in denen sämtliche Stakeholder eingebunden wurden zu qualitativ besseren Entscheidungen. Stoll-Kleemann und Welp berichten weiter, dass in einer weltweiten Befragung das Biosphärenparkmanagement Partizipation als speziell relevanten Erfolgsfaktor für Biosphärenparks eingestuft (Stoll-Kleemann und Welp 2008, Seite 163).

1.4 Schlussfolgerungen für eine allfällige Implementierung

Die wissenschaftlichen Arbeiten, die von 1973 bis 1979 im Rahmen des UNESCO-Programms „Mensch und Biosphäre“ durchgeführt wurden, bieten vielfältige interessante Ergebnisse (Patzelt 1987). Aufgrund der unvollständigen Dokumentation der Methoden und teilweise auch des empirischen Basismaterials war in vielen Bereichen eine Wiederholung der Forschung nicht möglich. Aus den Bereichen wo eine Wiederholung möglich schien, wurden einige ausgewählt und vergleichend untersucht (siehe z.B. Kapitel 4 in diesem Bericht: Diversitätserhebungen im hinteren Ötztal).

Zur Ergebnissicherung hat das Forschungsprojekt einerseits sämtliche verfügbare naturwissenschaftliche Arbeiten erfasst und dokumentiert (siehe Endbericht 2007, Phase 1, Kapitel Dokumentation naturwissenschaftlicher Studien) und andererseits mit zahlreichen Untersuchungen eine *Baseline* für künftige Untersuchungen erhoben und zusammengestellt. Erkannte Lücken wurden in einer Übersicht zusammengestellt (siehe Anhang B)

Für die Zukunft des Biosphärenparks Gurgler Kamm wurde in diesem Bericht im Kapitel „Konzepte zur Zonierung eines Biosphärenreservats im inneren Ötztal“ eine Grundlage für die Zonierung eines allenfalls neu zu konstituierenden Biosphärenparks vorgestellt. Aufgrund der gemachten Erfahrungen im gegenständlichen Projekt scheint es dem Projektteam jedenfalls besonders wichtig, dass eine allfällige Neukonstituierung von Anfang an eine gute Verankerung und Akzeptanz aller Stakeholder erfordert (Überblick zu den Stakeholdern siehe Endbericht 2007, Kapitel konzeptueller Rahmen und Übersicht im Anhang C). Dabei sind sowohl lokale Akteure in Gurgl und Vent gemeint, wie auch die Ebene der Gemeinde Sölden als auch Politik und Verwaltung auf Landes- und Bundesebene. Stakeholder auf allen Ebenen sollten dabei sowohl BewohnerInnen, Naturnutzer, Naturschützer, jene wie das Biosphärenmanagement, die Interessen balanciert berücksichtigen müssen als auch WissenschaftlerInnen umfassen. Erst der breite Konsens über eine Modellregion zur nachhaltigen Entwicklung hat auf Dauer nachhaltige Zukunftschancen.

1. Einleitung, Rahmen und Schlussfolgerungen

Schließlich findet sich im Anhang A ein Buchkapitel der AutorInnen⁵ dieses Berichts mit dem Titel „Integrated Monitoring and Sustainability Assessment in the Tyrolean Alps: Experiences in Transdisciplinarity“⁶. Dieses Kapitel fasst Beteiligungsprozess und Ergebnisse der drei aufeinanderfolgenden Projekteberichte zusammen.

⁵ AutorInnen sind: Willi Haas, Simron Jit Singh, Brigitta Erschbamer, Karl Reiter and Ariane Walz

⁶ erschienen in Singh et al. (2012): Long Term Socio-Ecological Research: Studies in Society- Nature Interactions Across Spatial and Temporal Scales. Dordrecht: Springer

2. Auswertung der Befragung von Wanderern und anderen Freizeitsportlern im oberen Ötztal

2.1 Einleitung

Das obere Ötztal ist ein sich dynamisch entwickelndes Tourismusgebiet. Bereits in den 1970ern wurde in Obergurgl ein vielschichtiges Forschungsprojekt im Rahmen der UNESCO geförderten „Man and Biosphere“-Forschung (MaB) durchgeführt, das damals den Anstoß zum Biosphärenpark „Gurgler Kamm“ gab. Dreissig Jahre später nimmt das laufende Projekt „Footprints“ im Auftrag der MaB-Kommission die Spurensuche auf und eruiert wie sich das obere Ötztal, namentlich Obergurgl und Vent, seit den 1970ern weiterentwickelt hat und wie es sich unter Berücksichtigung der zunehmenden Klimaerwärmung in Zukunft weiterentwickeln könnte.

Im Rahmen des Projektes werden a) ökonomische Aktivitäten und soziale Entwicklungen der letzten 30 Jahre betrachtet, b) die Eingriffe in die Landschaft und ihre Bedeutung für diese Aktivitäten abgeschätzt und c) Bio- und Landschaftsdiversität, sowie ihre Veränderung als mögliche Indikatoren zur Beurteilung der Entwicklung aufgenommen. In Zusammenarbeit mit lokalen Akteuren aus Obergurgl und Vent wurden erste Gedanken zur Formulierung von Zukunftsszenarien entwickelt. Dabei spielen in erster Linie die zukünftige Ausrichtung des Tourismus unter Berücksichtigung eines sich verändernden Klimas eine wichtige Rolle, und indirekt damit auch – in Absprache mit dem MaB-Komitee – der Umgang mit dem Biosphärenpark Gurgler Kamm.

Ziel dieses Teilprojektes ist es, die Frequentierung der Landschaft durch Sommergäste und ihre Aktivitäten abzuschätzen, um in einem nächsten Schritt möglicherweise Rückschlüsse auf Veränderungen der Landschafts- und Biodiversität zu ziehen. Im vorliegenden Bericht ist dargestellt, wie häufig und in welcher Form (Wander-)Wege in Obergurgl und Vent aktuell genutzt werden.

2.2 Methoden

Die Studie basiert auf einer Befragung und Zählung der Sommergäste in der Sommersaison 2008. Die Fragebögen wurden in einer Datenbank übertragen und in Form von Abfragen sowie räumlichen Auswertungen im GIS ausgewertet. Es wurden bisher noch keine Hochrechnungen auf die gesamte Saison vorgenommen.

2. Auswertung der Befragung von Wanderern

2.2.1 Befragung

2.2.1.1 Befragungsdesign

Standorte

Die Befragungen wurden an vier verschiedenen Standorten in Obergurgl und an zwei Standorten in Vent durchgeführt. In Obergurgl als auch in Vent befand sich jeweils einer der Standorte an der Talstation der betriebenen Lifte. Die übrigen Befragungen wurden am Ausgang der Dörfer und an den wichtigsten Einstiegen in das Netz der Wanderwege durchgeführt.

Termine

Die Befragungen fanden an sieben verschiedenen Tagen statt. Die Tage wurden so ausgewählt, dass an jedem Wochentag eine Befragung durchgeführt werden konnte. Zwischen den einzelnen Befragungen lagen jeweils 11 Tage.

Eine Übersicht über die sieben Befragungstage gibt Tabelle 1. Die Wetterverhältnisse, die Anzahl an Befragten und gegebenenfalls Besonderheiten zum Befragungstag werden dort aufgeführt. Diese Angaben können zur besseren Interpretation der Daten, sowie zur weiteren Hochrechnung herangezogen werden.

Termin	Wetter	Befragte	Befragte Obergurgl	Befragte Vent	Besonderheiten
(1) So, 06.07. 2008	Vormittags schön, ab 13:30 Gewitter & Regenschauer	659	472	187	
(2) Do, 17.07.2008	Bis Mittag bewölkt, ab ca. 12:00 bis 12:30 Regen	572	399	173	
(3) Mo, 28.07.2008	Schön	1051	704	347	
(4) Fr, 08.08.2008	Gut, wenig Sonne, meist bewölkt; 14:00 Abbruch wegen Gewitter	741	533	208	
(5) Di, 19.08.2008	Gut	1713	1209	504	Werbung auf ORF und Radio Tirol für Ausflug nach Obergurgl
(6) Sa, 30.08.2008	Schönstes Wetter	796	377	419	Warmradeln in Vent für Ötztalmarathon
(7) Mi, 10.09.2008	schön	502	306	196	

Tab. 1: Übersicht über die Befragungstage

2. Auswertung der Befragung von Wanderern

Organisation und Durchführung

Die Befragung wurde von Prof. Brigitta Erschbamer vom Institut für Botanik der Universität Innsbruck koordiniert. Jeweils sechs Studenten führten an den verschiedenen Standorten in Obergurgl und in Vent die Befragungen durch.

2.2.1.2 Fragebogen

Bei den Befragungen wurden die Aktivitäten der Besucher, ihre Routen, sowie Informationen zu ihrem Aufenthalt in der Region, ihren Motiven und ihrer Person erfasst (siehe Anhang A).

Aufbau

Der erste Teil des Fragebogens gibt Aufschluss über die Aktivitäten der Besucher und das Ausflugsziel. Um eine räumlich explizite Auswertung vornehmen zu können, wurde dabei nicht nur notiert, wohin die Leute unterwegs sind, sondern es wurde die gesamte Route in einer Karte eingezeichnet.

Im zweiten Teil wurden die Besucher nach Angaben zu ihrem Aufenthalt in Obergurgl oder Vent, zu ihren Motiven für ihre jeweilige Wahl und ihrer Kenntnis vom Biosphärenpark „Gurgler Kamm“ bzw. vom „Naturpark Ötztal“ befragt.

Der dritte Teil liefert beobachtbare Angaben über die befragten Person und die Gruppen, mit denen sie unterwegs sind, sowie den Zeitpunkt der Befragung.

Dauer der Befragung

Eine einzelne Befragung dauerte durchschnittlich 5 Minuten.

2.2.2 Aufbereitung der Daten

2.2.2.1. Anlegen der Datenbank

Die mittels Fragebögen ermittelten Angaben wurden in eine access-Datenbank aufgenommen. Die zusätzlich gezählten Gäste wurden anzahlmässig und – sofern ersichtlich – mit der Aktivität ebenfalls in die access-Datenbank aufgenommen. Je nach Zählperson wurden diese Besucher gruppenweise oder tageweise aufgenommen.

Aufnahme der Routen mittels GIS

Um eine graphische Darstellung der Frequentierung der Routen und den Aktivitäten und räumliche Abfragen zu ermöglichen, wurden die Angaben in einem GIS-Projekt aufbereitet.

2. Auswertung der Befragung von Wanderern

Ziel war es, die Frequentierung von einzelnen Teilabschnitten des Wegenetzes anhand der Angaben zur Routenwahl zu ermitteln.

Dafür wurde im ArcCatalog vorerst eine Persönliche Geodatabase angelegt und darin ein Feature Dataset, worin die beiden Layer „Abschnitte“ und „Routen“ vorbereitet wurden. Um die beiden Layer in Beziehung zueinander setzen zu können, wurden sie mittels einer RelationshipClass miteinander verbunden.

In ArcMap wurden darauf im Layer „Abschnitte“ die Teilabschnitte der von den befragten Besuchern begangenen Routen digitalisiert. Anschliessend wurden die Teilabschnitte – während der Layer „Routen“ aktiv war – zu einzelnen Routen zusammengeführt („Union“). Die beiden Layer konnten anschliessend über eine (nur in ArcCatalog sichtbare) Beziehungs-Zwischentabelle verknüpft werden.

2.2.2.2 Verknüpfung der Datenbank mit den räumlichen Daten

Zur Darstellung und räumlichen Auswertung wurden zuerst gezielte Abfragen der Fragebögen in der access-Datenbank getätigt. Diese Abfragen wurden anschliessend als .dbf in ArcMap importiert.

2.2.3 Auswertung

Im Rahmen dieses Teilprojektes interessieren die Art und die Intensität der touristischen Nutzung der Landschaft. Vor dem Hintergrund der unterschiedlichen touristischen Ausrichtung der beiden Orte steht dabei der Vergleich zwischen Obergurgl und Vent im Vordergrund. Die angelegten Datenbanken dienten als Grundlage für verschiedene Auswertungen zu dieser Thematik.

Folgende Fragen waren bei der Auswertung von Interesse:

1. Wieviele Gäste wurden in Obergurgl und – im Vergleich dazu – in Vent befragt gezählt?
2. Wie hoch ist die Frequentierung von verschiedenen Routen und Teilabschnitten?
3. Welche Aktivitäten werden in Obergurgl und in Vent ausgeübt?
4. Auf welchen Routen und Teilabschnitten werden welche Aktivitäten ausgeübt?
5. Was hat die Besucher dazu bewogen, nach Obergurgl oder Vent zu kommen?
6. Sind der Biosphären- und der Naturpark den Besuchern bekannt?
7. Wie hoch ist die Frequentierung des Biosphärenpark?

2. Auswertung der Befragung von Wanderern

2.2.3.1 Abfragen der Datenbank

Für alle Fragen mit Ausnahme von Frage (7) wurden Tabellen generiert, welche über die oben gestellten Fragen Auskunft geben können. Diese Abfragen wurden im Falle von Frage (2) und (4) zur Auswertung und Darstellung mit der GIS-Datenbank verknüpft.

2.2.3.2 Räumliche Abfrage

Im Rahmen dieses Projektes interessiert die Frage nach der Verträglichkeit verschiedener gesellschaftlicher Entwicklungen mit den Kriterien des Biosphärenparks. Um einen Überblick über die aktuelle Frequentierung von Besuchern im Biosphärenpark zu erhalten, wurde Frage (7) durch eine räumliche Abfrage mittels ArcMap beantwortet.

2.2.3.3 Räumliche Darstellung der Abfrageergebnisse

Die Fragen (2) und (4) wurden im GIS räumlich explizit ausgewertet und dargestellt. In diesem GIS-Projekt sind die Wanderrouen (Layer „Strecken“) und die zugehörigen Teilabschnitte (Layer „Abschnitte“), sowie der Biosphärenpark enthalten.

Zur Berechnung der Frequentierung von Teilabschnitten musste die unter 3.2.2 erwähnte Beziehungs-Zwischentabelle als .dbf in ArcMap importiert werden. Anschliessend wurde ermittelt, in wie vielen Wanderrouen ein bestimmter Teilabschnitt vorkommt (Summarize1). Da aufgrund der Angaben in den Fragebögen erst die Frequentierung der einzelnen Wanderrouen, aber nicht jedes einzelnen Abschnitts bekannt war, war ein „Join“ der Beziehungs-Zwischentabelle mit dem Output des „Summarize1“, sowie mit der Abfrage aus der access-Datenbank nötig. Aus der nun erweiterten Beziehungs-Zwischentabelle konnte die Frequentierung der einzelnen Teilabschnitte berechnet werden (Summarize2). Um schliesslich die Frequentierung der einzelnen Teilabschnitte mittels Einfärben auf der Karte darstellen zu können wurde der Output des „Summarize2“ mit einem „Join“ an die Attribut-Tabelle des Layers „Abschnitte“ angehängt.

Um für Frage (4) den Abschnitten die Frequentierung im Zusammenhang mit den unterschiedlichen Aktivitäten zuordnen zu können, wurde jeweils ein „Join“ der entsprechenden Abfrage aus der access-Datenbank mit dem Layer „Abschnitte“ getätigt.

2.3 Ergebnisse

Insgesamt wurden 1610 Fragebögen ausgefüllt. Davon waren aber nur bei 910 Fragebögen die Wanderrouen auch eingezeichnet. Ergebnisse zur Frequentierung der Teilabschnitte

2. Auswertung der Befragung von Wanderern

beziehen sich demnach nur auf 910 Fragebögen. Für alle Abfragen wurden immer alle Fragebögen, welche die gewünschten Angaben enthielten, miteinbezogen.

2.3.1 Besucherzahlen

An den sieben Befragungstagen wurden insgesamt 6034 Personen, die in 1610 Gruppen unterwegs waren, erfasst. Während in Obergurgl 4000 Personen erfasst wurden, waren es in Vent mit 2034 etwa die Hälfte. Durchschnittlich waren die Besucher meistens in Gruppen von zwei bis sechs Personen unterwegs.

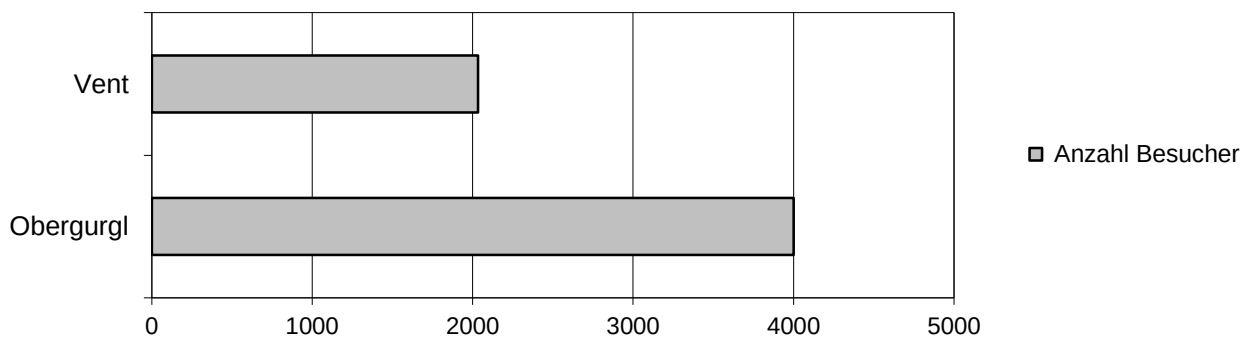


Abb. 1: Total der gezählten Besucher in Obergurgl und Vent an den sieben Befragungstagen

2.3.2 Frequentierung von Routen und Teilabschnitten

Die Teilabschnitte nahe der Dörfer sind mit bis zu 121 Personen/Tag in Obergurgl und in Vent mit bis zu 79 Personen/Tag am stärksten frequentiert, da sie für mehrere Wanderrouten der Anfang sind. Hinzu kommt, dass sich Spaziergänger ausschliesslich auf diesen Wegen aufhalten. Die Routen über die Schönwieshütte zur Hohen Mut oder zur Langtalereckhütte und der Rundweg im „Zirbenwald“ sind in Obergurgl mit durchschnittlich 100 Personen/Tag am beliebtesten. In Vent ist die Strecke zu den Rofenhöfen am stärksten begangen (79 Personen/Tag). Beliebt sind in Vent vor allem die Weitwanderwege über das Hochjochhospiz übers Finailjoch zur Similaunhütte und zurück nach Vent über die Martin-Busch-Hütte (bis zu 49 Personen/Tag).

Frequentierung der einzelnen Teilstrecken

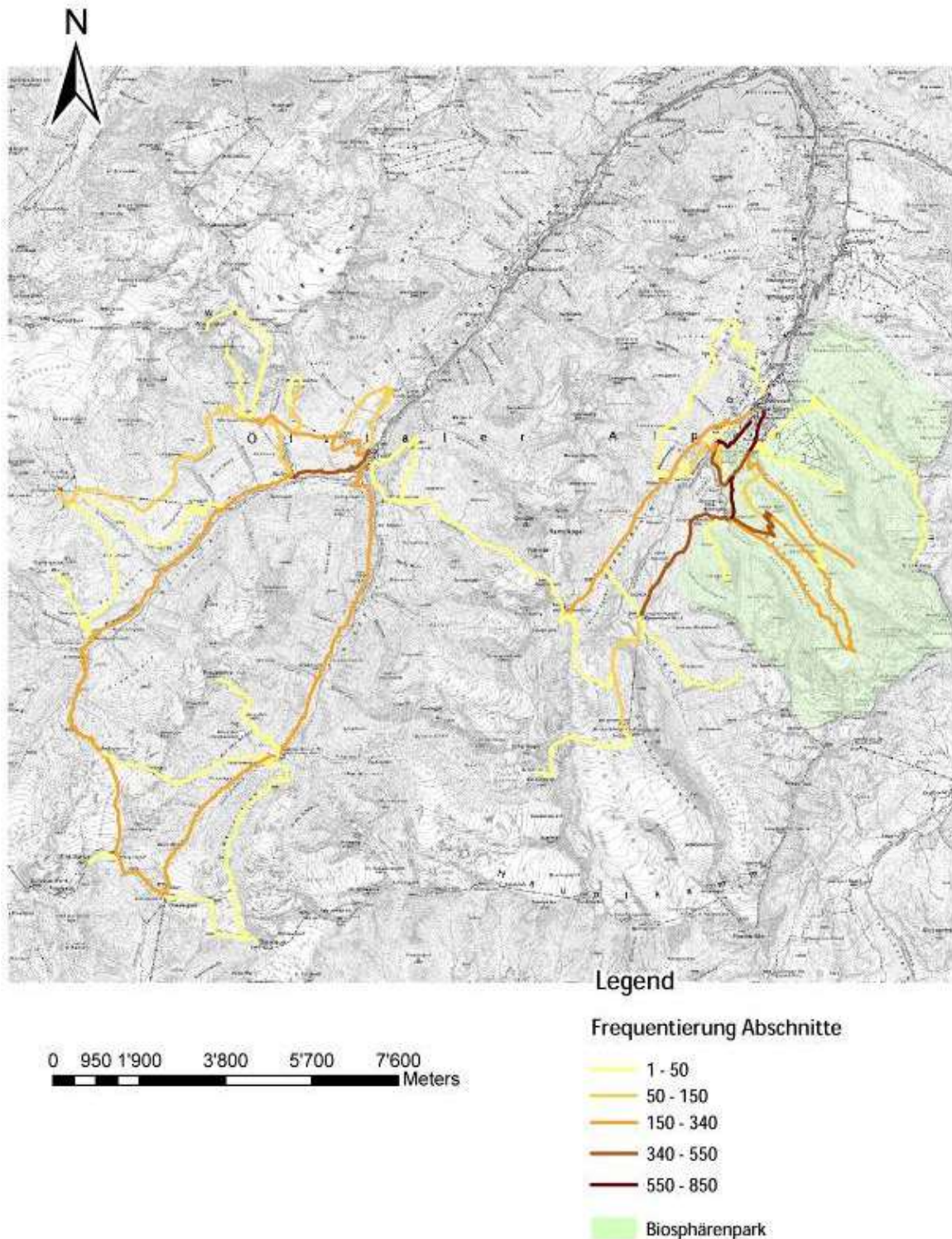


Abb. 2: Frequentierung einzelner Teilstrecken

2.3.3 Art der Aktivität

Wandern ist in Obergurgl mit über 2000 Nennungen und in Vent mit gut 1000 Nennungen weitaus am beliebtesten. In Obergurgl nutzt fast jeder dritte den Lift, in Vent dagegen nur etwa jeder siebte.

Es fällt auf, dass in Vent mit durchschnittlich 78 Personen/Tag im Vergleich zu Obergurgl mit 16 Personen/Tag deutlich weitere und anstrengendere Touren unternommen werden (Weitwandern, Hochtouren, Bergsteigen). Darauf ist wahrscheinlich auch der im Verhältnis zu der gesamten Besucherzahl relativ häufige Hüttenbesuch in Vent zurückzuführen (Vent: 71 Besucher/Tag, Obergurgl: 92 Personen/Tag).

Mit insgesamt 174 Mountainbiker waren in Vent öfter Mountainbiker zu beobachten als in Obergurgl (24 Mountainbiker). Jedoch muss hier gesagt werden, dass dieser Unterschied wahrscheinlich vor allem deshalb entstanden ist, weil an einem der Befragungstage viele Mountainbiker zwecks Vorbereitung für ein Rennen am darauf folgenden Tag unterwegs waren. Bei den übrigen Aktivitäten wie Tier- und Pflanzenbeobachtung und Spazieren verhält es sich in Obergurgl und Vent in etwa gleich.

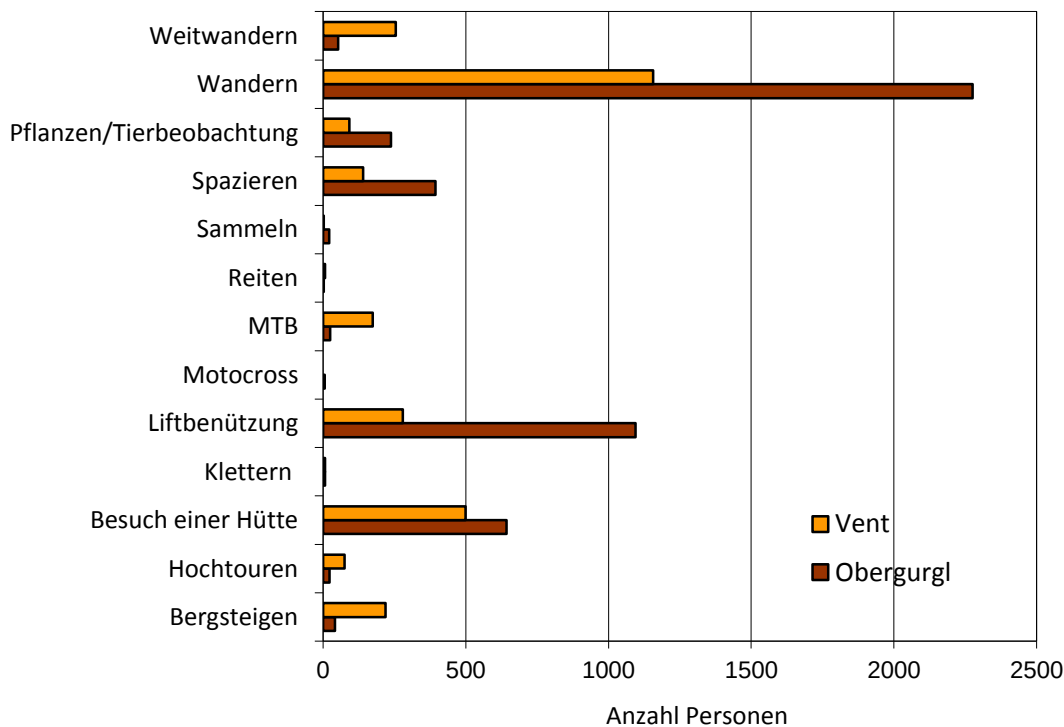


Abb. 3: Häufigkeit der Ausübung von Aktivitäten

2.3.4 Räumliche Verteilung von Aktivitäten

Aktivität Hüttenbesuch

Die Hohe Mut wurde mit 891 Mal am häufigsten frequentiert. Mit bis zu 341 Besuchen waren auch die Schönwieshütte, die Langtalereckhütte, das Ramolhaus, die Martin-Busch-Hütte, die Rofenhöfe und die Breslauerhütte beliebte Ausflugsziele. Das Hochjochhospiz und die Similaunhütte wurden von bis zu 120 Wanderern besucht. Das Hochwildehaus war das Wanderziel von 61 Leuten und die Kuppele Hütte, die Ramolalm und die Vernagthütte wurde von bis zu 25 Wanderern besucht.

Aktivität Weitwandern

In Vent wurde deutlich weiter gewandert als in Obergurgl. Beliebt war dabei die Route über den Hochjochhospiz übers Finailjoch zur Similaunhütte und zurück nach Vent über die Martin-Busch-Hütte (51 Personen). Auch die Route über die Vernagthütte und über den Hochjochhospiz wurde oft von Weitwanderern begangen (33 Personen). Das Wilde Mannle, die Guslarspitze, die Kreuzspitze und Similaun wurden oft als kurzen Abstecher noch bestiegen.

In Obergurgl wurden nur von 7 Leuten mehrere kleinere Routen zu einer grossen Tour zusammengehängt. Die Tour führte dann über das Ramolhaus und das Hochwildehaus zum Schalkkogel und über die Langtalereck- und die Schönwieshütte zurück nach Obergurgl.

Obwohl Weitwandern bei der Befragung als Wandern über mehrere Tage mit Übernachtung in einer der Hütten definiert war, kam es hier mehrfach zu Missinterpretationen. So haben zum Beispiel einige wenige Leute angegeben, dass sie bis zum Ramolhaus oder bis zum Hochwildehaus weitwanderten.

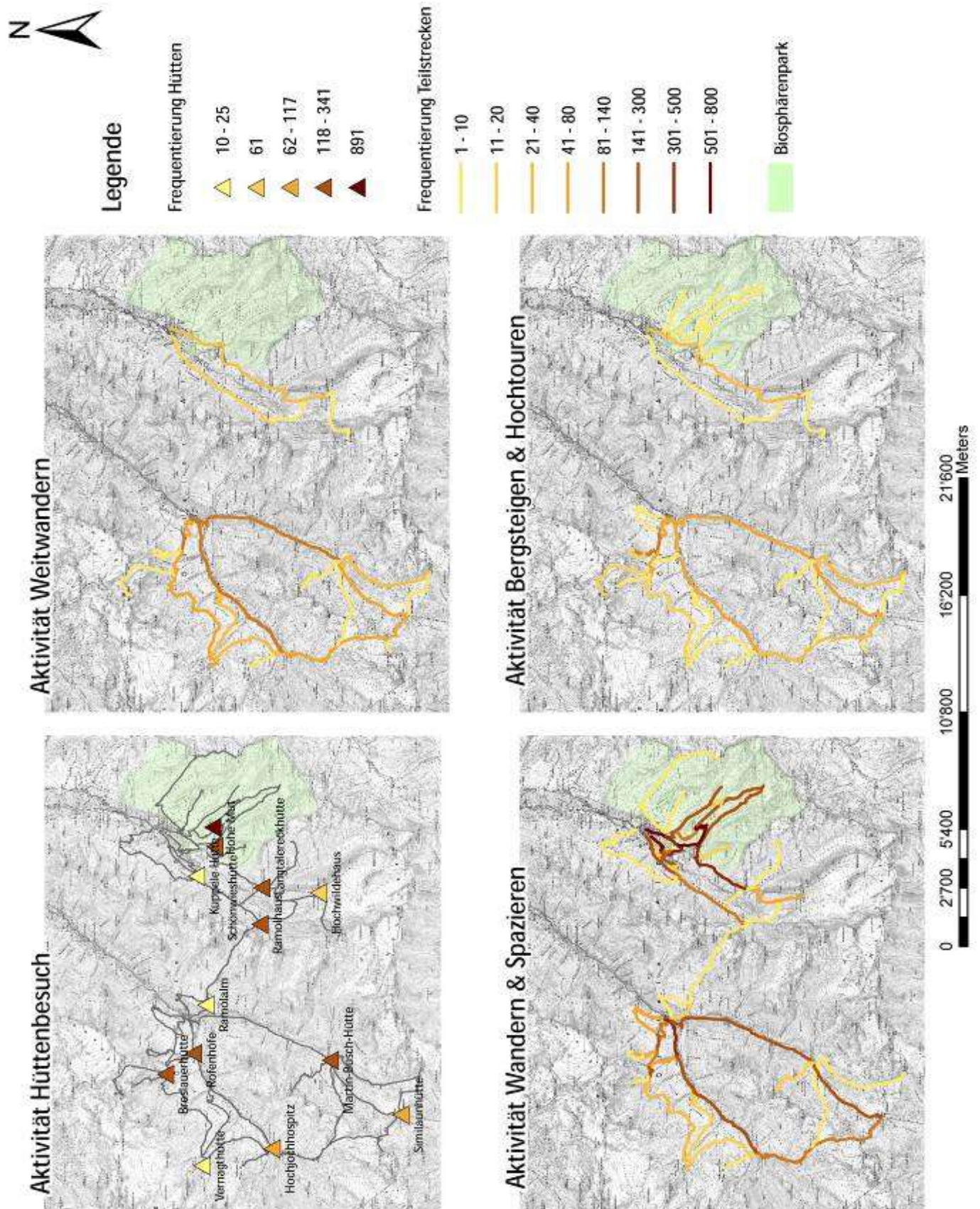
Aktivität Wandern und Spazieren

Hier ergibt sich in etwa dasselbe Bild wie bei der allgemeinen Frequentierung der Routen. Am beliebtesten in Obergurgl mit bis zu 114 Personen/Tag sind der Rundweg im Zirbenwald und die Routen über die Schönwieshütte zur Hohen Mut oder zur Langtalereckhütte. In Vent wird auf der Strecke zu den Rofenhöfen weitaus am meisten gewandert oder spaziert (durchschnittlich 60 Personen/Tag). Auf Teilstrecken der schon unter Weitwandern erwähnten Route wird auch häufig gewandert.

Aktivität Bergsteigen und Hochtouren

Auch hier, wie schon bei der Grafik der Aktivitäten unter 3.3, fällt auf, dass in Vent deutlich häufiger anstrengendere Touren unternommen werden. Beliebt für Hochtouren ist einmal mehr die Route über den Hochjochhospiz übers Finailjoch zur Similaunhütte und zurück nach Vent über die Martinbuschhütte (34 Personen). Ein ebenfalls sehr beliebtes Ziel ist Similaun (25 Personen). Das Wilde Mannle wird am meisten bestiegen (85 Personen). Die Wildspitze, die Urkundkolm, die Guslarspitze, die Finailspitze und die Kreuzspitze wurden alle ungefähr gleich häufig bestiegen (rund 5 Personen). In Obergurgl führen Hochtouren meistens über die Langtalereckhütte und das Hochwildehaus auf den Schalfkogel (10 Personen).

2. Auswertung der Befragung von Wanderern



2. Auswertung der Befragung von Wanderern

Abb. 4: Frequentierung der Hütten und Wege, geordnet nach Aktivitäten

2.3.5 Gründe für den Aufenthalt

Die Beweggründe für die Wahl des Aufenthaltes in Obergurgl oder Vent sind in Abb. 5 dargestellt. Es handelt sich dabei um Oberthemen, welche in Abb. 6 noch detaillierter aufgeführt sind.

Am meisten wird demnach die ansprechende Natur geschätzt (51% der Befragten) und zwar vor allem wegen der schönen Landschaft (38% der Befragten). Intakte Natur und reine Luft waren in Obergurgl (9% bzw. 10% der Befragten) deutlich weniger ein Grund für den Aufenthalt als in Vent (22% bzw. 20 % der Befragten). Ein weiterer entscheidender Punkt für den Besuch von Obergurgl und Vent, war die Möglichkeit, sich sportlich betätigen zu können. Bergsteigen wurde dabei am häufigsten genannt (Obergurgl: 12% der Befragten, Vent: 34% der Befragten). Dass man sich in Obergurgl und Vent gut erholen kann, wurde von etwa einem Viertel der Befragten bestätigt. Die gut ausgebaute Infrastruktur, sei es der teilweise Liftbetrieb, das Hotellerieangebot oder die gastlichen Hütten, wurde von ebenfalls etwa einem Viertel der Besucher als entscheidend für die Wahl des Aufenthaltes in Obergurgl oder Vent angegeben. Der Biosphären- oder der Naturpark wurden nie als ausschlaggebender Grund für den Ausflug ins obere Ötztal genannt.

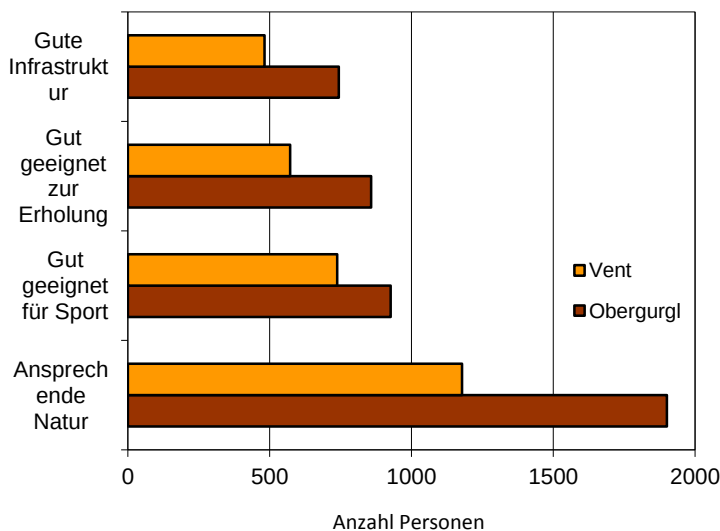


Abb. 5: Beweggründe für die Wahl des Aufenthaltes in Obergurgl oder Vent (allgemein)

2. Auswertung der Befragung von Wanderern

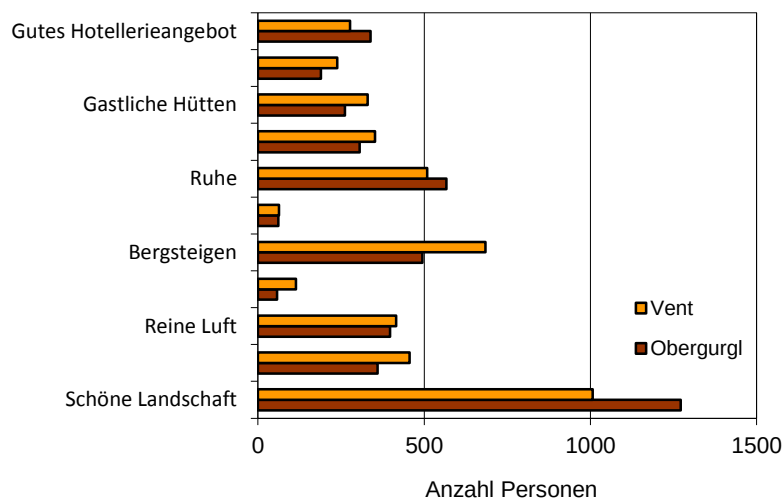


Abb. 6: Beweggründe für die Wahl des Aufenthalts in Obergurgl oder Vent (detailliert)

2.3.6 Bekanntheit des Biosphären- und des Naturparks Ötztal

Der Naturpark Ötztal ist den Besuchern mit 777 Nennungen deutlich besser bekannt als der Biosphärenpark „Gurgler Kamm“ (242 Nennungen). Bei 591 Fragebögen (37%) war zu entnehmen, dass die Besucher keinen der beiden Parks kennen.

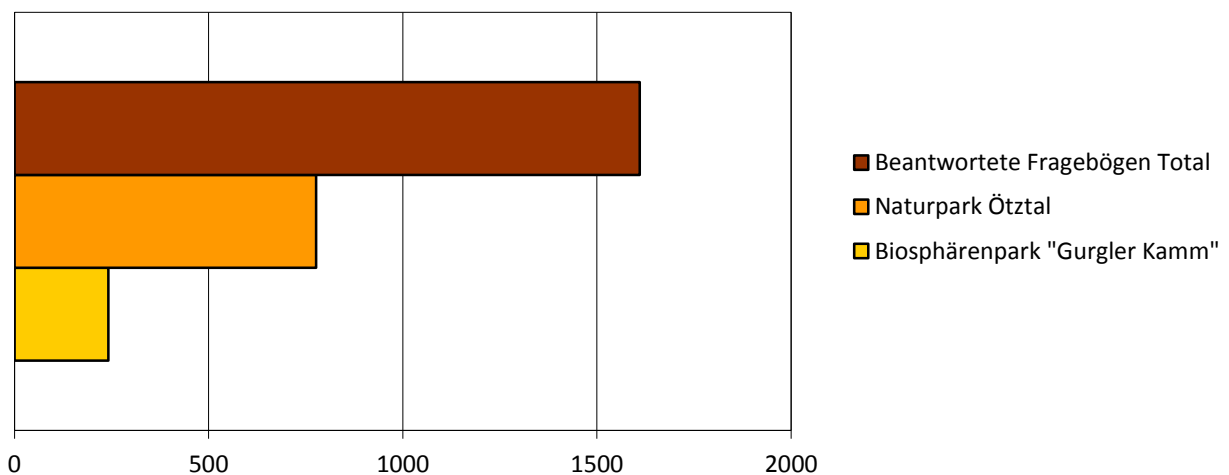


Abb. 7: Anzahl der Nennungen bezüglich Bekanntheit des Biosphären- und des Naturparks

2.3.7 Frequentierung des Biosphärenparks

Der Biosphärenpark ist in Obergurgl situiert. Insgesamt wurden in Obergurgl 4000 Besucher gezählt. Da aber nur von 1706 Besuchern auch die Route eingezeichnet war, wurde die Frequentierung des Biosphärenparks nicht mit der Gesamtzahl verglichen. Von 1706 Besuchern hielten sich demnach ca. 35% (590 Personen) im Biosphärenpark auf.

Im Biosphärenpark wurde hauptsächlich gewandert oder spaziert. Am meisten frequentiert wurden dabei die Wege im Zirbenwald, jene zur Hohen Mut über die Schönwieshütte und zur Langtalereckhütte, sowie die Wege zum Rotmoos- und Gaisbergtal (siehe Abb. 4). Auf den Granatenkogel wanderten zwei, zum Festkogel 8 Personen. Vier Besucher waren zum Hangerer unterwegs. Insgesamt 2 Besucher fuhren mit dem Mountabike zur Schönwieshütte und eine Person ins Rotmoostal. Lediglich zwei Besucher waren durch den Biosphärenpark zum Klettern unterwegs. Ein Reiter besuchte mit seinem Ross die Schönwieshütte.

2.4 Diskussion

2.4.1 Methode

Durchführung

Die meisten Leute nahmen sich Zeit, den Fragebogen zu beantworten. Viele Fragebögen waren aber unvollständig ausgefüllt. Vor allem die Route war nur bei gut der Hälfte der Bögen eingezeichnet. Dies ist einerseits darauf zurückzuführen, dass ortsunkundige Studenten, welche nicht im Projekt involviert sind, die Befragungen durchgeführt haben. Ein weiterer Grund war wahrscheinlich die schlecht lesbare Karte, auf welcher die Routen eingezeichnet werden sollten.

Weil mit 1610 Fragebögen sehr viele ausgefüllt waren und davon bei 910 Fragebögen die Route eingezeichnet war, war es trotzdem möglich Auswertungen anzustellen, welche Antworten auf die gestellten Fragen lieferten.

Auswertung

Das Eingeben der Daten hat sehr viel Zeit gekostet. Für ein anderes Mal wäre vielleicht zu überlegen, ob nicht eine Vorlage in einem Palm vorbereitet werden sollte, in welches man dann die Daten bei der Befragung direkt eingibt. Somit wären die Daten sofort digital verfügbar.

2.4.2 Sommertourismus im Oberen Ötztal

In Obergurgl wurden fast doppelt so viele Besucher wie in Vent gezählt. Angesichts der Bekanntheit Vents als Bergsteigerdorf ist dies im ersten Moment eher überraschend. Doch zeigt sich unter den „Sonstigen Gründen“ für die Wahl des Ausflugsziels, dass gut vermarktete Veranstaltungen auch im Sommer zahlreiche Besucher nach Obergurgl führen. Am fünften Befragungstag gaben z.B. 50 Personen an, dass der Grund für die Entscheidung nach Obergurgl zu kommen allein die Werbung bei ORF und Radio Tirol war. Diese Tatsache veranlasst zur Annahme, dass Obergurgl aufgrund dessen, dass es im Winter eine beliebte Skidestination ist, allgemein einen grösseren Bekanntheitsgrad genießt als Vent, professionell beworben wird und deshalb auch öfter als Ausflugsziel gewählt wird. Der Biosphärenpark in Obergurgl kann als Grund für die Wahl ausgeschlossen werden, da dieser diesbezüglich nie erwähnt wurde und insgesamt nur 15.8 % der Besucher von Obergurgl bekannt war.

Der augenfälligste Unterschied bezüglich Sommertourismus zwischen Obergurgl und Vent ist bei den Aktivitäten zu finden. Vent scheint das beliebtere Ausflugsziel für Weitwanderungen, sowie für Hochtouren und Bergsteigen zu sein. Damit macht es seinem Namen als „Bergsteigerdorf“ noch immer alle Ehre. Obergurgl ist dagegen vor allem wegen des teilweisen Liftbetrieb beliebt. Auch in Vent war ein Lift in Betrieb. Dies veranlasst wiederum zu der Annahme, dass den Besuchern Obergurgl als Skiort bekannt ist und sie daher wissen, dass es da einen Lift gibt, wohingegen wahrscheinlich nur wenigen Leuten bekannt ist, dass auch in Vent jeweils ein Lift läuft.

Bei der Aufenthaltsdauer ist es schwierig eine Aussage zu machen, weil mehr als die Hälfte der Besucher (59%) gar keine Angaben dazu machten, oder aber dieser Punkt von der Zählperson nicht ausgefüllt wurde. Vor allem in Vent (71%) fehlten die Angaben dazu, speziell bei Weitwanderern. Es handelt sich hierbei vermutlich um ein Verständnisproblem, weil im Voraus nicht genau definiert wurde, ob auch Übernachtungen auf Hütten zu Obergurgl/Vent zählen oder nur die Übernachtungen unten im Tal.

Hochrechnung auf die ganze Saison

Im Rahmen dieser Studie wurde an sieben Tagen Zählungen und Befragungen durchgeführt. Entsprechend der regelmässigen Verteilung der sieben Zähltag auf die Wandersaison, ihre einheitliche Verteilung auf Wochentage und die unterschiedlichen Wetterverhältnisse, die bei den verschiedenen Zähltagen herrschten, gehen wir davon aus, dass eine Hochrechnung auf die ganze Wandersaison am besten durch einen einfachen Faktor 11 erfolgt.

Dieses einfache Verfahren zur Hochrechnung auf die ganze Saison empfehlen wir, obwohl die Gesamtzahl an befragten und gezählten Besuchern nur an sechs der Zähltag sind relativ

2. Auswertung der Befragung von Wanderern

homogen (siehe Tabelle 1). Am vierten Zähltag (Dienstag, den 19.08.2008) lag die Anzahl gezählter und befragter Besucher in Obergurgl weit über den anderen Tagen (+138% über dem Mittel der anderen sechs Zähltag). Eine Veranstaltung, die über mehrere Radiosender angekündigt war, hat zu dieser hohen Besucherzahl an diesem Tag geführt. Nach Gesprächen mit Lokalkundigen gehen wir allerdings davon aus, dass derartige Veranstaltungen ebenfalls mehrmals im Jahr durchgeführt und angekündigt werden, und somit dieser „Ausreisser“ für die Region typisch ist.

Frequentierung als Indikator im Biosphärenpark Management

Inwiefern die Frequentierung von Routen als Indikator für die Entwicklung von Biosphärenpark genutzt kann, ist in den folgenden Monaten noch abzuklären. Es werden dabei zwei Aspekte der Sommernutzung zu beachten sein: a) die Beliebtheit des Biosphärenparks zur Freizeitgestaltung und b) die Belastung von Natur und Landschaft durch die Besucher.

Dabei ist die Frequentierung von Strecken allein ein ambivalenter Indikator. Denn während die Nutzung des Biosphärenparks ist durchaus erwünscht ist, sollte die Belastung von Natur und Umwelt minimiert werden. Um die Besucherzählungen als Indikator nutzen zu können, ist aus diesem Grund die Differenzierung der Besucher nach ihren Aktivitäten unbedingt erforderlich. Ein Zusammenhang zwischen der Frequentierung von Strecken und der Belastung von Natur und Landschaft wurde bisher nicht hergestellt. Die Aufnahme der Strecken könnte allerdings erlauben, einen derartigen Zusammenhang durch einen Vergleich der Streckenfrequentierung mit den botanischen Erhebungen durch Prof. Brigitta Erschbamer und der Kartierung der Veränderungen der Landschaftsdiversität durch Dr. Karl Reiter herzustellen.

2.5 Fazit

Mit 78% aller Aktivitäten sind die Sommeraktivitäten im Oberen Ötztal stark durch Fussgänger dominiert, d.h. durch Wandern, Spaziergehen, Bergsteigen und andere Aktivitäten, die zu Fuss unternommen werden. Mountainbiking (3%), Reiten (<0.1%) oder auch Motocrossfahren (<0.1%) spielen im Oberen Ötztal eine untergeordnete Rolle. Damit ist auch nur eine relativ geringe Belastung von Natur und Landschaft zu erwarten.

Nur einzelne, ortsnahe Strecken werden mit über 75 Personen pro Zähltag hoch frequentiert. Entlang dieser Strecken ist eine Belastung durch die Sommergäste nicht auszuschliessen und ein Vergleich mit den botanischen Aufnahmen und der Auswertung der Landschaftsdiversität kann hilfreiche Hinweise geben.

Biosphärenpark und Naturpark spielen bei der Entscheidung für das Obere Ötztal keine Rolle. Sie sind den meisten Besuchern unbekannt.

3. Die Entwicklung des Wintertourismus im Oberen Ötztal

Das Skigebiet Obergurgl-Hochgurgl von 1960 bis 2008

Thomas Neuenschwander und Ariane Walz

3.1. Einleitung

Mit dem Aufkommen des Tourismus in den Alpen im letzten Jahrhundert machten viele bis anhin abgeschiedene Gebirgsregionen eine rasante wirtschaftliche Entwicklung durch. Aus diesem Aufschwung resultierten einerseits bessere Lebensbedingungen für die Bevölkerung, andererseits kam es auch zu Diskussionen und Konflikten bezüglich möglichen negativen Auswirkungen des Tourismus auf die verletzliche Umwelt in den Alpen (Bätzing 2003a).

In diesem Spannungsfeld zwischen Nutzung und Schutz der natürlichen Ressourcen bewegt sich auch das obere Ötztal, ein hochgelegenes Alpental im österreichischen Bundesland Tirol. Nach dem 2. Weltkrieg entwickelte sich das Tal von einer landwirtschaftlich geprägten, marginalen Region zu einer der bedeutendsten Skiregionen in den Alpen. In Obergurgl wurden allein im Jahr 2007 ca. 35 Millionen Euro in die Modernisierung der Infrastruktur investiert (APA-OTS Tourismuspresse 2008).



Abbildung 1: Lage des Untersuchungsgebietes „Oberes Ötztal“

3. Die Entwicklung des Wintertourismus im Oberen Ötztal

In den 1970er Jahren war der Forschungsstandort Obergurgl Gegenstand eines grossen interdisziplinär angelegten Projektes der MAB-Forschung (Man and Biosphere) (Patzelt 1987). In der Folge wurde das UNESCO-Biosphärenreservat „Gurgler Kamm“ auf die Initiative von Prof. Walter Moser, dem damaligen Projektleiter und Verantwortlichen der Alpinen Forschungsstation Obergurgl, etabliert. Das Projekt Footprints nimmt diese Forschung wieder auf und betrachtet die Entwicklungen seit dem Bestehen des Biosphärenreservates im Jahr 1977.

Diese Teilstudie soll die Entwicklung des Skigebietes Obergurgl-Hochgurgl mit Fokus auf die letzten 30 Jahre anhand verschiedener Zeitschnitte dokumentieren. Folgende Punkte werden dabei untersucht:

1. Veränderung der Ausdehnung von Pisten und Bahnen
2. Veränderung und Modernisierung der Infrastruktur (Bahnen, Beschneiungsanlagen usw.)
3. Veränderung der Frequentierung des Skigebietes

Auf Abbildung 1 ist die Lage des oberen Ötztals ersichtlich. Unweit von der italienischen Grenze gelegen, bilden die beiden Skiorte Hochgurgl und Obergurgl auf rund 2000 m ü. M. den Abschluss des bewohnten Tales.

3.2 Daten

Die unterschiedliche Datengrundlage der verschiedenen Zeitschnitte wird in Tabelle 1 zusammengefasst.

Ein digitaler Übersichtsplan des Skigebietes Obergurgl-Hochgurgl wurde uns von Dietmar Holz knecht, Technischer Betriebsleiter Liftgesellschaft Obergurgl-Hochgurgl, zur Verfügung gestellt. Im Auftrag der Liftgesellschaft wurde dieser von der Ingenieurgemeinschaft Vermessung AVT erhoben und zeigt das Skigebiet mit Pisten, Bahnen, Beschneiungsanlagen und Speicherseen als Momentaufnahme im Jahr 2008. Zusätzlich stellte uns Dietmar Holz knecht schriftliche Angaben über Baujahr und Förderkapazität der Bahnen im Jahr 2008 und 2000 zur Verfügung.

Als weitere Datenquelle diente uns die Diplomarbeit von Annemarie Ebus (1986), die die Auswirkungen des Wintersportes auf alpine Hänge im Skigebiet Obergurgl-Hochgurgl untersuchte. Dort ist eine Karte der Lifte mit Name, Typ und Förderkapazität der einzelnen Bahnen im Jahr 1986 zu finden.

Alle weiteren Daten sind mündliche Mitteilungen der folgenden Kontaktpersonen in Obergurgl:

- Dietmar Holz knecht (Betriebsleiter der Liftgesellschaft Obergurgl),

3. Die Entwicklung des Wintertourismus im Oberen Ötztal

- Franz Reich (Skilehrer und Leiter der Skischule Obergurgl),
- Karl Giacomelli (pensionierter Skilehrer), und
- Hubert Koler (Büroleiter Ötztal Tourismus in Obergurgl).

Tabelle 1: Übersicht über die Datengrundlage der verschiedenen Zeitschnitte

	1960	1970	1980	1990	2000	2008
GIS-Daten (Vermessung)						X
Karten/Fotos/ Schrift			(X)	(X)	X	X
mündliche Information	X	X	X	X	X	X

Während der Zustand des Skigebietes um 2008 durch die GIS-Daten (amtliche Vermessung) relativ genau bekannt ist und auch durch gedruckte und mündliche Information bestätigt wird, können die Jahre 1970 und 1960 nur aufgrund von mündlichen Informationen rekonstruiert werden. Die Klammern bei 1990 und 1980 deuten an, dass eine Karte und schriftliche Angaben zwar nur von 1986 verfügbar ist (Ebus 1986), aber trotzdem zu einer verbesserten Rekonstruktion der beiden Jahre beigetragen hat.

Die zeitlich weiter zurückliegenden Daten sind generell unsicherer als die aktuellen Daten. Wir können uns zum Beispiel zur Rekonstruktion des Zustandes des Skigebietes um 1960 nur auf mündliche Berichte stützen und keine Überprüfung mit schriftlichen Quellen machen. Deshalb der damalige Verlauf der „Abfahrtswege“ – präparierte Pisten gab es zu dieser Zeit noch kaum – nicht im Detail rekonstruiert werden. Die Überprüfung der angefertigten Zeitschnitte durch die Kontaktpersonen konnte aber diese Ungenauigkeiten in Grenzen halten.

3.3 Methoden

Ausgehend von der Ausdehnung der Bahnen, Pisten und Beschneiungsanlagen im Jahr 2008 und den Angaben zu den Bahnen im Jahr 1986, haben wir anhand von Gesprächen mit den Kontaktpersonen in Obergurgl, Zeitschnitte im Abstand von jeweils 10 Jahren zwischen 1960 und 2008 rekonstruiert.

In Gesprächen mit Franz Reich und Karl Giacomelli erhielten wir Informationen über das Baujahr und die Zeitpunkte für Umbauten der einzelnen Bahnen. Sie konnten uns auch wertvolle Hinweise zur Inbetriebnahme von Beschneiungsanlagen oder zu Veränderungen der Pisten geben. Dietmar Holz knecht lieferte uns die genauen Angaben zur Beschneigung und zu

3. Die Entwicklung des Wintertourismus im Oberen Ötztal

den Förderkapazitäten der Bahnen. Von Tourismusdirektor Hubert Koler schliesslich, erhielten wir Angaben zu den Übernachtungszahlen.

In ArcMap wurden die Informationen weiter verarbeitet und grafisch dargestellt. Kennzahlen wie die Pistenfläche, beschneite Pistenfläche und Bahnkilometer konnten auf dieser digitalen Grundlage dann berechnet werden.

Die Frequentierung des Skigebietes wurde anhand der Übernachtungszahlen abgeschätzt. Entsprechend den Einschätzungen von Dietmar Holzkecht und Franz Reich gingen wir von der Annahme aus, dass 95% der Übernachtungsgäste im Winter Ski fahren gehen, und der Tagestourismus eine unbedeutende Rolle spielt.

3.4 Resultate

Die Entwicklung des Skigebietes Obergurgl-Hochgurgl sollte aus unterschiedlichen Blickwinkeln beurteilt werden. Die Resultate sind deshalb in drei Teile getrennt, die sich jedoch teilweise überschneiden. In einem ersten Schritt werden die augenfälligsten Veränderungen präsentiert, nämlich das Wachstum der Bahnen und Pisten in der Fläche. Daneben ist auch die Modernisierung der vorhandenen Infrastruktur (Bsp. Erhöhung der Förderkapazität) und die Einführung neuer Technologien (Bsp. Beschneigung) von Bedeutung. Und schliesslich wird die Entwicklung der Besucherzahlen des Skigebietes dokumentiert.

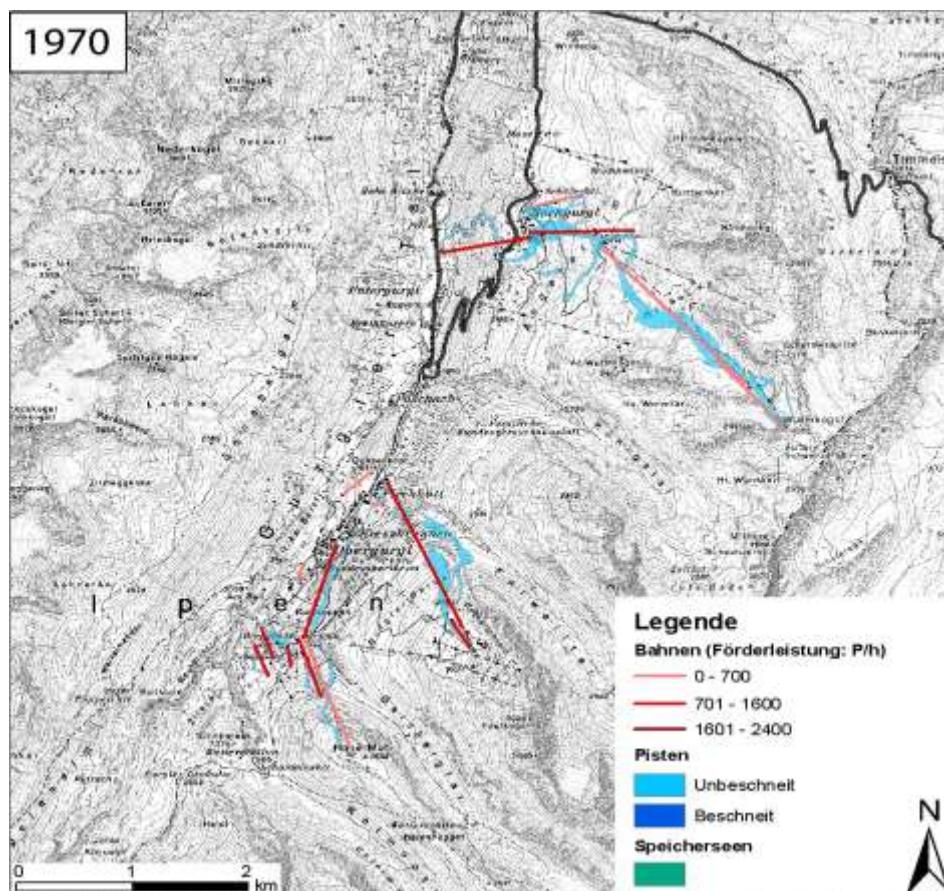
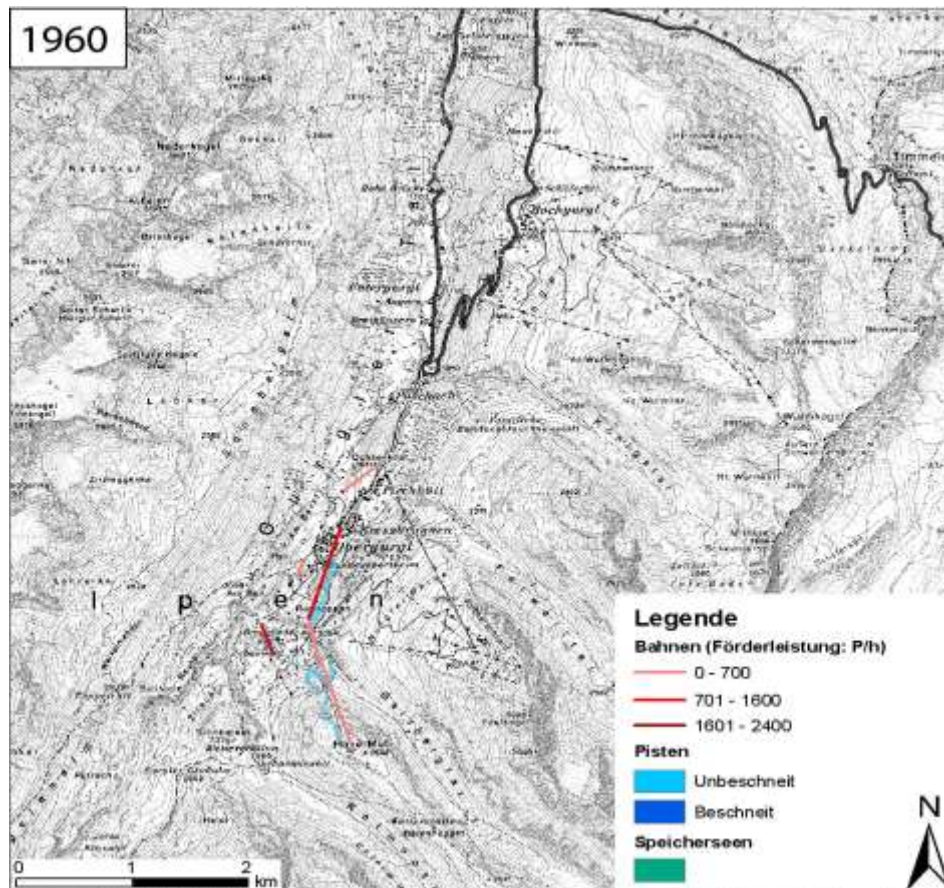
3.4.1. Räumliche Ausdehnung des Skigebietes

Die nachfolgenden Karten (Abbildungen 2A-F) zeigen die räumliche Expansion von Bahnen und Pisten und die Entwicklung der technischen Beschneigung seit 1960.

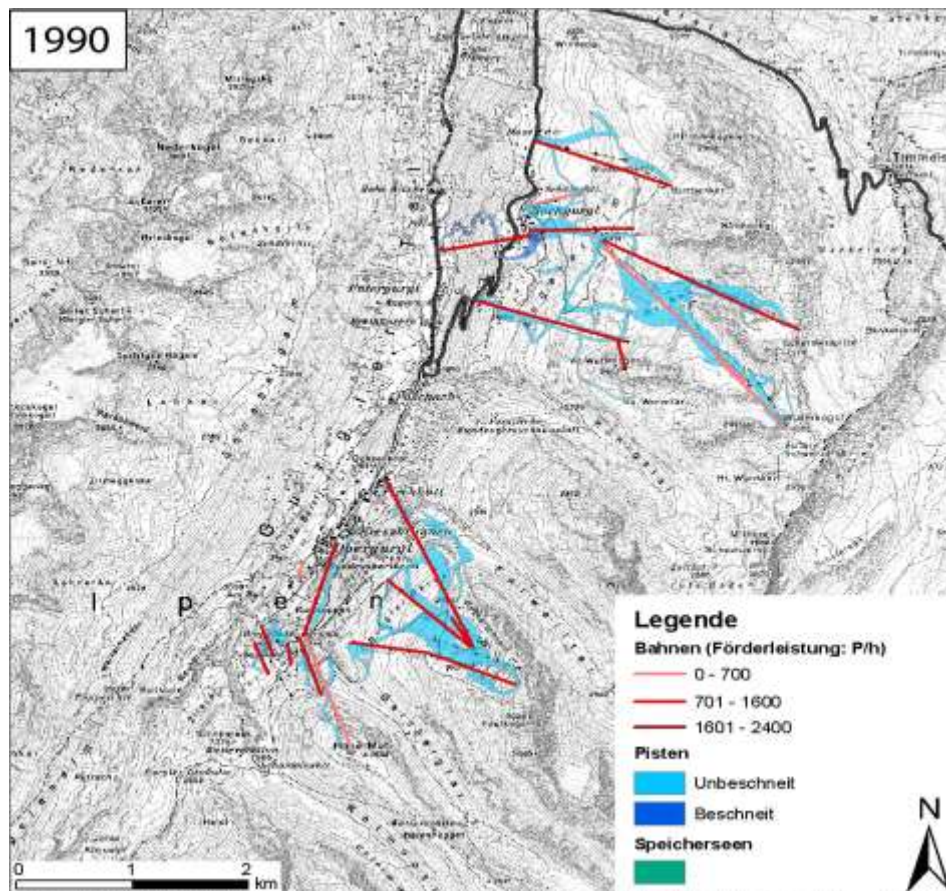
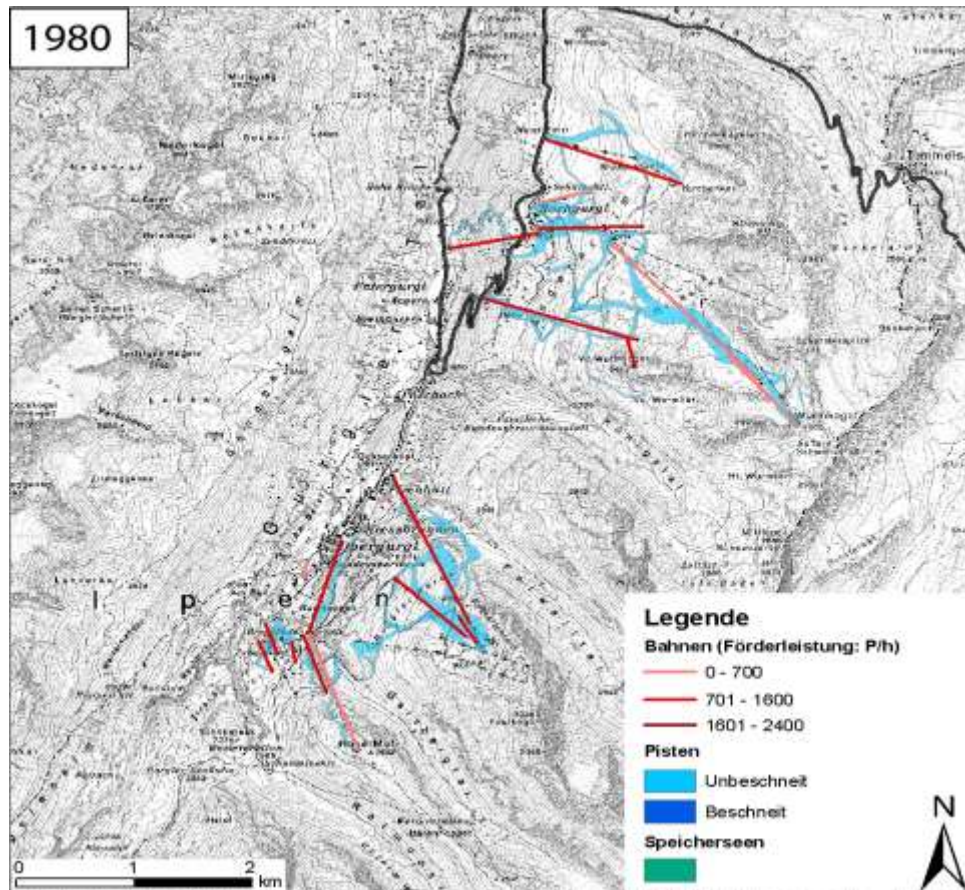
Wie in Abbildung 2A ersichtlich ist, war die Anzahl und Ausdehnung der Bahnen um 1960 sehr klein. Das Skigebiet bestand nur aus der Region der Hohen Mut, die von Obergurgl aus erschlossen wurde.

Bis zum Jahr 1970 (Abbildung 2B) wurden zahlreiche neue Aufstiegshilfen gebaut. Die bedeutendste Neuerung ist der Bau von Anlagen in der Region um Hochgurgl, wo mit dem Wurmkogellift eine Höhe von fast 3000 m ü.M. erreicht wird.

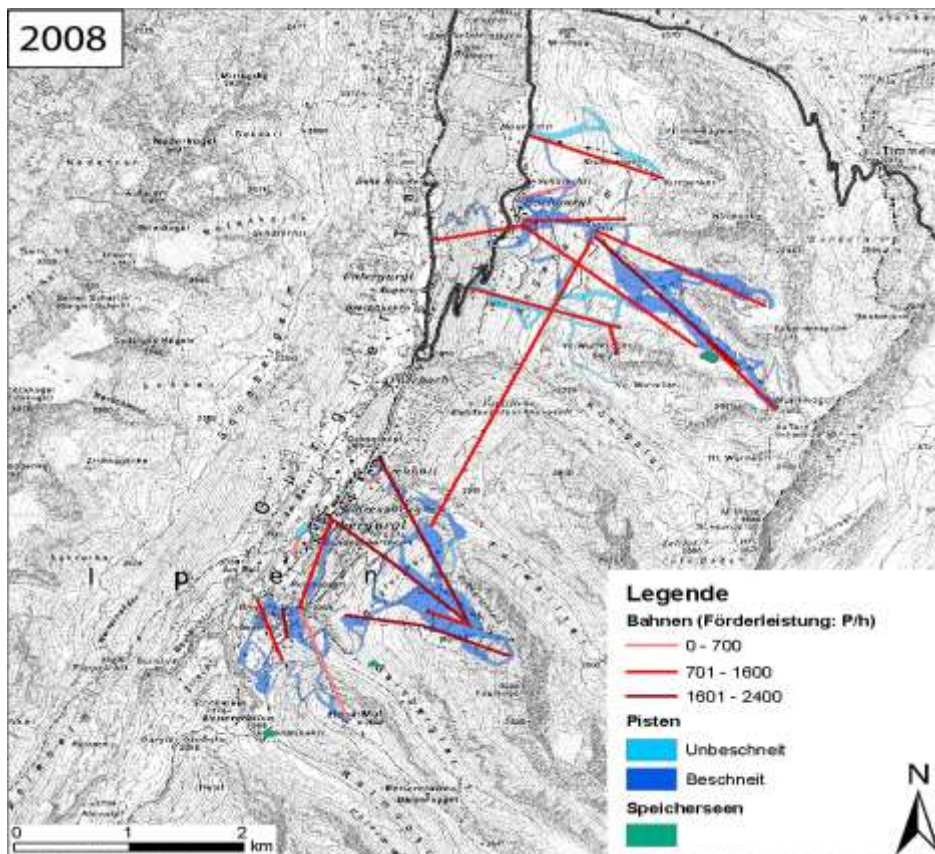
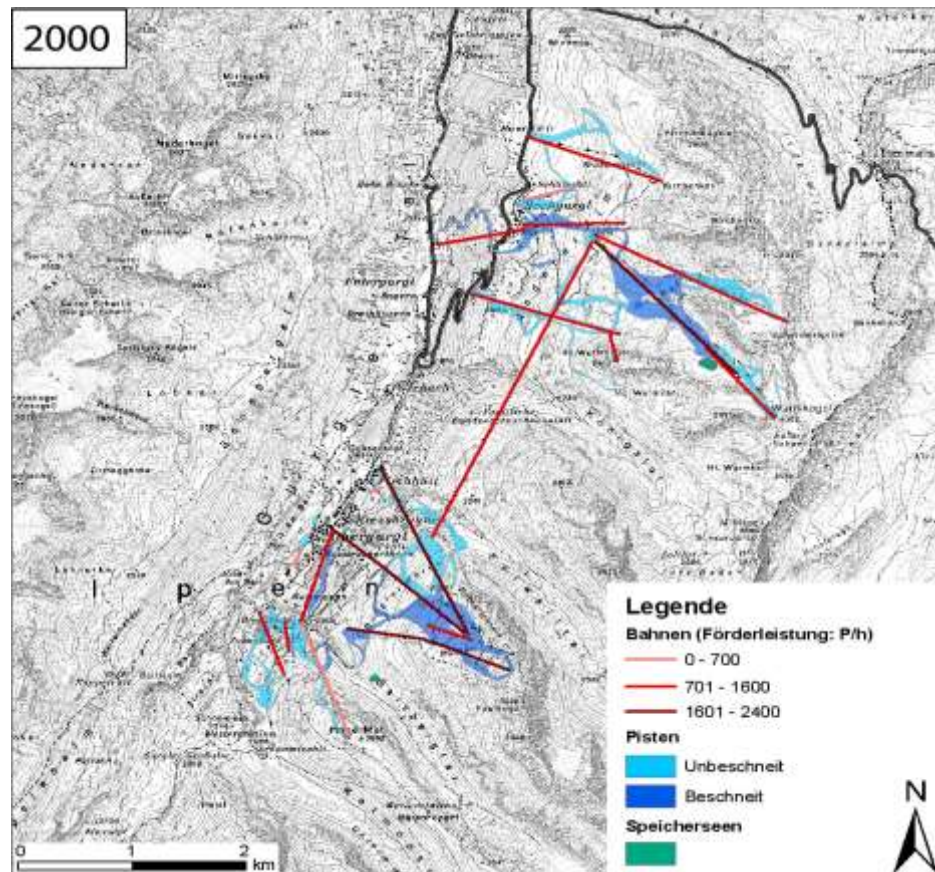
3. Die Entwicklung des Wintertourismus im Oberen Ötztal



3. Die Entwicklung des Wintertourismus im Oberen Ötztal



3. Die Entwicklung des Wintertourismus im Oberen Ötztal



3. Die Entwicklung des Wintertourismus im Oberen Ötztal

Bis 1980 werden weitere vier Lifte im Vergleich zu 1970 erstellt, drei davon tragen jedoch zu einer beträchtlichen Erweiterung des Pistennetzes bei, besonders in Hochgurgl (Abbildung 2B/C).

1987 wird der Schermerlift gebaut, der im Gebiet von Hochgurgl bis auf den ca. 300 m hohen Schermergrat führt (Abbildung 2D, rechts oben). Zudem werden im gleichen Jahr die ersten Beschneiungsanlagen entlang der Talabfahrt Hochgurgl eingeführt.

Der Bau des Top-Express, der Verbindungsbahn zwischen den Skigebieten Obergurgl und Hochgurgl, im Jahr 1996 stellt eine grosse Aufwertung der beiden Skigebiete dar (Abbildung 2E). Im Laufe der 90er Jahre wird ausserdem die Beschneigung stark ausgebaut, und im Jahr 1995 wird der Speicherteich im Gaissbergtal angelegt. Dieser Ausbau erlaubt um die Jahrtausendwende schon die Beschneigung einer Pistenfläche von 138 Hektaren (Abbildung 2E, Tabelle 2).

Nach 2000 werden praktisch keine neuen Bahnen mehr gebaut. Allerdings werden weitere Modernisierungen von Bahnen vorgenommen, wie zum Beispiel die Hohe Mut im Sommer 2007. Ausserdem wird die Beschneigung grossflächig ausgebaut. Mithilfe von drei Speicherteichen werden im Jahr 2008 rund 81% der gesamten Pistenfläche beschneit.

Vergleicht man die beiden Zeitschnitte 1980 und 2008, so wird die Erschliessung zusätzlicher Regionen durch den Bau neuer Bahnen (Bsp. Schermerbahn, Plattachbahn) sowohl in Hochgurgl als auch in Obergurgl deutlich. Aus zwei isolierten Skigebieten entsteht durch den Bau der Verbindungsbahn 1996 eine einzige grosse Skiregion.

3.4.2. Ausbau und Modernisierung der Bahnen

Wie Abbildung 3 zeigt, hat die totale Förderkapazität der Bahnen zwischen 1960 und 1980 zeitgleich mit den Bahn-Kilometern stark zugenommen. Zwischen 1980 und 2008 nahm die Förderkapazität um 129% zu, während die Bahn-Kilometer nur um rund 61% anstiegen. Die Anzahl Bahnen dagegen verdreifachte sich zwischen 1960 und 1980 und nahm dann in den Folgejahren bis 2008 nur noch um drei Bahnen zu (Tabelle 2). Verantwortlich für diese „Stagnation“ ist erstens der Abbau einiger kleine unrentabler Lifte, zudem kamen auch nur einzelne grossen Neubauten wie der Top Express und die zweite Sektion der Hochgurglbahn dazu.

Betrachtet man die durchschnittliche Förderkapazität pro Bahn, fällt auf, dass sie zwischen 1980 und 2008 um 64 % von 793 Pers/h auf 1308 Pers/h zugenommen hat, also viel weniger stark als die totale Förderkapazität. So hat zum Beispiel der Kirchenkarlift (Schlepplift) seit seinem Bau 1978 unverändert eine Förderkapazität von 1213 Personen pro Stunde, während die topmoderne Verbindungsbahn auch nicht mehr als 1200 Personen pro Stunde befördern kann.

3. Die Entwicklung des Wintertourismus im Oberen Ötztal

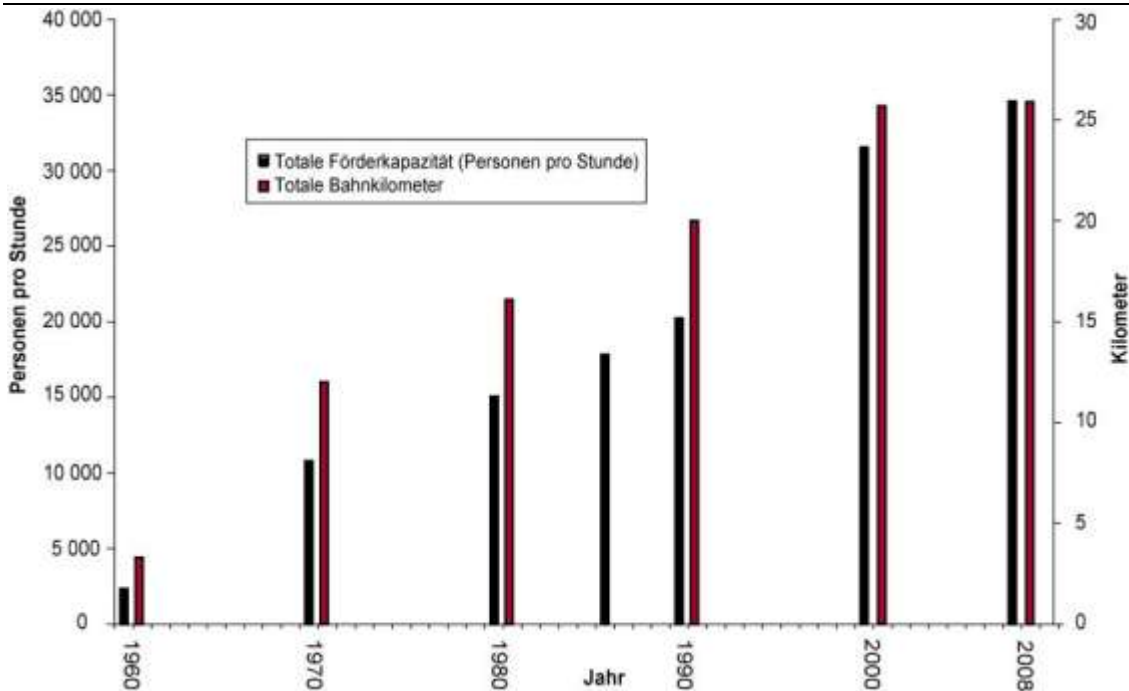


Abbildung 3: Entwicklung der totalen Förderkapazität und der Anzahl Bahnen seit 1960

3.4.3. Ausbau der technischen Beschneigung

Das Skigebiet Obergurgl-Hochgurgl kann heute nahezu vollständig technisch beschneit werden. Die ersten Beschneiungsanlagen wurden 1987 für die Talabfahrt von Hochgurgl im Jahr 1987 eingerichtet. Damit wurde im Jahr 1990 nur gerade 3% der totalen Pistenfläche beschneit. Ab 1995 erfolgte die Konstruktion einer Reihe von permanenten Beschneiungsanlagen und insgesamt drei Speicherseen (1995: Gaissbergtal, 1999: Wurmkogel 2, 2007: Schönwies), und die beschneite Pistenfläche stieg bis ins Jahr 2000 auf 57% an. In der Wintersaison 2008/2009 konnten bereits ca. 81% der Pistenfläche technisch beschneit werden.

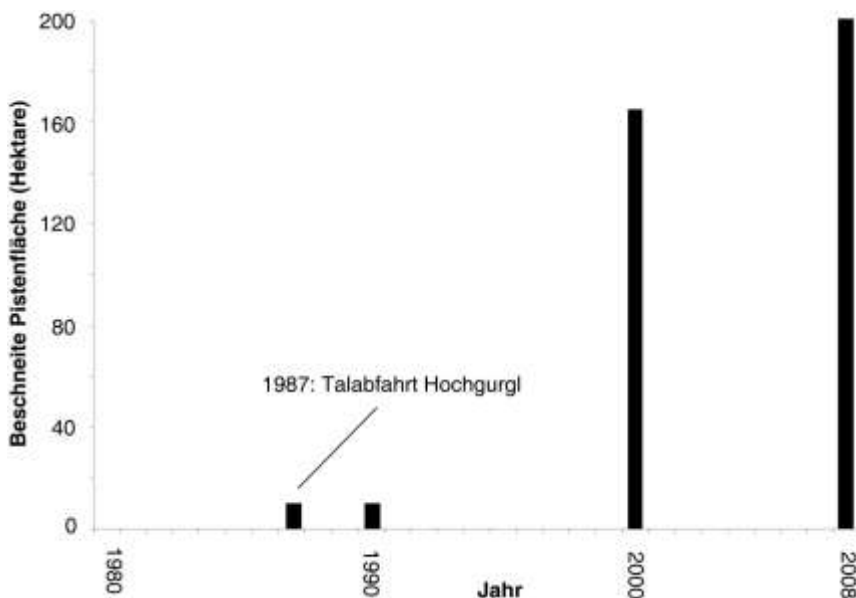


Abbildung 4: Entwicklung der beschneiten Pistenfläche seit 1980

3.4.4. Frequentierung des Skigebietes

Zwischen 1980 und 2008 ist die Frequentierung des Skigebiets von rund 301'000 Skifahrertagen pro Saison auf rund 492'000 gestiegen, was einer Zunahme von ca. 63% entspricht (Abbildung 5). Leichtere Einbrüche in den 80er und 90er Jahren wurden jeweils in den Folgejahren wieder kompensiert. Insgesamt fand seit 1960 eine Zunahme der Skifahrertage um einen Faktor 5 bzw. rund 400'000 Skifahrertage statt.

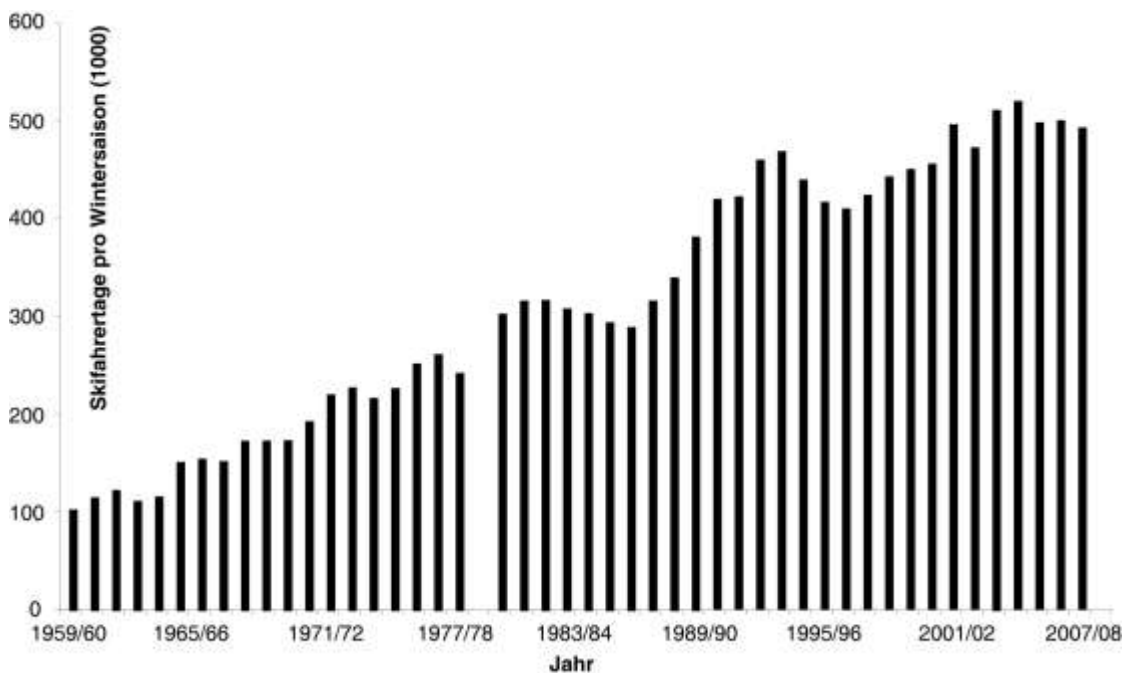


Abbildung 5: Frequentierung des Skigebiets seit 1960

Wenn man die Auslastung der bedeutendsten Bahnen im Gebiet anschaut (Abbildung 6), erkennt man die Attraktivität der Verbindungsbahn Obergurgl-Hochgurgl (Top-Express). Viele Besucher nutzen also die Möglichkeit, um schnell von einem zum anderen Skigebiet gelangen zu können, was vor 1997 nur über einen Bus möglich war. Beliebt sind auch Top Wurmkogel 1 und 2, mit denen man von Hochgurgl aus den über 3000 m hohen Wurmkogel erreichen kann.

3. Die Entwicklung des Wintertourismus im Oberen Ötztal

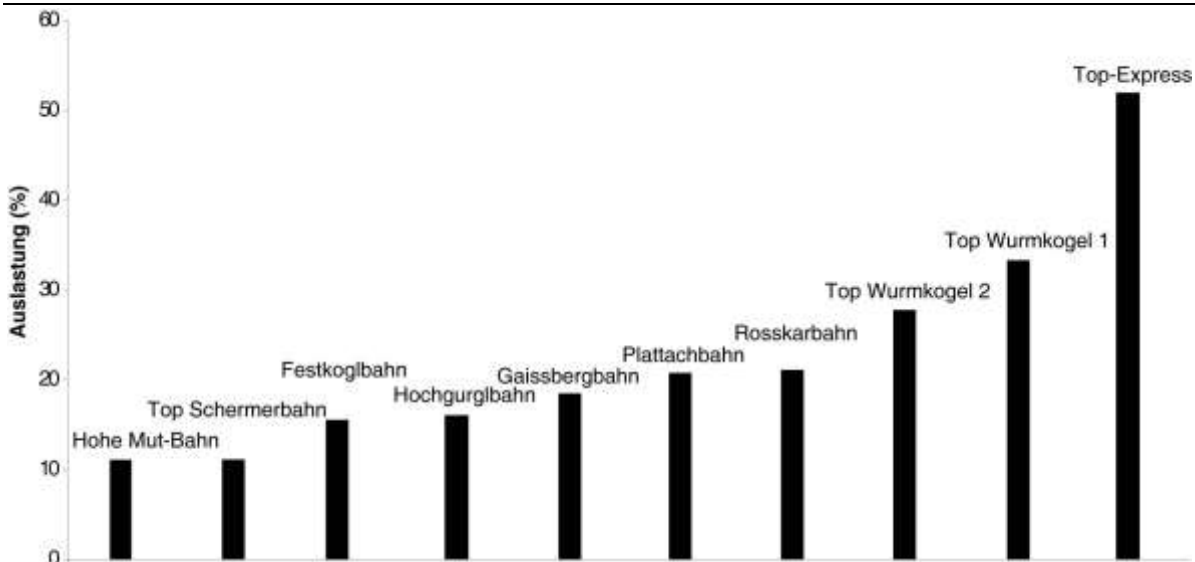


Abbildung 6: Auslastung ausgewählter Bahnen

3.4.5. Zusammenfassung und Entwicklungskennzahlen

Seit dem ersten MAB-Projekt erfolgten eine Modernisierung und ein weiterer Ausbau des Skigebietes. Bahnkilometer, Förderkapazität und Frequentierung haben zwischen 1980 und 2008 stark zugenommen. Seit 2000 hat sich der Trend dabei etwas verlangsamt (Tabelle 2). Auch wenn man bei der Ausdehnung der Pisten von grösseren Unsicherheiten ausgehen muss, hat die Pistenfläche nicht im selben Ausmass zugenommen.

Die technische Beschneidung wurde 1987 an einer ersten Piste eingeführt und ist im Jahr 2008 fast flächendeckend. Die grosse Bedeutung der Verbindungsbahn Top-Express (Bau 1997) für die beiden ehemals getrennten Skigebiete Obergurgl und Hochgurgl wird durch die starke Frequentierung unterstrichen.

Vergleicht man die Entwicklung seit 1980 mit der zwischen 1950 und 1980, zeigt sich, dass die grössten Veränderungen in den ersten Jahren der Skigebiete stattgefunden haben. Zwischen 1960 und 1970 nahm die Ausdehnung der Pisten um einen Faktor 7 zu und gesamthaft 9 neue Bahnen wurden gebaut.

In Tabelle 2 wird die Entwicklung des Skigebietes Obergurgl-Hochgurgl anhand von Kennzahlen zusammengefasst.

3. Die Entwicklung des Wintertourismus im Oberen Ötztal

Tabelle 2: Kennzahlen zur Entwicklung des Skigebietes 1960

	1960	1970	1980	1990	2000	2008	Veränderung 1980-2008 (%)
Piste in ha	14.9	104	176.9	229.1	242.3	245.3	+38
Beschneigung in ha	-	-	-	6.7	138.1	197.5	-
Frequentierung in 1000 Pers/Saison	101	172	301	419	454	492	+63
Förderkapazität in Pers/h	2'332	10'796	15'069	20'227	31'531	34'577	+129
Bergbahnen in km	3.3	12.0	16.1	20.0	25.7	25.9	+61
Anzahl Bahnen	6	16	19	22	21	22	16

3.5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Entwicklung Skigebiet: Vergangenheit und Zukunft

Die Anfänge der beiden Skigebiete Obergurgl und Hochgurgl reichen in die späten 1950er Jahre zurück. In den darauffolgenden zwei Jahrzehnten wurde der Bau neuer Bahnen und Anlagen stark vorangetrieben.

Seit 1980 haben die Förderkapazitäten um weitere 129% (+19'508 Pers/h) und die Skifahrertage um 63% (+191'000 Pers/Saison) zugenommen. Demgegenüber wurde die Pistenfläche um nur 38% (+69 ha) vergrößert. Neben der Modernisierung bestehender Förderanlagen war in dieser Periode vor allem die Inbetriebnahme des „Top Express“, der die beiden Skigebiete seit 1997 verbindet, eine wichtige Neuerung. In diesen Zeitraum 1980-2008 fällt ausserdem der Aufbau einer nahezu flächendeckenden technischen Beschneigung. Mit der Beschneigung der Talabfahrt in Hochgurgl wurde bereits 1987 der Anfang gemacht. Ein weiterer Ausbau fand dann erst ab 1995 statt. Heute sind mehr als 80% der Pistenfläche beschneit.

Die Liftgesellschaft tätigte im Jahr 2007 Investitionen von rund 35 Mio. Euro. Diese flossen überwiegend in den Bau von Hotelanlagen, daneben wurden aber mit der Modernisierung von drei Förderanlagen (Kabinenbahnen), der Neuanlage einer Piste sowie dem Ausbau der technischen Beschneigung auch Investitionen in das Skigebiet vorgenommen. Allerdings ist in den nächsten Jahren nicht mehr mit solchen Investitionssummen zu rechnen. Nur vereinzelt werden wahrscheinlich Liftanlagen wie der Kirchenkar- und der Krumpwasserlift durch neue Bahnen ersetzt. Nach Angaben des Tourismusverbandes und der Liftgesellschaft sind damit die Ausbaupotenziale im Moment ausgeschöpft. Hubert Koler (Büroleiter von Tourismus Ötztal in Obergurgl) geht davon

3. Die Entwicklung des Wintertourismus im Oberen Ötztal

aus, dass statt eines weiteren technischen Ausbaus eher qualitative Neuerungen und innovative Ideen für die Zukunft der Tourismusdestination Obergurgl wichtig sein werden. Damit weist er unter anderem auf die Aktivitäten des Naturparks Ötztal hin, der beispielsweise Exkursionen, Lehrpfade und Abendveranstaltungen anbietet.

Die Zukunft des Skigebiets Obergurgl/Hochgurgl wird aufgrund der technischen Standards (Beschneigungsanlagen, moderne Bahnen) und seiner Höhenlage zwischen knapp 2000 und 3400 m ü.M. als relativ sicher eingeschätzt. Der Tourismusverband sowie die Liftgesellschaft gehen davon, dass Obergurgl/Hochgurgl im internationalen Vergleich gut abschneidet und in den nächsten Jahrzehnten durch Wettbewerbsvorteile gegenüber tiefergelegenen Skigebieten sogar vom Klimawandel profitieren kann. Zu diesen Vorteilen gehört auch die grossflächige technische Beschneigung, die besonders in niederschlagsarmen Frühwintern wichtig ist.

Spannungsfeld Skigebiet – Biosphärenpark

Der Ausbau des Skigebiets und besonders die technisch immer anspruchvollere Pistenpräparation stellen deutliche Eingriffe in den Ressourcenhaushalt der Region dar. Teich et al. (2007) zeigen, dass der Wasserverbrauch zur Schneeproduktion in manchen Regionen mit bis zu 35% zum gesamten regionalen Wasserverbrauchs beiträgt und der Energieverbrauch von Skigebieten für Förderanlagen, Beschneigung, Pistenpräparation und Heizung der Gebäude ebenfalls einen beträchtlichen Teil des totalen Energieverbrauchs ausmacht.

Grossflächige Bodenbewegungen, wie sie zur Verlegung von Wasserleitungen für die Beschneigung, für Zufahrtsstrassen zu Baustellen und zum Pistenbau in den letzten Jahren erfolgten, führen ausserdem zu langfristigen Schäden der empfindlichen alpinen Boden- und Vegetationdecke. Dies hat nicht nur negative Auswirkungen auf die natürliche Biodiversität (Teich et al., 2007), sondern trotz Neuansaat auch auf die Bodenstabilität (Pohl et al. 2009).

Im Sinne der Biosphärenpark-Idee, nach der UNESCO-Biosphärenreservate Modellregionen der nachhaltigen Entwicklung darstellen sollen, in denen die Ansprüche von Mensch und Natur gleichermassen berücksichtigt werden (UNESCO 2009a), ist die Entwicklung in Obergurgl als problematisch anzusehen. Seit der Einrichtung des Biosphärenparks „Gurgler Kamm“ fand in Obergurgl/Hochgurgl weiterhin ein starker Ausbau von touristischen Anlagen statt. Besonders mit der Anlage neuer Pisten und der flächendeckenden Beschneigung wurden gravierende Eingriffe in die Landschaft vorgenommen. Bei einer Neukonzeption des Biosphärenparks „Gurgler Kamm“ nach der Sevilla-Strategie (1995) wären derartige Eingriffe allerdings in der Entwicklungszone durchaus legitim (UNESCO 2009b).

Momentan werden Vorschläge zu einer Neuausrichtung und möglichen Erweiterung des Biosphärenparks diskutiert (Lange, 2009), unter anderem um die Region international zu vernetzen (Bspw. Partner-Biosphärenparks im Ausland, oder Parkerweiterung nach Italien). Daneben sollen

3. Die Entwicklung des Wintertourismus im Oberen Ötztal

auch die fehlende Vermarktung und die geringe Bekanntheit des Biosphärenparks in der Region verbessert werden. Im Zuge einer solchen Neuausrichtung könnten auch Massnahmen zur Verminderung der negativen Auswirkungen des Wintersportbetriebes ergriffen werden, wie zum Beispiel Energieeinsparungen und eine ökologische Baubegleitung beim Bau neuer Pisten und Beschneiungsanlagen. Solche Massnahmen müssten kommuniziert werden, so dass eventuell ein neuer Markt von umweltbewussten Kunden erschlossen werden könnte (Lange 2009).

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal – Raum Obergurgl, Vent/Rofental

4.1 Einleitung

Die wissenschaftliche Erforschung des hinteren Ötztals weist eine lange Tradition auf (Erschbamer 2000) und begann bereits mit den Exkursionen von Kerner (1863). Die Forschungsarbeiten im 20. Jahrhundert zeigen ein sehr großes Spektrum und umfassen unter Anderem die höchst steigenden Pflanzenarten in über 3000 m NN (Pitschmann & Reisigl 1955, 1958; Gams 1970; Pitschmann et al. 1980), die Vegetationsgeschichte des inneren Ötztals (Bortenschlager 1984) und die Kryptogamenforschung (Arnold 1869–1897). Die vegetationskundlichen Arbeiten betrafen die alpinen Rasen, die subalpin-alpinen Moore und die Gletschervorfelder.

Die Vegetation der Hohen Mut, so vor allem die Krummseggenrasen, wurden im Rahmen des MaB-Projektes (Patzelt 1987) in den 70er- und 80er-Jahren sehr intensiv untersucht. Im oberen Gurgltal wurden von Rybníček & Ryníckova (1977) verschiedene Moore, darunter auch das Rotmoos-Moor, erforscht. Gletschervorfeld-Studien begannen in den Jahren 1956–1962 mit Jochimsen (1963, 1970), welche die Sukzession der Gletschervorfelder des Rotmoos- und Gaisbergferners untersuchte und Vegetationskarten beider Gebiete erstellte. Diese Vegetationskartierungen wurden von Wiedemann (1991) im Gaißbergtal und Rudolph (1991) im Rotmoostal wiederholt. Seit 1995 läuft ein umfangreiches Projekt im Gletschervorfeld des Rotmoosferners (Erschbamer 2000). Im botanischen Teil des Projektes wurden die Besiedlungsprozesse der unterschiedlichen Moränenstadien erforscht und das Wachstum der Pionier- und Folgearten unter aktuellen und veränderten Klimabedingungen beobachtet (Erschbamer 2000). Veröffentlichungen dazu stammen von Erschbamer (1997), Erschbamer et al. (1998), Kneringer (1998), Raffl (1999), Erschbamer et al. (1999), Niederfriniger Schlag & Erschbamer (2000), Erschbamer et al. (2001), Kuen (2001), Kuen & Erschbamer (2001), Mallaun (2001), Niederfriniger Schlag (2001), Schwienbacher & Erschbamer (2002), Schwienbacher (2003, 2004), Raffl & Erschbamer (2004), Raffl et al. (2006), Raffl-Wallinger (2006), Raffl et al. (2007), Finch (2008), Marcante (2008) und Raffl et al. (2008).

Von 2000 bis 2004 fand im Raum Obergurgl das Projekt „Langzeit-Ökosystem Monitoring im Alpenen Raum“ statt (Kaufmann 2005) für welches zahlreiche Dauerflächen in der Größe von 1 m² eingerichtet wurden. Im Rahmen dieses Projektes erfolgten auch phänologische Untersuchungen in Weideausschluss-Flächen (Moser 2005). Um die Auswirkungen des Beweidungsausschlusses zu untersuchen, wurde im Jahr 2000 ein Langzeit-Experiment begonnen (Mayer et al. 2008) für welches jährlich Frequenzaufnahmen entlang eines Höhengradienten von der subalpinen bis in die obere alpine Stufe in Dauerflächen erfolgten. Dieses Experiment wurde im Jahr 2005 erweitert und im

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Rotmoos-Moor neue Dauerflächen eingerichtet. Die meisten der Aufnahmeflächen befinden sich innerhalb des UNESCO Biosphärenparks Gurgler Kamm, welcher 1977 eingerichtet wurde (<http://www.biosphaerenparks.at/biosphaerenparks/>).

Im Raum Obergurgl, auf der linken Talseite sind verschiedene Wiesentypen von Nagl (2007–2008) bearbeitet worden. Im Raum Venter Tal/Rofental führte Unterluggauer (2003) umfangreiche vegetationskundliche Studien durch.

Die meisten der zahlreichen oben erwähnten Studien, welche in den letzten Jahrzehnten im Raum Obergurgl und Venter Tal/Rofental durchgeführt wurden, beinhalten jedoch fachspezifische Themen, welche, wenn überhaupt, nur am Rand Diversitätsfragen im engeren Sinn berühren. Die Literaturdokumentation im Rahmen des Projektes Footprints (Schwienbacher & Glaser 2006) hat gezeigt, dass weniger als 10 % der Arbeiten für eine Regional- und Szenarienentwicklung im Raum Obergurgl und im Raum Venter Tal/Rofental verwendbar sind. Das entscheidende Manko für die Bewertung der Neuabgrenzung des UNESCO Biosphärenparks Gurgler Kamm ist das Fehlen einer flächendeckenden Karte der aktuellen Vegetation.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die bisher bekannten Arbeiten zusammenzufassen und die aktuelle Diversität bzw. die Veränderung der Diversität im Lauf der Zeit festzustellen bzw. abzuschätzen. Im Detail wurden folgende Erhebungen durchgeführt:

- 1) Darstellung der Vegetationstypen und ihrer Diversität im Raum Obergurgl und im Raum Venter Tal/Rofental entlang eines Höhengradienten von ca. 1700 bis etwa 3000 m NN und Verortung der Diversitätsstudien.
- 2) Vergleich der Wiesen- und Zwergstrauchtypen im Raum Obergurgl, linke Talseite (Nagl 2007–2008) mit jenen im Raum Venter Tal/Rofen Tal (Unterluggauer 2003) inklusive Angaben über die Art und Intensität der Bewirtschaftung.
- 3) Darstellung der Langzeitentwicklung auf der Hohen Mut in Form eines Vergleiches der 70-er Jahre (Duelli 1977) mit den heutigen Monitoring-Flächen (Mayer et al. 2008).
- 4) Darstellung der Kurzzeitentwicklung der Monitoringflächen im Raum Obergurgl von 2000 bis 2004 (Kaufmann 2005).
- 5) Gesamtdarstellung des bisherigen Kenntnisstandes und Aufzeigen der Kenntnislücken hinsichtlich der Diversität im hinteren Ötztal.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

4.2 Material und Methoden

4.2.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt in den südlichen Ötztaler Alpen nordwestlich des zentralalpinen Alpenhauptkamms, welcher die natürliche Wasserscheide und zugleich die Staatsgrenze zwischen Österreich und Italien darstellt (Raffl 1999). Es ist in zwei Teilgebiete untergliedert (Abb. 1):

Teilgebiet 1: Raum Obergurgl, orographisch rechte Talseite (= unmittelbares Umfeld des Dorfes, Umgebung Gaißberglift-Station, Schönwieskopf, Rotmoostal, Gletschervorfeld des Rotmoosferners, Hohe Mut, Gaißbergtal, Gletschervorfeld des Gaißbergferners, Kirchenkogel, Gurgler Heide, Festkogel-Schipiste, Hochgurgl) und Raum Obergurgl, orographisch linke Talseite.

Teilgebiet 2: Raum Venter Tal/Rofental.

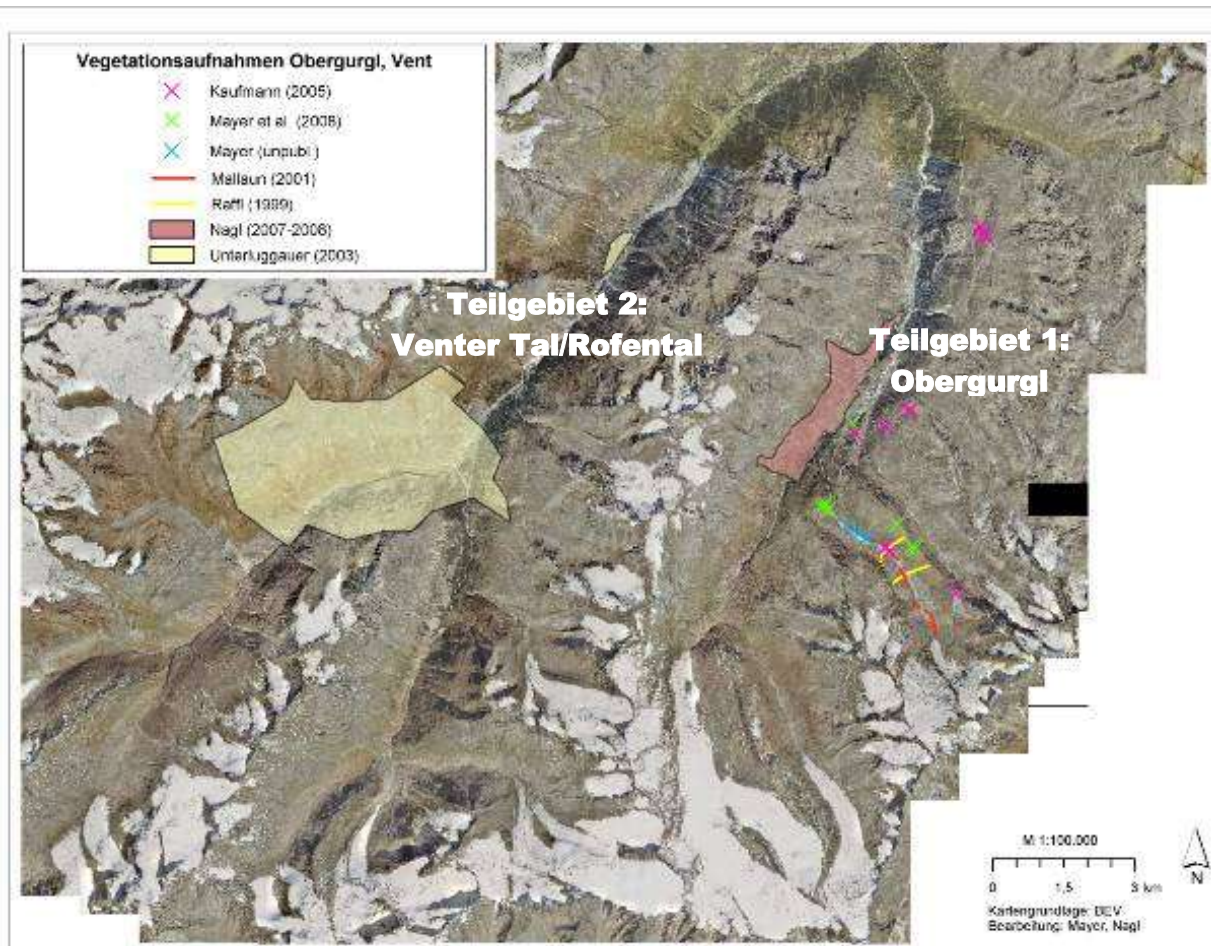


Abb. 1: Übersicht des Untersuchungsgebietes im Hinteren Ötztal. Die Lage der beiden Teilgebiete Obergurgl und Venter Tal/Rofental ist angegeben und die Gebiete bzw. Positionen der Vegetationsaufnahmen sind bezeichnet.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Der Raum Obergurgl, orographisch rechte Talseite (= Teilgebiet 1) umfasst den UNESCO-Biosphärenpark „Gurgler Kamm“, lediglich der Schönwieskopf und Hochgurgl liegen außerhalb davon. Die größten Gletscher gehen vom Rotmoos- und Gaißbergferner aus und erstrecken sich jeweils in die gleichnamigen Täler. Hier befinden sich auch die am deutlichsten ausgebildeten postglazialen Moränen. Die Hohe Mut ist ein relativ flacher Bergrücken, der durch glaziale Ablagerungen während der vergangenen Vereisungsperiode geformt wurde (Starnberger 2006). Das ca. 6 km lange Rotmoostal weist einen Verlauf von Südost nach Nordwest auf und mündet auf 2100 m NN unterhalb des Schönwieskopfes (2270 m NN) in die Gurgler Ache, den südlichen Seitenast der Ötztaler-Ache (RAFFL 1999). Die geographischen Koordinaten für die Mitte des Tales betragen 46°49' nördliche Breite und 11°02' östlicher Länge (Rudolph 1991). Die Höhenamplitude in diesem Teilgebiet 1 reicht von ca. 1950 m nahe des Ortsgebietes von Obergurgl bis auf ca. 2740 m am Kirchenkogel.

Der Raum Venter Tal/Rofental (= Teilgebiet 2) umfasst den innersten Bereich des Venter Tales und den vorderen Teil des Rofentales. Talauswärts bildet die Mündung des Latschbaches in die Venter Ache die Grenze. Von dort aus zieht sich die Grenze des Untersuchungsgebietes am orographisch rechten Hang des Nordwestgrated des Großen Ramolkogels entlang. Auf der orographisch linken Seite verläuft die Grenze Richtung „Weißer Kogel“. Im Rofental endet das Untersuchungsgebiet bei der Mündung des Platteibaches in die Rofenache (auf 2050 m). Die Obergrenze entspricht der Obergrenze der geschlossenen alpinen Rasen auf 2800 bis 2900 m NN. Einige Untersuchungsflächen gehören zum Weiler Winterstall welcher auf 1726 m liegt. Der Talboden steigt hier von 1690 bis ca. 1760 m an (Unterluggauer 2003).

4.2.2 Erstellen einer Datenbank

Das Datenmaterial stammt größtenteils aus Untersuchungen, die zwischen 1999 und 2006 in diesem Gebiet erhoben wurden (Abb. 1). Viele dieser Arbeiten wurden im Gletschervorfeld des Rotmoosfernens durchgeführt (Raffl 1999, Mallaun 2001, Raffl et al. 2006). Weitere wichtige Datenquellen stellen das Projekt „Langzeit-Ökosystem Monitoring im alpinen Raum 2000–2005“ von Kaufmann (2005) und das Weideausschlussprojekt (Mayer et al. 2008) dar. Tab. 1 zeigt eine Übersicht über die Monitoring-Flächen, welche aus diesen beiden Dauerflächen-Beobachtungen für die Analysen verwendet wurden und gibt auch eine Übersicht über die Vegetation und die Weidetiere. Bei allen diesen Arbeiten wurden 1 m² große Aufnahmeflächen verwendet. Zum Vergleich mit den aktuellen Daten auf der Hohen Mut wurde die Arbeit von Duelli (1977) herangezogen.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Untersuchungs- flächen	See- höhe (m)	Weideausschluss- fläche (m ²)	Dauer- flächen 1m ²	Dominante Arten und wichtige Begleiter	Weide- tiere
Obergurgl (subalpin)	1950	140	6	Agrostis capillaris ; <i>Nardus stricta</i> , <i>Trifolium pratense</i> ssp. <i>nivale</i> , <i>Leontodon hispidus</i> , <i>Potentilla aurea</i> , <i>Potentilla erecta</i> , <i>Alchemilla vulgaris</i> agg.	Rinder
Schönwieskopf (unteralpin)	2250 2300 2275	146 38 26	18	Nardus stricta ; <i>Anthoxanthum alpinum</i> , <i>Carex sempervirens</i> , <i>Luzula sudetica</i> , <i>Potentilla aurea</i> , <i>Mutellina adonidifolia</i> , <i>Geum montanum</i> , <i>Scorzoneroidees helvetica</i>	Schafe Ziegen Pferde
Hohe Mut (oberalpin)	2650	144 31 34	18	Carex curvula ; <i>Avenula versicolor</i> , <i>Leucanthemopsis alpina</i> , <i>Mutellina adonidifolia</i> , <i>Potentilla aurea</i> , <i>Geum montanum</i> , <i>Cetraria islandica</i>	Schafe
Gaißberg (potentielles Waldgebiet)	2040	–	6	Vaccinium myrtillus ; <i>V. gaultherioides</i> , <i>Empetrum hermaphroditum</i> , <i>Rhododendron ferrugineum</i> , <i>Juniperus communis</i> ssp. <i>nana</i>	Rinder
Festkogel- Schipiste (unteralpin)	2350	–	6	Festuca rubra ; <i>Achillea millefolium</i> , <i>Gnaphalium supinum</i> , <i>Potentilla aurea</i>	Schafe
Gurgler Heide (unteralpin)	2250	–	6	Loiseleuria procumbens ; <i>Vaccinium gaultherioides</i> , <i>Alectoria ochroleuca</i> , <i>Cetraria</i> -Arten, <i>Cladonia</i> -Arten	Schafe
Rotmoostal Moräne 1858 (unteralpin)	2300	144	6	Anthyllis vulneraria ssp. alpicola ; <i>Trifolium badium</i> , <i>T. pallescens</i> , <i>Poa alpina</i> , <i>Silene acaulis</i> agg.	Schafe, Pferde (bis 2006)
Rotmoostal Hangrasen	2300	–	6	Nardus striata ; <i>Anthoxanthum alpinum</i> , <i>Carex sempervirens</i> , <i>Deschampsia cespitosa</i> , <i>Leontodon hispidus</i> , <i>Lotus corniculatus</i> , <i>Potentilla aurea</i> , <i>Crepis aurea</i> , <i>Ranunculus montanus</i> , <i>Homogyne alpina</i>	Schafe, Pferde (bis 2006)
Rotmoostal Niedermoor (unteralpin)	2250	3 x 144	18	Carex nigra , Trichophorum cespitosum , Nardus stricta ; <i>Eriophorum angustifolium</i>	Pferde bis 2006
Kirchenkogel (oberalpin)	2740	–	6	Kobresia myosuroides ; <i>Festuca pumila</i> , <i>Agrostis alpina</i> , <i>Poa alpina</i> , <i>Astragalus</i> sp., <i>Oxytropis</i> sp., <i>Leontopodium alpinum</i>	Schafe
Hochgurgl (oberalpin)	2450	3 x 144	18	Carex curvula ; <i>Mutellina adonidifolia</i> , <i>Leucanthemopsis alpina</i> , <i>Cetraria islandica</i> , <i>Cladonia arbuscula</i>	Schafe

Tab. 1: Untersuchungsflächen im Raum Obergurgl (Ötztal, Tirol), rechte Talseite, entlang eines Höhengradienten von 1950–2740 m, die Größe der Weideausschlussflächen, die Anzahl der Dauerflächen à 1m², die dominanten Arten (fett gedruckt) und ihre wichtigsten Begleiter sowie die Weidetiere. Diese Daten stammen aus dem Monitoring-Projekt von Kaufmann (2005) und aus dem Weideausschlussprojekt (Mayer et al. 2008), welche zwischen 2000 und 2006 in diesem Raum durchgeführt wurden.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Die Daten aus dem Raum Obergurgl, orographisch linke Talseite stammen von Nagl (2007–2008) welcher 25 m² große Aufnahme­flächen verwendete. Für den Raum Venter Tal/Rofental sind die Daten von Unterluggauer (2003) herangezogen worden. Er verwendete 25 m² große Aufnahme­flächen für Wiesenbestände und 50 m² große Flächen für Zwergstrauchgesellschaften. Alle Daten wurden in einer Datenbank mit Hilfe des Datenbank-Programms TURBOVEG FOR WINDOWS 2.12 (Hennekens 1998–2004) vereinigt. Abgesehen von den Vegetationsdaten wurden auch zahlreiche Umweltdaten eingegeben, vor allem Meereshöhe, Neigung, Exposition, pH-Wert des Bodens, Gesamtdeckung der Vegetation und bei den Aufnahmen aus dem Gletschervorfeld des Rotmoosferners zusätzlich das Moränenalter bzw. die Zeit seit Abschmelzen des Gletschers. Dieses Datenbankprogramm wurde gewählt, da eine Vielzahl von Aufnahmen verwaltet und für verschiedene Programmanwendungen (v.a. TWINSpan, CANOCO, MEGATAB, ACCESS, EXCEL) exportiert werden können. Zusätzlich wurden verschiedene Diversitäts-Indices wie Artenreichtum, Shannon-Wiener-Index, Evenness und Simpson-Index sowie Zeigerwerte nach Ellenberg et al. (1992) direkt im Programm TURBOVEG FOR WINDOWS 2.1 für jede Aufnahme­fläche berechnet.

4.2.3 Vegetations- und Stetigkeitstabellen

Die pflanzensoziologischen Vegetationstabellen wurden mit Hilfe des Programms MEGATAB 4.01 (HENNEKENS 1996–2004) erstellt. Dazu wurden die Aufnahmen aus der TURBOVEG-Datenbank im Cornel Condensed-Format exportiert. Im Programm MEGATAB wurde eine Klassifikation der Aufnahmen mit Hilfe von TWINSpan (HILL 1979) durchgeführt. Die Vegetationseinheiten von Unterluggauer (2003) für den Raum Venter Tal/Rofental wurden nicht verändert. Die Klassifikation im Gletschervorfeld des Rotmoosferners richtet sich nach den Arbeiten von Raffl et al. (2006) und von Mallaun (2001).

Die einzelnen Vegetationseinheiten auf Basis dieser Tabellenarbeiten wurden im Programm MEGATAB in Stetigkeitstabellen umgewandelt. Durch die Stetigkeit werden beliebig viele Daten einer Sippe auf einen Wert komprimiert (= Sippenstetigkeit) (DIERSCHKE 1994). Bezugsbasis ist das Vorkommen einer Sippe innerhalb eines Vegetationstyps. Zunächst wird der Prozentwert der Stetigkeit ermittelt.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Diese Prozentwerte wurden anhand folgender Skala in Stetigkeits-Klassen umgewandelt (DIERSCHKE 1994):

V	>80–100 %
IV	>60–80 %
III	>40–60 %
II	>20–40 %
I	>10–20 %
+	>5–10 %
r	≤5 %

Diese Stetigkeitstabellen dienen als Übersichtstabellen und ermöglichen ein klareres Bild über mögliche Trennarten (Dierschke 1994).

Die Nomenklatur der Arten folgt weitgehend Fischer et al. (1994).

4.2.4 Diversitäts-Indices

Für jede Aufnahme wurden verschiedene Diversitäts-Indices berechnet. Die Artenzahl bzw. der Artenreichtum gibt die Anzahl der vorhandenen Sippen pro Aufnahme­fläche an. Der Shannon-Wiener-Index H' ist einer der bekanntesten Diversitäts-Indices. Er wurde auf der Basis des natürlichen Logarithmus ($\log e$) berechnet. Der Shannon-Wiener-Index ist ein Maß für die Entropie der Information. Der Index steigt, wenn sich die Anzahl zusätzlicher Arten erhöht oder wenn die Gleichverteilung der Arten zunimmt (Krebs 1999). Die Evenness wird aus dem Shannon-Wiener-Index unter der Annahme völliger Gleichverteilung der Arten berechnet und bewegt sich zwischen 0 (= monodominanter Bestand) und 1 (= völlige Gleichverteilung der Sippen). Der Simpson-Index D verwendet ebenfalls quantitative Daten. Er ist das einfachste Maß welches sowohl die Abundanz als auch den Artenreichtum berücksichtigt. Selbst artenreiche Gesellschaften können einen niedrigen Simpson-Index aufweisen, wenn die Abundanzen der Arten sehr ungleichmäßig verteilt sind. Er drückt die Wahrscheinlichkeit aus, dass zwei aus allen Individuen einer Aufnahme zufällig ausgewählte Individuen zur selben Art gehören (Begon et al. 1988).

4.2.5 Floristische Ähnlichkeiten

Die floristische Ähnlichkeit zwischen Stetigkeitstabellen wurde mittels des quantitativen Ähnlichkeitsmaßes der Bray Curtis-Distanz errechnet. Für die qualitative Ähnlichkeit wurde der weit

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

verbreitete Sørensen-Index verwendet. Die Ähnlichkeit wird als ein Wert zwischen 0 (= völlig verschieden) und 1 (= vollkommen gleich) ausgegeben. Die Bray Curtis-Distanz gewichtet die Arten mit großer Stetigkeit weit höher als Arten mit niedriger Stetigkeit (Krebs 1999). Für die qualitative Ähnlichkeit ist hingegen nur die Präsenz einer Sippe ausschlaggebend.

4.2.6 Zeigerwert-Analysen

Für einen Vergleich von Vegetationstypen im Raum Obergurgl, linke Talseite und im Raum Venter Tal/Rofental wurden L (Lichtzahl), T (Temperaturzahl), K (Kontinentalitätszahl), F (Feuchtezahl), R (Reaktionszahl) und N (Stickstoffzahl) herangezogen (Ellenberg et al. 1992). Für die Berechnungen der Zeigerwerte wurden binäre Daten (Anwesenheit/Abwesenheit von Sippen) verwendet. Zeigerwerte sind ordinale Werte die jedoch wie kardinale Werte verwendet wurden. Für die einzelnen Aufnahmen wurden daher Mittelwerte gebildet.

4.2.7 Ordinationen

Die Ordinationen von Aufnahmen wurden für den Vergleich zwischen Vegetationseinheiten in Obergurgl, orographisch linke Talseite und im Raum Venter Tal/Rofental erstellt. Für die Erstellung der DCAs (= Detrended Correspondence Analysis) im Programm CANOCO 4.5 (TER BRAAK & ŠMILAUER 1998) sind ausschließlich die Vegetationsdaten, nicht jedoch die Umweltdaten, relevant. Die seltenen Arten wurden mit einem geringeren Gewicht versehen, da sie die Ordination ansonsten verzerren. Die Ordinationsdiagramme wurden mit Hilfe des Programms CANODRAW FOR WINDOWS 4.0 (Šmilauer 1999–2002) erstellt.

4.2.8 Statistische Analysen

Alle statistischen Analysen wurden mit dem Programm SPSS 15.0.1 für WINDOWS (SPSS Inc.) durchgeführt. Die Umweltfaktoren und Diversitäts-Indices für den Vergleich zwischen Vegetationseinheiten im Raum Obergurgl, orographisch linke Talseite (= Teilgebiet 1) und dem Raum Venter Tal/Rofental (= Teilgebiet 2) wurden univariaten Varianzanalysen (ANOVAs) unterzogen. Die Daten wurden zuvor mit Hilfe von Kolmogorov-Smirnov-Tests auf Normalverteilung geprüft. Für die Analyse von Zeitreihen (= Dauerflächenbeobachtungen von 2000 bis 2004) wurden Varianzanalysen mit Messwiederholung verwendet (Bortz 2005). Die Erklärungskraft der einzelnen abhängigen Variablen (= Umweltfaktoren, Diversitäts-Indices) wird durch die Eta-Statistik (= partielle Eta²-Werte) ausgedrückt. Der berechnete Erklärungsanteil wird um die Einflüsse der übrigen im

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Modell enthaltenen Faktoren bereinigt. Je höher das partielle η^2 , umso höher ist der Anteil der erklärten Varianz an der Gesamtvariabilität (Backhaus et al. 2006). Berechnet wurden der p-Wert und daraus die Signifikanz-Niveaus abgeleitet: n.s. $p > 0,05$ (nicht signifikant), $p^* \leq 0,05$ (signifikant), $p^{**} \leq 0,01$ (hoch signifikant), $p^{***} \leq 0,001$ (höchst signifikant).

4.3 Ergebnisse und Diskussion

4.3.1. Vegetationstypen im Raum Obergurgl und im Venter Tal/Rofental

Im hinteren Ötztal im Raum von Obergurgl (rechte und linke Talseite) sowie im Raum Venter Tales/Rofental wurden aktuell folgende 13 Vegetationstypen unterschieden, die durch insgesamt 1391 Aufnahmen belegt worden sind:

- a) Niedermoore (80 Aufnahmen)
- b) Goldhaferwiesen (101 Aufnahmen)
- c) Bürstlingsrasen (180 Aufnahmen)
- d) Zwergstrauchheiden (64 Aufnahmen)
- e) Horstseggenrasen (92 Aufnahmen)
- f) Krummseggenrasen (130 Aufnahmen)
- g) Schipisten-Vegetation (3 Aufnahmen)
- h) Alpenmannsschild-Flur (4 Aufnahmen)
- i) Silikat-Schneebodengesellschaft (4 Aufnahmen)
- j) Eisseggen-Gesellschaft (20 Aufnahmen)
- k) Nacktriedrasen (6 Aufnahmen)
- l) Initialrasen (349 Aufnahmen)
- m) Pionier- und Folgestadien im Gletschervorfeld (356 Aufnahmen)

Der Schwerpunkt der vorliegenden Untersuchungen lag im Gletschervorfeld des Rotmoosferners und den daran anschließenden NO- und SW-Hängen. Gut die Hälfte aller Aufnahmen stammt aus dem Gletschervorfeld des Rotmoosferners und den angrenzenden Hangbereichen (>700 Aufnahmen). Bürstlings-, Krummseggen-, Horstseggenrasen und Goldhaferwiesen wurden jeweils durch mehr als 90 Aufnahmen belegt. Von den verschiedenen Typen an Zwergstrauchheiden liegen insgesamt 64 Aufnahmen vor. Durch weit weniger Aufnahmen sind hingegen die Eisseggen-Gesellschaft und vor allem der Nacktriedrasen, die Alpenmannsschild-Flur, die Silikat-Schneebodengesellschaft und die Schipisten-Vegetation nachgewiesen worden.

Insgesamt wurden in allen Vegetationstypen zusammen 490 verschiedene Sippen identifiziert. Tab. 2 zeigt eine Übersicht über alle unterschiedenen Gesellschaften im Untersuchungsgebiet hinsichtlich ihrer Diversität.

4 Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Gesellschaften	Fläche (m ²) je Auf- nahme	Anzahl der Auf- nahmen	mittlere Artenzahl/ Aufnahme	mittlerer Shannon- Wiener-Index (<i>H'</i>)	mittlere Evenness	mittlerer Simpson-Index
1 Niedermoore						
1.1	1	24	6,2	1,53	0,84	0,75
1.2	1	24	12,8	2,08	0,83	0,84
1.3	1	24	21,2	2,62	0,86	0,92
1.4	25	8	21,3	2,23	0,74	0,79
2 Goldhaferwiesen						
2.1	25	41	31,5	3,11	0,91	0,93
2.2	25	10	25,8	2,75	0,85	0,89
2.3	25	7	25,6	2,70	0,84	0,87
2.4	25	7	32,6	3,11	0,91	0,93
2.5	25	36	23,0	2,51	0,81	0,87
3 Bürstlingsrasen						
3.1	1	6	34,2	3,00	0,85	0,94
3.2	1	6	30,5	2,97	0,87	0,94
3.3	1	36	21,2	2,49	0,82	0,90
3.4	25	8	40,4	3,15	0,85	0,89
3.5	25	12	51,6	3,65	0,93	0,96
3.6	25	12	38,8	3,16	0,87	0,91
3.7	25	9	33,3	2,98	0,85	0,88
3.8	25	6	48,8	3,80	0,98	0,98
3.9	25	7	57,7	3,87	0,96	0,97
3.10	25	36	37,4	2,93	0,81	0,90
3.11	25	44	39,8	3,06	0,83	0,90
4 Zwergstrauchheiden						
4.1	1	6	21,8	2,58	0,84	0,91
4.2	50	9	36,7	3,27	0,91	0,93
4.3	25	9	39,4	2,93	0,80	0,88
4.4	1	9	21,1	2,55	0,84	0,90
4.5	50	3	38,0	3,15	0,87	0,90
4.6	50	5	37,0	2,94	0,81	0,86
4.7	50	9	55,4	3,63	0,90	0,94
4.8	50	14	62,0	3,84	0,93	0,96
5 Horstseggen-Rasen						
5.1	1	81	25,8	2,83	0,87	0,90
5.2	25	11	64,0	4,01	0,97	0,98
6 Krummseggen-Rasen						
6.1	1	53	25,0	2,83	0,89	0,91
6.2	1	18	18,8	2,41	0,82	0,89
6.3	1	18	22,3	2,63	0,85	0,91
6.4	25	11	39,4	3,52	0,96	0,96
6.5	25	5	52,4	3,86	0,98	0,98
6.6	25	6	37,0	3,35	0,93	0,94
6.7	25	13	37,2	3,47	0,96	0,96
6.8	25	6	35,3	3,16	0,89	0,91
7 Schipisten-Vegetation						
7	1	3	19,0	2,25	0,76	0,82
8 Alpenmannsschild-Flur						
8	25	4	32,0	3,40	0,98	0,97
9 Silikat-Schneebodenges.						
9	25	4	23,8	2,99	0,95	0,94
10 Eisseggen-Gesellschaft						
10	1	20	26,8	2,86	0,88	0,91
11 Nacktriedrasen						
11	1	6	20,7	2,53	0,84	0,91
12 Initialrasen						
12	1	349	24,2	2,87	0,91	0,92

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

13 Gletschervorfeld-Stadien						
13.1	1	42	3,3	1,04	0,89	0,60
13.2	1	23	9,0	1,90	0,90	0,80
13.3	1	19	18,5	2,50	0,87	0,87
13.4	1	96	17,4	2,65	0,95	0,91
13.5	1	44	23,7	2,99	0,95	0,94
13.6	1	132	24,0	2,84	0,90	0,91

Tab. 2: Übersicht der Diversität aller im Untersuchungsgebiet unterschiedenen Gesellschaften. Dargestellt sind die Mittelwerte der Anzahl der Arten je Aufnahme­fläche, des Shannon-Wiener-Index, der Evenness und des Simpson-Index. Die Nummerierung der Gesellschaften folgt den Angaben im Text. Die Bezeichnungen der Gesellschaften sind am Tabellen-Fuß angegeben.

Die Nummerierungen der Gesellschaften bedeuten:

- 1.1 Niedermoor im Rotmoostal, nasse Ausprägung
- 1.2 Niedermoor im Rotmoostal, sehr feuchte Ausprägung
- 1.3 Niedermoor im Rotmoostal, feuchte Ausprägung
- 1.4 Niedermoor im Raum Obergurgl, linke Talseite
- 2.1 Goldhaferwiese (*Trisetum flavescens*), typische Ausbildung
- 2.2 Goldhaferwiese (*Trisetum flavescens*), Hochstaudenausbildung
- 2.3 Goldhaferwiese (*Trisetum flavescens*), *Carex nigra*-Ausbildung
- 2.4 Goldhaferwiese (*Trisetum flavescens*), *Nardus stricta*-Ausbildung
- 2.5 Goldhaferwiese (*Trisetum flavescens*) im Raum Obergurgl, linke Talseite
- 3.1 Subalpiner Bürstlingsrasen mit *Agrostis capillaris*
- 3.2 Alpiner Bürstlingsrasen mit Nässezeigern
- 3.3 Trockener flechten- und moosreicher alpiner Bürstlingsrasen
- 3.4 Bürstlingsrasen (*Sieversio-Nardetum strictae*), Subassoziation typicum, Ausbildung mit *Carex ericetorum*
- 3.5 Bürstlingsrasen (*Sieversio-Nardetum strictae*), Subassoziation typicum, typische Ausbildung
- 3.6 Bürstlingsrasen (*Sieversio-Nardetum strictae*), Subassoziation typicum, Ausbildung mit *Juncus trifidus*
- 3.7 Bürstlingsrasen (*Sieversio-Nardetum strictae*), Subassoziation typicum, Ausbildung mit *Veronica alpina*
- 3.8 Bürstlingsrasen (*Sieversio-Nardetum strictae*), Subassoziation kobresietosum myosuroides, Ausbildung mit *Agrostis schraderiana*
- 3.9 Bürstlingsrasen (*Sieversio-Nardetum strictae*), Subassoziation kobresietosum myosuroides, Ausbildung mit *Potentilla crantzii*
- 3.10 Subalpiner Bürstlingsrasen
- 3.11 Zwergstrauchreicher Bürstlingsrasen
- 4.1 Krähenbeerenheide
- 4.2 Krähenbeerenheide (*Empetro-Vaccinietum gaultherioides*)
- 4.3 Zwergwacholderheide
- 4.4 Flechtenreiche Alpenazaleen-Windheide
- 4.5 Schweizerweidenbusch (*Salicetum helveticae*)
- 4.6 Wacholder-Bärentraubenheide (*Junipero-Arctostaphyletum*), Ausbildung mit Arten der alpinen Stufe
- 4.7 Wacholder-Bärentraubenheide (*Junipero-Arctostaphyletum*), Ausbildung mit *Juniperus sabina*
- 4.8 Wacholder-Bärentraubenheide (*Junipero-Arctostaphyletum*), Ausbildung mit *Nardus stricta*
- 5.1 Horstseggenrasen (*Caricetum sempervirentis*), Raum Obergurgl
- 5.2 Horstseggenrasen (*Caricetum sempervirentis*), Raum Venter Tal/Rofental
- 6.1 Krummseggenrasen auf den SW- und NO-Hängen des Rotmoostales
- 6.2 Krummseggenrasen auf der Hohen Mut
- 6.3 Krummseggenrasen oberhalb von Hochgurgl
- 6.4 Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*), Ausbildung mit *Empetrum hermaphroditum*
- 6.5 Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*), Ausbildung mit *Kobresia myosuroides*
- 6.6 Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*), typische Ausbildung
- 6.7 Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*), Ausbildung mit *Senecio incanus* ssp. *carniolicus*
- 6.8 Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*), Ausbildung mit *Nardus stricta*
- 13.1 Artenarmes Pionierstadium auf sehr jungen Böden
- 13.2 Artenreicheres Pionierstadium auf etwas älteren Böden
- 13.3 Frühes Sukzessionsstadium im Gletschervorfeld
- 13.4 Übergangsstadium im Gletschervorfeld
- 13.5 Erstes Folgestadium im Gletschervorfeld
- 13.6 Zweites Folgestadium im Gletschervorfeld

4.3.1.1 Niedermoore

Im Raum Obergurgl auf der linken (= Rotmoostal) und auf der rechten Talseite wurden mehrere Typen von Niedermooren nachgewiesen. Insgesamt wurden diese Niedermoore durch 80 Aufnahmen belegt, nämlich durch 72 je 1 m² große Aufnahmeflächen auf der rechten Talseite (Rotmoostal) sowie durch 8 je 25 m² große Aufnahmeflächen auf der linken Talseite. Durch folgende Arten sind die Niedermoore von allen anderen Gesellschaftstypen im Untersuchungsgebiet klar abgegrenzt: *Carex echinata* (V), *Carex nigra* (V), *Eriophorum angustifolium* (IV), *Equisetum variegatum* (III), *Carex rostrata* (III), *Epilobium nutans* (III), *Juncus filiformis* (III), *Viola palustris* (III), *Carex paupercula* (II), *Trichophorum cespitosum* (II) und *Phleum commutatum* (II). Charakterisiert werden die Niedermoore weiters durch die Moose *Drepanocladus exannulatus* (IV), *Campylium stellatum* (II) und *Sphagnum platyphyllum* (II). *Bartsia alpina* und *Luzula sudetica* haben innerhalb des Untersuchungsgebietes ihren Verbreitungsschwerpunkt in den Niedermooren. Eine Reihe von Arten kommt zudem ausschließlich in den Niedermooren – allerdings mit niedriger Stetigkeit (r) – vor, nämlich *Eriophorum vaginatum*, *Carex flava* agg., *Juncus alpinoarticulatus*, *Crepis paludosa*, *Carex canescens*, *Salix foetida* und *Pyrola media*.

In allen 80 Aufnahmen der Niedermoore wurden insgesamt 93 verschiedene Arten identifiziert. Die floristische Ähnlichkeit zu den anderen Vegetationstypen, ausgedrückt durch die Bray Curtis-Distanz (= quantitatives Ähnlichkeitsmaß), bewegt sich zwischen 0,212 (Horstseggenrasen) und 0,091 (Nacktriedrasen) und ist daher als niedrig zu bewerten.

Innerhalb der Niedermoore sind vier verschiedene Gesellschaften unterschieden worden. Drei davon befinden sich im Raum Obergurgl auf der orographisch rechten Talseite (= Rotmoosmoor) eine Gesellschaft wurde auf der linken Talseite untersucht. Nur *Carex echinata* kommt in allen vier Niedermoor-Gesellschaften jeweils mit hoher Stetigkeit vor. Die Stetigkeit von *Carex nigra* ist in einer der Gesellschaften deutlich geringer. Abgesehen davon sind nur noch *Eriophorum angustifolium* und *Bartsia alpina* in allen vier Niedermoor-Gesellschaften vorhanden wobei in einer der Gesellschaften deren Stetigkeit deutlich geringer ausfällt. Die Gesellschaften der orographisch rechten Talseite in Obergurgl haben zahlreiche Arten mit hohen Stetigkeitswerten gemeinsam, v.a. *Persicaria vivipara*, *Salix herbacea*, *Viola palustris* und *Epilobium nutans*.

Die floristische Ähnlichkeit (Bray Curtis-Distanz) zwischen diesen vier Niedermoor-Gesellschaften im Untersuchungsgebiet bewegt sich zwischen 0,524 und 0,108, schwankt also in einem recht weiten Bereich.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Im Rotmoosmoor (Obergurgl, rechte Talseite) können nach zunehmender Bodenfeuchtigkeit von feucht über sehr feucht bis nass drei verschiedene Ausprägungen eines silikatischen Niedermoors unterschieden werden. Die durchschnittliche Artenanzahl nimmt mit zunehmender Bodenfeuchtigkeit immer mehr ab, im Zusammenhang damit sinkt auch der Shannon-Wiener-Index markant ab. Der nasse Moorbereich unterscheidet sich vor allem aufgrund seiner ausgesprochenen Artenarmut sehr deutlich von den beiden anderen Ausprägungen mit jeweils geringerer Bodenfeuchtigkeit.

Ad 1.1 Niedermoor im Rotmoostal, nasse Ausprägung (vgl. Tab. 2)

Die nasse Ausprägung (= höchste Bodenfeuchtigkeit) schließt sich ohne scharfe Grenze an den sehr feuchten Bestand an und nimmt die Bereiche des Rotmoosmoors ein, die dem Schönwieskopf am nächsten liegen. Diese Ausprägung befindet sich auf 2250 m NN und ist durch 24 Aufnahmen belegt. Sie weist mit nur $6 \pm 0,7$ Arten je m^2 mit Abstand die geringste durchschnittliche Artenzahl auf, wobei auch der Shannon-Wiener-Index mit $1,5 \pm 0,1$ sehr niedrig ausfällt. *Trichophorum cespitosum* (V) herrscht sehr deutlich vor, daneben gehören nur noch *Eriophorum angustifolium* (V), *Carex rostrata* (V) und *Carex echinata* (V) zu den hochsteten Arten. In der Mooschicht dominiert fast ausschließlich *Drepanocladus exannulatus* (V), ein Moos das hier stellenweise sehr dichte Polster ausbildet. Demgegenüber ist die Bedeutung des Torfmooses *Sphagnum platyphyllum* gering. Unter den zweikeimblättrigen Pflanzen spielt nur *Bartsia alpina* (II) eine nenneswerte Rolle. Die größte floristische Ähnlichkeit (Bray Curtis-Distanz: 0,393) weist diese Gesellschaft mit der sehr feuchten Ausprägung des silikatischen Niedermoors im Rotmoostales auf, die geringste mit der feuchten Ausprägung mit 0,108. Dieser ausgesprochen nasse Bereich des Rotmoosmoors wird selbst von Pferden weitgehend gemieden, die Beweidungsintensität ist damit sehr gering.

Ad 1.2 Niedermoor im Rotmoostal, sehr feuchte Ausprägung (vgl. Tab. 2)

Die sehr feuchte Ausprägung des Rotmoosmoors schließt sich in einem kontinuierlichen Übergang an die nassen Bereiche taleinwärts Richtung Gletschervorfeld an und befindet sich auf 2275 m NN. Diese Ausprägung des silikatischen Niedermoors im Rotmoostal ist durch 24 Aufnahmen belegt. Gegenüber der nassen Ausprägung nimmt unter etwas geringerer Bodenfeuchtigkeit die durchschnittliche Artenzahl deutlich auf $13 \pm 3,2$ Arten je m^2 zu. Ebenso steigt der durchschnittliche Shannon Wiener-Index auf $2,1 \pm 0,3$ deutlich an. Es herrschen sehr deutlich verschiedene Seggen-Arten vor. Die klar dominierende Art ist *Carex nigra* (V) gefolgt von *Carex echinata* (V) und *Pericaria vivipara* (V). Zu den hochsteten Arten zählen weiters *Eriophorum angustifolium* (V), *Equisetum variegatum* (V), *Salix herbacea* (V) und *Viola palustris* (V). Sehr auffällig ist die hohe Bedeutung von *Eriophorum angustifolium* (IV) und von *Carex paupercula* (IV)

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

im Vergleich zur feuchten Ausprägung. Unter den Moosen herrscht nun klar *Drepanocladus exannulatus* (V) vor, gefolgt von *Sphagnum platyphyllum* (V) und weiteren Moosen (V). *Drepanocladus exannulatus* bildet über größere Flächen dichte Polster aus, insgesamt prägen die Moose das Erscheinungsbild sehr auffällig. Der Einfluss von Vertretern aus den Bürstlingsrasen, v.a. *Nardus stricta* (III) und *Ligusticum mutellina* (III), ist mäßig stark erkenntlich. Die größte floristische Ähnlichkeit besteht zur feuchten Ausbildung mit 0,524, die geringste zur Niedermoor-Gesellschaft auf der linken Talseite von Obergurgl mit 0,314. Dieser sehr feuchte Bereich des Rotmoosmoores wird nahezu ausschließlich von Haflingern beweidet, wobei die Intensität jedoch gering ausfällt. Schafe durchqueren hin und wieder das Moor, allerdings ohne sich dort länger aufzuhalten.

Ad 1.3 Niedermoor im Rotmoostal, feuchte Ausprägung (vgl. Tab. 2)

Von allen drei untersuchten Standorten im Rotmoosmoor ist hier die Bodenfeuchtigkeit am geringsten. Die feuchte Ausprägung des Rotmoosmoors erstreckt sich ca. 200 m vom Gletschervorfeld talauswärts auf 2275 m NN und ist durch 24 Aufnahmen belegt. Die durchschnittliche Artenzahl liegt bei $21 \pm 3,2$ und ist deutlich höher als bei den anderen Ausprägungen im Rotmoosmoor. Der Shannon-Wiener-Index weist dementsprechend einen sehr einheitlichen Wert von $2,6 \pm 0,1$ auf. *Carex nigra* (V) dominiert zusammen mit *Nardus stricta* (V). Weitere hochstete Arten sind *Persicaria vivipara* (V), *Salix herbacea* (V), *Viola palustris* (V), *Juncus filiformis* (V), *Agrostis rupestris* (V), *Crepis aurea* (V), *Deschampsia cespitosa* (V), *Carex echinata* (V), *Epilobium nutans* (V), *Phleum commutatum* (V), *Luzula sudetica* (V) und *Euphrasia minima* agg. (V). Insgesamt herrschen verschiedene Seggen-Arten vor, daneben spielen noch Schachtelhalme wie *Equisetum variegatum* (IV) und Flechten wie (*Cladonia arbuscula* (II) und *Cetraria islandica* (II) ebenfalls noch eine gewisse Rolle. Das wichtigste Moos ist *Campylium stellatum* (V), welches mit hoher Stetigkeit und auch zum Teil mit höheren Deckungswerten auftritt. Vereinzelt wachsen auch Zwergsträucher wie *Calluna vulgaris* (+), weit wichtiger sind jedoch niederliegende Arten aus den Schneeböden wie *Gnaphalium supinum* (III), *Sibbaldia procumbens* (II) und *Arenaria biflora* (II). *Gentiana bavarica* (r) wiederum ist eine Art, die für Quellfluren charakteristisch ist. Die größte floristische Ähnlichkeit besteht zur sehr feuchten Ausprägung des Rotmoosmoores mit 0,524, die geringste jedoch zur nassen Ausprägung mit 0,108. Dieser Bereich des Rotmoosmoores mit vergleichsweise eher geringer Bodenfeuchtigkeit wird meistens von Pferden beweidet, seltener auch von Schafen, die aber eher die trockeneren Hangbereiche des Rotmoostales bevorzugen. Diese Weidetiere halten sich während der gesamten Vegetationsperiode im Rotmoostal auf.

Ad 1.4 Niedermoor im Raum Obergurgl, linke Talseite (vgl. Tab. 2)

Dieses Niedermoor ist im Raum Obergurgl auf der orographisch linken Talseite durch 8 Aufnahmen belegt. Die Höhenverbreitung reicht von 1921 bis auf 2275 m NN, im Durchschnitt sind es

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

2076±103,1 m. Die Bestände sind nicht allzu dicht geschlossen, im Mittel beträgt der Deckungsgrad 87±11,2 %. Die durchschnittliche Artenzahl von 21±5,3 Arten je 25 m² weist auf einen eher artenarmen Bestand hin. Auch der mittlere Shannon-Wiener-Index ist mit 2,2±0,2 vergleichsweise gering. Zu den dominanten Arten gehören *Nardus stricta* (V), *Carex nigra* (V) und *Trichophorum cespitosum* (IV). Weitere hochstete Arten sind *Carex echinata* (V), *Potentilla erecta* (V), *Willemetia stipitata* (V), *Eriophorum angustifolium* (V), *Agrostis capillaris* (V) und *Luzula multiflora* (V). Folgende zusätzliche Arten erreichen mindestens 50 % Stetigkeit und im Durchschnitt mindesten 10 % Deckung: *Carex rostrata* (IV), *Festuca nigra* agg. (IV) und *Anthoxanthum alpinum* (III). Die größte floristische Ähnlichkeit besteht zur sehr feuchten Niedermoor-Ausprägung im Rotmoostal mit 0,314, die geringste hingegen zur feuchten Ausprägung mit 0,266. Die aktuelle Bewirtschaftungsweise dieser Gesellschaft ist recht unterschiedlich. Es handelt sich fast zu gleichen Anteilen um Weiden mit Kühen und Pferden sowie um alte Brachen, welche seit 35–50 Jahren nicht mehr bewirtschaftet werden. Eine dieser Brachen wird heute von Schafen beweidet. Eine Aufnahmefläche betraf auch eine halbschürige Bergmahd (Nagl 2007–2008).

4.3.1.2 Goldhaferwiesen (*Trisetum flavescens*)

Im Raum Venter Tal/Rofental und im Raum Obergurgl, rechte Talseite wurden verschiedene Typen von Goldhaferwiesen ausgewiesen. Insgesamt belegen 101 Aufnahmen mit jeweils 25 m² Fläche diesen Vegetationstyp. Die Goldhaferwiesen sind durch folgende Artengruppe von allen anderen Vegetationstypen im Untersuchungsgebiet eindeutig abgegrenzt: *Ranunculus acris* (V), *Rumex alpestris* (V), *Trifolium repens* (IV), *Taraxacum officinale* agg. (IV), *Poa trivialis* (III), *Vicia cracca* (III), *Poa pratensis* (III), *Carum carvi* (III), *Silene dioica* (III), *Crocus albiflorus* (III), *Veronica chamaedris* (III), *Peucedanum ostruthium* (II), *Dactylis glomerata* (II), *Leucanthemum ircutianum* (II), *Cirsium heterophyllum* (II), *Trisetum flavescens* (I), *Elymus repens* (I), *Veronica serpyllifolia* (I), *Phleum pratense* (I), *Arabidopsis thaliana* (I), *Viola tricolor* ssp. *saxatilis* (I), *Thlaspi caerulescens* (I) und *Alopecurus pratensis* (I). Außerdem haben *Alchemilla vulgaris* agg. (V), *Agrostis capillaris* (V), *Trifolium pratense* ssp. *nivale* (V), *Phleum rhaeticum* (V), *Geranium sylvaticum* (IV), *Achillea millefolium* agg. (IV), *Myosotis alpestris* (IV), *Rhinanthus glacialis* (III), *Chaerophyllum villarsii* (II), *Cerastium holosteoides* (II) und *Trollius europaeus* (I) innerhalb des Untersuchungsgebietes in den Goldhaferwiesen ihren Verbreitungsschwerpunkt. Folgende Arten kommen ausschließlich in den Goldhaferwiesen, allerdings mit sehr geringen Stetigkeitswerten, vor: *Vicia sepium* (+), *Trifolium pratense* ssp. *pratense* (+), *Rumex alpinus* (+), *Lamium album* (+) sowie weitere 29 Arten der Stetigkeitsklasse r. Auffällig ist daher vor allem die große Anzahl an Arten, die nur in diesem Vegetationstyp anzutreffen sind und eine sehr geringe Stetigkeit der Klasse r aufweisen. Gemeinsam mit den Zwergstrauchheiden treten in den Goldhaferwiesen etliche weitere Arten mit

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

niedriger Stetigkeit auf, nämlich *Chaerophyllum hirsutum* (r), *Phyteuma ovatum* (r), *Luzula luzulina* (r), *Knautia longifolia* (r) und *Rubus idaeus* (r).

In allen 101 Aufnahmen der Goldhaferwiesen zusammen wurden 209 verschiedene Sippen identifiziert. Die floristische Ähnlichkeit ausgedrückt durch die Bray Curtis-Distanz (= quantitatives Ähnlichkeitsmaß) zu den anderen Gesellschaften im Untersuchungsgebiet weist eine große Schwankungsbreite auf und reicht von 0,447 (Bürstlingsrasen) bis hin zu 0,064 (Alpenmannsschild-Flur).

Die Goldhaferwiesen im Untersuchungsgebiet gliedern sich in 5 verschiedene Gesellschaften, vier davon befinden sich im Raum Venter Tal/Rofental und eine im Raum Obergurgl, linke Talseite. Eine Reihe von Sippen kommt in allen Gesellschaften der Goldhaferwiesen mit mindestens Stetigkeitsklasse IV vor: *Alchemilla vulgaris* agg., *Ranunculus acris*, *Festuca rubra* agg., *Phleum rhaeticum*, *Trifolium pratense* ssp. *nivale* und *Trifolium repens*. Hinzu treten weitere Arten die in allen Goldhaferwiesen mit mindestens Stetigkeitsklasse III auftreten: *Agrostis capillaris*, *Anthoxanthum odoratum*, *Poa alpina* und *Taraxacum officinalis* agg. Jede der Goldhaferwiesen-Gesellschaften verfügt über einen Artenblock, der eine deutliche Abgrenzung ermöglicht. Die floristische Ähnlichkeit der einzelnen Gesellschaften liegt zwischen 0,623 und 0,475 (Bray Curtis-Distanz).

Die Goldhaferwiesen (*Trisetetum flavescens*) sind im Raum Venter Tal/Rofental in vier Ausbildungen unterschieden worden (Unterluggauer 2003). Insgesamt umfassen die Goldhaferwiesen in diesem Raum 65 Aufnahmen. Der durchschnittliche Artenreichtum liegt bei 31 Arten je 25 m² und ist im Verhältnis als eher artenarm zu bezeichnen. Die Goldhaferwiesen gedeihen am Talboden und an den untersten schwach geneigten Hangfüßen des Venter- und Rofentales sowie in der Umgebung von Winterstall. Die mittlere Meereshöhe aller Goldhaferwiesen beträgt 1910 m, die Neigungen sind recht unterschiedlich (von 2 bis ca. 40°). Der pH-Wert schwankt zwischen 3,2 und 5,3 und beträgt im Mittel 4,5. Die meisten Flächen sind nach Süd bis Südost exponiert. Die sonnseitigen Wiesen von Winterstall und Vent sind ein- bis zweischürig. Die Rofenwiesen können nur einmal im Jahr gemäht werden. Die Düngung erfolgt mit Festmist (Unterluggauer 2003).

Ad 2.1 Goldhaferwiese (*Trisetetum flavescens*), typische Ausbildung (vgl. Tab. 2)

Zur typischen Ausbildung gehören 41 Vegetationsaufnahmen. Sie umfasst mehr oder weniger intensiv bewirtschaftete Wiesen über frischem bis leicht feuchtem Untergrund. Sie ist durch das Fehlen von Feuchtigkeitszeigern deutlich von den feuchteren Gesellschaften abgegrenzt. Die Aufnahmen stammen aus Winterstall, Vent und dem Rofental (Unterluggauer 2003). Diese Ausbildung der Goldhaferwiese (*Trisetetum flavescens*) gedeiht zwischen 1695 und 2050 m NN,

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

im Durchschnitt sind es $1871 \pm 104,7$ m. Die Vegetation ist sehr gut geschlossen, d.h. der mittlere Deckungsgrad beträgt $99 \pm 2,7$ %. Im Durchschnitt gedeihen $32 \pm 7,7$ Arten je 25 m^2 , der Shannon-Wiener-Index beträgt im Mittel $3,1 \pm 0,3$. Gegenüber den anderen Goldhaferwiesen im Untersuchungsgebiet grenzt sich diese Gesellschaft durch folgenden Artenblock ab: *Dactylis glomerata* (IV), *Phyteuma hemisphaericum* (III), *Vicia cracca* (III), *Arabidopsis thaliana* (II), *Tragopogon orientalis* (II), *Trisetum flavescens* (II), *Bellardiochloa variegata* (I), *Carex caryophyllea* (I), *Lamium album* (I), *Laserpitium latifolium* (I), *Anthriscus sylvestris* (I), *Heracleum sphondylium* (I) und *Scabiosa lucida* (I). Hinzu treten noch zahlreiche andere Arten mit der Stetigkeit + oder r, welche nur in dieser Goldhaferwiese vorkommen. Die größte floristische Ähnlichkeit besteht zur Goldhaferwiese, welche im Raum Obergurgl (linke Talseite) ausgewiesen wurde mit 0,629, die geringste hingegen zur *Nardus stricta*-Ausbildung im Raum Venter Tal/Rofental mit 0,482.

Ad 2.2 Goldhaferwiese (*Trisetum flavescens*), Hochstaudenausbildung (vgl. Tab. 2)

Diese Ausbildung der Goldhaferwiese mit Hochstauden wurde durch 10 Aufnahmen im Raum Venter Tal/Rofental belegt. Der Bestandesschluss ist mit 100 % vollständig, abgesehen davon werden 8 % des Bodens von Moosen bedeckt (Unterluggauer 2003). Diese Wiesen liegen alle in der Umgebung von Vent. Die Höhenverbreitung schwankt nur zwischen 1880 und 1980 m NN, im Durchschnitt sind es $1912 \pm 27,0$ m. Mit einer Ausnahme stammen sie alle von der orographisch rechten Talseite des Venter Tales mit einer vorwiegenden Exposition von West bis Nordwest. Die Flächen sind eben bis mäßig steil (Hangneigungen zwischen 2° und 28°), der pH-Wert schwankt zwischen 4,3 und 5,3 bei einem Mittelwert von 4,8. Damit ist diese Ausbildung der am wenigsten saure Wiesentyp Raum Venter Tal/Rofental (Unterluggauer 2003). Im Durchschnitt wachsen nur $26 \pm 3,7$ Arten je 25 m^2 , der Shannon-Wiener-Index beträgt ebenfalls nur $2,8 \pm 0,2$. Die Hochstaudenausbildung der Goldhaferwiese ist gegenüber den anderen Goldhaferwiesen durch folgenden Artenblock unterschieden: *Peucedanum ostruthium* (V), *Agrostis agrostiflora* (IV), *Veronica serpyllifolia* (III), *Chrysosplenium alternifolium* (II), *Chaerophyllum hirsutum* (I) und *Pedicularis recutita* (I). Folgende weitere Arten treten innerhalb der Goldhaferwiesen nur hier auf allerdings mit einer geringen Stetigkeit (+): *Alopecurus geniculatus*, *Cirsium oleraceum*, *Knautia longifolia*, *Lathyrus pratensis* und *Poa supina*. Besonders die Hochstauden *Alchemilla vulgaris* agg. (V), *Rumex alpestris* (V) und *Peucedanum ostruthium* (V) sowie die Gräser *Phleum rhaeticum* (V), *Anthoxanthum odoratum* agg. (V), *Agrostis capillaris* (V) und *Agrostis agrostiflora* (IV) weisen in Durchschnitt auffallend hohe Deckungswerte auf. Die stärkste floristische Ähnlichkeit besteht zur typischen Ausbildung der Goldhaferwiese (*Trisetum flavescens*) mit 0,623, die geringste hingegen zur *Nardus stricta*-Ausbildung mit 0,475.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Ad 2.3 Goldhaferwiese (*Trisetetum flavescens*), *Carex nigra*-Ausbildung (vgl. Tab. 2)

Zu dieser Ausbildung gehören 7 Vegetationsaufnahmen aus dem Raum Venter Tal/Rofental. Dominiert wird der Bestand von *Carex nigra* (V), *Juncus filiformis* (V) ist subdominant. Diese Ausbildung ist durch zahlreiche Feuchtigkeitszeiger, wie z.B. *Cardamine amara* (III), *Geum rivale* (II) und *Veronica alpina* (II) charakterisiert. Das Vorherrschen von Grasartigen weist auf die Ähnlichkeit dieser extrem feuchten Wiesen zu den Niedermooren hin (Unterluggauer 2003). Diese Wiesen reichen von 1870 bis 2050 m NN, im Durchschnitt sind es $1978 \pm 69,9$ m. Sie sind sowohl in Süd- bis Südostexposition auch als in Nordwest- bis Nordexposition anzutreffen und stammen aus der Umgebung von Vent und aus dem Rofental. Die Flächen sind mit $99 \pm 3,8$ % durchschnittlicher Deckung nahezu vollständig geschlossen. Die durchschnittliche Artenzahl beträgt nur $26 \pm 6,1$ Arten je 25 m² und weist auf einen artenarmen Wiesentyp hin. Der mittlere Shannon-Wiener-Index liegt bei $2,7 \pm 0,4$. Sie sind die feuchtesten Wiesenflächen, die im Einflussbereich von hochanstehendem oder austretendem Grundwasser, oft auch in unmittelbarer Nähe kleiner Wiesenbäche oder Entwässerungsgräben liegen. Mit einer durchschnittlichen Neigung von 10° sind sie recht flach. Der durchschnittliche pH-Wert beträgt 4,0 und weist auf einen relativ sauren Boden hin (Unterluggauer 2003). Die *Carex nigra*-Ausbildung grenzt sich durch folgenden Artenblock gegenüber den anderen Goldhaferwiesen im Untersuchungsgebiet ab: *Juncus filiformis* (V), *Cardamine armara* (III), *Geum rivale* (II), *Carex brunnescens* (I), *Dactylorhiza maculata* (I), *Epilobium nutans* (I), *Equisetum arvense* (I), *Knautia maxima* (I), *Rhinanthus minor* (I) und *Triglochin palustre* (I). Die größte floristische Ähnlichkeit besteht mit 0,590 zur Goldhaferwiese, welche im Raum Obergurgl (linke Talseite) ausgewiesen wurde, die geringste hingegen besteht zur typischen Ausbildung der Goldhaferwiese (*Trisetetum flavescens*) im Raum Venter Tal/Rofental mit 0,550.

Ad 2.4 Goldhaferwiese (*Trisetetum flavescens*), *Nardus stricta*-Ausbildung

Diese Ausbildung ist durch 7 Aufnahmen im Raum Venter Tal/Rofental belegt. Es finden sich Kennarten der Borstgrasrasen wie *Nardus stricta* (V), *Potentilla erecta* (III) und *Luzula multiflora* (III). Auch der Einfluss der Zwergstrauchheiden ist ersichtlich. Die Flächen sind sowohl hinsichtlich des Bewirtschaftungsregimes (beweidet, brach liegend) wie auch der Höhenlage (1910 bis 2280, im Durchschnitt $2070 \pm 147,0$ m NN) recht unterschiedlich. Hier lässt sich ein standörtlicher sowie floristischer Gradient von den Wiesen zu den Borstgrasrasen erkennen. Der mittlere pH-Wert von 4,5 weist diese Ausbildung als bodensauer aus (Unterluggauer 2003). Die Vegetation ist nahezu geschlossen (im Durchschnitt $97,14 \pm 3,93$ % Deckung), die mittlere Artenzahl beträgt $33 \pm 9,7$ Arten je 25 m². Der mittlere Shannon-Wiener-Index liegt bei $3,1 \pm 0,3$. Der Artenblock, welcher zur Differenzierung zu den anderen Goldhaferwiesen im Untersuchungsgebiet dient, weist eine große Anzahl von Arten auf. Folgende Arten haben mindestens Stetigkeitsklasse II: *Leontodon hispidus*

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

ssp. alpinus (V), *Persicaria vivipara* (IV), *Soldanella pusilla* (III), *Vaccinium vitis-idaea* (III), *Aconitum napellus* (II), *Carex pallescens* (II), *Hieracium glaciale* (II), *Homogyne alpina* (II), *Juniperus communis ssp. nana* (II), *Pinus cembra* (II), *Salix herbacea* (II), *Selaginella selaginoides* (II), *Vaccinium myrtillus* (II), *Calluna vulgaris* (II) und *Ranunculus nemorosus* (II). Die größte floristische Ähnlichkeit zeigt sich gegenüber der *Carex nigra*-Ausbildung mit 0,586, die geringste gegenüber Hochstaudenausbildung der Goldhaferwiese (*Trisetetum flavescentis*) mit 0,475.

Ad 2.5 Goldhaferwiese (*Trisetetum flavescentis*) im Raum Obergurgl, linke Talseite

Die Goldhaferwiesen auf der orographisch linken Talseite in Obergurgl wurden durch 36 Aufnahmen belegt. Die Höhenverbreitung reicht von 1839 bis 2200 m NN, im Durchschnitt sind es $1950 \pm 98,3$ m. Die Bestände sind dicht geschlossen, im Durchschnitt weisen sie eine Deckung von $97,6 \pm 3,0$ % auf. Die mittlere Artenzahl ist mit $23 \pm 6,2$ Arten je 25 m² als niedrig einzustufen, dementsprechend beträgt auch der durchschnittliche Shannon-Wiener-Index nur $2,5 \pm 0,3$. Der Artenblock zur Unterscheidung gegenüber den anderen Goldhaferwiesen im Untersuchungsgebiet umfasst lediglich folgende Arten: *Phyteuma betonicifolium* (III), *Trifolium pratense ssp. pratense* (II) und *Phleum pratense* (II). Hinzu kommt noch eine Reihe von Arten mit geringer Stetigkeit (höchstens Stetigkeitsklasse +), welche nur in diesem Goldhaferwiesen-Typ vorkommt wie z.B. *Willemetia stipitata* (+) und *Poa angustifolia* (+). Die Arten mit hervortretender Deckung sind *Agrostis capillaris* (V), *Festuca rubra* agg. (V), *Alchemilla vulgaris* agg. (V) und *Rumex alpestris* (V). Stete Arten mit durchschnittlich höherer Deckung sind außerdem *Geranium sylvaticum* (IV), *Trifolium repens* (IV), *Trifolium pratense ssp. nivale* (IV), *Deschampsia cespitosa* (IV), *Leontodon helveticus* (IV) und *Poa trivialis* (III) (Stetigkeit >50%, Deckung ≥ 10 %). Die größte floristische Ähnlichkeit zeigt sich gegenüber der typischen Ausbildung der Goldhaferwiese (*Trisetetum flavescentis*) im Raum Venter Tal/Rofental mit 0,629, die geringste aber zur *Nardus stricta*-Ausbildung mit 0,548.

Hinsichtlich der Bewirtschaftung überwiegen bei den Goldhaferwiesen die einschürigen Bestände, welche in etwas größerer Höhe liegen. Jene Wiesen die im Bereich des Talgrundes liegen, werden hingegen zweischürig bewirtschaftet. Die Düngung erfolgt entweder mit Festmist oder mit einer Kombination aus Festmist und Mineraldünger, wobei der Festmist im Herbst und der Mineraldünger im Frühjahr aufgebracht werden. In seltenen Fällen werden die Goldhaferwiesen heute mit Kühen und Pferden beweidet (Nagl 2007–2008).

4.3.1.3 Bürstlingsrasen (*Sieversio-Nardetum strictae*)

Die Bürstlingsrasen stellen einen sehr weit verbreiteten Vegetationstyp im Untersuchungsgebiet dar. Sie wurden durch insgesamt 182 Aufnahmen belegt. In Raum Obergurgl auf der rechten Talseite

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

betrug die Aufnahme­fläche je 1 m², überall sonst waren es 25 m². Es finden sich keine Arten, die eindeutig nur den Bürstlingsrasen zuzuordnen wären. *Nardus stricta* (V), *Ranunculus montanus* (IV) und *Euphrasia officinalis* ssp. *rostkoviana* (II) haben innerhalb des Untersuchungsgebietes in den Bürstlingsrasen ihren Verbreitungsschwerpunkt. Eine Reihe von seltenen Arten hat der Bürstlingsrasen mit den Goldhaferwiesen gemeinsam: *Leontodon autumnalis* (r), *Plantago lanceolata* (r), *Soldanella alpina* (r), *Hieracium aurantiacum* (r), *Equisetum arvense* (r) und *Hypericum maculatum* (r). Darüber hinaus sind noch folgende weitere Arten mit niedriger Stetigkeit mit den Zwergstrauchheiden gemeinsam: *Phleum alpinum* (I), *Nigritella nigra* (+), *Hieracium hoppeanum* (r), *Hieracium sphaerocephalum* (r), *Scabiosa columbaria* (r), *Trichophorum alpinum* (r), *Arctostaphylos alpinus* (r), *Danthonia decumbens* (r) und *Polygonatum verticillatum* (r).

In allen 182 Aufnahmen zusammen genommen wurden 260 verschiedene Arten nachgewiesen. Die floristische Ähnlichkeit ausgedrückt durch die Bray Curtis-Distanz (= quantitatives Ähnlichkeitsmaß) zu den Zwergstrauchheiden (0,684) und zum Horstseggenrasen (0,667) ist am größten, am geringsten ist sie im Vergleich zum Nacktriedrasen (0,150).

Die Bürstlingsrasen unterteilen sich in 11 einzelne Gesellschaften, die sich je nach Vorkommen im Untersuchungsgebiet in drei große Gruppen zusammengefasst wurden:

- Subalpin-alpine Borstgrasrasen – Obergurgl, rechte Talseite
- Bürstlingsrasen (Sieversio-Nardetum strictae) – Venter Tal/Rofental
- Bürstlingsrasen und zwergstrauchreicher Bürstlingsrasen – Obergurgl, linke Talseite

Anthoxanthum odoratum agg., *Potentilla aurea* und *Nardus stricta* treten in allen Bürstlingsrasen-Gesellschaften mit einer Stetigkeitsklasse von mindestens III auf. Weiters kommen noch folgende Arten, wenn auch teilweise mit geringen Stetigkeiten, in allen Bürstlingsrasen-Gesellschaften vor: *Festuca rubra* agg., *Homogyne alpina*, *Campanula scheuchzeri*, *Alchemilla vulgaris* agg., *Carex sempervirens*, *Poa alpina*, *Phyteuma hemisphaericum* und *Geum montanum*.

Im **Raum Obergurgl, rechte Talseite**, wurden subalpin-alpine Borstgrasweiden auf dem Schönwieskopf und im Hangbereich des Rotmoostales (SW-Hang) aufgenommen. Gemeinsame Arten dieser drei Standorte mit jeweils mindestens Stetigkeitsklasse IV sind *Anthoxanthum odoratum* agg., *Potentilla aurea*, *Nardus stricta*, *Festuca rubra* agg. und *Homogyne alpina*. Es existiert kein eigener Artenblock durch welchen sich diese Aufnahmen gegenüber den anderen Bürstlingsrasen-Gesellschaften eindeutig abgrenzen ließen.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Ad 4.1 Subalpiner Bürstlingsrasen mit *Agrostis capillaris*

Auf der subalpinen Weide im Ortsbereich von Obergurgl (1930 m) ist ein Borstgrasrasen mit hoher Dominanz von *Agrostis capillaris* (V) ausgebildet. Insgesamt belegen 6 Aufnahmen diese Gesellschaft. Der Artenreichtum ist mit $34 \pm 3,7$ Arten/m² als hoch anzusehen. Auch der Shannon-Wiener-Index gehört mit $3,0 \pm 0,2$ zu den höchsten im Untersuchungsgebiet. *Salix retusa* (IV), *Prunella vulgaris* (IV), *Carex capillaris* (III) und *Carex pallescens* (III) bilden einen recht kleinen Artenblock, der diese Gesellschaft gegenüber den anderen Borstgrasrasen abgrenzt. Gegenüber den Borstgrasrasen, die in größerer Höhe ausgebildet sind, fehlen hier *Leontodon helveticus* und *Euphrasia minima* agg. Weiters fehlen *Ligusticum mutellina*, *Festuca halleri*, *Agrostis rupestris*, *Carex nigra*, *Veronica alpina*, *Cetraria islandica* und Flechten an diesem Standort fast völlig auch die Moosschicht ist schwach ausgebildet. Der Boden ist zum Teil vernässt, worauf Nässezeiger wie *Parnassia palustris* (V), *Pinguicula leptoceras* (I) und *Willemetia stipitata* (I) hinweisen. Zwergsträucher wie *Calluna vulgaris* (II) und *Rhododendron ferrugineum* (I) finden sich vereinzelt, in der Umgebung (nicht jedoch in den Aufnahmeflächen) wachsen Gebüsche die von *Juniperus communis* ssp. *nana* dominiert werden. Hochstauden wie *Geranium sylvaticum* (III) kommen vereinzelt vor. Insgesamt fällt die Bedeutung der Leguminosen, vor allem von *Trifolium pratense* ssp. *nivale* (V) und *Lotus corniculatus* (V) besonders auf. Die größte floristische Ähnlichkeit (Bray Curtis-Distanz) besteht zu den alpinen Borstgrasweiden mit Nässezeigern im Raum Obergurgl, rechte Talseite mit 0,577, die geringste zu den trockenen, flechten- und moosreichen alpinen Borstgrasweisen im selben Gebiet mit 0,299. Das etwa 1 ha große Gebiet ist eingezäunt und wird von Ende Juni bis Anfang August von 6 Kühen beweidet.

Ad 4.2 Alpiner Bürstlingsrasen mit Nässezeigern

Diese Gesellschaft ist im Raum Obergurgl, rechte Talseite im Rotmoostal in der alpinen Stufe an der SW-Hangseite ca. 200 vor dem Gletschervorfeld ausgebildet. Sie befindet sich auf 2400 m und ist durch 6 Aufnahmen belegt. Der durchschnittliche Artenreichtum von $31 \pm 5,7$ Arten je m² ist als hoch zu bewerten. Auch der Shannon-Wiener-Index ist mit $3,0 \pm 0,2$ deutlich erhöht. Diese alpine Borstgrasweide wird von *Nardus stricta* (V) klar dominiert. Allerdings existiert nur ein kleiner Artenblock, der aus *Salix serpyllifolia* (II) und *Sagina saginoides* (I) besteht und diese Gesellschaft nur schwach gegen die anderen Bürstlingsrasen-Typen im Untersuchungsgebiet abgrenzt. Nässezeiger wie *Parnassia palustris* (I), *Pinguicula leptoceras* (I) und *Juncus jacquinii* (I) weisen auf den Einfluss von Hangwasser hin. Auch ein Einfluss aus den umgebenden Zwergstrauchheiden ist gegeben, z.B. durch *Calluna vulgaris* (III), *Vaccinium vitis-idaea* (III) und *Arctostaphylos uva-ursi* (I). Die für Steinböden typische *Kobresia myosuroides* (II) weist auf die Flachgründigkeit des Bodens hin. Auch Leguminosen sind bedeutsam, vor allem *Trifolium pratense* ssp. *nivale* (IV) und *Lotus corniculatus*

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

(V). Die größte floristische Ähnlichkeit (Bray Curtis-Distanz) besteht zum Bürstlingsrasen (Sieversio-Nardetum strictae), Ausbildung mit *Veronica alpina* im Raum Venter Tal/Rofental mit 0,638, die geringste Ähnlichkeit ergibt sich zum Bürstlingsrasen, Ausbildung mit *Carex ericetorum* mit 0,339. Dieser Bürstlingsrasen wird während der gesamten Vegetationsperiode von 500 Schafen aber auch von ca. 25–30 Haflingern beweidet, die sich im gesamten Gebiet aufhalten.

Ad 4.3 Trockener flechten- und moosreicher alpiner Bürstlingsrasen

Dieser Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl, rechte Talseite charakterisiert den Schönwieskopf zwischen 2250 und 2300 m und ist durch 24 Aufnahmen belegt. Der durchschnittliche Artenreichtum liegt bei $21 \pm 2,6$ Arten je m^2 und fällt damit deutlich geringer aus als in der subalpinen Stufe und im Hangbereich des Rotmoostales, auch der Shannon-Wiener-Index von $2,5 \pm 0,1$ ist niedriger. Abgesehen von *Nardus stricta* (V) dominieren noch *Leontodon helveticus* (V), *Potentilla aurea* (V) *Anthoxanthum odoratum* agg. (V) und *Ligusticum mutellina* (IV). Dieser Bürstlingsrasen wird durch einen kleinen Artenblock bestehend aus *Polytrichum* sp. (V), *Luzula sudetica* (IV) und *Gnaphalium supinum* (III) nur undeutlich gegenüber den anderen Gesellschaften differenziert. Abgesehen davon kommen *Hieracium pilosum* (+) und *Gentiana bavarica* (+) nur in dieser Bürstlingsrasen-Gesellschaft vor. Auffallend sind das Hervortreten von Flechten, v.a. *Cladonia arbuscula* (V) und *Cetraria islandica* (V), zum Teil auch Krusten- und Staufflechten (I), sowie von verschiedenen Moosen, von denen viele zur Gattung *Polytrichum* zählen. *Carex curvula* (II) erlangt hier stellenweise eine gewisse Bedeutung. Hinzu kommen auch niederliegende Arten, die für Schneetälchen typisch sind, z.B. *Gnaphalium supinum* (III) und *Sibbaldia procumbens* (+). Die größte floristische Ähnlichkeit (Bray Curtis-Distanz) besteht zum Bürstlingsrasen, Ausbildung mit *Veronica alpina* im Raum Venter Tal/Rofental mit 0,500, die geringste Ähnlichkeit hingegen zum Bürstlingsrasen, Ausbildung mit *Carex ericetorum* mit 0,195. Dieser Bürstlingsrasen wird während der gesamten Vegetationsperiode von 500 Schafen, 50 Ziegen und ca. 25–30 Haflingern beweidet.

Im **Raum Venter Tal/Rofental** wurde ein Bürstlingsrasen (Sieversio-Nardetum strictae), das durch 54 Aufnahmen belegt ist, ausgewiesen, wobei es sich floristisch um einen eher heterogenen Vegetationstyp handelt. Die Bürstlingsrasen im Venter Tal und Rofental weisen eine durchschnittliche Deckung von 89 % auf und sind damit meist dicht geschlossen. Auf den steileren Flächen allerdings sind die Deckungswerte geringer, die Grasnarbe ist dort schütterer (Unterluggauer 2003). Der Bürstlingsrasen (Sieversio-Nardetum strictae) ist auf der subalpinen und unteren alpinen Stufe verbreitet. Die mittlere NN beträgt 2316 m (von 1910 bis 2550 m), die meisten Flächen liegen zwischen 2000 und 2500 m. Es werden alle Expositionen bewachsen, die meisten Flächen sind jedoch zwischen Südost und Nordwest anzutreffen. Die mittlere Hangneigung beträgt

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

26°, die Abweichungen von diesem Mittelwert sind relativ gering. Der Boden weist einen durchschnittlichen pH-Wert von 4,3 auf und ist als sauer zu bezeichnen; die Schwankungsbreite ist dabei gering. Der Bürstlingsrasen (*Sieversio-Nardetum strictae*) ist in zwei Subassoziationen – die typische und die von *Kobresia myosuroides* – gegliedert, wobei insgesamt 6 Ausbildungen unterschieden werden (Unterluggauer 2003).

Die **Subassoziation typicum** umfasst 39 Vegetationsaufnahmen. Diese Rasen werden von *Nardus stricta* und *Festuca rubra* agg. dominiert. Die typische Subassoziation ist in 4 Ausbildungen gegliedert, die sich durch ihre Höhenlage, die Bewirtschaftung und die Bodenfeuchte unterscheiden (Unterluggauer 2003).

Ad 4.4 Bürstlingsrasen (*Sieversio-Nardetum strictae*), Subassoziation typicum, Ausbildung mit *Carex ericetorum*

Diese Ausbildung ist durch 8 Aufnahmen belegt. Hier tritt eine Reihe von thermophilen Differentialarten auf. Die Ausbildung mit *Carex ericetorum* bildet eher kleinflächige Bestände in der subalpinen Stufe, oft umgeben von Junipero-Arctostaphyleten. Die Beweidung ist intensiv, vor allem im Bereich des Talbodens, außerdem wurden ehemals diese Flächen abgebrannt (Unterluggauer 2003). Die Höhenverbreitung reicht von 1910 bis 2170 m NN, im Durchschnitt sind es $2023 \pm 106,8$ m. Mit durchschnittlich $90 \pm 8,9$ % Deckung sind diese Bestände gut geschlossen, wobei dichte *Nardus*-Matten auffallen. Die Exposition reicht von Nordost bis Südwest; es gibt flache Bestände wie ebenso mit mäßiger Steilheit von 20 bis 28°. Mit einem mittleren pH-Wert von 4,4 ist diese Ausbildung innerhalb des Nardetums die am wenigsten saure (Unterluggauer 2003). Die mittlere Artenzahl beläuft sich auf $40 \pm 11,3$ Arten je 25 m², der durchschnittliche Shannon-Wiener-Index auf $0,9 \pm 0,1$. Gegenüber den anderen Bürstlingsrasen-Gesellschaften wird die Ausbildung mit *Carex ericetorum* durch folgenden Artenblock abgegrenzt: *Veronica chamaedris* (IV), *Ranunculus nemorosus* (IV), *Carex leporina* (II), *Euphorbia cyparissias* (II), *Scabiosa lucida* (II), *Leucanthemum irtutianum* (II), *Veronica officinalis* (II), *Carex digitata* (I), *Sedum annum* (I), *Thlaspi caerulescens* (I), *Tragopogon orientalis* (I), *Vicia cracca* (I), *Plantago lanceolata* (I) und *Poa pratensis* (I). Die stärkste floristische Ähnlichkeit (Bray Curtis-Distanz) besteht zur typischen Ausbildung des Bürstlingsrasens im selben Gebiet mit 0,619, die geringste hingegen zum trockenen flechten- und moosreichen Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl, rechte Talseite mit 0,195.

Ad 4.5 Bürstlingsrasen (*Sieversio-Nardetum strictae*), Subassoziation typicum, typische Ausbildung

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Zu dieser Ausbildung gehören 12 Aufnahmen. Die Rasen sind am Sonnenhang in der subalpinen und unteren alpinen Stufe als mehr oder weniger große Raseninseln der Zwergstrauchheide eingestreut. Vermutlich sind es ehemalige Bergmähder, alle Flächen werden jedoch heute mit Schafen beweidet. Die Bestandesdeckung beträgt im Durchschnitt $85 \pm 17,7$ % wobei *Nardus stricta* den Bestand bildet. Die Zwergsträucher sind im Verhältnis mit ca. 10 % gering beteiligt. Diese Ausbildung vermittelt in Richtung tiefer gelegenen und wärmegetönten Rasen, doch es treten auch Arten der oberen alpinen Stufe hinzu (Unterluggauer 2003). Diese Ausbildung reicht von 2040 bis 2450 m NN, im Durchschnitt sind es $2246 \pm 133,8$ m. Sie wächst im Raum Venter Tal/Rofental auf den Sonnhängen der orographisch linken Talseite aber auch in günstigen Lagen am gegenüberliegenden Hang. Meistens liegt eine Südost-Exposition vor. Die Hänge sind zwischen 15 und 30°, im Durchschnitt 24° geneigt (Unterluggauer 2003). Die mittlere Artenzahl ist mit $52 \pm 6,1$ Arten je 25 m² für einen Bürstlingsrasen recht hoch, was auch durch den erhöhten Shannon-Wiener-Index von $3,7 \pm 0,2$ verdeutlicht wird. Es dominiert *Nardus stricta* (V), subdominant ist *Festuca rubra* agg. (V). Es lässt sich kein eigener Artenblock erkennen, durch welchen die typische Ausbildung gegenüber den anderen Bürstlingsrasen-Gesellschaften im Untersuchungsgebiet eindeutig abgegrenzt wird. Einzig *Arenaria marschlinsii* (+), *Hieracium aurantiacum* (+) und *Linaria alpina* (+) treten innerhalb der Bürstlingsrasen nur in dieser Gesellschaft auf, haben allerdings eine geringe Stetigkeit. Die stärksten floristischen Bezüge zeigen sich zum zwergstrauchreichen Bürstlingsrasen, welcher im Raum Obergurgl, linke Talseite ausgebildet ist mit 0,663, die geringste Ähnlichkeit besteht zum trockenen flechten- und moosreichen Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl, rechte Talseite mit 0,297.

Ad 4.6 Bürstlingsrasen (Sieversio-Nardetum strictae), Subassoziation typicum, Ausbildung mit *Juncus trifidus*

Diese Ausbildung ist durch 12 Aufnahmen belegt. Zwei der Flächen sind sehr zwergstrauchreich. Dieser Rasentyp grenzt sich gegenüber den anderen floristisch als hochgelegene Gesellschaften ab; die meisten der Untersuchungsflächen befinden sich in der unteralpinen Stufe (Unterluggauer 2003). Die Höhenverbreitung reicht von 2295 bis 2550 m NN, im Mittel sind es $2430 \pm 110,0$ m. Die Exposition reicht von Ost bis Süd, bevorzugt ist jedoch Südost. Die Hangneigung beträgt im Durchschnitt 30°, der pH-Wert des Bodens beläuft sich im Mittel auf 4,1. Da diese Bestände sehr schwer erreichbar sind, handelt es sich um keine ehemaligen Mahdflächen. Sie werden unterschiedlich intensiv von Schafen beweidet (Unterluggauer 2003). Die Rasen sind mäßig gut geschlossen; die mittlere Deckung beträgt $83 \pm 9,2$ %. Der Artenreichtum ist nun wieder geringer und beläuft sich auf durchschnittlich $39 \pm 7,8$ Arten je 25 m². Der mittlere Shannon-Wiener-Index ist jedoch mit $3,2 \pm 0,4$ noch recht hoch. Es herrscht *Nardus stricta* (V) sehr deutlich, unter den

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Zwergsträuchern erlangt *Vaccinium myrtillus* (II) im Durchschnitt recht hohe Deckungswerte. Lediglich *Lycopodium alpinum* (II) kommt nur in diesem Bürstlingsrasen-Typ mit mittlerer Stetigkeit vor. Folgende weitere Arten treten ebenfalls nur hier auf, allerdings mit geringer Stetigkeit: *Cladonia rangiferina* (+), *Festuca trichophylla* (+), *Loiseleuria procumbens* (+), *Saxifraga exarata* (+), *Sedum alpestre* (+) und *Stereocaulon alpinum* (+). Die stärkste floristische Ähnlichkeit ergibt sich zur typischen Ausbildung des Bürstlingsrasens mit 0,623, die geringste Ähnlichkeit zeigt sich gegenüber dem subalpinen Bürstlingsrasen mit *Agrostis capillaris* im Raum Obergurgl, rechte Talseite mit 0,352.

Ad 4.7 Bürstlingsrasen (Sieversio-Nardetum strictae), Subassoziation typicum, Ausbildung mit *Veronica alpina*

Diese Ausbildung ist durch 9 Aufnahmen belegt. Diese Bestände sind größtenteils aufgelassene Bergmähder der subalpinen und unteren alpinen Stufe, aber es finden sich darunter auch niemals gemähte Rasen in Mulden oder flachen Rinnen (Unterluggauer 2003). Die Höhenverbreitung reicht von 2065 bis 2450 m NN, im Mittel sind es $2330 \pm 134,3$ m. Auf die Artenzusammensetzung wirkt sich die erhöhte Bodenfeuchtigkeit aus. Aufgrund der höheren Bodenfeuchte ist auch die mittlere Bestandesdeckung mit $96 \pm 5,3$ % sehr hoch. Diese Gesellschaft wächst vor allem auf der orographisch linken Hangseite des Venter- und Rofentales, die bevorzugte Exposition ist Südost. Die mittlere Neigung fällt mit 22° recht gering aus, der durchschnittliche pH-Wert des Bodens beträgt 4,2 (Unterluggauer 2003). Die durchschnittliche Artenzahl von $33 \pm 7,8$ Arten je m^2 ist als eher gering einzustufen. Der mittlere Shannon-Wiener-Index liegt bei $3,0 \pm 0,5$. Der Bestand wird sehr deutlich von *Nardus stricta* (V) dominiert. Außerdem erreicht *Festuca rubra* agg. (IV) einen auffällig hohen mittleren Deckungswert. Folgender Artenblock grenzt diese Bürstlingsrasen-Gesellschaft gegenüber den anderen im Untersuchungsgebiet ab: *Carum carvi* (II), *Hieracium lactucella* (I), *Hylocomnium splendens* (I), *Poa minor* (I) und *Viola palustris* (I). Die größte floristische Ähnlichkeit (Bray Curtis-Distanz) besteht zum alpinen Bürstlingsrasen mit Nässezeigern im Raum Obergurgl, rechte Talseite mit 0,638, die geringste zur Ausbildung mit *Carex ericetosum* des Bürstlingsrasens im Raum Venter Tal/Rofental (4.4) mit 0,403.

Zur **Subassoziation kobresietosum myosuroides** zählen 13 Vegetationsaufnahmen. Die sonst so stark deckenden Arten *Nardus stricta* und *Festuca rubra* agg. haben hier nicht mehr eine so große Bedeutung. Diese Subassoziation ist auf der orographisch rechten Hangseite des Venter Tales bzw. auf dem Ramolkogel-Westhang ausgebildet. Die beiden Ausbildungen unterscheiden sich v.a. durch der Höhenlage.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Ad 4.8 Bürstlingsrasen (Sieversio-Nardetum strictae), Subassoziation kobresietosum myosuroides, Ausbildung mit *Agrostis schraderiana*

Diese Ausbildung ist durch 6 Aufnahmen belegt. Sie wächst in Rinnen in der unteren alpinen Stufe an den westexponierten Hängen des Ramolkogels (Unterluggauer 2003). Die Höhenverbreitung bewegt sich zwischen 2410 und 2510 m NN, im Mittel sind es $2469 \pm 32,6$ m. Mit einer durchschnittlichen Deckung von $93 \pm 2,6$ % sind diese Bestände recht dicht geschlossen. Die mittlere Hangneigung beläuft sich auf 30° , der mittlere pH-Wert des Bodens auf 4,2. Die Flächen werden von Schafen beweidet. Die Exposition ist einheitlich West bis Nordwest (Unterluggauer 2003). Die durchschnittliche Artenzahl weist mit $49 \pm 5,3$ Arten je 25 m^2 einen mittleren Wert auf, der Shannon-Wiener-Index ist jedoch mit $3,8 \pm 0,1$ als hoch einzustufen. Folgender Artenblock grenzt diese Gesellschaft gegenüber den anderen Bürstlingsrasen im Untersuchungsgebiet deutlich ab: *Cirsium spinosissimum* (V), *Alchemilla fissa* (V), *Agrostis agrostiflora* (V), *Salix herbacea* (IV), *Peltigera aphthosa* (III), *Phleum commutatum* (III) und *Primula glutinosa* (I). Die größte floristische Ähnlichkeit (Bray Curtis-Distanz) ergibt sich zur Ausbildung mit *Veronica alpina* des Bürstlingsrasens mit 0,594, die geringste zur Ausbildung mit *Carex ericetosum* mit 0,252.

Ad 4.9 Bürstlingsrasen (Sieversio-Nardetum strictae), Subassoziation kobresietosum myosuroides, Ausbildung mit *Potentilla crantzii*

Diese Ausbildung wurde durch 7 Aufnahmen belegt. Die Höhenverbreitung liegt zwischen 2260 und 2440 m NN, im Durchschnitt sind es $2339 \pm 78,6$ m, die Bestände befinden sich also in der subalpinen und unteren alpinen Stufe. Die Gesellschaft ist am orographisch rechten Hang in Nordwest bis Südwest-Richtung im Raum Venter Tal/Rofental ausgebildet. Die mittlere Hangneigung beträgt 34° , der durchschnittliche pH-Wert des Bodens 4,8 (Unterluggauer 2003). Der Bestand ist mit durchschnittlich $90 \pm 5,0$ % Deckung gut geschlossen. Auffällig ist die hohe mittlere Artenzahl von $58 \pm 7,9$ Arten je 25 m^2 wobei auch der durchschnittliche Shannon-Wiener-Index von $3,9 \pm 0,2$ hoch ausfällt. Es dominieren hinsichtlich ihrer Deckung *Kobresia myosuroides* (V) und *Festuca rubra* agg. (III). Folgender Artenblock grenzt diese Gesellschaft gut gegenüber den anderen Bürstlingsrasen im Untersuchungsgebiet ab: *Senecio doronicum* (III), *Lloydia serotina* (III), *Saxifraga paniculata* (III), *Aconitum napellus* (II), *Minuartia gerardii* (II), *Comastoma tenellum* (II), *Gentiana brachyphylla* (II), *Thamnia vermicularis* (II), *Arctostaphylos alpinus* (I), *Festuca picturata* (I), *Poa nemoralis* (I) und *Saussurea alpina* (I). Die größte floristische Ähnlichkeit besteht zur typischen Ausbildung des Bürstlingsrasens mit 0,591, die geringste hingegen zum trockenen flechten- und moosreichen Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl, rechte Talseite mit 0,269.

Schließlich wurden im **Raum Obergurgl auf der linken Talseite** noch zusätzlich zwei Typen von Bürstlingsrasen ausgewiesen.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Ad 4.10 Subalpiner Bürstlingsrasen

Der subalpine Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl, linke Talseite ist durch insgesamt 44 Aufnahmen belegt. Die Höhenverbreitung reicht von 1879 bis 2354 m NN, im Durchschnitt sind es $2049 \pm 130,4$ m. Die Bestände sind recht gut geschlossen, im Mittel beträgt die Deckung $91 \pm 6,0$ %. Die mittlere Artenzahl beläuft sich auf $37 \pm 8,7$ Arten je 25 m^2 und ist als im Verhältnis niedrig einzustufen; der durchschnittliche Shannon-Wiener-Index liegt bei $2,9 \pm 0,3$. Abgesehen von der dominanten *Nardus stricta* (V) treten auch *Festuca rubra* agg. (V) und *Agrostis capillaris* (V) besonders hervor. Es gibt jedoch nur wenige Arten, welche diese Gesellschaft gegenüber den anderen Bürstlingsrasentypen abgrenzen: *Crepis conyzifolia* (II), *Thymus pulegioides* (II), *Scabiosa columbaria* (I) und *Soldanella alpina* (I). Eine große Anzahl von weiteren Arten wie *Poa trivialis* (+) kommt innerhalb der Bürstlingsrasen nur hier vor, 19 Arten davon weisen jedoch nur die niedrigste Stetigkeitsklasse r auf. Die größte floristische Ähnlichkeit (Bray Curtis-Distanz) besteht eindeutig zum zwergstrauchreichen Bürstlingsrasen im selben Raum mit 0,704, die geringste Ähnlichkeit hingegen zum trockenen flechten- und moosreichen Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl auf der rechten Talseite mit 0,255.

Nur knapp ein Viertel der Aufnahmeflächen dieses Bürstlingsrasen werden aktuell noch halbschürig bewirtschaftet, wobei die Flächen im Frühjahr mit Mineraldünger und im Herbst mit Mist gedüngt werden. Ca. ein Drittel der Flächen dient heute als Weide für Kühe und Pferde. Genau die Hälfte der Flächen sind jedoch inzwischen brach gefallen. Zumeist handelt es sich um alte Brachen, die seit Jahrzehnten nicht mehr gemäht werden. Teilweise werden sie heute durch Schafe beweidet (Nagl 2007–2008).

Ad 4.11 Zwergstrauchreicher Bürstlingsrasen

Der zwergstrauchreiche Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl, linke Talseite vermittelt zur Zwergwacholderheide und ist durch 12 Aufnahmen belegt. Er ist zwischen 2050 und 2424 m NN, im Durchschnitt auf $2215 \pm 128,1$ m, ausgebildet. Der Bestand ist weniger dicht geschlossen, im Mittel beträgt die Deckung $85 \pm 9,8$ %. Die mittlere Artenzahl von $40 \pm 7,1$ Arten je 25 m^2 ist als eher gering einzustufen. Der durchschnittliche Shannon-Wiener-Index liegt bei $3,1 \pm 0,4$. Es dominiert *Nardus stricta* (V), aber auch *Geum montanum* (V) und *Festuca rubra* agg. (V) treten hervor. Lediglich *Hieracium sphaerocephalum* (II) grenzt diesen Bürstlingsrasen gegenüber den anderen im Untersuchungsgebiet ab. Abgesehen davon kommt einzig *Trichophorum alpinum* (+) innerhalb der Bürstlingsrasen nur hier vor, allerdings mit geringer Stetigkeit. Die größte floristische Ähnlichkeit (Bray Curtis-Distanz) ist gegenüber dem Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl, linke Talseite mit

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

0,704 gegeben, die geringste zum trockenen flechten- und moosreichen Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl, rechte Talseite mit 0,320.

Diese Flächen sind überwiegend alte Brachen die seit 30 Jahren und manchmal deutlich länger nicht mehr bewirtschaftet werden. Einige werden mit Schafen aktuell beweidet. Nur bei zwei dieser Flächen handelt es sich um Weiden mit Kühen und Pferden (Nagl 2007–2008).

4.3.1.4 Zwergstrauchheiden

Im Raum Obergurgl auf der rechten und linken Talseite sowie im Raum Venter Tal/Rofental wurden verschiedene Typen von Zwergstrauchheiden untersucht. Sie sind durch insgesamt 64 Vegetationsaufnahmen zwischen je 1 und 50 m² Aufnahme­fläche belegt worden. Durch folgende Artengruppe grenzen sich die Zwergstrauchheiden gegenüber den anderen Vegetationstypen im Untersuchungsgebiet ab: *Vaccinium vitis-idaea* (V), *Juniperus communis* ssp. *nana* (IV), *Laserpitium halleri* (III), *Solidago virgaurea* ssp. *minuta* (III), *Antennaria dioica* (III), *Pinus cembra* (II), *Melampyrum sylvaticum* (II), *Senecio doronicum* (II), *Gymnadenia conopsea* (II), *Ranunculus nemorosus* (II), *Rhododendron ferrugineum* (II), *Euphorbia cyparissias* (I), *Aconitum napellus* (I), *Gentiana punctata* (I) und *Hylocomnium splendens* (I). Eine größere Gruppe von Arten mit sehr geringen Stetigkeitswerten kommt nur in den Zwergstrauchheiden vor: *Allium senescens* ssp. *monanus* (+), *Hieracium murorum* (+) und *Luzula sylvatica* (+) sowie 20 weitere Arten mit der niedrigsten Stetigkeitsklasse r. Folgende weitere Arten haben innerhalb des Untersuchungsgebietes in den Zwergstrauchheiden ihren Verbreitungsschwerpunkt: *Vaccinium myrtillus* (IV), *Avenella flexuosa* (IV), *Luzula luzuloides* (III), *Calluna vulgaris* (III), *Trifolium montanum* (II), *Helianthemum ovatum* (II), *Loiseleuria procumbens* (II) und *Pedicularis tuberosa* (II).

In allen 64 Aufnahmen zusammen genommen wurden 254 verschiedene Arten nachgewiesen. Die floristische Ähnlichkeit ausgedrückt durch die Bray Curtis-Distanz (= quantitatives Ähnlichkeitsmaß) ist am größten zu den Bürstlingsrasen (0,684) und zum Horstseggenrasen (0,615), am geringsten ist sie im Vergleich zum Nacktiedrasen (0,130).

Die Zwergstrauchheiden lassen sich in folgende größere Gruppen unterteilen:

- Krähenbeerenheiden – Obergurgl rechte Talseite, Venter Tal/Rofental
- Zwergwacholderheide – Obergurgl linke Talseite
- flechtenreiche Alpenazaleen-Windheide – Obergurgl rechte Talseite
- Schweizerweidenbusch (*Salicetum helveticae*) – Venter Tal/Rofental
- Wacholder-Bärentraubenheiden (*Junipero-Arctostaphyletum*) – Venter Tal/Rofental

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Folgende Arten kommen in allen Zwergstrauchheiden des Untersuchungsgebietes vor und weisen meistens eine Stetigkeitsklasse von mehr als III auf: *Vaccinium vitis-idaea*, *Juniperus communis* ssp. *nana*, *Avenella flexuosa*, *Avenula versicolor*, *Vaccinium myrtillus*, *Anthoxanthum odoratum* agg., *Festuca rubra* agg., *Phyteuma hemisphaericum*, *Potentilla aurea*, *Festuca halleri* und *Campanula scheuchzeri*.

Ad 4.1 Krähenbeerenheide im Raum Obergurgl

Diese azidophile Krähenbeerenheide befindet sich im Raum Obergurgl, rechte Talseite auf 2050 m NN im Bereich eines Oberhanges und ist durch 6 Aufnahmen belegt worden. Durchschnittlich wachsen $22 \pm 3,5$ Arten pro m^2 , der Shannon-Wiener-Index beträgt $2,6 \pm 0,2$. Zwergsträucher wie *Empetrum hermaphroditum* (V), *Vaccinium gaultherioides* (V), *Vaccinium vitis-idaea* (V) und *Vaccinium myrtillus* (V) dominieren hier eindeutig. Gegenüber den anderen Zwergstrauchheiden im Untersuchungsgebiet ist die Krähenbeerenheide lediglich durch *Phleum alpinum* agg. (I) sehr schwach abgegrenzt. Moose sind stetig vorhanden, bedecken jedoch keine größeren Flächen; Flechten spielen eine geringe Rolle. Das starke Vorkommen der Krähenbeere deutet auf sauren Rohhumus hin.

Die floristische Ähnlichkeit ausgedrückt durch das qualitative Maß (Bray Curtis-Distanz) ist gegenüber der Krähenbeerenheide (*Empetro-Vaccinietum gaultherioides*) im Raum Venter Tal/Rofental mit 0,483 am größten, am geringsten ist sie zur Ausbildung mit *Juniperus sabina* der Wacholder-Bärentraubenheide (*Junipero-Arctostaphyletum*) im Raum Venter Tal/ Rofental mit 0,219.

Ad 4.2 Krähenbeerenheide (*Empetro-Vaccinietum gaultherioides*) im Raum Venter Tal/ Rofental

Dieser Zwergstrauch-Assoziation wurden insgesamt 9 Aufnahmen zugeordnet. Die Krähenbeerenheiden sind im Raum Venter Tal/Rofental nur relativ kleinflächig und selten ausgebildet. Sie gedeihen vor allem auf Schatthängen. Die Aufnahmen wurden alle vom orographisch rechten Hang des Rofentales gemacht. Zwischen den Viehweiden im Tal und den oben anschließenden Rasen, Fels- und Schuttfuren des Schatthanges nehmen diese Zwergstrauchheiden nur einen schmalen Gürtel ein (Unterluggauer 2003). Die Höhenamplitude reicht von 2100 bis 2310 m NN, im Mittel sind es $2187 \pm 85,4$ m. Die Expositionen reichen von Nordost über Nord bis Nordwest. Die Hangneigung beträgt im Mittel 33° und sie schwanken zwischen 25° und 41° . Der pH-Wert des Bodens variiert von 3,2 bis 4,3 in einem recht weiten Bereich, im Durchschnitt liegt er bei 3,7 (Unterluggauer 2003). Der Bestand ist recht gut geschlossen, im Mittel erreicht die Deckung $82 \pm 15,0$ %. Der mittlere Artenreichtum liegt bei nur $37 \pm 4,9$ Arten je $25 m^2$, der Shannon-Wiener-Index noch bei $3,3 \pm 0,4$. Die vorherrschenden Arten sind *Vaccinium gaultherioides* (V),

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Empetrum hermaphroditum (V) und *Loiseleuria procumbens* (V). Durch folgenden Artenblock ist die Wacholder-Bärentraubenheide (*Empetro-Vaccinietum gaultherioides*) gegenüber den anderen Zwergstrauch-Gesellschaften im Untersuchungsgebiet gut abgegrenzt: *Hieracium alpinum* (III), *Artctostaphylos alpinus* (II), *Peltigera aphthosa* (II), *Luzula luzulina* (II), *Cetraria cucullata* (II), *Lonicera caerulea* (II), *Solorina crocea* (II), *Cardamine resedifolia* (I), *Doronicum clusii* (I), *Gnaphalium hoppeanum* (I), *Pinguicula leptoceras* (I) und *Primula glutinosa* (I).

Die stärkste floristische Ähnlichkeit (Bray Curtis-Distanz) besteht gegenüber dem Schweizerweidenbusch (*Salicetum helveticae*) mit 0,560 und zur flechtenreichen Alpenazaleen-Windheide mit 0,535. Die geringste Ähnlichkeit besteht hingegen zur Ausbildung mit *Juniperus sabina* der Wacholder-Bärentraubenheide (*Junipero-Arctostaphyletum*) mit 0,234.

Ad 4.3 Zwergwacholderheide

Die Zwergwacholderheide ist im Raum Obergurgl auf der orographisch linken Talseite durch 9 Aufnahmen belegt. Die Höhenverbreitung reicht von 1919 bis auf 2228 m NN, im Durchschnitt sind es $2076 \pm 107,0$ m. Die Heide ist wenig dicht geschlossen, im Mittel erreicht der Deckungsgrad $82 \pm 8,4$ %. Die durchschnittliche Artenzahl beträgt $39 \pm 5,8$ Arten je 25 m² und ist als eher niedrig einzuschätzen. Der mittlere Shannon-Wiener-Index beläuft sich auf $2,9 \pm 0,3$. Die dominierenden Arten sind *Nardus stricta* (V) und *Calluna vulgaris* (V), aber es treten besonders auch *Juniperus communis* ssp. *nana* (V) und *Vaccinium gaultherioides* (V) hervor. Folgender Artenblock trennt die Zwergwacholderheide gegenüber den anderen Zwergstrauch-Gesellschaften im Untersuchungsgebiet ab: *Hieracium hoppeanum* (IV), *Arnica montana* (IV), *Hypochaeris uniflora* (III), *Carex pallescens* (II), *Danthonia decumbens* (II), *Hieracium sphaerocephalum* (II), *Pseudorchis albida* (II), *Thymus pulegioides* (II), *Prunella vulgaris* (II), *Juncus jacquinii* (I), *Maianthemum bifolium* (I), *Nigritella nigra* (I) und *Scabiosa columbaria* (I).

Die größte floristische Ähnlichkeit (Bray Curtis-Distanz) besteht zur Ausbildung mit *Nardus stricta* der Wacholder-Bärentraubenheide (*Junipero-Arctostaphyletum*) mit 0,589, die geringste Ähnlichkeit zur flechtenreichen Alpenazaleen-Windheide mit 0,256.

Hinsichtlich ihrer Bewirtschaftung handelt es sich bei den Aufnahmen der Zwergwacholderheide überwiegend um alte Brachen, die seit 35 Jahren oder länger nicht mehr bewirtschaftet werden. Einige wenige Aufnahmeflächen dienen heute als Weiden für Kühe und Pferde (Nagl 2007–2008).

Ad 4.4 Flechtenreiche Alpenazaleen-Windheide

Diese bodensaure, windexponierte Zwergstrauchgesellschaft befindet sich im Bereich der Gurgler Heide und der Festkogel-Schipse im Raum Obergurgl, rechte Talseite auf durchschnittlich 2283 m

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

(2250–2350 m) NN und ist durch 9 Aufnahmen belegt. Im Durchschnitt wachsen dort $21 \pm 4,4$ Arten pro m^2 , wobei der Shannon-Wiener-Index einen Wert von durchschnittlich $2,6 \pm 0,2$ aufweist. Flechten wie *Cladonia arbuscula* (V) und *Cetraria islandica* (V), aber auch *Cetraria nivalis* (III), *Alectoria ochroleuca* (II) und *Cladonia stellaris* (II) sind für diese Gesellschaft charakteristisch. Abgesehen von *Loiseleuria procumbens* (V) ist unter den Zwergsträuchern vor allem auch *Vaccinium vitis-idaea* (V) von großer Bedeutung. Folgender Artenblock dient zur Abgrenzung gegenüber den anderen Zwergstrauch-Gesellschaften im Untersuchungsgebiet: *Carex curvula* (IV), *Cetraria ericetorum* (III), *Hieracium pilosum* (III) und *Cladonia stellaris* (II). Insgesamt sind auch die Moose von einiger Bedeutung. Abgesehen von weiteren Vertretern der Zwergstrauchheiden wie *Vaccinium gaultherioides* (IV), *Empetrum hermaphroditum* (II) und *Juniperus communis* ssp. *nana* (I) finden sich außerdem noch Arten aus den Bürstlingsrasen wie *Potentilla aurea* (III), *Ligusticum mutellina* (III) und *Nardus stricta* (II) sowie etwas weniger auch aus den Krummseggenrasen wie *Carex curvula* (IV) und *Senecio incanus* ssp. *carniolicus* (II).

Die stärkste floristische Ähnlichkeit (Bray Curtis-Distanz) zeigt sich zur Krähenbeerenheide (Empetro-Vaccinietum gaultherioides) im Raum Venter Tal/Rofental mit 0,535, die geringste Ähnlichkeit zur Ausbildung mit *Juniperus sabina* der Wacholder-Bärentraubenheide (Junipero-Arctostaphyletum) mit nur 0,124. Dieses Gebiet wird von Schafen während der gesamten Vegetationsperiode beweidet.

Ad 4.5 Schweizerweidenbusch (*Salicetum helveticae*)

Diese Zwergstrauch-Assoziation wurde durch lediglich 3 Aufnahmen im Raum Venter Tal/Rofental belegt. Kennzeichnend ist eine Reihe von Feuchtigkeitszeigern. Der Schweizerweidenbusch (*Salicetum helveticae*) kommt vor allem am orographisch rechten Hang des Rofentales, südwestlich von Vent, vor. Die Höhenverbreitung reicht von 2160 bis 2260 m NN, im Mittel sind es $2213 \pm 50,3$ m. Die Exposition reicht von Nord bis Nordost, mit einer mittleren Hangneigung von 28° . Der pH-Wert des Bodens liegt im sauren Bereich bei ca. 4,3. Diese Assoziation ist im Einflussbereich von Schutthalden zu finden, wo sich das Material allmählich stabilisiert (Unterluggauer 2003). Die mittlere Deckung beträgt $83 \pm 5,8$ %. Im Durchschnitt wachsen $38 \pm 6,1$ Arten je 25 m^2 , der mittlere Shannon-Wiener-Index erreicht $3,2 \pm 0,4$. Hinsichtlich der Deckung überwiegt *Salix helvetica* (V) klar. Folgende Arten dienen zur Abgrenzung gegenüber den anderen Zwergstrauch-Gesellschaften im Untersuchungsgebiet: *Viola biflora* (V), *Deschampsia cespitosa* (V), *Sibbaldia procumbens* (IV), *Veronica alpina* (IV), *Phleum rhaeticum* (IV), *Cerastium alpinum* (II), *Taraxacum alpestre* (II) und *Dicranum scoparium* (II).

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Die stärkste floristische Ähnlichkeit (Bray Curtis-Distanz) besteht zur Krähenbeerenheide (*Empetro-Vaccinietum gaultherioides*) im Raum Venter Tal/Rofental mit 0,560, die geringste hingegen zur Ausbildung mit *Juniperus sabina* der Wacholder-Bärentraubenheide (*Junipero-Arctostaphyletum*) mit 0,214.

Die **Wacholder-Bärentraubenheide (*Junipero-Arctostaphyletum*)** wurde im Raum Venter Tal/Rofental in drei Ausbildungen mit insgesamt 28 Aufnahmen unterteilt. Die Abgrenzung gegen den Bürstlings- und Krummseggenrasen erfolgte vor allem durch *Arctostaphylos uva-ursi*. Unter den Zwergsträuchern ist außerdem noch *Calluna vulgaris* wichtig. Die Gesamtdeckung beläuft sich im Durchschnitt auf 82 %, kleinere Bestandeslücken kommen allerdings vor (Unterluggauer 2003). Diese Zwergstrauchheiden nehmen weite Bereiche der steilen und trockenen, warmen Sonnenhänge in der subalpinen und unteren alpinen Stufe ein. Sie reichen vom Talboden auf 1900 m NN bis in ca. 2500 m. Die bewachsenen Hänge sind auffallend steil, im Mittel beträgt die Hangneigung 30°. Der durchschnittliche pH-Wert des Bodens beträgt 4,4 und weist damit auf saures Substrat hin. Die gut erreichbaren Bestände werden mit Rindern und Pferden beweidet. Früher wurde zur Weideverbesserung die Heide abgebrannt, die letzte Brandrodung liegt schon viele Jahre zurück (Unterluggauer 2003). Die Wacholder-Bärentraubenheiden erreichen im Durchschnitt 56 Arten je 50 m² und stellen daher einen sehr artenreichen Zwergstrauchheidentyp dar (Unterluggauer 2003). Es wurden aufgrund eines Höhen- und Bewirtschaftungsgradienten 3 Ausbildungen unterschieden (Unterluggauer 2003).

Ad 4.6 Wacholder-Bärentraubenheide (*Junipero-Arctostaphyletum*), Ausbildung mit Arten der alpinen Stufe

Diese Ausbildung ist durch 5 Aufnahmen aus dem Raum Venter Tal/Rofental belegt. Sie hat ihren Verbreitungsschwerpunkt in den alpinen Rasen und stellt den zwergstrauchreichsten und lückigsten Typ innerhalb der Wacholder-Bärentraubenheiden (*Junipero-Arctostaphyleten*) dar (Unterluggauer 2003); die mittlere Deckung beträgt 77±12,0 %. Der Schwerpunkt der Verbreitung liegt in der unteren alpinen Stufe zwischen 2210 und 2500 m NN, im Durchschnitt 2361±110,3 m. Die Gesellschaft wurde auf den steilen Lagen der Süd- und Südosthänge nachgewiesen. Die bewachsenen Hänge sind sehr steil, im Durchschnitt beträgt die Neigung 40°. Die Böden sind auffallend flachgründig und weisen einen mittleren pH-Wert von nur 3,9 auf, sind also sehr sauer. Die Beweidung geschieht nur sehr selten durch Schafe (Unterluggauer 2003). Die mittlere Artenzahl beträgt 37±3,9 Arten je 50 m², der durchschnittliche Shannon-Wiener-Index 2,9±0,3. Es dominiert *Arctostaphylos uva-ursi* (V), subdominant ist *Calluna vulgaris* (V). Folgende recht kleine Artengruppe trennt diese Gesellschaft von den anderen Zwergstrauchheiden im Untersuchungsgebiet, allerdings nicht besonders gut, ab: *Gentiana nivalis* (II), *Minuartia recurva* (II), *Pedicularis kernerii* (I) und *Saxifraga exarata* (I).

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Die größte floristische Ähnlichkeit (Bray Curtis-Distanz) zeigt sich zur Ausbildung mit *Nardus stricta* mit 0,467 sowie zur Zwergwacholderheide mit 0,457, die geringste Ähnlichkeit besteht hingegen zum Schweizerweidenbusch (*Salicetum helveticae*) mit 0,324.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Ad 4.7 Wacholder-Bärentraubenheide (Junipero-Arctostaphyletum), Ausbildung mit *Juniperus sabina*

Diese Ausbildung wurde mit 9 Aufnahmen aus dem Raum Venter Tal/Rofental belegt. Hier gedeiht eine Reihe von recht wärmebedürftigen Arten, wie etwa *Juniperus sabina* (IV). Die Bestände sind mit durchschnittlich $94 \pm 3,6$ % Deckung dicht geschlossen (Unterluggauer 2003). Die Ausbildung ist auf die untere alpine Stufe beschränkt und sie gedeiht zwischen 1990 und 2150 m NN, im Durchschnitt auf $2083 \pm 55,8$ m. Sie wächst auf den wärmegetönten, südostexponierten Hangfüßen und Unterhängen des Venter- und Rofentales. Die durchschnittliche Hangneigung beträgt 30° , der mittlere pH-Wert des Bodens 4,6. Die Beweidung durch Schafe geschieht extensiv (Unterluggauer 2003). Die durchschnittliche Artenzahl ist mit $55 \pm 7,9$ Arten je 50 m² als hoch zu bewerten. Der mittlere Shannon-Wiener-Index liegt dementsprechend bei $3,6 \pm 0,5$. Es dominiert *Arctostaphylos uva-ursi* (V), subdominant tritt *Juniperus communis* ssp. *nana* (V) in Erscheinung. Durch folgenden umfangreichen Artenblock ist diese Zwergstrauch-Gesellschaft gegenüber den anderen im Untersuchungsgebiet differenziert: *Aster alpinus* (V), *Euphorbia cyparissias* (V), *Senecio doronicum* (V), *Juniperus sabina* (IV), *Laserpitium latifolium* (IV) und *Potentilla grandiflora* (IV) sowie durch 21 weitere Arten mit einer Stetigkeitsklasse zwischen III und I.

Die größte floristische Ähnlichkeit (Bray Curtis-Distanz) besteht eindeutig zur Ausbildung mit *Nardus stricta* mit 0,665, die geringste zur flechtenreichen Alpenazaleen-Windheide mit nur 0,124.

Ad 4.8 Wacholder-Bärentraubenheide (Junipero-Arctostaphyletum), Ausbildung mit *Nardus stricta*

Diese Ausbildung wurde im Raum Venter Tal/Rofental durch 14 Aufnahmen belegt. Die krautige Vegetation überwiegt hier gegenüber den Zwergsträuchern. Die Ausbreitung konzentriert sich auf die Sonnenhänge der subalpinen Stufe zwischen 2020 und 2340 m NN, im Durchschnitt auf $2117 \pm 90,4$ m (Unterluggauer 2003). Die Vegetationsdecke ist meistens nicht besonders dicht geschlossen, im Mittel beträgt die Deckung $83 \pm 13,7$ %. Die mittlere Hangneigung ist mit 26° nicht besonders groß. Der durchschnittliche pH-Wert von 4,4 weist auf einen sauren Boden hin. Einige der Aufnahmen stammen von ehemaligen Bergmähder, heutzutage werden die Flächen beweidet. 4 der Aufnahmen werden durch Zirben bewachsen und entsprechen eher einem Wald als einer Zwergstrauchheide (Unterluggauer 2003). Die mittlere Artenzahl beträgt $62 \pm 13,3$ je 50 bzw. 100 m² (im Fall der mit Zirben bewachsenen Flächen) und ist als ausgesprochen hoch zu bewerten. Dem entsprechend beläuft sich der durchschnittliche Shannon-Wiener-Index auf $3,8 \pm 0,3$. Die vorherrschenden Zwergsträucher sind *Vaccinium vitis-idaea* (V) und *Calluna vulgaris* (V). Durch folgenden Artenblock ist diese Zwergstrauch-Gesellschaft gut abgegrenzt: *Poa chaixii* (III), *Hieracium murorum* (II), *Parnassia palustris* (II), *Potentilla crantzii* (II), *Trifolium badium* (II), *Trifolium*

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

pallenscens (II), *Cirsium acaule* (I), *Cirsium heterophyllum* (I), *Crocus albiflorus* (I), *Hieracium glanduliferum* (I), *Knautia longifolia* (I) und *Larix decidua* (I). Zudem treten 19 weitere Arten, allerdings nur mit der Stetigkeitsklasse +, auf welche ausschließlich in dieser Zwergstrauch-Gesellschaft zu finden sind.

Die stärkste floristische Ähnlichkeit besteht zur Ausbildung mit *Juniperus sabina* mit 0,665, die geringste hingegen zur flechtenreichen Alpenazaleen-Windheide mit 0,237.

4.3.1.5. Horstseggenrasen (*Caricetum sempervirentis*)

Die Horstseggen-Gesellschaften sind im Raum Obergurgl auf der rechten Talseite auf den SW- und seltener auf den NO-Hängen des Rotmoostales sowie im Raum Venter Tal/Rofental ausgebildet. Sie wurden durch insgesamt 92 Aufnahmen von 1 m² (Raum Obergurgl) bzw. 25 m² (Raum Venter Tal/Rofental) belegt. Nur wenige Arten grenzen die Horstseggenrasen gegenüber den anderen Gesellschafts-Typen im Untersuchungsgebiet ab. Dazu gehören *Erigeron alpinus* (II), *Lotus alpinus* (II) und *Hedysarum hedysaroides* (I). Folgende seltene Arten kommen nur in den Horstseggenrasen vor: *Icmadophila ericetorum* (r), *Crepis pyrenaica* (r), *Trifolium aureum* (r), *Juniperus communis* ssp. *communis* (r), *Luzula campestris* (r) und *Pogonatum* sp. (r). Sehr viele Arten haben die Horstseggenrasen mit den Goldhaferwiesen und insbesondere mit den Bürstlingsrasen und Zwergstrauchheiden gemeinsam.

In allen 92 Aufnahmen wurden zusammengekommen 250 verschiedene Arten gezählt. Floristisch bestehen die größten Ähnlichkeiten eindeutig zu den Bürstlingsrasen und Zwergstrauchheiden, für welche die Bray Curtis-Distanz 0,667 bzw. 0,615 beträgt. Die geringsten floristischen Ähnlichkeiten bestehen zum Nacktiedrasen (0,202).

Die Horstseggenrasen wurden je nach ihrem Vorkommen in zwei unterschiedliche Gesellschaften gegliedert. *Campanula scheuchzeri*, *Potentilla aurea*, *Anthoxanthum odoratum* agg., *Carex sempervirens* und *Persicaria vivipara* kommen in beiden Gesellschaften mit jeweils hoher Stetigkeit (mindestens Stetigkeitsklasse IV) vor. Folgende weitere Arten kommen in beiden Typen von Horstseggenrasen mit mindestens Stetigkeitsklasse III vor: *Avenula versicolor*, *Phyteuma hemisphaericum*, *Agrostis alpina*, *Festuca rubra* agg., *Luzula multiflora*, *Leontodon hispidus* ssp. *alpinus* und *Nardus stricta*. Insgesamt jedoch überwiegen die floristischen Unterschiede, d.h. es treten jeweils Arten mit hoher Stetigkeit auf, welche in der anderen Gesellschaft nur geringe Stetigkeit aufweisen oder gänzlich fehlen. Die floristische Ähnlichkeit (Bray Curtis-Distanz) zwischen diesen beiden Horstseggen-Gesellschaften ist daher gering und beträgt nur 0,337.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Ad 5.1 Horstseggengesellschaft (*Caricetum sempervirentis*) im Raum Obergurgl

Die Horstseggen-Gesellschaft ist im Raum Obergurgl, rechte Talseite am SW-Hang und nur sehr selten auch am NO-Hang des Rotmoostales oberhalb des Gletschervorfeldes sowie im Bereich der Moränen 1923 und 1858 zwischen 2320 und 2555 m (im Durchschnitt $2444 \pm 6,2$ m) NN ausgebildet und durch 81 Aufnahmen belegt. Sie bewächst saure Böden mit einem pH-Wert von durchschnittlich $4,9 \pm 0,5$ und weist eine durchschnittliche Deckung von $79 \pm 15,6\%$ auf. Der Artenreichtum ist mit durchschnittlich $26 \pm 6,2$ Arten je m^2 im Vergleich zu den anderen Gesellschaften in diesem Gebiet als hoch einzuschätzen. Dementsprechend bewegt sich der Shannon-Wiener-Index bei $2,8 \pm 0,4$ bezogen auf 1 m^2 . Auch die hochsteten Arten erreichen meist nur geringe Deckungswerte. Die Artenausstattung ist insgesamt recht heterogen, es finden sich viele Arten mit nur geringer Stetigkeit (10 % und weniger). Wichtige, hochstete Differenzialarten im Vergleich zum Horstseggenrasen (*Caricetum sempervirentis*) im Raum Venter Tal/Rofental, die mindestens mit Stetigkeitsklasse III auftreten, sind: *Festuca halleri* (IV), *Euphrasia minima* agg. (IV), *Cetraria islandica* (III), *Leontodon helveticus* (III) und *Ligusticum mutellina* (III). Es kommen auch vermehrt Elemente aus verschiedenen anderen Gesellschaftstypen vor. *Nardus stricta* (III) weist eine recht hohe Stetigkeit auf, zudem finden sich noch mit z.B. *Potentilla aurea* (IV), *Geum montanum* (III), *Leontodon helveticus* (III), *Ligusticum mutellina* (III) und *Campanula barbata* (II) weitere Vertreter aus den Bürstlingsrasen. Auch Zwergsträucher wie *Calluna vulgaris* (II), *Arctostaphylos uva-ursi* (II), *Vaccinium vitis-idaea* (II) und *Juniperus communis* ssp. *nana* (I) treten auf. Flechten und Moose spielen ebenfalls eine wichtige Rolle.

Dieses Gebiet wird vor allem von Schafen beweidet; am NO-Hang halten sich auch ca. 50 Ziegen auf. Alle Weidetiere grasen die ganze Vegetationsperiode über in diesem Gebiet.

Ad 5.2 Horstseggenrasen (*Caricetum sempervirentis*) im Raum Venter Tal/Rofental

Dieser Horstseggenrasen (*Caricetum sempervirentis*) wurde durch 11 Aufnahmen im Raum Venter Tal/Rofental belegt. Die Bestände sind überwiegend dicht geschlossen und erreichen eine Deckung von im Durchschnitt $95 \pm 4,2$ %. Dabei spielen die Zwergsträucher mit rund 24 % Deckung eine erhebliche Rolle. Die Verbreitung erstreckt sich von 1980 bis 2100 m NN, im Mittel sind es $2067 \pm 31,7$ m, damit befinden sie sich in der subalpinen Stufe. Die Bestände gedeihen am Hangfuß oder in talnahen Gebieten des orographisch linken Hanges im Rofental und in der Venter Umgebung. Die Exposition reicht von Süd bis Ost, vorwiegend Südost. Die mittlere Neigung beträgt 25° . Mit einem pH-Wert von 4,7 weist der Boden eine vergleichsweise geringe Azidität auf. Diese Rasen werden heute aus wirtschaftlichen Gründen nicht mehr gemäht, sie sind eingezäunt und überwiegend durch Pferde beweidet (Unterluggauer 2003). Die mittlere Artenzahl ist mit $64 \pm 6,8$ als außergewöhnlich hoch einzustufen, auch der durchschnittliche Shannon-Wiener-Index ist mit $4,0 \pm 0,1$ auffallend hoch.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Die wichtigsten Differenzialarten gegenüber der Horstseggengesellschaft im Raum Obergurgl, rechte Talseite sind: *Trifolium montanum* (V), *Nigritella rhellicani* (V), *Pulsatilla alpina* ssp. *apiifolia* (V), *Agrostis capillaris* (V), *Helianthemum ovatum* (V), *Laserpitium halleri* (V), *Lotus corniculatus* (V), *Luzula luzuloides* (V), *Trollius europaeus* (V), *Briza media* (IV), *Gymnadenia conopsea* (IV), *Hypochaeris uniflora* (IV), *Potentilla erecta* (IV), *Rhinanthus glacialis* (IV), *Bellardiochloa variegata* (IV), *Carex ericetorum* (IV), *Polygala alpestris* (IV), *Ranunculus nemorosus* (IV), *Trifolium alpinum* (IV) und *Valeriana officinalis* (IV).

4.3.1.6 Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*)

Verschiedene Krummseggenrasen wurden im Raum Obergurgl, rechte Talseite (Hohe Mut, Rotmoostal, Hochgurgl) sowie im Raum Venter Tal/Rofental untersucht. Insgesamt wurden die Krummseggenrasen durch 130 Aufnahmen belegt, welche im Raum Obergurgl je 1 m² und im Raum Venter Tal/Rofental je 25 m² groß waren. Es lässt sich keine eigene Artengruppe erkennen, welche die Krummseggenrasen eindeutig gegenüber allen anderen Gesellschaftstypen abhebt. *Carex curvula* (V) hat hier – abgesehen von den Silikat-Schneebodengesellschaften – ihren Verbreitungsschwerpunkt wie ebenso *Cladonia uncinalis* (I). Die seltenen Arten *Cladonia macrophylla* (+) und *Carex norvegica* (r) konnten nur in den Krummseggenrasen identifiziert werden.

In allen 130 Aufnahmen zusammen wurden nur 179 Arten unterschieden. Die floristische Ähnlichkeit zu den anderen Vegetationstypen im Untersuchungsgebiet ist nicht besonders hoch: Die größte Ähnlichkeit (Bray Curtis-Distanz) besteht zu den Horstseggenrasen und zur Silik-Schneebodengesellschaft mit 0,543 bzw. 0,520, die geringste Ähnlichkeit zu den Goldhaferwiesen mit 0,180.

Im Untersuchungsgebiet wurden insgesamt 8 verschiedene Krummseggenrasen-Gesellschaften unterschieden, die sich je nach ihrem Verbreitungsgebiet in drei große Gruppen zusammenfassen ließen:

- Krummseggenrasen im Raum Obergurgl, rechte Talseite
- Krummseggenrasen in Hochgurgl
- Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*) im Raum Venter Tal/Rofental

Zahlreiche Arten kommen in allen Krummseggenrasen-Gesellschaften des Untersuchungsgebietes mit mindestens Stetigkeitsklasse III vor: *Carex curvula*, *Leucanthemopsis alpina*, *Phyteuma hemisphaericum*, *Festuca halleri*, *Euphrasia minima* agg., *Leontodon helveticus*, *Potentilla aurea*, *Cetraria islandica* und *Avenula versicolor*. Es treten folgende weitere Arten in allen Krummseggen-Gesellschaften mit zumeist hohen Stetigkeitswerten auf: *Ligusticum mutellina*, *Poa alpina*, *Agrostis*

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

rupestris, *Veronica bellidioides*, *Cladonia arbuscula*, *Homogyne alpina*, *Anthoxanthum odoratum* agg., *Sibbaldia procumbens*, *Soldanella pusilla*, *Gnaphalium supinum* und *Silene acaulis* agg. Zwischen den verschiedenen Krummseggenrasen-Gesellschaften bestehen zumeist recht große floristische Ähnlichkeiten (Bray Curtis-Distanz zwischen 0,730 und 0,363).

Im **Raum Obergurgl, rechte Talseite** und Hochgurgl wurden Krummseggen-Rasen auf den SW- und NO-Hängen des Rotmoostales oberhalb des Gletschervorfeldes, auf der Hohen Mut und oberhalb von Hochgurgl untersucht. *Carex curvula* ist an allen drei Standorten mit Stetigkeitsklasse V vorhanden, im Hangbereich des Rotmoostales ist die Deckung jedoch deutlich geringer als auf der Hohen Mut und in Hochgurgl. Diese Krummseggenrasen sind sehr flechtenreich, v.a. *Cetraria islandica* und *Cladonia arbuscula*, aber auch Moose spielen eine besondere Rolle.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Ad 6.1 Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*) auf den SW- und NO-Hängen des Rotmoostales

Im Raum Obergurgl, rechte Talseite sind Krummseggenrasen etwas häufiger auf den SW-Hängen des Rotmoostales im Vergleich zu den NO-Hängen nachgewiesen worden. Der Krummseggenrasen schließt an die initialen Rasenstadien des Gletschervorfeldes an und wurde im Bereich oberhalb der Moränen 1858 und 1923 mit insgesamt 53 Aufnahmen belegt. Am NO-Hang Richtung Hangerer erstreckt sich der Krummseggenrasen von 2300 bis 2360 m NN, auf dem SW-Hang Richtung Hohe Mut hingegen überwiegend zwischen 2500 und 2600 m NN. Der Krummseggenrasen bewächst sehr saure Böden mit einem durchschnittlichen pH-Wert von $4,2 \pm 0,4$. Die mittlere Artenzahl beträgt $25 \pm 5,6$ Arten je m^2 und ist damit merklich höher als auf der Hohen Mut und in Hochgurgl. Auch der Shannon-Wiener-Index ist mit $2,8 \pm 0,3$ als vergleichsweise hoch einzuschätzen. Der Rasen weist eine durchschnittliche Deckung von $70 \pm 17,1$ % auf, d.h. stellenweise ist er ziemlich lückig. Selbst die hochsteten Arten weisen überwiegend nur eine geringe Deckung auf. Neben *Carex curvula* (V) erlangen besonders die Flechten *Cetraria islandica* (V) und *Cladonia arbuscula* (III) eine große Bedeutung. Insgesamt ist dieser Krummseggenrasen flechten- und moosreich. Es finden sich etliche Schneebodenarten wie z.B. *Gnaphalium supinum* (III), *Salix herbacea* (II) und *Sibbaldia procumbens* (II). Zwergsträucher sind hingegen hier nicht so häufig vertreten. Wichtige Differenzialarten gegenüber den anderen Krummseggenrasen-Gesellschaften im Untersuchungsgebiet sind folgende Flechten und Moose: *Cladonia pyxidata* (III), *Stereocaulon alpinum* (II), *Baeomyces rufus* (II), *Cladonia macrophylla* (I), *Cladonia ecmocyna* (I) und *Racomitrium canescens* (I). Zudem kommt eine größere Anzahl von Arten mit geringer Stetigkeit ausschließlich in dieser Krummseggenrasen-Gesellschaft vor, die wichtigsten mit Stetigkeitsklasse + sind *Polytrichastrum* sp., *Lotus alpinus* und *Cladonia gracilis*.

Die Beweidung geschieht während der gesamten Vegetationsperiode durch Schafe und am NO-Hang zusätzlich durch Ziegen. Die größten floristischen Ähnlichkeiten (Bray Curtis-Distanz) bestehen zur Ausbildung mit *Nardus stricta* des Krummseggenrasens (*Caricetum curvulae*) im Raum Venter Tal/Rofental mit 0,631, der Ausbildung mit *Senecio incanus* ssp. *carniolicus* mit 0,606 und dem Krummseggenrasen oberhalb von Hochgurgl mit 0,603. Die geringste Ähnlichkeit zeigt sich hingegen zu den Ausbildungen mit *Kobresia myosuroides* und der typischen Ausbildung des Krummseggenrasens (*Caricetum curvulae*) im Raum Venter Tal/Rofental mit 0,482 bzw. 0,496.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Ad 6.2 Krummseggenrasen auf der Hohen Mut

Im Raum Obergurgl, rechte Talseite wurde auf der Hohen Mut ein Krummseggenrasen im Bereich des Mutsattels und des Bärenhoppet untersucht und durch 18 Aufnahmen zwischen 2600 und 2650 m NN belegt. Im Durchschnitt konnten $19 \pm 3,0$ Arten je m^2 nachgewiesen werden, womit dieser Wert deutlich unter jenen der Krummseggenrasen auf den Hängen des Rotmoostales und in Hochgurgl liegt. Auch der Shannon-Wiener-Index ist mit $2,4 \pm 0,2$ niedriger als an den anderen Standorten. Abgesehen von der hochdominanten *Carex curvula* (V) erlangen die Flechten *Cetraria islandica* (IV) und *Cladonia arbuscula* (IV) eine große Wichtigkeit wie ebenso etliche Moose. Unter den Schneebodenarten sind besonders *Sibbaldia procumbens* (IV), *Arenaria biflora* (IV) und *Gnaphalium supinum* (III) mit erhöhten Stetigkeitswerten vorhanden. An windexponierten Stellen tritt *Loiseleuria procumbens* auf, Zwergsträucher sind ansonsten aber von sehr geringer Bedeutung. *Taraxacum officinalis* agg. (II) und *Agrostis capillaris* (II) grenzen diese Krummseggenrasen-Gesellschaft nicht besonders deutlich ab.

Die Hohe Mut wird während der gesamten Vegetationsperiode von ca. 350 Schafen, die sich in diesem Gebiet aufhalten, beweidet. Die größte floristische Ähnlichkeit (Bray Curtis-Distanz) besteht zum Krummseggenrasen oberhalb von Hochgurgl mit 0,730, die geringste Ähnlichkeit hingegen zur Ausbildung mit *Kobresia myosuroides* des Krummseggenrasens (*Caricetum curvulae*) im Raum Venter Tal/Rofental mit 0,363.

Ad 6.3 Krummseggenrasen oberhalb von Hochgurgl

In Hochgurgl wurde ein Krummseggenrasen mit 18 Aufnahmen auf etwa 2400 m NN belegt. Die mittlere Artenzahl von $22 \pm 3,0$ Arten je m^2 und ist merklich höher als auf der Hohen Mut, liegt aber unter jener auf den Hängen im Rotmoostal. Der Shannon-Wiener-Index bewegt sich im Mittel um $2,6 \pm 0,2$. Neben *Carex curvula* (V) dominiert vor allem noch *Ligusticum mutellina* (V). Flechten wie *Cetraria islandica* (V) und *Cladonia arbuscula* (V) spielen eine große Rolle, aber auch Moose der Gattung *Polytrichum* (V) und Arten aus den Schneeböden wie etwa *Salix herbacea* (V), *Sibbaldia procumbens* (IV), *Gnaphalium supinum* (IV) und *Arenaria biflora* (IV) sind wichtig. Wiederum sind Zwergsträucher nur von sehr geringer Bedeutung. *Sagina saginoides* (I) und *Hieracium pilosum* (+) finden sich innerhalb der Krummseggenrasen nur in dieser Gesellschaft. Ein eigener Artenblock zur Differenzierung existiert allerdings nicht.

Das Gebiet wird von Schafen während der gesamten Vegetationsperiode beweidet. Die stärkste floristische Ähnlichkeit (Bray Curtis-Distanz) besteht zum Krummseggenrasen auf der Hohen Mut mit 0,730, die geringste Ähnlichkeit zur Ausbildung mit *Kobresia myosuroides* des Krummseggenrasens (*Caricetum curvulae*) im Raum Venter Tal/Rofental mit 0,437.

Die **Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*) im Raum Venter Tal/Rofental** sind durch 41 Aufnahmen belegt. Die Rasen erreichen mit durchschnittlich 80 % Deckung einen recht dichten Bestandesschluss. Die mittlere Artenzahl liegt bei 40 Arten je 25 m². Die Krummsegge tritt allerdings nur selten monodominant auf. Der Schwerpunkt des Krummseggenrasens (*Caricetum curvulae*) liegt in der oberen alpinen Stufe auf durchschnittlich 2520 m NN, allerdings ist die Höhenamplitude weit (2145 bis 2770 m). Mit zunehmender Höhe sind alle Expositionen vertreten, wobei Südost- bis Südwestexpositionen bevorzugt werden. Meistens werden mehr oder weniger steile Hänge bewachsen, allerdings schwankt die Hangneigung sehr stark und reicht von 1 bis 42°, im Durchschnitt sind es 23°. Die Böden sind mit einem mittleren pH-Wert von 4,1 sauer. Diese Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*) wurden aufgrund von floristischen Kriterien in 5 Ausbildungen unterteilt (Unterluggauer 2003).

Ad 6.4 Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*), Ausbildung mit *Empetrum hermaphroditum*

Zu dieser Ausbildung im Raum Venter Tal/Rofental gehören 11 Aufnahmen, wobei Zwergsträucher und Arten der Schuttfloren eine wichtige Rolle spielen (Unterluggauer 2003). Die Vegetationsdecke ist mit durchschnittlich 76±14,9 % einigermaßen geschlossen. Die Ausbildung wurde nur am Nordhang nachgewiesen wobei die Höhenverbreitung von 2145 bis 2490 m NN reicht, im Mittel sind es 2373±115,8 m. Damit ist diese Ausbildung vor allem in der subalpinen und oberen alpinen Stufe verbreitet. Die durchschnittliche Hangneigung beläuft sich auf nur 23°. Diese Bestände werden auch mit Schafen beweidet. Die mittlere Artenzahl beträgt 39±5,3 Arten je 25 m², der durchschnittliche Shannon-Wiener-Index 3,5±0,2. Wichtige Differenzialarten gegenüber den anderen Krummseggenrasen-Gesellschaften im Untersuchungsgebiet sind: *Alchemilla fissa* (IV), *Empetrum hermaphroditum* (IV), *Huperzia selago* (III), *Alchemilla alpina* (I), *Alectoria ochroleuca* (I), *Carex norvegica* (I), *Juncus triglumis* (I), *Salix helvetica* (I), *Salix reticulata* (I) und *Saxifraga seguieri* (I). Folgende weitere Arten treten nur in dieser Krummseggen-Gesellschaft, allerdings mit Stetigkeitsklasse +, auf: *Achillea millefolium* agg., *Carex capillaris*, *Poa minor*, *Saxifraga oppositifolia*, *Vicia canina* und *Viola palustris*.

Die größten floristischen Ähnlichkeiten lassen sich zur Ausbildung mit *Kobresia myosuroides* mit 0,642, zur typischen Ausbildung mit 0,636 und zur Ausbildung mit *Nardus stricta* mit 0,632 nachweisen. Die geringste Ähnlichkeit hingegen besteht zum Krummseggenrasen auf der Hohen Mut mit 0,423.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Ad 6.5 Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*), Ausbildung mit *Kobresia myosuroides*

Diese Ausbildung im Raum Venter Tal/Rofental ist durch 5 Aufnahmen belegt. Die Wuchsorte sind auf der orographisch rechten Hangseite von Vent bzw. am Hang des Ramolkogels zu finden (Unterluggauer 2003). Die Höhenverbreitung bewegt sich zwischen 2445 und 2520 m NN, im Mittel sind es $2482 \pm 30,1$ m, d.h. die Bestände sind im Übergangsbereich von der unteren zur oberen alpinen Stufe zu finden. Die Exposition reicht von Nordwest bis West, die Hangneigung beläuft sich auf durchschnittlich 27° . Der mittlere pH-Wert des Bodens beträgt 4,4 (Unterluggauer 2003). Der Bestand ist mit durchschnittlich $93 \pm 2,7$ % recht dicht geschlossen. Der Bestandesaufbau ist durch ein sehr ausgewogenes Mischverhältnis mehrerer Arten gekennzeichnet (Unterluggauer 2003). Der durchschnittliche Artenreichtum ist mit $52,4 \pm 7,4$ Arten je 25 m^2 als ausgesprochen hoch zu bewerten. Dementsprechend ist auch der Shannon-Wiener-Index mit $3,9 \pm 0,1$ hoch. Der Artenblock, durch welchen diese Ausbildung gegenüber den anderen Krummseggenrasen-Gesellschaften differenziert ist, umfasst *Trifolium pallescens* (V), *Myosotis alpestris* (V), *Peltigera aphthosa* (IV), *Juncus jacquinii* (III), *Botrychium lunaria* (II), *Trifolium pratense* ssp. *nivale* (II), *Hieracium glanduliferum* (I), *Ranunculus acris* (I) und *Trifolium badium* (I).

Die stärksten floristischen Gemeinsamkeiten (Bray Curtis-Distanz) bestehen zur typischen Ausbildung mit 0,671, zur Ausbildung mit *Empetrum hermaphroditum* mit 0,642 und zur Ausbildung mit *Nardus stricta* mit 0,632. Die geringste Ähnlichkeit zeigte sich zum Krummseggenrasen auf der Hohen Mut mit 0,363.

Ad 6.6 Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*), typische Ausbildung

Die typische Ausbildung ist im Raum Venter Tal/Rofental durch 6 Aufnahmen belegt. Sie weist mit durchschnittlich $84 \pm 9,2$ % Deckung einen verhältnismäßig dichten Bestand mit nur wenigen Lücken auf. Für den Bestandesaufbau am wichtigsten ist *Carex curvula* (V). Auch der Flechtenanteil ist mit 25 % Deckung recht hoch (Unterluggauer 2003). Die Höhenerstreckung reicht von 2550 bis 2765 m NN, im Durchschnitt sind es $2653 \pm 97,0$ m (obere alpine Stufe). Die Flächen sind nach Westen exponiert, da alle Aufnahmen vom rechten Hang (Ramolkogel) stammen. Die mittlere Hangneigung beträgt 17° , der durchschnittliche pH-Wert des Bodens 4,2 (Unterluggauer 2003). Die mittlere Artenzahl beläuft sich auf nur mehr $37 \pm 4,3$ Arten je 25 m^2 , der Shannon-Wiener-Index jedoch noch immer auf $3,4 \pm 0,3$. Folgender Artenblock grenzt diesen Krummseggenrasen gegenüber den anderen Gesellschaften im Untersuchungsgebiet ab: *Potentilla frigida* (V), *Potentilla crantzii* (IV), *Galium anisophyllum* (I), *Pinus cembra* (I) und *Salix hegetschweileri* (I).

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Die größten floristischen Ähnlichkeiten bestehen zur Ausbildung mit *Kobresia myosuroides* mit 0,671 und zur Ausbildung mit *Senecio incanus* ssp. *carniolicus* mit 0,663, die geringste hingegen zum Krummseggenrasen auf der Hohen Mut mit 0,443.

Ad 6.7 Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*), Ausbildung mit *Senecio incanus* ssp. *carniolicus*

Diese Ausbildung im Raum Venter Tal/Rofental wurde durch 13 Aufnahmen belegt. Die mittlere Gesamtdeckung beträgt $70 \pm 12,3$ % und weist auf eine Grasnarbe mit sichtbaren Bestandeslücken hin. Die Ausbildung stammt aus der oberen alpinen Stufe des orographisch linken Hanges des Venter- und Rofentales. Die Höhenverbreitung reicht von 2305 bis 2770 m NN, im Durchschnitt sind es $2608 \pm 113,9$ m und ist damit der oberen alpinen Stufe zuzurechnen. Die Hänge sind vorwiegend nach Südosten exponiert und weisen eine durchschnittliche Hangneigung von 25° auf. Der pH-Wert des Bodens beträgt 4,0. Auffällig ist das Vorkommen der Art *Juniperus communis* ssp. *nana* (III) die sonst in den Krummseggenrasen des Gebietes fehlt und in der unteren alpinen Stufe auftritt (Unterluggauer 2003). Die mittlere Artenzahl beträgt nur $37 \pm 5,9$ Arten je 25 m², der mittlere Shannon-Wiener-Index aber noch $3,5 \pm 0,2$. Der Artenblock welcher diese Krummseggen-Gesellschaft abgrenzt umfasst folgende Arten: *Pulsatilla vernalis* (V), *Gentiana acaulis* (IV), *Juniperus communis* ssp. *nana* (III), *Trifolium alpinum* (II) und *Thesium alpinum* (II). Folgende weitere Arten kommen innerhalb der Krummseggenrasen nur in dieser Gesellschaft vor, treten aber lediglich mit Stetigkeitsklasse + auf: *Pulsatilla alpina* ssp. *apiifolia*, *Calluna vulgaris*, *Cystopteris fragilis* und *Festuca nigricans*.

Die größten floristischen Ähnlichkeiten (Bray Curtis-Distanz) konnten zur Ausbildung mit *Nardus stricta* mit 0,693 und zur typischen Ausbildung mit 0,663 festgestellt werden. Die geringste Ähnlichkeit bestand hingegen zum Krummseggenrasen auf der Hohen Mut mit 0,495.

Ad 6.8 Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*), Ausbildung mit *Nardus stricta*

Dieser Ausbildung im Raum Venter Tal/Rofental wurden 6 Aufnahmen zugeordnet. Die mittlere Höhenlage beträgt $2552 \pm 83,6$ m NN und reicht von 2400 bis 2640 m. Die durchschnittliche Neigung erreicht 15° . Vorherrschend sind Expositionen nach West, der mittlere pH-Wert des Bodens beträgt 4,0. Der Bestand ist mit durchschnittlich $89 \pm 9,7$ % recht gut geschlossen. Beherrscht wird die Vegetationsdecke von *Nardus stricta* (V) und *Ligusticum mutellina* (V) (Unterluggauer 2003). Die mittlere Artenzahl beträgt $35 \pm 4,6$ Arten je 25 m², der Shannon-Wiener-Index liegt bei $3,2 \pm 0,4$. Ein eigener Artenblock zur Abgrenzung gegenüber den anderen Krummseggenrasen-Gesellschaften im Untersuchungsgebiet existiert nicht. Einzig *Agrostis canina* (I) wurde ausschließlich hier identifiziert.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Die größte floristische Ähnlichkeit bestand zur Ausbildung mit *Senecio incanus ssp. carniolicus* mit 0,693, die geringste hingegen zum Krummseggenrasen auf der Hohen Mut mit 0,539.

4.3.1.7 Schipisten-Vegetation

Die Vegetation der Schipisten wurde ausschließlich im Raum Obergurgl, allerdings nur mit 3 Aufnahmen von der Festkogelpiste auf 2350 m NN, untersucht. Es gibt keine Artengruppe, durch welche sich die Schipisten-Vegetation eindeutig gegenüber den anderen Gesellschaftstypen abhebt. Auffallend ist die hohe Stetigkeit von *Cardamine resedifolia* (V) und *Festuca rubra* agg. (V) sowie von Moosen der Gattung *Polytrichum* (V). In den 3 je 1 m² großen Aufnahmen wurden lediglich 30 Arten identifiziert.

Die durchschnittliche Anzahl von Arten liegt bei $19 \pm 4,4$ je m² und ist damit niedriger als im Fall der Bürstlingsrasen und Zwergstrauchheiden in diesem Gebiet. Auch der Shannon-Wiener-Index ist mit $2,3 \pm 0,6$ etwas niedriger. *Festuca rubra* agg. (V) erlangt eine sehr deutliche Vorherrschaft und wurde vermutlich eingesät. Weitere hochstete Arten sind *Persicaria vivipara* (V), *Potentilla aurea* (V) und *Poa alpina* (V). Vor allem auch niederliegende Arten, die für Schneeböden typisch sind wie *Gnaphalium supinum* (V), *Salix herbacea* (V), *Cardamine resedifolia* (V), *Arenaria biflora* (IV) und *Cardamine alpina* (II) haben zumeist eine hohe Bedeutung. Hinzu kommen viele Moose, vor allem aus der Gattung *Polytrichum* (V) und Flechten wie *Cetraria islandica* (V) und *Cladonia arbuscula* (V). Es finden sich aber auch Elemente aus den Alpenazaleen-Windheiden, z.B. *Luzula lutea* (IV) und vereinzelt auch Zwergsträucher wie *Vaccinium vitis-idaea* (II).

Floristisch unterscheidet sich die Schipisten-Vegetation vor allem auch durch ihre Artenarmut recht deutlich; am ähnlichsten sind die Silikat-Schneebodengesellschaft und die Krummseggenrasen (Bray Curtis-Distanz 0,440 bzw. 0,421), die geringste Ähnlichkeit besteht zu den Goldhaferwiesen (0,158). Dieses Gebiet wird von Schafen, die sich die gesamte Vegetationsperiode dort aufhalten, beweidet.

4.3.1.8 Alpenmannsschild-Flur (*Androsacetum alpinae*)

Die Alpenmannsschild-Flur (*Androsacetum alpinae*) wurde im Raum Venter Tal/Rofental nachgewiesen und lediglich durch 4 Aufnahmen belegt (je 25 m² groß). In den 4 Aufnahmen wurden insgesamt 55 Arten bestimmt. Die durchschnittliche Deckung beläuft sich auf nur $49 \pm 20,2$ %. Diese Schuttfluren sind am orographisch rechten Hang des Rofentales nachgewiesen worden. Die mittlere NN liegt auf $2518 \pm 38,6$ m und erstreckt sich von 2460 bis 2540 m. Alle Untersuchungsflächen sind nach Nord exponiert und weisen eine Hangneigung von durchschnittlich 31° auf. Das Substrat der

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

untersuchten Schuttfluren besteht vor allem aus Feinmaterial, in das immer wieder einige größere Blöcke eingestreut sind. Es ist recht stabil gelagert. Der pH-Wert liegt im Durchschnitt bei 4,4. Die Schuttstandorte werden von Schafen beweidet (Unterluggauer 2003). Der Artenreichtum fällt mit durchschnittlich $32 \pm 2,6$ Arten je 25 m^2 recht gering aus, der Shannon-Wiener-Index ist demgegenüber mit $3,4 \pm 0,1$ vergleichsweise hoch. Bedeutsam sind Flechten wie etwa *Cetraria cucullata* (IV), *Peltigera alphthosa* (III) und *Cetraria nivalis* (III) sowie weiters Arten wie *Saxifraga bryoides* (V), *Luzula spicata* (V) und *Cerastium uniflorum* (V). Durch folgenden Artenblock ist die Alpenmannsschild-Flur gegenüber den anderen Gesellschaften im Untersuchungsgebiet abgegrenzt: *Huperzia selago* (IV), *Trisetum spicatum* (IV), *Ranunculus glacialis* (III), *Lloydia serotina* (II), *Saxifraga seguieri* (II) und *Potentilla frigida* (II).

Die floristische Ähnlichkeit zu den anderen Vegetationstypen im Untersuchungsgebiet ausgedrückt durch die Bray Curtis-Distanz ist eher gering. Die größte Ähnlichkeit besteht zu den Krummseggenrasen und zur Silikat-Schneebodengesellschaft (0,445 bzw. 0,422), die geringste zu den Goldhaferwiesen (0,064).

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

4.3.1.9 Silikat-Schneebodengesellschaft (*Salicetum herbaceae*)

Die Silikat-Schneebodengesellschaft (*Salicetum herbaceae*) wurde im Untersuchungsgebiet im Raum Venter Tal/Rofental nachgewiesen und durch lediglich 4 Aufnahmen belegt. In den 4 je 25 m² großen Aufnahmen wurden insgesamt nur 36 Arten identifiziert. Diese Schneebodengesellschaft gedeiht in leichten Geländemulden mit verhältnismäßig kurzer Ausaperungszeit und guter Wasserversorgung des Bodens. Die mittlere NN beträgt 2740±183,6 m, wobei die Aufnahmen zwischen 2470 und 2865 m gemacht wurden. Der Bestand ist offen, d.h. die mittlere Deckung beträgt nur 58±17,8 %. Alle Flächen sind nach Osten exponiert, ihre mittlere Hangneigung beträgt 27° (Unterluggauer 2003). Die durchschnittliche Artenzahl fällt mit 24±4,1 Arten je 25 m² sehr gering aus. Der Shannon-Wiener-Index liegt bei 3,0±0,1. Zu den hochsteten Arten mit Stetigkeitsklasse V zählen, abgesehen von der hervortretenden *Ligusticum mutellina* noch *Gnaphalium supinum*, *Carex curvula*, *Salix herbacea*, *Arenaria biflora*, *Leontodon helveticus*, *Leucanthemopsis alpina*, *Poa alpina*, *Veronica alpina*, *Luzula alpinopilosa*, *Phyteuma hemisphaericum* und *Sedum alpestre*. Die einzige Art, welche mit nennenswerter Stetigkeit im Untersuchungsgebiet ausschließlich in der Silikat-Schneebodengesellschaft gefunden wurde ist *Poa laxa* (II).

Insgesamt bestehen nur geringe floristische Ähnlichkeiten zu den anderen Vegetations-Typen im Untersuchungsgebiet. Die größte Ähnlichkeit besteht hinsichtlich der Krummseggenrasen (Bray Curtis-Distanz 0,520), die geringste hingegen zur Eisseggen-Gesellschaft (0,083).

4.3.1.10. Eisseggen-Gesellschaft (*Caricetum frigidae*)

Die Eisseggen-Gesellschaft (*Caricetum frigidae*) wurde im Untersuchungsgebiet ausschließlich im Raum Obergurgl, rechte Talseite an den Hängen des Rotmoostales nachgewiesen und durch 20 Aufnahmen belegt. Die Eisseggen-Gesellschaft lässt sich gut gegenüber den anderen Gesellschaftstypen durch einen Artenblock abgrenzen. Dieser besteht aus *Carex frigida* (V), *Pedicularis leptoceras* (V), *Drepanocladus uncinatus* (IV), *Tussilago farfara* (IV), *Gentiana bavarica* (IV), *Carex bicolor* (III), *Alchemilla fissa* (III), *Alchemilla glabra* (II), *Salix reticulata* (II), *Riccardia sp.* (II), *Epilobium alsinifolium* (I) und *Salix breviserrata* (I). Folgende weitere Arten haben hier ihren Verbreitungsschwerpunkt innerhalb des Untersuchungsgebietes: *Trifolium badium* (V), *Anthyllis vulneraria ssp. alpestris* (IV), *Deschampsia cespitosa* (V) und *Selaginella selaginoides* (IV). Die seltenen Arten *Alchemilla filicaulis* (r), *Corallorhiza trifida* (r) und *Pinguicula alpina* (r) kommen im Untersuchungsgebiet ausschließlich in der Eisseggen-Gesellschaft vor.

In den 20 Aufnahmen zu je 1 m² wurden insgesamt 81 Arten nachgewiesen. Die Eisseggen-Gesellschaft ist am SW-Hang im Rotmoostal oberhalb des Gletschervorfeldes im Bereich der Moräne 1923 zwischen 2325 und 2395 m (im Durchschnitt 2361±23,0 m) NN ausgebildet. Sie

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

wächst auf Böden mit neutralem bis schwach basischem pH-Wert (im Durchschnitt $6,9 \pm 0,3$) und weist eine durchschnittliche Deckung von $76 \pm 12,2\%$ auf. Der Artenreichtum ist mit durchschnittlich $27 \pm 5,9$ Arten je m^2 im Vergleich zu den anderen Gesellschaften in diesem Gebiet als hoch einzuschätzen. Dementsprechend bewegt sich der Shannon-Wiener-Index bei $2,9 \pm 0,4$ bezogen auf $1 m^2$. Auch die hochsteten Arten erreichen meist nur geringe Deckungswerte. Zu den wichtigsten, d.h. hochsteten Arten (Stetigkeitsklasse V) zählen neben *Carex frigida* auch *Festuca pumila*, *Trifolium badium*, *Campanula scheuchzeri*, *Persicaria vivipara*, *Silene acaulis* agg., *Carex capillaris*, *Saxifraga aizoides* und *Deschampsia cespitosa*. Es erscheinen zahlreiche Arten der Quellfluren wie etwa *Pinguicula leptoceras* (V), *Gentiana bavarica* (IV), *Parnassia palustris* (II), *Epilobium alsinifolium* (I), *Saxifraga stellaris* (I), *Juncus triglumis* (+) und *Pinguicula alpina* (r). Hinzu treten zahlreiche Moose wie z.B. *Drepanocladus uncinatus* (IV), *Racomitrium canescens* (I) und *Marchantia polymorpha* (r). Weiters kommen Arten der Felsenrasen vor wie etwa *Kobresia myosuroides* (III), *Carex bicolor* (III) und *Gentiana brachyphylla* (+). *Trifolium pallescens* (II) ist für Moränen typisch und *Anthyllis vulneraria* ssp. *alpestris* (IV) ist vor allem auf Kalkschutt zu finden.

Die Eisseggen-Gesellschaft unterscheidet sich recht deutlich von allen anderen Gesellschaften im Untersuchungsgebiet. Die größten floristischen Ähnlichkeiten bestehen zum Initialrasen, zum Horstseggenrasen und zum Nacktriedrasen (Bray Curtis-Distanz 0,386, 0,348 bzw. 0,320). Die geringsten Ähnlichkeiten lassen sich hinsichtlich der Silikat-Schneebodengesellschaft feststellen (0,083). Die südwestlichen Hangbereiche des Rotmoostales (d.h. Richtung Hohe Mut) werden vor allem von Schafen die gesamte Vegetationsperiode über beweidet.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

4.3.1.11 Nacktriedrasen

Der Nacktriedrasen wurde innerhalb des Untersuchungsgebietes im Raum Obergurgl, rechte Talseite im Bereich des Kirchenkogels durch lediglich 6 Aufnahmen belegt. Er lässt sich durch folgenden Artenblock gegenüber den anderen Vegetationstypen im Untersuchungsgebiet recht eindeutig abgrenzen: *Gentiana prostrata* (V), *Gentiana nivalis* (V), *Oxytropis lapponica* (V), *Draba aizoides* (V), *Lomatogonium carinthiacum* (II) und *Leontopodium alpinum* (II). Folgende weitere Arten haben hier ihren Verbreitungsschwerpunkt: *Kobresia myosuroides* (V), *Gentiana brachyphylla* (V) und *Galium anisophyllum* (V).

Insgesamt wurden in den 6 Aufnahmen zu je 1 m² nur 31 Arten nachgewiesen. Der Nacktried-Rasen wurde im Hangbereich des Kirchenkogels auf 2750 m NN durch untersucht. Diese Hänge sind überwiegend sehr steil und felsig. Die durchschnittliche Artenzahl betrug $21 \pm 2,6$ Arten je m², der mittlere Shannon-Wiener-Index lag bei $2,5 \pm 0,1$. Abgesehen von *Kobresia myosuroides* (V) dominiert *Festuca pumila* (V) den Bestand. Außerdem zählen noch *Oxytropis lapponica*, *Persicaria vivipara*, *Campanula scheuchzeri*, *Poa alpina*, *Euphrasia minima* agg., *Galium anisophyllum*, *Minuartia gerardii*, *Carex capillaris*, *Gentiana prostrata*, *Draba aizoides*, *Saxifraga oppositifolia* und *Gentiana nivalis* zu den Arten mit Stetigkeitsklasse V. Auch Moose und Flechten, vor allem *Cetraria islandica* (V), kommen höchstens vor.

Die floristische Ähnlichkeit gegenüber den anderen Vegetationstypen im Untersuchungsgebiet ist als eher gering zu bewerten. Am ähnlichsten sind die Initialrasen und die Eisseggen-Gesellschaft (Bray Curtis-Distanz je 0,320), die größten Unterschiede bestehen zu den Goldhaferwiesen (0,080). In diesem Gebiet halten sich häufig Schafe auf, welche die gesamte Vegetationsperiode dort weiden.

4.3.1.12 Initialrasen

Im Raum Obergurgl auf der rechten Talseite im Rotmoostal (Gletschervorfeld des Rotmoosferners und Seitenhänge) wurde ein Initialrasen nachgewiesen und durch eine große Anzahl von Aufnahmen (349) zu je 1 m² belegt. 291 Aufnahmen stammen aus dem Gletschervorfeld, demgegenüber befinden sich nur 58 Aufnahmen auf den Seitenhängen. Das Initialrasen-Stadium wächst im Gletschervorfeld auf durchschnittlich $2304 \pm 12,0$ m NN, an den Seitenhängen hingegen sind es $2414 \pm 61,9$ m. Hinsichtlich ihrer Deckung weisen die Rasen eine sehr große Variationsbreite auf, im Durchschnitt bedeckt der Initialrasen $62 \pm 21,5$ % des Bodens und ist damit als eher lückiger Bestand anzusehen. Der mittlere Artenreichtum beläuft sich auf $24 \pm 6,2$ Arten je m² und ist als mittelmäßig einzustufen. Darauf deutet auch der mittlere Shannon-Wiener-Index von $2,9 \pm 0,3$ hin. Die Artendiversität ist im Gletschervorfeld leicht höher als im Hangbereich. Der durchschnittliche pH-

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Wert des Bodens von $6,1 \pm 0,9$ zeigt schwach saure Verhältnisse an. Im Gletschervorfeld liegt der mittlere pH-Wert des Bodens leicht über jenem an den Seitenhängen. Im Gletschervorfeld bewächst der Initialrasen im Durchschnitt Bereiche welche seit $112 \pm 28,8$ Jahren frei vom Gletschereis sind. Zahlreiche Arten sind mit den Pionier- und Folgestadien im Gletschervorfeld gemeinsam, diese weisen jedoch zumeist nur eine geringe Stetigkeit auf. Die Abgrenzung durch eine eindeutige Artengruppe gegenüber den anderen Vegetationstypen gelingt nur schwer. Folgende seltene Arten der Stetigkeitsklasse r wurden ausschließlich in den Initialrasen-Stadien nachgewiesen: *Draba fladnizensis*, *Astragalus alpinus*, *Asplenium viride*, *Alchemilla xanthochlora*, *Umbilicaria cylindrica*, *Sphagnum papillosum*, *Xanthoria elegans*, *Draba dubia*, *Helianthemum nummularium* agg., *Oxytropis halleri* und *Psora decipiens*. *Achillea moschata* (IV), *Artemisia mutellina* (II), *Poa glauca* (II) und *Saxifraga paniculata* (II) kommen auch in den Pionier- und Folgestadien des Gletschervorfeldes im Rotmoostal vor, haben jedoch ihren Verbreitungsschwerpunkt in den Initialrasen-Stadien. Zu den hochsteten Arten gehören *Trifolium pallescens* (V), *Poa alpina* (V), *Campanula scheuchzeri* (V), *Achillea moschata* (IV), *Silene acaulis* agg. (IV), *Saxifraga bryoides* (IV) und *Leontodon hispidus* ssp. *alpinus* (IV).

In den 349 Aufnahmen wurden insgesamt 220 verschiedene Arten identifiziert. Die größte floristische Ähnlichkeit besteht eindeutig zu den Pionier- und Folgestadien im Gletschervorfeld (Bray Curtis-Distanz 0,628), die geringste Ähnlichkeit hingegen zu den Goldhaferwiesen und Niedermooren (0,190 bzw. 0,183).

4.3.1.13 Pionier- und Folgestadien im Gletschervorfeld

Diese Vegetationseinheiten wurden im Gletschervorfeld des Rotmoosferners (Raum Obergurgl, rechte Talseite) untersucht und durch eine hohe Anzahl (356) von je 1 m² großen Aufnahmen belegt. Die Abgrenzung gegenüber anderen Vegetationseinheiten im Untersuchungsgebiet gelingt nicht besonders gut und wird nur durch *Artemisia genipi* (II), *Arabis caerulea* (II), *Linaria alpina* (II) und *Sedum atratum* (II) angedeutet. *Oxyria digina* (II) hat hier abgesehen von der Alpenmannsschild-Flur ihr Hauptvorkommen im Untersuchungsgebiet. Eine Reihe von seltenen Arten war ausschließlich in diesen Vegetationseinheiten anzutreffen: *Pritzelago alpina* (+), *Epilobium angustifolium* (r), *Cryptogramma crispa* (r), *Sempervivum arachnoideum* (r), *Saxifraga moschata* (r), *Potentilla brauneana* (r) und *Veronica fruticulosa* (r).

In den insgesamt 356 je 1 m² großen Aufnahmenflächen wurden in Summe 174 Arten identifiziert. Floristisch betrachtet besteht die größte Ähnlichkeit eindeutig zum Initialrasen (Bray Curits-Distanz 0,628), die geringste Ähnlichkeit wurde hingegen zu den Goldhaferwiesen (0,133), den Niedermooren (0,173) sowie den Zwergstrauchheiden (0,177) festgestellt.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Die Pionier- und Folgestadien im Gletschervorfeld des Rotmoostales lassen sich in folgende größere Gesellschaftsgruppen zusammenfassen:

- Pionierstadien
- Frühes Sukzessionsstadium
- Übergangsstadium
- Folgestadien

Folgende Arten sind, mit zum Teil recht unterschiedlicher Stetigkeit, in allen einzelnen Gesellschaften anzutreffen: *Poa alpina*, *Saxifraga oppositifolia*, *Saxifraga aizoides*, *Trifolium pallescens*, *Silene acaulis* agg., *Cerastium uniflorum*, *Arabis caerulea*, *Sagina saginoides*, *Festuca pumila*, *Leontodon hispidus* ssp. *alpinus* und *Arabis alpina*.

Die beiden Gesellschaften des **Pionierstadiums im Gletschervorfeld** des Rotmoostales sind nur auf der orographisch rechten Talseite ausgebildet. Es lässt sich nach Alter des Bodens seit dem Rückzug des Gletschers und dem Artenreichtum eine etwas ältere, artenreichere und eine sehr junge und daher sehr artenarme Pionier-Gesellschaft unterscheiden.

Ad 13.1 Artenarmes Pionierstadium auf sehr jungen Böden (vgl. Tab. 2)

Das artenarme Pionierstadium besiedelt die sehr jungen Moränen, die im Durchschnitt erst seit $21 \pm 2,8$ Jahren eisfrei sind. Es ist zwischen 2380 und 2410 m NN ausgebildet und durch 42 Aufnahmen belegt. Der pH-Wert des Bodens liegt im Durchschnitt bei $7,5 \pm 0,1$ im schwach basischen Bereich. Die Vegetation ist nur sehr spärlich ausgebildet, da die durchschnittliche Deckung bei $4,1 \pm 2,7$ % liegt. Es lassen sich im Mittel nur noch $3 \pm 1,3$ Arten je m² nachweisen, das ist der geringste Artenreichtum im gesamten Untersuchungsgebiet. Dementsprechend liegt der durchschnittliche Shannon-Wiener-Index bei lediglich $1,0 \pm 0,4$. Nur *Saxifraga oppositifolia* (V), *Saxifraga aizoides* (V), *Linaria alpina* (III), *Artemisia genipi* (II) und *Arabis alpina* (I) weisen eine nennenswerte Stetigkeit auf. Alle anderen Arten kommen mit Stetigkeiten von 10 % oder weniger vor, Moose und Flechten fehlen weitgehend.

Die stärkste floristische Ähnlichkeit besteht gegenüber dem artenreicheren Pionierstadium mit 0,485, die geringsten aber im Vergleich zum Zweiten Folgestadium mit nur 0,078. In diesem Gebiet weiden vor allem Haflinger-Pferde und Schafe, die sich hier und in der Umgebung die gesamte Vegetationsperiode über aufhalten.

Ad 13.2 Artenreicheres Pionierstadium auf etwas älteren Böden

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Die artenreichere, etwas ältere Ausprägung des Pionierstadiums im Gletschervorfeld des Rotmoostales zwischen 2311 und 2410 m NN ist durch 23 Aufnahmen belegt. Sie weist ein durchschnittliches Alter von $32 \pm 10,6$ Jahren auf. Der pH-Wert des Bodens liegt bei $7,4 \pm 0,1$ im schwach basischen Bereich. Die mittlere Deckung der Vegetation beträgt $20 \pm 14,7$ % und ist damit als sehr lückig bis spärlich zu bezeichnen. Die durchschnittliche Artenzahl liegt bei nur noch $9 \pm 3,6$ und ist als ausgesprochen niedrig anzusehen. Auch der Shannon-Wiener-Index ist mit $1,9 \pm 0,4$ deutlich geringer. Für diese Gesellschaft lässt sich kein eigener Artenblock abgrenzen, es treten auch keine Arten auf, die nur hier vorkommen. Die Differenzierung geschieht vor allem auch durch das Ausfallen von Arten, die in den späteren Sukzessionsstadien auftreten. Zu den Arten mit mindestens Stetigkeitsklasse IV zählen *Saxifraga oppositifolia* (V), *Poa alpina* (IV), *Saxifraga aizoides* (IV), *Linaria alpina* (IV) und *Artemisia genipi* (IV). Unter den Flechten bleibt *Stereocaulon alpinum* (IV) und unter den Moosen *Racomitrium canescens* (IV) am bedeutendsten. Die Stetigkeit von *Trifolium pallescens* (II) ist jedoch im Vergleich zu den späteren Sukzessionsstadien deutlich zurückgegangen.

Die größte floristische Ähnlichkeit (Bray Curtis-Distanz) ist gegenüber dem Übergangsstadium im Gletschervorfeld mit 0,618 gegeben. Die geringste Ähnlichkeit lässt sich hingegen im Vergleich zum Zweiten Folgestadium mit 0,301 feststellen. In diesem Gebiet weiden vor allem Haflinger-Pferde und Schafe, die sich hier und in der Umgebung die gesamte Vegetationsperiode über aufhalten.

Ad 13.3 Frühes Sukzessionsstadium im Gletschervorfeld

Das frühe Sukzessionsstadium ist im Gletschervorfeld ausschließlich auf der rechten Talseite auf der Moräne 1923 auf 2310 m NN ausgebildet und mit 19 Aufnahmen belegt. Der pH-Wert des Bodens liegt bei $7,4 \pm 0,2$ im neutralen bis schwach basischen Bereich. Die mittlere Artenzahl beträgt $18 \pm 5,4$ Arten je m² und ist als eher niedrig zu bezeichnen. Der Shannon-Wiener-Index ist mit $2,5 \pm 0,4$ noch recht hoch. Die durchschnittliche Deckung der Vegetation liegt bei $46 \pm 20,5$ %. Für diese Gesellschaft gibt es folgenden Artenblock zur Differenzierung: *Artemisia mutellina* (V), *Saxifraga paniculata* (V), *Veronica fruticans* (IV), *Botrychium lunaria* (II), *Androsace obtusifolia* (II), *Gnaphalium hoppeanum* (I) und *Arabis ciliata* (I). Außerdem treten drei Arten innerhalb der Folge- und Pionierstadien-Gesellschaften im Gletschervorfeld nur hier auf, allerdings mit Stetigkeitsklasse r: *Arctostaphylos uva-ursi*, *Oxytropis lapponica* und *Solorina saccata*. Zu den hochsteten Arten mit mindestens Stetigkeitsklasse IV gehören: *Artemisia mutellina* (V), *Saxifraga paniculata* (V), *Poa alpina* (V), *Trifolium pallescens* (V), *Campanula scheuchzeri* (V), *Linaria alpina* (V), *Veronica fruticans* (IV), *Saxifraga oppositifolia* (IV), *Silene acaulis* agg. (IV), *Festuca pumila* (IV), *Erigeron uniflorus* (IV), *Achillea moschata* (IV) und *Artemisia genipi* (IV). Unter den Flechten dominiert *Stereocaulon alpinum* (V), von den Moosen ist *Racomitrium canescens* (III) am wichtigsten. Hier

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

mischen sich Einflüsse aus dem Pionierstadium, v.a. *Saxifraga oppositifolia* (IV) und *Saxifraga aizoides* (III) mit Elementen aus den Initialrasen, v.a. *Achillea moschata* (IV). Unter den Sträuchern erlangt *Saxifraga helvetica* (II) eine gewisse Bedeutung. Auffällig ist das Hervortreten von *Artemisia mutellina* (V), die bevorzugt auf Felsschutt und Moränen wächst, und von *Saxifraga paniculata* (V), die für Felsrasen typisch ist.

Die stärkste floristische Ähnlichkeit zeigt sich gegenüber dem Übergangsstadium im Gletschervorfeld mit 0,584, die geringste Gemeinsamkeit ist mit dem artenarmen Pionierstadium mit 0,242 gegeben. In diesem Gebiet weiden vor allem Haflinger-Pferde und Schafe, die sich hier und in der Umgebung die gesamte Vegetationsperiode über aufhalten.

Ad 13.4 Übergangsstadium im Gletschervorfeld

Das Übergangsstadium im Gletschervorfeld des Rotmoostales ist auf der rechten und linken Talseite zwischen 2290 und 2460 m NN ausgebildet und durch 96 Aufnahmen belegt. Das durchschnittliche Alter beträgt $31 \pm 18,2$ Jahre. Der pH-Wert des Boden liegt im Durchschnitt bei $7,2 \pm 0,4$ im neutralen bis schwach basischem Bereich. Die Vegetation weist einen mittleren Deckungsgrad von $47 \pm 24,2$ % auf. Es wachsen durchschnittlich $17 \pm 5,4$ Arten je m², ein Wert der für das Untersuchungsgebiet recht niedrig ausfällt. Der Shannon-Wiener-Index ist mit $2,7 \pm 0,5$ aber noch vergleichsweise hoch. Ein eigener Artenblock zur Differenzierung lässt sich nicht erkennen. Es treten jedoch einige Arten mit geringer Stetigkeit auf, welche im Vergleich zu den Folge- und Pionierstadien im Gletschervorfeld nur hier vorkommen: *Saxifraga moschata* (r), *Sempervivum arachnoideum* (r), *Cryptogramma crispa* (r), *Gentiana bavarica* (r) und *Hieracium glaciale* (r). Zu den hochsteten Arten mit mindestens Stetigkeitsklasse IV zählen: *Poa alpina* (V), *Saxifraga oppositifolia* (V), *Saxifraga aizoides* (V), *Trifolium pallescens* (V), *Cerastium uniflorum* (V), *Silene acaulis* agg. (IV), *Arabis caerulea* (IV), *Saxifraga bryoides* (IV), *Minuartia gerardii* (IV) und *Linaria alpina* (IV). Gegenüber dem Ersten Folgestadium hat die Stetigkeit von *Saxifraga oppositifolia* (V) und *Saxifraga aizoides* (V) wiederum deutlich zugenommen. Diese beiden Arten besiedeln vor allem rezent eisfreie Flächen. Auch *Cerastium uniflorum* (V) ist für Schieferschuttfuren und Moränen charakteristisch. Vor allem jedoch tritt nun *Linaria alpina* (IV) hervor, welche im Zweiten Folgestadium fehlte und im Ersten Folgestadium mit nur geringer Stetigkeit auftrat. Diese Art ist ein Schuttkriecher und für Feinschuttfuren typisch. Abgesehen davon gewinnt *Artemisia genipi* (III) an Bedeutung, welche auf Felsschutt vorkommt. Unter den Flechten ist wiederum *Stereocaulon alpinum* (IV) und unter den Moosen *Racomitrium canescens* (IV) am wichtigsten.

Die größte floristische Ähnlichkeit (Bray Curtis-Distanz) ist gegenüber dem Ersten Folgestadium mit 0,631 gegeben, die geringste hingegen zeigt sich im Vergleich zum artenarmen Pionierstadium mit

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

0,313. In diesem Gebiet weiden vor allem Haflinger-Pferde und Schafe, die sich hier und in der Umgebung die gesamte Vegetationsperiode über aufhalten.

Ad 13.5 Erstes Folgestadium im Gletschervorfeld

Das Erste Folgestadium im Gletschervorfeld des Rotmoostales ist ausschließlich auf der linken Talseite zwischen 2320 und 2400 m NN ausgebildet und durch 44 Aufnahmen belegt. Das durchschnittliche Alter beträgt $44 \pm 9,3$ Jahre. Der pH-Wert des Boden liegt im Durchschnitt bei $6,2 \pm 0,6$ im schwach sauren Bereich. Die Vegetation weist einen mittleren Deckungsgrad von $67 \pm 14,2$ % auf. Es wachsen durchschnittlich $24 \pm 5,1$ Arten je m^2 , ein Wert der im mittleren Bereich für das Untersuchungsgebiet liegt. Der Shannon-Wiener-Index ist aber mit $3,0 \pm 0,3$ auffällig hoch. Es existieren nur recht wenige Arten, die das Erste Folgestadium gegenüber den anderen Gesellschaften im Gletschervorfeld eindeutig abgrenzen. Dazu gehören: *Oxyria digyna* (V), *Geum montanum* (III), *Taraxacum alpestre* (III), *Saxifraga seguieri* (II) und *Epilobium angustifolium* (I). Nur hier aber mit geringer Stetigkeit treten *Ligusticum mutellina* (+), *Saxifraga stellaris* (+) und *Juniperus communis* ssp. *nana* (r) auf. Zahlreiche hochstete Arten sind mit dem Zweiten Folgestadium gemeinsam: *Agrostis rupestris* (V), *Leucanthemopsis alpina* (IV), *Luzula alpinopilosa* (IV), *Salix herbacea* (IV), *Euphrasia minima* agg. (IV), *Luzula spicata* (IV) und *Trifolium badium* (III). Außerdem gibt es eine größere Anzahl weiterer Arten, welche nur im Ersten und Zweiten Folgestadium auftreten, die jedoch nur eine geringe Stetigkeit aufweisen. Zu den Arten mit mindestens Stetigkeitsklasse IV gehören des weiteren *Poa alpina* (V), *Trifolium pallescens* (V), *Oxyria digyna* (V), *Saxifraga byoides* (V), *Saxifraga aizoides* (IV), *Cerastium uniflorum* (IV) und *Sagina saginoides* (IV). Unter den Flechten ist *Stereocaulon alpinum* (IV) und unter den Moosen *Racomitrium canescens* (IV) hochstet. Wichtig sind ebenso Schneebodenarten wie vor allem *Gnaphalium supinum* (IV), *Salix herbacea* (IV) und *Cardamine resedifolia* (III). *Saxifraga aizoides* (IV) und *Saxifraga oppositifolia* (III), zwei Arten die typisch für rezent eisfreie Fläche sind, gewinnen nun gegenüber dem Zweiten Folgestadium deutlich an Wichtigkeit wie ebenso *Oxyria digyna* (V), die bevorzugt auf kiesigem Geröll und Moränen wächst. Außerdem treten nun auch *Artemisia mutellina* (II) und *Arenaria ciliata* (I) mit etwas höherer Stetigkeit auf. Schließlich konnte auch *Trisetum spicatum* (II), welche bevorzugt in Pionierrasen gedeiht, deutlich hinzu gewinnen.

Die größte floristische Ähnlichkeit zeigt sich im Vergleich zum Ersten Folgestadium mit 0,683, die geringste hingegen zum artenarmen Pionierstadium mit lediglich 0,153. In diesem Gebiet weiden vor allem Haflinger-Pferde und Schafe, die sich hier und in der Umgebung die gesamte Vegetationsperiode über aufhalten.

Ad 13.6 Zweites Folgestadium im Gletschervorfeld

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Das Zweite Folgestadium im Gletschervorfeld des Rotmoostales ist fast ausschließlich auf der linken Talseite zwischen 2290 und 2397 m NN vor allem auf den Moränen 1858 und 1923, seltener auf Böden die seit 43 bis 74 Jahren eisfrei sind, ausgebildet und durch 132 Aufnahmen belegt. Weit häufiger tritt das Zweite Folgestadium im Bereich der Moräne 1923 auf, auf der Moräne 1858 findet es sich deutlich seltener. Das durchschnittliche Alter beträgt $63 \pm 15,7$ Jahre. Der pH-Wert des Bodens liegt im Durchschnitt bei $5,9 \pm 0,6$ im schwach sauren Bereich. Die Vegetation weist einen mittleren Deckungsgrad von $76 \pm 22,9$ % auf. Es wachsen durchschnittlich $24 \pm 6,0$ Arten je m², ein Wert der im mittleren Bereich für das Untersuchungsgebiet liegt. Der Shannon-Wiener-Index ist aber mit $2,8 \pm 0,3$ vergleichsweise hoch. Es gibt folgenden Artenblock, der das Zweite Folgestadium gegenüber den anderen Gesellschaften im Gletschervorfeld abgrenzt: *Sibbaldia procumbens* (III), *Polytrichum* sp. (II), *Leontodon helveticus* (II), *Minuartia sedoides* (II), *Luzula multiflora* (I), *Peltigera aphthosa* (I) und *Peltigera spurea* (I). Eine sehr große Anzahl weiterer Arten tritt im Vergleich mit den anderen Pionier- und Folgestadien im Gletschervorfeld nur hier auf, allerdings mit geringer Stetigkeit. Die wichtigsten Arten sind *Lecanora polytropia* (+), *Geum reptans* (+), *Soldanella pusilla* (+), *Peltigera* sp. (+) und *Carex parviflora* (+). Zu den Arten mit mindestens Stetigkeitsklasse IV gehören *Agrostis rupestris* (V), *Leucanthemopsis alpina* (V), *Poa alpina* (V), *Trifolium pallescens* (V), *Campanula scheuchzeri* (V), *Luzula alpinopilosa* (IV), *Salix herbacea* (IV), *Euphrasia minima* agg. (IV), *Luzula spicata* (IV), *Trifolium badium* (IV) und *Persicaria vivipara* (IV). Unter den Flechten ist *Stereocaulon alpinum* (III) und unter den Moosen *Racomitrium canescens* (III) am bedeutendsten. *Achillea moschata* (II) tritt etwas zurück dafür wird nun *Saxifraga aizoides* (II) wichtiger, welche dann für das Pionierstadium typisch ist. Auffallend sind die zahlreichen Arten der Stetigkeitsklassen + oder r, wobei auch eine Reihe von Arten mit Stetigkeiten unter 1 % vorkommt.

Die größte floristische Ähnlichkeit (Bray Curtis-Distanz) besteht zum Zweiten Folgestadium mit 0,683, die geringste zum artenarmen Pionierstadium mit nur 0,078. In diesem Gebiet weiden vor allem Haflinger-Pferde und Schafe, die sich hier und in der Umgebung die gesamte Vegetationsperiode über aufhalten.

4.3.2 Vergleich der Goldhaferwiesen, Bürstlingsrasen und Zwergstrauchheiden im Raum Obergurgl und im Venter Tal/Rofental

Grundlage des Vergleiches sind die Diplomarbeiten von Unterluggauer (2003) über das Venter- und Rofental sowie von Nagl (2007–2008) über die orographisch linke Talseite in Obergurgl. Folgende Wiesentypen und Zwergstrauchheiden, die jeweils durch eine ausreichende Anzahl von Aufnahmen belegt wurden, sind verglichen worden:

1. Goldhaferwiesen (*Trisetetum flavescens*)
2. Bürstlingsrasen (*Sieversio-Nardetum strictae*)
3. Zwergstrauchheiden

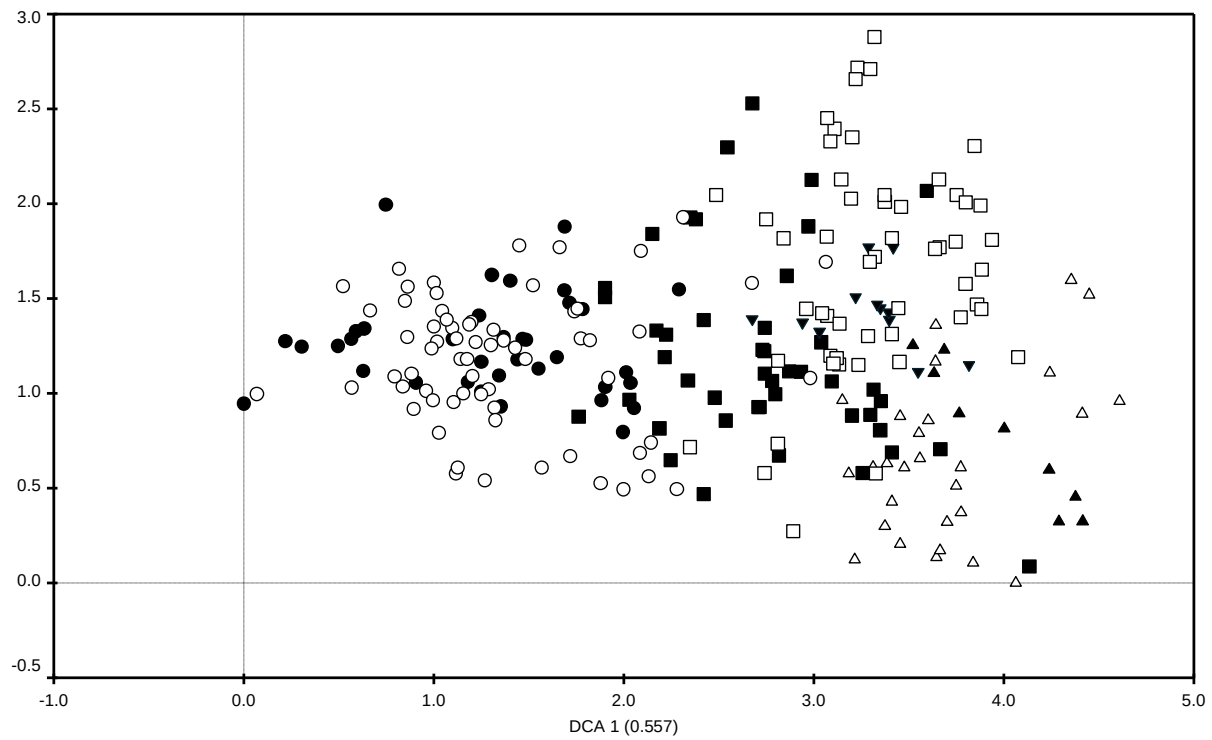
Eine DCA aller dieser Vegetationstypen im Raum Obergurgl und im Raum Vent zeigt, dass die Aufnahmen eher ein Kontinuum bilden und dass sich die Vegetationseinheiten der beiden Gebiete jeweils überschneiden. Die DCA-Achse 1 zeigt die Aufgliederung der Goldhaferwiesen und der Bürstlingsrasen, die DCA-Achse 2 hingegen differenziert die Bürstlingsrasen von den Zwergstrauchheiden (Abb. 2).

4.3.2.1 Goldhaferwiesen (*Trisetetum flavescens*)

Vergleiche der Umweltparameter und Diversitäts-Indices

Hinsichtlich ihrer Höhenverbreitung sind die Goldhaferwiesen in Obergurgl in durchschnittlich etwas größerer Meereshöhe ausgebildet (Tab. 3). Die Goldhaferwiesen auf der orographisch linken Talseite von Obergurgl unterscheiden sich hinsichtlich ihrer durchschnittlichen Höhenlage und Gesamtdeckungsgrad der Vegetation jedoch nicht signifikant von jenen im Raum Venter Tal/Rofental (Tab. 4). Sehr viel deutlicher hingegen sind die Unterschiede hinsichtlich der Diversitätsmaße. Sowohl die Artenzahl je Aufnahmefläche als auch der Shannon Wiener-Index, die Gleichverteilung der Arten (Evenness) und der Simpson-Index liegen im Raum Venter Tal/Rofental deutlich höher als im Raum Obergurgl (Tab. 3). Wie Tab. 4 zeigt sind alle diese Unterschiede höchst signifikant.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal



Ökologischer Vergleich von Vegetationsaufnahmen im Hinteren Ötztal/Venter Tal/Rofental:

- | | |
|---------------------------------------|--|
| ● Goldhaferwiese | ○ Goldhaferwiese (<i>Trisetetum flavescens</i>) |
| ■ Bürstlingsrasen | □ Bürstlingsrasen (<i>Sieversio-Nardetum strictae</i>) |
| ▲ Zwergwacholderheide | △ Wacholder-Bärentraubenheide |
| ▼ Zwergstrauchreicher Bürstlingsrasen | (<i>Junipero-Arctostaphyletum</i>) |

Abb 2: Vergleich zwischen den Aufnahmen, die den jeweiligen Vegetationstypen zugeordnet wurden, im Raum Obergurgl, linke Talseite (gefüllte Symbole) und im Raum Venter Tal/Rofental (leere Symbole).

Variable	Gebiet	N	Mittelwert	Standardfehler
Meereshöhe (m)	Obergurgl	36	1950,53	18,46
	Vent	65	1910,39	13,74
Gesamtdeckung (%)	Obergurgl	36	97,64	0,48
	Vent	65	98,72	0,36
Artenzahl je 25 m ²	Obergurgl	36	23,03	1,19
	Vent	65	30,11	0,89
Shannon-Wiener	Obergurgl	36	2,51	0,06
	Vent	65	3,01	0,04
Evenness	Obergurgl	36	0,81	0,01
	Vent	65	0,89	0,07
Simpson-Index	Obergurgl	36	0,87	0,01
	Vent	65	0,92	0,01

Tab. 3: Anzahl der Aufnahmen (N), Mittelwerte und Standardfehler für die Parameter Meereshöhe (m), Gesamtdeckung der Vegetation (%), Artenzahl je 25 m², Shannon-Wiener-Index, Evenness und Simpson-Index für die Goldhaferwiesen im Raum Obergurgl, linke Talseite und im Raum Venter Tal/Rofental.

Variable	df	F-Wert	p-Wert	part. Eta-Quad.
Meereshöhe (m)	1	3,042	0,084	0,030
Gesamtdeckung (%)	1	3,315	0,072	0,032
Artenzahl je 25 m ²	1	22,770	≤0,001***	0,187
Shannon-Wiener	1	5,726	≤0,001***	0,345
Evenness	1	41,434	≤0,001***	0,295
Simpson-Index	1	23,040	≤0,001***	0,189

Tab. 4: Ergebnisse der univariaten ANOVA für die Parameter Meereshöhe (m), Gesamtdeckung der Vegetation (%), Artenzahl je 25 m², Shannon-Wiener-Index, Evenness und Simpson-Index im Vergleich der Goldhaferwiesen im Raum Obergurgl, linke Talseite und im Raum Venter Tal/Rofental.

Vergleich der Zeigerwerte

Die Zeigerwerte unterscheiden sich nicht signifikant zwischen der Goldhaferwiese im Raum Obergurgl, linke Talseite und im Venter Tal/Rofental (Tab. 5). Im Raum Venter Tal/Rofental liegen die Werte für die Temperaturzahl, die Reaktionszahl und für die Stickstoffzahl etwas höher. Die einzelnen Ausbildungen der Goldhaferwiese (*Trisetetum flavescens*) im Venter Tal/Rofental unterscheiden sich demgegenüber untereinander deutlicher (Tab. 5). Es herrschen

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Halbluchtpflanzen, Kühlezeiger, suboceanische Pflanzen, Frischezeiger mit Schwerpunkt auf mittelfeuchten Böden, Mäßigsäurezeiger sowie Pflanzen, die mäßig stickstoffreiche Standorte anzeigen, vor (Ellenberg et al. 1992).

Gesellschaft	L (MW±SD)	T (MW±SD)	K (MW±SD)	F (MW±SD)	R (MW±SD)	N (MW±SD)
Goldhaferwiese (Obergurgl)	7,25±0,16	3,05±0,47	3,81±0,30	5,38±0,38	5,49±0,54	4,70±0,69
Goldhaferwiese (Vent)	7,24±0,16	3,14±0,31	3,81±0,16	5,34±0,43	5,68±0,45	4,82±0,80
typische Ausbildung (Vent)	7,27±0,16	3,27±0,24	3,82±0,18	5,13±0,26	5,80±0,30	4,90±0,73
Hochstauden- Ausbildung (Vent)	7,09±0,16	3,02±0,27	3,86±0,12	5,54±0,24	6,01±0,33	5,45±0,33
Ausbildung mit <i>Carex nigra</i> (Vent)	7,24±0,11	3,01±0,29	3,73±0,11	6,21±0,21	5,27±0,22	4,36±0,69
Ausb. mit <i>Nardus stricta</i> (Vent)	7,24±0,11	2,64±0,15	3,80±0,18	5,47±0,22	4,97±0,58	3,90±0,83

Tab. 5: Ergebnisse der Zeigerwertanalyse für die Goldhaferwiesen im Raum Obergurgl (linke Talseite) und im Raum Venter Tal/Rofental. Für den Raum Venter Tal/Rofental sind die Ergebnisse für alle Aufnahmen der Goldhaferwiesen (*Trisetum flavescens*) insgesamt sowie zusätzlich für jede einzelne Ausbildung angegeben. L = Lichtzahl, T = Temperaturzahl, K = Kontinentalitätszahl, F = Feuchtezahl, R = Reaktionszahl, N = Stickstoffzahl.

Floristische Ähnlichkeit

Die quantitative Ähnlichkeit (= Bray Curtis-Distanz) zwischen den Goldhaferwiesen im Raum Obergurgl und im Venter Tal/Rofental ist mit 0,69 vergleichsweise hoch. Die größte quantitative Ähnlichkeit weisen die Goldhaferwiesen in Obergurgl mit der typischen Ausbildung in Vent (0,66) auf; die geringste Ähnlichkeit besteht hingegen zur Ausbildung mit *Nardus stricta* in Vent (0,56; Tab. 6). Überwiegend weisen die Ausbildungen in Vent zueinander eine etwas geringere quantitative Ähnlichkeit als zu den Goldhaferwiesen in Obergurgl auf (Tab. 7).

Bray Curtis-Distanz	Obergurgl Gold- haferwiese	Vent Ausbildung mit <i>Nardus stricta</i>	Vent Ausb. mit <i>Carex nigra</i>	Vent typische Ausbildung
Goldhaferwiese Vent	0,69	–	–	–
Vent Ausb. mit <i>Nardus</i>	0,56	–	0,57	0,49
Vent Ausb. mit <i>Carex nigra</i>	0,60	0,57	–	0,55
Vent	0,66	0,49	0,55	–

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

typische Ausbildung

Vent

Ausb. mit Hochstauden

0,63

0,48

0,55

0,63

Tab. 6: Quantitative Ähnlichkeit (= Bray Curtis-Distanz) zwischen den Goldhaferwiesen in Obergurgl (linke Talseite) und der Goldhaferwiese im Venter Tal/Rofental sowie deren vier Ausbildungen.

Insgesamt wurden in den Goldhaferwiesen im Raum Obergurgl und im Venter Tal/Rofental 202 Arten bestimmt. Davon kommen 72 Arten (= 35,6 %) an beiden Orten vor, nur 10 Arten (= 5%) treten ausschließlich im Raum Obergurgl auf während demgegenüber 120 Arten (= 59,4 %) ausschließlich im Raum Vent zu finden sind (Abb. 9).

Folgende Arten kommen mit Stetigkeitsklassen V oder IV sowohl im Raum Obergurgl als auch im Venter Tal/Rofental vor: *Alchemilla vulgaris* agg., *Ranunculus acris*, *Agrostis*

capillaris, *Trifolium pratense*, *Anthoxanthum odoratum* agg., *Festuca rubra* agg., *Rumex alpestris*, *Phleum rhaeticum*, *Achillea millefolium*, *Myosotis alpestris*, *Campanula scheuchzeri* und *Trifolium repens*. Demgegenüber sind *Leontodon hispidus* (IV), *Ligusticum mutellina* (III), *Phleum pratense* (II), *Juncus jacquinii* (I) und *Lotus corniculatus* (I) im Raum Obergurgl um mindestens zwei Stetigkeitsklassen häufiger als im Raum Venter Tal/Rofental. Umgekehrt sind im Raum Venter Tal/Rofental *Crocus albiflorus* (V), *Veronica chamaedris* (IV), *Poa pratensis* (IV), *Silene dioica* (IV), *Dactylis glomerata* (III), *Trollius europaeus* (II), *Viola tricolor* ssp. *saxatilis* (II), *Leucanthemum irtutianum* (II), *Trisetum flavescens* (II), *Vicia cracca* (II), *Carex sempervirens* (I), *Vicia sepium* (I) und *Alopecurus pratensis* (I) um mindestens zwei Stetigkeitsklassen häufiger als im Raum Obergurgl.

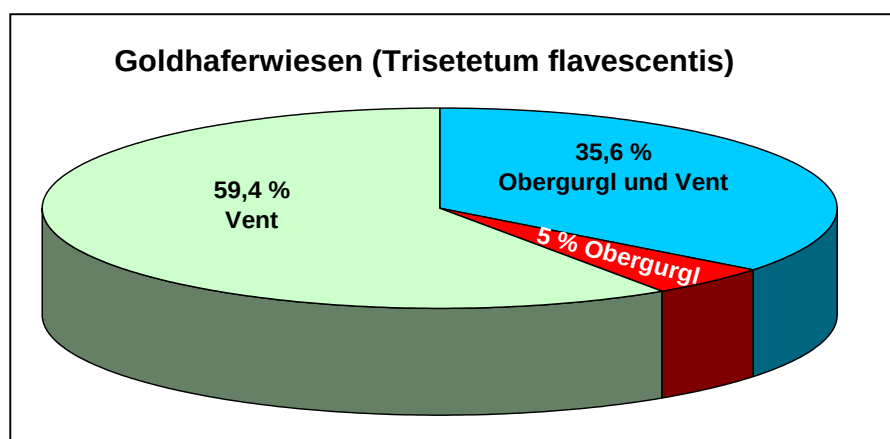


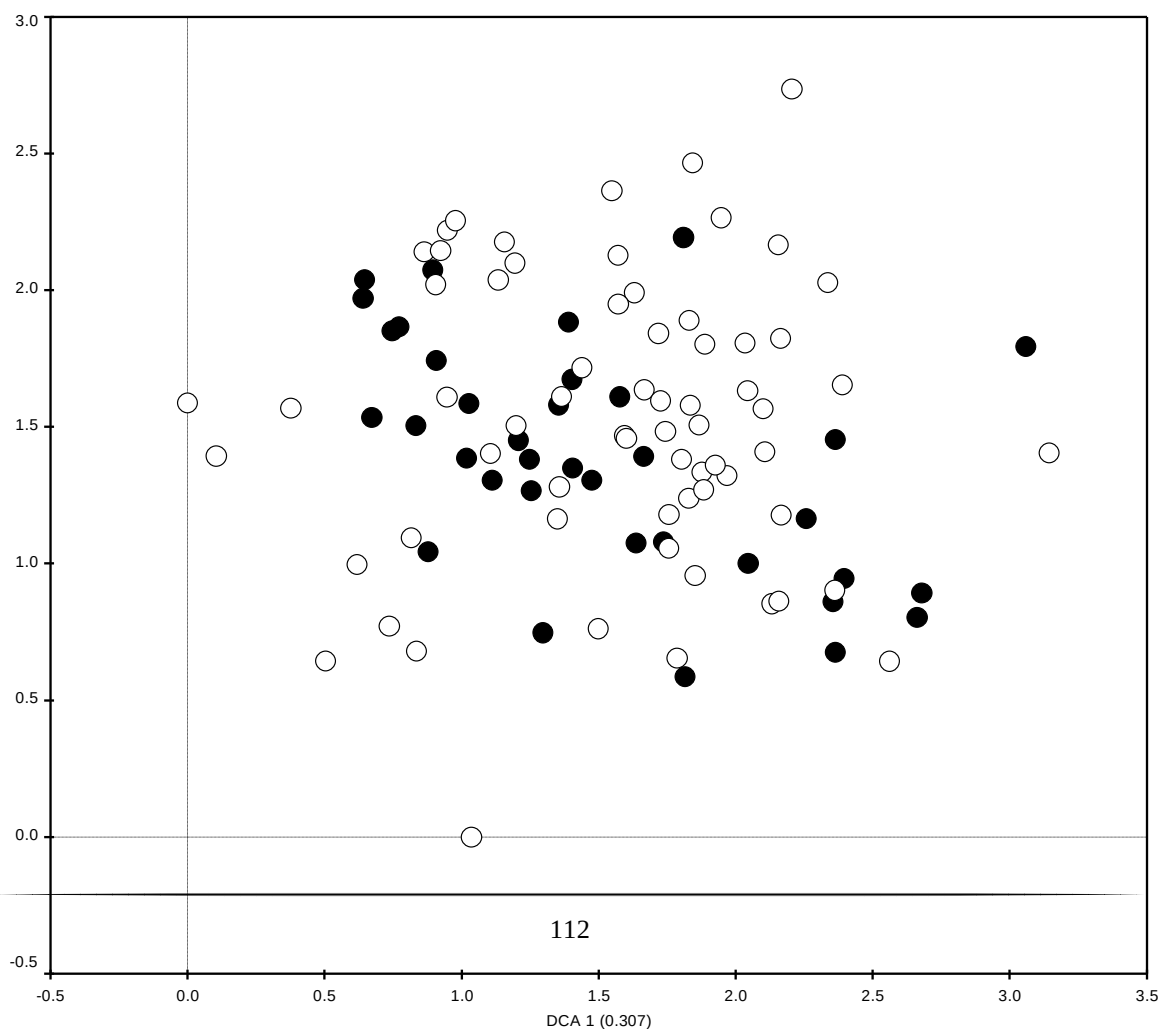
Abb. 3: Der Anteil der in Obergurgl und im Venter Tal/Rofental gemeinsamen Arten sowie der Anteil der nur in Obergurgl bzw. nur in Vent vorkommenden Arten (202 Arten insgesamt).

Sehr auffällig ist in den Goldhaferwiesen das Ungleichgewicht von Arten, die jeweils nur in einem der beiden Gebiete zu finden sind. Zu den 10 Arten, die nur in Obergurgl vorkommen, gehören *Veronica arvensis* (I), *Willemetia stipitata* (+) und *Poa angustifolia* (+) sowie noch 7 weitere Arten mit

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

einer Stetigkeit von 5 % oder weniger (= Stetigkeitsklasse r). Im Unterschied dazu kommen weit mehr, nämlich 120 Arten, ausschließlich im Raum Venter Tal/Rofental vor. Die wichtigsten sind: *Thlaspi caerulescens* (II), *Veronica serpyllifolia* (II), *Botrychium lunaria* (I), *Arabidopsis thaliana* (I), *Tragopogon orientalis* (I), *Agrostis agrostiflora* (I), *Bellardiochloa variegata* (I), *Luzula luzuloides* (I), *Rumex alpinus* (I), *Parnassia palustris* (I) und *Potentilla erecta* (I). Zudem treten noch folgende 15 Arten mit Stetigkeitsklasse + auf: *Carex caryophyllea*, *Lamium album*, *Laserpitium latifolium*, *Anthriscus sylvestris*, *Heracleum sphondylium*, *Nigritella rhellicani*, *Ranunculus nemorosus*, *Scabiosa lucida*, *Carex ericetorum*, *Chenopodium bonus-henricus*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Homogyne alpina*, *Poa alpestris*, *Soldanella pusilla* und *Trifolium montanum*. Weitere 93 Arten kommen zwar ebenfalls ausschließlich im Trisetetum flavescentis im Raum Venter Tal/Rofental vor, jedoch mit einer Stetigkeit von 5 % oder weniger (= Stetigkeitsklasse r).

Die großen floristischen Unterschiede hinsichtlich der Artausstattung beziehen sich daher vor allem auf die Arten, die zwar nur im Raum Vent vorkommen, allerdings dort mit nur sehr geringer Stetigkeit. Für die Erstellung des DCA-Diagramms in Abb. 4 wurden die seltenen Arten in ihrer Bedeutung herunter gewichtet. Die Goldhaferwiesen im Raum Obergurgl bilden nun gegenüber dem im Raum Venter Tal/Rofental keine eigene, deutlich abgesetzte Gruppe, sondern auch hier sind die Übergänge fließend.



4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Obergurgl:

- Goldhaferwiese

Venter Tal/Rofental:

- Goldhaferwiese (*Trisetetum flavescens*)

Abb. 4: Vergleich zwischen den Goldhaferwiesen (*Trisetetum flavescens*) im Raum Obergurgl, linke Talseite (gefüllte Kreise) und im Venter Tal/Rofental (leere Kreise).

Unterschiede in der Bewirtschaftung zwischen dem Raum Obergurgl und dem Venter Tal/Rofental

Die Goldhaferwiese (*Trisetetum flavescens*) im Raum Venter Tal/Rofental wird überwiegend gemäht, einige Aufnahme­flächen hingegen sind junge Wiesenbrachen. Die sonnseitigen Wiesen von Vent und Winterstall sind ein- bis zweischürig, das bedeutet, dass in Jahren mit guter Witterung eine zweite Mahd möglich ist. Im Rofental können die Wiesen nur einmal im Jahr gemäht werden (Unterluggauer 2003). Die erste Mahd beginnt Mitte Juli und dauert bis Anfang August. Die Flächen werden mit Mist gedüngt, wobei gut erreichbare Flächen mehr erhalten als Flächen die abgelegen sind. Auch Randzonen und steile Bereiche erhalten weniger Düngung (Unterluggauer 2003).

Die Goldhaferwiesen im Raum Obergurgl, linke Talseite werden überwiegend als Mähder genutzt (= 87,5 % der Aufnahme­flächen). Weit seltener sind Flächen, die ausschließlich als Weiden für Kühe und Pferde dienen (= 10 %) oder die inzwischen brach gefallen sind (= 2,5 %). Hinsichtlich der Mahd werden die Goldhaferwiesen am Talgrund zwei Mal im Jahr gemäht, die höher am Berg gelegenen nur einmal. Nur wenige Wiesen werden im Herbst nachbeweidet, auch im Tal erfolgt eine Nachweide selten. Ein Teil der Goldhaferwiesen, die höher am Berg liegen, werden im Herbst mit Festmist und im Frühjahr mit Mineraldünger gedüngt. Bei einigen weiteren erfolgt aktuell die Düngung ausschließlich mit Mineraldünger. Ein dazu im Verhältnis kleinerer Teil dieser höher am Berg gelegenen Wiesen werden ausschließlich mit Festmist gedüngt. Die Goldhaferwiesen am Talgrund werden zumeist im Herbst mit Festmist gedüngt (Nagl 2007–2008). Hinsichtlich der Bewirtschaftung besteht demnach zwischen den Goldhaferwiesen im Raum Obergurgl und im Venter Tal/Rofental vor allem ein Unterschied in der Düngung, da im Venter Tal/Rofental kein Mineraldünger verwendet wird.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

4.3.2.2 Bürstlingsrasen (*Sieversio-Nardetum strictae*)

Vergleiche der Umweltparameter und Diversitäts-Indices

Tab. 7 und 8 zeigen, dass der Bürstlingsrasen (*Sieversio-Nardetum strictae*) im Venter Tal/Rofental auf signifikant größerer Meereshöhe ausgebildet ist als der Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl, linke Talseite. Der Unterschied beträgt im Mittel etwas über 200 m. Hinsichtlich der Gesamtdeckung der Rasen konnte hingegen kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Der Bürstlingsrasen im Raum Venter Tal/Rofental weist signifikant mehr Arten je 25 m² auf als der Bürstlingrasen im Raum Obergurgl. Auch die anderen Diversitäts-Indices (Shannon-Wiener-Index, Evenness und Simpson-Index) liegen im Raum Venter Tal/Rofental signifikant über jenen im Raum Obergurgl.

Die Vergleiche mit den Goldhaferwiesen im Raum Venter Tal/Rofental bzw. in Obergurgl, linke Talseite (Tab. 3) zeigen, dass die Bürstlingsrasen in größerer Meereshöhe ausgebildet und weniger dicht geschlossen sind (Tab. 7), dass sie im Durchschnitt mehr Arten aufweisen und dass ihre Diversitäts-Indices höhere Werte annehmen.

Variable	Gebiet	N	Mittelwert	Standardfehler
Meereshöhe (m)	Obergurgl	44	2049,46	23,69
	Vent	54	2304,54	21,38
Gesamtdeckung (%)	Obergurgl	44	90,66	1,38
	Vent	54	88,74	1,25
Artenzahl je 25 m ²	Obergurgl	44	37,43	1,52
	Vent	54	44,54	1,38
Shannon-Wiener	Obergurgl	44	2,93	0,06
	Vent	54	3,40	0,06
Evenness	Obergurgl	44	0,81	0,01
	Vent	54	0,90	0,01
Simpson-Index	Obergurgl	44	0,90	0,01
	Vent	54	0,93	0,01

Tab. 7: Anzahl der Aufnahmen (N), Mittelwerte und Standardfehler für die Parameter Meereshöhe (m), Gesamtdeckung der Vegetation (%), Artenzahl je 25 m², Shannon-Wiener-Index, Evenness und Simpson-Index für den Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl und im Venter Tal/Rofental.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Variable	df	F-Wert	p-Wert	part. Eta-Quad.
Meereshöhe (m)	1	63,91	≤0,001***	0,400
Gesamtdeckung (%)	1	1,07	0,305	0,011
Artenzahl je 25 m ²	1	11,99	0,001***	0,111
Shannon-Wiener	1	30,62	≤0,001***	0,242
Evenness	1	39,78	≤0,001***	0,293
Simpson-Index	1	6,94	0,010**	0,067

Tab 8: Ergebnisse der univariaten ANOVA für die Parameter Meereshöhe (m), Gesamtdeckung der Vegetation (%), Artenzahl je 25 m², Shannon-Wiener-Index, Evenness und Simpson-Index im Vergleich des Bürstlingsrasens im Raum Obergurgl und im Venter Tal/Rofental.

Vergleich der Zeigerwerte

Die Zeigerwerte unterscheiden sich zumeist nicht deutlich zwischen dem Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl und im Raum Venter Tal/Rofental (Tab. 9). Im Raum Venter Tal/Rofental liegen die Werte für die Lichtzahl und die Kontinentalitätszahl etwas höher. Umgekehrt sind im Raum Obergurgl die durchschnittlichen Werte vor allem für die Stickstoffzahl deutlich höher. Abgesehen davon sind auch die Temperaturzahl und die Reaktionszahl im Raum Obergurgl höher (Tab. 9). Die beiden Subassoziationen des Bürstlingsrasens im Raum Venter Tal/Rofental unterscheiden sich vor allem hinsichtlich der Kontinentalitätszahl, der Feuchtezahl und der Reaktionszahl wobei die Werte für die Subassoziation kobresietosum myosuroides höher sind (Tab. 9). Es herrschen Halblichtpflanzen, Kühlezeiger vorwiegend subalpiner Lagen, subozeanische Pflanzen, Frischezeiger mit Schwerpunkt auf mittelfeuchten Böden, Mäßigsäurezeiger sowie Pflanzen, die auf stickstoffarmen Standorten häufiger zu finden sind, vor (Ellenberg et al. 1992). Im Vergleich zu den Goldhaferwiesen (Tab. 6), weisen der Bürstlingsrasen (Tab. 9) deutlich niedrigere Stickstoffzahlen auf. Abgesehen davon sind ebenso die Temperaturzahl, die Feuchtezahl und die Reaktionszahl niedriger.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Gesellschaft	L (MW±SD)	T (MW±SD)	K (MW±SD)	F (MW±SD)	R (MW±SD)	N (MW±SD)
Bürstlingsrasen (Obergurgl)	7,37±0,14	2,67±0,17	3,65±0,12	4,84±0,38	4,71±0,38	3,25±0,29
Bürstlingsrasen (Vent)	7,54±0,18	2,42±0,25	3,80±0,22	4,82±0,37	4,25±0,69	2,76±0,43
typische Subassoziation (Vent)	7,50±0,16	2,48±0,26	3,73±0,17	4,75±0,36	4,16±0,72	2,72±0,45
Subass. kobresietosum myo. (Vent)	7,68±0,16	2,24±0,14	4,02±0,19	5,04±0,33	4,54±0,48	2,92±0,33

Tab. 9: Ergebnisse der Zeigerwertanalyse für den Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl, linke Talseite und im Venter Tal/Rofental. Die Ergebnisse für den Raum Venter Tal/Rofental sind für alle Aufnahmen insgesamt sowie zusätzlich für jede der beiden Subassoziationen des Bürstlingsrasens angegeben. L = Lichtzahl, T = Temperaturzahl, K = Kontinentalitätszahl, F = Feuchtezahl, R = Reaktionszahl, N = Stickstoffzahl.

Floristische Ähnlichkeit

Die quantitative Ähnlichkeit zwischen den Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl und im Venter Tal/Rofental beträgt 0,58 (Tab. 10) und ist als nicht allzu hoch zu bewerten. Der Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl ähnelt floristisch weit stärker der Subassoziation kobresietosum myosuriodes als der typischen Subassoziation im Raum Venter Tal/Rofental (Tab. 10).

Bray Curtis-Distanz	Obergurgl Bürstlingsrasen	Obergurgl Bürstl. zwergstrauchreich	Vent typische Subassoziation
Obergurgl zwergstrauchreicher Bürstlingsrasen	0,72	–	0,67
Vent Bürstlingsrasen	0,58	0,64	–
Vent typische Subassoziation	0,60	0,67	–
Vent Subass. kobresietosum	0,46	0,50	0,63

Tab. 10: Quantitative Ähnlichkeit (= Bray Curtis-Distance) zwischen dem Bürstlingsrasen und dem zwergstrauchreichen Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl, linke Talseite sowie dem Bürstlingsrasen im Raum Venter Tal/Rofental bzw. dessen beiden Subassoziationen (= typische Subassoziation und Subassoziation kobresietosum myosuroides).

Insgesamt wurden im Raum Obergurgl und im Raum Venter Tal/Rofental im Bürstlingsrasen 235 Arten identifiziert. Nicht berücksichtigt wurde der zwergstrauchreiche Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl. 112 Arten (= 47,7 %) davon kommen in beiden Gebieten vor, 41 (= 17,4 %) allerdings ausschließlich im Raum Obergurgl sowie 82 (= 34,9 %) nur im Raum Venter Tal/Rofental (Abb. 5).

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

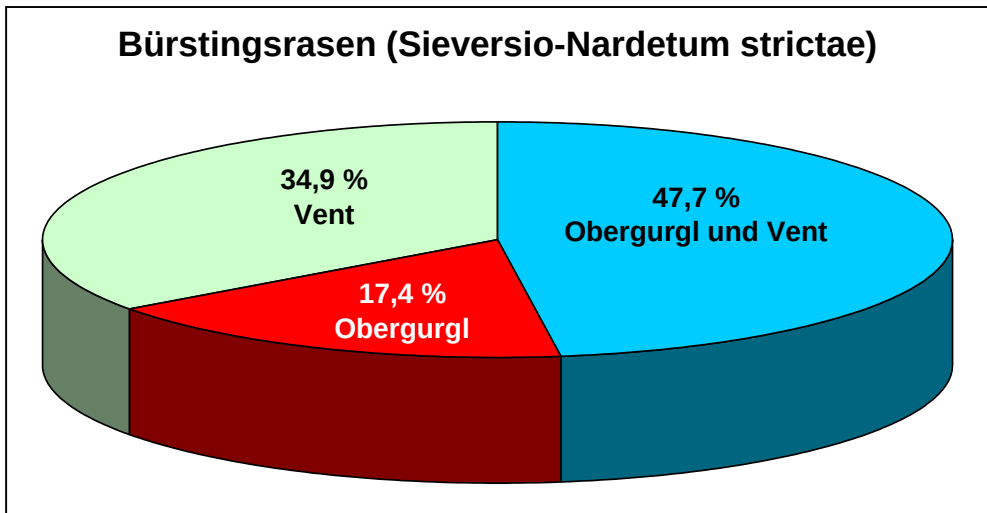


Abb. 5: Der Anteil der im Raum Obergurgl und in Vent gemeinsamen Arten sowie der Anteil der nur in Obergurgl bzw. nur in Vent vorkommenden Arten (235 Arten insgesamt).

In beiden Gebieten treten folgende Arten mit hoher Stetigkeit (= Stetigkeitsklassen V oder IV) auf: *Anthoxanthum alpinum*, *Nardus stricta*, *Potentilla aurea*, *Campanula scheuchzeri*, *Lotus corniculatus*, *Luzula multiflora*, *Geum montanum*, *Carex sempervirens*, *Ranunculus montanus* und *Phleum rhaeticum*. Zumindest um zwei Stetigkeitsklassen häufiger im Raum Obergurgl als im Raum Venter Tal/Rofental sind folgende Arten: *Agrostis capillaris* (V), *Festuca rubra* agg. (V), *Trifolium pratense* ssp. *nivale* (V), *Alchemilla vulgaris* agg. (V), *Chaerophyllum villarsii* (IV), *Rumex alpestris* (IV), *Phyteuma betonicifolium* (IV), *Silene vulgaris* ssp. *vulgaris* (IV), *Carlina acaulis* (IV), *Geranium sylvaticum* (III), *Laserpitium halleri* (III), *Rhinanthus glacialis* (III), *Euphrasia officinalis* ssp. *rostkoviana* (III), *Potentilla erecta* (III), *Trifolium montanum* (II), *Helianthemum grandiflorum* (II), *Trollius europaeus* (I), *Carduus defloratus* (I) und *Veronica chamaedris* (I). Umgekehrt sind *Festuca halleri* (V), *Avenula versicolor* (V), *Phyteuma hemisphaericum* (V), *Antennaria dioica* (IV), *Leontodon helveticus* (IV), *Euphrasia minima* (IV), *Avenella flexuosa* (IV), *Poa alpina* (IV), *Pulsatilla vernalis* (III), *Sempervivum montanum* (III), *Homogyne alpina* (III), *Thymus praecox* ssp. *polytrichus* (II), *Kobresia myosuroides* (II), *Crocus albiflorus* (II), *Arnica montana* (II), *Silene rupestris* (II), *Bellardiochloa variegata* (II), *Androsace obtusifolius* (II), *Soldanella pusilla* (II), *Gentiana nivalis* (II), *Leucanthemopsis alpina* (II), *Agrostis agrostiflora* (I), *Alnus alnobetula* (I) und *Cirsium spinosissimum* (I) um mindestens zwei Stetigkeitsklassen häufiger im Raum Venter Tal/Rofental als in Obergurgl.

Von den Arten, welche ausschließlich im Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl nicht aber im Raum Venter Tal/Rofental vorkommen, haben folgende eine Stetigkeit von mehr als 10 %: *Briza media* (IV), *Thymus pulegioides* (II), *Crepis conyzifolia* (II), *Nigritella nigra* (I), *Prunella vulgaris* (I), *Gymnadenia conopsea* (I), *Hieracium hoppeanum* (I), *Scabiosa columbaria* (I), *Soldanella alpina* (I), *Willemetia stipitata* (I) und *Carex ornithopoda* (I). Hinzu kommen noch *Poa trivialis* (+), *Leucanthemum ircutianum* (+), *Plantanthera bifolia* (+) und *Veronica officinalis* (+) mit 10 bis mehr

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

als 5 % Stetigkeit. 26 von jenen Arten, die nur im Raum Obergurgl in diesem Vegetationstyp auftreten, haben eine sehr geringe Stetigkeit von 5 % oder weniger (= Stetigkeitsklasse +).

Im umgekehrten Fall treten im Raum Venter Tal/Rofental folgende Arten mit mehr als 10 % Stetigkeit auf welche zugleich in Obergurgl fehlen: *Veronica bellidoides* (IV), *Cetraria islandica* (III), *Agrostis alpina* (III), *Selaginella selaginoides* (III), *Taraxacum alpina* (II), *Luzula lutea* (II), *Hieracium glaciale* (II), *Agrostis rupestris* (II), *Silene exscapa* (II), *Botrychium lunaria* (II), *Senecio abrotanifolius* ssp. *abrotanifolius* (II), *Minuartia recurva* (II), *Trifolium pallescens* (II), *Cerastium alpinum* (II), *Cladonia arbuscula* (I), *Luzula spicata* (I), *Sibbaldia procumbens* (I), *Nigritella rhelilcanii* (I), *Cerastium fontanum* (I), *Helianthemum ovatum* (I), *Erigeron uniflorus* (I), *Anthyllis vulneraria* ssp. *alpestris* (I), *Potentilla crantzii* (I), *Carex ericetorum* (I), *Pedicularis kernerii* (I), *Ranunculus nemorosus* (I), *Salix helvetica* (I), *Senecio incanus* ssp. *carniolicus* (I), *Stereocaulon* sp. (I), *Alchemilla fissa* (I) und *Cetraria nivalis* (I). Folgende weitere Arten kommen im Raum Venter Tal/Rofental mit Stetigkeitsklasse + vor: *Carex caryophyllea*, *Minuartia sedoides*, *Carex curvula*, *Aconitum napellus*, *Polygala alpestris*, *Gnaphalium supinum*, *Cetraria cucullata*, *Salix herbacea*, *Erigeron alpinus*, *Saxifraga bryoides*, *Lloydia serotina*, *Minuartia gerardii*, *Antennaria carpatica*, *Hieracium glanduliferum*, *Empetrum hermaphroditum*, *Senecio doronicum* und *Peltigera aphthosa*. Schließlich wachsen im Sieversio-Nardetum strictae des Venter Tales/Rofentales 31 Arten mit einer Stetigkeit von 5 % oder noch weniger (= Stetigkeitsklasse r).

Die DCA-Ordination (Abb. 6) in welcher die Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl und im Venter Tal/Rofental dargestellt sind zeigt, dass diese beiden Vegetationseinheiten etwas deutlicher voneinander unterschieden sind als im Fall der Goldhaferwiesen (Abb. 2). Während der Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl v.a. den linken Teil der Graphik (zwischen DCA 0.0 und ca. 1.5) einnimmt, befinden sich die meisten Aufnahmen aus dem Venter Tal/Rofental im rechten Teil der Graphik (ab ca. DCA 1.0).

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

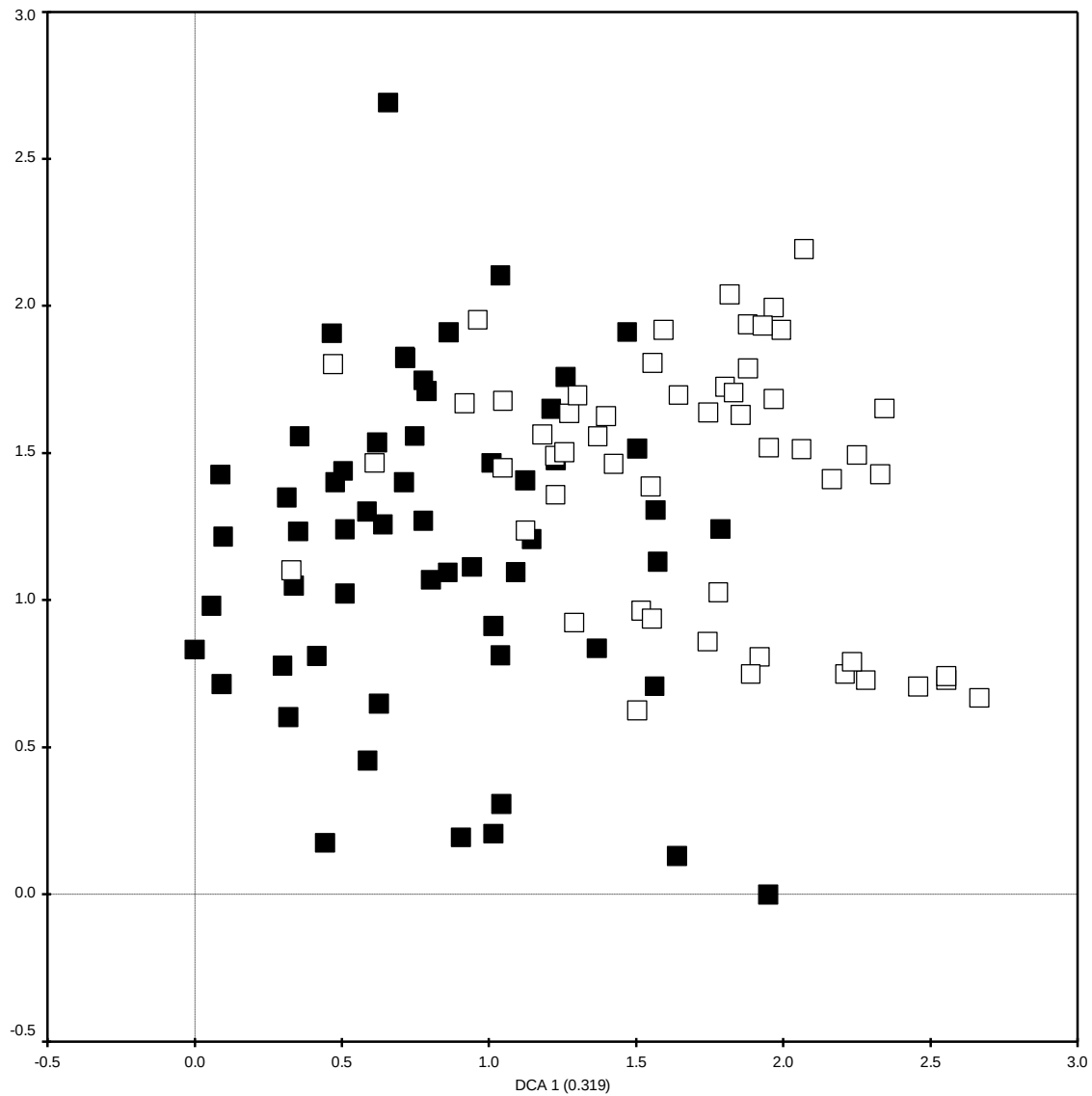


Abb. 4: Vergleich zwischen den Goldhaferwiesen (*Trisetum flavescens*) im Raum Obergurgl, linke Talseite (gefüllte Kreise) und im Venter Tal/Rofental (leere Kreise).

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Obergurgl:

■ Bürstlingsrasen

Venter Tal/Rofental:

□ Bürstlingsrasen (Sieversio-Nardetum strictae)

Abb. 6: Vergleich zwischen dem Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl, linke Talseite (gefüllte Quadrate) und im Raum Venter Tal/Rofental (leere Quadrate).

Unterschiede in der Bewirtschaftung zwischen dem Raum Obergurgl und dem Venter Tal/Rofental

Die Bewirtschaftung der Bürstlingsrasen im Raum Venter Tal/Rofental ist recht unterschiedlich, sodass die Bewirtschaftungsintensität einen wesentlichen Einfluss auf die Unterscheidung der verschiedenen Ausbildungen hat (Unterluggauer 2003). Die Ausbildung mit *Carex ericetorum* wird sehr intensiv von Rindern und Pferden beweidet. In den Hanglagen weiden gelegentlich Kühe oder Schafe. Seltener handelt es sich um aufgelassene Bergmahden. Es erfolgt auch eine Düngung der Wiesen dieser Ausbildung. Die typische Ausbildung stellt ehemalige Bergmähder dar, welche heute mit Schafen beweidet werden. Die Bestände der Ausbildung mit *Juncus trifidus* sind keine ehemaligen Mahdflächen und sie werden heute mit Schafen beweidet. Im Unterschied dazu werden die Bestände der *Veronica alpina*-Ausbildung in der unteralpinen Stufe auch heute noch regelmäßig als Mähder genutzt. Ein anderer Teil der Flächen wird aktuell aber nicht mehr genutzt (Unterluggauer 2003). Die Flächen der Ausbildung mit *Agrostis schraderiana* werden heute mit Schafen beweidet (Unterluggauer 2003).

Die Nutzung der Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl, linke Talseite geschieht auf verschiedene Weise. Ca. ein Fünftel der Flächen wird aktuell halbschürig gemäht und überwiegend im Frühjahr mit Mineraldünger und im Herbst mit Festmist gedüngt. Etwa ein Drittel der Aufnahmeflächen dient heutzutage als Weiden für Rinder und Pferde. Die Hälfte der Flächen jedoch ist inzwischen brach gefallen. Es handelt sich dabei um alte Brachen, die seit ca. 30 Jahren oder manchmal noch länger nicht mehr bewirtschaftet werden. Ursprünglich erfolgte hier meistens eine Mahd im Abstand von 2 Jahren. Etwa ein Viertel dieser Brachen wird aktuell mit Schafen beweidet (Nagl 2007–2008).

Der wesentliche Unterschied zwischen der Bewirtschaftung der Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl, linke Talseite und im Venter Tal/Rofental liegt in der Mahd, welche häufiger in Obergurgl erfolgt (halbschürig). Im Fall der Weiden handelt es sich in Obergurgl vermehrt um Rinder- und Pferdeweiden im Unterschied zur vorherrschenden Schafbeweidung im Venter Tal/Rofental.

4.3.2.3 Zwergstrauchheiden

Diese Vergleiche erfolgten zwischen der Zwergwacholderheide sowie dem zwergstrauchreichen Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl, linke Talseite und der Wacholder-Bärentraubenheide (Junipero-Arctostaphyletum) in drei Ausbildungen im Raum Venter Tal/ Rofental. Es wurden jeweils

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

die einzelnen Gesellschaften miteinander verglichen, aber auch die verschiedenen Bürstlingsrasentypen je Teilgebiet zusammen gefasst und einander gegenüber gestellt.

Vergleiche der Umweltparameter und Diversitäts-Indices

Tab. 11 zeigt, dass hinsichtlich der Meereshöhenverteilung der Aufnahmen zwischen Obergurgl (linke Talseite) und Vent vergleichbare Verhältnisse herrschen. Jeweils eine der Vegetationseinheiten liegt in etwas größerer Höhe, nämlich der zwergstrauchreiche Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl und die Ausbildung mit Arten der alpinen Stufe im Venter Tal/Rofental. Insgesamt gibt es hinsichtlich der Meereshöhe zwischen Obergurgl und dem Venter Tal/Rofental keine signifikanten Unterschiede (Tab. 12).

Variable	Gebiet	N	Mittelwert	SF
Meereshöhe (m)	Og: Zwergwacholderheide	9	2076,33	33,77
	Og: Bürstl. zwergstrauchreich	12	2215,83	29,25
	Vent: Junip.-Arc. alpin	5	2361,00	43,31
	Vent: Junip.-Arc. <i>Juniperus sab.</i>	9	2082,78	33,77
	Vent: Junip.-Arc. mit <i>Nardus</i>	14	2116,79	20,08
Gesamtdeckung (%)	Og: Zwergwacholderheide	9	82,00	3,45
	Og: Bürstl. zwergstrauchreich	12	84,75	2,99

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Artenzahl je 25 bzw. 50 m ²	Vent: Junip.-Arc. alpin	5	77,00	4,63
	Vent: Junip.-Arc. <i>Juniperus sab.</i>	9	94,22	3,45
	Vent: Junip.-Arc. mit <i>Nardus</i>	14	83,21	2,77
	Og: Zwergwacholderheide	9	39,44	3,05
	Og: Bürstl. zwergstrauchreich	12	39,83	2,64
	Vent: Junip.-Arc. alpin	5	37,00	4,09
	Vent: Junip.-Arc. <i>Juniperus sab.</i>	9	55,44	3,05
	Vent: Junip.-Arc. mit <i>Nardus</i>	14	62,00	2,44
	Og: Zwergwacholderheide	9	2,93	0,12
	Og: Bürstl. zwergstrauchreich	12	3,06	0,10
Shannon-Wiener	Vent: Junip.-Arc. alpin	5	2,94	0,16
	Vent: Junip.-Arc. <i>Juniperus sab.</i>	9	3,63	0,12
	Vent: Junip.-Arc. mit <i>Nardus</i>	14	3,84	0,10
	Og: Zwergwacholderheide	9	0,80	0,02
	Og: Bürstl. zwergstrauchreich	12	0,83	0,02
Evenness	Vent: Junip.-Arc. alpin	5	0,81	0,03
	Vent: Junip.-Arc. <i>Juniperus sab.</i>	9	0,90	0,02
	Vent: Junip.-Arc. mit <i>Nardus</i>	14	0,93	0,02
	Og: Zwergwacholderheide	9	0,88	0,02
	Og: Bürstl. zwergstrauchreich	12	0,90	0,02
Simpson-Index	Vent: Junip.-Arc. alpin	5	0,86	0,02
	Vent: Junip.-Arc. <i>Juniperus sab.</i>	9	0,94	0,02
	Vent: Junip.-Arc. mit <i>Nardus</i>	14	0,96	0,01

Tab. 11: Anzahl der Aufnahmen (N), Mittelwerte und Standardfehler für die Parameter Meereshöhe (m), Gesamtdeckung der Vegetation (%), Artenzahl je 25 m² (Raum Obergurgl) bzw. 50 m² (Raum Venter Tal/Rofental), Shannon-Wiener-Index, Evenness und Simpson-Index für die Zwergwacholderheide und den zwergstrauchreichen Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl, linke Talseite und für die Wacholder-Bärentraubenheide (*Junipero-Arctostaphyletum*) im Raum Venter Tal/Rofental mit 3 Ausbildungen.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Variable	df	F-Wert	p-Wert	part. Eta-Quad.
Meereshöhe (m)	1	0,029	0,865	0,001
Gesamtdeckung (%)	1	0,411	0,524	0,009
Artenzahl je 25 bzw. 50 m ²	1	23,417	≤0,001***	0,333
Shannon-Wiener-Index	1	23,871	≤0,001***	0,337
Evenness	1	16,023	≤0,001***	0,254
Simpson-Index	1	7,542	0,009**	0,138

Tab. 12: Ergebnisse der univariaten ANOVA für die Parameter Meereshöhe (m), Gesamtdeckung der Vegetation (%), Artenzahl je 25 m² bzw. 50 m², Shannon-Wiener-Index, Evenness und Simpson-Index für die Zwergwacholderheide sowie den zwergstrauchreichen Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl, linke Talseite und für die Wacholder-Bärentraubenheide (*Junipero-Arctostaphyletum*) im Venter Tal/Rofental.

Auch die Deckungswerte sind vergleichbar, wobei nur die Ausbildung mit *Juniperus sabina* der Wacholder-Bärentraubenheide im Raum Venter Tal/Rofental eine deutlich höhere Gesamtdeckung aufweist (Tab. 11). Doch auch hier ergibt sich im Vergleich zwischen den Vegetationseinheiten im Raum Obergurgl und im Raum Venter Tal/Rofental kein signifikanter Unterschied (Tab. 12). Die Diversitäts-Indices hingegen unterscheiden sich beträchtlich. Die Zwergwacholderheide und der zwergstrauchreiche Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl weisen zwar ähnliche Werte wie die Ausbildung mit alpinen Arten der Wacholder-Bärentraubenheide (*Junipero-Arctostaphyletum*) im Venter Tal/Rofental auf, jedoch sind die beiden anderen Ausbildungen, besonders die Ausbildung mit *Nardus stricta*, deutlich artenreicher und weisen eine entsprechend höhere Artendiversität auf (Tab. 11). Insgesamt ergeben sich daher zwischen dem Raum Obergurgl und dem Venter Tal/Rofental höchst signifikante Unterschiede hinsichtlich der Artenzahl je Aufnahme­fläche und des Shannon-Wiener-Index'. Die Unterschiede hinsichtlich des Simpson-Index' fallen hoch signifikant aus (Tab. 12). Diese Diversitäts-Indices sind jeweils im Raum Venter Tal/Rofental deutlich höher als in Obergurgl, linke Talseite.

Vergleich der Zeigerwerte

Die Zeigerwerte unterscheiden sich nicht wesentlich zwischen der Zwergwacholderheide im Raum Obergurgl, linke Talseite und der Wacholder-Bärentraubenheide (*Junipero-Arctostaphyletum*) im Venter Tal/Rofental (Tab. 13). Mit Ausnahme der Stickstoffzahl sind die durchschnittlichen Zeigerwerte im Raum Obergurgl, linke Talseite etwas höher als im Venter Tal/Rofental. Der zwergstrauchreiche Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl unterscheidet sich von der Zwergwacholderheide vor allem nur hinsichtlich der Stickstoffzahl, die deutlich höher liegt. Im Raum Venter Tal/Rofental hingegen gibt es zwischen den drei Ausbildungen vor allem hinsichtlich der Reaktionszahl auffällige Unterschiede (Tab. 23). In beiden Gebieten herrschen Halblichtpflanzen, Kühlezeiger vorwiegend subalpiner Lagen, subozeanische Pflanzen, Frischezeiger mit Schwerpunkt auf mittelfeuchten Böden, Säurezeiger bis Mäßigsäurezeiger sowie Pflanzen, die stickstoffärmere Böden anzeigen, vor (Ellenberg et al. 1992). Die Zwergwacholderheide und das *Junipero-*

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Arctostaphyletum weisen hinsichtlich der Stickstoffzahl deutlich größere Ähnlichkeiten zu den Bürstlingsrasen (Tab. 18) als zu den Goldhaferwiesen (Tab. 13) auf.

Gesellschaft	L (MW±SD)	T (MW±SD)	K (MW±SD)	F (MW±SD)	R (MW±SD)	N (MW±SD)
zwergstrauchreicher Bürstlingsrasen (Obergurgl)	7,38±0,17	2,57±0,18	3,63±0,14	4,84±0,14	4,11±0,32	3,03±0,36
Zwergwacholderheide (Obergurgl)	7,32±0,14	2,70±0,12	3,73±0,13	4,62±0,15	3,94±0,20	2,48±0,17
Wacholder-Bärentraubenheide (Vent)	7,27±0,24	2,68±0,31	4,00±0,15	4,52±0,26	4,60±0,74	2,65±0,36
Ausb. Arten der alp. Stufe (Vent)	7,60±0,25	2,14±0,18	4,06±0,19	4,54±0,26	3,46±0,28	2,06±0,30
Ausb. mit <i>Juniperus sabina</i> (Vent)	7,20±0,15	2,80±0,14	4,06±0,11	4,31±0,13	5,38±0,28	2,79±0,24
Ausb. mit <i>Nardus stricta</i> (Vent)	7,19±0,19	2,80±0,19	3,95±0,15	4,64±0,24	4,50±0,37	2,76±0,23

Tab. 13: Ergebnisse der Zeigerwertanalyse für den zwergstrauchreichen Bürstlingsrasen sowie für die Zwergwacholderheide im Raum Obergurgl, linke Talseite und für die Wacholder-Bärentraubenheide (Junipero-Arctostaphyletum) im Venter Tal/Rofental. Die Ergebnisse für den Raum Venter Tal/Rofental sind für alle Aufnahmen der Wacholder-Bärentraubenheide sowie zusätzlich für jede der einzelnen Ausbildungen angegeben. L = Lichtzahl, T = Temperaturzahl, K = Kontinentalitätszahl, F = Feuchtezahl, R = Reaktionszahl, N = Stickstoffzahl.

Floristische Ähnlichkeit

Die Zwergwacholderheide und der zwergstrauchreiche Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl ähneln am meisten der Ausbildung mit *Nardus stricta* der Wacholder-Bärentraubenheide (Junipero-Arctostaphyletum) im Venter Tal/Rofental, die geringste Ähnlichkeit besteht zur alpinen Ausbildung der Wacholder-Bärentraubenheide (Tab. 14). Im Raum Venter Tal/Rofental sind sich die Ausbildungen mit *Juniperus sabina* und mit *Nardus stricta* am ähnlichsten, die alpine Ausbildung unterscheidet sich dagegen mehr von den anderen beiden Ausbildungen im Raum Venter Tal/Rofental als von den Vegetationseinheiten im Raum Obergurgl.

Ein Vergleich der Zwergwacholderheide im Raum Obergurgl mit der Krähenbeerenheide (Empetro-Vaccinietum gaultherioides) im Venter Tal/Rofental ergab mit 0,35 (= Bray Curtis-Distanz) eine weit geringere floristische Ähnlichkeit als zur Wacholder-Bärentraubenheide (Junipero-Arctostaphyletum).

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Bray Curtis-Distanz	Obergurgl Zwergstrauch- reicher Bürstlingsrasen	Vent Wacholder- Bärentraube n-Heide alpine Arten	Vent Wacholder- Bärentraube nheide mit <i>Jun. sabina</i>	Vent Wacholder- Bärentraube nheide mit <i>Nardus</i>
Obergurgl Zwergwacholderheide	0,67	0,46	0,49	0,59
Obergurgl zwergstrauch- reicher Bürstlingsrasen	–	0,43	0,45	0,60
Vent Wacholder-Bären- traubenheide, alpine Arten	0,43	–	0,39	0,47
Vent Wach.-Bärentr.- Heide, <i>Juniperus sabina</i>	0,45	0,39	–	0,67

Tab. 14: Quantitative Ähnlichkeit (= Bray Curtis-Distanz) zwischen der Zwergwacholderheide und dem zwergstrauchreichen Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl, linke Talseite sowie den drei Ausbildungen der Wacholder-Bärentraubenheide (Junipero-Arctostaphyletum) im Venter Tal/Rofental.

Insgesamt wurden in der Zwergwacholderheide sowie dem zwergstrauchreichen Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl und der Wacholder-Bärentraubenheide (Junipero-Arctostaphyletum) im Raum Venter Tal/Rofental 231 Arten identifiziert. 98 Arten (= 42,4 %) davon kommen in beiden Gebieten vor, nur 20 (= 8,7 %) treten ausschließlich im Raum Obergurgl auf während weit mehr, nämlich 113 (= 48,9 %) ausschließlich im Raum Venter Tal/Rofental identifiziert wurden (Abb. 7). Zu den Arten welche in beiden Gebieten mit hoher Stetigkeit (= Stetigkeitsklassen V oder IV) auftreten zählen *Carex sempervirens*, *Lotus corniculatus*, *Anthoxanthum alpinum*, *Avenella flexuosa*, *Avenula versicolor*, *Vaccinium myrtillus*, *Campanula barbata*, *Festuca rubra* agg., *Gentiana acaulis*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Calluna vulgaris*, *Luzula multiflora* und *Phyteuma betonicifolium*.

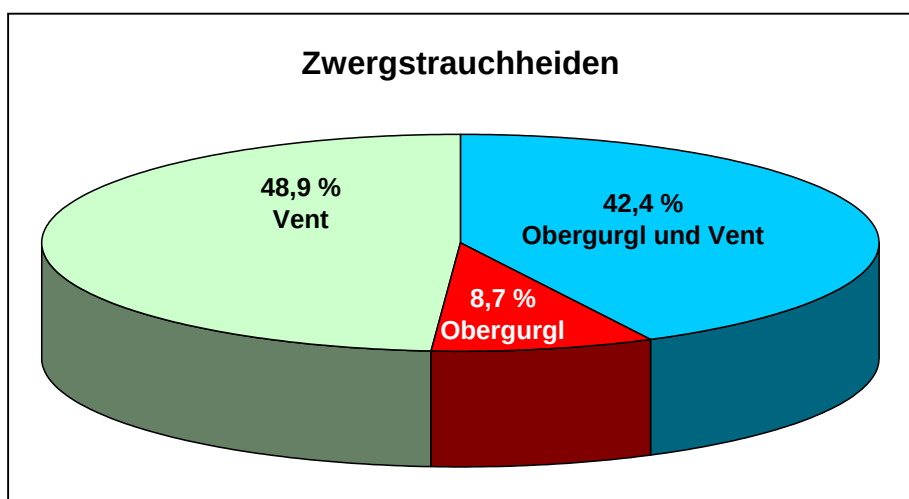


Abb. 7: Der Anteil der im Raum Obergurgl und in Vent gemeinsamen Arten sowie der im Raum Obergurgl und in Vent vorkommenden Arten (231 Arten insgesamt). Arten um mindestens zwei Stetigkeitsklassen häufiger als im Venter Tal/Rofental: *Nardus*

stricta (V), *Ranunculus montanus* (V), *Geum montanum* (V), *Potentilla aurea* (V), *Arnica montana* (IV), *Agrostis capillaris* (IV), *Leontodon hispidus* (IV), *Vaccinium gaultherioides* (IV), *Chaerophyllum villarsii* (III), *Euphrasia officinalis* ssp. *rostkoviana* (III), *Phleum rhaeticum* (III), *Deschampsia*

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

cespitosa (I) und *Prunella vulgaris* (I). Umgekehrt sind im Venter Tal/Rofental folgende Arten um wenigstens zwei Stetigkeitsklassen häufiger anzutreffen: *Luzula luzuloides* (V), *Solidago virgaurea* ssp. *minuta* (V), *Juniperus communis* ssp. *nana* (V), *Geranium sylvaticum* (IV), *Senecio abrotanifolius* ssp. *abrotanifolius* (IV), *Galium anisophyllum* (IV), *Achillea millefolium* (IV), *Pulsatilla vernalis* (IV), *Thesium alpinum* (IV), *Antennaria dioica* (IV), *Agrostis alpina* (III), *Trifolium montanum* (III), *Hieracium pilosella* (III), *Melampyrum sylvaticum* (II), *Polygala alpestris* (II), *Rhododendron ferrugineum* (II), *Carduus defloratus* (II), *Pinus cembra* (II), *Anthyllis vulneraria* ssp. *alpestris* (II), *Ajuga pyramidalis* (II), *Gentiana nivalis* (I), *Trollius europaeus* (I), *Kobresia myosuroides* (I), *Trifolium repens* (I) und *Carex ornithopoda* (I).

Von den 20 Arten welche ausschließlich im Raum Obergurgl auftreten kommen dort folgende mit mindestens 10 % Stetigkeit vor: *Juncus jacquinii* (III), *Hieracium hoppeanum* (II), *Hieracium sphaerocephalum* (II), *Rumex alpestris* (II), *Nigritella nigra* (I), *Thymus pulegioides* (I), *Carex pallescens* (I), *Danthonia decumbens* (I), *Pseudorchis albida* (I) und *Luzula alpinopilosa* (+). Außerdem wurden noch 10 weitere Arten mit höchstens 5 % Stetigkeit (= Stetigkeitsklasse r) ausschließlich im Raum Obergurgl identifiziert.

Eine sehr große Anzahl von Arten tritt ausschließlich im Venter Tal/Rofental mit mehr als 10 % Stetigkeit auf: *Arctostaphylos uva-ursi* (V), *Thymus praecox* ssp. *polytrichus* (IV), *Helianthemum ovatum* (IV), *Ranunculus nemorosus* (III), *Senecio doronicum* (III), *Cetraria islandica* (III), *Silene rupestris* (III), *Veronica fruticans* (III), *Carex ericetorum* (III), *Nigritella rhellicanii* (III), *Viola canina* (III), *Euphorbia cyparissias* (II), *Aster alpinus* (II), *Potentilla grandiflora* (II), *Koeleria hirsuta* (II), *Aconitum napellus* (II), *Botrychium lunaria* (II), *Lilium martagon* (II), *Scabiosa lucida* (II), *Allium senescens* ssp. *montanus* (II), *Calamagrostis villosa* (II), *Juniperus sabina* (II), *Laserpitium latifolium* (II), *Agrostis agrostiflora* (II), *Cerastium arvense* (II), *Rosa pendulina* (II), *Bellardiochloa variegata* (I), *Cladonia arbuscula* (I), *Pulmonaria australis* (I), *Saxifraga paniculata* (I), *Thalictrum minus* (I), *Veronica chamaedris* (I), *Hieracium murorum* (I), *Pyrola minor* (I), *Rhythidiadelphus* sp. (I), *Biscutella laevigata* (I), *Erigeron alpinus* (I), *Linum catharticum* (I), *Astragalus penduliflorus* (I), *Clematis alpina* (I), *Hieracium glaciale* (I), *Minuartia ricurva* (I), *Oreochloa disticha* (I), *Pleurozium schreberi* (I), *Poa nemoralis* (I), *Potentilla crantzii* (I), *Primula halleri* (I), *Selaginella selaginoides* (I), *Senecio incanus* ssp. *carniolicus* (I) und *Viola biflora* (I). Hinzu kommen noch weitere Arten, welche ausschließlich im Venter Tal/Rofental mit mehr als 5 bis max 10 % Stetigkeit auftreten (= Stetigkeitsklasse +): *Alectoria ochroleuca*, *Cetraria nivalis*, *Cirsium acaule*, *Cirsium heterophyllum*, *Cotoneaster integerrimus*, *Crocus albiflorus*, *Hieracium glanduliferum*, *Hylocomnium splendens*, *Knautia longifolia*, *Knautia maxima*, *Larix decidua*, *Leucanthemum ircutianum*, *Loiseleuria procumbens*, *Lunula luzulina*, *Melica nutans*, *Minuartia gerardii*, *Plantago serpentina*, *Salix helvetica*, *Salix serpyllifolia* und *Taraxacum*

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

officinale agg. Es wurden noch 43 Arten mit 5 % Stetigkeit oder weniger (= Stetigkeitsklasse r) ausschließlich im Venter Tal/Rofental identifiziert.

Die DCA-Graphik (Abb. 8) zeigt, dass die Zwergstrauch-Gesellschaften im Raum Obergurgl und im Raum Venter Tal/Rofental sehr deutlich voneinander getrennt sind. Es ergeben sich kaum Überlappungen. Im Raum Obergurgl setzt sich zudem der zwergstrauchreiche Bürstlingsrasen recht klar gegenüber der Zwergwacholderheide ab, welche wiederum den Aufnahmen im Raum Venter Tal/Rofental näher steht.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

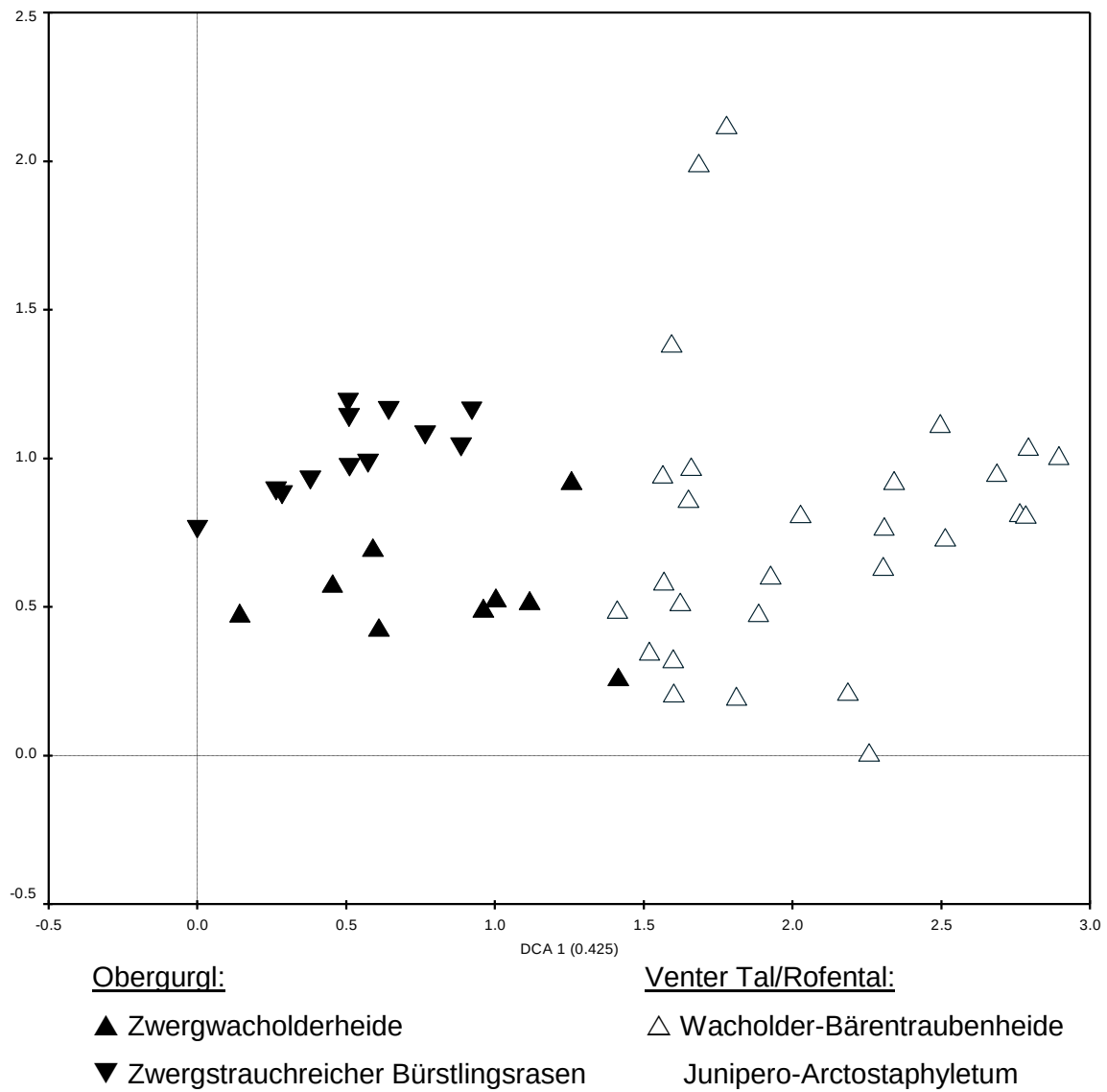


Abb. 8: Vergleich zwischen der Zwergwacholderheide und dem zwergstrauchreichen Bürstlingsrasen im Raum Obergurgl, linke Talseite (gefüllte Dreiecke) mit der Wacholder-Bärentraubenheide im Venter Tal/Rofental (leere Dreiecke).

Unterschiede in der Bewirtschaftung zwischen dem Raum Obergurgl und dem Venter Tal/Rofental

Die Bewirtschaftung der Wacholder-Bärentraubenheide (Junipero-Arctostaphyletum) im Venter Tal/Rofental erfolgt aktuell nur noch durch Beweidung, Bergmahden kommen in dieser Gesellschaft heute nicht mehr vor. Die gut erreichbaren Bereiche der subalpinen und unteralpinen Stufe werden durch Rinder und Pferde beweidet, die höher gelegenen Bereiche hingegen durch Schafe. Besonders hier wurde zur Weideverbesserung die Heide abgebrannt, um die Zwergsträucher zurückzudrängen, allerdings liegen die letzten Brandrodungen schon lange Zeit zurück (Unterluggauer 2003). Es gibt jedoch auch Flächen, die selbst für Schafe nur sehr schwer erreichbar sind. Diese wurden auch nie von den Tieren aufgesucht, es fand auch niemals eine Rodung statt. Heute befinden sich an dieser Stelle ausgesprochen dichte und reife Bestände der Wacholder-Bärentraubenheiden (Unterluggauer 2003). Die Bestände der Ausbildung mit Arten der alpinen Stufe werden durch Schafe nur wenig beweidet. Auch die Flächen der Ausbildung mit *Juniperus sabina* werden nur durch Schafe meist mäßig intensiv beweidet, nicht aber durch Rinder, obwohl diese Bestände nicht allzu weit vom Dorf entfernt liegen. Die Ausbildung mit *Nardus stricta* umfasst Bestände welche innerhalb der Wacholder-Bärentraubenheide (Junipero-Arctostaphyletum) die besten Bedingungen für eine Beweidung aufweisen. Allerdings gibt es auch andere Bestände der gleichen Ausbildung, auf welchen Zirben vorherrschen und damit bereits einen Waldcharakter andeuten (Unterluggauer 2003).

Im Raum Obergurgl, linke Talseite handelt es sich beim zwergstrauchreichen Bürstlingsrasen fast ausschließlich um alte Brachen, welche seit 30 Jahren und öfter sogar noch länger nicht mehr bewirtschaftet werden. Einige wenige Flächen sind Weiden, die durch Kühe und Pferde oder durch Schafe aktuell beweidet werden. Auch die Zwergwacholderheide umfasst überwiegend alte Brachen, die seit rund 30 Jahren und mehr nicht mehr bewirtschaftet werden. Es gibt aber auch einige Weideflächen, die aktuell durch Pferde oder Kühe beweidet werden (Nagl 2007–2008).

4.3.3 Die Vegetationstypen auf der Hohen Mut nach Aufnahmen aus den 70-er Jahren (Duelli 1977)

Zwischen 1973 und 1976 wurden von Duelli (1977) in ihrer Dissertation unter anderem auch Vegetations-Aufnahmen auf der Hohen Mut gemacht. Für einen Überblick über die Vegetationstypen auf der Hohen Mut wurden jene Aufnahmen ausgewählt, welche zwischen dem Bereich beim Gletscherhaus (NO-Hang) und dem Aufstieg zum Kirchenkogel zwischen 2500 und 2600 m (nur im Bereich des Gletscherhauses auch mehr als 2600 m NN) erhoben wurden. Duelli (1977) hat ihre Aufnahmen von der Hohen Mut folgenden Vegetationseinheiten zugeordnet:

1. Krummseggenrasen (Curvuletum) – 40 Aufnahmen
2. Bürstlingsrasen – 6 Aufnahmen
3. Schneebodengesellschaften – 6 Aufnahmen
4. Braunsimsenrasen (Luzuletum alpinopilosae) – 7 Aufnahmen
5. Schrofen- und Blockschuttvegetation (2 Aufnahmen)
6. Grat-Schwingelrasen (Festucetum pumilae) – 2 Aufnahmen
7. Nacktriedrasen (Elynetum) – 2 Aufnahmen
8. Alpenazaleen-Windheide (Loiseleurietum) – 6 Aufnahmen
9. Loiseleurio-Vaccinietum und Curvulo-Loiseleurietum (14 Aufnahmen)
10. Krähenbeerenheide (Vaccinietum uliginosi) – 2 Aufnahmen

Alle diese Vegetationseinheiten sind sehr eng miteinander verzahnt, vielfach finden Übergänge statt. Eine Gesellschaftstypisierung nach traditioneller Methode war nicht möglich, daher wurde von Duelli (1977) eine neue Methode angewandt (Duelli 1987). In allen diesen Gesellschaften kommen nur *Carex curvula*, *Avenula versicolor* und *Claadonia arbuscula* durchgängig vor.

4.3.3.1 Krummseggenrasen (Curvuletum)

Auf der Hohen Mut wurden von Duelli (1977) insgesamt 40 Aufnahmen den Krummseggenrasen (Curvuletum) in verschiedenen Ausprägungen zugeordnet:

- 1.1 Krummseggenrasen (Caricetum curvulae) mit *Geum montanum* – 11 Aufnahmen
- 1.2 Krummseggenrasen (Curvuletum typicum) – 5 Aufnahmen
- 1.3 Typischer Krummseggenrasen (Primulo-Curvuletum) – 4 Aufnahmen
- 1.4 Krummseggen-Krautweiden-Spalier-Mischgesellschaft
(Caricetum curvulae-Salicetum herbaceae-Mischgesellschaft) – 5 Aufnahmen

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

1.5 Chionophiler Krummseggenrasen (verarmtes Hygrocurvuletum) – 7 Aufnahmen

1.6 Verarmter Krummseggenrasen, im Blockschutt oder durch Tourismus überbelastet – 3 Aufnahmen

1.7 flechtenreicher Krummseggenrasen – 5 Aufnahmen

In allen diesen Gesellschaften kommen *Carex curvula*, *Leucanthemopsis alpina*, *Agrostis rupestris*, *Festuca halleri*, *Leontodon helveticus*, *Ligusticum mutellina*, *Phyteuma hemisphaericum*, *Avenula versicolor*, *Euphrasia minima*, *Cetraria islandica* und *Polytrichum juniperinum* durchgängig vor. Es lässt sich allerdings kein eigener Artenblock finden, durch welchen die Krummseggenrasen (Curvuleten) gegenüber den anderen Gesellschaften auf der Hohen Mut eindeutig abgegrenzt werden könnten. Folgende Arten jedoch kommen auf der Hohen Mut nur in den Krummseggenrasen vor, allerdings mit geringer Stetigkeit: *Deschampsia cespitosa* (+), *Sempervivum montanum* (+), *Silene vulgaris* ssp. *vulgaris* (r), *Phleum alpinum* agg. (r), *Gnaphalium hoppeanum* (r), *Bartsia alpina* (r), *Cerastium cerastioides* (r), *Erigeron alpinus* (r) und *Pulsatilla vernalis* (r). Zu den hochsteten Arten der Stetigkeitsklassen V oder IV gehören abgesehen von *Carex curvula*: *Leucanthemopsis alpina*, *Avenula versicolor*, *Polytrichum juniperinum*, *Leontodon helveticus*, *Ligusticum mutellina*, *Agrostis rupestris*, *Phyteuma hemisphaericum* und *Euphrasia minima*.

Ad 1.1 Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*) mit *Geum montanum*

Diese Krummseggen-Gesellschaft ist auf der Hohen Mut durch 11 Aufnahmen belegt (Duelli 1977). Sie kommt sowohl im Bereich des Gletscherhauses und auf dem Mutsattel sowie auch am Bärenhoppet im Umfeld der Forscherhütte bis hin zum Aufstieg zum Kirchenkogel vor. Im Durchschnitt ist sie in einer Höhe von $2581 \pm 25,8$ m NN ausgebildet. Die durchschnittliche Artenzahl beträgt $20 \pm 2,9$ Arten je Aufnahme­fläche (Minimuareal), und ist daher als eher artenarm anzusehen. Auch der mittlere Shannon-Wiener-Index liegt bei nur $2,1 \pm 0,2$. Der *Geum montanum*-reiche Krummseggenrasen verfügt über folgenden Artenblock zur Differenzierung gegenüber den anderen Krummseggen-Gesellschaften auf der Hohen Mut: *Luzula lutea* (III), *Sempervivum montanum* (II), *Cladonia gracilis* (II), *Cirsium spinosissimum* (I), *Phleum alpinum* agg. (I), *Cardamine alpina* (+) und *Juncus jacquinii* (+). *Carex curvula* (V) dominiert deutlich begleitet von *Geum montanum* (V). Weitere hochstetete Arten der Stetigkeitsklassen V oder IV, jedoch mit einer weit geringeren durchschnittlichen Deckung, sind *Leucanthemopsis alpina* (V), *Agrostis rupestris* (V), *Festuca halleri* (V), *Leontodon helveticus* (V), *Ligusticum mutellina* (V), *Potentilla aurea* (V), *Nardus stricta* (V) und *Veronica bellidioides* (IV). Zudem sind noch *Gnaphalium supinum* (IV) und *Sibbaldia procumbens* (IV) bedeutsam, welche für Schneeböden typisch sind.

Ad 1.2 Krummseggenrasen (*Caricetum typicum*)

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Dieser Typ von Krummseggenrasen ist auf der Hohen Mut durch 5 Aufnahmen belegt (Duelli 1977) und kommt vom Bärenhoppet (Bereich um die Forscherhütte) bis gegen den Aufgang zum Kirchenkogel vor. Durchschnittlich befindet sich diese Gesellschaft auf $2590 \pm 7,8$ m NN. Die Artenzahl beträgt im Mittel $18 \pm 2,1$ Arten je Minimumareal und ist als eher niedrig einzustufen. Auch der durchschnittliche Shannon-Wiener-Index ist mit $1,6 \pm 0,2$ als niedrig zu bewerten. Diese Gesellschaft ist floristisch nicht durch einen Artenblock abgrenzbar, einzig *Gnaphalium hoppeanum* (I) kommt auf der Hohen Mut ausschließlich in dieser Krummseggen-Gesellschaft vor. *Carex curvula* (V) ist sehr dominant, abgesehen davon kommen noch folgende Arten höchstens (Stetigkeitsklassen V oder IV) aber mit geringer Deckung vor: *Leucanthemopsis alpina* (V), *Leontodon helveticus* (V), *Ligusticum mutellina* (V), *Phyteuma hemisphaericum* (V), *Avenula versicolor* (V), *Cetraria islandica* (V), *Oreochloa disticha* (V), *Minuartia sedoides* (V), *Agrostis rupestris* (IV), *Festuca halleri* (IV), *Euphrasia minima* (IV), *Geum montanum* (IV), *Veronica bellidoides* (IV) und *Homogyne alpina* (IV).

Ad 1.3 Typischer Krummseggenrasen (Primulo-Curvuletum)

Der typische Krummseggenrasen (Primulo-Curvuletum) wurde von Duelli (1977) auf der Hohen Mut mittels 4 Aufnahmen belegt. Diese Aufnahmen stammen vom Westhang der Hohen Mut im Bereich des Gletscherhauses sowie vom Mutsattel im Bereich des Aufstiegs zum Bärenhoppet sowie vom Anstieg zum Kirchenkogel. Die durchschnittliche Meereshöhe liegt bei $2591 \pm 21,1$ m. Die mittlere Artenzahl je Minimumareal beläuft sich auf $21 \pm 2,7$, dementsprechend ist auch der Shannon-Wiener-Index mit $2,2 \pm 0,2$ als eher niedrig einzustufen. Es gibt keinen eigenen Artenblock zur Abgrenzung gegenüber den anderen Gesellschaften. *Carex curvula* (V) dominiert mit hohen Deckungswerten gefolgt von vor allem *Cetraria islandica* (V). Darüber hinaus kommen noch folgende weitere Arten mit hoher Stetigkeit aber weit geringeren Deckungswerten vor: *Leucanthemopsis alpina* (V), *Agrostis rupestris* (V), *Phyteuma hemisphaericum* (V), *Avenula versicolor* (V), *Euphrasia minima* (V), *Oreochloa disticha* (V), *Soldanella pusilla* (V), *Salix herbacea* (V), *Leontodon helveticus* (IV), *Polytrichum juniperinum* (IV), *Homogyne alpina* (IV), *Minuartia sedoides* (IV), *Sibbaldia procumbens* (IV), *Cladonia arbuscula* (IV), *Primula glutinosa* (IV) und *Loiseleuria procumbens* (IV). Es zeigt sich deutlich der Einfluss von Spaliersträuchern (*Loiseleuria procumbens*) sowie von Schneebodenarten.

Ad 1.4 Krummseggen-Krautweiden-Spalier-Mischgesellschaft (Caricetum curvulae-Salicetum herbaceae-Mischgesellschaft)

Diese Mischgesellschaft zwischen einem Krummseggenrasen und einem Schneeboden wurde von Duelli (1977) auf der Hohen Mut mit 5 Aufnahmen belegt. Diese befinden sich ausschließlich unmittelbar beim Aufgang zum Kirchenkogel im Bereich des Weges ins Gaißbergthal. Die durchschnittliche Meereshöhe beträgt $2592 \pm 6,7$ m. Im Mittel ist der Artenreichtum mit 28 Arten je

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Aufnahmefläche (Minimumareal) für eine Krummseggenengesellschaft als erhöht einzustufen. Darauf weist auch der durchschnittliche Shannon-Wiener-Index von $2,6 \pm 0,2$ hin. Folgender eigener Artenblock differenziert diese Gesellschaft recht gut: *Lloydia serotina* (II), *Myosotis alpestris* (II), *Solorina crocea* (II), *Vaccinium gaultherioides* (II), *Saxifraga androsacea* (I), *Bartsia alpina* (I), *Alchemilla fissa* (I), *Cerastium cerastoides* (I), *Cetraria cucullata* (I) und *Erigeron alpinus* (I). Die dominierenden Arten hinsichtlich der Stetigkeit und der durchschnittlichen Deckung sind eindeutig *Carex curvula* (V) und *Salix herbacea* (V). Weitere hochstete Arten der Stetigkeitsklassen V oder IV sind *Leucanthemopsis alpina* (V), *Leontodon helveticus* (V), *Phyteuma hemisphaericum* (V), *Avenula versicolor* (V), *Euphrasia minima* (V), *Polytrichum juniperinum* (V), *Oreochloa disticha* (V), *Soldanella pusilla* (V), *Persicaria vivipara* (V), *Luzula alpinopilosa* (IV), *Agrostis rupestris* (IV), *Festuca halleri* (IV), *Ligusticum mutellina* (IV), *Cetraria islandica* (IV), *Homogyne alpina* (IV) und *Primula glutinosa* (IV). Stark vertreten sind damit vor allem Arten der Schneeböden, vorwiegend *Salix herbacea* (V) und Moose wie *Polytrichum juniperinum* (V) sowie verschiedene Flechten.

Ad 1.5 Chionophiler Krummseggenrasen (verarmtes Hygrocurvuletum)

Ein „Hygrocurvuletum“ stellt eine krautreiche und bodenfeuchte Ausbildung des Krummseggenrasens dar (Duelli 1987). Auf der Hohen Mut wurden von Duelli (1977) 7 Aufnahmen dieser Vegetationseinheit zugeteilt. Der chionophile Krummseggenrasen ist vor allem im Bereich der Schrofen am NW-Hang der Hohen Mut (in weiterer Umgebung des Gletscherhauses) und im Bereich des Mutsattels bis in die Nähe des Aufstieges zum Bärenhoppet ausgebildet. Die durchschnittliche Meereshöhe beträgt $2557 \pm 88,3$ m, die mittlere Artenzahl ist niedrig und beträgt nur $12 \pm 6,0$ Arten je Aufnahmefläche (Minimumareal). Dem entsprechend gering ist auch der durchschnittliche Shannon-Wiener-Index mit nur mehr $1,8 \pm 0,5$. Lediglich *Rhododendron ferrugineum* (I) und *Huperzia selago* (I) kommen nur in dieser Gesellschaft vor. Die dominierende Art ist *Carex curvula* (V). Weiters treten noch *Leucanthemopsis alpina* (V), *Polytrichum juniperinum* (V) und *Salix herbacea* (IV) hochstet in Erscheinung. Mit etwas geringerer Stetigkeit aber höheren Deckungswerten fallen aber außerdem noch *Soldanella pusilla* (IV) und *Luzula alpinopilosa* (III) auf, welche gerne in Schneetälchen wachsen.

Ad 1.6 Verarmter Krummseggenrasen, im Blockschutt oder durch Tourismus überbelastet

Ein verarmter Krummseggenrasen wurde von Duelli (1977) auf der Hohen Mut durch 3 Aufnahmen belegt. Es ist vor allem südöstlich vom Gletscherhaus ausgebildet sowie am Mutsattel in der Nähe des Aufstiegs zum Bärenhoppet. Die durchschnittliche Meereshöhe beträgt $2609 \pm 41,7$ m. Diese Gesellschaft ist artenarm, die mittlere Artenzahl je Aufnahmefläche beträgt nämlich nur $11 \pm 4,6$ Arten. Auch der durchschnittliche Shannon-Wiener-Index ist mit $1,1 \pm 0,2$ ausgesprochen niedrig. *Carex curvula* (V) dominiert vor allem hinsichtlich der durchschnittlichen Deckung sehr deutlich.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Abgesehen davon zählen nur noch *Leucanthemopsis alpina* (V) und *Gnaphalium supinum* (V) zu den hochsteten Arten.

Ad 1.7 Flechtenreicher Krummseggenrasen

Eine flechtenreiche Variante des Krummseggenrasens wurde von Duelli (1977) durch 5 Aufnahmen belegt. Diese Gesellschaft ist vor allem auf dem Bärenhoppet im näheren Umfeld der Forscherhütte aber auch Nahe dem Aufstieg zum Bärenhoppet ausgebildet. Weit seltener findet sie sich südöstlich des Gletscherhauses. Die durchschnittliche Meereshöhe beträgt $2589 \pm 26,9$ m, der Artenreichtum ist mit durchschnittlich $13 \pm 3,6$ Arten je Aufnahme­fläche (Minimumareal) als gering einzuschätzen. Auch der Shannon-Wiener-Index ist mit $1,5 \pm 0,5$ als niedrig zu bewerten. Durch folgenden Artenblock ist diese Gesellschaft differenziert: *Antennaria dioica* (I), *Pulsatilla alpina* ssp. *apiifolia* (I), *Pulsatilla vernalis* (I), *Luzula spicata* (I) und *Vaccinium vitis-idaea* (I). Es dominiert sehr stark *Carex curvula* (V), abgesehen davon kommen noch *Leucanthemopsis alpina* (V), *Oreochloa disticha* (V), *Agrostis rupestris* (IV), *Avenula versicolor* (IV) und *Veronica bellidioides* (IV) hochstet aber mit weit geringeren durchschnittlichen Deckungswerten vor. Weiters spielen noch Flechten und Moose, vor allem *Polytrichum juniperinum* (III) eine Rolle.

4.3.3.2 Alpiner Bürstlingsrasen (Nardetum)

Ein windexponierter alpiner Bürstlingsrasen wurde von Duelli (1977) auf der Hohen Mut mit 6 Aufnahmen belegt. Er ist ausschließlich südöstlich im Bereich des Gletscherhauses nachgewiesen worden. Die durchschnittliche Meereshöhe beträgt $2620 \pm 7,3$ m. Im Mittel konnten $19 \pm 1,6$ Arten je Aufnahme­fläche (Minimumareal) bestimmt werden, was auf einen eher niedrigen Artenreichtum hinweist. Der durchschnittliche Shannon-Wiener-Index von $2,1 \pm 0,2$ deutet auf einen Bestand mit eher geringer Diversität hin. Gegenüber den anderen Gesellschaften auf der Hohen Mut ist der alpine Bürstlingsrasen durch *Carex sempervirens* (V), *Luzula multiflora* (V) und *Antennaria dioica* (I) eher schwach abgegrenzt. *Nardus stricta* (V) dominiert klar gefolgt von *Geum montanum* (V) und *Carex sempervirens* (V). Weitere hochstete Arten der Stetigkeitsklassen V oder IV sind *Festuca halleri* (V), *Polytrichum juniperinum* (V), *Potentilla aurea* (V), *Leontodon helveticus* (V), *Ligusticum mutellina* (V), *Leucanthemopsis alpina* (V), *Euphrasia minima* (V), *Soldanella pusilla* (V), *Gnaphalium supinum* (IV), *Agrostis rupestris* (IV) und *Phyteuma hemisphaericum* (IV).

4.3.3.3 Schneebodengesellschaften

Schneebodengesellschaften, die keiner spezifischen Gesellschaft zugeordnet wurden, sind von Duelli (1977) im Bereich südöstlich des Gletscherhauses entlang des Mutsattels bis hin zum Aufstieg zum Bärenhoppet (z.T. auch seitlich davon) nachgewiesen und durch 7 Aufnahmen belegt worden. Die mittlere Meereshöhe beträgt $2581 \pm 32,8$ m. Diese Schneeboden-Bestände sind recht artenarm, denn die durchschnittliche Artenzahl je Aufnahme­fläche (Minimumareal) beträgt $17 \pm 2,9$. Auch der mittlere Shannon-Wiener-Index ist mit $2,1 \pm 0,4$ nicht allzu hoch. *Arenaria biflora* (III), *Silene nutans* (I) und *Cerastium arvense* (I) grenzen diese Gesellschaft nicht allzu deutlich ab. Die dominierende Art ist weithin *Carex curvula* (V), es treten außerdem noch *Avenula versicolor* (V), *Salix herbacea* (V), *Polytrichum juniperinum* (V), *Ligusticum mutellina* (V), *Leucanthemopsis alpina* (V), *Geum montanum* (IV), *Leontodon helveticus* (IV), *Agrostis rupestris* (IV), *Euphrasia minima* (IV) und *Homogyne alpina* (IV) deutlich in Erscheinung. Abgesehen von *Polytrichum juniperinum* (V) und *Salix herbacea* (V) kommen mit *Gnaphalium supinum* (IV), *Sibbaldia procumbens* (IV) und *Soldanella pusilla* (IV) weitere Arten, die typisch für Schneeböden sind, vor.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

4.3.3.4 Braunsimsenrasen (*Luzuletum alpinopilosae*)

Diese Gesellschaft ist am NW-Hang bzw. im Bereich des Gletscherhauses, am Abhang des Bärenhoppet Richtung Gaisbergtal (Nähe Forscherhütte) sowie im Bereich des Aufstiegs zum Kirchenkogel ausgebildet und durch 6 Aufnahmen belegt (Duelli 1977). Die mittlere Meereshöhe beträgt $2654 \pm 62,3$ m. Der durchschnittliche Artenreichtum von $18 \pm 5,3$ Arten je Aufnahme­fläche ist wie ebenso der Shannon-Wiener-Index von $2,0 \pm 0,4$ als eher niedrig einzustufen. Folgender Artenblock grenzt den Braunsimsenrasen (*Luzuletum alpinopilosum*) gegenüber den anderen Gesellschaften auf der Hohen Mut ab: *Veronica alpina* (IV), *Luzula alpinopilosa* (III), *Saxifraga bryoides* (III), *Poa laxa* (II), *Saxifraga oppositifolia* (I) und *Trisetum spicatum* (I). Besonders *Trisetum spicatum* ist typisch für steinige Rasen und Felsen in windexponierten Gratlagen mit kurzer Schneebedeckung (FISCHER et al. 2005). Die vorherrschende Art ist jedoch *Soldanella pusilla* (V). Weiters kommen noch folgende Arten mit hoher Stetigkeit vor: *Salix herbacea* (V), *Polytrichum juniperinum* (V), *Leucanthemopsis alpina* (V), *Gnaphalium supinum* (IV), *Minuartia sedoides* (IV), *Agrostis rupestris* (IV), *Euphrasia minima* (IV) und *Sibbaldia procumbens* (IV). Die namensgebende Arte *Luzula alpinopilosa* (III) tritt zwar mit geringerer Stetigkeit dafür aber mit sehr hohen Deckungswerten auf.

4.3.3.5 Schrofen- und Blockschuttvegetation

Diese Gesellschaft wurde nur durch 2 Aufnahmen von Duelli (1977) auf der Hohen Mut am NW-Hang bzw. südöstlich des Gletscherhauses belegt. Die durchschnittliche Meereshöhe beträgt $2606 \pm 19,8$ m, die mittlere Artenzahl ist mit $12 \pm 7,1$ als niedrig einzuschätzen. Der Shannon-Wiener-Index liegt im Mittel bei lediglich $1,2 \pm 0,4$. Die klar dominierende Art ist *Kobresia myosuroides* (V). Weitere hochstete Arten sind *Carex curvula* (V), *Avenula vesicolor* (V), *Festuca halleri* (V), *Vaccinium vitis-idaea* (V) und *Alectoria ochroleuca* (V).

4.3.3.6 Grat-Schwingelrasen (*Festucetum pumilae*)

Der Grat-Schwingelrasen (*Festucetum pumilae*) ist auf der Hohen Mut nur durch 2 Aufnahmen auf dem Bärenhoppet und beim Aufstieg zum Kirchenkogel belegt (Duelli 1977). Die mittlere Meereshöhe beträgt $2566 \pm 24,8$ m. Der durchschnittliche Artenreichtum ist $32 \pm 5,7$ Arten je Aufnahme­fläche im Vergleich zu den anderen Gesellschaftstypen auf der Hohen Mut als hoch einzustufen. Der Shannon-Wiener-Index liegt bei durchschnittlich $2,5 \pm 0,5$ und weist ebenfalls auf

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

eine erhöhte Diversität dieses Bestandes. Folgende Arten mit der Stetigkeitsklasse V grenzen diese Gesellschaft ab: *Hedysarum hedysaroides*, *Juncus jacquinii*, *Myosotis alpestris*, *Festuca pumila*, *Selaginella selaginoides*, *Cerastium uniflorum* und *Silene exscapa*. *Festuca pumila* (V) dominiert klar, subdominant ist *Kobresia myosuroides* (V). Weitere Arten der Stetigkeitsklasse V aber mit weit geringeren Deckungswerten sind *Salix herbacea*, *Poa alpina*, *Homogyne alpina*, *Persicaria vivipara*, *Soldanella pusilla*, *Anthoxanthum alpinum* und *Campanula scheuchzeri*.

4.3.3.7. Nackriedrasen (Elynetum)

Die oxyphile Variante eines Nackriedrasens (Elynetum) wurde am NO-Hang bzw. im Bereich des Gletscherhauses durch 2 Aufnahmen belegt (Duelli 1977). Die durchschnittliche Meereshöhe beträgt $2606 \pm 19,8$ m, die mittlere Artenzahl ist mit $15 \pm 2,1$ Arten je Aufnahme­fläche als eher gering einzuschätzen. Der durchschnittliche Shannon-Wiener-Index ist mit $2 \pm 0,2$ als ebenfalls eher niedrig zu bewerten. Einzig *Primula hirsuta* (III) ist auf der Hohen Mut nur in dieser Gesellschaft aufgefunden worden. *Kobresia myosuroides* (V) dominiert hinsichtlich der mittleren Deckung sehr klar. Weitere hochstete Arten der Stetigkeitsklasse V sind *Carex curvula*, *Avenula versicolor*, *Oreochloa disticha*, *Agrostis rupestris*, *Leucanthemopsis alpina*, *Persicaria vivipara*, *Cetraria nivalis* und *Alectoria ochroleuca*.

4.3.3.8. Alpenazaleen-Windheide (Loiseleurietum)

Diese heterogene Gesellschaft ist durch 6 Aufnahmen auf der Hohen Mut belegt (Duelli 1977) welche vom NO-Hang (Nähe Gletscherhaus), dem Bärenhoppet im Bereich der Forscherhütte sowie aus der Bereich zum Aufstieg zum Kirchenkogel stammen. Die durchschnittliche Meereshöhe beträgt $2522 \pm 10,8$ m. Die Alpenazaleen-Windheide (das verschiedene von *Loiseleuria procumbens* durchsetzte Vegetationstypen umfasst) ist sehr artenarm, im Durchschnitt kommen nur $8 \pm 3,6$ Arten je Aufnahme­fläche vor. Auch der Shannon-Wiener-Index ist mit $1,4 \pm 0,3$ niedrig. Nur *Juniperus communis* ssp. *nana* (II), *Empetrum hermaphroditum* (II) und *Vaccinium myrtillus* (I) grenzen diese Gesellschaft ein wenig ab. Abgesehen von *Loiseleuria procumbens* (V) dominiert noch *Carex curvula* (V). Weiters kommt *Cladonia arbuscula* (IV) mit hoher Stetigkeit vor. *Vaccinium gaultherioides* (III), *Salix herbacea* (III) und *Kobresia myosuroides* (II) treten mit recht hohen durchschnittlichen Deckungswerten aber geringeren Stetigkeiten in Erscheinung.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

4.3.3.9 *Loiseleurio-Vaccinietum* und *Curvulo-Loiseleurietum*

Diese beiden Gesellschaften mit *Loiseleuria procumbens* sind im Bereich des Gletscherhauses, auf dem Mutsattel (bei den Bülden), auf dem Bärenhoppet sowie im Bereich des Aufstiegs zum Kirchenkogel ausgebildet und durch 14 Aufnahmen belegt (Duelli 1977). Die durchschnittliche Meereshöhe beträgt $2580 \pm 30,1$ m. Der mittlere Artenreichtum ist mit $18 \pm 4,5$ Arten je Aufnahme­fläche als eher niedrig einzustufen. Der durchschnittliche Shannon-Wiener-Index liegt bei $1,9 \pm 0,4$ und ist ebenso eher gering. Die Abgrenzung gegenüber den anderen Gesellschaften ist recht schwach und geschieht durch *Pulsatilla vernalis* (II) und *Hieracium glaciale* (I). Zudem treten noch *Leontodon hispidus* (+), *Potentilla frigida* (+) und *Ranunculus glacialis* (+) auf der Hohen Mut nur in diesen Gesellschaften, allerdings mit geringen Stetigkeiten, auf. *Loiseleuria procumbens* (V) dominiert zusammen mit *Carex curvula* (V), wobei *Loiseleuria* die höheren Deckungswerte erreicht. Weiters zählen zu den hochsteten Arten der Stetigkeitsklassen V oder IV, die jedoch mit weit geringeren durchschnittlichen Deckungswerten vorkommen, außerdem noch *Avenula vesicolor* (V), *Salix herbacea* (V), *Leucanthemopsis alpina* (V), *Cladonia arbuscula* (IV), *Oreolocha disticha* (IV), *Agrostis rupestris* (IV), *Euphrasia minima* (IV), *Primula glutinosa* (IV) und *Cetraria islandica* (IV). Flechten sind mit zahlreichen Arten vertreten, unter den Moosen ist *Polytrichum juniperum* (III) am wichtigsten.

4.3.3.10 Krähenbeerenheide (*Vaccinietum uliginosi*)

Diese Zwergstrauch-Gesellschaft ist auf der Hohen Mut durch 2 Aufnahmen belegt und kommt auf dem NO-Hang und im Bereich der Forscherhütte in Richtung Kirchenkogel vor (Duelli 1977). Die durchschnittliche Meereshöhe beträgt $2571 \pm 13,4$ m. Der mittlere Artenreichtum beträgt $15 \pm 1,4$ Arten je Aufnahme­fläche und ist daher als eher niedrig anzusehen. Der mittlere Shannon-Wiener-Index beträgt $2,1 \pm 0,1$. Diese Gesellschaft verfügt über keinen eigenen Artenblock zur Differenzierung. *Vaccinium gaultherioides* (V) dominiert deutlich, wobei *Carex curvula* (V), *Cetraria islandica* (V) und *Oreochloa disticha* (V) codominant hervortreten. Weitere hochstete Arten der Stetigkeitsklasse V sind *Avenula vesicolor*, *Cladonia arbuscula*, *Phyteuma hemisphaericum*, *Leucanthemopsis alpina*, *Persicaria vivipara*, *Primula glutinosa*, *Kobresia myosuroides*, *Cetraria nivalis* und *Loiseleuria procumbens* welche aber mit weit geringeren durchschnittlichen Deckungswerten auftreten.

4.3.4 Vergleich der Aufnahmen von Duelli aus den 70-er Jahren mit den Aufnahmen von 2006 auf der Hohen Mut

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Unmittelbar im Umfeld der Aufnahmen von Duelli (1977) befinden sich auch die drei Zäune, die für das Weideausschlussprojekt (Kaufmann 2005; Mayer et al. 2008) errichtet wurden. Aufgrund eines Lagevergleichs mit Duelli (1977) konnten insgesamt 20 Aufnahmen von Duelli (1977) diesen Zäunen zugeordnet werden:

1. Zaun „Schneetälchen“: 3 Aufnahmen

2. „Großer Zaun“: 10 Aufnahmen

3. Zaun „Forscherhütte“: 7 Aufnahmen

Diese Aufnahmen wurden für einen Vergleich mit den Frequenzaufnahmen von 2006 (6 Aufnahmen je 1 m² pro Zaun) herangezogen.

4.3.4.1 Zaun „Schneetälchen“

Im Bereich des Zaunes „Schneetälchen“ auf dem Mutrücken beim Anstieg zum Gletscherhaus (Koordinaten: GK = MS28 53486 / 189820) wurden von Duelli (1977) vor ca. 30 Jahren 3 Aufnahmen gemacht. Diese wurden zu einer Stetigkeitstabelle zusammengefasst und mit der Stetigkeitstabelle für den Zaun „Schneetälchen“, zuletzt aufgenommen im Jahr 2006, verglichen. Die quantitative Ähnlichkeit (Bray Curtis-Distanz) dieser Aufnahmen beträgt 0,462. Die durchschnittliche Anzahl der Arten wie ebenso der mittlere Shannon-Wiener- Index lagen im Jahr 2006 deutlich höher als in den 70er Jahren:

Artenzahl

70er Jahre = $11 \pm 6,7$ (je Minimumareal-Aufnahmefläche)

2006 = $21 \pm 4,2$ (je 1 m² Aufnahmefläche)

Shannon-Wiener-Index

70-er Jahre = $1,7 \pm 0,4$

2006 = $2,5 \pm 0,2$

In den 70er Jahren wurden in den drei betreffenden Aufnahmen in der nächsten Umgebung des Zaunes „Schneetälchen“ insgesamt 20 Arten identifiziert, 2006 waren es 29, insgesamt wurden in beiden Zählungen zusammen 36 Arten erhoben. Davon sind 13 (= 36,1 %) gemeinsam, 7 (= 19,4 %) kommen nur in den Aufnahmen von Duelli (1977), 16 (= 44,5 %) hingegen kommen nur 2006 vor (Abb. 9).

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

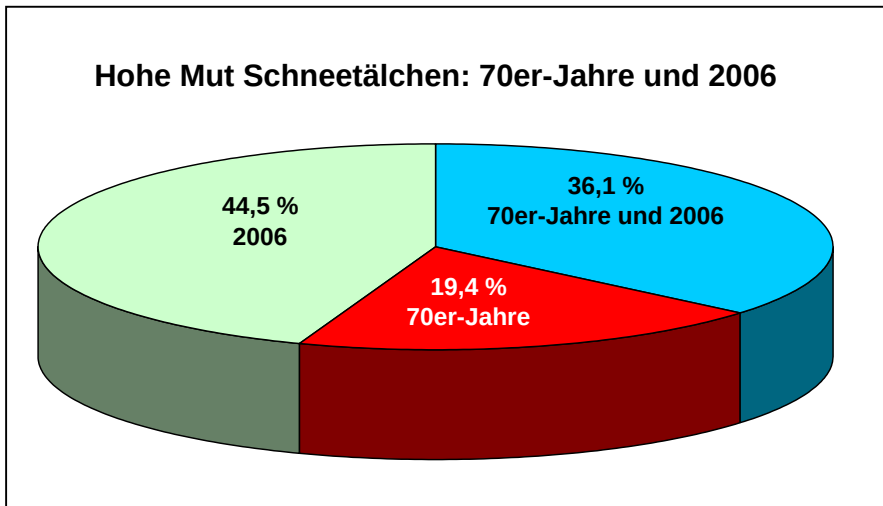


Abb. 9: Der Anteil der Arten, die sowohl in den 70-er-Jahren als auch 2006 vorkamen, sowie der Anteil der nur in den 70-er-Jahren bzw. nur 2006 vorkommenden Arten (36 insgesamt).

Folgende Arten erscheinen in beiden Aufnahmen jeweils in der gleichen Stetigkeitsklasse: *Leucanthemopsis alpina* (V), *Polytrichum juniperinum* (V), *Geum montanum* (IV), *Soldanella pusilla* (IV) und *Potentilla aurea* (II). Demgegenüber sind in den Aufnahmen aus den 70er Jahren *Nardus stricta* (IV), *Avenula versicolor* (II) und *Homogyne alpina* (II) mit höherer Stetigkeit vorhanden. Umgekehrt weisen *Festuca halleri* (V), *Sibbaldia procumbens* (V), *Carex curvula* (V), *Gnaphalium supinum* (V) und *Ligusticum mutellina* (V) jeweils im Jahr 2006 die höheren Stetigkeitswerte auf. Folgende Arten sind nur in der Aufnahme aus den 70-er Jahren zu finden, fehlen jedoch im Jahr 2006: *Leontodon helveticus* (IV), *Salix herbacea* (IV), *Deschampsia cespitosa* (II), *Luzula alpinopilosa* (II), *Minuartia sedoides* (II), *Oreochloa disticha* (II) und *Veronica bellidioides* (II). Umgekehrt finden sich folgende Arten nur in den Aufnahmen aus dem Jahr 2006, fehlen jedoch in den Aufnahmen auf den 70-er Jahren: *Arenaria biflora* (V), *Cladonia arbuscula* (V), *Phyteuma hemisphaericum* (V), *Veronica alpina* (V), *Cardamine alpina* (V), *Cetraria islandica* (V), *Agrostis capillaris* (IV), *Poa alpina* (IV), *Cerastium uniflorum* (III), *Euphrasia minima* agg. (III), *Loiseleuria procumbens* (III), *Primula glutinosa* (III), *Vaccinium gaultherioides* (II), *Agrostis rupestris* (I), *Anthoxanthum alpinum* (I) und *Sedum alpestre* (I).

4.3.4.2 Bärenhoppet, Umfeld „großer Zaun“

Im Umfeld des „großen Zaunes“ auf dem Bärenhoppet (Koordinaten: GK = MS28 53810 / 189358) wurden von Duelli (1977) vor ca. 30 Jahren 10 Aufnahmen gemacht. Diese wurden zu einer Stetigkeitstabelle zusammengefasst und mit der Stetigkeitstabelle für den großen Zaun auf dem Bärenhoppet, zuletzt aufgenommen im Jahr 2006, verglichen. Die quantitative Ähnlichkeit (Bray

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Curtis-Distanz) beträgt 0,579, liegt also höher als beim Zaun „Schneetälchen“. Die durchschnittlichen Diversitäts-Indices lagen im Jahr 2006 meistens nur leicht höher:

Artenzahl

70-er Jahre = $18 \pm 7,2$ (je Minimumareal-Aufnahmefläche)

2006 = $18 \pm 2,0$ (je 1 m² Aufnahmefläche)

Shannon-Wiener- Index

70-er Jahre = $1,9 \pm 0,4$

2006 = $2,5 \pm 0,2$

In den 70er Jahren wurden in den 10 Aufnahmen aus der nächsten Umgebung des „großen Zaunes“ insgesamt 59 Arten identifiziert, 2006 waren es 24, beide Zählungen zusammen ergaben 60 Arten insgesamt. Davon sind 23 (= 38,3 %) gemeinsam, 36 (= 60,0 %) kommen nur in den Aufnahmen von Duelli (1977), nur 1 (= 1,7 %) hingegen kommt ausschließlich 2006 vor (Abb. 10).

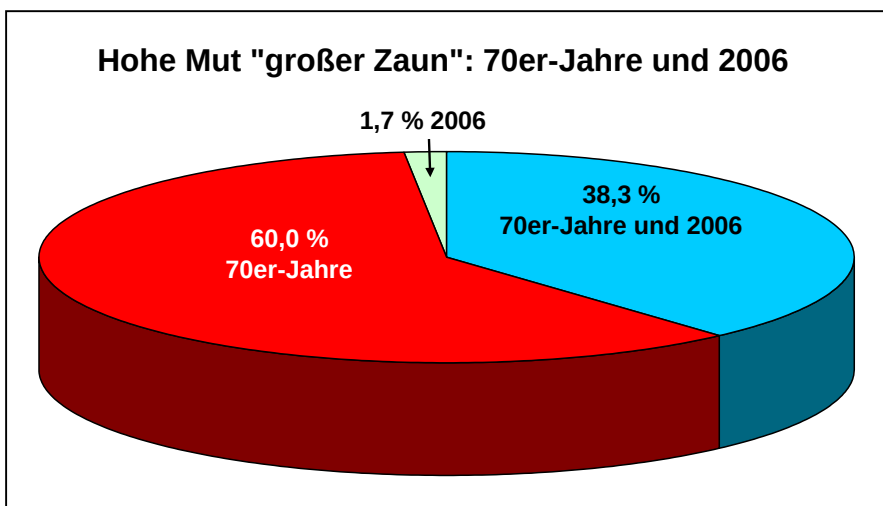


Abb.10: Der Anteil der Arten, die sowohl in den 70-er-Jahren als auch 2006 vorkamen, sowie der Anteil der nur in den 70-er-Jahren bzw. nur 2006 vorkommenden Arten (60 insgesamt).

Folgende Arten erscheinen im Vergleich mit jeweils gleicher Stetigkeitsklasse in beiden Aufnahmen: *Carex curvula* (V), *Cetraria islandica* (V) und *Silene acaulis* agg. (I). *Oreochloa disticha* tritt mit höherer Stetigkeitsklasse in den Aufnahmen aus den 70-er Jahren auf. Umgekehrt kommen folgende Arten im Jahr 2006 mit höherer Stetigkeitsklasse vor: *Festuca halleri* (V), *Leontodon helvetivcus* (V), *Cladonia arbusucula* (V), *Homogyne alpina* (V), *Euphrasia minima* (V), *Phyteuma hemisphaericum* (V), *Avenula vesicolor* (V), *Leucanthemopsis alpina* (V), *Stereocaulon* sp. (V), *Potentilla aurea* (V), *Veronica bellidioides* (V), *Polytrichum juniperinum* (IV), *Geum montanum* (IV), *Ligusticum mutellina* (IV), *Pulsatilla vernalis* (II), *Genziana prostrata* (I), *Gnaphalium supinum* (I), *Sempervivum montanum* (I) und *Senecio incanus* ssp. *carniolicus* (I). Eine ganze Reihe von Arten kommt ausschließlich in den Aufnahmen von Duelli (1977) vor, fehlt jedoch im Jahr 2006. Die

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

wichtigsten sind: *Minuartia sedoides* (IV), *Primula glutinosa* (IV), *Salix herbacea* (III), *Agrostis rupestris* (III), *Loiseleuria procumbens* (III), *Persicaria vivipara* (II), *Soldanella pusilla* (II), *Kobresia myosuroides* (I), *Poa alpina* (I) und *Pulsatilla alpina* ssp. *apiifolia* (I). 26 Arten kamen in den 70-er Jahren mit Stetigkeitsklasse + vor, fehlten aber 2006. Umgekehrt war einzig *Sibbaldia procumbens* (I) ausschließlich 2006 vorhanden.

4.3.4.3 Bärenhoppet, Zaun „Forscherhütte“

Im Umfeld des Zaunes bei der Forscherhütte auf dem Bärenhoppet (Koordinaten: GK = MS28 53864 / 189324) wurden von Duelli (1977) vor ca. 30 Jahren 7 Aufnahmen gemacht. Diese wurden zu einer Stetigkeitstabelle zusammengefasst und mit der Stetigkeitstabelle für den Zaun bei der Forscherhütte auf dem Bärenhoppet, zuletzt aufgenommen im Jahr 2006, verglichen. Die quantitative Ähnlichkeit (Bray Curtis-Distanz) beträgt 0,579. Die durchschnittlichen Diversitäts-Indices lagen im Jahr 2006 durchwegs höher als noch vor 30 Jahren:

Artenzahl

70-er Jahre = $16 \pm 6,1$ (je Minimumareal-Aufnahmefläche)

2006 = $18 \pm 1,6$ (je 1 m² Aufnahmefläche)

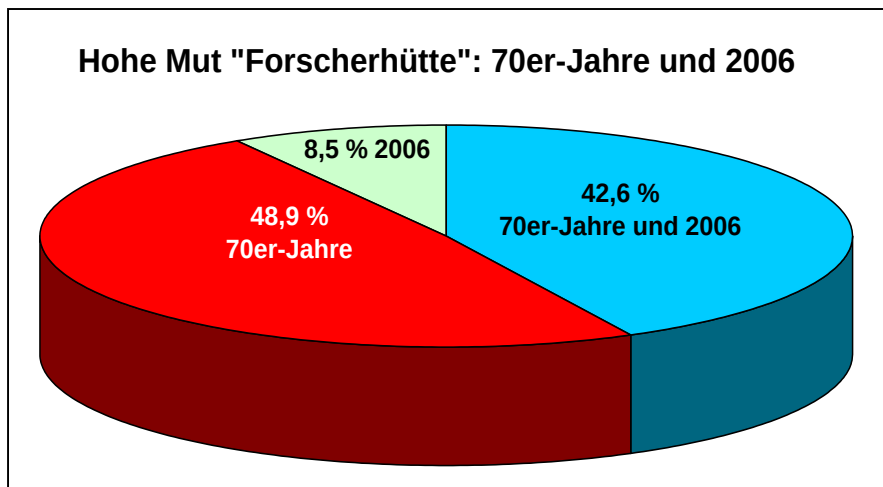
Shannon-Wiener-Index

70-er Jahre = $1,9 \pm 0,4$

2006 = $2,3 \pm 0,2$

In den 70-er Jahren wurden in den drei betreffenden Aufnahmen aus der nächsten Umgebung des Zaunes bei der Forscherhütte insgesamt 43 Arten identifiziert, 2006 waren es 24, insgesamt ergaben beide Zählen zusammen 47 Arten. Davon sind 20 (= 42,6 %) gemeinsam, 23 (= 48,9 %) kommen nur in den Aufnahmen von Duelli, 4 Arten (= 8,5 %) hingegen kommen ausschließlich 2006 vor (Abb. 11).

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal



4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Folgende Arten erscheinen im Vergleich mit jeweils gleicher Stetigkeitsklasse in beiden Aufnahmen (Tab. 30): *Carex curvula* (V), *Avenula versicolor* (V) und *Leucanthemopsis alpina* (V). Eine Reihe von Arten trat im Jahr 1977 in höherer Stetigkeitsklasse auf als 2006 (Tab. 30): *Agrostis rupestris* (V), *Cetraria islandica* (III), *Cladonia arbuscula* (III), *Euphrasia minima*

Abb. 11: Der Anteil der Arten, die sowohl in den 70-er-Jahren als auch 2006 vorkamen, sowie der Anteil der nur in den 70-er-Jahren bzw. nur 2006 vorkommenden Arten (47 Arten insgesamt).

(III), *Gnapahlium supinum* (III), *Nardus stricta* (II) und *Stereocaulon* sp. (II). Umgekehrt kommen 2006 folgende weitere Arten mit höherer Stetigkeitsklasse vor als noch 1977: *Poa alpina* (V), *Potentilla aurea* (V), *Festuca halleri* (V), *Geum montanum* (V), *Leontodon helveticus* (V), *Ligusticum mutellina* (V), *Phyteuma hemisphaericum* (V), *Arenaria biflora* (V), *Sibbaldia procumbens* (V) und *Veronica bellidioides* (V). Abgesehen von 15 Arten mit jeweils Stetigkeitsklasse I kamen folgende weitere Arten mit größerer Stetigkeit ausschließlich bei Duelli (1977) vor: *Oreochloa disticha* (III), *Minuartia sedoides* (III), *Polytrichum juniperinum* (III), *Primula glutinosa* (III), *Homogyne alpina* (II), *Kobresia myosuroides* (II), *Loiseleuria procumbens* (II) und *Persicaria vivipara* (II). Umgekehrt traten *Taraxacum officinale* agg. (V), *Anthoxanthum alpinum* (V), *Cerastium fontanum* (III) und *Deschampsia cespitosa* (I) ausschließlich in den Aufnahmen aus dem Jahr 2006 auf.

4.3.5. Zeitliche Entwicklungen von Monitoring-Dauerflächen im Raum Obergurgl, orographisch rechte Talseite

In den Jahren 2000, 2003 und 2004 wurden im Rahmen des Monitoring-Projektes (Kaufmann 2005) von folgenden Dauerflächen im Raum Obergurgl, rechte Talseite, Zeitreihen erstellt:

1. **Schipiste Festkogel** (ca. 2350 m NN – 3 Aufnahmen) im Vergleich zu einer unmittelbar angrenzenden **Alpenazaleen-Windheide** (ca. 2350 m NN – 3 Aufnahmen).
2. **Krähenbeerenheide** (ca. 2000 m NN – 6 Aufnahmen)
3. **Flechtenreiche Alpenazaleen-Windheide** (Gurgler Heide, ca. 2350 m NN – 6 Aufnahmen)
4. **Nacktriedrasen** (Kirchenkogel, ca. 2750 m NN – 6 Aufnahmen)

Die Veränderungen der Artenzusammensetzung innerhalb dieser Jahre sowie die Entwicklungen der Artenzahlen und die Diversitäts-Indices (= Shannon-Wiener-Index, Evenness, Simpson-Index) wurden analysiert. Die floristischen Ähnlichkeiten zwischen den Jahren wurden mit einem quantitativen Maß (= Bray Curtis-Distanz der Stetigkeitstabellen) und mit einem qualitativen Maß (= Sørensen-Index) ermittelt.

4.3.5.1 Schipiste im Vergleich zu einer unmittelbar angrenzenden Alpenazaleen-Windheide

Beide unmittelbar aneinander grenzenden Vegetationseinheiten wurden durch je 3 Aufnahmen aus den Jahren 2000, 2003 und 2004 belegt. Ein Vergleich der floristischen Ähnlichkeiten in den einzelnen Jahren in der **Schipiste** ergab, dass sowohl die quantitative (Bray Curtis-Distanz) wie auch die qualitative (Sørensen-Index) Ähnlichkeiten zwischen 2000 und 2003 bzw. 2000 und 2004 geringer waren als zwischen 2003 und 2004:

<u>Schipiste</u>	quantitative Ähnlichkeit	qualitative Ähnlichkeit
2000 und 2003:	0,731	0,737
2000 und 2004:	0,741	0,759
2003 und 2004:	0,800	0,814

Tab. 15 zeigt, dass die durchschnittliche Artenzahl in der Festkogel-Schipiste von 2000 nach 2003 unverändert blieb, dass jedoch im Jahr 2004 ein deutlicher Anstieg zu verzeichnen war. Der gleiche Effekt wurde auch bei den verschiedenen Diversitäts-Indices (Shannon-Wiener-Index, Evenness und Simpson-Index) festgestellt.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Zeitreihe: Schipiste				
Jahr	Artenzahl±SD	Shannon±SD	Evenness±SD	Simpson±SD
2000	17,67±6,81	2,10±0,79	0,73±0,18	0,80±0,17
2003	17,67±4,93	2,05±0,77	0,71±0,21	0,75±0,25
2004	19,00±4,36	2,25±0,57	0,76±0,13	0,82±0,13

Tab. 15: Artenzahlen, Shannon-Wiener-Index (log e), Evenness und Simpson-Index als Durchschnittswerte der drei Aufnahme­flächen in den Jahren 2000, 2003 und 2004 auf der Festkogel-Schipiste; SD = Standardabweichung.

Über alle Jahre hinweg dominant blieb auf der Schipiste eindeutig *Festuca rubra* agg. (V), als codominante Arten waren *Polytrichum* sp. (V), *Cetraria islandica* (V) und *Gnaphalium supinum* (V) konstant. Weiters veränderten ihre Stetigkeiten nicht mit den Jahren noch *Soldanella pusilla* (II), *Leontodon helveticus* (II), *Homogyne alpina* (II) und *Carex curvula* (II). Unter diesen Arten erhöhte sich die durchschnittliche Frequenz je Aufnahme­fläche von *Festuca rubra* agg. und von *Gnaphalium supinum*. Die mittleren Frequenzen der anderen Arten mit konstanten Stetigkeitswerten veränderten sich hingegen nicht linear.

Folgende Arten erhöhten ihre Stetigkeiten im Lauf der Jahre: *Salix herbacea*, *Poa alpina*, *Leucanthemopsis alpina*, *Luzula lutea*, *Cardamine resedifolia* und *Phyteuma hemisphaericum*. Eine Reihe von Arten wurde erst ab 2003 beobachtet und blieb dann 2004 hinsichtlich ihrer Stetigkeit gleich, nämlich *Arenaria biflora*, *Lotus corniculatus*, *Cerastium cerastioides* und *Veronica alpina*. Erstmals 2004 beobachtet wurden *Sagina saginoides*, *Alchemilla vulgaris* agg., *Cardamine alpina* und *Vaccinium vitis-idaea*. Umgekehrt hat die Stetigkeit von *Achillea millefolium* agg. und *Vaccinium myrtillus* mit den Jahren abgenommen. *Minuartia recurva* trat 2000 und 2003 mit Stetigkeitsklasse IV auf, fehlte jedoch im Jahr 2004. Folgende Arten wurden nur im Jahr 2000 beobachtet: *Agrostis rupestris*, *Empetrum hermaphroditum*, *Anthyllis vulneraria* ssp. *alpestris*, *Avenula versicolor*, und *Cladonia gracilis*.

Die floristischen Ähnlichkeiten auf der unmittelbar daran angrenzenden **Alpenazaleen-Windheide** waren zwischen den Jahren durchwegs höher als bei der Schipiste. Wiederum war das Jahr 2000 im Vergleich zu den darauf folgenden Jahren floristisch weniger ähnlich als die Jahre 2003 und 2004 untereinander:

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

<u>Windheide</u>	quantitative Ähnlichkeit	qualitative Ähnlichkeit
2000 und 2003:	0,841	0,806
2000 und 2004:	0,880	0,836
2003 und 2004:	0,894	0,909

Die quantitative Ähnlichkeit war mit Ausnahme des Vergleichs der Jahre 2003 und 2004 höher. Insgesamt ähnelten sich die einzelnen Jahre floristisch in der Alpenazaleen-Windheide mehr als auf der Schipiste.

Ein Vergleich der durchschnittlichen Artenzahl pro Aufnahme­fläche (1 m²) und des Shannon-Wiener-Index' ergab, dass diese Werte mit den Jahren tendenziell zwar anstiegen, diese Zunahme war aber nicht signifikant (Tab. 16). Hinsichtlich der Evenness und des Simpson-Index konnten keine nennenswerten zeitlichen Veränderungen festgestellt werden. Der Artenreichtum und die Diversitäts-Indices waren in der Alpenazaleen-Zwergstrauchheide durchwegs höher als im Fall der Schipiste, doch es konnten mittels Varianzanalysen mit Messwiederholung keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Die zeitlichen Trends zwischen der Alpenazaleen-Zwergstrauchheide und der Schipiste waren von 2000 bis 2004 nicht signifikant unterschiedlich, d.h. sie waren stets gleich gerichtet.

Zeitreihe: Alpenazaleen-Windheide				
Jahr	Artenzahl±SD	Shannon±SD	Evenness±SD	Simpson±SD
2000	23,00±1,73	2,73±0,07	0,87±0,00	0,92±0,01
2003	23,67±5,13	2,75±0,13	0,88±0,03	0,92±0,01
2004	24,33±3,06	2,76±0,04	0,87±0,03	0,92±0,01

Tab. 16: Artenzahlen, Shannon-Wiener-Index (log e), Evenness und Simpson-Index als Durchschnittswerte der drei Aufnahme­flächen in den Jahren 2000, 2003 und 2004 auf der Alpenazalee-Windheide, welche an die Festkogelpiste unmittelbar angrenzt; SD = Standardabweichung.

Beim Vergleich der jährlichen Stetigkeiten zwischen der Schipiste und der unmittelbar daran angrenzenden Alpenazaleen-Windheide fällt auf, dass in der Windheide eine größere Anzahl von Arten mit den Jahren konstant blieb. Während in der Schipiste 20 % der Arten zeitlich konstante Frequenzen aufwiesen waren es in der Alpenazaleen-Windheide 50 %. In der Alpenazaleen-Windheide änderte sich die durchschnittlichen Frequenzen je Aufnahme­fläche jener Arten, deren Stetigkeiten über die Jahre konstant blieben zumeist nicht linear. Eine lineare Zunahme wiesen *Salix herbacea* (V), *Soldanella pusilla* (V), *Polytrichum* sp. (V) und *Festuca halleri* (IV) auf. Umgekehrt nahm die durchschnittliche Frequenz je Aufnahme­fläche von *Carex curvula* (V) und *Senecio incanus* ssp. *carniolicus* (IV) mit den Jahren kontinuierlich ab.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Tendenziell erhöhte Stetigkeiten wiesen *Homogyne alpina* und verschiedene Moose auf, eine abnehmende Tendenz hinsichtlich der Stetigkeit zeigte hingegen *Luzula lutea*. *Cladonia rangiferina* (II) und *Oreochloa disticha* (II) wurden 2000 und 2003 beobachtet, fehlten jedoch 2004. *Festuca rubra* agg. wurde ab 2003 mit steigenden Stetigkeitswerten beobachtet werden. Auch *Pyrola minor* wurde erstmals 2003 beobachtet, jedoch ging die Stetigkeit im darauf folgenden Jahr wiederum deutlich zurück.

4.3.5.2 Krähenbeerenheide

Von dieser Gesellschaft, die in der Nähe von Obergurgl auf einem Oberhang ausgebildet ist, liegen je 6 Aufnahmen aus den Jahren 2000, 2003 und 2004 vor. Die einzelnen Jahre sind sich in ihrer floristischen Zusammensetzung jeweils sehr ähnlich, sowohl hinsichtlich der quantitativen (Bray Curtis-Distanz) wie auch der qualitativen (Sørensen-Index) Ähnlichkeit:

	quantitative Ähnlichkeit	qualitative Ähnlichkeit
2000 und 2003:	0,898	0,892
2000 und 2004:	0,885	0,889
2003 und 2004:	0,890	0,868

Die durchschnittliche Artenzahl nimmt mit den Jahren zwar stetig zu, doch waren diese Veränderungen nicht signifikant (Varianzanalysen mit Messwiederholung). Das gleiche Resultat wurde auch für den Shannon-Wiener-Index ermittelt. Die Evenness und der Simpson-Index veränderten sich hingegen kaum (Tab. 17).

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Zeitreihe: Krähenbeerenheide				
Jahr	Artenzahl $\pm$ SD	Shannon $\pm$ SD	Evenness $\pm$ SD	Simpson $\pm$ SD
2000	20,33 $\pm$ 3,88	2,51 $\pm$ 0,24	0,84 $\pm$ 0,04	0,89 $\pm$ 0,03
2003	20,50 $\pm$ 3,94	2,56 $\pm$ 0,20	0,85 $\pm$ 0,03	0,91 $\pm$ 0,02
2004	21,83 $\pm$ 3,49	2,58 $\pm$ 0,15	0,84 $\pm$ 0,04	0,91 $\pm$ 0,02

Tab. 17: Artenzahlen, Shannon-Wiener-Index (log e), Evenness und Simpson-Index als Durchschnittswerte der sechs Aufnahmeflächen in den Jahren 2000, 2003 und 2004 auf der Krähenbeerenheide oberhalb des Ortsgebietes von Obergurgl; SD = Standardabweichung.

Insgesamt blieben 20 der 45 Arten hinsichtlich ihrer Stetigkeit mit den Jahren konstant. Die durchschnittlichen Frequenzen je Aufnahmefläche von *Silene vulgaris* ssp. *vulgaris* (V), *Vaccinium vitis-idaea* (V), *Avenula vesicolor* (V), *Homogyne alpina* (V), *Leontodon helveticus* (V) und *Cladonia arbuscula* (I) nahmen mit den Jahren stetig zu. Eine stetige Abnahme konnte hingegen bei keiner Art festgestellt werden. Tendenziell nahmen die Stetigkeitswerte von *Campanula barbata*, *Phyteuma hemisphaericum*, von verschiedenen Moosen, von *Polytrichum* sp. und von *Campanula scheuchzeri* zu. Eine tendenzielle Abnahme der Stetigkeiten wurde hingegen bei *Festuca halleri*, *Juniperus communis* ssp. *nana* und *Luzula multiflora* festgestellt. *Euphrasia officinalis* ssp. *rostkoviana* (III) und *Cerastium fontanum* (II) konnten nur 2000 beobachtet werden, *Hieracium pilosum* (I) trat im Jahr 2004 nicht mehr auf. *Selaginella selaginoides* (I) war hingegen im Jahr 2000 noch nicht vorhanden. *Coeloglossum viride* (II), *Gentiana acaulis* (II), *Luzula sylvatica* (I) und *Sedum alpestre* (I) traten erstmals im Jahr 2004 auf.

4.3.5.3 Flechtenreiche Alpenazaleen-Windheide (Gurgler Heide)

Die flechtenreiche Alpenazaleen-Windheide auf der Gurgler Heide wurde durch je 6 Aufnahmen aus den Jahren 2000, 2003 und 2004 belegt. In ihrer floristischen Zusammensetzung sind sich die einzelnen Jahre sehr ähnlich, wobei die qualitative Ähnlichkeit (Sørensen-Index) etwas höher ist als die quantitative (Bray Curtis-Distanz):

	quantitative Ähnlichkeit	qualitative Ähnlichkeit
2000 und 2003:	0,885	0,935
2000 und 2004:	0,860	0,897
2003 und 2004:	0,906	0,940

Die Varianzanalysen mit Messwiederholung ergaben, dass weder bei der Artenzahl noch bei anderen Diversitäts-Indices (Shannon-Wiener-Index, Evenness, Simpson-Index) signifikante Veränderungen mit den Jahren auftraten. Tendenziell nahm der Artenreichtum eher ab, im Fall der anderen Indices waren die Unterschiede von Jahr zu Jahr sehr gering ausgeprägt (Tab. 18).

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Über alle Jahre hinweg konstant hochstete Arten sind *Vaccinium vitis-idaea* (V), *Cladonia arbuscula* (V), *Cetraria islandica* (V), *Avenula versicolor* (V), *Vaccinium vitis-idaea* (V), *Luzula lutea* (V), *Homogyne alpina* (IV) und *Hieracium pilosum* (IV). Weitere 14 Arten blieben ebenfalls hinsichtlich ihrer Stetigkeit konstant, wiesen jedoch mittlere oder geringe Stetigkeiten (Stetigkeitsklassen III bis I) auf. Unter diesen Arten mit konstanter Stetigkeit erhöhten sich mit den Jahren kontinuierlich die durchschnittlichen Frequenzen je Aufnahme­fläche von *Vaccinium vitis-idaea* (V), *Bryophyta* sp. (III), *Thamnotia vermicularis* (III) und *Salix herbacea* (III). *Nardus stricta* (II) erlitt von 2000 nach 2003 zwar einen leichten Rückgang, konnte 2004 jedoch sehr stark zulegen. Kontinuierlich abnehmende mittlere Frequenzen je Aufnahme­flächen verzeichneten demgegenüber *Cetraria islandica* (V), *Empetrum hermaphroditum* (II) und *Geum montanum* (I).

Zeitreihe: Alpenazaleen-Windheide (Gurgler Heide)				
Jahr	Artenzahl±SD	Shannon±SD	Evenness±SD	Simpson±SD
2000	21,17±6,01	2,50±0,23	0,83±0,02	0,90±0,02
2003	19,50±4,64	2,44±0,24	0,83±0,05	0,89±0,03
2004	19,50±4,23	2,45±0,22	0,83±0,03	0,89±0,02

Tab. 18: Artenzahlen, Shannon-Wiener-Index (log e), Evenness und Simpson-Index als Durchschnittswerte der sechs Aufnahme­flächen in den Jahren 2000, 2003 und 2004 auf der Flechtenheide (Gurgler Heide); SD = Standardabweichung.

Tendenziell mit den Jahren zunehmende Stetigkeitswerte wiesen *Loiseleuria procumbens*, *Cetraria ericetorum*, *Polytrichum* sp., *Soldanella pusilla*, *Carex curvula*, *Phyteuma hemisphaericum* und *Persicaria vivipara* auf. Abnehmende Tendenzen wurden hingegen bei *Festuca halleri*, *Leontodon helveticus*, *Vaccinium myrtillus* und *Alectoria ochroleuca* festgestellt. *Cladonia gracilis* und *Oreochloa disticha* wiesen ebenfalls abnehmende Stetigkeitswerte auf und wurden 2004 nicht mehr beobachtet. *Sibbaldia procumbens* (I) und *Agrostis rupestris* wurden nur 2000 und 2003 beobachtet, *Luzula sylvatica* (I), *Poa alpina* (I), *Campanula scheuchzeri* (I) und *Calluna vulgaris* (I) nur im Jahr 2000.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

4.3.5.4. Nacktriedrasen am Kirchenkogel

Der Nacktriedrasen am Kirchenkogel wurde durch je 6 Aufnahmen aus den Jahren 2000, 2003 und 2004 belegt. In ihrer floristischen Zusammensetzung unterscheidet sich das Jahr 2000 von den Jahren 2003 und 2004 jeweils etwas deutlicher während zwischen 2003 und 2004 große Ähnlichkeiten bestehen. Es gibt keinen wesentlichen Unterschied zwischen der quantitativen und der qualitativen Ähnlichkeit, wenn auch die qualitative Ähnlichkeit mit Ausnahme des Vergleichs 2003 und 2004 jeweils etwas geringer ist:

	quantitative Ähnlichkeit	qualitative Ähnlichkeit
2000 und 2003:	0,807	0,750
2000 und 2004:	0,796	0,761
2003 und 2004:	0,918	0,918

Die Varianzanalysen mit Messwiederholung ergaben signifikante Unterschiede zwischen einzelnen Jahren hinsichtlich Shannon-Wiener- und Simpson-Index. Die Artenzahl und die Evenness hingegen veränderten sich nicht signifikant mit den Jahren. Die signifikanten Unterschiede beruhen auf dem deutlichen Rückgang des Shannon-Wiener- und Simpson-Index vom Jahr 2000 auf das Jahr 2003 (Tab. 19).

Zeitreihe: Nacktriedrasen (Kirchenkogel)				
Jahr	Artenzahl±SD	Shannon±SD	Evenness±SD	Simpson±SD
2000	22,83±3,54	2,67±0,13	0,86±0,03	0,92±0,01
2003	20,50±1,52	2,53±0,06	0,84±0,03	0,90±0,01
2004	20,67±2,58	2,53±0,08	0,84±0,03	0,91±0,01

Tab. 19: Artenzahlen, Shannon-Wiener-Index (log e), Evenness und Simpson-Index als Durchschnittswerte der sechs Aufnahmeflächen in den Jahren 2000, 2003 und 2004 im Nacktriedrasen (Kirchenkogel); SD = Standardabweichung.

14 von 45 Arten im Nacktriedrasen am Kirchenkogel haben ihre Stetigkeiten mit den Jahren nicht verändert. Von diesen Arten erhöhte sich die durchschnittliche Frequenz je Aufnahmefläche von *Persicaria vivipara* (V), *Oxytropis lapponica* (V), *Kobresia myosuroides* (V) und *Bartsia alpina* (I) während jene von *Gentiana prostrata* (V) und *Leontopodium alpinum* (I) abnahmen.

Die Stetigkeiten von folgenden Arten nahmen tendenziell mit den Jahren zu: *Carex capillaris*, *Gentiana nivalis* und *Saxifraga oppositifolia*. Demgegenüber nahm die Stetigkeit von *Botrychium lunaria*, *Soldanella pusilla*, *Lomatogonium carinthia*, *Thymus praecox* ssp. *polytrichus* und *Salix serpyllifolia* ab. *Gentianella germanica* agg. (III), *Arenaria biflora* (III) sowie 10 weitere Arten mit

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Stetigkeitsklasse I wurden nur im Jahr 2000 beobachtet. *Cetraria nivalis* und *Cardamine alpina* waren 2000 und 2003, nicht mehr jedoch 2004 zu entdecken, wobei *Cardamine alpina* insgesamt einen deutlich abnehmenden Trend über die Jahre verzeichnete. *Draba aizoides*, *Erigeron uniflorus* und *Aster alpinus* wurden erst ab 2003 identifiziert wobei *Draba aizoides* sowohl die Stetigkeit als auch die durchschnittliche Frequenz je Aufnahme­fläche steigern konnte.

4.3.6 Bisheriger Kenntnisstand und Kenntnislücken

In der vorliegenden Arbeit wurden die verschiedenen Vegetationstypen im Raum Obergurgl rechte und linke Talseite und im Venter Tal/Rofental auf ihre Diversität hin untersucht. Für alle diese Gesellschaften wurden Diversitäts-Indices berechnet und so eine Übersicht der Diversität der einzelnen Vegetationstypen ermöglicht. Ein weiterer Schwerpunkt lag in einer vergleichenden Studie von Goldhaferwiesen, Bürstlingsrasen und Zwergstrauchheiden im Raum Obergurgl, linke Talseite und im Venter Tal/Rofental. Schließlich wurden auch Zeitreihen untersucht, welche in einem Fall einige wenige Jahre (2000–2004) umfassten, im anderen Fall auf der Hohen Mut betrug der zeitliche Abstand ca. 30 Jahre, allerdings lagen hier nur zwei Zeitpunkte vor.

Die Gegenüberstellung der verschiedenen Vegetationstypen aufgrund der relevanten Studien im Raum Obergurgl (linke und rechte Talseite) sowie im Venter Tal/Rofental zeigte einerseits die Vielfalt an unterschiedlichen Pflanzengesellschaften auf, andererseits kristallisierte sich auch heraus, dass der Kenntnisstand über die einzelnen Vegetationstypen sehr unterschiedlich ist. Während aus dem Gletschervorfeld des Rotmoosferners sehr umfangreiche und detaillierte Daten vorliegen, ist die Datengrundlage im Fall von subnivalen und nivalen Ökosystemen sowie der Schipisten-Vegetation nur sehr spärlich. Verschiedene Typen von Bürstlingsrasen (subalpine und untere alpine Stufe) sowie Krummseggenrasen aus der unteren und oberen alpinen Stufe sind wiederum gut untersucht worden, auch verschiedene Gesellschaften von Zwergstrauchheiden, vor allem die Wacholder-Bärentraubenheide (*Junipero-Arctostaphyletum*) im Venter Tal/Rofental sind punktuell gut belegt. Allerdings ist der Kenntnisstand über Zwergstrauchheiden im Raum Obergurgl noch nicht ausreichend. Ähnliches gilt für Niedermoor-Gesellschaften, für die aktuell zwar im Rotmoostal Aufnahmen vorliegen, welche jedoch zuletzt umfassend vor über 30 Jahren von RYBNÍČEK & RYBNÍČKOVÁ (1977) im oberen Gurgltal bearbeitet worden sind.

Die Diversität ausgedrückt durch den Artenreichtum und durch verschiedene Diversitäts-Indices wie vor allem dem Shannon-Wiener-Index zeigen deutlich, dass sogar innerhalb der einzelnen Vegetationstypen erhebliche Spannweiten existieren. Das gilt insbesondere für die Bürstlingsrasen und für die Zwergstrauchheiden, wobei im Fall der Bürstlingsrasen die unterschiedliche Bewirtschaftungsweise und -intensität eine große Rolle spielt. Das zeigt, wie wichtig Informationen über die aktuelle Bewirtschaftungsweise sind, welche aber nur vereinzelt ausreichend erhoben wurden (z.B. Nagl 2007–2008).

Es liegen Zeitreihen von Dauerbeobachtungen aus den Jahren 2000 bis 2004 vor, welche im Rahmen des Projektes „Langzeit-Ökosystem Monitoring im Alpinen Raum“ (Kaufmann 2005)

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

eingerrichtet wurden. Die Auswertung zeigte jedoch, dass dieser Zeitraum noch nicht ausreichend ist, um signifikante Ergebnisse zu erhalten. Es ist daher wichtig, so bald als möglich diese Dauerflächen wieder zu untersuchen, da die letzten Aufnahmen bereits vier Jahre zurück liegen. Diese Dauerflächen befinden sich punktuell in der subalpinen, der unteren alpinen und in der oberen alpinen Stufe, es fehlen jedoch Dauerflächen in der subnivalen und nivalen Stufe. Zu empfehlen ist daher, eine für die statistische Auswertung ausreichende Anzahl von Dauerflächen in der subnivalen und nivalen Stufe anzulegen. Anzuraten ist, Frequenzanalysen durchzuführen, die eine detaillierte und vom Beobachter unabhängige Analyse der Veränderung hinsichtlich der Vegetationszusammensetzung über die Jahre ermöglicht. Die Dauerflächen sollten entlang eines Höhertransektes angelegt werden, um neben zeitlichen Veränderungen auch räumliche Unterschiede mit einzubeziehen. Es könnten mehrere solcher Transekte geschaffen werden, sodass die räumliche Heterogenität erfasst wird.

Auf der Hohen Mut wiederum ist eine umfangreiche Studie vor über 30 Jahren (Duelli 1977) durchgeführt worden, welche zeigte, dass abgesehen von verschiedenen Typen von Krummseggenrasen-Gesellschaften auch noch andere Vegetationseinheiten wie z.B. ein alpiner Bürstlingsrasen oder Schneeboden-Gesellschaften existieren. Aktuelle Daten allerdings gibt es nur punktuell, welche im Rahmen des Beweidungsausschluss-Projektes (Kaufmann 2005, Mayer et al. 2008) erhoben wurden. Ein Vergleich dieser Daten mit jenen von Duelli war nur bedingt möglich, da die aktuellen Dauerflächen sich an drei Standorten konzentrieren. Der Vergleich mit den aktuellen Daten ist auch deshalb nur eingeschränkt möglich, da Duelli Aufnahmen in der Größe des Minimumareals durchführte während die Daten aus dem Jahr 2006 aus 1 m² großen Dauerflächen stammen. Da Duelli (1977) ihre Aufnahmeflächen in eine Karte (Maßstab 1 : 20.000) eingetragen hat, können gezielt an diesen Stellen Vegetationsaufnahmen durchgeführt werden. Besonders interessant ist die Verbreitung des windexponierten Bürstlingsrasens auf der Hohen Mut, der durch 6 Aufnahmen belegt wurde. Wie hat sich seine Artenzusammensetzung innerhalb von 30 Jahren verändert? Es könnten vor allem vergleichende Studien hinsichtlich der Diversität in den einzelnen Gesellschaften auf der Hohen Mut durchgeführt werden. Das könnte wichtige Aufschlüsse hinsichtlich der Auswirkungen von veränderten Umweltbedingungen (Landnutzungsänderung, Klimaerwärmung) in der oberen alpinen Stufe geben. Immerhin zeigte ein Vergleich der Aufnahmen von 2006 mit den Daten von vor 30 Jahren, dass *Agrostis capillaris* inzwischen auf der Hohen Mut aufgetreten ist, bei Duelli (1977) hingegen fehlte diese Art noch völlig. Diese Art ist von der kollinen bis in die subalpine Zone verbreitet (FISCHER et al. 1994), ein Auffinden in der oberen alpinen Stufe zeigt sehr klar, dass sich die Artenzusammensetzung im Laufe der Jahre wesentlich veränderte. Vergleichsstudien sind vor allem für Aussagen über das Höhersteigen von Arten entscheidend.

4. Diversitätserhebungen im Hinteren Ötztal

Insgesamt zeigt die vorliegende Arbeit, dass die aktuelle Datengrundlage eine brauchbare Basis für weiterführende aktuelle Studien darstellt. Um das Potenzial auszuschöpfen, sind jedoch Erhebungen im Gelände notwendig, welche vor allem auch höher gelegene Bereiche des Untersuchungsgebietes (obere alpine und subnivale Stufe) umfassen sollen.

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

5.1 Zusammenfassung

Im Raum Obergurgl (inneres Ötztal, Tirol) wurde im August 2008 entlang der Festkogel- und Rosskarbahn, sowie entlang des untersten Abschnittes der Plattachbahn eine vegetationskundliche Studie auf den Schipisten durchgeführt. Die Zielsetzung war, entlang eines Höhengradienten von 1930 bis 2820 m Meereshöhe die Vegetation und verschiedene Umweltfaktoren im zentralen Teil der Piste, am Pistenrand und außerhalb der Piste zu erheben. Dazu wurden im Abstand von ca. 100 m jeweils drei parallel zueinander liegende Vegetationsaufnahmen gemacht. Insgesamt wurden 118 Aufnahmen durchgeführt. Der gesamte Höhengradient (1930–2830 m) wurde in die Höhenstufen subalpin (1930–2275 m), alpin (2273–2672 m) und oberalpin (2678–2823 m) unterteilt.

In einem ersten Schritt wurden die Daten pflanzensoziologisch sowie hinsichtlich verschiedener funktionaler Typen (Holzpflanzen, Grasartige, Kräuter, Leguminosen, Moose und Flechten) ausgewertet. Es wurden weiters Unterschiede hinsichtlich Bodentiefe, Wuchshöhe, Gesamtdeckung der Vegetation, Deckung der Gefäßpflanzen, Artenvielfalt und Zeigerwerten (Feuchtezahl, Reaktionszahl, Stickstoffzahl) analysiert. Dazu wurden die Werte auf der Piste jeweils mit jenen außerhalb der Piste verglichen. Weiters wurde der zentrale Teil der Piste dem Pistenrand gegenüber gestellt. Außerdem wurde erhoben, welche der auf der Piste eingesäten Pflanzenarten in der aktuellen Vegetation mit welcher Abundanz auftraten.

Die Klassifikation der Vegetation ergab acht Pflanzengesellschaften: eine subalpine Wiesengesellschaft, drei unterschiedliche Zwergstrauchheiden, eine alpine Rasengesellschaft, zwei Schneebodengesellschaften und eine Schuttflur. Im Zentrum und am Rand der Schipisten herrschten eindeutig die Schneebodengesellschaften vor während außerhalb der Pisten Krummseggenrasen und verschiedene Typen von Zwergstrauchheiden festgestellt wurden. Die oberalpine Stufe wird durch eine Gesellschaft charakterisiert, welche zu den Schuttfluren zählt, die aber auch Bezüge zu den Schneebodengesellschaften aufweist.

Hinsichtlich der funktionalen Typen zeigten sich zwischen den Pisten und dem Bereich außerhalb sehr deutliche Unterschiede. Die Holzpflanzen wurden auf den Schipisten stark zurückgedrängt, dafür war dort die Abundanz der Moose deutlich erhöht. Die Flechten hingegen verloren auf den Schipisten signifikant an Bedeutung während die Leguminosen dort stärker vertreten waren. Insgesamt jedoch blieb die Abundanz der Leguminosen gering und sie fehlten in der oberalpinen Stufe nahezu völlig.

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

Hinsichtlich der Artenvielfalt unterschied sich der Pistenrand vom Pistenzentrum weit stärker als vom Bereich außerhalb der Piste. Das Pistenzentrum wies stets die geringste Anzahl an Pflanzenarten auf.

Die Zeigerwertanalyse wies darauf hin, dass auf den Schipisten der Boden stärker durchfeuchtet ist, dass Ionen eingetragen werden und mehr Nährstoffe zur Verfügung stehen. Lediglich die oberalpine Stufe verhielt sich oft anders, da sie sich durch die Vorherrschaft von Schutt- und Blockhalden von den tiefer liegenden Stufen hinsichtlich ihrer Bodenstruktur merklich unterscheidet. Die Meereshöhe und etwas weniger auch die Bodentiefe wirkten sich auf zahlreiche der Parameter signifikant aus.

Die Unterschiede zwischen dem Pistenzentrum und dem Pistenrand waren zwar selten signifikant doch konnten bei vielen Parametern kontinuierliche Abstufungen vom Pistenzentrum über den Pistenrand zu den Bereichen außerhalb der Piste festgestellt werden. Das deutet darauf hin, dass der Pistenrand aufgrund seiner Nähe zur Kontaktvegetation eher von Einwanderern besiedelt wird. Es wurde aufgezeigt, dass sich die Schipisten in vielerlei Hinsicht von der Vegetation außerhalb unterschieden. Hervorzuheben sind die Unterschiede hinsichtlich der funktionalen Typen, was auf eine deutlich veränderte Ökosystem-Funktion hindeutet.

Die Maßnahmen zur Begrünung sind mit zunehmender Meereshöhe immer weniger erfolgreich. Vor allem die Maßnahmen ab der alpinen Stufe sind zu überdenken und besser an die standörtlichen Gegebenheiten anzupassen.

Für die Zukunft ist ein Monitoring der Schipisten mittels Dauerflächen zu empfehlen.

5.2 Einleitung

Der Wintertourismus weist eine wachsende Bedeutung in den Gebirgsregionen weltweit auf. Auch in den Alpen besteht eine zunehmende Tendenz zur Schaffung von neuen Schipisten bzw. zum Ausbau von bereits bestehenden Schigebieten (Rixen et al. 2003; Wipf et al. 2005). Diese Eingriffe betreffen vor allem alpine Ökosysteme, welche sehr empfindlich auf Änderungen der Landnutzung und des Klimas reagieren (Grabherr 1987; Chapin & Körner 1995). Darüber hinaus ist die künstliche Beschneigung von Schipisten in den letzten Jahren immer stärker in den Vordergrund gerückt. Durch diese Maßnahme kann mit der Wintersaison bereits im November begonnen werden, wenn die Schneefälle noch nicht ausreichend sind (Rixen et al. 2003). Alle diese Einflüsse haben beträchtliche Konsequenzen auf die Artenzusammensetzung, die Artenvielfalt sowie auf die Produktivität der alpinen Ökosysteme (Grabherr 1987; Bayfield 1996; Tilman 1996; Urbanska 1997; Rixen et al. 2003).

Die Auswirkungen 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; Grabherr 1987; Cernusca et al. 1990; 1991; 1993; Elsasser & Messerli 2001; Rixen et al. 2003; Rixen et al. 2008). Im Zuge der Schaffung von Schipisten wird der Boden abgetragen und dadurch das alpine Ökosystem erheblich gestört (Grabherr 1987). Bei einer Planierung handelt es sich zwar um einen einmaligen Eingriff, welcher jedoch langfristige Auswirkungen auf die Umwelt nach zieht (Ebus 1986; Grabherr 1987; Rixen et al. 2003). Auch in weiterer Folge sind mit dem Schibetrieb beträchtliche Belastungen für die Ökosysteme verbunden. Durch die Präparierung der Schipisten wird der Schnee verdichtet und dadurch Bodenfröste verstärkt (Newessely 1997). Es kommt zur Bildung von Eisschichten und zu erheblichen mechanischen Beschädigungen. Dadurch werden sowohl die Artenzusammensetzung als auch die Vielfalt an verschiedenen Arten sowie die Produktivität des Ökosystems reduziert (Rixen et al. 2003). Auch die künstliche Beschneigung führt zu einer Reihe von Effekten (Newesely 1997). Generell bewirkt eine künstliche Beschneigung eine dickere Schneeeauflage und folglich eine deutlich längere Ausaperungszeit im Frühjahr wodurch die Entwicklung der Pflanzen signifikant verzögert wird. Weiters kommt es zu einer stärkeren Durchfeuchtung des Bodens, zu einer Zufuhr von Ionen welche eine Düngerwirkung entfalten können und vor allem zu einer Veränderung der Temperaturbilanz im Boden (Rixen et al. 2004). Allerdings werden durch die künstliche Beschneigung einige der negativen Effekte der Pistenpräparierung, wie etwa verstärkter Bodenfrost, wiederum vermindert. Zudem bietet eine dickere Schneeeauflage verschiedenen Pflanzen über den Winter einen besseren Schneeschutz. Viele dieser Einflüsse sind bislang aber noch nicht ausreichend untersucht worden (Rixen et al. 2003).

Der Raum Obergurgl im inneren Ötztal wird touristisch sehr intensiv genutzt (Ebus 1986; Grabherr 1987). Erst im Jahr 2007 erfolgte die Schaffung einer Schipiste auf die Hohe Mut verbunden mit dem

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

Neubau einer Liftanlage und der Errichtung eines Speicherteichs zur Versorgung der Beschneiungsanlagen. Alle diese neuen Erschließungen und Infrastrukturen liegen direkt im Biosphärenpark Gurgler Kamm. Seit der Wintersaison 1999/2000 werden 90 % der insgesamt 56 Pistenkilometer im Schigebiet Obergurgl künstlich beschneit. Das gesamte Schigebiet Obergurgl/Hochgurgl umfasst 110 Pistenkilometer und 24 Liftanlagen mit einer Gesamtkapazität von 39.400 Personen/Stunde (<http://www.obergurgl.com/>).

Die Auswirkungen des Schitourismus auf den Boden und die Vegetation wurden von Ebus (1986) kartiert. Bislang aber ist die Vegetation der Schipisten in diesem Gebiet noch immer nicht ausreichend untersucht worden. Um diese Lücke zu schließen wurde im Sommer 2008 mit einer umfassenden Erhebung auf den Schipisten auf der orographisch rechten Talseite des Gurgler Tals begonnen. Ziel dieser Studie war, entlang eines Höhengradienten von 1930 m bis auf über 2800 m Meereshöhe die Vegetation zu untersuchen und zu klassifizieren. Der Schwerpunkt der Untersuchung lag in der Erhebung der Auswirkungen des Pistenbaus und der Belastungen durch den Pistenbetrieb. Dazu wurde ein Vergleich zwischen der Pistenvegetation (Zentrum, Rand) und dem ungestörten Bereich außerhalb der Piste angestellt.

Als Ausgangspunkt dienten folgende Fragestellungen:

- Wie sehr unterscheidet sich die Vegetation innerhalb und außerhalb der Pisten voneinander hinsichtlich der floristischen Ausstattung (Pflanzengesellschaften), der funktionalen Typen (Holzpflanzen, Grasartige, Kräuter, Leguminosen, Moose und Flechten) und der Artenvielfalt?
- Spiegeln sich die Einflüsse durch Planierung, Präparierung und künstliche Beschneigung der Schipisten auch in den Zeigerwerten wie Feuchtezahl, Reaktionszahl und Stickstoffzahl wider?
- Wie wirken sich die mechanischen Störungen auf die Bodentiefe, die Wuchshöhe des Bestandes, die Gesamtdeckung der Vegetation und auf die Deckung der Gefäßpflanzen aus?
- Bestehen Unterschiede zwischen dem zentralen Teil der Piste und dem Pistenrand?

In Hinblick auf diese Fragen wurden folgende Hypothesen formuliert:

- Auf den Schipisten herrscht eine Vegetation vor, die jenen von Schneeböden ähnlich ist, da infolge der mechanischen Belastung und der längeren Schneebedeckung niederliegende Pflanzen bzw. solche die für Schneeböden typisch sind, begünstigt werden (Körner 1999; Rixen et al. 2003).
- Auf den Schipisten treten die typischen Krummseggen-Bestände der alpinen Stufe weit seltener auf als außerhalb, da nach einer erheblichen mechanischen Störung der

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

Regenerationsprozess der Krummsegge aufgrund ihres langsamen Wachstums sehr lange Zeit braucht (Grabherr 1987).

- Auf den Schipisten ist die durchschnittliche Bodentiefe aufgrund der massiven Eingriffe (Planierung, Präparierung, Scherung durch Schikanten) deutlich geringer als außerhalb (Grabherr 1987).
- Auf den Schipisten ist aufgrund des erhöhten Störungsregimes die mittlere Wuchshöhe des Bestandes geringer als außerhalb, weil niedrigwüchsige bzw. niederliegende Arten im Vorteil sind.
- Auf den Schipisten ist durch die mechanische Störung die Gesamtdeckung der Vegetation und die Deckung der Gefäßpflanzen niedriger als außerhalb.
- Der Anteil der Holzpflanzen ist auf den Schipisten geringer als außerhalb der Piste da diese durch die mechanische Belastung zurück gedrängt werden (Rixen et al. 2003, Wipf et al. 2005).
- Der Anteil der Grasartigen auf den Pisten nimmt gegenüber außerhalb ab, da die Hauptrasenbildner zurück gedrängt werden (Grabherr 1987).
- Der Anteil der Leguminosen ist auf den Schipisten höher als außerhalb, weil durch die Pistenpräparierung laufend Störstellen geschaffen werden, welche für die Leguminosen günstig sind. Außerdem sind Leguminosen in der Einsaatmischung enthalten, die auf den Pisten ausgebracht wird.
- Die Moose profitieren von den Verhältnissen auf den Pisten, da dort die Gefäßpflanzen durch die längere Schneedecke zurück gedrängt werden und weil der Boden fortwährend gut durchfeuchtet ist (Ellenberg 1996).
- Der Anteil der Flechten ist auf den Schipisten geringer als außerhalb, da sie empfindlich auf mechanische Belastungen reagieren (Grabherr 1987).
- Die Artenvielfalt ist auf den Schipisten niedriger als außerhalb, da die verschiedenen Belastungen zu einer intensiven Störung führen, welche in Verbindung mit der verkürzten Vegetationsperiode und der geringeren Wachsrates zu einem Artenverlust in subalpinen und alpinen Ökosystemen führen.
- Die Feuchtezahl ist auf den Pisten höher als außerhalb, da durch die künstliche Beschneidung mehr Schnee auf der Piste liegt (Rixen et al. 2003).
- Die Reaktionszahl ist auf den Pisten niedriger als außerhalb, da der Eintrag von Mineralstoffen aus dem Wasser, das für die künstliche Beschneidung verwendet wird, erhöht ist (Rixen et al. 2003).
- Durch den Eintrag dieser Mineralstoffe und vor allem durch die jährliche Düngung mit Mist erhöht sich auch die Stickstoffzahl auf den Pisten.

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

- Hinsichtlich der verschiedenen Parameter bestehen merkliche Unterschiede zwischen dem Pistenzentrum und dem Pistenrand. Es ist anzunehmen, dass sich infolge der Nähe zur Kontaktvegetation Einwanderer rascher ansiedeln.

5.3 Material und Methoden

5.3.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt im inneren Ötztal (Tirol, Österreich) im Raum von Obergurgl auf der orographisch rechten Seite des Gurgltales. Es befindet sich 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 der Plattachbahn (2262–2898 m Meereshöhe) in ihrem untersten Abschnitt. Das Untersuchungsgebiet beinhaltet somit Teile der Gurgler Heide und des Rosskars (Abb. 1). Die Koordinaten für den Bereich unmittelbar oberhalb der Festkogelbahn-Talstation: 46°52.525' / 11°02.040', für den Bereich am Rosskar (höchst gelegene Aufnahmen): 46°51.496' / 11°02.963'.

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

5.3.2 Die Pisten im Schigebiet Festkogel

Schaffung der Schipisten

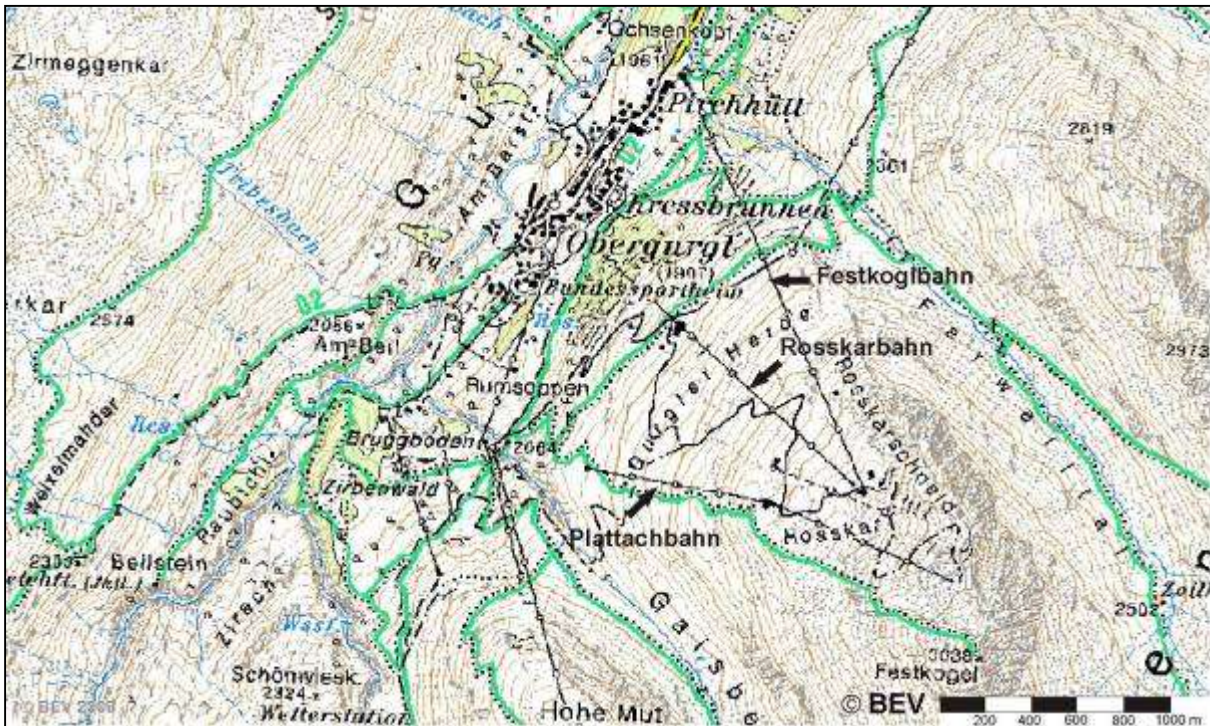


Abb.1: Lage des Untersuchungsgebietes auf der orographisch rechten Talseite oberhalb von Obergurgl im Bereich der Gurgler Heide und des Rosskars. Die drei Liftanlagen, entlang derer die Untersuchung durchgeführt wurde, sind mit Pfeilen markiert.

Der Wintertourismus erlebt besonders seit Mitte der 60er-Jahre des 20. Jahrhunderts einen großen Aufschwung. Seitdem ist die Anzahl der Nächtigungen immer weiter angestiegen (Ebus 1986). Die Pisten und Liftanlagen im Schigebiet Obergurgl/Hochgurgl wurden sukzessive errichtet. Die ersten Liftanlagen waren der Gaisberg-Lift und der Hohe-Mut-Lift und entstanden in den 50er-Jahren des 20. Jahrhunderts (Ebus 1986; Christoph Kuen, persönl. Mitteilung). Zu Beginn der 80er-Jahre des 20. Jahrhunderts wurde das Schigebiet Festkogel wesentlich erweitert. Die beiden Schlepplifte wurden vollständig abgebaut und durch moderne Gondelbahnen ersetzt. Die Fundamente für die neuen Anlagen wurden neu geschaffen (Christoph Kuen, persönl. Mitteilung). Bei der Planierung der Schipisten wurde zunächst die Vegetationsdecke zusammen mit dem Oberboden bzw. der Humusschicht abgehoben. Danach wurden die Planierungsarbeiten vorgenommen. Abschließend wurde der Oberboden, der ursprünglich vorhanden war, wieder aufgetragen. Die Vorgehensweise wurde im gesamten Schigebiet eingehalten (Christoph Kuen, persönl. Mitteilung). Es erfolgten dabei

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

keine Aufschüttungen. Auch im untersten Abschnitt der Festkogelbahn oberhalb der Lifthalstation wurde so vorgegangen. In diesem Bereich waren die Eingriffe nicht so gravierend, das Gelände wurde nicht wesentlich verändert, es wurden dort aber zwei Holzbrücken für die Schiabfahrt montiert (Christoph Kuen, persönl. Mitteilung).

Pistenpräparierung

Die Pisten werden täglich am Abend mit Raupenfahrzeugen der Firma Kässbohrer präpariert. Wo das Gelände sehr steil ist, z.B. im Bereich des Rosskars, wird mit Seilwinden gearbeitet. Die Fräsenhöhe kann eingestellt werden. Bei geringer Schneelage kann es aber geschehen, dass der Boden teilweise aufgerissen wird (d.h. vor allem in der späteren Phase der Schisaison). Der Pistenrand ist scharf festgelegt und wird in der gleichen Weise behandelt wie das Pistenzentrum. Auch vom Befahren durch die Schifahrer besteht kein Unterschied. Außerhalb davon ist der freie Schiraum mit Tiefschnee. Lawinensicherheit ist gegeben und jeder darf diesen Bereich auch befahren, allerdings haftet hier der Schifahrer selbst (Christoph Kuen, persönl. Mitteilung).

Künstliche Beschneigung

Gesetzlich ist es vorgeschrieben, dass erst ab dem 15. Oktober mit der künstlichen Beschneigung begonnen werden darf. Der tatsächliche Zeitpunkt richtet sich aber nach der Lufttemperatur und der Luftfeuchtigkeit (= Feuchtkugeltemperatur, bei ca. -3°C). Beschneit werden darf nur bis 28. Februar, auch darf dabei nur eine bestimmte Menge an Wasser verbraucht werden (= Konsenswassermenge). Sobald es ab dem 15. Oktober aufgrund unterschrittener Feuchtkugeltemperatur möglich ist, mit der Beschneigung zu beginnen wird eine Grundbeschneigung durchgeführt. Darauf legt sich der natürliche Schnee. Danach folgen noch punktuelle Beschneigungsmaßnahmen (Christoph Kuen, persönl. Mitteilung).

Dem Wasser dürfen keine Zusätze beigegeben werden. Die Bestimmungen sind besonders in West-Österreich streng, in Ost-Österreich sind sie lockerer. Das Wasser stammt aus natürlichen Zuflüssen aus dem Gaisbergbach (= erste Speicheranlage, errichtet 1995) und dem Rotmoos-Bach (2006/2007 errichtet). Es wird mit UV-Licht bestrahlt damit es keimfrei wird. Dazu dienen drei UV-Anlagen. Außerdem wird das Wasser belüftet (Christoph Kuen, persönl. Mitteilung). Der Speicherteich im Rotmoostal wird im Frühjahr aufgefüllt, wobei das Wasser von der Rotmoos-Ache herauf gepumpt wird. Der Speicher beim Gaisbergbach ist ein Durchlaufspeicher, welcher im Sommer offen ist und erst im späten Herbst geschlossen wird (Christoph Kuen, persönl. Mitteilung). Als Beschneiungsanlagen dienen Schneelanzen, die fast überall auch im Sommer dort bleiben und Schneekanonen, die nach der Schisaison wieder weggebracht werden. Mit Ausnahme der Piste im Bereich des Rosskars unterhalb der Plattachbahn-Bergstation (ca. 2750–2850 m Meereshöhe)

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

erfolgt überall sonst im Schigebiet Festkogel eine künstliche Beschneigung (Christoph Kuen, persönl. Mitteilung).

Pistenbegrünung und Düngung

Die Begrünung erfolgt mit einer speziellen Hochgebirgssamen-Mischung, die von einer Firma bezogen wird (Samen Schwarzenberger, Böschungsrasen „ALPIN EXTREM“ (B4) über 1.800 m Seehöhe; Tab. 1). Für das gesamte Schigebiet Obergurgl werden in jedem Jahr mehrere Tonnen an Saatgut aufgebracht (Christoph Kuen, persönl. Mitteilung). Die Saatmischung wird mit Mist von Pferden, Rindern, Schafen und Ziegen vermischt. Die Vermischung mit dem natürlichen Dünger erfolgt beim Aufbringen auf die Piste. Diese Aufbringung und Mischung erfolgt stets maschinell im zeitigen Frühjahr gleich nach der Schneeschmelze. Für das gesamte Gebiet im Raum Obergurgl sind mit dieser Maßnahme drei Personen etwa zwei Monate lange beschäftigt. Ebenso wie im Fall der Schaffung und Präparierung erfolgt auch die jährliche Begrünung und Düngung vom Talgrund bis in Lagen gegen 3000 m Meereshöhe auf die gleiche Weise. Bis vor 10 Jahren wurde auch BIOSOL verwendet, seit damals aber findet ausschließlich natürlicher Dünger Verwendung (Schaf-, Kuh- und Pferdemit). Eine künstliche Bewässerung der Pistenvegetation erfolgt nicht (Christoph Kuen, persönl. Mitteilung).

Pflanzenart	Deutscher Name	Gewichts-%
<i>Achillea millefolium</i>	Schafgarbe	1,0
<i>Agrostis capillaris</i>	Rotes Straußgras	13,0
<i>Alopecurus pratensis</i>	Wiesen-Fuchsschwanz	1,0
<i>Festuca ovina</i>	Schaf-Schwingel	2,5
<i>Festuca rubra</i>	Rotschwingel Ausläufer	19,5
<i>Festuca rubra commutata</i>	Horstrotschwingel fallax	10,0
<i>Lolium perenne</i>	Englisch Raygras	10,0
<i>Lotus corniculatus</i>	Hornschotenklee	5,0
<i>Phleum pratense</i>	Timothe	5,0
<i>Poa alpina</i>	Alpen-Rispe	5,0
<i>Poa pratensis</i>	Wiesenrispe	10,0
<i>Poa trivialis</i>	Gemeine Rispe	4,5
<i>Trifolium dubium</i>	Faden-Klee	1,0
<i>Trifolium hybridum</i>	Schweden-Klee	10,0
<i>Trifolium repens</i>	Weiß-Klee	2,5

Tab. 1: Die Samenmischung, welche auf den Schipisten in Obergurgl jährlich entlang der gesamten Höhenamplitude ausgebracht wird. Es handelt sich dabei um den Böschungsrasen SR058 „ALPIN EXTREM“ (B4) über 1.800 m Seehöhe, für Extremlagen in den Alpen, extrem ausdauernd, mit guter Wurzelbildung (Firma Samen Schwarzenberger, Völs).

Besonderheiten

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

Den Pisten in Obergurgl wurde das Pistengütesiegel verliehen. Dazu müssen besondere Leistungen hinsichtlich Umwelt, tadelloser Präparierung und Absicherung gegen typische und atypische Hindernisse erbracht werden. Die Schipisten sind in einer besonders guten Höhenlage (ca. 1900 bis 3000 m Meereshöhe) und gehören zu den schneesichersten im ganzen Alpenraum (Ebus 1986; Christoph Kuen, persönl. Mitteilung). Für die nächsten Jahre sind keine weiteren größeren Projekte geplant (Christoph Kuen, persönl. Mitteilung).

5.3.3 Geländearbeit

Es wurden Schipisten und ungestörte Bereiche außerhalb der Pisten untersucht. Entlang eines Höhengradienten von 1930 m bis 2820 m Meereshöhe wurden drei parallele Transekte gelegt. Davon befanden sich einer im Pistenzentrum (T1), ein zweiter am Pistenrand (T2) und ein dritter unmittelbar außerhalb der Piste (T3). Der horizontale Abstand zwischen den parallel liegenden Vegetationsaufnahmen schwankte je nach Breite der Piste und der Geländeform. In der subalpinen Stufe betrug der Abstand nur 3–5 Meter. In der alpinen Stufe sind die Pisten viel breiter und daher lagen hier oft mehr als 10 m zwischen der Aufnahme im Pistenzentrum und der am Pistenrand. Die Aufnahme außerhalb der Piste wiederum wurde, wenn es das Gelände zuließ, auch hier nur wenige Meter vom Pistenrand durchgeführt. In manchen Fällen befanden sich Schrofen unmittelbar neben der Piste, sodass der Abstand zum Pistenrand wiederum deutlich mehr als 10 m ausmachte. In der oberalpinen Stufe betrug der Abstand zwischen dem Pistenzentrum und dem Pistenrand in der Regel 10–20 m, außerhalb der Piste war das Gelände aber oft schwer zugänglich, daher waren hier noch größere Abstände notwendig.

Mit Ausnahme des höchst gelegenen Bereiches des Transekts beim Rosskar befanden sich am Pistenrand stets Beschneiungs-Anlagen. Im Abstand von ca. 100 m wurden je drei Vegetationsaufnahmen gemacht, wobei sich jeweils eine dieser Aufnahmen auf einem der Transekte befand und damit stets Vegetationsaufnahmen im Pistenzentrum, am Pistenrand und außerhalb der Piste parallel zueinander zu liegen kamen. Insgesamt verteilten sich die 118 Vegetationsaufnahmen auf 40 solche parallele Aufnahmepunkte. Der Bereich oberhalb der Festkoglbahn-Talstation (1930–1964 m) umfasst jedoch nur T1 (Pistenzentrum) und T2 (Pistenrand), da sich dort außerhalb der Piste eine Fettwiese befindet die zum Zeitpunkt der Vegetationsaufnahmen bereits abgemäht war. Abb. 2 zeigt die Positionen der Vegetationsaufnahmen auf den drei Transekten.

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

Die Vegetationsaufnahmen erfolgten nach der Methode von Braun-Blanquet (1964), für die Schätzung der Artmächtigkeit wurde die erweiterte Schätzskala nach Reichelt & Wilmanns (1973)

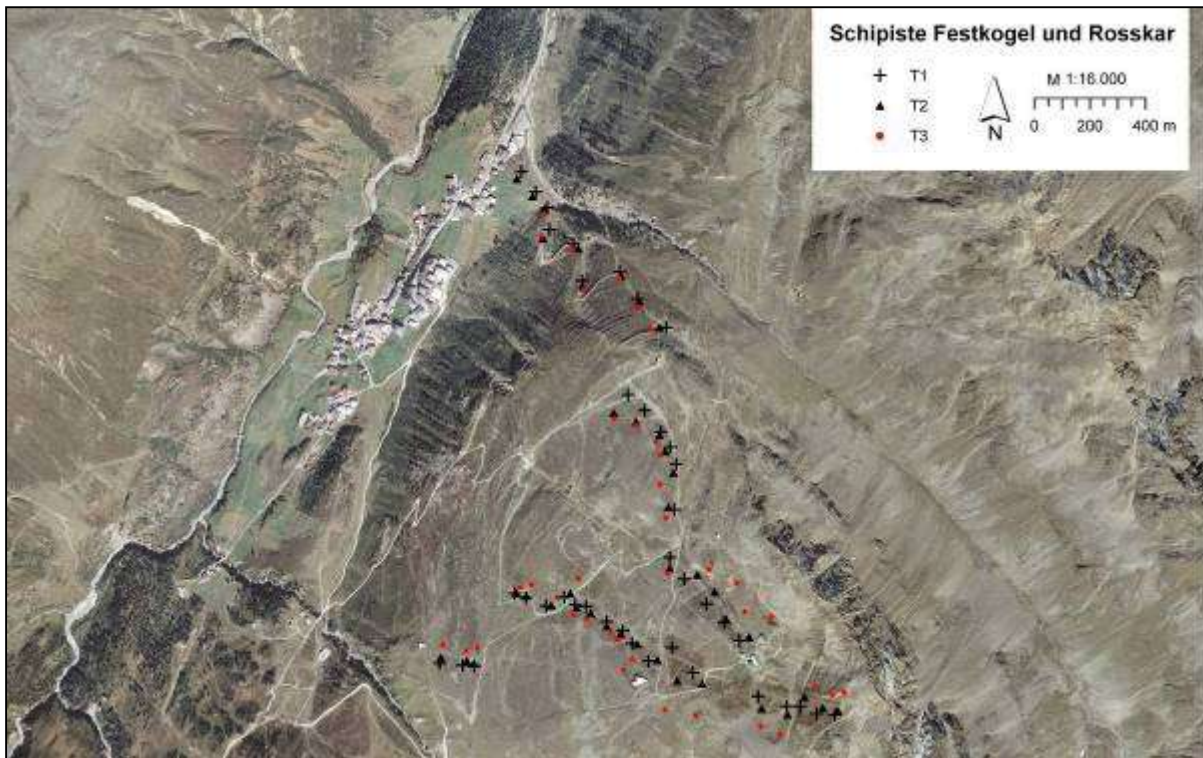


Abb. 2: Orthofoto mit der Lage der Transekte T1, T2 und T3 im Bereich der Festkogel- und Rosskarbahn sowie im untersten Abschnitt der Plattachbahn (Erstellung der Karte: Fabian Nagl).

verwendet. Die Nomenklatur richtete sich nach Fischer et al. (2005). Die Größe der Aufnahmeflächen wurde nach dem Minimum-Areal bestimmt. Für die Wiesen, Rasen, und Schuttfuren wurde eine Aufnahmegröße von 25 m² verwendet, für die Zwergstrauchbestände lag die Größe der Aufnahmefläche meist bei 50 m² (Dierschke 1994).

In jeder Aufnahmefläche wurden Exposition (Grad), Neigung (Grad) und Meereshöhe (m) gemessen. Die Position der Aufnahmeflächen wurden mit Hilfe eines GPS-Gerätes (Garmin eTrex Legend Cx) eingemessen, wobei die Positionen gemittelt wurden (meistens zwischen 1200 und 1800 Messungen), um die Genauigkeit zu erhöhen. Abgesehen davon wurden Fraß- und Kotsuren von Weidetieren in jeder Aufnahmefläche notiert. Auch das Auftreten von Müll (Plastik, Metall, Glas, sonstiger Müll) wurde festgehalten. Die Bodentiefe wurde mittels eines Spatens bestimmt, indem dieser an mehreren Positionen innerhalb der Aufnahmefläche in den Boden gestoßen wurde. Jenseits von 20 cm konnte die Tiefe nicht mehr festgestellt werden. In den meisten Fällen jedoch handelte es sich um flachgründige Böden, sodass diese Methode ausreichend war. Der Anteil der Gesamtdeckung der Vegetation, der Anteil des offenen Bodens sowie der Anteil an Gesteinsmaterial in der Aufnahmefläche wurden geschätzt (0–100 %).

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

Die Wuchshöhe des Bestandes in jeder Aufnahme­fläche wurde mittels eines Meterstabes gemessen. Dazu wurden 13 Punkte regelmäßig über die Aufnahme­fläche verteilt und dort jeweils die Messungen der Wuchshöhe vorgenommen.

5.3.4 Datenmanagement und Vegetationsanalysen

Alle Vegetations- und Umweltdaten wurden mit Hilfe des Datenbank-Programms TURBOVEG FOR WINDOWS (2004) verwaltet. Mittels des Programms MEGATAB wurden Vegetationstabellen erstellt. Die Analyse der Vegetation erfolgte durch das Programm TWINSpan (Hill 1979) wobei es sich um eine hierarchisch teilende Methode der Klassifikation handelt (Lepš & Šmilauer 2003). Aufgrund dieser Analysen wurden Stetigkeits-Tabellen erstellt und daraus Gruppen abgeleitet, welche verschiedenen Pflanzengesellschaften zugeordnet wurden. Die Stetigkeit gibt das relative Vorkommen einer Art innerhalb einer gegebenen Aufnahmezahl bzw. Gruppe an (Dierschke 1984). Der Anteil der funktionalen Typen (Holzpflanzen, 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 Prozentwerte für jeden funktionalen Typ gingen im Verhältnis zur Summe der Prozentwerte aller Arten je Aufnahme­fläche in die Berechnungen ein.

Die Zeigerwerte Feuchtezahl (F), Reaktionszahl (R) und Stickstoffzahl (N) wurden gewichtet, das heißt, die Deckungswerte wurden berücksichtigt und als Mittelwerte für jede Aufnahme­fläche in die Analysen mit einbezogen. Die Zeigerwerte folgen Ellenberg et al. (1992) und wurden aus der Datenbank der Universität für Bodenkultur in Wien (<http://statedv.boku.ac.at/zeigerwerte/>) bezogen. Diese Werte wurden ins Programm TURBOVEG importiert und dort für die einzelnen Berechnungen verwendet.

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

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 (2678–2823 m, Rosskar)

5.3.5 Statistische Analysen

Die Vegetations- und Umweltdaten wurden im Programm CANOCO 4.5 mittels pRDA (partial redundancy analysis = lineares Modell) und Monte Carlo Permutations Tests mit Forward-Selection auf ihre statistische Signifikanz geprüft. Die Tests wurden sowohl für den gesamten Höhengradienten wie auch für die einzelnen Höhenstufen (subalpin, alpin, oberalpin) durchgeführt. Der statistische Ansatz mit Hilfe einer pRDA und Monte Carlo Permutations Tests wurde verwendet, da das F-Verhältnis in CANOCO eine ähnliche Bedeutung hat wie der F-Wert in der ANOVA und daher Permutations-Tests sich analog zu Varianzanalysen verhalten. Der Vorteil des Permutations-Tests gegenüber Varianzanalysen ist, dass dieser parameterfrei durchgeführt werden kann und daher weder an eine Normalverteilung noch an eine Gleichheit der Varianzen der Daten gebunden ist (Lepš & Šmilauer 2003). Dadurch wurde es möglich, die Tests entlang des gesamten Höhengradienten durchzuführen.

Es wurden folgende reagierende Variablen verwendet:

- Funktionale Typen: Holzpflanzen, Grasartige, Kräuter, Leguminosen, Moose, Flechten
- Artenvielfalt: Anzahl der Arten je Aufnahme­fläche
- Zeigerwerte: Feuchtezahl (F), Reaktionszahl (R), Stickstoffzahl (N)
- Wuchshöhe (Mittelwert je Aufnahme­fläche)
- Gesamtdeckung der Vegetation, Deckung der Gefäßpflanzen

Als erklärende Variablen dienten „Piste“ (T1: Pistenzentrum, T2: Pistenrand, T3: außerhalb der Piste), Meereshöhe (m) und Bodentiefe (cm). Abgesehen von diesen Haupteffekten wurden auch Interaktionseffekte der Variablen „Piste“ mit den wichtigsten erklärenden Variablen berechnet, nämlich „Piste x Meereshöhe“ und „Piste x Bodentiefe“. Die Bodentiefe wurde in einem weiteren Schritt als reagierende Variable definiert und auf signifikante Unterschiede hinsichtlich der erklärenden Variablen „Piste“ getestet.

Als Permutations-Schema diente ein hierarchisches Modell in welchem die räumlich korrelierten Aufnahmen zu einem „Whole plot“ zusammen gefasst wurden. Diese räumliche Beziehung wurde durch die „Split plots“, welche die einzelnen Aufnahmen darstellen, und die Gesamtheit der jeweils nebeneinander liegenden Aufnahmen als „Whole plots“ berücksichtigt. Permutationen fanden nur zwischen den „Split plots“ nicht jedoch zwischen den „Whole plots“ statt. Innerhalb der „Whole plots“

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

erfolgten die Permutationen zyklisch wobei keine Abhängigkeit im Verhalten der einzelnen „Whole plots“ bestand. Durch dieses Modell wurde die räumliche Korrelation zwischen den drei parallel zueinander liegenden Aufnahmen aus dem Gesamteffekt heraus gerechnet. Für die Tests der Interaktionseffekte wurden die Haupteffekte der entsprechenden Variablen als Covariablen definiert, da ansonsten der p-Wert nicht wie gewünscht nur den reinen Interaktions-Effekt sondern auch die Haupteffekte ausdrückt (ter Braak & Šmilauer 1998).

In jedem Testdurchgang wurden jeweils die Aufnahmen von zwei Transekten berücksichtigt, während der dritte Transekt aus dem Datensatz entfernt wurde. Dadurch kam es insgesamt zu den drei Paar-Vergleichen Pistenzentrum/Pistenrand (T1/T2), Pistenzentrum/außerhalb der Piste (T1/T3) sowie Pistenrand/außerhalb der Piste (T2/T3). Da durch dieses multiple Testen die Wahrscheinlichkeit erhöht wurde, dass sich ein signifikantes Ergebnis mit einem p-Wert $\leq 0,05$ zufällig einstellt, wurde das Signifikanz-Niveau durch eine Division durch die Anzahl der Paar-Vergleiche niedriger gewählt. Folgende Signifikanz-Niveaus wurden daher verwendet:

$p \leq 0,0005$: *** = höchst signifikant

$p \leq 0,0035$: ** = hoch signifikant

$p \leq 0,0165$: * = signifikant

$p \leq 0,0500$: (*) = marginal signifikant

Die Zusammenhänge der erklärenden Variablen (Meereshöhe, Bodentiefe) mit den reagierenden Variablen wurden der Korrelations-Matrix der pRDA entnommen. Dazu wurden für jede erklärende Variable separat Berechnungen durchgeführt und gleichzeitig alle anderen erklärenden Variablen entfernt. Dadurch konnte die Wirkung jeder dieser Variablen für sich ohne den Einfluss der anderen erklärenden Variablen getestet werden.

Alle Mittelwerte und Standardabweichungen wurden mit SPSS 15 errechnet und mit SigmaPlot 11.0 (Systat Software 2008) graphisch dargestellt.

5.4 Ergebnisse

5.4.1 Vegetation

Tab. 2 zeigt eine Übersicht der acht unterschiedenen Pflanzengesellschaften und die Häufigkeit ihres Vorkommens in den verschiedenen Höhenstufen. 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 einem Krummseggenrasen, weit seltener sind Zwergstrauchheiden anzutreffen. Ganz vereinzelt kommt auch eine Schuttflur vor. In der oberalpinen Stufe wiederum dominiert fast ausschließlich eine Schuttflur, lediglich eine der Vegetationsaufnahmen gehört zum Krummseggenrasen.

Höhenstufe	Gesellschaft	Vegetations-Typ	Aufnahmen	
			Anzahl	%
Subalpin	<i>Agrostis capillaris</i> - <i>Festuca rubra</i> -Ges.	Wiesengesellschaft	6	24,0
	<i>Rhododendron ferrugineum</i> - <i>Vaccinium myrtillus</i> -Gesellschaft	Zwergstrauchheide	6	24,0
	<i>Rhododendretum ferruginei</i>	Zwergstrauchheide	11	44,0
	<i>Sibbaldia procumbens</i> - <i>Polytrichum</i> -Gesellschaft mit <i>Nardus stricta</i>	Schneebodengesellschaft	2	8,0
Alpin	<i>Empetrum hermaphroditum</i> - <i>Juniperus communis</i> -Gesellschaft	Zwergstrauchheide	7	9,0
	<i>Caricetum curvulae</i>	Rasengesellschaft	19	24,4
	<i>Sibbaldia procumbens</i> - <i>Polytrichum</i> -Gesellschaft mit <i>Nardus stricta</i>	Schneebodengesellschaft	17	21,8
	<i>Sibbaldia procumbens</i> - <i>Polytrichum</i> -Gesellschaft mit <i>Saxifraga bryoides</i>	Schneebodengesellschaft	31	39,7
	<i>Poa alpina</i> - <i>Polytrichum</i> -Gesellschaft mit <i>Cardamine resedifolia</i>	Schuttflur	4	5,1
Oberalpin	<i>Poa alpina</i> - <i>Polytrichum</i> -Gesellschaft mit <i>Cardamine resedifolia</i>	Schuttflur	14	93,3
	<i>Caricetum curvulae</i>	Rasengesellschaft	1	6,7

Tab. 2: Anzahl der Vegetationsaufnahmen je Gesellschaft und ihr prozentueller Anteil auf jeder Höhenstufe; subalpin (1930–2275 m), alpin (2273–2672 m) und oberalpin (2678–2823 m).

Die Tab. 3 stellt die Häufigkeit der einzelnen Gesellschaften aufgeschlüsselt für das Pistenzentrum (T1), den Pistenrand (T2) und den Bereich außerhalb der Pisten (T3) dar. Im Pistenzentrum dominieren deutlich Schneebodengesellschaften auf Silikat (= *Sibbaldia procumbens*-*Polytrichum*-Gesellschaft), gefolgt von einer Schuttflur (= *Poa alpina*-*Polytrichum*-Gesellschaft mit *Cardamine resedifolia*). Nur vereinzelt sind Zwergstrauchheiden zu finden, welche aber in der Regel degradiert, d.h. niedrig wüchsiger und lückiger, sind. Am Pistenrand ist die Verteilung ähnlich, nur dass hier alle acht unterschiedenen Gesellschaften auftreten und der Anteil an Zwergstrauchheiden deutlich

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

erhöht ist. Vereinzelt kommen hier im Gegensatz zum Pistenzentrum Krummseggenrasen vor. Der Bereich unmittelbar außerhalb der Pisten wird sehr deutlich von Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*) dominiert. Mit größerem Abstand folgen dann Zwergstrauchheiden, etwas seltener findet sich eine Schuttflur. Schneebodengesellschaften treten hingegen nur sehr vereinzelt in Erscheinung. Die einzelnen Pflanzengesellschaften werden nun im Folgenden detaillierter dargestellt.

Transekt	Gesellschaft	Aufnahmen	
		Anzahl	%
Pistenzentrum (T1)	<i>Sibbaldia procumbens</i> - <i>Polytrichum</i> -Ges. mit <i>Saxifraga bryoides</i>	16	40,0
	<i>Poa alpina</i> - <i>Polytrichum</i> -Ges. mit <i>Cardamine resedifolia</i>	9	22,5
	<i>Sibbaldia procumbens</i> - <i>Polytrichum</i> -Ges. mit <i>Nardus stricta</i>	8	20,0
	<i>Agrostis capillaris</i> - <i>Festuca rubra</i> -Gesellschaft	4	10,0
	<i>Rhododendretum ferruginei</i>	2	5,0
	<i>Rhododendron ferrugineum</i> - <i>Vaccinium myrtillus</i> -Gesellschaft	1	2,5
	Gesamt	40	100,0
Pistenrand (T2)	<i>Sibbaldia procumbens</i> - <i>Polytrichum</i> -Ges. mit <i>Saxifraga bryoides</i>	12	30,0
	<i>Sibbaldia procumbens</i> - <i>Polytrichum</i> -Ges. mit <i>Nardus stricta</i>	9	22,5
	<i>Poa alpina</i> - <i>Polytrichum</i> -Gesellschaft mit <i>Cardamine resedifolia</i>	5	12,5
	<i>Rhododendretum ferruginei</i>	4	10,0
	<i>Rhododendron ferrugineum</i> - <i>Vaccinium myrtillus</i> -Gesellschaft	3	7,5
	<i>Caricetum curvulae</i>	3	7,5
	<i>Agrostis capillaris</i> - <i>Festuca rubra</i> -Gesellschaft	2	5,0
	<i>Empetrum hermaphroditum</i> - <i>Juniperus communis</i> -Gesellschaft	2	5,0
	Gesamt	40	100,0
außerhalb der Piste (T3)	<i>Caricetum curvulae</i>	17	44,7
	<i>Rhododendretum ferruginei</i>	5	13,2
	<i>Empetrum hermaphroditum</i> - <i>Juniperus communis</i> -Gesellschaft	5	13,2
	<i>Poa alpina</i> - <i>Polytrichum</i> -Ges. mit <i>Cardamine resedifolia</i>	4	10,5
	<i>Sibbaldia procumbens</i> - <i>Polytrichum</i> -Ges. mit <i>Saxifraga bryoides</i>	3	7,9
	<i>Rhododendron ferrugineum</i> - <i>Vaccinium myrtillus</i> -Gesellschaft	2	5,3
	<i>Sibbaldia procumbens</i> - <i>Polytrichum</i> -Ges. mit <i>Nardus stricta</i>	2	5,3
	Gesamt	38	100,0

Tabelle 3: Anzahl der Vegetationsaufnahmen je Gesellschaft und ihr prozentueller Anteil dargestellt für jeden der drei Transekte; T1 (Pistenzentrum), T2 (Pistenrand) und T3 (außerhalb der Piste).

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

***Agrostis capillaris*-*Festuca rubra*-Gesellschaft**

Diese Wiesengesellschaft (Abb. 3) gedeiht ausschließlich in der subalpinen Stufe zwischen 1930 und 2050 m Meereshöhe (Tab. 2) (im Mittel auf 1968 m) ausschließlich auf den Schipisten, vorwiegend im zentralen Bereich, seltener am Rand (Tab. 3). Das Gelände ist hier mäßig geneigt (durchschnittlich 12 °), die Vegetation weist eine mittlere Deckung von 81 % auf. Im Durchschnitt bestehen 14 % der Aufnahme­fläche aus offenem Boden. Auffallend ist der im Verhältnis zum meist nur 1–3 cm tiefen und zum sehr steinigen Boden hohe Deckungswert der Vegetation. Auch werden die Pflanzen im Durchschnitt 41 cm hoch, was auf eine recht gute Wüchsigkeit hinweist. Der Artenreichtum bleibt allerdings recht gering (durchschnittlich 29 Arten je 25 m²). Im Vergleich zu allen anderen Gesellschaften fällt besonders die erhöhte Reaktionszahl (5,8) auf, was auf einen wenig sauren bis neutralen Boden hinweist.



Abb. 3: *Agrostis capillaris*-*Festuca rubra*-Gesellschaft in der subalpinen Stufe auf etwa 2000 m Meereshöhe. Diese Gesellschaft fällt durch ihre hochwüchsigen Gräser sowie durch ihren wiesenartigen Charakter auf.

In dieser Gesellschaft treten keine Zwergsträucher auf, während hochstete Arten aus den Wirtschafts- und Fettwiesen wie *Scorzoneroide autumnalis*, *Taraxacum officinale* agg., *Phleum pratense* und *Carum carvi* von großer Bedeutung sind. Diese Arten gehören ebenso wie *Hieracium lactucella*, *Plantago major* und *Trifolium hybridum* zu den wichtigsten Trennarten gegenüber der

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

subalpinen Zwergstrauchheide (= *Rhododendron ferrugineum*-*Vaccinium myrtillus*-Gesellschaft). Darüber hinaus ist diese Gesellschaft durch Vertreter verschiedener anderer Vegetationseinheiten charakterisiert und so gedeihen niederliegende Arten wie *Sagina saginoides* ebenso wie Hochstauden wie *Geranium sylvaticum*. Vereinzelt findet sich der Jungwuchs von Weiden. Flechten fehlen, Moose spielen nur eine geringe Rolle.

Rhododendron ferrugineum-Vaccinium myrtillus-Gesellschaft

Diese subalpine Zwergstrauchheide (Abb. 4) gedeiht zwischen 1956 und 2068 m Meereshöhe (im Mittel auf 2003 m) vorwiegend am Pistenrand und außerhalb der Piste (Tab. 3). Das Gelände ist im Durchschnitt deutlich geneigt (17 °), die Vegetation ist meistens gut geschlossen (im Mittel zu 88 %). Durchschnittlich tritt nur 10 % offener Boden auf. Der Pflanzenbestand ist mit durchschnittlich 44 cm recht hochwüchsig. Der Reichtum an verschiedenen Arten fällt mit durchschnittlich 47 Arten je 25 m² auffallend hoch aus. Der Boden ist meist zwischen 5 und 15 cm tief und überwiegend nur mäßig steinig oder felsig.



Abb. 4: *Rhododendron ferrugineum*-*Vaccinium myrtillus*-Gesellschaft in der subalpinen Stufe auf ca. 2000 m Meereshöhe. Diese Zwergstrauchheide fällt besonders durch ihren großen Artenreichtum auf.

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

Für diese Zwergstrauchheide sind Arten wie *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea* und *Vaccinium gaultherioides* typisch. Infolge des mitunter deckenden Auftretens von *Rhododendron ferrugineum* und *Juniperus communis* ssp. *alpina* ist der Zwergstrauch-Charakter sehr ausgeprägt. Hinzu kommen – abgesehen von zahlreichen Arten aus den Wirtschaftswiesen – auch solche, die für Bürstlingsrasen typisch sind (Grabherr et al. 1993), wie vor allem *Campanula barbata*, *Phyteuma betonicifolium*, *Geum montanum* und *Nardus stricta*. Das hochstete und deckende Auftreten von *Avenella flexuosa* weist auf eine deutliche Versauerung des Bodens hin. Dieses Gras gedeiht bevorzugt im Schatten der hochwüchsigen Zwergsträucher. Abgesehen davon zählen hauptsächlich noch die hochsteten *Viola biflora*, *Potentilla aurea*, *Ranunculus montanus*, *Luzula multiflora*, *Crepis aurea*, *Luzula lutea*, *Cirsium spinosissimum*, *Hieracium lachenalii*, *Campanula scheuchzeri* und *Persicaria vivipara* zum sehr umfangreichen Trennartenblock gegenüber der *Agrostis capillaris*-*Festuca rubra*-Gesellschaft. Flechten treten nur ganz vereinzelt auf und Moose bleiben in der Regel ohne besondere Bedeutung.



Abb. 5: *Rhododendretum ferruginei*; typische Gesellschaft außerhalb der Schipisten in der subalpinen Stufe.

Rhododendretum ferruginei

Diese Assoziation (Abb. 5) ist typisch für die subalpine Stufe zwischen 2065 und 2275 m Meereshöhe (im Mittel 2184 m, Tab. 2) auf deutlich geneigten Hängen (durchschnittlich 16 °). Die mittlere Deckung beträgt 76 % und ist damit geringer als im Fall der *Rhododendron ferrugineum*-*Vaccinium myrtillus*-Gesellschaft, die auf niedrigerer Meereshöhe wächst. Der Anteil an offenem

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

Boden beträgt nun im Durchschnitt 25 %, ist also deutlich höher als im Fall der anderen subalpinen Gesellschaften. Die mittlere Wuchshöhe ist nun merklich geringer und beträgt im Mittel 29 cm. Gegenüber der *Rhododendron ferrugineum-Vaccinium myrtillus*-Gesellschaft hat der durchschnittliche Artenreichtum ebenfalls abgenommen und beläuft sich nun auf 36 Arten je 25 m². Diese Assoziation wächst auf vorwiegend mäßig steinigen bzw. felsigen Böden die meist im Durchschnitt zwischen 15 und 20 cm tief sind. Überwiegend kommt sie außerhalb der Schipisten vor, etwas weniger häufig auch am Pistenrand (Tab. 3). Nur vereinzelt ist sie im zentralen Bereich der Piste zu finden, dann sind die Zwergsträucher niedrig wüchsiger und es zeigen sich Tendenzen zu einer Degradierung.

Vom Erscheinungsbild her fällt das *Rhododendretum ferruginei* von weitem durch die überwiegend hochwüchsigen Alpenrosen auf. Dazu mischt sich auch *Juniperus communis* ssp. *alpina*, seltener sind es Weiden wie *Salix helvetica*. Hinzu kommt *Luzula alpinopilosa*, welche für diese Assoziation typisch ist. Abgesehen davon gedeihen mit hohen Stetigkeitswerten noch *Achillea millefolium* agg. und *Festuca rubra* agg. sowie mit deutlich geringerer Stetigkeit *Phleum pratense*. Es handelt sich dabei um Arten, die oft in Wirtschaftswiesen zu finden sind. Weiters zählen *Hieracium alpinum*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Empetrum hermaphroditum*, *Silene vulgaris* ssp. *vulgaris*, *Alchemilla fissa* und *Solidago virgaurea* zum Trennartenblock gegenüber der Zwergstrauchheide in der alpinen Stufe. Flechten wurden nicht nachgewiesen, Moose bedecken jedoch im Durchschnitt gut 41 % der Aufnahmefläche.

***Empetrum hermaphroditum*-*Juniperus communis* ssp. *alpina*-Gesellschaft**

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

Diese Zwergstrauch-Gesellschaft (Abb. 6) gedeiht zwischen 2273 und 2380 m

Meereshöhe (im Mittel 2328 m) im Ökoton subalpin-untere alpine Stufe und ist damit gut 150 m Meereshöhe oberhalb des Rhododendretum ferruginei ausgebildet (Tab. 2). Das Gelände ist mit durchschnittlich 17 ° deutlich geneigt, die mittlere Deckung der Vegetation beläuft sich auf 81 %. Im Durchschnitt sind 12 % einer Aufnahmefläche ohne Vegetation. Damit ist diese Zwergstrauchheide deutlich geschlossener als das Rhododendretum



Abb. 6: Die *Empetrum hermaphroditum-Juniperus communis* ssp. *alpina*-Gesellschaft, eine niedrig wüchsige Zwergstrauchheide des Ökotons subalpin-untere alpine Stufe, mit hohem Artenreichtum.

ferruginei. Die durchschnittliche Wuchshöhe reduziert sich gegenüber diesem auf nur noch 17 cm. Der mittlere Artenreichtum erreicht 41 Arten je 25 m². Der Boden ist nur mäßig steinig, die Bodentiefe bewegt sich zwischen 10 bis 20 cm, stellenweise sind es auch mehr als 20 cm.

Diese Zwergstrauchheide gehört ebenfalls zur Klasse Loiseleurio-Vaccinietea und in die Ordnung Rhododendro-Vaccinietalia (Grabherr et al. 1993). Allerdings fehlt hier *Rhododendron ferrugineum* während *Juniperus communis* ssp. *alpina* mitunter deckend auftritt. Deshalb ist eine eindeutige Zuordnung zur Assoziation Empetro-Vaccinietum gaultherioides nicht möglich. Es gibt eine Reihe von Trennarten zum Rhododendretum ferruginei, wobei *Sempervivum montanum*, *Veronica bellidioides*, *Carex curvula*, *Geum montanum*, *Festuca halleri*, *Luzula lutea* und *Senecio incanus*

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

ssp. *carnolicus* am wichtigsten sind. Aufgrund dieser Artausstattung vermittelt diese Gesellschaft bereits zum *Caricetum curvulae*.

Sibbaldia procumbens*-*Polytrichum*-Gesellschaft mit *Nardus stricta

Diese Schneebodengesellschaft (Abb. 7) ist zwischen 2110 und 2460 m Meereshöhe (im Mittel 2358 m) ausgebildet und umfasst damit eine auffällig weite Höhenamplitude (Tab. 2). Sie gedeiht auf deutlich geneigten Hängen (durchschnittlich 17 °) und weist eine mittlere Deckung von 72 % auf. Dementsprechend entfallen im Mittel rund 20 % auf vegetationslosen Boden. Die mittlere Wuchshöhe beträgt 13 cm und ist damit deutlich höher als im Fall des *Caricetum curvulae*. Auch der Artenreichtum steigt gegenüber dieser Gesellschaft auf im Mittel 34 Arten je 25 m² an. Der Boden ist nun allerdings deutlich steiniger bzw. felsiger und meistens lediglich 1–3 cm tief. Am häufigsten ist diese Gesellschaft am Rand der Pisten ausgebildet, doch auch im Zentrum der Pisten kann sie fast genau so oft identifiziert werden. Demgegenüber ist sie außerhalb der Schipiste nur selten anzutreffen (Tab. 3).



Abb. 7: *Sibbaldia procumbens*-*Polytrichum*-Gesellschaft mit *Nardus stricta*, eine Schneebodengesellschaft auf Silikat im Bereich der Schipisten. Von weitem auffallend sind die Horste von *Nardus stricta* und *Deschampsia cespitosa*.

Diese Gesellschaft verfügt über einen Trennartenblock zur Differenzierung gegenüber der zweiten Schneebodengesellschaft welcher sich vor allem aus *Sagina saginoides*, *Nardus stricta*, *Geum montanum*, *Phleum rhaeticum*, *Trifolium repens*, *Deschampsia cespitosa*, *Mutellina adonidifolia*,

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

Agrostis capillaris, *Lotus corniculatus*, *Alchemilla fissa*, *Luzula spicata* und *Vaccinium gaultherioides* zusammensetzt. Durch das Auftreten von Arten wie etwa *Campanula barbata* lassen sich einige Bezüge zum Nardetum strictae aufzeigen (Grabherr et al. 1993). Flechten sind nur ganz vereinzelt zu finden während Moose mit durchschnittlich 42 % einen sehr bedeutsamen Teil der Gesamtdeckung der Vegetation ausmachen.

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

Sibbaldia procumbens*-*Polytrichum*-Gesellschaft mit *Saxifraga bryoides

Diese Gesellschaft (Abb. 8) ist zwischen 2337 und 2672 m Meereshöhe (im Durchschnitt 2527 m) ausgebildet und befindet sich damit in deutlich größerer Höhe als die andere Schneebodengesellschaft (Tab. 2). Die Hänge sind hier im Durchschnitt etwas weniger stark geneigt



Abb. 8: *Sibbaldia procumbens*-*Polytrichum*-Gesellschaft mit *Saxifraga bryoides*, eine zweite Schneebodengesellschaft auf den Schipisten. Sie fällt durch die von weitem hervor tretenden Moospolster auf, zwischen denen zahlreiche Vertreter aus den Schneeböden gedeihen.

(14
°).
Die

Gesamtdeckung geht nun auf im Mittel 69 % zurück, die offenen Stellen nehmen ein wenig zu und machen nun durchschnittlich 21 % der Aufnahme­fläche aus. Die mittlere Wuchshöhe verringert sich beträchtlich auf nur noch knapp 7 cm Höhe. Die mittlere Anzahl an Arten geht weiter zurück und beläuft sich jetzt auf 25 Arten je 25 m². Der Boden ist überwiegend stark mit Steinen durchsetzt und weist kaum mehr als 1–3 cm Tiefe auf. Diese Schneebodengesellschaft ist weitaus am häufigsten im zentralen Teil der Piste ausgebildet, merklich weniger am Pistenrand. Außerhalb der Piste tritt sie sehr stark in den Hintergrund (Tab. 3).

Vertreter aus den Schneebodengesellschaften sowie Moose der Gattung *Polytrichum* kommen hier noch etwas stärker zur Geltung, auch *Stereocaulon alpinum* weist hier seinen Schwerpunkt auf. Wichtige weitere Trennarten sind *Cerastium cerastioides*, *Saxifraga bryoides* und *Primula glutinosa*. Die Abgrenzung gegenüber der vorher genannten Schneebodengesellschaft geschieht jedoch vor allem durch das Zurücktreten von Arten aus den Bürstlingsrasen. Die Bedeutung der Flechten bleibt

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

sehr gering, der Anteil der Moose hingegen nimmt weiter zu und beträgt im Durchschnitt 52 % wodurch die Moose den Großteil der Gesamtdeckung ausmachen.

Caricetum curvulae

Das Caricetum curvulae (Abb. 9) ist zwischen 2379 und 2823 m Meereshöhe (im Mittel auf 2518 m) ausgebildet, es nimmt also eine weite Höhenamplitude ein und umfasst auch die höchstgelegenen Bereiche des Untersuchungsgebietes (Tab. 2), kommt dort allerdings nur noch fragmentarisch vor. In 85 % der Fälle ist es nur außerhalb der Schipisten zu finden, weit seltener (15 %) konnte es am Pistenrand nachgewiesen werden (Tab. 3). Im zentralen Pistenbereich der Piste kommt es hingegen nicht vor. Die Hänge sind meist deutlich geneigt (durchschnittlich 15 °) wobei die Deckung der Vegetation im Mittel 76 % ausmacht. Dementsprechend ist der Anteil an offenem Boden mit durchschnittlich 15 % nur mäßig hoch. Die durchschnittliche Wuchshöhe geht gegenüber den auf niedrigerer Meereshöhe ausgebildeten Gesellschaften auf nur noch 9 cm zurück. Der mittlere Artenreichtum sinkt auf 28 Arten je 25 m². Der Boden ist mäßig steinig und meist zwischen 10 und 20 cm tief mit deutlichen Tendenzen hin zu tiefgründigen Stellen.

Das Caricetum curvulae ist von den Zwergstrauchheiden der alpinen Stufe deutlich abgegrenzt. Es handelt sich um einen Krummseggenrasen mit einigen Zwergsträuchern, von welchen aber nur *Loiseleuria procumbens* häufig Deckungswerte aufweist. Besonders auffällig ist das manchmal deckende Auftreten 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 deutlich hervortritt (Grabherr et al. 1993). Abgesehen von *Primula glutinosa* zählen noch die hochsteten *Oreochloa disticha*, *Salix herbacea*, *Persicaria vivipara*, *Carex curvula*, *Cetraria nivalis*, *Stereocaulon alpinum* und *Silene acaulis* agg. zum Trennartenblock gegenüber dem Rhododendretum ferruginei und der *Empetrum hermaphroditum*-*Juniperus communis* ssp. *alpina*-Gesellschaft.

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)



Abb.9: Caricetum curvulae, die dominierende Rasengesellschaft der alpinen Stufe, fast ausschließlich nur außerhalb der Schipisten.

Carex curvula herrscht stark vor, wobei nicht selten deutlich mehr als 50 % des Bodens durch die Krummsegge bedeckt werden. Abgesehen von *Primula glutinosa* fallen etliche hochstete bis stete Arten der Klasse Salicetea herbacea (= Schneeböden auf Silikat) auf wie etwa *Salix herbacea*, *Gnaphalium supinum* und *Sibbaldia procumbens*. Flechten haben nun eine etwas größere Bedeutung, Moose bedecken im Durchschnitt 26 % der Aufnahme­fläche, wodurch sie einen auffallend großen Anteil an der Gesamtdeckung der Vegetation erlangen.

Poa alpina*-*Polytrichum*-Gesellschaft mit *Cardamine resedifolia

Die *Poa alpina*-*Polytrichum*-Gesellschaft mit *Cardamine resedifolia* (Abb. 10) gehört zu den Silikatschuttfluren der Alpen der Klasse Thlaspietea rotundifolii, Ordnung Androsacetalia alpinae (= Silikatschutt-Gesellschaften), weist aber ebenso Übergänge zu den Schneebodengesellschaften auf Silikat auf (Grabherr et al. 1993). Wichtige Trennarten gegenüber den Schneebodengesellschaften sind die hochsteten Arten *Saxifraga bryoides*, *Silene acaulis* agg., *Stereocaulon alpinum*, *Cerastium uniflorum* und *Cardamine resedifolia* sowie die steten *Poa laxa* und *Primula glutinosa*.

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)



Abb. 10: *Poa alpina*-*Polytrichum*-Gesellschaft mit *Cardamine resedifolia*. Für diese Schuttflur ist eine schütterere Vegetationsdeckung charakteristisch.

Diese Gesellschaft ist zwischen 2573 und 2810 m Meereshöhe ausgebildet, im Mittel sind es 2714 m. Damit ist sie von allen unterschiedenen Gesellschaften diejenige, welche im Durchschnitt die höchsten Lagen einnimmt (Tab. 2). Die Hänge sind mit durchschnittlich 17 ° recht stark geneigt. Die mittlere Deckung geht deutlich auf 49 % zurück, 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 Untersuchungsgebietes überhaupt 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. Meistens gedeiht diese Gesellschaft im Zentrum der Piste (50 %) deutlich seltener am Pistenrand (28 %) oder noch etwas weniger häufig außerhalb der Piste (22 %, Tab. 3). Flechten treten kaum in Erscheinung während Moose im Durchschnitt 39 % des Bodens bedecken und einen Großteil der Gesamtdeckung der Vegetation ausmachen.

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

5.4.2 Bodentiefe

Entlang des gesamten Höhengradienten ist die durchschnittliche Bodentiefe im Pistenzentrum (T1) am geringsten und außerhalb der Piste (T3) am höchsten (Abb. 11a). Diese Zunahme der Bodentiefe vom Pistenzentrum über den Pistenrand (T2) nach außen gilt ebenso für die subalpine und alpine Stufe. Auf der oberalpinen Stufe jedoch ist im Pistenzentrum die Bodentiefe am größten gefolgt vom Pistenrand während sie außerhalb der Piste am geringsten ausfällt. Die Unterschiede zwischen T1/T2 sind für den gesamten Höhengradienten und die alpine Stufe marginal signifikant, sonst konnten keine signifikanten Ergebnisse festgestellt werden (Tab. 4). Die Unterschiede zwischen T1/T3 hingegen sind für den gesamten Höhengradienten und für die alpine Stufe höchst signifikant, zwischen T2/T3 stellte sich ein hoch signifikantes Ergebnis für den gesamten Höhengradienten und ein signifikantes Ergebnis für die alpine Stufe ein (Tab. 4).

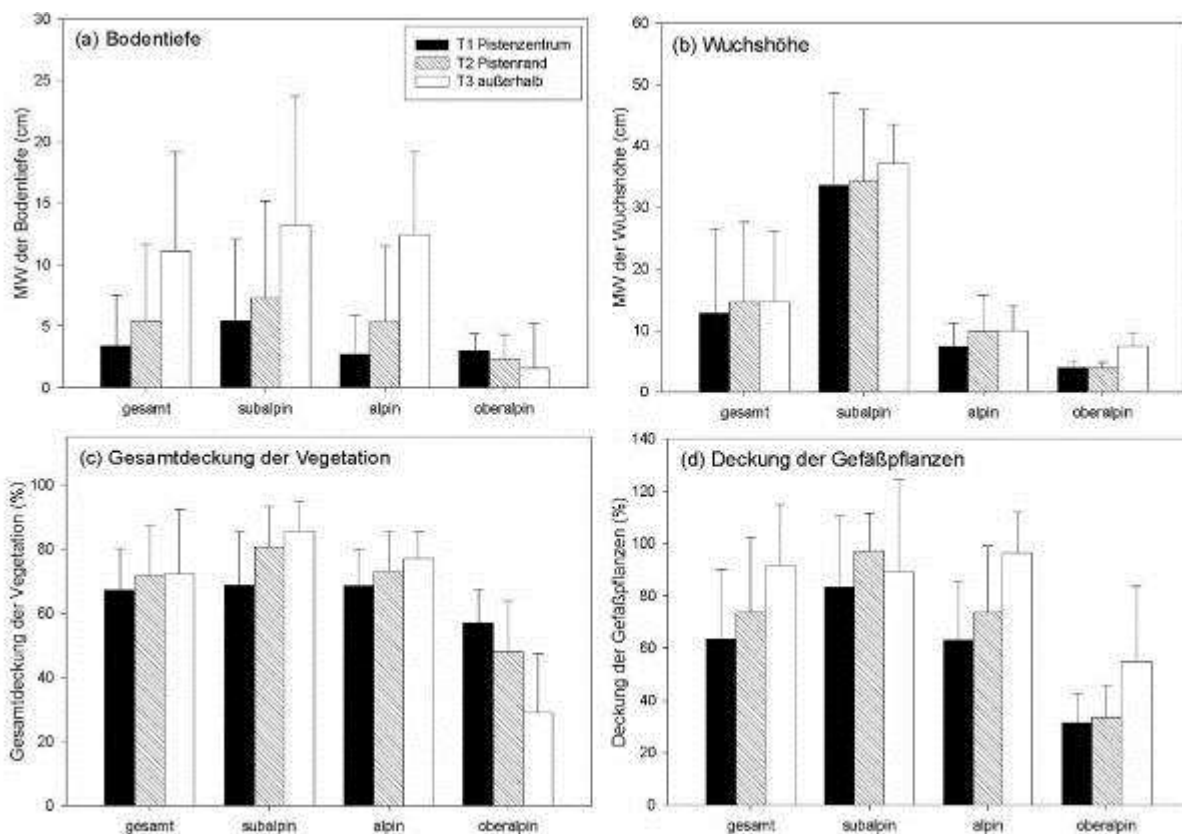


Abb. 11:

Mittelwerte und Standardabweichungen der (a) Bodentiefe, (b) Wuchshöhe, (c) Gesamtdeckung der Vegetation und (d) Deckung der Gefäßpflanzen. Die Werte sind angegeben für den gesamten Höhengradienten (n=118), die subalpine Stufe (n=25), alpine Stufe (n=78) und die oberalpine Stufe (n=15).

5.4.3 Wuchshöhe der Vegetation

Entlang des gesamten Höhengradienten und in der alpinen Stufe ist die Wuchshöhe außerhalb der Piste größer als im Pistenzentrum während zum Pistenrand keine Unterschiede bestehen (Abb. 11b). In der subalpinen und oberalpinen Stufe ist die Wuchshöhe außerhalb der Piste deutlich größer

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

als auf der Piste. Im Fall des gesamten Höhengradienten treten zwischen T1/T3 höchst signifikante Unterschiede auf (Tab. 4a). Die Meereshöhe übt entlang des gesamten Höhengradienten und in der alpinen Stufe jeweils einen hoch signifikanten Einfluss auf die Wuchshöhe aus (T1/T3). Allerdings nimmt im Fall des gesamten Höhengradienten die Wuchshöhe mit zunehmender Meereshöhe ab. Die Ergebnisse für die Bodentiefe sind uneinheitlich denn es treten sowohl hoch signifikante Zunahmen der Wuchshöhe mit größer werdender Bodentiefe (gesamter Höhengradient bei T1/T2, alpine Stufe bei T1/T3) als auch signifikante Abnahmen auf (gesamter Höhengradient bei T1/T3, subalpine Stufe bei T1/T2). Nur sehr selten kommen Interaktionseffekte vor, die aber lediglich marginal signifikant ausfallen.

5.4.4 Gesamtdeckung der Vegetation

Entlang des gesamten Höhengradienten ist die durchschnittliche Gesamtdeckung der Vegetation im Pistenzentrum am geringsten (Abb. 11c). Sie nimmt über den Pistenrand nach außerhalb der Piste zu. Gleiches gilt für die subalpine und alpine Stufe, während in der oberalpinen Stufe im Pistenzentrum die Deckung am größten und außerhalb der Piste am geringsten ist (Abb. 11c). Das Ergebnis für die alpine Stufe (T1/T3) ist signifikant (Tab. 4c), für subalpine Stufe (T1/T2) konnte ein marginal signifikantes Ergebnis erzielt werden (Tab. 4b). Die Bodentiefe übt entlang des gesamten Höhengradienten und in der alpinen Stufe einen Einfluss auf die Gesamtdeckung aus. Entlang des gesamten Höhengradienten nimmt die Deckung mit zunehmender Bodentiefe höchst signifikant ab (T1/T3; Tab. 4a). Interaktionseffekte treten nur entlang des gesamten Höhengradienten (T1/T3: Piste x Bodentiefe; Tab. 4a) und auf der alpinen Stufe auf (T1/T3; Piste x Meereshöhe).

5.4.5 Deckung der Gefäßpflanzen

Die Ergebnisse für die Deckung der Gefäßpflanzen fallen deutlicher aus als für die Gesamtdeckung der Vegetation. In allen Fällen mit Ausnahme der subalpinen Stufe ist die Deckung der Gefäßpflanzen im Pistenzentrum am geringsten und nimmt über den Pistenrand nach außerhalb der Piste deutlich zu (Abb. 11d). Signifikante Ergebnisse wurden für den gesamten Höhengradienten (Tab. 4a) und für die alpine Stufe (Tab. 4c) erzielt. Hier sind die Resultate für T1/T3 und T2/T3 höchst signifikant, für T1/T2 stellte sich ein signifikantes (gesamter Höhengradient) sowie ein marginal signifikantes Ergebnis (alpine Stufe) ein. Entlang des gesamten Höhengradienten nahm die Deckung der Gefäßpflanzen mit zunehmender Meereshöhe hoch signifikant ab (T1/T3) während sie in der alpinen Stufe höchst signifikant zunahm (T1/T3). Auch der Einfluss der Bodentiefe war recht unterschiedlich: Auf dem gesamten Höhengradienten wurde für T1/T3 eine höchst signifikante Abnahme der Deckung der Gefäßpflanzen mit zunehmender Bodentiefe erhalten während für

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

T2/T3 eine hoch signifikante Zunahme festgestellt wurde (Tab. 4a). In der alpinen Stufe nahm die Deckung der Gefäßpflanzen mit zunehmender Bodentiefe höchst (T1/T3) bzw. hoch signifikant (T2/T3) zu (Tab. 4c). Signifikante Interaktionseffekte traten selten auf, wobei sie noch am deutlichsten entlang des gesamten Höhengradienten nachzuweisen waren (T2/T3, Piste x Meereshöhe; Tab. 4a).

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

(a) Gesamter Höhengradient	Bodentiefe	Wuchshöhe	Gesamtdeckung der Vegetation	Deckung der Gefäßpflanzen	Anzahl der Arten
	F-Ratio Sign.	F-Ratio Sign.	F-Ratio Sign.	F-Ratio Sign.	F-Ratio Sign.
Piste: T1/T2	4,71 (*)	3,13	4,00	9,81 *	6,42 *
Meereshöhe		2,54	0,78	1,52	0,26
Bodentiefe		15,69 ** ↑	5,71	7,35	1,13
Piste x Meereshöhe		0,00	2,96	1,03	5,82 (*)
Piste x Bodentiefe		2,24	0,93	0,97	3,54
Piste: T1/T3	23,35 ***	12,65 ***	2,83	71,27 ***	9,47 *
Meereshöhe		7,75 ** ↓	0,11	13,26 ** ↓	7,28 * ↓
Bodentiefe		9,88 ** ↓	17,67 ** ↓	19,03 *** ↓	3,20
Piste x Meereshöhe		0,00	10,42 **	5,90	0,05
Piste x Bodentiefe		1,46	0,74	0,04	0,02
Piste: T2/T3	10,41 **	2,38	0,48	24,99 ***	0,15
Meereshöhe		0,67	2,89	1,67	0,00
Bodentiefe		0,80	5,46 (*) ↑	12,87 ** ↑	1,22
Piste x Meereshöhe		1,12	0,87	10,63 **	9,52 **
Piste x Bodentiefe		1,71	8,88 *	0,89	2,95
(b) Subalpin					
Piste: T1/T2	0,42	0,03	6,76 (*)	3,04	16,44 *
Meereshöhe		1,54	4,95	2,09	0,45
Bodentiefe		11,62 * ↓	3,03	0,17	0,16
Piste x Meereshöhe		0,74	0,06	0,01	2,02
Piste x Bodentiefe		0,36	2,71	0,48	1,06
Piste: T1/T3	1,61	1,66	7,64	2,36	2,49
Meereshöhe		0,90	1,01	0,00	3,27
Bodentiefe		2,38	3,78	2,06	1,20
Piste x Meereshöhe		18,12	6,37	0,39	8,89
Piste x Bodentiefe		0,47	0,08	0,78	1,06
Piste: T2/T3	0,79	1,45	2,15	0,28	24,68 *
Meereshöhe		0,02	0,38	3,84	1,22
Bodentiefe		1,69	0,20	0,08	1,98
Piste x Meereshöhe		3,09	2,66	0,97	2,69
Piste x Bodentiefe		0,02	3,54	0,03	0,42
(c) Alpin					
Piste: T1/T2	6,07 (*)	14,41 ***	2,98	6,44 (*)	0,45
Meereshöhe		0,72	0,00	0,14	0,04
Bodentiefe		2,69	1,84	10,64	8,92
Piste x Meereshöhe		5,72 (*)	0,53	0,03	0,09
Piste x Bodentiefe		0,47	0,11	3,11 (*)	4,05
Piste: T1/T3	39,08 ***	22,97 **	8,25 *	97,17 ***	6,85 (*)
Meereshöhe		8,73 ** ↑	1,97	19,65 *** ↑	6,08 (*) ↑
Bodentiefe		14,30 ** ↑	17,45 ** ↑	19,87 *** ↑	2,55
Piste x Meereshöhe		0,02	2,96 (*)	5,00 (*)	0,65
Piste x Bodentiefe		0,58	0,88	0,10	0,00
Piste: T2/T3	11,45 *	0,03	2,36	23,28 ***	3,20
Meereshöhe		0,05	0,01	2,79	1,39
Bodentiefe		0,02	6,27 (*) ↑	15,92 ** ↑	4,33 (*) ↑
Piste x Meereshöhe		4,22 (*)	1,31	5,04 (*)	0,01
Piste x Bodentiefe		0,35	3,79	0,60	0,48
(d) Oberalpin					
Piste: T1/T2	0,66	0,27	4,38	0,20	0,29
Meereshöhe		1,44	1,12	0,68	0,09
Bodentiefe		0,09	1,31	0,02	0,55
Piste x Meereshöhe		0,04	0,02	0,09	0,51
Piste x Bodentiefe		0,13	0,22	0,32	0,06
Piste: T1/T3	0,66	34,42	10,60	5,13	0,38
Meereshöhe		39,36	14,80	4,76	0,36
Bodentiefe		0,88	5,83	0,29	3,79
Piste x Meereshöhe		1,02	1,43	0,56	0,03
Piste x Bodentiefe		1,52	1,99	2,31	31,24
Piste: T2/T3	0,17	38,62	4,91	5,76	0,00
Meereshöhe		135,81	3,82	9,32	0,00
Bodentiefe		0,22	6,12	0,02	0,48
Piste x Meereshöhe		0,55	0,80	1,57	1,87
Piste x Bodentiefe		23,04	0,12	2,55	0,19

Tab. 4: Ergebnisse der Monte Carlo-Permutation Tests für Bodentiefe, Wuchshöhe, Gesamtdeckung der Vegetation, Deckung der Gefäßpflanzen und Anzahl der Arten für (a) gesamten Höhengradienten (n=118), (b) subalpine Stufe (n=25), (c) alpine Stufe (n=78) und (d) oberalpine Stufe (n=15). Angegeben sind die F-Verhältnisse (F-Ratio) und die Signifikanz-Niveaus: $p \leq 0,0500$ (*), $p \leq 0,0165$ (*), $p \leq 0,0035$ (**), $p \leq 0,0005$ (***). Die Pfeile neben den Signifikanz-Niveaus geben die Korrelationen der Haupteffekte „Meereshöhe“ und „Bodentiefe“ an: ↑ positive Korrelation, ↓ negative Korrelation. Die Ergebnisse gelten für Paarvergleiche: T1 = Pistenzentrum, T2 = Pistenrand, T3 = außerhalb der Piste.

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

5.4.6 Artenvielfalt

Die Anzahl der Arten je Aufnahme­fläche war im Pisten­zentrum stets am geringsten während zwischen dem Pisten­rand und außerhalb der Piste die Unterschiede überwiegend geringer ausfielen (Abb. 12). Allerdings waren nur wenige dieser Unterschiede signifikant. Für den gesamten Höhen­gradienten konnten für T1/T2 und T1/T3 signifikante Unterschiede erzielt werden (Tab. 4a). In der subalpinen Stufe galt das für T1/T3 und T2/T3 (Tab. 4b). In der alpinen Stufe wurde nur ein marginal signifikanter Unterschied festgestellt (T1/T3; Tab. 4c). Der Einfluss der Meereshöhe und der Bodentiefe war eher gering. Entlang des gesamten Höhen­gradienten ging mit zunehmender Meereshöhe die Anzahl der Arten signifikant zurück (T1/T3; Tab. 4a) während sie sich in der alpinen Stufe marginal signifikant erhöhte (T1/T3; Tab. 4c). In der alpinen Stufe wirkte sich außerdem die Bodentiefe marginal signifikant aus (T2/T3): Hier stieg mit zunehmender Bodentiefe die Anzahl der Arten ebenfalls an (Tab. 4c). Es wurden keine Interaktionseffekte festgestellt.

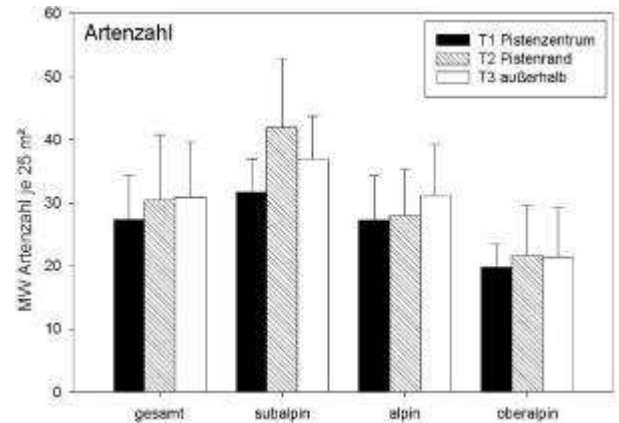


Abb. 12: Mittelwerte und Standardabweichungen der Anzahl der Arten je 25 m². Die Werte sind angegeben für den gesamten Höhen­gradienten (n=118), die subalpine Stufe (n=25), alpine Stufe (n=78) und die oberalpine Stufe (n=15).

5.4.7 Funktionale Typen

Die Abundanz der **Holzpflanzen** nahm mit Ausnahme der oberalpinen Stufe vom Pisten­zentrum über den Pisten­rand nach außerhalb der Piste deutlich zu (Abb. 13a). In der oberalpinen Stufe war ihre Abundanz am Pisten­rand am geringsten und außerhalb der Piste am höchsten. Die Unterschiede zwischen T1/T2 waren in keinem Fall signifikant (Tab. 5). Die Unterschiede zwischen T1/T3 und T2/T3 hingegen waren entlang des gesamten Höhen­gradienten (Tab. 5a) und in der alpinen Stufe (Tab. 5c) höchst signifikant, in der subalpinen Stufe signifikant (Tab. 5b). Die Meereshöhe und die Bodentiefe übten entlang des gesamten Höhen­gradienten und in der alpinen Stufe signifikante Effekte aus.

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

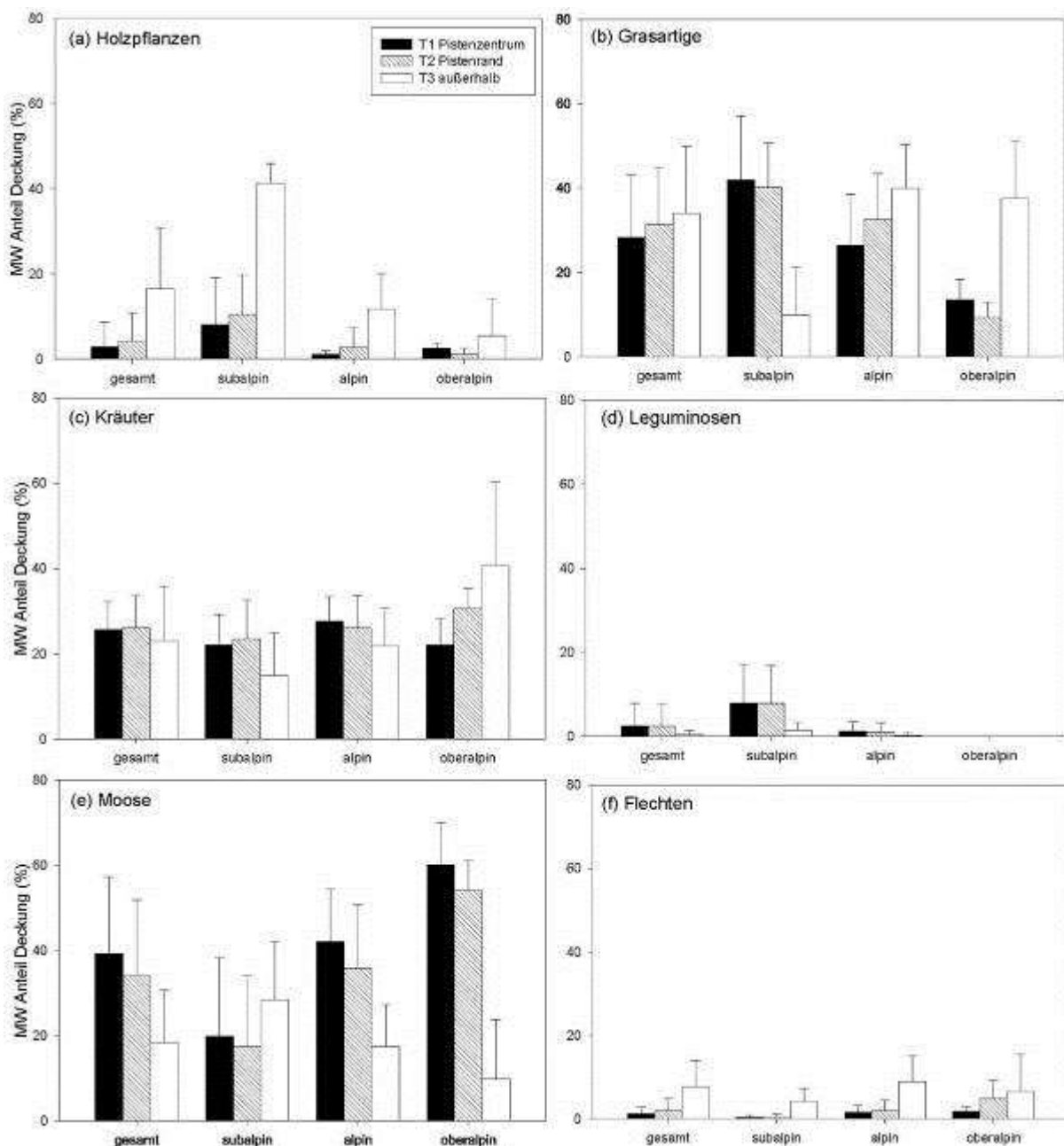


Abbildung 13: Mittelwerte und Standardabweichungen der funktionalen Typen (a) Holzpflanzen, (b) Grasartige, (c) Kräuter, (d) Leguminosen, (e) Moose und (f) Flechten. Die Werte sind angegeben für den gesamten Höhengradienten (n=118), die subalpine Stufe (n=25), alpine Stufe (n=78) und oberalpine Stufe (n=15).

Während entlang des gesamten Höhengradienten die Abundanz der Holzpflanzen mit zunehmender Meereshöhe signifikant abnahm (T1/T3, T2/T3; Tab. 5a), nahm sie in der alpinen Stufe signifikant (T1/T3) bzw. höchst signifikant (T2/T3; Tab. 5c) zu. Mit zunehmender Bodentiefe erhöhte sich die Abundanz der Holzpflanzen sowohl entlang des gesamten Höhengradienten (T1/T3, T2/T3) ebenso wie in der alpinen Stufe. Interaktionseffekte „Piste x Meereshöhe“ waren entlang des gesamten

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

Höhengradienten höchst signifikant (T1/T3, T2/T3), auf der alpinen Stufe hingegen waren sie weniger stark ausgeprägt (T1/T3, T2/T3).

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

a) Gesamter Höhengradient	Holzpflanzen	Grasartige	Kräuter	Leguminosen	Moose	Flechten
	F-Ratio Signif.	F-Ratio Signif.	F-Ratio Signif.	F-Ratio Signif.	F-Ratio Signif.	F-Ratio Signif.
Piste: T1/T2	3,71	2,47	0,07	0,01	6,84 *	1,85
Meereshöhe	1,27	0,81	0,69	0,59	0,26	0,23
Bodentiefe	6,33	0,48	0,33	0,35	2,52	2,72
Piste x Meereshöhe	1,98	1,52	0,02	0,02	0,98	0,75
Piste x Bodentiefe	1,88	3,15	0,05	0,46	2,52	0,14
Piste: T1/T3	43,05 ***	4,01	1,28	6,86 **	46,47 ***	37,64 ***
Meereshöhe	8,65 * ↓	3,17	1,86	5,04	25,37 *** ↑	5,08 * ↓
Bodentiefe	12,65 ** ↑	1,25	3,66 (*) ↓	0,79	7,38 *** ↓	1,25 *** ↓
Piste x Meereshöhe	64,82 ***	40,20 **	4,11	16,01	23,29 **	40,20
Piste x Bodentiefe	1,93	3,06	1,82	1,04	4,41 *	3,06
Piste: T2/T3	44,58 ***	0,88	1,72	7,58 **	25,46 ***	24,24 ***
Meereshöhe	12,72 * ↓	0,56	0,03	6,63	9,14 * ↑	2,85
Bodentiefe	6,80 * ↑	0,03	0,52	0,08	2,96	1,98
Piste x Meereshöhe	80,72 ***	54,96	4,79 (*)	20,21 *	39,38 ***	0,15
Piste x Bodentiefe	2,69	5,38 (*)	1,90	0,00	5,62 (*)	0,69
(b) Subalpin						
Piste: T1/T2	1,90	0,15	0,32	0,00	0,41	1,81
Meereshöhe	3,60	1,20	5,92	0,04	0,28	0,14
Bodentiefe	0,00	0,13	0,43	0,00	0,00	2,00
Piste x Meereshöhe	0,03	0,48	0,77	0,16	0,01	0,59
Piste x Bodentiefe	0,43	0,21	3,29 (*)	0,54	8,04 (*)	0,52
Piste: T1/T3	51,11 *	31,89 *	2,43	3,93	0,65	12,25 (*)
Meereshöhe	5,75	9,81	0,02	3,50	0,26	0,94
Bodentiefe	1,99	1,87	1,58	0,11	0,17	2,87
Piste x Meereshöhe	0,97	0,23	0,06	10,77 (*)	0,83	7,71
Piste x Bodentiefe	1,56	1,85	2,04	0,09	0,71	0,02
Piste: T2/T3	63,67 *	25,90 *	13,28 *	2,85	1,88	13,44 (*)
Meereshöhe	2,93	2,97	0,01	3,08	1,34	0,36
Bodentiefe	1,31	1,32	2,76	0,14	0,46	0,12
Piste x Meereshöhe	0,63	0,18	0,21	4,83	0,50	15,81
Piste x Bodentiefe	3,53	0,00	0,69	3,61	0,02	1,49
(c) Alpin						
Piste: T1/T2	3,13	6,54 (*)	0,69	0,04	4,96 (*)	0,29
Meereshöhe	0,21	0,22	0,03	2,00	0,00	0,12
Bodentiefe	12,71 (*) ↑	0,31	0,27	1,80	3,95 (*) ↑	4,85 (*) ↑
Piste x Meereshöhe	1,04	0,56	1,04	1,24	0,04	0,04
Piste x Bodentiefe	10,16 (*)	0,94	0,76	0,78	0,74	0,85
Piste: T1/T3	42,22 ***	14,47 **	10,42 **	4,58 (*)	70,99 ***	32,24 ***
Meereshöhe	4,12 * ↑	9,23 ** ↑	0,16	2,00	15,19 ** ↑	2,02 (*) ↓
Bodentiefe	5,94 (*) ↑	7,50 ** ↑	2,49	1,04 (*) ↑	20,88 ** ↑	7,56 *** ↑
Piste x Meereshöhe	15,40 *	11,54 *	0,07	5,90 (*)	5,15 (*)	0,10
Piste x Bodentiefe	2,01	4,90 (*)	0,25	2,70	0,78	0,42
Piste: T2/T3	36,91 ***	4,31	3,68	5,11 (*)	28,59 ***	30,39 ***
Meereshöhe	7,89 *** ↑	0,72	0,99	3,14 (*) ↑	7,65 ** ↑	2,38
Bodentiefe	5,94 (*) ↑	1,64	0,01	0,00	3,45	1,99
Piste x Meereshöhe	22,02 **	11,54	4,17	5,94 *	6,20 (*)	3,22
Piste x Bodentiefe	2,16	2,18	0,01	0,29	0,46	0,25
(d) Oberalpin						
Piste: T1/T2	4,18	2,56	29,16		2,57	2,45
Meereshöhe	3,54	0,06	2,28		3,25	2,63
Bodentiefe	1,15	0,00	0,61		1,01	0,57
Piste x Meereshöhe	0,09	4,53	0,95		3,34	3,57
Piste x Bodentiefe	0,47	0,64	0,43		0,42	1,60
Piste: T1/T3	0,60	19,55	3,00		57,73	1,29
Meereshöhe	0,31	29,46	2,31		62,21	3,07
Bodentiefe	2,86	0,16	5,70		0,79	0,02
Piste x Meereshöhe	1,96	1,25	17,13		0,52	6,89
Piste x Bodentiefe	3,04	0,18	1,83		0,18	0,03
Piste: T2/T3	1,84	20,06	0,87		71,78	0,10
Meereshöhe	2,99	450,85	0,12		98,85	0,82
Bodentiefe	2,08	0,15	1,01		0,35	0,04
Piste x Meereshöhe	0,22	2,20	8,11		8,84	1,98
Piste x Bodentiefe	16,05	65,30	8,39		2,44	4,60

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

Tabelle vorige Seite

Tab.5: Ergebnisse der Monte Carlo-Permutation Tests der funktionalen Typen Holzpflanzen, Grasartige, Kräuter, Leguminosen, Moose und Flechten für (a) gesamten Höhengradienten (n=118), (b) subalpine Stufe (n=25), (c) alpine Stufe (n=78) und (d) oberalpine Stufe (n=15). Angegeben sind die F-Verhältnisse (F-Ratio) und die Signifikanz-Niveaus: $p \leq 0,0500$ (*), $p \leq 0,0165$ **, $p \leq 0,0035$ **, $p \leq 0,0005$ ***. Die Pfeile neben den Signifikanz-Niveaus geben die Korrelationen der Haupteffekte der Umweltvariablen „Meereshöhe“ und „Bodentiefe“ mit der Abundanz der funktionalen Typen an: ↑ positive Korrelation, ↓ negative Korrelation. Die Ergebnisse gelten für Paarvergleiche: T1 = Pistenzentrum, T2 = Pistenrand, T3 = außerhalb der Piste.

Die Abundanz der **Grasartigen** nahm entlang des gesamten Höhengradienten sowie in der alpinen Stufe vom Pistenzentrum über den Pistenrand nach außerhalb der Piste kontinuierlich zu (Abb. 13b). In der subalpinen Stufe verhielt es sich genau umgekehrt, wobei besonders außerhalb der Piste die Grasartigen stark zurück traten. In der oberalpinen Stufe war ihr Abundanz am Pistenrand am geringsten und außerhalb der Piste am höchsten. Signifikante Ergebnisse wurden für die subalpine (T1/T3, T2/T3) und alpine Stufe (T1/T2, T1/T3) erzielt (Tab. 5). Die Meereshöhe und Bodentiefe übten nur in der alpinen Stufe (T1/T3) einen hoch signifikanten Einfluss auf die Grasartigen aus (Tab. 5c): Mit zunehmender Meereshöhe bzw. Bodentiefe nahmen die Grasartigen jeweils zu. Interaktionseffekte traten nur vereinzelt auf wobei „Piste x Meereshöhe“ etwas bessere Ergebnisse erzielte (gesamter Höhengradient und alpine Stufe; Tab. 5a, c).

Die **Kräuter** zeigten wenig einheitliche Ergebnisse (Abb. 13c), auch traten mit Ausnahme der subalpinen (T2/T3) und alpinen Stufe (T1/T3) keine signifikanten Resultate auf. Die Meereshöhe und Bodentiefe spielten so gut wie keine Rolle, auch Interaktionseffekte waren vernachlässigbar (Tab. 5).

Die **Leguminosen** traten mit fast gleicher Abundanz im Pistenzentrum und am Pistenrand auf während sie außerhalb der Piste kaum vorkamen. Auf der oberalpinen Stufe fehlten sie auf der Piste und außerhalb fast völlig (Abb. 13d). Die Unterschiede T1/T3 und T2/T3 waren für den gesamten Höhengradienten signifikant (Tab. 5a), in der alpinen Stufe fielen sie marginal signifikant aus (Tab. 5c). Die Bodentiefe und Meereshöhe wirkten sich kaum nennenswert auf die Abundanz aus. Interaktionseffekte traten nur für „Piste x Meereshöhe“ auf (gesamter Höhengradient, subalpine und alpine Stufe).

Die Ergebnisse für die **Moose** fielen sehr deutlich aus: Mit Ausnahme der subalpinen Stufe nahm ihre Abundanz vom Pistenzentrum über den Pistenrand nach außerhalb der Piste stark ab (Abb. 13e). Signifikante Ergebnisse wurden für den gesamten Höhengradienten (Tab. 4a) und für die alpine Stufe erzielt (Tab. 5c). Die Unterschiede waren zwischen T1/T3 und T2/T3 jeweils höchst signifikant, zwischen T1/T2 entlang des gesamten Höhengradienten signifikant und in der alpinen Stufe marginal signifikant. Mit zunehmender Meereshöhe nahm die Abundanz der Moose zu (gesamter Höhengradient, alpine Stufe). Entlang des gesamten Höhengradienten nahm mit zunehmender Bodentiefe die Abundanz der Moose ab (T1/T3; Tab. 5a), in der alpinen Stufe

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

hingegen nahm sie zu (T1/T2, T1/T3; Tab. 5c). Der Interaktionseffekt „Piste x Meereshöhe“ war entlang des gesamten Höhengradienten höchst signifikant (T2/T3) bzw. signifikant (T1/T3). „Piste x Bodentiefe“ erzielte hier ein signifikantes (T1/T3) und ein marginal signifikantes Ergebnis (T2/T3). Auf den einzelnen Höhenstufen traten Interaktionseffekte jedoch kaum nennenswert in Erscheinung. Auch die **Flechten** zeigten eine sehr einheitliche Reaktion da ihre Abundanz vom Pistenzentrum über den Pistenrand nach außerhalb der Piste kontinuierlich zunahm (Abb. 13f). Signifikante Unterschiede ergaben sich zwischen T1/T3 und T2/T3 (Tab. 5). Entlang des gesamten Höhengradienten (Tab. 5a) und in der alpinen Stufe (Tab. 5c) waren die Unterschiede höchst signifikant, in der subalpinen Stufe marginal signifikant (Tab. 5b). Mit zunehmender Meereshöhe nahm die Abundanz der Flechten ab (gesamter Höhengradient und alpine Stufe). Entlang des gesamten Höhengradienten gingen zudem die Flechten bei zunehmender Bodentiefe zurück (Tab. 5a). Es wurden keine Interaktionseffekte festgestellt.

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

5.4.8 Zeigerwert-Analysen

Die **Feuchtezahl** war mit Ausnahme der subalpinen Stufe stets auf der Piste (Zentrum, Rand) höher als außerhalb (Abb. 14a). In der subalpinen Stufe war sie im Pistenzentrum am höchsten und am Pistenrand am geringsten. Die Unterschiede zwischen T1/T3 und T2/T3 fielen entlang des gesamten Höhengradienten (Tab. 6a) und in der alpinen Stufe (Tab. 6c) höchst signifikant aus. In der subalpinen Stufe ergaben sich für T1/T2 signifikante Unterschiede (Tab. 6b). Während entlang des gesamten Höhengradienten die Feuchtezahl mit zunehmender Meereshöhe zurückging, stieg sie in der alpinen Stufe an. Für die Bodentiefe zeigte sich ein sehr ähnliches Verhalten, jedoch war das Ergebnis für den gesamten Höhengradienten uneinheitlich, da im Fall von T1/T3 bei zunehmender Bodentiefe die Feuchtezahl abnahm während sie bei T2/T3 zunahm.

Die **Reaktionszahl** wies auf der Piste (T1/T2) stets deutlich höhere Werte auf außerhalb und zeigte damit ein sehr einheitliches Verhalten (Abb. 14b). Entlang des gesamten Höhengradienten (Tab. 6a) und in der alpinen Stufe (Tab. 6c) bestanden zwischen T1/T3 und T2/T3 höchst signifikante Unterschiede, in der subalpinen Stufe wurden lediglich bei T2/T3 signifikante Unterschiede festgestellt (Tab. 6b). Entlang des gesamten Höhengradienten nahm mit zunehmender Meereshöhe die Reaktionszahl ab, während sie in der alpinen Stufe zunahm. Für die Bodentiefe ergab sich ein recht ähnliches Resultat, allerdings war das Ergebnis für den gesamten Höhengradienten uneinheitlich, da im Fall von T1/T3 bei zunehmender Bodentiefe die Reaktionszahl abnahm während sie bei T2/T3 zunahm.

Die **Stickstoffzahl** wies ein ebenfalls deutliches und einheitliches Ergebnis auf: Sie war auf der Piste (T1/T2) stets klar größer als außerhalb (Abb. 14c). Entlang des gesamten Höhengradienten (Tab. 6a) und in der alpinen Stufe (Tab. 6c) bestanden zwischen T1/T3 und T2/T3 höchst signifikante Unterschiede, in der subalpinen Stufe wurden jeweils signifikante Ergebnisse erzielt. Hier zeigte sich

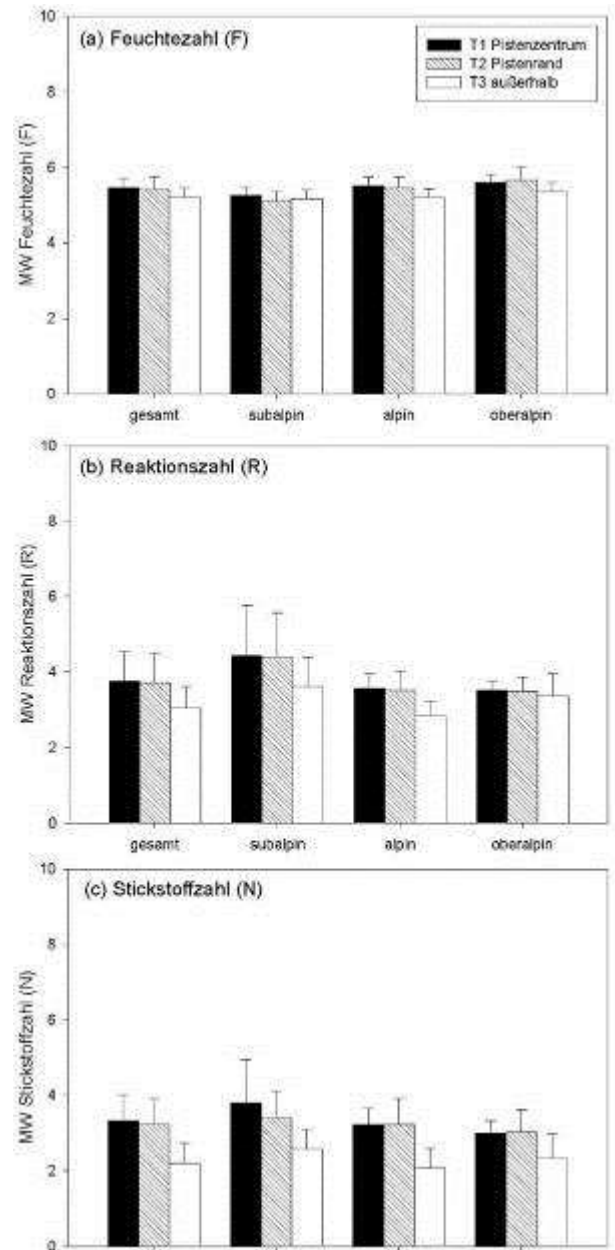


Abb. 14: Mittelwerte und Standardabweichungen der Zeigerwerte (a) Feuchtezahl (F), (b) Reaktionszahl (R) und (c) Stickstoffzahl (N). Die Werte sind angegeben für den gesamten Höhengradienten (n=118), die subalpine Stufe (n=25), die alpine Stufe (n=78) und die oberalpine Stufe (n=15).

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

auch ein marginal signifikanter Unterschied zwischen T1/T2 (Tab. 6b). Entlang des gesamten Höhengradienten nahm mit zunehmender Meereshöhe die Stickstoffzahl ab, während sie auf der alpinen Stufe zunahm. Für die Korrelation mit der Bodentiefe ergab sich ein ähnliches Resultat, allerdings war das Ergebnis für den gesamten Höhengradienten uneinheitlich, da im Fall von T1/T3 bei zunehmender Bodentiefe die Stickstoffzahl abnahm während sie bei T2/T3 zunahm.

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

a) Gesamter Höhengradient	Feuchtezahl (F)		Reaktionszahl (R)		Stickstoffzahl (N)	
	F-Ratio	Signifikanz	F-Ratio	Signifikanz	F-Ratio	Signifikanz
Piste: T1/T2	1,73		0,47		0,93	
Meereshöhe	0,00		0,08		0,00	
Bodentiefe	3,05		1,96		4,71	
Piste x Meereshöhe	1,43		0,07		6,42	
Piste x Bodentiefe	0,54		1,81		1,51	
Piste: T1/T3	40,53 ***		54,18 ***		181,44 ***	
Meereshöhe	9,28 ***	↓	15,45 ***	↓	21,85 ***	↓
Bodentiefe	4,87 **	↓	34,11 ***	↓	25,745 ***	↓
Piste x Meereshöhe	3,33 (*)		0,00		1,08	
Piste x Bodentiefe	5,02 (*)		0,82		1,60	
Piste: T2/T3	19,50 ***		44,95 ***		87,43 ***	
Meereshöhe	4,91 *	↓	4,30 *	↓	6,86 **	↓
Bodentiefe	2,89 *	↑	21,47 **	↑	18,97 ***	↑
Piste x Meereshöhe	1,83		0,02		2,35	
Piste x Bodentiefe	3,79		0,00		3,08	
(b) Subalpin						
Piste: T1/T2	18,27 *		0,15		7,12 (*)	
Meereshöhe	0,06		0,29		1,40	
Bodentiefe	0,04		0,15		0,01	
Piste x Meereshöhe	0,71		0,76		18,05 *	
Piste x Bodentiefe	0,39		5,91		2,06	
Piste: T1/T3	10,68		7,08		17,22 *	
Meereshöhe	1,25		7,65		4,41	
Bodentiefe	0,72		2,12		2,36	
Piste x Meereshöhe	1,62		0,68		3,57 *	
Piste x Bodentiefe	2,68		1,59		0,01	
Piste: T2/T3	1,00		63,00 *		52,19 *	
Meereshöhe	0,00		0,41		0,68	
Bodentiefe	8,68		1,79		2,64	
Piste x Meereshöhe	0,86		0,04		0,37	
Piste x Bodentiefe	0,15		0,22		0,01	
(c) Alpin						
Piste: T1/T2	0,74		0,23		0,00	
Meereshöhe	0,03		0,33		0,43	
Bodentiefe	4,71 (*)	↑	4,08		7,15 (*)	↑
Piste x Meereshöhe	0,11		0,93		0,14	
Piste x Bodentiefe	0,31		0,00		6,43	
Piste: T1/T3	34,54 ***		65,16 ***		189,37 ***	
Meereshöhe	7,84 *	↑	14,92 ***	↑	15,31 ***	↑
Bodentiefe	6,17 **	↑	34,86 ***	↑	25,77 ***	↑
Piste x Meereshöhe	0,08		0,05		0,27	
Piste x Bodentiefe	7,75 (*)		1,62		0,62	
Piste: T2/T3	20,76 ***		51,46 ***		78,95 ***	
Meereshöhe	5,19 (*)	↑	5,25 (*)	↑	5,97 (*)	↑
Bodentiefe	3,23 *	↑	20,03 **	↑	17,80 **	↑
Piste x Meereshöhe	0,11		0,19		0,40	
Piste x Bodentiefe	5,61 *		1,10		2,72	
(d) Oberalpin						
Piste: T1/T2	0,13		0,35		0,01	
Meereshöhe	0,10		0,01		0,00	
Bodentiefe	0,05		0,41		1,33	
Piste x Meereshöhe	0,51		0,59		0,00	
Piste x Bodentiefe	0,00		12,72		0,04	
Piste: T1/T3	2,28		0,53		12,04	
Meereshöhe	1,25		1,13		10,45	
Bodentiefe	4,10		0,94		0,08	
Piste x Meereshöhe	0,11		0,79		7,57	
Piste x Bodentiefe	4,49		0,00		0,55	
Piste: T2/T3	1,75		0,22		5,16	
Meereshöhe	1,17		1,06		4,59	

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

Bodentiefe	0,11	0,29	0,02
Piste x Meereshöhe	6,46	1,23	3,31
Piste x Bodentiefe	0,01	1,06	0,16

Tab. 6: Ergebnisse der Monte Carlo-Permutation Tests der Zeigerwerte Feuchtezahl (F), Reaktionszahl (R) und Stickstoffzahl (N) für (a) gesamten Höhengradienten (n=118), (b) subalpine Stufe (n=25), (c) alpine Stufe (n=78) und (d) oberalpine Stufe (n=15). Angegeben sind die F-Verhältnisse (F-Ratio) und die Signifikanz-Niveaus: $p \leq 0,0500$ (*), $p \leq 0,0165$ **, $p \leq 0,0035$ **, $p \leq 0,0005$ ***. Die Pfeile neben den Signifikanz-Niveaus geben die Korrelationen der Haupteffekte der Umweltvariablen „Meereshöhe“ und „Bodentiefe“ mit der Abundanz der funktionalen Typen an: ↑ positive Korrelation, ↓ negative Korrelation. Die Ergebnisse gelten für Paarvergleiche: T1 = Pistenzentrum, T2 = Pistenrand, T3 = außerhalb der Piste.

5.4.8 Eingesäte Pflanzenarten

Tab. 7 zeigt eine Aufstellung der eingesäten Pflanzenarten, welche in den Vegetationsaufnahmen im Pistenzentrum, am Pistenrand und außerhalb identifiziert wurden. Die Anzahl der identifizierten Arten nahm von der subalpinen Stufe (9 Arten; Tab. 7a) über die alpine (7 Arten; Tab. 7b) bis in die oberalpine Stufe (3 Arten; Tab. 7c) deutlich ab. In der subalpinen Stufe war *Festuca rubra* agg. deutlich am erfolgreichsten und kam außerhalb der Piste kaum vor (Tab. 7a). Auch *Agrostis capillaris* und *Phleum pratense* zeigten hier gute Ergebnisse. Nicht ganz so erfolgreich hingegen erscheint *Poa alpina* in der subalpinen Stufe. Die Leguminosen, allen voran *Trifolium repens*, konnten mit einer wenn auch nicht allzu hohen Abundanz nachgewiesen werden. *Achillea millefolium* agg. trat immer wieder auf und brachte vor allem mit Hinsicht auf den geringen Anteil in der Samenmischung (1,0 Gewichts-%) ein recht gutes Ergebnis. In der alpinen Stufe herrschte unter den eingesäten Pflanzenarten sehr deutlich *Poa alpina* vor während die mittlere Deckung von *Festuca rubra* agg. klar zurück gegangen ist (Tab. 7b). Die mittleren Deckungswerte von *Agrostis capillaris* und *Phleum pratense* fielen nun deutlich ab. Auch die Leguminosen, allen voran *Trifolium repens*, waren nun weit weniger bedeutsam. Der mittlere Deckungswert von *Achillea millefolium* agg. hingegen hat sich sogar noch etwas erhöht. In der oberalpinen Stufe wurden nur noch ca. ein Fünftel aller eingesäten Pflanzenarten identifiziert (Tab. 7c). Am erfolgreichsten war *Poa alpina* während *Festuca rubra* agg. nur noch geringe mittlere Deckungswerte aufwies. Die Leguminosen fehlten in den Aufnahmeflächen völlig, jedoch konnte ganz vereinzelt *Lotus corniculatus* auf der Schipiste bis in eine Höhe von knapp über 2800 m beobachtet werden (Abb. 15). *Achillea millefolium* agg. war eine der ganz wenigen eingesäten Arten, welche von der subalpinen bis in die oberalpine Stufe identifiziert wurde.

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

Pflanzenart	Mittlere Deckung (%) je 25 m ²		
	Pistenzentrum	Pistenrand	außerhalb
(a) Subalpin			
<i>Festuca rubra</i> agg.	18,7	19,5	0,4
<i>Trifolium repens</i>	5,4	0,9	0,0
<i>Agrostis capillaris</i>	4,0	7,2	1,3
<i>Phleum pratense</i>	2,4	1,8	0,0
<i>Poa alpina</i>	1,2	0,9	0,4
<i>Achillea millefolium</i> agg.	0,9	2,0	0,1
<i>Lotus corniculatus</i>	0,7	1,3	1,5
<i>Trifolium hybridum</i>	0,3	1,0	0,0
<i>Lolium perenne</i>	0,0	0,1	0,0
(b) Alpin			
<i>Poa alpina</i>	13,1	12,4	2,5
<i>Festuca rubra</i> agg.	4,8	7,3	0,1
<i>Achillea millefolium</i> agg.	3,8	2,8	0,4
<i>Trifolium repens</i>	0,8	0,7	0,2
<i>Agrostis capillaris</i>	0,5	0,4	0,0
<i>Lotus corniculatus</i>	0,3	0,3	<0,1
<i>Phleum pratense</i>	0,0	<0,1	0,0
(c) Oberalpin			
<i>Poa alpina</i>	6,0	3,5	0,6
<i>Festuca rubra</i> agg.	0,6	0,5	0,0
<i>Achillea millefolium</i> agg.	0,2	0,2	0,0

Tab. 7: Mittlere Deckung (%) je 25 m² der eingesäten Arten die im im Pistenzentrum, am Pistenrand und außerhalb der Piste (a) in der subalpinen, (b) der alpinen und (c) der oberalpinen Stufe identifiziert wurden.



Abb. 15: *Lotus corniculatus* gedeiht ganz vereinzelt auf der Schipiste auf ca. 2800 m Meereshöhe.

5.5 Diskussion

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

5.5.1 Vegetation

Auf den Schipisten sind vor allem lückige Bestände ausgebildet, welche eine Verwandtschaft mit Schneebodengesellschaften auf Silikat aufweisen. 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, während diese im zentralen Teil der Piste völlig fehlen. Außerhalb der Piste kommen die typischen Krummseggenrasen vor, wobei ihr Schwerpunkt naturgemäß in der alpinen Stufe liegt. Dieses Ergebnis deutet auf eine erhebliche Störung der Vegetation hin und stützt die Annahme, dass Ökosysteme mit langsamen Wachstumsraten sehr stark durch die Schaffung von Pisten 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). Zudem stellte Grabherr (1987) fest, dass in alpinen Ökosystemen Hauptrasenbildner wie *Carex curvula* Jahrhunderte benötigen, um den ursprünglichen Rasentyp wieder aufzubauen. So beträgt die vegetative Ausbreitungsgeschwindigkeit bei *Carex curvula* nur 0,9 mm pro Jahr (Grabherr 1987). Das Verbreitungszentrum der Schneebodengesellschaften liegt zwar in der alpinen Höhenstufe, doch finden sie sich vereinzelt bereits in den Schipisten der subalpinen Stufe. Schneebodengesellschaften dehnen sich also 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. Auffallend ist, dass nahezu keine Bodenauflage zu finden ist und so gedeiht diese recht hochwüchsige Wiese lediglich auf einer sehr dünnen Streuauflage über felsigem/steinigem Substrat. In diesem untersten Bereich der Piste weisen die Einsaat- und Düngemaßnahmen eine deutlich sichtbare Wirkung auf. Prozesse die zur Wiederbegrünung führen, laufen in diesen Höhenlagen aber sehr langsam ab, selbst wenn eine Einsaat oder Pflanzungs-Maßnahmen durchgeführt werden (Titus & Tsuyuzaki 1999). Wipf et al. (2005) stellten fest, dass das Ausmaß der Gesamtdeckung der Vegetation nicht positiv mit der Einsaat zusammenhängt.

In der oberalpinen Stufe hingegen wurden die Schneebodengesellschaften auf den Schipisten allmählich von Arten durchsetzt, welche typisch für Schuttfluren auf Silikat sind. Der Übergang zu den reinen Schuttfluren erweist sich als fließend, da es Schuttarten wie etwa *Ranunculus glacialis* leicht gelingt, in die Schipisten einzuwandern. Es finden sich hier aber auch immer wieder Arten wie *Achillea millefolium* agg. und *Festuca rubra* agg., welche aus den Saatmischungen zur Begrünung stammen. Übereinstimmend damit stellte Grabherr (1987) fest, dass auf Schipisten bestimmte Arten aus den Gletschervorfeldern, der Nival- und Schuttfluren aber auch aus den alpinen Rasen einwandern.

In den höchsten Lagen des Untersuchungsgebietes im Bereich des Rosskars hebt sich die Pistenvegetation durch ihre frischgrüne Farbe von den Schuttfluren und Krummseggenrasen der

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

Kontaktvegetation deutlich ab (Abb. 16). Das ist auf die jährliche Düngung mit Mist und der kontinuierlich erfolgenden Einsaat zu erklären. Da in der alpinen und oberalpinen Stufe die Vegetationszeit immer kürzer wird, blühen nur wenige der eingesäten Arten. Grabherr (1987) merkt an, dass Schipisten instabile Systeme sind welche ständiger Pflege (Düngung, Nachsaat) bedürfen.



Abb. 16: In der oberalpinen Höhenstufe hebt sich die Vegetation der Schipisten durch ihre frischgrüne Farbe (Vordergrund) deutlich von der Vegetation außerhalb der Pisten ab.

5.5.2 Bodentiefe, Wuchshöhe, Gesamtdeckung und Deckung der Gefäßpflanzen

Die Hypothese, dass die Bodentiefe auf der Piste geringer sei als außerhalb wurde für den gesamten Höhengradienten und für die alpine Stufe klar bestätigt. Das zeigt, dass die Eingriffe im Pistenbereich Obergurgls bewirkten, dass trotz der vegetationsschonenden Maßnahmen die Bodenschicht in Mitleidenschaft gezogen wurde. In der oberalpinen Stufe hingegen ist auch außerhalb der Pisten kaum eine Bodenauflage vorhanden, denn dort dominieren Schutt- und Blockhalden.

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

Die mittlere Wuchshöhe des Bestandes ging auf den Schipisten entlang des gesamten Höhengradienten und auch in der alpinen Stufe zurück. In der alpinen Stufe konnte eine hoch signifikant größere Wuchshöhe am Pistenrand im Vergleich zum Pistenzentrum nachgewiesen werden. 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 auf den Schipisten hin. Mit Ausnahme der oberalpinen Stufe war die mittlere Deckung im Pistenzentrum am geringsten, nahm zum Pistenrand hin zu und erreichte außerhalb der Piste den höchsten Wert. Wiederum verhält sich die oberalpine Stufe aufgrund der dort vorherrschenden Schutt- und Blockhalden umgekehrt. Dort ist sogar im Pistenzentrum die mittlere Gesamtdeckung der Vegetation am größten und übertrifft damit auch jene am Pistenrand.

Ein eindeutiges Ergebnis wurde erzielt, wenn in den Deckungswerten Moose und Flechten nicht berücksichtigt wurden, also nur die Werte der Gefäßpflanzen in die Berechnungen eingingen. Das zeigte, dass Gefäßpflanzen durch die Eingriffe stärker beeinträchtigt wurden als die Kryptogamen.

5.5.3 Artenvielfalt

Die Unterschiede zwischen Piste und Vegetation außerhalb hinsichtlich der Artenzahlen fielen nur in einzelnen Fällen signifikant aus. So war in der subalpinen Stufe das Phänomen zu beobachten, dass am Pistenrand ein recht artenreicher Wiesenbestand mit Elementen aus den Wirtschaftswiesen zu finden war welcher sich deutlich vom Pistenzentrum und der Vegetation außerhalb der Piste abhob. Insgesamt machen die Ergebnisse deutlich, dass vor allem das Pistenzentrum weniger Arten aufweist. Am Pistenrand ist die räumliche Distanz zur Kontaktvegetation geringer wodurch die Pistenränder eher wieder besiedelt werden als das Pistenzentrum. Wipf et al. (2005) stellten fest, dass die Artenvielfalt auf Schipisten, welche planiert und beschneit wurden, signifikant zurückgegangen war. 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.

5.5.4 Funktionale Typen

Hinsichtlich der funktionalen Typen wurden viele der Hypothesen bestätigt. Besonders auffällig war der markante Rückgang an Holzpflanzen 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 wie etwa *Rhododendron ferrugineum* sowie Arten der Gattung *Vaccinium* werden durch die Beschädigung ihrer Überdauerungsknospen nachhaltig zurückgedrängt (Körner 1999).

Die Auswirkungen auf die Grasartigen sind 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. Auf der alpinen Stufe hingegen konnte die Hypothese, dass die Grasartigen auf den Schipisten an Anteilen verlieren, bestätigt werden. Wipf et al. (2005) berichten, dass die Reaktionen der Grasartigen in ihrer Untersuchung, welche in verschiedenen Schweizer Schigebieten durchgeführt wurde, uneinheitlich ausfiel. Sie stellten jedoch fest, dass der Anteil an Grasartigen in kürzlich planierten Pisten höher war als bei älteren Pisten. Zudem scheint nach diesen Autoren auch ein Zusammenhang mit der Anzahl der Jahre zu bestehen, seitdem die Pisten künstlich beschneit werden. Eine künstliche Beschneidung wirkt sich demnach nachteilig auf die Grasartigen aus.

Hinsichtlich Leguminosen wurde die Hypothese entlang des gesamten Höhengradienten bestätigt: sie wiesen 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. Das Auftreten von *Trifolium repens* und *Trifolium hybridum* wurde durch die jährliche Einsaat und Düngung auf den Pisten bedingt.

Sehr auffällig ist 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 die Moose immer stärker an Bedeutung. In der alpinen Stufe fallen die Schipisten oft schon von weitem durch die ausgedehnten, zum Teil mehrere cm dicken Moospolster auf, welche häufig von Vertretern der Gattung *Polytrichum* gebildet werden. Die Moose wurden wahrscheinlich durch das Störungsregime auf den Schipisten nicht nachhaltig beeinträchtigt, sondern profitierten sogar von der längeren Schneebedeckung aufgrund der künstlichen Beschneidung. Generell unterscheiden sich Schneebodengesellschaften vor allem durch ihre Ausaperungszeit voneinander, wobei bei besonders langer Schneedeckendauer die Moose an Bedeutung gewinnen. Sie profitieren vor allem durch die stärkere Durchfeuchtung des Bodens, während Arten der alpinen Rasen und Zwergsträucher dadurch zurück gedrängt werden (Ellenberg 1996).

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

Die 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. Grabherr (1987) zählte Flechten zu jener Gruppe, welche auf Schipisten stark abnehmen. Er führte diesen Rückgang vor allem auf Schereffekte wie etwa durch Schikanten oder Pistengeräte zurück.

5.5.5 Zeigerwert-Analysen

Die Ergebnisse für die Feuchtezahl belegen, dass der Boden auf den Schipisten und insbesondere im zentralen Teil der Pisten stärker durchfeuchtet ist als außerhalb der Schipisten. Die längere Schneebedeckung infolge der künstlichen Beschneigung macht sich deutlich bemerkbar. Auch Wipf et al. (2005) konnten diesen Effekt auf den Schipisten eindeutig nachweisen. Die Ergebnisse für die Stickstoffzahl stimmten ebenfalls mit den Resultaten der Schweizer Studie überein (Wipf et al. 2005). Pflanzen auf den Schipisten erhalten mehr Nährstoffe. Dieser Effekt ist hauptsächlich auf die jährlichen Düngemaßnahmen auf den Pisten zurückzuführen. Diese nährstoffreicheren Pflanzenbestände werden gerne von Schafen beweidet und so sind immer wieder Ansammlungen von Mist und Lagerstellen auf den Schipisten zu finden (persönliche Beobachtung). Zugleich stieg die Reaktionszahl auf den Schipisten ebenfalls signifikant an. Der Basengehalt des Bodens scheint damit auf den Schipisten gegenüber außerhalb auffallend höher zu sein. Auch Kammer & Hegg (1990) stellten fest, dass in Schneepistenböden der pH-Wert bis zu einer Tiefe von 15 cm höher ist als außerhalb. Sie führen das auf den höheren pH-Gehalt des Wassers an, das für die künstliche Beschneigung verwendet wurde. Dies dürfte insbesondere auch für Obergurgl gelten, da für die Beschneigung das Gletscherbachwasser aus dem Gaisberg- und Rotmoostal verwendet wird. Beide Täler weisen Zuflüsse mit basischem Charakter auf (s. Zitate in Raffl 1999).

5.5.6 Unterschiede zwischen Pistenzentrum und Pistenrand

Signifikante Unterschiede wurden hier nur vereinzelt hinsichtlich Wuchshöhe, Deckung der Gefäßpflanzen, Artenzahl und Abundanz der Moose festgestellt. Mit Ausnahme der Moose waren die Werte am Pistenrand höher als im Pistenzentrum. In weit mehr Fällen zeigte sich jedoch eine kontinuierliche Abstufung vom Pistenzentrum über den Pistenrand nach außerhalb, allerdings waren diese Unterschiede nicht signifikant. Am interessantesten ist das Ergebnis für die Artenzahl, welche entlang des gesamten Höhengradienten sowie in der subalpinen Stufe am Pistenrand signifikant höher ausfiel als im Pistenzentrum. Der wichtigste Einflussfaktor dürfte die größere Nähe zur Kontaktvegetation sein, wodurch einwandernde Arten sich rascher ansiedeln können. Da Moose am Pistenrand hingegen seltener sind, ist anzunehmen, dass die Schneedecke dort etwas früher

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

abschmilzt. Der Pistenrand wird auf die gleiche Weise wie das Pistenzentrum präpariert, auch bestehen beim Befahren keine wesentlichen Unterschiede (Christoph Kuen, persönl. Mitteilung). 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 in 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).

5.5.7 Zusammenhänge mit der Meereshöhe und der Bodentiefe

Die Meereshöhe wirkte sich entlang des gesamten Höhengradienten signifikant aus und bewirkte eine Abnahme der Deckungswerte. Einzig bei den Moosen wurde eine Zunahme festgestellt. Signifikante Unterschiede ergaben sich allerdings nur bei einem Vergleich zwischen den Pisten (Zentrum, Rand) und außerhalb der Pisten. Die Bodentiefe wirkte sich nicht so einheitlich aus und das Ergebnis hing stark davon ab, ob der Pistenrand oder das Pistenzentrum mit dem Bereich außerhalb verglichen wurden. Diese Resultate zeigen einerseits die große Bedeutung der Meereshöhe, andererseits weisen sie darauf hin, dass vor allem hinsichtlich der Bodentiefe in den einzelnen Höhenstufen deutliche Unterschiede bestehen. Besonders die oberalpine Stufe unterscheidet sich stark von den anderen Höhenstufen. Dort herrschen außerhalb der Pisten Block- und Schutthalden vor, wo kaum oder gar kein Boden ausgebildet ist, während im Pistenbereich auf Grund der jährlichen Düngung eine geringe Auflage vorhanden ist.

Schließlich traten deutlich mehr signifikante Interaktionseffekte mit der Meereshöhe als mit der Bodentiefe auf, welche weitgehend auf die Unterschiede zwischen den Pisten (Zentrum, Rand) und außerhalb der Pisten konzentriert sind. Die klarsten Ergebnisse zeigten sich im Fall der Artenzahl, der Deckung der Gefäßpflanzen sowie bei den Holzpflanzen und Moosen. Damit erweisen sich die Auswirkungen der mechanischen Störung als deutlich höhenabhängig. Durch die Eingriffe werden Pflanzenbestände auf niedrigerer Meereshöhe, welche höher und dichter wachsen und die oft auch eine größere Artenvielfalt aufweisen, weit stärker beeinflusst als die spärliche Vegetation der oberalpinen Stufe.

5.5.8 Einsaat auf den Schipisten

Das Ergebnis der Untersuchung zeigte deutlich, dass der Erfolg der Einsaat mit zunehmender Meereshöhe abnimmt. Immer weniger der eingesäten Arten kamen auf und diese erlangten einen

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

immer geringeren mittleren Deckungsanteil. Besonders von der alpinen hin zur oberalpinen Stufe fällt die Abnahme sehr markant aus, wobei die Leguminosen am stärksten betroffen sind. 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 2201 und 2400 nach und führte das auf die morphologisch bedingten Verflachungen zurück. Insgesamt deutet das in der vorliegenden Arbeit dargestellte Ergebnis darauf hin, dass die Ansaat mit der aktuell verwendeten Hochlagen-Samenmischung ab ca. 2300 m nicht mehr standortgerecht ist. Für Höhenlagen über 2400 m Meereshöhe und wo alpine Rasen vorherrschen welche z.B. von der Krummsegge oder der Horstsegge dominiert werden, ist kein Saatgut verfügbar, das für eine standortgerechte Begrünung geeignet wäre (Krautzer et al. 2000). Bei den Hauptrasenbildern handelt es sich um sehr langsam wachsende Pflanzenarten (z.B. Krummsegge) welche sich vor allem vegetativ vermehren und von welchen kaum Samen verfügbar sind (Grabherr 1987; Krautzer et al. 2000). Um den Erfolg der Begrünung in extremen Hochlagen von über 2000 m Meereshöhe zu verbessern ist es notwendig, die Samenmischung auf die örtlichen Gegebenheiten so gut als möglich abzustimmen. Grabherr (1987) hebt besonders *Agrostis schraderiana* (Zartes Straußgras) als erfolgreiche Pflanzenart auf Schipisten hervor. *Agrostis* ist zu einer größeren Biomassenproduktion geeignet und führt daher zu einem raschen Aufbau einer Humusschicht. Auf grobschottrigem Substrat dient *Agrostis schraderiana* als Wegbereiter für weitere Pflanzenarten. Krautzer et al. (2000) listen diese Art in ihrer Empfehlung für die Hauptkomponenten von Hochlagen-Samenmischungen auf.

5.6 Schlussfolgerungen

- Die Vegetation auf den untersuchten Schipisten im Raum Obergurgl unterscheidet sich floristisch sehr deutlich von jener, die außerhalb davon gedeiht. Diese floristischen Unterschiede sind vor allem auf die mechanischen Belastungen (Planierung, Präparierung), aber auch auf die künstliche Beschneidung zurückzuführen.
- Am Schipistenrand konnten kontinuierliche Übergänge zur Vegetation außerhalb der Piste festgestellt werden. Dies zeigt, dass der Schipistenrand rascher als das Pistenzentrum von Arten wiederbesiedelt wird, die außerhalb der Piste gedeihen. Einige Zwergsträucher und Hauptrasenbilder wie die Krummsegge dürften auch den Pistenbau überstanden haben.
- Hinsichtlich der funktionalen Typen – besonders der Holzpflanzen, Moose und Flechten – wurden zwischen der Piste und den Bereichen außerhalb signifikante Unterschiede

5. Schipisten im Raum Obergurgl (inneres Ötztal)

festgestellt. Diese Ergebnisse zeigen, dass durch die Schaffung und den Betrieb der Schipisten die Funktionen der Ökosysteme wesentlich verändert bzw. gestört wurden.

- Die Auswirkungen auf die Artenvielfalt waren nur wenig ausgeprägt. Im Raum Obergurgl bewirkten die Schaffung und der Betrieb dieser Schipisten weniger einen Rückgang der Artenvielfalt als vielmehr eine markante Veränderung hinsichtlich der Artenzusammensetzung.
- Die Ergebnisse der Zeigerwertanalysen verdeutlichen, dass auf den Schipisten die Bodenfeuchtigkeit, der Stickstoffgehalt und der Basengehalt im Boden erhöht sind. Vor allem die Einflüsse durch die jährliche Düngemaßnahmen aber auch durch die künstliche Beschneidung traten hervor.
- Die Begrünungsmaßnahmen ab der alpinen Stufe (ca. 2300 m Meereshöhe) sind zu überdenken, da der Erfolg mit zunehmender Meereshöhe immer weniger gegeben ist. Zu empfehlen ist, die Samen-Mischung besser an die standörtlichen Gegebenheiten anzupassen.

5.7 Ausblick

Diese Erhebung auf den Schipisten im Raum Obergurgl diene dazu, Unterschiede in der floristischen Ausstattung sowie Veränderungen in der Funktion der Ökosysteme zu untersuchen. Die Ergebnisse dieser Studie ermöglichen es darüber hinaus, geeignete Stellen für die Errichtung von Dauerflächen, wie sie bislang nur in sehr geringer Anzahl existieren, ausfindig zu machen. Erst durch die Schaffung von solchen Dauerflächen ist es möglich, die Entwicklung auf den Schipisten über einen langen Zeitraum ausreichend zu verfolgen.

Weiterführende Untersuchungen sind wichtig, bei welchen anstelle eines Höhengradienten die Positionen der Aufnahmen im Vorhinein durch unterschiedliche Art der Pistenbehandlung vor allem hinsichtlich Planierung, künstlicher Beschneidung und Begrünung ausgewählt werden. Dadurch ist es möglich, die Auswirkungen dieser Eingriffe im Detail zu untersuchen, Erosionseffekte aufzuzeigen und Empfehlungen für eine schonende Behandlung/Regeneration zu erstellen.

Eine langfristige und detaillierte Beobachtung der Entwicklungen auf den Schipisten lässt darüber hinaus mögliche Gefahren von Degradierungen der Vegetation und damit einem Rückgang der Artenvielfalt frühzeitig erkennen. Das ist auch in Hinblick auf mögliche Erosionseffekte wichtig.

5.8 Danksagung

Ganz besonderer Dank gilt Herrn Christoph Kuen, dem Pistenchef der Liftgesellschaft in Obergurgl für die ausführlichen und detaillierten Informationen über die Schaffung, Präparierung, Einsaat, Düngung und Pflege der Schipisten im Raum Obergurgl. Wir danken weiters dem Universitätszentrum Obergurgl, insbesondere Meinhard Strobl von der Alpinen Forschungsstelle Obergurgl für die Hilfestellungen während der Geländearbeiten und Fabian Nagl für die Erstellung der Karte mit den Positionen der einzelnen Vegetationsaufnahmen.

6. Vegetationskartierung der Schipisten in Obergurgl

6.1 Einleitung

Ziel der gegenständlichen Erhebungen war eine Beschreibung der Vegetation im Bereich der Schipisten in Obergurgl. Zur Bewertung des Zustandes bzw. der Dichte der Vegetation wurde die Arbeit von Ebus (1984) herangezogen, um so – entsprechend der Zielsetzung des Projektes Footprints – einen Vergleich zwischen vergangenen und gegenwärtigen Zuständen durchzuführen. Die letzte Phase des Projektes wird sich im Bereich der Vegetations- und Landschaftsökologie vor allem auf diesen Vergleich konzentrieren.

6.2 Methoden

Im Untersuchungsgebiet wurden im September 2008 insgesamt 30 Vegetationsaufnahmen nach Braun-Blanquet (1964) erstellt. Nachdem die Freilandarbeit abgeschlossen war, wurden die erhobenen Vegetationsdaten einer Analyse mit TWINSpan (Two- Way- Table Indicator Species Analysis, Hill 1979), das im Programmpaket VEGI (Reiter1998) eingebettet ist, unterzogen. Als Ergebnis dieses numerischen Gruppierungsverfahrens am Computer erhält man eine geordnete zweidimensionale Vegetationstabelle. Die ausgewiesenen Gruppen konnten jedoch nicht synsystematisch den Pflanzengesellschaften Österreichs folgend gefasst werden.

Weiters wurde das Untersuchungsgebiet im Bereich und im Umfeld der Pisten kartiert. Ziel dieser Kartierung war einerseits eine vegetationsökologische Fassung des Gebiets und vor allem aber auch die Darstellung des Einflusses der schitouristischen Nutzung auf die Vegetation. Es wurde in diesem Falle ganz bewusst auf eine automatisierte Auswertung mit raumanalytischen Methoden verzichtet, da keine der verfügbaren Bildmaterialien auch nur annähernd die Qualitätsanforderungen erfüllen kann, um den Dichtegrad der Vegetation zuverlässig abschätzen zu können. Das Untersuchungsgebiet wurde abgegangen und durch eine visuelle Beurteilung wurden auf den Echtfarbenorthophotos aus dem Jahre 2003 Polygone gegeneinander abgegrenzt und fachgutachterlich bewertet. Kriterien für die Abgrenzung waren einerseits Bereiche wo deutlich erkennbare Standortsunterschiede mit bestimmten Pflanzengruppierungen zusammenfielen und auch im Deckgrad der Vegetation – entsprechen Tabelle 1 – Unterschiede erkennbar waren.

6. Vegetationskartierung der Schipisten in Obergurgl

Deckungsgrad
geschlossen
lückig
spärlich
lückig + Moose
normal entwickelt, geschlossen
normal entwickelt, offen >50
normal entwickelt, offen <50
normal entwickelt, geschlossen
normal entwickelt - offen - geschlossen
normal entwickelt - teilw. Offen
spärlich - normal entwickelt
spärlich - lückig
Block/Fels nicht planiert/unbefahren

Tab. 1: verwendete Kartierungskategorien zur Beschreibung der Vegetationsdichte – Vegetationszustandes

6.3 Ergebnisse

Der erste Teil der Ergebnisdarstellung bezieht sich auf die Beschreibung der Vegetation. Generell entsprechen die Vegetationstypen der planierten Pisten nicht der ursprünglichen natürlichen Vegetation. Je nach Höhenstufe, Wasserregime, den Schnee-/Bodenverhältnissen bzw. dem Störungsregime und Begrünungsversuchen haben sich verschiedene Ersatzgesellschaften entwickelt. Befahrene Strecken, wo natürliche Vegetation erhalten ist, sind sehr rar. Sie sind im Vergleich zur ungestörten Vegetation offener, weisen also einen geringeren Deckungsgrad auf.

Die obersten planierten Bereiche (Festkogel) sind nur spärlich bewachsen (Deckung <10%) mit Arten, die Schuttvegetation kennzeichnen. Von den oberen Bereichen des Schigebiets bis etwa in die mittleren Bereiche der Gurgler Heide weisen die planierten Pisten großflächig Schneeboden-ähnliche Vegetation auf. Charakteristisch für diesen Vegetationstyp ist ein hoher Deckungsgrad von Moosen, während die Gefäßpflanzendeckung meist gering ist. Von den mittleren Bereichen der Gurgler Heide abwärts prägen *Poa-Festuca*-Gesellschaften (in verschiedenen Dominanzverhältnissen, je nach Einsaat) die Pisten. Daneben gibt es noch *Deschampsia*-dominierte Gesellschaften, die teilweise der natürlichen Vegetation entsprechen (z.B. in feuchten Rinnen), aber auch als Ersatzgesellschaft ausgebildet sind.

6. Vegetationskartierung der Schipisten in Obergurgl

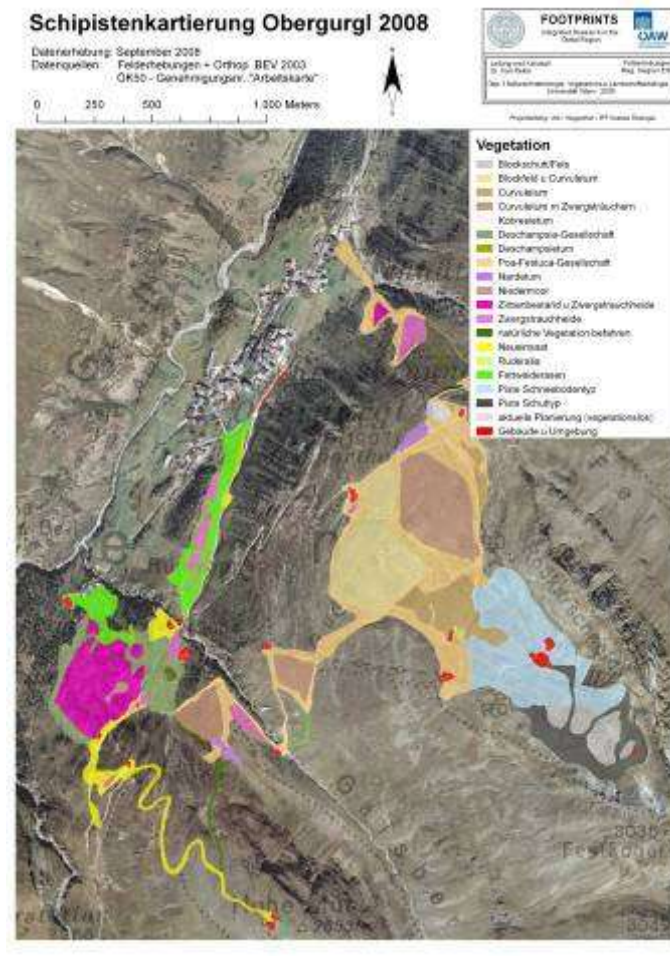


Abbildung 1: Vegetationskarte der Flächen im Einflussbereich der schitouristischen Nutzung

Haupttyp der natürlichen Vegetation ist das Caricetum curvulae, der Krummseggenrasen, der oft felsdurchsetzt, und je nach Standort und Höhenlage auch mit Zwergsträuchern und Flechten ausgebildet ist.

Charakteristisch für mittelhohe Lagen sind Zwergstrauchheiden, mit *Rhododendron ferrugineum* und niedrigwüchsigen Exemplaren von *Pinus cembra* in tieferen Bereichen, und *Vaccinium*-Arten, *Empetrum hermaphroditum*, *Juniperus communis* subsp. *alpina* und *Loiseleuria procumbens*, die in höheren Lagen den Bestand aufbauen. In den untersten Bereichen des kartierten Gebietes sind auch Grünerlengebüsche vorhanden.

Niedermoore und Feuchtvegetation (mit *Eriophorum angustifolium*, *Trichophorum cespitosum* u.a.) sind nur in den tiefer gelegenen Bereichen zu finden, dort aber durch Schipisten, Eutrophierung und Entwässerung z.T. stark beeinträchtigt, bzw. nur mehr als kleinflächige Reste vorhanden.

6. Vegetationskartierung der Schipisten in Obergurgl

Fettweiden mit Feuchte-, Nährstoff-, Tritt- und Ruderalzeiger finden sich ebenfalls in den tiefsten Bereichen des Kartierungsgebietes. Diese sind z.B. im Bereich ‚Rumsoppen‘ (unterhalb der Liftrasse des Gaisberglifts) nicht mehr als ehemalige Planierung erkennbar.

6.3.1 Zustandskartierung

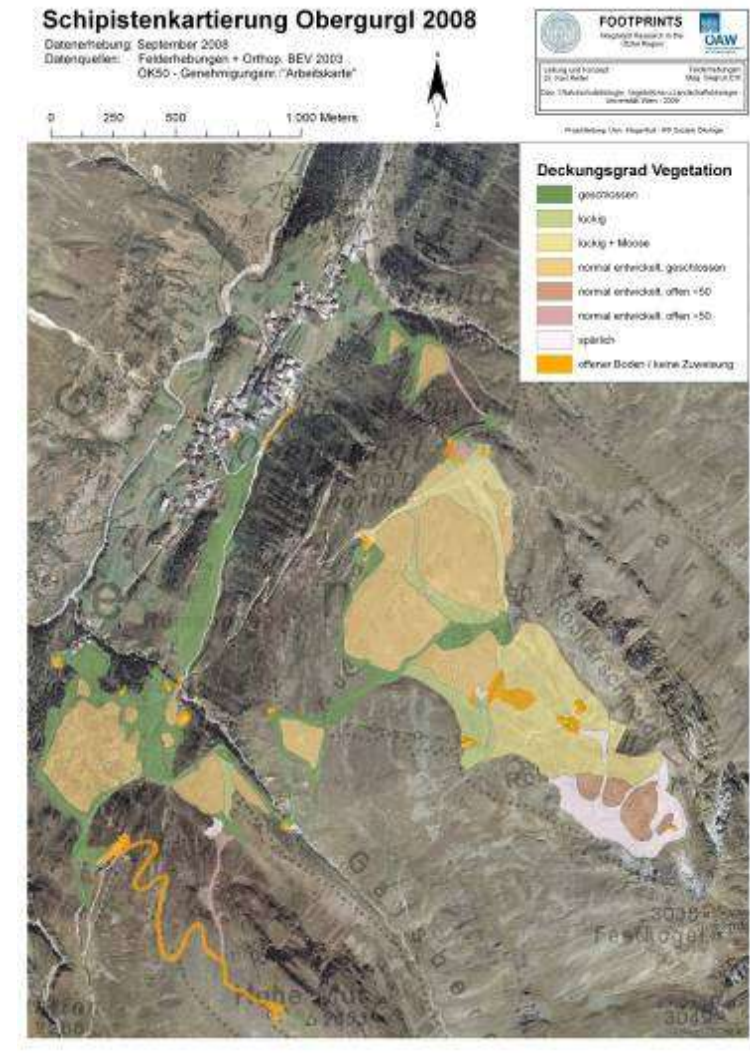


Abb. 2: Karte des Deckungsgrades – Zustandes der Vegetation

Das Schigebiet wird auch aktuell (Stand der Kartierung: September 2008) noch weiter ausgebaut. Beleuchtungs- und Flutlichtanlagen sind bereits entlang des Großteils der Pisten vorhanden, außerdem sind Beschneiungsanlagen und Wasserschächte im ganzen Bereich des Kartierungsgebietes eingerichtet. Liftanlagen wurden z.T. abgebaut, z.T. ersetzt, aber auch neu gebaut. Einhergehend mit z.T. massiven Geländeeingriffen durch Neubau und Neuplanierung von Pisten ist auch die völlige Zerstörung der natürlichen Vegetation.

6. Vegetationskartierung der Schipisten in Obergurgl

Auf den frisch planierten Strecken findet sich im besten Fall zaghaftes Grün aus Einsaatmischungen.

Deckungskategorie	% Anteil
nicht bewertet / offen	5
geschlossen	25
lückig	6
lückig + Moose	18
normal entwickelt, geschlossen	35
normal entwickelt, offen <50	3
normal entwickelt, offen >50	2
spärlich	6

Tab. 2: Flächenanteil in Prozenten der einzelnen Deckungsgrad - Kategorien der Vegetation bezogen auf die kartierten Flächen

Meist haben sich nach Zerstörung (Planierung) der natürlichen Vegetation Ersatzgesellschaften eingestellt, z.T. sind einige Arten der natürlichen Vegetation schon (wieder) eingewandert – da ja Samenquellen in den meisten Fällen recht nah liegen. Langsamwüchsige Arten wie *Carex curvula* –in der natürlichen Vegetation bestandsbildend vorhanden - sind jedoch auf den Pisten verschwunden. Durch die veränderten ökologischen Bedingungen auf den Pistenplaneien (Verlängerung der Schneebedeckungsdauer, kürzere Vegetationsperiode, mehr Feuchte) zeigen die Ersatzgesellschaften daher einerseits in Richtung großflächig ausgebildeter Schneebodenvegetation. Andererseits gibt es auch trockenere/magere Bereiche (durch Zerstörung der Humusschicht durch Planierung und Wasserableitung in Gräben), wo sich in mittleren-tieferen Lagen (nach Einsaat) *Poa-Festuca*- dominierte Gesellschaften entwickelt haben.

Hemerobie - Kultureinfluss	%-Anteil
ahemerob - oligohemerob	41
mesohemerob	1
euhemerob - polyhemerob	56
metahemerob	2

Tab. 3: Flächenanteil in Prozenten der einzelnen Hemerobie - Kategorien bezogen auf die kartierten Flächen

6.3.2 Zusammenfassung

Die Auswertung der Deckung (Tabelle 2) der Vegetationstypen zeigt, dass fast alle Flächen des Untersuchungsgebietes eine intakte Vegetationsdecke aufweisen, was jedoch nicht bedeutet, dass diese auch der natürlichen Vegetation entsprechend aufgefasst werden kann. Tabelle 3 zeigt, dass nur ca. 40% der untersuchten Flächen eine mehr oder minder natürliche Vegetationsdecke aufweisen (ahemerob – oligohemerob). Grüne Pisten im Sommer entsprechen somit nicht unbedingt einer natürlichen – naturnahen Vegetationsdecke sondern sind oft das Produkt ingenieurbiologischen Wirkens.

Die ersten Vergleiche mit der Arbeit von Ebus (1984) zeigen jedoch eine Zunahme der Bereiche mit einer intakten – wen auch nicht natürlichen – Vegetationsdecke.

7. Konzepte zur Zonierung eines Biosphärenreservats im inneren Ötztal

von Karl Reiter, Martin Prinz, Iris Wagner, Thomas Wrbska, Wien

mit 7 Abbildungen und 4 Tabellen

7.1 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit stellt einige der Forschungsaspekte des Projektes FOOTPRINTS dar, welches – finanziert durch das österreichische MAB – Programm – die Beschäftigung mit der Vergangenheit, der Gegenwart und auch der Zukunft des Biosphärenreservats Gurgler Hauptkamm zum Ziel hatte. Die Arbeitsgruppe Vegetations- und Landschaftsökologie beschäftigte sich mit Methoden zur Bereitstellung einer flächendeckenden Landbedeckungskarte als Basis der Zonierung eines neu auszuweisenden Biosphärenreservats im inneren Ötztal. Ausgehend von der Landbedeckungskarte, die mit Methoden der stichprobenbasierten Felderhebung und einer objektorientierten Bildklassifikation erstellt wurde, konnte ein Zonierungsvorschlag für ein Biosphärenreservat entwickelt werden.

Keywords: Biosphere reserve, Oetztal, Ecology, Landscape classification, Vegetation classification, Steroscopic, Remote Sensing.

7.2 Einleitung

Die Schönheit der Alpen aber auch ihr hohes Potential für Katastrophenereignissen sind die wohl eindrucksvollsten Sachverhalte, die diesen zentralen Raum Europas, der für 13 Millionen Menschen Lebensraum ist, immer wieder ins Zentrum der Gedanken vieler Menschen stellen. Die Interesse an den Alpen begründet sich oft nur vordergründig an der Schönheit der Alpen und der Zerstörungskraft, die in der Natur der Alpen steckt, sondern wie BÄTZING (2003b) schreibt, an der Tatsache, dass die Alpen umgeben von den großen städtischen Hochkulturen in vielen Belangen eine Gegenwelt zur Stadt darstellen. Die in den Alpen auftretenden extremen klimatischen Verhältnisse und die mannigfaltigen geologischen, edaphischen und geomorphologischen Situationen haben eine landschaftliche Vielfalt und reichhaltige Lebenswelt entstehen lassen, die diese Gegenwelt zum städtischen Lebensraum darstellen. Anpassung ist die wesentlichste Strategie, die das Leben im Alpenraum charakterisiert. So entstand über Jahrtausende ein Raum, der im ungestörten Zustand eine Region hoher biologischer Vielfalt und ökologischer Stabilität darstellt.

7. Konzepte zur Zonierung eines Biosphärenreservats im inneren Ötztal

Jedoch spätestens seit dem Neolithikum haben die Menschen die Hochlagen der Alpen durch Siedlungstätigkeit und Kultivierung beeinflusst und ihre Lebewelt verändert. Nach dem Rückzug der Gletscher drangen schrittweise Siedler in das Alpeninnere vor und wurden dort sesshaft. Unter dem Einfluss des Menschen entwickelte sich in den Alpen im Laufe der Jahrtausende ein typisch anthropogen geprägtes Landschaftsbild - die Kulturlandschaft des Alpenraums.

Die Bewahrung dieser Kulturlandschaft benötigt eine aktive Bewirtschaftung in traditioneller Art und Weise. Die natürlichen Vegetationstypen der Hochlagen, die bis vor wenigen Jahren noch einen geringen Gefährdungsgrad aufwiesen, benötigen durch die Auswirkungen des touristischen Drucks, die Einführung neuer Nutzungstechniken in der Landwirtschaft aber vor allem durch die Auswirkungen des globalen Klimawandels vermehrte Schutzstrategien. Vor allem gilt es, die ökologischen Grundlagen zur Bewahrung der Biodiversität und folglich die Stabilität der Ökosysteme in dieser Region zu erhalten.

Das innere Ötztal zählt zu jenen Regionen die ganz besonders den Charakter des Alpenraums repräsentieren. So wurde 1973 Obergurgl Gegenstand einer sozialökonomischen Untersuchung im Rahmen des MAB-6 Projekts mit dem Thema „Tourismus, Technologie und Landnutzungsalternativen in mittleren Gebirgen“ unter der Leitung von Prof. Dr. Walter Moser. Ziel der Studie war es, den Wandel dieser Region (völlige Dominanz des Skitourismus, Wertewandel) und seine ökologischen Auswirkungen zu untersuchen und Entwicklungsmöglichkeiten im Sinne der Bewohner zu kreieren. Schon in diesem Programm wurde ein interdisziplinärer Versuch gewagt, indem die ortsansässige Bevölkerung in die Studie mit einbezogen wurde. Neben der Entwicklung von innovativen Forschungsansätzen war ein Ergebnis dieser Studie auch die Idee der Errichtung eines Biosphärenreservats in Obergurgl – das Biosphärenreservat Gurgler Hauptkamm. Nach dreißig Jahren war es nun angebracht, die Auswirkungen dieser Studie zu sichten bzw. auch unter dem Gesichtspunkt der intensiven touristischen Entwicklungen der letzten 30 Jahre in diesem Gebiet das Biosphärenreservat als solches in Frage zu stellen.

Es ist eine Tatsache, dass sich die Landschaft im inneren Ötztal in den letzten 30 Jahren kontinuierlich gewandelt hat. So ist es gar nicht einfach für den Betrachter diesen Wandel bewusst wahrzunehmen. Eine gängige Methode um den Wandel begreifbar zu machen ist der Vergleich von alten und neuen Photographien – aufgenommen von ein und der gleichen Position. An anderer Stelle wird in Berichten zum Forschungsprojekt FOOTPRINTS genauer darauf eingegangen. Die Arbeitsgruppe des Departments für Naturschutzbiologie der Universität Wien hat sich nun die Aufgabe gestellt, alte Luftbilder (1970 - 1971) nach den Bewertungskategorien - wie in den zuvor

7. Konzepte zur Zonierung eines Biosphärenreservats im inneren Ötztal

vorgestellten Probekreisen - zu interpretieren. So ist ein direkter Vergleich mit der Ist – Situation möglich. Letztendlich ermöglicht diese Art der Auswertung eines der wesentlichen Ziele des Projektes FOOTPRINTS – „Fußabdrücke aus der Vergangenheit“ – zu dokumentieren.

Die folgenden Ausführungen stellen die methodischen Ansätze und die Datenlage dar, die für eine der Sevilla Strategie angepassten Neuzonierung des Biosphärenreservats Gurgler Kamm zur Anwendung kommen könnten. Der gesamte Prozess der Aberkennung des gegenwärtigen Status des Biosphärenreservats Grugerl Hauptkamm durch die UNESCO und eine daraus folgende mögliche Neueinrichtung ist noch im Status der Verhandlungen. Die Arbeitsgruppe FOOTPRINTS hat jedoch in den Jahren 2006 – 2009 im Rahmen eines durch das MAB – Nationalkomitee geförderten Forschungsvorhaben konkrete Vorschläge zu einem Biosphärenreservat Inneres Ötztal entwickelt.

Aus der Kombination von Freilanderhebungen und von GIS- Analysen werden flächenbezogene vegetations- und landschaftsökologische Daten erhoben. Diese Daten – die den ökologischen Ist - Zustand des inneren Ötztals dokumentieren sollen – bilden eine Basis, um Vorschläge für eine Neugestaltung bzw. einer Zonierung eines Biosphärenparks in dieser Region zu schaffen.

7.3 Das Untersuchungsgebiet

Das Ötztal gehört zu den bedeutendsten und zuhöchst hinauf besiedelten Tälern der Zentralalpen. Im Westen erstreckt sich das Pitztal, im Osten das Stubaital und das Sellraintal, im Süden, südlich des Alpenhauptkamms das Passeier- und Schnalstal. Das Ötztal war nie ein abgeschlossenes Tal auf Grund der Verbindung nach Süden (Passeiertal - Südtirol) hin übers Timmelsjoch. Das Ötztal ist nach dem Zillertal der zweitgrößte Zubringer des Tiroler Inntales. Die Höhenerstreckung es Ötztals reicht von 700 m bis 3.700 m NN. Von wesentlicher Bedeutung für die Entwicklung zur heutigen Kulturlandschaft ist die treppenartige Gliederung des Tales in Talweitungen und Riegel bzw. Stufen. Das Tal wird in äußeres (bis Aschbach) und inneres Ötztal unterteilt. Bei der Ortschaft Zwieselstein (1470 m) teilt sich das Ötztal in das Gurgler Tal, das in der Hauptrichtung weiterzieht, und das Venter Tal, das sich in südwestliche Richtung erstreckt (Fliri 1975, Patzelt 1996, Erschbamer & Grabner 2000).

Die Ötztaler Alpen zählen mit ihren silikatreichen, metamorphen Gesteinen zu den Zentralalpen. Das Ötztal gehört zu den inneralpinen Trockentälern und wird klimatisch durch den vorgelagerten Tschirgant-Bergsturz abgeschirmt. Die mittleren Jahresniederschläge betragen in Obergurgl 827 mm, in Vent 699 mm und bei den Rofenhöfen 771 mm. Die trockenste Jahreszeit ist der Winter,

7. Konzepte zur Zonierung eines Biosphärenreservats im inneren Ötztal

gefolgt vom Frühjahr. Daher wurden im Ötztal stets Fluren und Wiesen bewässert. Mit dem Rückgang der Landwirtschaft ist die Flurbewässerung verschwunden. (Heuberger 1975).

In Bezug auf Temperaturen ist das Ötztal gegenüber den Nordstaulagen um durchschnittlich etwa 4 °C begünstigt, was eine Erhöhung der Vegetationsgrenzen zur Folge hat. So liegt die potentielle Waldgrenze auf 2300 m ü. NN. und die Grenze der Blütenpflanzen auf 3400 m ü. NN. Die potentielle Waldgrenze wird im Ötztal von *Pinus cembra* gebildet.

Besiedlungs- und Kulturgeschichtlich sind die ersten Rodungen im Talboden des Ötztals im 10. Jh. n. Chr. und im 12. Jh. n. Chr. erster Getreideanbau nachweisbar. Dagegen sind Brandrodung und Weidenutzung in den Hochlagen im Innerötztal bereits um 4500 v. Chr. durch Hirten und Jäger, die vom Süden über den Alpenhauptkamm zogen, erfolgt. Natürlich waldfreie Flächen, vor allem an den Südhängen, wurden neben Weide auch als Bergmähder genutzt. Bis vor 50 Jahren war die Lebensgrundlage der Bevölkerung im Ötztal die traditionelle, kleinteilige Berglandwirtschaft, die meist nur kargen Eintrag erwirtschaften konnte. In der Nachkriegszeit setzt dann die touristische Erschließung ein und wird als bedeutender Wirtschaftsfaktor erkannt, wodurch es zu einem Rückgang der Berglandwirtschaft kommt. Dabei kommt es Neuerschließungen von Schipisten und dem Ausbau und Modernisierung touristisch nutzbarer Anlagen sowie zu einer erhöhten Siedlungstätigkeit. Das Ötztal entwickelte sich innerhalb kurzer Zeit zu einer vom Tourismus am intensivsten genutzten Region des gesamten Alpenraumes. (Pazelt 1996, Patzelt et al. 1997, Erschbamer & Grabner 2000).

Gegenstand des Projektes FOOTPRINTS war vor allem die Gegenüberstellung der beiden Katastralgemeinden Obergurgl und Vent der Gemeinde Sölden.

Um 1900 lebten in der auf 2000 m.s.m. gelegenen Ortschaft Obergurgl nur 11 Bauernfamilien, die den beginnenden Sommertourismus – vor allem Engländer - als Einnahmequelle nutzten. Nach dem 2. Weltkrieg hat sich der Wintertourismus zu entwickeln begonnen, der das höchstgelegene Kirchdorf der österreichischen Ostalpen völlig dominiert.

Die Ortschaft Vent im hintersten Ötztal liegt auf etwa 1800 m und ist eine noch bäuerlich geprägte Ortschaft, da sie sich die Umgebung für den Wintertourismus nicht so gut eignet (Lawinenabgänge auf der Südseite). Vent ist vor allem durch eher sanften Sommertourismus gekennzeichnet wozu auch der Fund der Gletschermumie am nahegelegenen Hauslabjoch beiträgt.

7.4 Methoden

7. Konzepte zur Zonierung eines Biosphärenreservats im inneren Ötztal

Für die Ausweisung der drei Zonen eines Biosphärenreservats – Kernzone – Bufferzone – Entwicklungszone – bedarf es der Kenntnis über die Ausstattung des Planungsgebietes mit den Ressourcen des ökologischen und des sozioökonomischen Raumes. Aus ökologischer Sicht ist daher eine flächendeckende Erfassung der Landschaftsausstattung (Kombination aus Landbedeckung und Landnutzung) notwendig.

Begrenzte finanzielle und zeitliche Ressourcen erlauben in den meisten Fällen keine flächendeckende, räumliche Kartierung der Vegetationseinheiten oder landschaftsökologischer Gegebenheiten in einem großen Untersuchungsgebiet – dies gilt auch für die gegenständliche Untersuchung. So wurde vom Arbeitsteam Vegetations- und Landschaftsökologie der Versuch unternommen, eine flächendeckende Landbedeckungskarte und darauf aufbauenden Folgeprodukten (z.B. Hemerobiekarte) auf Basis einer objektorientierten Bildklassifikation zu erstellen. Als sinnvoll erschien – auch auf Grund der vorhandenen Datenlage – eine auf Trainingsgebieten basierende kontrollierte Bildklassifikation durchzuführen.

Um diesen Arbeitsschritt durchzuführen, war es nötig, den zu untersuchenden Landschaftsausschnitt durch eine repräsentative Stichprobe hinsichtlich landschaftsökologischer Strukturparameter und vegetationsökologischer Gegebenheiten zu begreifen.

Aufbauend auf dieser Stichprobe wurde dann mit Hilfe einer objektbasierten Bildklassifikation die Landschaft analysiert. Die Bildung von Bildsegmenten ist dabei ein wesentlicher methodischer Schritt. Diese Bildsegmente wurden bereits vor der eigentlichen Klassifikation für die Gestaltung einer Stichprobe zur Landschaftsanalyse verwendet.

Die automatisierte Bildklassifikation wurde durch vorliegendes Kollateralwissen (österreichische Kulturlandschaftskartierung, Wrška 2000; Landbedeckung, Wrška 1999) und Datensätze, die von der Tiroler Landesregierung (z.B. Waldkarte nach Schiechl und Stern) zur Verfügung gestellt wurden, justiert.

In den Gebieten mit hoher menschlicher Aktivität gepaart mit der Ausstattung wichtiger Naturgüter wurden die automatisierten Bildanalysen durch stereoskopische Bildauswertung noch verfeinert.

7.4.1 Die Stichprobe

Das digitale Höhenmodell des Untersuchungsgebietes wurde gemeinsam mit der geologischen Karte durch das Verfahren des *Iso – Clusterings* von räumlichen Rasterdatensätze analysiert. Die flächendeckend vorliegenden räumlichen Schichten Höhe, Exposition, Inkliniation und Geologie wurden hier als Attribute eines multivariaten Klassifikationsverfahrens verwendet. Es konnten so 20 Klassen erarbeitet werden, die die unterschiedlichen Höhenstufen, Expositionen, Steilheitsstufen und geologische Verhältnisse im Untersuchungsgebiet widerspiegeln.

Die objektive Vorgehensweise bei der Wahl der Untersuchungsflächen für die folgenden Freilanderhebungen basiert auf der Methode des *Stratified (Random) Sampling Designs* (Green 1979, Mühlenberg 1989, Reiter 2001). Die 20 Klassen stellten in diesem Falle die Straten (Schichten) dar. Nur 13 Straten schienen jedoch geeignet für Freilanderhebungen. Aus diesen wurden mehrere Punkte (in der Regel 3 Gridzellen mit einer Kantenlänge von 25 x 25 Meter) gewählt.

Da die Erhebungen in den Probepunkten durch die Mitarbeit von Studierenden erfolgten, war eine echte Zufallswahl nur begrenzt möglich. Die Gründe dafür waren die Gefahren, die sich aus der Topographie des Geländes ergaben. Als ungeeignet für eine Felderhebung mit Studierenden wurden die Klassen ab einer Seehöhe von 2600 und einer Steilheit von mehr 38% erachtet. Höher gelegene Bereiche wurden von Mitarbeitern des Projektteams im Sommer 2007 erhoben. Als Auswahlkriterium für eine Fläche aus einem geeigneten Stratum galt die Tatsache der relativ leichten Erreichbarkeit (nicht mehr als zwei Stunden Fußweg) und die Nähe zu einem Weg oder Steig. So muss dieses Wahlverfahren als semiobjektiv bezeichnet werden (vergl. Reiter 2001).

Um die Probepunkte von einem flächenlosen Objekt zu einem flächigen Objekt zu wandeln wurde jeder Punkt mit einem Radius von 50 Metern „gebuffert“, d.h. jeder Punkt wurde mit einer kreisrunden Zone von 100 Meter Durchmesser umschrieben. Diese Flächen mit einer Grundfläche von 7854 m² bildete die eigentliche – für bestimmte geoökologische Sachverhalte repräsentative – Erhebungsfläche – in der Folge als Probekreise bezeichnet.

7.4.2 Segmentierung des Untersuchungsgebietes

In der Tradition raumbezogener ökologischer Feldererhebungen war bis vor einiger Zeit die Abgrenzung von Mapping Units durch Polygone auf Karten oder Bildmaterialien im Gelände Standard. Im gegenständlichen Fall erfolgte die Abgrenzung bereits vor der Feldarbeit durch die

7. Konzepte zur Zonierung eines Biosphärenreservats im inneren Ötztal

Methoden der automatisierten Segmentierung von Bildmaterialien. Hier wurden für unsere Arbeitsgruppe völlig neue Wege beschritten.

Die Segmentierung unterteilt das digitale Bild in Bereiche (Segmente = räumlich zusammenhängende Mengen von Bildpunkten = Pixel), die in der realen Welt eine Bedeutung haben. Die Segmentierung der Flächen erfolgte mit dem Bildanalyseprogramm eCognition der Firma Definiens AG. Der Segmentierungs-Algorithmus des Programms erstellt Bildsegmente, die auf den vier Kriterien *scale*, *colour*, *smoothness* und *compactness* basieren. Das Kriterium *scale* beeinflusst die relative Größe der resultierenden Segmente, die Kriterien *colour*, *smoothness* und *compactness* sind Variablen zum Optimieren der Homogenität und der räumlichen Komplexität. Der Prozess der Segmentierung wird als eine sogenannten *multiresolution segmentation* bezeichnet.

Das gesamte Untersuchungsgebiet wurde so in 84.000 Segmente untergliedert. Über den Schritt der Segmentierung wurden auch die Objekte für eine folgende objektorientierte Klassifikation auf Basis von Trainingsgebieten erstellt.

Die Segmente bildeten einerseits die Basis für die Freilanderhebung, d.h. aus der Gesamtheit der 84000 Segmente wurden jene extrahiert, die sich mit den Probekreisen decken. So wurden aus der Gesamtheit der Segmente 1600 Segmente im Gelände nach landschaftsökologischen und vegetationsökologischen Gesichtspunkten kartiert. Andererseits wurden die Segmente quasi als Trainingsgebiete (Sample) auch für die flächendeckende Landbedeckungsklassifizierung verwendet.

Da die Probekreise und somit die sie beinhaltenden Segmente repräsentativ für das gesamte Untersuchungsgebiet stehen – mit Ausnahme der Hochgebirgsregion / Gletscherregion – kann so ein Bild zu den Vegetationsverhältnissen, Nutzungsgegebenheiten und landschaftsrelevanten, strukturellen Sachverhalten gewonnen werden.

7. Konzepte zur Zonierung eines Biosphärenreservats im inneren Ötztal

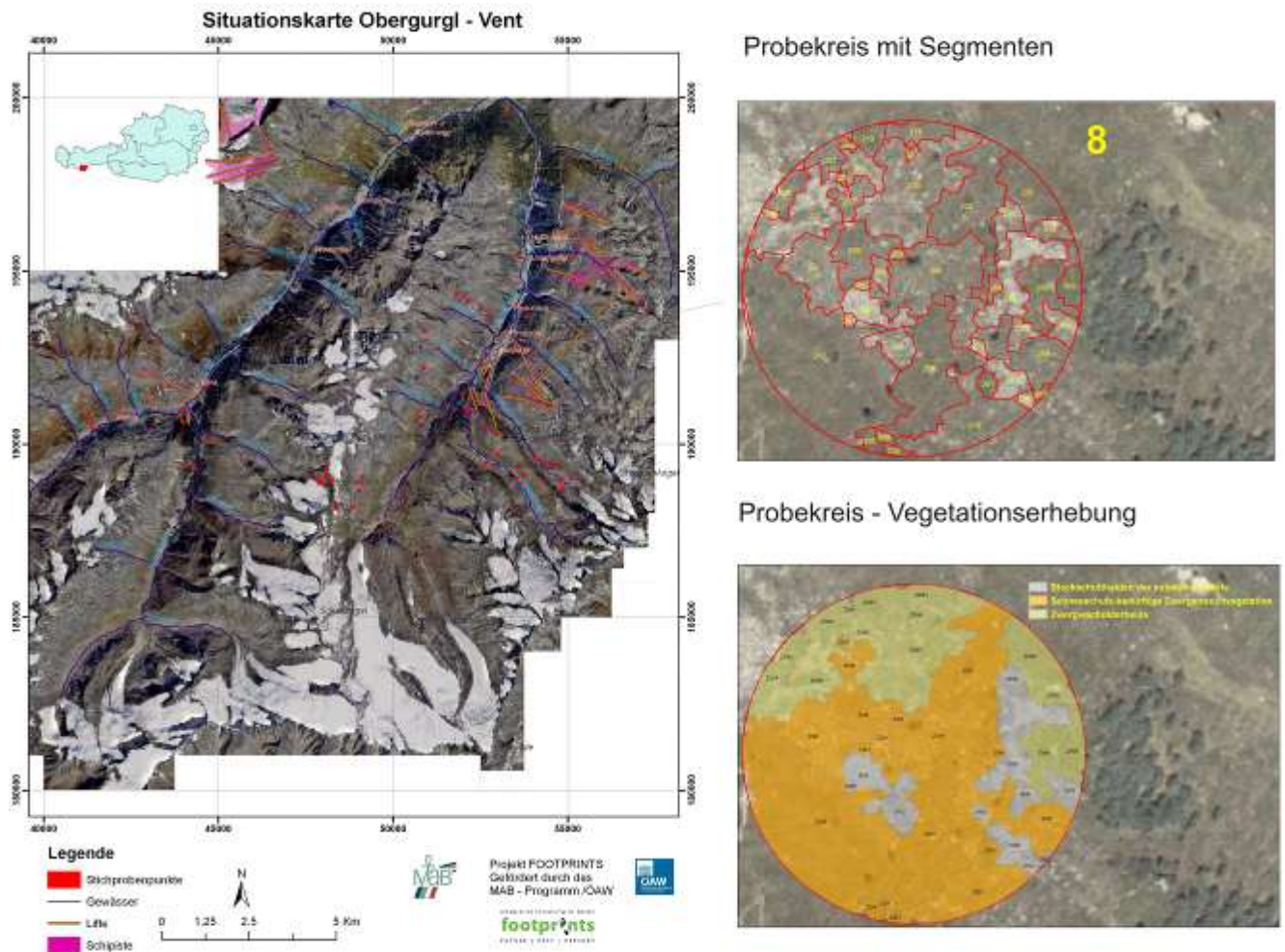


Abbildung 1: Stichprobenplan für die Freilanderhebungen im Untersuchungsgebiet; Darstellung eines Probekreises mit seinen Segmenten (Landschaftselemente) und die Ergebnisse der Freilanderhebung zu den Vegetationstypen.

7.4.3 Kartierung

Einheiten der Kartierung waren einerseits das einzelne Landschaftselement (= Segment) und andererseits die Landschaft, die vom jeweiligen Probekreis in seiner Gesamtheit repräsentiert wurde. Durch eine flächendeckende Kartierung in den Probekreisen wurden die Merkmale der Landschaftsstruktur sowie Vegetationseinheiten, Hemerobie (Kultureinfluss), Trophie, Artenreichtum, Entstehungsgeschichte und Dynamik der Landschaftselemente im Gelände erhoben.

Tabelle 1: Vegetationsökologische und landschaftsökologische Strukturdaten, die in den Segmenten erhoben wurden

- Disturbance Landunit – Anthropogene Störung (DIA)
- Disturbance Landunit – Natürliche Störung (DIN)
- Ressource Landunit – Ressource verfügbares Wasser (RWT bzw. RWF)
- Ressource Landunit – Ressource verfügbare Nährstoffe (RNA bzw. RNR)
- Regeneration Landunit (RGL)
- Introduced Landunit – Belebte Strukturen/ Vegetation (INB)
- Introduced Landunit – Unbelebte Strukturen (INU)
- Change of Persistent Landunits – Veränderung eines Restes der früheren Landschaft (CPL)

- Hemerobie
- Nutzungstypen in der Kulturlandschaft
- Vegetationstypen im oberen Ötztal (siehe Tabelle 2)
- Vegetationshöhe in cm

Durch die hier verwendete Methode der Kartierung können durch den feinmaßstäblichen Ansatz Informationen über die Ausstattung der Landschaften gesammelt werden, die ein Up-Scaling auf die Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes ermöglichen.

7. Konzepte zur Zonierung eines Biosphärenreservats im inneren Ötztal

Tabelle 2: Vegetationseinheiten des Kartierungsmanuals für die Probekreise.

AAH	Alpenazaleen-Windheiden
ALL	Bach-Alluvionen und Schotterbänke
BMD	Bergmähder, z. T. aufgelassen oder beweidet
SHS	Blockschutthalden der subalpinen Stufe
KAF	Felsformationen ohne höhere Vegetation
FRA	Felsrasen/Felsspaltenvegetation
FWS	Fettwiese, stark gedüngt
GIN	Gebäude und Infrastruktur
GEW	Gewässer
GEF	Grünerlen-Gebüsch
HSF	Hochstaudenflur (z.B. an Bachufern)
MOJ	Jüngere Moränen (weniger als ca. 70 Jahre lange eisfrei)
KSR	Krummseggenrasen
LAG	Latschengebüsch
ZSH	Schneeschutz-bedürftige Zwergstrauchvegetation
NRR	Nacktriedrasen (Elynetum)
MOO	Niedermoore, Flachmoore
QUF	Quellfluren, Bereiche von Rinnsalen
RUD	Ruderalvegetation (inkl. Schlagfluren, dörtl. Ruderalvegetation)
SBG	Schneebodengesellschaften
SHA	Schutthalden der alpinen Stufe
BLW	Subalpin-alpine Bürstlingsweiden
WEG	Wege und Steige
ZLW	Zirben-Lärchenwald
FIW	Fichtenwald
LAW	Laubwald
ZWH	Zwergwacholderheide

AUFFINDEN DER PROBEFLÄCHEN

Das Auffinden der Probestellen erfolgte mittels Orthophoto sowie dem Programm ArcPad und GPS. ArcPad ist eine Anpassung des GIS an das Freiland. Es ist mit einem Handheld-Computer bedienbar und ermöglicht Auffinden von im GIS abgebildeten Elementen, Digitalisieren, Eingabe thematischer Informationen und Verortung mit GPS und gestaltet so die Kartierungsarbeit effizienter. Die verwendeten Handheld-Computer verfügen über ein eingebautes GPS und lassen durch ein über einen eingebauten GSM – Teil empfangenes Korrektursignal Genauigkeiten von unter einem Meter erwarten.

7.4.4 Geodatenbank als Informationssystem zu einem zukünftigen Biosphärenreservats

Im gegenständlichen Forschungsvorhaben kamen ähnliche Ansätze zur räumlichen Ausarbeitung der Zonierung eines Biosphärenreservats zur Anwendung wie diese von den Autoren bereits für die Zonierung des Biosphärenreservats Wienerwald entwickelt wurden (Becker et al. 2005). Die räumlichen Informationen zur Fläche des Untersuchungsgebietes flossen in ein Expertensystem ein, das zur Bewertung der Eignung von Landschaftsausschnitten als Entwicklungs- Pflege- oder Kernzone eines Biosphärenreservats diente. Als wesentliches Methodeninventar zum Transport der Erkenntnisse aus den Arbeitspaketen soll ein Expertensystem gelten.

Der eigentlichen Schaffung des Expertensystems war die Bildung eines *Spatial Decision Support System* (SDSS, räumliches Entscheidungsunterstützungssystem) vorgeschaltet. Ziel eines solchen Systems ist es nicht, dem Entscheidungsträger die Entscheidungen abzunehmen (Ceranka 1996, Mittra 1986, Sprague & Watson, 1986), sondern sie bieten insbesondere bei unübersichtlichen, komplexen Problemen Entscheidungsunterstützung z.B. durch Datenaufbereitung an. Der Weg der Entscheidungsfindung ist durch die Darstellung der Entscheidungsregeln nachvollziehbar.

Verschiedene räumliche Layer, deren Inhalte als relevant für die Fragestellungen des Forschungsvorhabens zu beurteilen sind, wurden synoptisch zusammengeführt, analysiert und hinsichtlich der gestellten Fragestellungen interpretiert.

Mit Methoden der Geographischen Informationssysteme wurde jede Rasterzelle hinsichtlich ihrer Ausstattung bezogen auf die einzelnen räumlichen Ebenen untersucht. Dabei wurde das gesamte Untersuchungsgebiet als Rasterraum abgebildet. Dieser besteht 116000

Rasterzellen (Quadrate im Sinne eines Vektor- GIS) mit einer Kantenlänge von 50 Meter. Nachdem für das Untersuchungsgebiet alle räumlichen Layer (Landbedeckungsklassen, Schutzgebietsausweisung, Karte der Schipisten, Höhenmodell, Waldkarte) gesichtet und für die weiteren Arbeitsschritte aufbereitet waren (z.B. Georeferenzierung, Fehlerkontrolle, Verschneidung), wurden deren Inhalte auf quadratischen Rasterflächen bezogen.

Die daraus resultierende Datenbank und die mit ihr verbundenen geographisch - geometrischen Daten bilden die Kern eines *Spatial Decision Support System* (SDSS), welches in einem serverbaiserten GIS abgebildet ist.

Für den Personenkreis, der für die Etablierung eines „neuen“ Biosphärenreservats identifiziert wurde (Wissenschaftler, politische Entscheidungsträger, regionale Stakeholder) kann der Zugang zum Expertensystem über Web – Applikationen einer GIS_server Umgebung jederzeit geboten werden.

7.4.5 Objekt-basierten Bildanalyse

Die Objekt-basierten Bildanalyse ermöglicht durch ihre modulares Konzept eine Integration von Expertenwissen und Geo- und Fernerkundungsdaten in räumliche hierarchische Modelle. Diese basieren auf Bild-Objekten (Polygone) als zentrale Einheit. Die Generierung der Bild-Objekte erfolgt anhand der Multi-Resolution Segmentierung von Fernerkundungsdaten. Dabei handelt es sich um einen Algorithmus bei dem homogene Bildbereiche basierend auf den Homogenitätskriterien Farbe und Form in Bild-Objekte zusammengefasst werden. Multiple Segmentierungen unterschiedlicher Auflösung werden zu einem hierarchischen Bild-Objekt-Netzwerk verknüpft.

Die einzelnen Bild-Objekte können so anhand ihrer Objekt-Eigenschaften (Spektrale Information, Form, Textur), ihrer Nachbarschaftsbeziehungen, aber auch anhand der Lage innerhalb des hierarchischen Netzwerks beschrieben werden. Dieser umfangreiche Merkmalsraum kann zu verschiedenen in der Software Definiens Developer 7 (ecognition) implementierten Klassifizierungsmethoden herangezogen werden:

(I) Bei einer Crisp (harten) Klassifizierung definiert der Benutzer einen bestimmten Wert ab dem ein Objekt einer Klasse zugeordnet wird, während (II) bei einer Fuzzy (weichen) Klassifizierung ein Wertebereich in Form von mathematischen Kurven definiert wird. (III) Der *Nearest Neighbour* Algorithmus erlaubt die Klassifizierung anhand vom Benutzer selektierten

Beispiel-Objekten in einem komplexen Fuzzy-Merkmalsraum bei dem sowohl Objekt-Eigenschaften, als auch Nachbarschafts- und hierarchische Beziehungen miteinbezogen werden können. Die Abfolge der einzelnen Analyseschritte in der Software kann in Form von sog. Rule Sets gespeichert werden, wodurch der Aufbau eines reproduzierbaren, semi-automatisierten Klassifizierungssystems ermöglicht wird.

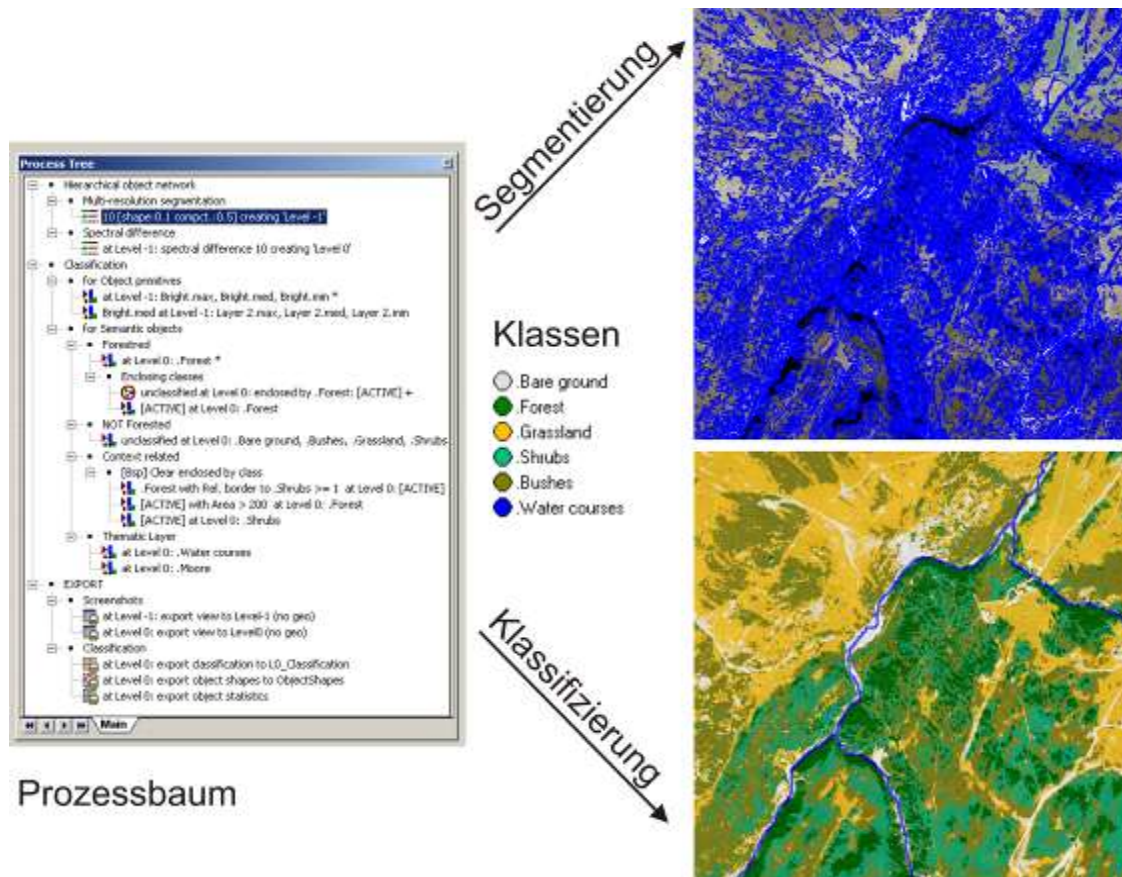


Abbildung 2: Darstellung des Ablaufs der Objektorientierten Bildklassifikation mit Definiens Developer 7;

7.4.6 Die Methode der Entzerrung von Luftbilder

Jeder Punkt des Geländes wird bei einem Luftbild durch das Projektionszentrum (Brennpunkt des Linsensystems) auf die Filmebene projiziert. Das Gelände wird daher nicht maßstäblich wiedergegeben, denn wegen unterschiedlichen Abständen zwischen Gelände und Objektiv, herrschen überall auf dem Bild andere Bildmaßstäbe. Das Luftbild hat im daher im Gegenteil zur Karte bzw. im Gegenteil zum entzerrten Orthophoto den Nachteil, dass es die Landschaft verzerrt wiedergibt. Es ist deshalb nicht möglich Distanzen herauszulesen,

Flächen und Geometrien abzuleiten und dem Bild metrische Karteninhalte zuzuweisen. Da im gegenständlichen Projekt im intensiv genutzten Gebiet für die Erstellung der Karte der Landbedeckung teilweise eine visuelle Kontrolle automatisierten Klassifizierung durch ein stereoskopisches Modell der nötig war.

Als Grundlage für diese Arbeiten diente die Leica /Erdas LPS Photogram Suit zur Erstellung des Stereomodells und die Stereoanalyst Extension für ARCGIS als Programm zur 3D Betrachtung bzw. 3D Digitalisierung.

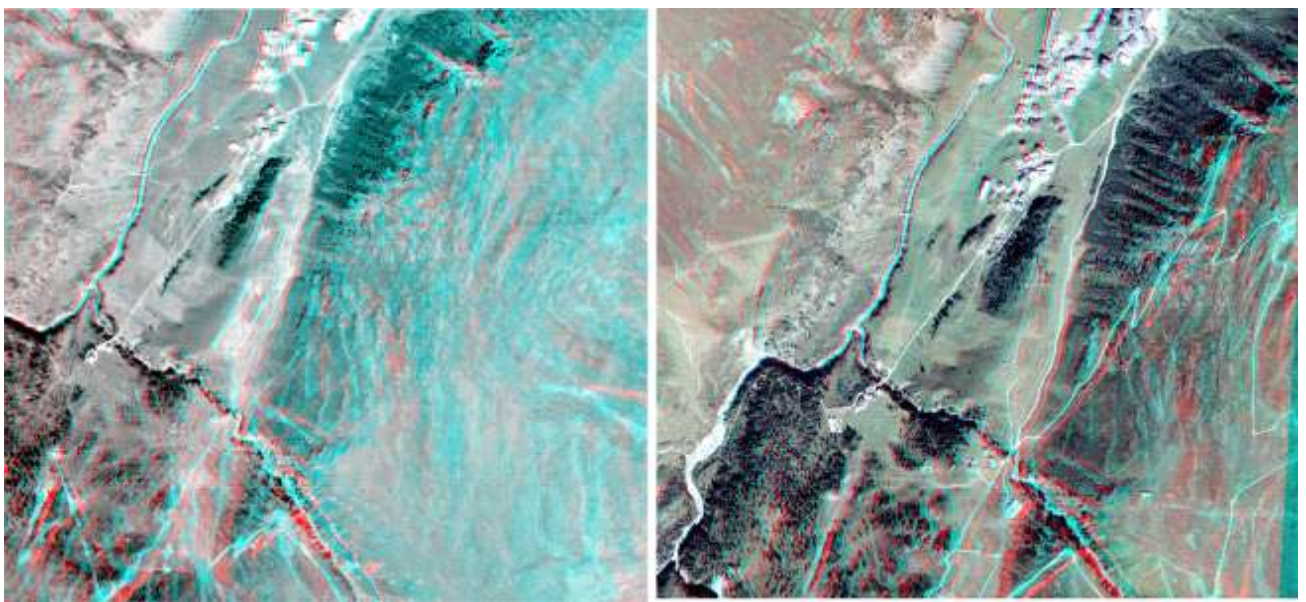


Abbildung 3: Anaglyphendarstellung der Ortschaft Obergurgl aus Luftbildern aufgenommen 1971 und 2003

BILDMATERIAL

Als Bildmaterial dienen in diesem Fall Luftbilder des BEV aus dem Jahre 1970 und 1971. Von den insgesamt 24 verschiedenen Luftbilder stammen 7 aus dem Jahre 1970 und 17 aus dem Jahre 1971. Die Bilder sind im Graustufenformat vorhanden und besitzen eine ungefähre Bodenauflösung von ca. 30 cm. Wichtig bei dieser Art von Bildmaterial ist die randliche Angabe der Flughöhe, die bei der Entzerrung eine wesentliche Rolle spielt. Probleme bei dieser Vorgehensweise ergeben sich zwangsläufig durch die Auflösung des Luftbildes, denn je höher das Flugzeug fliegt, desto mehr Bodenfläche wird aufgenommen. Auflösung und

somit auch die Erkennbarkeit im Luftbild sinkt, wobei aber klare Luft und kurze Schatten die Auflösung erhöhen. Die Grenzen der Entzerrung werden gegen den Rand des Luftbildes immer deutlicher, da gegen den Bildrand die Senkrechtsansicht zu leichter Schrägansicht wird.

7.5 Ergebnisse

7.5.1 Modell der Landbedeckung des inneren Ötztals

Die vorliegende flächendeckende Landbedeckungskarte des Untersuchungsgebietes ist das Ergebnis der Kombination einer auf Fernerkundungsmethoden basierenden Klassifikation und der Waldkarte von Schichtel und Stern. Als Quellen wurden neben dem GIS – Datensatz der Waldkarte Orthophotos des BEV aus dem Jahre 2003 und ein digitales Höhenmodell verwendet. Das Ergebnis der Analyse ist ein flächendeckender Datensatz der Landbedeckungsklassen des Untersuchungsgebietes. Dabei wurden auf der Ebene der Segmente (= land units) 12 unterschiedliche Landbedeckungsklassen + Gewässer identifiziert.

Die Klassifikation – vor allem die Ausweisung der Zirbenwälder – basieren weitgehend auf der Waldkarte von Schiechtl und Stern (1981). Flächen, die der Klasse *Nadelwald* angehörten und nach der der Waldkarte aus 1981 als Zirbenwaldflächen zu interpretiert waren, wurden in der gegenständlichen Landbedeckungskarte als solche festgelegt.

Die Klasse *Grünland mit viel Biomasse* ist in den meisten Fällen als rezent genutztes Wiesland zu interpretieren. Das *Grünland gemischt* stellt Offenlandflächen dar, die von Zwergsträuchern durchsetzt sind. Das *Grünland mit wenig Biomasse* stellt Flächen dar, die ein Muster auf offen Boden (Geröll), Pionierrasen und Zwergsträuchern darstellt. In diesen Bereichen befinden sich auch die Flächen mit Grünerle, die jedoch nur unzureichend als eigenständige Klasse zu interpretieren waren.

Die Klasse *Nadelwald* bildet in der Regel Fichtenwälder ab. Die Klasse *Mischwald* ist nicht als Laubmischwald zu interpretieren, sondern ist eine Mischung aus Fichte und Lärche bzw. bei zunehmender Höhe eine Mischung aus Lärche und Zirbe – jedoch immer wieder unterbrochen durch ausgedehnte Flächen mit Grünerle.

Den größten Flächenanteil im Untersuchungsgebiet hat die Klasse *Felsformationen ohne höhere Vegetation*, wobei festgehalten wird, dass sich auch hier immer wieder Flächen mit einer fragmentarischen Gefäßpflanzenflora finden. Durch den Rückgang der Gletscherflächen ist eine Zunahme dieser Flächenanteile noch zu erwarten.

Tabelle 3: Landbedeckungsklassen und ihre gutachterliche Hemerobieinstufung (ahemerob – unbeeinflusst; oligohemerob - gering beeinflusst; mesohemerob - stark/mittel beeinflusst; euhemerob - sehr stark beeinflusst; metahemerob – völlig versiegelt).

Eis- und Schneeflächen	ahemerob
Geringer Versiegelungsgrad	polyhemerob
Grünland gemischt	oligohemerob
Grünland mit viel Biomasse	mesohemerob
Grünland mit wenig Biomasse	oligohemerob
Laubwald	mesohemerob
Mischwald	oligohemerob
Nadelwald	mesohemerob
Vegetationsfreie, nicht versiegelte Standorte	oligohemerob
Schlipisten (nur Kollateralwissen)	alpha-euhemerob
Siedlungen	metahemerob
Moore	oligohemerob
Gewässer (mit Alluvionen)	oligohemerob

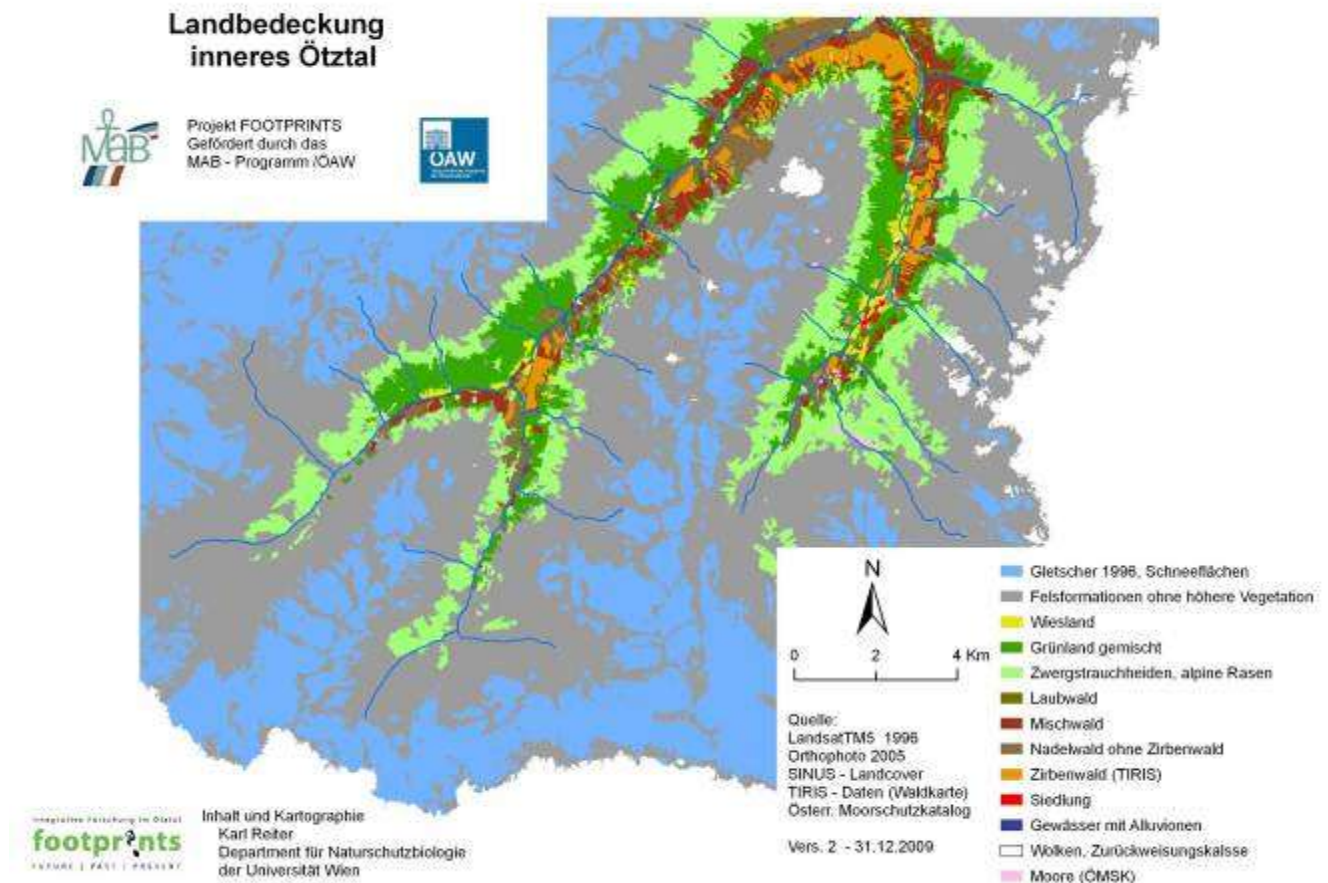


Abbildung 4: Karte der Landbedeckungsklassen als Ergebnis einer objektorientierten Bildklassifikation

7.5.2 Hemerobiebewertung

Zur Ausarbeitung effizienter Schutzstrategien braucht es ein hohes Maß an Informationen über die Ökosysteme des Untersuchungsgebietes. In diesem Zusammenhang spielen die Bewertung der Ökosysteme hinsichtlich der Intensität der menschlichen Nutzungskultur bzw. das Erfassen des Maßes der Veränderung der natürlichen Ökosysteme eine wesentliche Rolle. Diese Maß der menschlichen Nutzungskultur wird mit dem Begriff der Hemerobie bezeichnet. Das Hemerobiekonzept beruht auf einem aktualistischen Ansatz was bedeutet, dass die heutigen Standortverhältnisse als Ausgangsbasis zur Analyse des menschlichen Einflusses auf ein Ökosystem herangezogen werden. Dieses Konzept wurde von Jalas (1955) erstmals erwähnt, und in der Folge vor allem für den urbanen und agro-kulturellen Lebensraum und auch Waldökosysteme weiterentwickelt (Sukopp 1972, Blume & Sukopp 1976, Kowarik 1988, Grabherr et al. 1998).

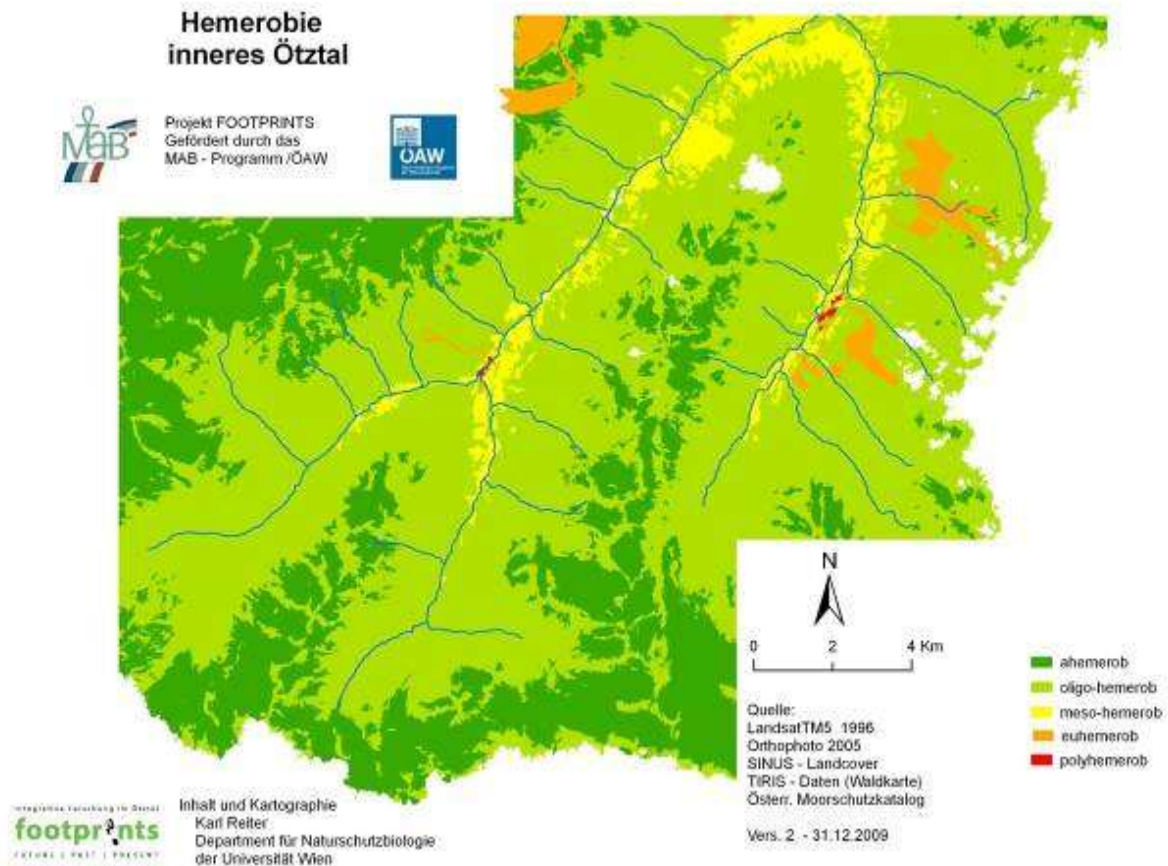


Abbildung 5: Karte der Hemerobie - des Kultureinflusses als Interpretation der Landbedeckungsklassen

Die Hemerobie bzw. der Kultureinfluss liefert eine Vorstellung zur Naturnähe der Region. Die gutachterliche Zuweisung von Hemerobiestufen (siehe Tabelle 3) zu den jeweiligen Landbedeckungsklassen erfolgte auf Basis der visuellen Beurteilung der Flächen im Zuge der Geländeerhebung in den Probekreisen.

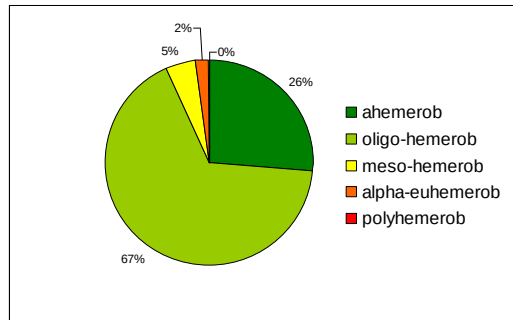


Abbildung 6: Prozentuelle Verteilung der Hemerobieklassen im Untersuchungsgebiet; die Klasse polyhemerob liegt bei 0,05%.

Die Region stellt sich in ihrer Gesamtheit als hoch naturnahe dar bzw. ein großer Kultureinfluss kann bei einer rein flächigen Betrachtung nicht erkannt werden. Die Ausdehnung der polyhemeroben Siedlungsflächen ist im Vergleich zu den Gletscherflächen oder den ausgedehnten Flächen des offenen Felsformationen verschwindend klein.

7.5.3 Zonierungskonzept auf Basis der erarbeiteten Landbedeckungsklassen

Für die Zonierung eines zukünftigen Biosphärenreservats wurden methodische Vorgehensweisen gewählt, die in ähnlicher Form bereits für die Erstellung des Landschaftsinventars im Biosphärenreservat Großes Walsertal (Reiter et al. 2003, für die Zonierung des Offenlandbereichs im Biosphärenreservat Wienerwald (Becker et al. 2005) und für die Bestimmung der ökologische Komplexität der österreichischen Gemeinden zur Anwendung kamen (Reiter et al. 2004).

Für die Zonierung wurde ein Regelsystem auf Basis der im SDSS abgebildeten Daten entwickelt. Folgendes Regelsystem wurde für die Zuweisung zu einer der drei Zonen eines Biosphärenreservats angewendet:

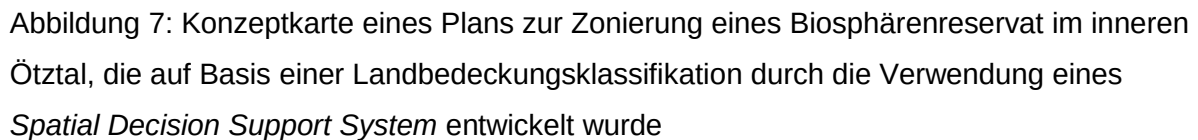
- Alle Flächen, die in der Schutzgebietes Kategorie Ruhegebiet liegen, werden der Kernzone zugewiesen – diese gilt nicht nur für Gletscher und Felsformationen sondern auch für Wälder und Grünland
- Wälder außerhalb von Schutzgebieten sind Bufferzone zugerechnet – sofern Wälder in direkter Nachbarschaft zu Siedlungsflächen liegen, werden diese der Entwicklungszone zugerechnet

- Schipisten sind Bufferzonen
- Grünlandflächen gehören zur Bufferzone bzw. in direkter Nachbarschaft zu Siedlungsflächen zur Entwicklungszone
- Siedlungsgebiete sind Entwicklungszone

Die Regeln wurden im SDSS analysiert und die Rasterzellen, die vom Flächenanteil am stärksten einer Regel entsprechen, wurden dann einer der drei Zonen zugewiesen.

Tabelle 4: Anteil der einzelnen Landbedeckungsklassen an den drei Zonen eines Biosphärenreservats. Eine Rasterzelle (50x50m) entspricht einer Grundfläche von 2500 m²

Anzahl der Rasterzellen	Zone	Landbedeckungstyp
60	Entwicklungszone	Mischwald
83	Entwicklungszone	Geringer Versiegelungsgrad
120	Entwicklungszone	Grünland gemischt
182	Entwicklungszone	Grünland mit viel Biomasse
649	Bufferzone	Nadelwald
1176	Bufferzone	Grünland gemischt
1809	Bufferzone	Mischwald
2279	Bufferzone	Grünland mit wenig Biomasse
		Vegetationsfreie, nicht versiegelte Standorte
5259	Bufferzone	Standorte
1978	Kernzone	Nadelwald
2477	Kernzone	Mischwald
2647	Kernzone	Grünland gemischt
4799	Kernzone	Grünland mit wenig Biomasse
21904	Kernzone	Eis- und Schneeflächen
		Vegetationsfreie, nicht versiegelte Standorte
68829	Kernzone	Standorte



Wie weit muss die touristische Nutzung gehen, damit eine hochalpine Region ihren Reiz als ursprüngliche – naturnahe Landschaft verliert ? Diese Frage wurde mit dem Aberkennungsverfahren der Auszeichnung des Gurgler Hauptkamms als Biosphärenreservat mit „Jetzt“ beantwortet. Aber Nichts desto Trotz ist diese Region durch das reichhaltige Mosaik an Landschaftstypen, der bereits jahrhunderte alten Nutzung der Talböden als Kulturland und vor allem auch der Tatsache, dass dieser Region immer eine Verbindung zu den südlich gelegenen Tälern Südtirols darstellte würdig, als Biosphärenreservat weiterhin zu gelten - aber mit neuer Zonierung und größerer Ausdehnung.

Bei den Landschaftstypen dominieren bezogen auf die flächige Ausdehnung die Gletscher bzw. die Felsfluren, die nach Konvention als Landschaftstyp: Felsfluren ohne höherer Vegetation bezeichnet werden, wobei aber der relative Gefäßartenreichtum auch hier sehr hoch ist.

Die Hemerobiebewertung zeigt, dass 90% der gesamten Fläche des Untersuchungsgebietes als naturnahe bzw. natürlich bezeichnet werden können – ein Wert, der in vielen als Biosphärenreservate ausgezeichnete Gebiete nicht annähernd erreicht wird. Die wenigen Siedlungsgebiete, die als polyhemerob anzusprechen sind, sind in einer Gesamtflächenbilanz eigentlich nicht darstellbar. Auch der Flächenverbrauch der Aufstiegshilfen ist eher gering und die als euhemerob bezeichneten Schipistenbereiche bedecken nur 2% der Gesamtfläche. Die Bewertung als euhemerob ergibt sich aus der Tatsache, dass die dort vorherrschenden Vegetationstypen nicht der natürlich vorkommenden entsprechen, sondern in der Regel als Ersatzgesellschaften zu bezeichnen sind bzw. wurden für die Begrünung der verletzten Flächen Einsaatmischungen verwendet. Den vergleichsweise geringen Flächenverbrauch dieser Bereiche kann man nur relativ sehen – die landschaftlich wirksamen Elemente wie Aufstiegshilfen und Pisten prägen das Erscheinungsbild der Gesamtlandschaft und bewirken einen eher negativen Gesamteindruck für den naturbegeisterten Menschen.

Ein fehlendes Konzept hinsichtlich nachhaltiger Bewirtschaftung der Schigebiete (künstliche Beschneigung, Schipisten auf der Hohen Mut) in Obergurgl gepaart mit dem negativen Landschaftseindruck, lassen es berechtigt erscheinen, die Eignung der Region um Obergurgl als Biosphärenreservat zurückzunehmen.

Die Ausweisung des Ortskerns von Vent als Entwicklungszone, welches nach dem nachvollziehbaren Regelwerk des Entscheidungssystems vorgegeben ist, erscheint als fragwürdig und würde bei einer durch Erfahrung geleiteten Bewertung sicher die Kategorie Bufferzone wenn nicht sogar Kernzone gefordert werden. Ähnliches gilt für die Region in Richtung Altvent bzw. dem Weg zur Martin Busch Hütte, die als Bufferzone definiert sind. Nur kann durch diese Bewertung eine nachhaltige touristischen Nutzung in diesem Bereich vorangetrieben werden, was bei einer Kernzone eigentlich nicht möglich wäre.

Die direkte Zuweisung der polyhemeroben Bereich zur Entwicklungszone, der euhemeroben, meso- und oligohemeroben Bereiche zur Bufferzone und die ahemeroben Bereiche zur

Kernzone wäre möglich aber die Einbindung weiterer Informationen wie Nachbarschaftssituation, naturschutzrechtliche Gegebenheiten erlauben eine individuellere Bewertung. Die Flexibilität des Bewertungssystems erlaubt jedoch durch leicht zu ermöglichende Änderung des Regelwerks auch die Präsentation von Veränderten Zonierungsplänen. Die so angebotenen Informationen (Entscheidungshilfesystem) sind jedoch nur eine Hilfe für die Entscheidungsträger.

Das hier vorgestellte klar nachvollziehbare Konzept zu einer möglichen Zonierung eines zukünftigen Biosphärenparks stellt nur eine von vielen Möglichkeiten dar, in der Region des Inneren Ötztals diese Idee des MAB – Programms zu verwirklichen. Bei der gegenständlichen Arbeit wurde in das Konzept weder der Naturpark der benachbarten Texelgruppe noch der Naturpark Sölden miteinbezogen, was aber bei der endgültigen Ausfertigung einer rechtsverbindlichen Zonierung eines *Biosphärenreservats Inneres Ötztal* als unbedingt notwendig erscheint.

Literatur

- APA-OTS Tourismuspresse (2008): General Winter rüstet in Obergurgl-Hochgurgl gewaltig auf. Online einsehbar: http://www.tourismuspresse.at/presseaussendung.php?schluessel=TPT_20080115_TPT0002&ch=alle%20meldungen
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W. & Weiber, R. (2006): Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. 11. Auflage. Springer Berlin Heidelberg. 836 Seiten.
- Bätzing, W. (2003a): Die Alpen - Geschichte und Zukunft einer europäischen Kulturlandschaft; C.H.Beck. Arnold, F. (1858–1897): Lichenologische Ausflüge in Tirol, 1–30. Verhandl. Zool.-Bot. Ges. Wien. (Gesammelte Lichenologische Schriften von F. Arnold, 3. Reprint 1970, Cramer, Lehre).
- Bätzing W. (2003b): Die Alpen - Geschichte und Zukunft einer europäischen Kulturlandschaft; 2. Aufl., Verlag C.H. Beck. 431 S.
- Bayfield, N.G. (1996): Long-term changes in colonization of bulldozed ski pistes at Cairn Gorm, Scotland. *Journal of Applied Ecology*, 33: 1359–1365.
- Beck-Mannagetta P., Braumüller E., Kerschhofer J. (1963): Geologische Übersichtskarte der Republik Österreich. Massstab 1:1 Mio. In: Kommission für Raumforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (Hrg.): Atlas der Republik Österreich.
- Becker, B., Kainz, S., Kraus, R., Pollheimer, M., Reiter, K., Schoberleitner, W., Scholl, S-, Schopper, G., Wrбка, E., Wrбка, T. (2005): Detailplanung zum Biosphärenpark Wienerwald – Bereich Offenland; unveröffentlichter Bericht an Biosphärenpark Wienerwald Management.
- Begon, M., Harper, J.L. & Townsend, C.R. (1988): *Ecology. Individuals, Populations and Communities*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 876 pp.
- Blume, P. & Sukopp, H. (1976): Ökologische Bedeutung anthropogener Bodenveränderungen.: Schriftenr. Vegetationsk. 10: 7-89. Bonn-Bad Godesberg.
- Bortenschlager, S. (1984): Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols I. Inneres Ötztal und unteres Inntal. *Ber. Nat.-med. Ver. Innsbruck* 71: 19–56.
- Bortz, J. (2005): *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. Springer Medizin Verlag Heidelberg, 888 Seiten.
- Braun - Blanquet, J. (1964): *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. Springer Verlag. Wien × New York.
- Cernusca, A. (1977): Ökologische Veränderungen im Bereich von Schipisten. *Wagner, Innsbruck*. 81–150.
- Cernusca, A. (1984): Ökologische Auswirkungen des Baues und Betriebes von Schipisten und Empfehlungen zur Reduktion der Umweltschäden: 1–253.

- Cernusca, A., Angerer, H., Newesely, C., & Tappeiner, U. (1990): Ökologische Auswirkungen von Kunstschnee – eine Kausalanalyse der Belastungsfaktoren. Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, 19/2: 746–757.
- 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.
- 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). 52 pp.
- Chapin, S., Körner, C., and eds. (1995): Arctic and Alpine Biodiversity. Patterns, causes and ecosystem consequences. Bd. 113, Springer, Berlin. 332 pp.
- Czeranka, M. (1996) Spatial Decision Support Systems in Naturschutz und Landschaftspflege? Umsetzungsaspekte für die raumbezogene Planung. In: Dollinger, F. und J. Strobl: Angewandte Geographische Informationsverarbeitung VIII (=Salzburger Geographische Materialien), Heft 24, Selbstverlag des Instituts für Geographie der Universität Salzburg, S. 21-27. <http://www.uni-salzburg.at/geo/agit/papers96/czeranka.htm> (April 2005)
- Dierschke, H. (1994): Pflanzensoziologie. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 686 Seiten.
- Duelli, M. (1977): Die Vegetation des Gaisbergtales. Ein Versuch, das Datenmaterial mit Hilfe der EDV-Anlage zu bearbeiten. Dissertation, Universität Innsbruck.
- Duelli, M. (1987): Die Vegetation des Gaißbergtales, Obergurgl-Ötztal. In Patzelt, G. (1987): MaB-Projekt Obergurgl. Bd. 10, Wagner Innsbruck, S. 204–231.
- Dupré, C. & Diekmann, M. (2001): Differences in species richness and life-history traits between grazed and abandoned grasslands in southern Sweden. Ecology, 24: 275–286.
- Ebus, A. (1884): Auswirkungen des Wintersports auf alpine Hänge – eine Schadenkartierung im Skigebiet Gurgler Tal/Ötztal; Dilomarbeit an den Geographischen Instituten der Rheinischen Freidrich Wilhelms – Universität zu Bonn
- Ebus, A. (1986): Auswirkungen des Wintersports auf alpine Hänge – eine Schadenskartierung im Skigebiet Gurgler Tal/Ötztal, Tirol. Diplomarbeit. Universität Bonn.
- Ellenberg, H., Weber, H.E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W. & Paulißen, D. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa, Scripta Geobotanica, 18.
- Ellenberg, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. Ulmer, Stuttgart. 1100 pp.
- Elsasser, H. & Messerli, P. (2001): The vulnerability of the snow industry in den Swiss Alps. Mountain Research and Development, 21/4: 335–339.

- Erschbamer, B. (1997): Climate warming and plant growth on glacial retreats. Actes du deuxieme colloque Ecologie et Biogeographie Alpines, Suppl. Rev. Valdotaïne d'Histoire Nat. 51: 219–224.
- Erschbamer, B., Niederfriniger Schlag, R. & Kneringer, E. (1998): Seed dispersal, seed bank and establishment of seedlings on glacial retreats. – Actes du deuxieme colloque ecologie et biogeographie alpines, Suppl. Rev. Valdotaïne d'Histoire Naturelle 51: 225-232.
- Erschbamer, B., Bitterlich, W. & Raffl, C. (1999): Die Vegetation als Indikator für die Bodenbildung im Gletschervorfeld des Rotmoosferners (Obergurgl, Ötztal). Ber. Naturwiss.-Med. Ver. Innsbruck 86: 107-122.
- Erschbamer, B. (2000): Die alpine Stufe in den Zentralalpen – Exkursion Obergurgl: Hohe Mut, SW-Hänge unterhalb des Kirchenkogels, Gletschervorfeld des Rotmoosferners, Rotmoos- und Schönwiesmoor. In: Erschbamer, B. & Grabner, S. (2000): Die subalpine und alpine Vegetation in Tirol. Exkursionsführer – 50. Jahrestagung der Floristisch-Soziologischen Arbeitsgemeinschaft. Innsbruck, S. 114–146.
- Erschbamer, B. & Grabner, S. (2000): Die subalpine und alpine Vegetation Tirols. Eigenverlag, Universität Innsbruck.
- Erschbamer, B., Kneringer, E. & Niederfriniger Schlag, R. (2001): Seed rain, seed bank, seedling recruitment, and survival of seedlings on a glacier foreland in the Central Alps. Flora 196: 304-312.
- Finch, R.K. (2008): Diasporenregen im Gletschervorfeld des Rotmoosferners, Obergurgl, Obergurgl, Ötztal. Diplomarbeit, Universität Innsbruck, 82 Seiten.
- Fischer, M.A., Adler, W. & Oswald, K. (1994): Exkursionsflora von Österreich. Bestimmungsbuch für alle in Österreich wild wachsenden sowie die wichtigsten kultivierten Gefäßpflanzen (Farnpflanzen und Samenpflanzen) mit Angaben über ihre Ökologie und Verbreitung. Eugen Ulmer, Stuttgart. 1180 Seiten.
- Fischer, M.A., Adler, W., & Oswald, K. (2005): Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol. OÖ Landesmuseen, Linz. 1400 pp.
- Fischer-Kowalski, M., Erb, K.-H. & Singh, S. J. (2008): Extending BRIM to BRIA: Social monitoring and integrated sustainability assessment. In: Chmielewski, T. (Eds.), Nature conservation management: From idea to practical results. (pp. 208-219). Lublin: PWZN "Print 6".
- Fleckner, K. (1996): Die Vegetation der Schipisten und angrenzenden Bergmähdern im Raum Hochtannberg. Diplomarbeit, Universität Innsbruck. 100 pp.
- Fliri, F. (1975): Tirol: Ein geographischer Exkursionsführer. Band 2. Selbstverlag des geographischen Instituts der Universität Innsbruck.
- Gams, H. (1970): Die Erforschung der Floren- und Vegetationsgeschichte der Ötztaler Alpen. Mitt. Ostalp.-Din. Ges. f. Vegetkde. 11: 55–62.

- Grabherr, G. (1987): Tourismusinduzierte Störungen, Belastbarkeit und Regenerationsfähigkeit der Vegetation in der alpinen Stufe. In: Patzelt, G. (ed.): MaB-Projekt Obergurgl, Band 10: 243–256. Wagner, Innsbruck.
- Grabherr, G., Mucina, L., & et al. (1993): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II. Natürliche waldfreie Vegetation. Gustav Fischer, Jena. 523 pp.
- Grabherr G, Koch G, Kirchmeir H, Reiter K (1998) Hemerobie oesterreichischer Waldoekosysteme. Veroeffentlichungen des Oesterreichischen MaB-Programmes, Oesterreichische Akademie der Wissenschaften Bd. 17. 493 pp.
- Green, R.H.(1979): Sampling design and statistical methods for environmental Biologists. John Wiley and Sons, New York Chichester Brisbane Toronto.
- Hill, M.O. (1979): TWINSpan – a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Ecology and Systematics, Cornell University, Ithaca, New York.
- Heuberger, H. (1975): Das Ötztal. In: Fliri, F. & Leidlmair, A. (Hrsg.): Tirol, ein geographischer Exkursionsführer. Innsbrucker geographische Studien Band 2. Eigenverlag des Geographischen Institutes der Universität Innsbruck, S. 213 – 249
- Jalas, J. (1955): Hemerobe und hemerochore Pflanzenarten. – Ein terminologischer Reformversuch. – Acta Soc. Fauna Flora Fenn. 72 (11): 1-15.
- Jochimsen, M. (1963): Vegetationsentwicklung im hochalpinen Neuland. Beobachtungen der Dauerflächen im hochalpinen Neuland. Ber. Nat.-Med. Ver. Innsbruck 53: 109–123.
- Jochimsen, M. (1970): Die Vegetationsentwicklung auf Moränenböden in Abhängigkeit von einigen Umweltfaktoren. Veröff. Univ. Innsbruck 46: 22 S.
- Kammer, P. & Hegg, O. (1990): Auswirkungen von Kunstschnee auf subalpine Rasenvegetation. Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, 19: 758–767.
- Kaufmann, R. (2005): Langzeit-Ökosystem Monitoring im Alpinen Raum. Endbericht 2000–2005. Land Tirol, Abteilung Umweltschutz, Innsbruck, 162 pp.
- Kinzelbach, R. (1972): Einschleppung und Einwanderung von Wirbellosen in Ober- und Mittelrhein. Mainzer Naturwissenschaftliches Archiv 11: 109–150.
- Kneringer, E. (1998): Diasporenregen und Diasporenbank im Gletschervorfeld des Rotmoosferners (Ötztaler Alpen, Tirol). Diplomarbeit, Univ. Innsbruck.
- Körner, C. (1999): Alpine plant life. Functional plant ecology of high mountain ecosystems. Springer, Berlin. 338 pp.

- Kowarik, I. (1988): Zum menschlichen Einfluß auf Flora und Vegetation. Theoretische Konzepte und ein Quantifizierungsansatz am Beispiel von Berlin (West). - Landschaftsentw. Umweltforsch. 56: 1-280. Berlin.
- Krautzer, B., Wittmann, H., Florineth, F., & et al. (2000): Richtlinie für standortgerechte Begrünungen. Ein Regelwerk im Interesse der Natur. Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau (ÖAG), Arbeitskreis standortgerechte Begrünungen. Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft (BAL) Gumpenstein. Irdning. 29 pp.
- Krebs, C. (1999): Ecological Methodology. Addison Wesley Longman, Menlo Park. 620 pp.
- Krenmayr, Hans Georg (Red.): Rocky Austria: Eine bunte Erdgeschichte von Österreich. Wien: Geologische Bundesanstalt, 2002.
- Kuen, V. (2001): Alters- und Populationsstruktur von *Trifolium pallescens* im Gletschervorfeld des Rotmoosferners (Ötztal, Tirol). Diplomarbeit, Universität Innsbruck. 97 Seiten.
- Kuen, V. & Erschbamer, B. (2001): Comparative study between morphology and age of *Trifolium pallescens* in a glacier foreland of the Central Alps. *Flora* 197: 379-384.
- Lepš J., & Šmilauer, P. (2003): Multivariate analysis of ecological data using CANOCO. University Press, Cambridge. 269 pp.
- Lange, S. (2006): Leben in Vielfalt. Biosphärenparks in Österreich – Modellregionen für nachhaltige Entwicklung. Broschüre der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, MaB-Nationalkomitee.
- Lange, S. (2009): Weiterentwicklung des Biosphärenparks „Gurgler Kamm“. Varianten für eine mögliche Implementierung der Sevilla Strategie. Auftraggeber: Naturpark Ötztal. E.C.O. Deutschland GmbH.
- Mallaun, M. (2001): Verlauf der Primärsukzession in einem zentralalpinen Gletschervorfeld (Ötztaler Alpen, Tirol). Diplomarbeit, Universität Innsbruck.
- Marcante, S. (2008): Life history traits and population dynamics of glacier foreland species. Dissertation Universität Innsbruck. 52 Seiten.
- Mayer, R., Kaufmann, R., Vorhauser, K., Moser, C. & Erschbamer, B. (2008, submitted): Effects of grazing exclusion on species composition in an high altitudinal grassland of the Central Alps.
- Moser, C. (2005): Phänologische Untersuchungen in Weideausschlussflächen (Ötztal, Tirol). Diplomarbeit, Universität Innsbruck. 118 Seiten.
- Mittra, S.S. (1986): Decision Support Systems. Tools and Techniques. New York.
- Mühlenberg, M., Freilandökologie. 2. Auflage UTB 595, Quelle und Meyer, 1989.
- Nagl, F. (2007–2008): Vegetation (Wiesen und Weiden) auf der orographisch linken Talseite in Obergurgl. Diplomarbeit, Universität Innsbruck.

- Newesely, C. (1997): Auswirkungen der künstlichen Beschneigung von Schipisten auf Aufbau, Struktur und Gasdurchlässigkeit der Schneedecke, sowie auf den Verlauf der Bodentemperatur und das Auftreten von Bodenfrost. Dissertation, Universität Innsbruck. 237 pp.
- Niederfriniger Schlag, R. & Erschbamer, B. (2000): Germination and establishment of seedlings on a glacier foreland in the Central Alps, Austria. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 32: 270–277.
- Niederfriniger Schlag, R. (2001): Primärsukzession im Gletschervorfeld. Keimung, Etablierung, Wachstum und Interaktionen im Gletschervorfeld des Rotmoosferners (Ötztal, Tirol). Dissertation Univ. Innsbruck, 111 S.
- Patzelt, G. (1987): MaB-Projekt Obergurgl, Innsbruck.
- Patzelt, G. (1996): Modellstudie Ötztal – Landschaftsgeschichte im Hochgebirgsraum. *Mitt. d. Geograph. Ges. Wien*, 138: 53-70.
- Patzelt, G., Kofler, W. & Wahlmüller, B. (1998): Entwicklung der Landnutzung im Ötztal. - Institut für Hochgebirgsforschung der Universität Innsbruck, Jahresbericht 1997: 26-33
- Patzelt, G., Kotier, G., Wahlmüller, B.: Die Ötztalstudie – Entwicklung der Landnutzung
- Pitschmann, H. & Reisigl, H. (1955): Beiträge zur nivalen Flechtenflora der Ötztaler und Ortler Alpen. *Rev. Bryol. Licheol.* 24, 1–2: 137–143.
- Pitschmann, H., Reisigl, H., Schiechtl, H.M. & Stern, R. (1980). Karte der aktuellen Vegetation von Tirol 1/100.000, VII. Teil: Blatt 10: Ötztaler Alpen, Meran – Documents de cartographie ecologique. Vol. XXIII; S. 47–68; Grenoble.
- POHL, M.; ALIG, D.; KÖRNER, C.; RIXEN, C. (2009): Higher plant diversity enhances soil stability in disturbed alpine ecosystems. *Plant and Soil*. DOI 10.1007/s11104-009-9906-3
- Raffl, C. (1999): Vegetationsgradienten und Sukzessionsmuster in einem zentralalpinen Gletschervorfeld (Ötztaler Alpen, Tirol). Diplomarbeit, Universität Innsbruck.
- Raffl, C. & Erschbamer, B. (2004): Comparative vegetation analyses of two transects crossing a characteristic glacier valley in the Central Alps. *Phytocoenologia* 34/2: 225-240.
- Raffl, C., Mallaun, M., Mayer, R. & Erschbamer, B. (2006): Vegetation succession pattern and diversity changes in a glacier valley, Central Alps, Austria. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 38/3, 421–428.
- Raffl, C., Marcante, S. & Erschbamer, B. (2007): The role of spontaneous selfing in the pioneer species *Saxifraga aizoides*. *Flora* 202: 128-132.
- Raffl, C., Holderegger, R., Parson, W. & Erschbamer, B. (2008): Patterns in genetic diversity of *Trifolium pallescens* populations do not reflect chronosequence on alpine glacier forelands. *Heredity* 1-7.

- Raffl-Wallinger, C. (2006): Comparative analyses of the primary succession on Central Alpine glacier forelands on inter- and intraspecific levels. Dissertation Universität Innsbruck. 52.
- Reichelt, G. & Wilmanns, O. (1973): Vegetationsgeographie. Praktische Arbeitsanweisungen. Braunschweig. 212 pp.
- Reiter, K. (1998): VEGI- Programm zur Erstellung von Vegetationstabellen. Abteilung für Vegetationsökologie und Naturschutzforschung der Universität Wien. Manual.
- Reiter K, Huelber K, Grabherr G (2001) Semi-objective sampling strategies as one basis for a vegetation survey. In: Visconti G, Beniston M, Iannorelli ED, Barba D(eds), Global Change and protected areas, pp 219-228, Kluwer academic Publishers, London
- 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.
- Rixen, C., Haeberli, W., & Stoeckli, V. (2004): Ground temperatures under ski pistes with artificial and natural snow. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 36/4: 419–427.
- 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.
- Rudolph, D. (1991): Vergleichende Studien zur Vegetationsentwicklung im Vorfeld des Rotmoosferners/Öztaler Alpen. Diplomarbeit, Universität Gießen, 108 Seiten.
- Ruzicka, M. & Miklos L. (1989): Basic Premises and Methods in Landscape Ecological Planning and Optimization; p.233-260; in: Zonneveld I., Forman R. (eds): *Changing Landscapes - an ecological perspective*. Springer Verlag, New York
- Rybníček, K. & Rybnícková, E. (1977): Mooruntersuchungen im oberen Gurgltal, Öztaler Alpen. *Folia Geobotanica & Phytotaxonomica* 12: 245-291.
- Schiechtl, H. M., Stern, R. (1981): Die Karte der aktuellen Vegetation von Tirol 1:100.000 Angewandte Pflanzensoziologie. Veröffentlichungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien. Heft 26. Österreichischer Agrarverlag, Wien, 1981
- Schwiebacher, E. & Erschbamer, B. (2002): Longevity of seeds in a glacier foreland of the Central Alps – a burial experiment. *Bull. Geobot. Inst. ETH* 68: 63-71.
- Schwiebacher, E. (2003): Kartierung des Vorkommens des prioritären Lebensraumes 7240 Alpine Pionierformationen des *Caricion bicoloris-atrofuscae* im Gurgler Hauptkamm. Abschlussbericht im Auftrag der Abteilung Umweltschutz des Landes Tirol.
- Schwiebacher, E. (2004): Populationsbiologische Studien an frühen Sukzessionsarten im Gletschervorfeld des Rotmoosferners (Ötztal, Tirol). Verbreitung und Standortsansprüche von

- Artemisia genipi und A. mutellina, Populationsstruktur von A. genipi: Diplomarbeit, Institut für Botanik, Leopold-Franzens-Universität Innsbruck, 116 Seiten.
- Sprague, R.H.J. und Watson, H.J. (Ed.) (1986): Decision Support Systems. Putting Theory into Practice. London.
- Starnberger, R. (2006): Der Biosphärenpark Gurgler Kamm – Vegetation, Böden und Standortbedingungen. Diplomarbeit, Universität Innsbruck, 136 Seiten.
- Stingl, Volkmar; Mair, Volkmar: Einführung in die Geologie Südtirols. Bozen, 2005.
- Stoll-Kleemann, S., & Welp, M. (2008): Participatory and Integrated Management of Biosphere Reserves. Lessons from Case Studies and a Global Survey. GAIA, 17(S1), 161-168.
- Sukopp, H. (1972): Wandel von Flora und Vegetation in Mitteleuropa unter dem Einfluß des Menschen. - Berichte über Landwirtschaft, Bd. 50: 112-139.
- Teich, M., Lardelli, C.; Bebl, P.; Gallati, D.; Kytzia, S.; Pohl, M.; Pütz, M.; Rixen, C. (2007): Klimawandel und Wintertourismus: Ökonomische und ökologische Auswirkungen von technischer Beschneigung. Schlussbericht MAVA-Projekt. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL/SLF, Birmensdorf/Davos. Online einsehbar: <http://www.wsl.ch/publikationen/pdf/8408.pdf>
- Ter Braak, C.J.F. & Šmilauer, P. (1998). CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows. Wageningen: Centre for Biometry.
- 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. 325 pp.
- Tilman, D. (1996): Biodiversity: population versus ecosystem stability. Ecology, 77: 350–363.
- Titus, J.H., & Tsuyuzaki, S (1999): Ski slope vegetation of Mount Hood, Oregon U.S.A. Arctic, Antarctic, and Alpine Research, 31/3: 283–292.
- UNESCO (2009a): UNESCO-Biosphärenreservate. Online einsehbar: <http://www.unesco.de/biosphaerenreservate.html?&L=0>
- UNESCO (2009b): Die Sevilla-Strategie für Biosphärenreservate. Online einsehbar: <http://www.unesco.de/sevilla-strategie.html?&L=0>
- Unterluggauer, P. (2003): Die Vegetation in Vent und Rofen (Ötztal, Tirol). Diplomarbeit, Universität Innsbruck.
- 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.
- Van Husen, Dirk: Die Ostalpen in den Eiszeiten. Aus der Geologischen Geschichte Österreichs. Populärwissenschaftliche Veröffentlichungen der geologischen Bundesanstalt. Wien, 1987.

- Virtanen, R. (2000): Effects of grazing on above-ground biomass on a mountain snowbed, NW Finland. *Oikos*, 90: 295–300.
- Wiedemann, T. (1991): Die Entwicklung von Boden und Vegetation im Vorfeld des Gaißbergferners/Ötztaler Alpen. Diplomarbeit, Universität Giessen, 130 Seiten.
- 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.
- Wrbka T, Reiter K, Szerencsits E, Mandl P, Bartel A, Schneider W, Suppan F (1999) Landscape Structure Derived from Satellite Images as Indicator for Sustainable Landuse; In: Nieuwenhuis, G, Vaughan, R, Molenaar, M. [eds.] *Operational Remote Sensing for Sustainable Development*; Balkema, Rotterdam.
- Wrbka T, Schmitzberger I, Puehringer M, Fussenegger K, Szerencsits E (2000) Gliederung der Kulturlandschaften Österreichs in Typengruppen - Karte im Maßstab 1 : 200 000. In: Wrbka T, Fink M.H, Beissmann H, Schnelder W, Reiter K, Fussenegger K, Suppan F, Schmitzberger I, Puehringer M, Kiss A, Thurner B (2002) *Kulturlandschaftsgliederung Österreich. Forschungsprogramm Kulturlandschaft 13*. BM fuer Bildung, Wissenschaft und Kultur, Wien. (CD-ROM).

Anhang

Anhang A:

Integrated Monitoring and Sustainability Assessment in the Tyrolean Alps: Experiences in Transdisciplinarity

Willi Haas, Simron Jit Singh, Brigitta Erschbamer, Karl Reiter and Ariane Walz

1. Introduction

In recent years there has been a growing acceptance within sustainability science (Kates et al. 2001) of the relevance of engaging social actors in addressing complex societal problems. It is argued that the engagement of a wide range of stakeholders⁷ helps to achieve research results that are more meaningful in terms of their adequacy to inform policy and socially responsible behaviour. The emergence of what later came to be called ‘transdisciplinary research’ is an outcome of such deliberations. Transdisciplinary research goes beyond transgressing scientific disciplines within academia to also engage stakeholders in problem definition and solution seeking. This is based on the premise that knowledge exists and is produced in societal fields other than science (Klein 2004, Pereira and Funtowicz 2006, Hirsch Hadorn et al. 2008).

Transdisciplinary approaches have often proved to be beneficial in the context of regional development. In order to foster sustainable development at local or sub-national scales (e.g. in LTSER Platforms), perspectives from science, management and other stakeholders need to be well integrated to allow for viable outcomes in terms of research, policy and monitoring (Stoll-Kleemann and Welp 2008). In this contribution, we present an example of an application of transdisciplinarity and its challenges to a region in the Austrian Alps, the Gurgler Kamm Biosphere Reserve (Upper Ötztal), which is part of the Tyrolean Alps LTSER Platform (see Tappeiner et al, this volume). To a large extent, both biosphere reserves and LTSER Platforms share common goals: to promote sustainability research and education and advance a showcase model for sustainable development.

We begin with a brief overview of the various ‘transdisciplinary’ schools of thought and their main features within the broader scheme of science-society interaction. We then present our transdisciplinary framework for integrated monitoring and stakeholder involvement at the local level, with possible engagement of stakeholders from higher levels. The following part of the chapter focuses on the Austrian Gurgler Kamm Biosphere Reserve case study where we present outcomes from the integrated monitoring and sustainability assessment by stakeholders.

⁷ In this chapter, the term “stakeholders” and “non-science actors” is used interchangeably. While in a broad sense, scientists are also stakeholders, here this notion refers only to social actors or interest groups outside the scientific community.

2. The emergence and main facets of transdisciplinary science

Several notable attempts have been made to reconstruct the history of transdisciplinary research (e.g. Balsiger 2003, Bogner et al. 2010, Farrell et al. 2011, Hirsch-Hadorn et al. 2008, Klein 1990, Mobjörk 2009). However, as a variety of terms and labels have been used in the past to refer to science-society interactions across research traditions, the outcome of such reviews lacks coherence. Hence the brief review provided here is far from being complete. We focus only on some selected “variants of transdisciplinary research”, the scholars of which explicitly discuss their own approach under this label. Research traditions that are inherently organised around the science-society interface but do not explicitly label themselves as ‘transdisciplinary’ are excluded from this discussion. These are, for example, anthropology (Speed 2006, Balter 2010), sociology (Hale 2008, Burawoy 2004), development studies (Cooke and Kothari 2001, Irvine et al. 2004) and public health (Wilcox and Kueffer 2008).

The emergence of transdisciplinary research fields as it is now called had its own predecessors (see Table 1). An early approach was “action research” (Lewin 1951), characterised by a belief in socially constructed and subjective multiple realities. Ranging from unemployment, religious, racial and educational to sustainability concerns later on, action researchers engaged with social realities in a cyclical process of action and reflection. In the 1970s, a group of scholars focussed on seeking solutions to societal problems, and in doing so, emphasised the integration of a wide range of disciplines. In Europe, the main advocates of “transdisciplinarity” (as it was then termed) were Erich Jantsch (1972), Jean Piaget (1973) and Jürgen Mittelstraß (1992). In order to rescue science from the threat of becoming irrelevant, these scholars felt the need to engage research in planning and innovation for society at large *“with a focus on the sphere outside the research community”* (Mittelstraß 1992). In other words, here the research questions are of societal relevance, but the assumption is that science can substantially contribute to these questions and to solution seeking. Mainly deliberative, their efforts laid the foundations for later transdisciplinary research that was applied to a greater extent in nature. In the US, such approaches were and still are referred to as “integrative studies” (Klein 1996).

Variants within "td" research	Main advocates	Main features of "td" research			
		Integration of disciplines	Focus on societal problems	Engaging non-science actors	Support in decision making
Action research	Jahoda/Lazarsfeld (1933), Lewin (1951), Levin (1998), Reason (2006), Burns (2007)	++	++	-	-
Early transdisciplinary research tradition	Jantsch (1972), Piaget (1973), Knockelmann (1979), Mittelstraß (1992), Neef (1992) Nicolescu (1992)	++	++	-	-
Integrative studies	Miller (1982), Newell (1983), Klein (1996)	++	++	-	-
Post-normal science	Funtowitz & Ravetz (1993), Munda (2002)	+	++	++	+
Participatory technology assessment	Sclove (1995), Durant (1999), Joss & Bellucci (2002)	++	++	++	++
Mode 2 research	Gibbons & Nowotny (1994)	++	++	++	-
Current transdisciplinary research tradition	Balsiger (1996), Scholz (2000), Klein (2001), Pohl & Hirsch Hadorn (2007), McDonald & Bammer (2009), Jahn & Bergmann (2010)	++	++	++	+

++ Strong feature with wide acceptance amongst scholars of this variant

+ Weak feature of this variant with scholars putting more or less attention to it

- Scholars of this variant place little or no emphasis on this feature

Table 1: Variants of "transdisciplinary" ("td") research and main features

In more recent decades, a new variant of transdisciplinarity is "post-normal science" (Funtowicz and Ravetz 1993) that explicitly emphasises the inclusion of voices from civil society. Sustainability problems are complex societal problems and manifest themselves in forms such as the loss of biodiversity and the depletion of natural resources, climate change, bovine spongiform encephalopathy (BSE), and soil degradation. This often implies that when using science for policy-making, long term consequences may persist and scientists and policy-makers are confronting issues where, "*facts are uncertain, values in dispute, stakes high and decisions urgent*" (Funtowicz and Ravetz 1994). In such cases, scientists cannot provide any useful input without interacting with the rest of society and the rest of the society cannot perform any sound decision making without interacting with scientists.

Critiques and doubts concerning new scientific and technological developments and the possibility that these might lead to sometimes unintended side effects (such as higher inequalities in terms of access and benefit distribution, or environmental risks) have meant that technology assessments have gained more and more importance (Joss and Bellucci 2002). This process, first triggered by political requests in the US senate in the 1970s, evolved further over the years with Europe playing a leading role thereafter. A wide range of schools of thought have contributed significantly to its development, including system analysis, policy science, democratic theory, sociology of scientific knowledge and communication theory. While in the US the approach taken in assessments was rather analytical, European technology assessments made efforts to ensure the fruitful inclusion of values and interests by organising participatory procedures that included those who were potentially being affected by such developments. The aim of Participatory Technology Assessments (PTA) is to provide advice to policy-makers and to encourage wider public debate about socio-technological developments.

With the participation of those affected, PTA move beyond disciplines working together to create a transdisciplinary approach with a strong political dimension.

In 1994 Gibbons and colleagues anticipated the emergence of a new mode of knowledge production that they called 'Mode 2' as opposed to the traditional disciplinary production of scientific discovery (which they call 'Mode 1') (Gibbons et al. 1994). While the production of Mode 1 knowledge is characterised by *"the hegemony of theoretical or, at any rate, experimental science; by an internally-driven taxonomy of disciplines; and by the autonomy of scientists and their host institutions, the universities"* (Nowotny et al. 2003, p.179), Mode 2 is *"knowledge which emerges from a particular context of application with its own distinct theoretical structures, research methods and modes of practice, but which may not be locatable on the disciplinary map."* (Gibbons et al 1994, p.168) Their use of the term 'transdisciplinarity' was considered for the in their views increasing body of research which deals with problems emerging in the context of application, closely attuned to social needs and aspirations and which are not circumscribed in any existing disciplinary field.

In current European scientific debate on transdisciplinarity, a growing stock of publications is provides a continuous contribution to a formidable body of knowledge. Several networks in German speaking countries, with increasing international participation, play a crucial role in the formation of this cross-cutting field (especially the Swiss td-net with its annual conferences and a data base of publications comprising about 2,000 titles <http://www.transdisciplinarity.ch/e/Bibliography/Publications.php>). Following up on these efforts, the foundation of an international platform for discussion and promotion of interdisciplinary and transdisciplinary research, teaching, and policy was launched in 2011. Founding institutions are mainly from the US (Association of Integrative Studies) and the Swiss td-net. Two prominent scholars of this initiative, Christian Pohl and Gertrude Hirsch Hadorn (2007), suggest that transdisciplinary research should deal with socially relevant problems in such a way that it can: "(a) grasp the complexity of problems, (b) take into account the diversity of life-world and scientific perceptions of problems, (c) link abstract and case-specific knowledge, and (d) constitute knowledge and practices that promote what is perceived to be the common good. Participatory research and collaboration between disciplines are the means of meeting requirements a)–d) in the research process."(p 30)

In most of the transdisciplinary variants, engaging stakeholders is seen to be essential. To this end, several methods to include society in participatory processes – from problem framing to seeking solutions – are in use. Within the field of participatory technology assessment, the involvement of non-science actors has taken the most elaborated and reflected forms, including Citizens' Panels, Scenario Workshops, Round Tables and Consensus Conferences, 21st Century Town Meeting, Charrette, Citizens' Jury, Technology Festival, World Café, Deliberative Polling, Expert Panel, Focus Groups, Planning Cell, and PAME (Participatory Assessment, Monitoring and Evaluation) (for an excellent overview of these approaches, see Elliott et al. 2005). In addition to these participation tools, Multi-Criteria Evaluation (SMCE) in post-normal science has developed formalised procedures for the entire research process aiming at a participatory strategic integrated assessment of a problem. The emphasis is explicitly on the quality of the "decision process" rather than on the "final choice" (Munda 2004, 2008).

Among the various methods used to engage stakeholders, scenario workshops have proven to be both practical and useful (e.g. Loukopoulos and Scholz 2004; Biggs et al. 2007; Walz et al. 2007). Scenarios are best employed if big changes are anticipated and if expected challenges appear to be rather complex. Such a situation requires thorough consideration of the many driving forces and alternative pathways. Scenario workshops are interactive and are perfectly suited to the development of shared story lines and visions of alternative futures. They promote cross-group communication on the pros and cons of various scenarios, and if the goal be such, to finally arrive at a consensus on a future scenario or perspective. This method of engaging stakeholders is best suited to developing an informed understanding of future local or regional sustainability.

While an inclusive science with an emphasis on integration across disciplines holds enormous potential for addressing sustainability challenges, the limitations of these approaches must be seriously considered (Wallner and Wiesmann 2009). Seeking consensus among a variety of perspectives and interests can be frustrating. For example, in the case of nature protection, opinions vary among local inhabitants, businesses, tourists, and political actors on whether the protected area is a constraint or a resource for local development (Siddiq Khan and Bhagwat 2010). Finding answers to such questions is not easy. Ideally, in such an instance, a successful transdisciplinary process must make mutual benefits visible to all stakeholders.

3. Integrated monitoring and assessment for LTSER Platforms: a transdisciplinary approach

Integration of disciplines and engagement of non-science actors can be a highly challenging task if not aided by a sound conceptual framework. In our study of the Gurgler Kamm region, the search was for an effective framework that would not be limited to addressing environmental concerns alone by observation and monitoring the state of nature, but that would also provide guidance for a transdisciplinary process with a focus on overall (regional) sustainability. The need, therefore, was for an integrated monitoring (by integrating disciplinary knowledge) and sustainability assessment (by engaging stakeholders) scheme. Without appropriate mechanisms for integrated monitoring and sustainability assessment by stakeholders, it is impossible to tell whether a region is becoming more or less sustainable over a given period of time, and to understand how this translates into future management decisions. This is a far more complex task than monitoring the various features of the state of the environment alone and requires a focus on the interaction between social and natural systems. In this section, we present an integrated monitoring and assessment scheme that has been developed in the context of biosphere reserves by our team (Fischer-Kowalski et al. 2008) and might potentially be useful for many LTSER Sites.

In the context of evaluating sustainability, it is useful to concentrate monitoring efforts on those elements of the social sphere that have a direct causal effect on the ecosystem. In other words, to focus on those socioeconomic activities that strongly relate to and alter the natural environment. Much of the interaction between the social and the natural system can be conceptualised as an exchange process of investment (intervention) and benefits that cause environmental pressures. Human interventions in designated areas such as an LTSER Platform can be varied: building tourist infrastructure, fishing, farming, simply walking for pleasure, or undertaking a conservation measure. These interventions from a social point of view are performed in pursuit of certain benefits: a harvest, a beautiful view, an income from the sale of souvenirs or stable ecosystems that attract tourists. These benefits may be achieved because ecosystems, by their very functioning, allow for certain 'services' that can be utilised by humans (such as soil fertility, beautiful landscapes or slopes for skiing). Looking at the very same intervention from an ecological perspective, it always represents an impact on the ecosystem, be it stabilising or destabilising the system.

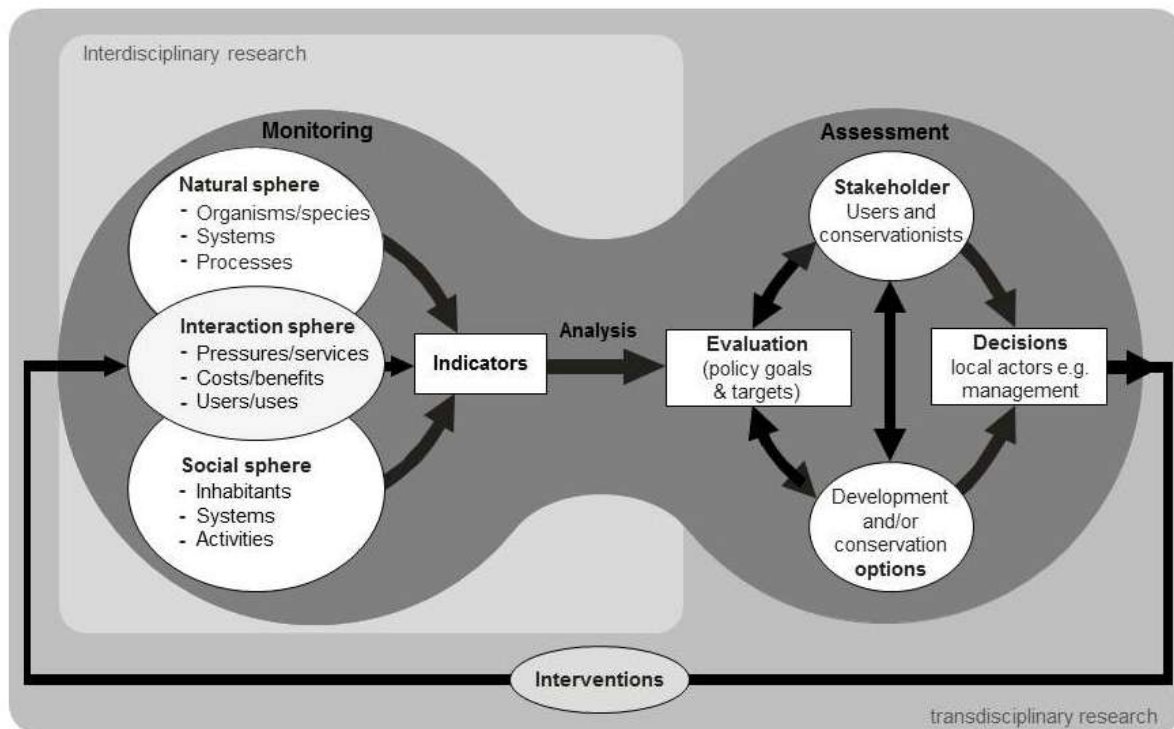


Figure 1: Integrated monitoring of natural and social spheres as a foundation for negotiating development options (adapted from Fischer-Kowalski et al. 2008)

In Figure 1, we propose to monitor exactly these use-related interactions between the social and the natural systems since they link societal benefits of services with impacts on ecosystems. Examples for such indicators include, for instance, construction activities or visitor frequency at remote places. However, to undertake a sustainability evaluation we also need a set of indicators related to the state of the environment that are affected by human interventions. Thus, the distribution of certain plant species is of interest if these are strongly influenced by certain anthropogenic pressures or by conservation measures. The other set of indicators required are those that relate to activities in the social sphere. These indicators help to understand those inner societal dynamics that matter most for increasing or decreasing pressures (such as population, economic activities, consumption patterns, or even conservation policies). These indicators would be subject to scientific analysis as non-routine scientific efforts to answer specific research questions. Monitoring the natural, social and interactive sphere requires integration of disciplines, most effective if structured around a common conceptual and theoretical framework.

In the absence of universally agreed benchmarks, assessing the ecological sustainability of various economic activities is difficult, if not impossible; hence it is more rewarding to focus on dynamics. As unsustainable trends concerning the use of nature continues, an important quest is in understanding the dynamics that lead to such aggravations and how to steer them for more sustainable outcomes. Such insights may be gained by observing a set of relevant system characteristics over longer periods of time. However, comprehensively monitoring all system variables is neither possible nor even necessary. It is far more meaningful to identify those development trends that seem to be crucial for future sustainability. Thus, indicators that capture dynamics towards or away from sustainability are of primary interest.

The scientific analysis of monitoring results will have to be assessed by the relevant stakeholders including management in the light of policy goals and targets. In the best case, this assessment will lead to a 'no-need-to-do-anything' option. However, there might be a need for decisions to, e.g., reduce pressures on the environment. An alternative route to trigger decisions might be the intention of some stakeholders to take new steps in regional economic development. In this case, development scenarios can be discussed in the light of a scientific analysis based on monitoring results in consideration of possible future impacts. Effective and accepted solutions in both emerging problems and newly intended economic developments greatly depend on a decision-making process that includes a wide range of perspectives and knowledge, e.g. from science, use and management.

Sustainable development often involves balancing conflicting goals: reduction of environmental pressures depends on restricting uses, while development depends on allowing and even supporting further uses of nature. The internal sustainability of local systems depends on resolving such conflicts, or at least keeping them at bay. Sustainability from the perspective of social systems and actors can be secured if they feel their costs/investments are balanced by benefits. If this is not the case, then actors will try to make a change, and this may well be at the expense of reducing environmental pressures. For example, if farmers feel that in a sustainability model region they have to work harder for less income than elsewhere without any beneficial return, or if hotel proprietors feel their investment in tourism is wasted, or if tourists feel the trip was not worth the effort, then the maintenance of such a model region will be threatened. Equally, if uses exert pressures upon the ecosystems that substantially reduce ecosystem services, then ecological sustainability is failing.

In dealing with the right-hand part of Figure 1, transdisciplinary knowledge comes to play an important role. The expertise required in guiding social processes and the methodological skills to go along with engaging non-science actors effectively are of great relevance to sustainability assessment (Vilsmayer 2010).

4. Description of the study area and problem definition

In this section we present experiences and outcomes of applying transdisciplinary science to the Upper Ötztal, in particular the Gurgler Kamm biosphere reserve and the two neighbouring villages of Gurgl and Vent with about 500 inhabitants between them, both belonging to the municipality of Sölden. Detailed results will only be presented for the larger village of Gurgl with 327 inhabitants. Located in the federal province of Tyrol, Gurgler Kamm is a high-alpine landscape in the Upper Ötztal. The biosphere reserve came into existence as a result of the Man and Biosphere (MaB) research activities in Obergurgl (Patzelt 1987). In 1977, Walter Moser, then director of the Alpine Research Centre Obergurgl (an extra-mural station of the Innsbruck University) made an application to UNESCO in Paris for recognition of the area as a biosphere reserve to allow some protection at a time when there was none (Lange 2005, 48).

The biosphere reserve covers an area of 1,500 hectares⁸ at an altitude of between 1,900 and > 3,400 metres. Since 1981, about 90% of the biosphere reserve was notified as a “Ruhegebiet” (tranquillity zone) of the Ötztal Alps and in 1995 the “Ruhegebiet” was declared a Natura 2000 area. Until the 1950s, the majority of local inhabitants were farmers. With more and more reliable access routes into the Upper Ötztal, a dynamic development of the tourism sector began. A well-known ski resort was gradually established to the north of the biosphere reserve. From the 1950s until recent years, farming lost more and more in importance and today plays only a minor role.

With the Seville strategy of 2005, it became crucial for all biosphere reserves to follow a specific zonation pattern to include a core, transition and development zone with varying degrees of use. The core zone was required to be specially protected and monitored following the superimposition of other stronger legislations such as that of Natura 2000 or under the Ramsar convention. At the time the Seville strategy came into force, the Gurgler Kamm had no zonation and was at risk of losing its designation as a biosphere reserve. In response, the Austrian Man and Biosphere committee (MaB) asked the responsible stakeholders to develop a zonation plan in order to re-constitute the biosphere park in line with the Seville criteria. Along with this, the MaB committee also commissioned a new research project to investigate the status quo of the biosphere reserve and to compare results with those from previous research projects in the 1970s.

Thus, the goal of this research project was not only scientific, but had high societal relevance insofar as the investigation would have to take into account current socioeconomic trends and future development options compatible with regional sustainability. The explicit goal of the MaB committee was to engage the interested public in a discussion about the changes that had taken place in the region over the last thirty years with an exploration of possible future scenarios. Such a challenge to address the overall sustainability of a region required not only the integration of disciplines, but also meant engaging stakeholders in generating context-specific insights and seeking solutions for future decisions. As such, the process required a transdisciplinary approach.

5. Integration of disciplines: Outcomes from monitoring and scientific analysis

The first challenge was to form an appropriate team of scholars from relevant disciplines that could effectively contribute to this process. Four different research institutions became engaged in the project, covering topics such as biology and alpine research, conservation biology and vegetation/landscape ecology, snow and avalanche research, as well as social ecology.⁹ The core exercise was to come up with a joint research concept and framework. The integrated monitoring and assessment framework (see Figure 1) provided reasonable guidance for developing research questions and for communicating between the research

⁸ New plans suggest that the new biosphere reserve should have a size of more than 20,000 hectares or 200 km².

⁹ These were: University of Innsbruck (Faculty of Biology and Alpine Research Centre Obergurgl), University of Vienna (Department for Conservation Biology, Vegetation Ecology and Landscape Ecology), Swiss Federal Institute of Snow and Avalanche Research, and the Alpen-Adria Universität (Institute of Social Ecology).

teams. For integrated monitoring, we agreed on observing a set of variables for each of the three spheres in the left-hand part of Figure 1 with a focus on only those that provide insights on local sustainability (see Table 2). Furthermore, a special analysis of the snow cover was performed including a projection of snow security under climate change scenarios as an important input to the transdisciplinary activity of scenario development. Each of the spheres is discussed in more detail below.

Sphere	Observed variables
Social sphere	Population dynamics
	Employment and income options
	Economic activities and tourism development
	Buildings and beds
Interaction sphere	Construction and surface sealing
	Expansion of skiing infrastructure
	Visitor frequency on hiking trails
	Skiing and related vegetation changes
Natural sphere	Biodiversity/vegetation assessment
	Diversity of landscapes
	Snow cover (projections)

Table 2: Critical indicators investigated in the biosphere reserve Gurgler Kamm

5.1 Dynamics within the social sphere

Within the social sphere, we identified four variables crucial to understanding the internal dynamics. The number of inhabitants was seen as an indicator that is of importance for two quite different reasons: firstly, it refers to pressures caused by a growing population and related impacts caused by consumption patterns and lifestyle in general; secondly, it enables us to explore future perspectives for young people in a region dominated by tourism, after they have received higher education outside the valley. In other words, we asked whether there would be income options and expected quality of life upon their return.

A modelling project in the 1970s (Franz 1974) projected a decline in the local population due to lack of income perspectives. They argued that income greatly depends on tourism and that tourism is faced with two crucial primary limitations. These included the limitation upon safe land for buildings due to the hazard of avalanches. Moreover it was argued that a further expansion of buildings would lead to environmental degradation and would consequently reduce the natural attraction for the landscape among the summer tourists. However, inhabitants found creative ways to better utilise the existing built-up area (see Figure 3). At the same time, the attraction of the landscape for winter tourists was not affected so much since most of the new developments revolved around winter skiing tourism where land degradation is not visible, being covered by snow. Moreover, the skiing infrastructure was positively welcomed by tourists, who benefited from it. Consequently, there was an increase in both the number of *buildings* and guest *beds* (see Figure 2a). With

increased tourist infrastructure, a doubling of overnight stays in the winter season since the late 1970s was made possible (Figure 2b). In the period since the 1950s, farming as the dominant *economic activity* has been pushed back by tourism. The growing winter tourism in particular emerged as the main driver for development and attracted the younger generation due to equal or even better *income options* than in nearby urban areas (see inhabitants in Figure 2a). Consequently, this supported a moderate *population growth* rate of about 0.8% per annum.

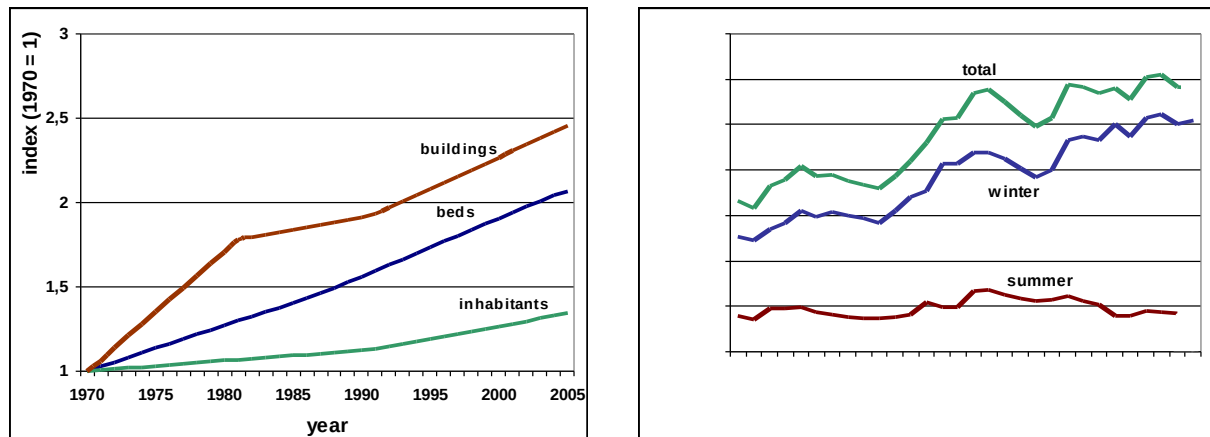


Figure 2: Left: Development of number of inhabitants, buildings and beds in relation to the index year 1970 (equals 1) up to 2005 (source: Haas & Weber 2008a, p36). Right: Number of overnight stays for summer and winter tourism and the total of both of these in 1,000 stays from 1977 to 2006

5.2 Dynamics within the society-nature interaction sphere

To capture the complex interaction between social and ecological systems, gaining insights into land use dynamics is increasingly recognised in the notion of 'integrated land-system science' (GLP 2005, Turner et al. 2007, Gaube and Haberl, this volume). Changes in land use due to natural and socioeconomic factors contribute to environmental problems such as loss of ecosystem services, biodiversity loss and greenhouse-gas emissions (Millennium Ecosystem Assessment 2005). The using and shaping of the land is a good representation of the relations between changes in socio-economic organisation, land use and land cover. Since both farming and tourism depend on land in the Gurgler Kamm case study, its availability, usability and productivity will determine future developments in the region. Therefore, to understand society-nature interactions over time we focus on the changes in the *settlement area* and changes in the surrounding mountainous landscape between the early 1970s and the 2000s.

Figure 3 shows the expansion of the built-up area in the same period due to an increasing demand for more tourist infrastructure. An analysis of aerial images shows the changes in the built-up area in more detail. The ground area for buildings has increased by 151% and the settlement area by 38% from 1973 to 2003. This clearly reflects the tension between the need for more buildings in a region that has limited availability of safe land for building purposes.

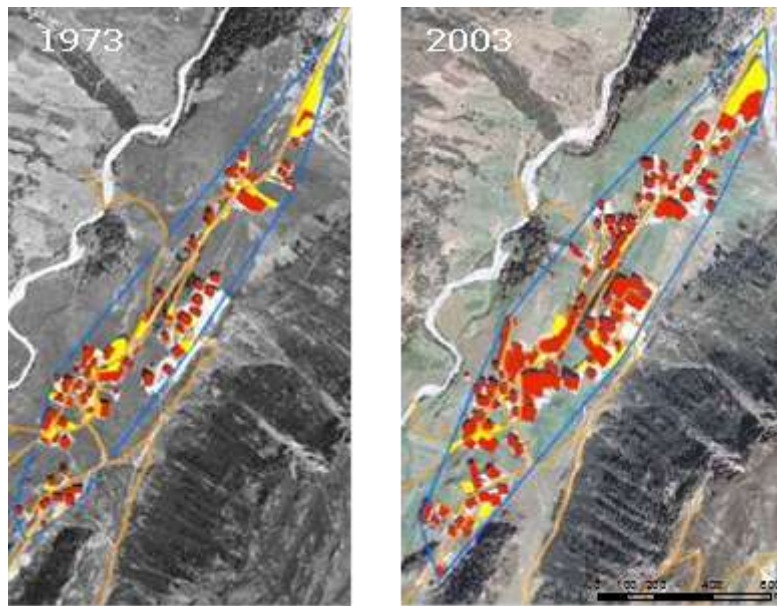


Figure 3: Settlement area in 1973 and 2003. The red spots in the aerial photos are buildings and the blue line is the boundary of the settlement area (source: Walz and Ryffel 2008, p19)

The new constructions utilised some of the surrounding grasslands considered safe for this purpose. Interestingly, in 1974 a group of geographers, in consultation with some local stakeholders, had attempted to construct a photomontage projecting the future expansion of the village area and its built stocks for the year 2000 (Figure 4, left). In retrospect, it can be stated that the photomontage for 2000 is almost identical with the situation as it actually was in 2007.



Figure 4: Comparing a photomontage from 1974 projecting the year 2000 (left), with an actual photo taken in 2007 (right).

Sources: Left: *Reproduction of laminated photograph, inventory of Alpine Research Centre Obergurgl, Reiter 2007.* Right: *Kaufmann/Reiter 2007*

The mountains are the main tourist attraction in the area. Tourism activities are mainly skiing in winter and hiking in summer. As compared to summer activities, winter skiing is associated with major environmental impacts for which continuous monitoring of investments and environmental pressures is necessary. These impacts mainly originate from the construction and expansion of ski infrastructure, such as lifts, pipes for artificial snow making and slope preparation.

The vegetation assessments on the *skiing slopes* showed that the vegetation outside and within ski-slopes is significantly different (Erschbamer and Mayer 2011a). Dwarf shrubs and lichens are hardly present on the ski-slopes whereas the abundance of mosses was found to be increased (Mayer and Erschbamer 2009). This difference was mainly caused by levelling of the slopes 25-30 years ago as well as by artificial seed mixture application and fertilisation. However, also actual slope preparation and management (snow-making in winter, fertilising and sowing every summer) are responsible for the differences between ski piste and adjacent slope vegetation. Mayer and Erschbamer (2009) recommended the reassessment of sowing measures above 2,300 metres since seed mixtures used until the present were not autochthonous. Other relevant skiing-related indicators useful for monitoring are the length of ski-slopes, snow-making performance (snowing area and volume of used water, annual balance of kilometres prepared with machinery, etc.).

Hiking is the most common activity during the summer season and is generally thought to exert far less pressure on ecosystems. To see whether this holds true, we surveyed the hiking activities in summer. Researchers interviewed hikers over 11 days during the 2008 hiking season along the four most popular starting points. Interviews included questions on the intended route and activities, their motivation for doing so and for doing so here. People predominantly went for one-day hikes with “being in nature” as the main attraction and motivation. There were no incidents of particularly damaging tourist activities like quad-biking, down-hill racing, etc. As such, summer tourism activities were assessed as low-impact activities with visitor frequencies rising to over 75 per day only in the close proximity of the village (Ackermann and Walz 2011).

When discussing the sustainability of future options, it became quite evident that the relation between winter and summer tourism is influential. While at present the capacity is utilised quite efficiently in winter, it is under-utilised in summer. Consequently, further growth of tourism in winter would require an extension of infrastructure, while tourism growth in summer could be well served by existing facilities. Ultimately this means that from the perspective of both nature protection and economy, a shift to more summer tourism would be preferable.

5.3 Changes of the natural sphere

The Upper Ötztal Valley has been a research site for the natural sciences since 1863 (Erschbamer and Mayer 2011b); consequently there exists a rich body of literature on the natural attributes of the region. Studies range from biological and agricultural surveys to expert opinions in nature protection affairs. One of the first steps in the present research was

to systematically document, archive and analyse existing research (Schwienbacher et al. 2007). Almost 60 studies were analysed according to their relevance to scenario development, biosphere reserve, regional development and their reproducibility.

On the basis of this body of research, two vegetation studies were performed. One focussed on summarising the botanical studies from the 1990s to the present in the inner Ötztal Valley to estimate the actual diversity within 13 subalpine/alpine plant communities (Erschbamer and Mayer 2011a). To obtain an overview for all these types, *diversity indices* were calculated. The second study tried to assess the changes over time in two alpine plant communities (snow bed, alpine grassland), which were investigated during the MaB project at Mt Hohe Mut (2,650 m a.s.l.) in the 1970s (Erschbamer and Mayer 2009b). Vegetation plot sampling performed by Duelli (1977) was repeated in 2006. Unfortunately, Duelli (1977) did not permanently mark the plots, however, it was possible to reconstruct the sampling locality properly. Within the alpine grassland the quantitative dissimilarity amounted to 0.58 (Bray Curtis Distance) showing a high loss of species since the 1970s (Figure 5, left bar). In the snow bed, dissimilarity was 0.46 and species numbers increased until 2006. In both the communities about 40 to 50 % of the species found in the 1970s were still present in 2006 (Figure 5).

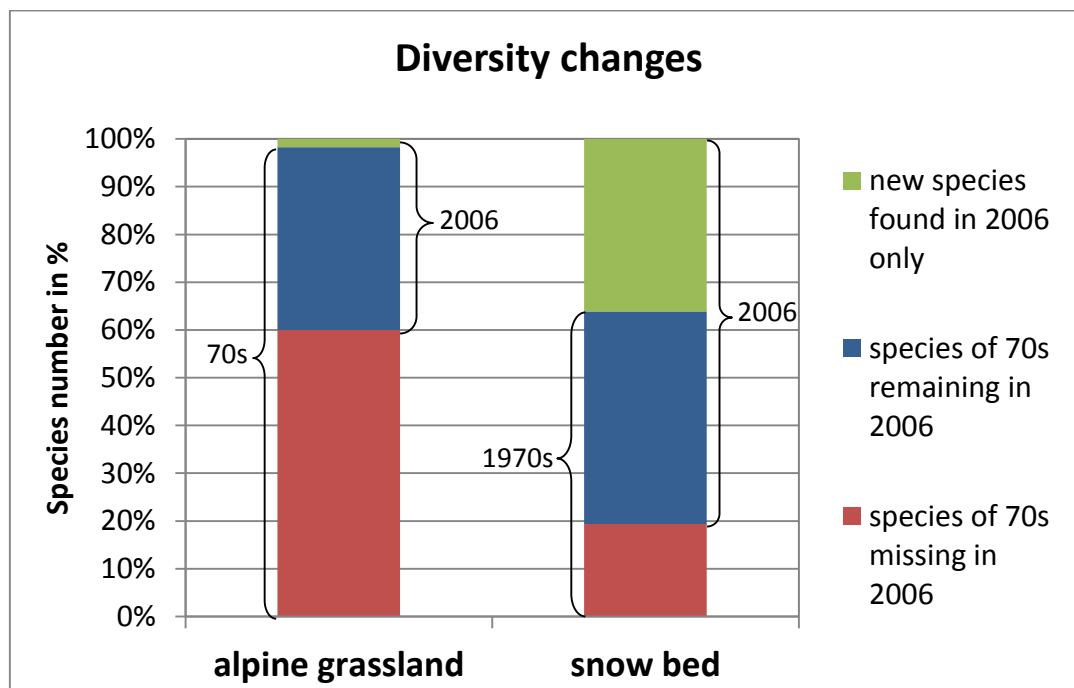


Figure 5: Comparison of the occurrence of species of two alpine plant communities (snow bed, alpine grassland with *Carex curvula*) in 1970s and 2006.

Consequently we were confronted with some open questions: one was to better understand the role of possible influential factors such as land use and climate change, as these questions are crucial for discussing management options. Another was to assess crucial research gaps and to develop a research plan that can provide information needed for discussing local sustainability in the long run.

Researchers also generated maps of *land cover changes* (Reiter et al. 2008). Orthophotos were analysed with the help of a digital elevation model and categorised into eleven land cover

classes (like Swiss stone pine or dwarf-shrub heath land). To better match appearance in the orthophotos with effective land cover class, field studies of numerous randomly chosen study sites were performed. With this method, it was possible to map the entire study area of approximately 275 km². Furthermore, it allowed for a first comparison with aerial photos from earlier times. In one specific comparison below (Figure 6), we can see that there was an increase in fodder meadow and a decrease in Swiss stone pine. Furthermore, river training measures were applied, the farmstead was expanded and one shed was removed.



Figure 6: Land cover change visible in aerial photos for 1972 and 2003

Source: Reiter (2007)

Given that climate change, in particular rising temperatures, could become a threat for winter tourism in Austria, a forecast of probable *changes in snow cover* was essential in the study for the future planning of the region. A study was undertaken to model the most probable number of days that feature snow cover of more than 30 cm (Walz and Ryffel 2008). Such days are defined as alpine winter sporting days. The general rule of thumb is that a ski resort needs at least 100 alpine winter sport days to be attractive for tourists and economically viable, as first postulated by Abegg (1996). The study suggested that even in warm winters in the lowest parts of the ski resort, snow cover will be well above this limit in the decade starting in 2041 (115 days). In addition, there are 33 days with temperatures that allow for snowmaking with the use of currently-available technologies (Table 3). Therefore, Obergurgl is in the fortunate situation of being able to plan its winter tourism with no imminent threat from climate change in the future. It is even more likely that Obergurgl will benefit from snow scarcity occurring in neighbouring ski resorts.

		1996-2005 Average measured	Average 2041-2050	
			Cold winter + 2°C	Warm winter + 4°C
Obergurgl village (1950m altitude)	Alpine winter sporting days	143	127	116
	Potential days for snowmaking	79	53	33
Obergurgl mountains (2650m altitude)	Alpine winter sporting days	166	154	143

Table 3: Alpine winter sporting days for village and mountains of Obergurgl for a recent decade and the decade starting in 2041.

6. Engaging society: the “transdisciplinary” process

The transdisciplinary process required engaging non-science actors in a dialogue related to the sustainability assessment of their region and the future it entails. In other words, the process required the communication of the outcomes from monitoring of social, natural and interactive spheres to the stakeholders and working with scenarios (Figure 1, right side). In preparation for an interactive process such as this, it is essential to first undertake a stakeholder analysis. A second step was then to actively engage local stakeholders in discussions on the past, present and future of their village. People are for the most part interested in the history of their surroundings, be it the economic or cultural development or any changes or continuities in nature. For this reason, the research team was confident that feeding back the outcomes from monitoring and scientific analysis on the past decades would play a crucial role in helping to build scientific credibility with stakeholders and to establish a shared communication base to discuss the future sustainability of the region. The research team chose the scenario workshop as the most appropriate method.

6.1 Stakeholder analysis

A sound stakeholder analysis goes beyond simply mapping the various groups, but also requires an understanding of their interests, preferences and the resources/competencies which could either facilitate or hinder the process. This is an important dimension of transdisciplinary science and a prerequisite for any participatory process to decide which groups are relevant in providing contextual knowledge, have high interests, are likely to be affected, are important for seeking solutions and taking decisions towards the end. In this section we focus on the main orientation of stakeholders with respect to regional sustainability. The following grouping has proven to be useful:

- Stakeholder description according to their relations to nature
 - Mainly protection-oriented: These are persons or groups who are mainly concerned with the protection of nature
 - Mainly use-oriented: These are persons or groups who are mainly concerned with the use of nature, such as forest or tourism enterprises
 - Science-oriented: These are persons or groups who have mainly scientific interests, be it concerning nature, society or their interrelations

- Stakeholder description according to their predominant scale of action
 - Local level: These are persons or groups who predominantly decide and act at the local level, in our case this refers to the villages of Gurgl and Vent.
 - Municipal level: These are persons or groups who predominantly decide and act at the municipal level with their actions influencing the local level, in our case this refers to the municipality of Sölden.
 - Provincial level: in analogy to the municipal level, in our case the federal state of Tyrol.
 - National level: in analogy to the municipal level, in our case Austria.

After performing interviews and experiencing stakeholders in various situations, the following stakeholder map was generated (see Figure 7). The stakeholder map and discussions around their interests proved to be very useful for the research team in preparing for the scenario workshop. For instance the clustering of actors into stakeholder groups guided the selection process to achieve a fair representation of the diverse interests.

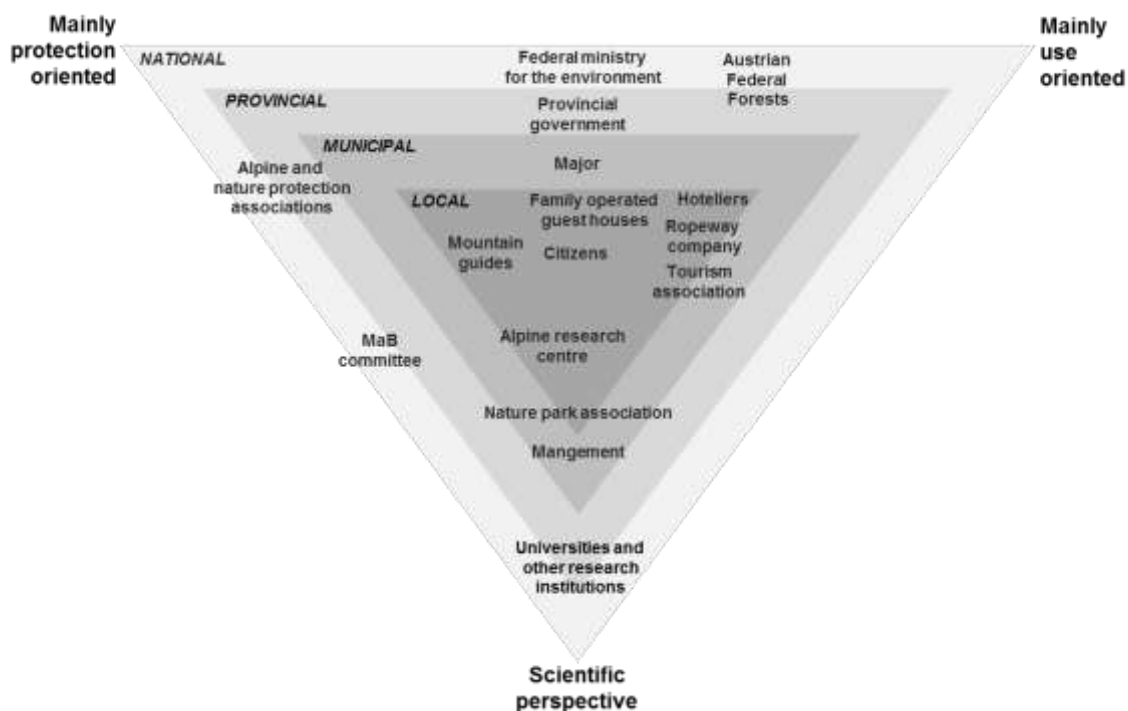


Figure 7: Map of stakeholders, grouping persons or groups according to their relation to nature and their predominant scale of action (source: graph based on Haas & Weber 2007, p.21)

Despite the divergent interests, orientation and competencies of the various actors it seemed possible to engage them in a dialogue on local sustainability. In some way or other, all stakeholders would benefit from the sustainable use of local resources. For example, the tourist industry indeed had concerns regarding a possible reduction in tourism in the region if the landscape became degraded or lost its aesthetic appeal. Institutions oriented towards nature protection were deeply aware that conservation efforts would be less effective without

the local support of communities that draw their sustenance from the surrounding environment. In effect, local people could play a very important role in monitoring and management of local ecosystems if they stand to benefit from the healthy state of nature. The federal administration has to balance both objectives of protection and of use, and therefore sustainable use of local resources is inherent in their organisation's mandate. Last but not least, the nostalgia of local people inspiring the revival or at least maintenance of their local environment as an important part of their history and identity also plays a crucial role in the discussion of regional sustainability.

Despite the common interest in local sustainable development within this compilation of stakeholders, not all of them are actively involved in the decision of whether and how to reconstitute the Gurgler Kamm biosphere reserve. Here, we need to also differentiate between the stakeholders that are in a position to take decisions and action regarding the reconstitution of the biosphere reserve, and other that are "only" affected, but that are without such authority. However, in line with the idea of biosphere reserves which explicitly promotes the sustainable use of nature, decision-makers have a strong interest in a high level of acceptance of and support for the (reconstituted) biosphere reserve. Key decision-makers in the case of the Gurgler Kamm include the MaB Committee at the national level (building the bridge to UNESCO), the provincial administration of Tyrol (particularly the environmental department, but with a strong orientation towards policy) and the authorities of the municipality (with the mayor playing a central role). It is remarkable that the local stakeholders, who constitute a primary focus according to the initially proposed research by the MaB, formally play a minor role in decision-making. Nonetheless, they are the most relevant group when it comes to the actual management of the land and the natural resources within the area.

As initially planned, a first step in the research project was to get the local actors involved and identify how they see and value possible futures of their region. In a second step it was planned to feed these finding into the overall decision-making process including different hierarchical levels.

6.2 Local level scenario development

Based on the assumption that people are interested in the history and future development of their own area, the scientific team decided to run a joint scenario workshop between scientists and local stakeholders called "Gurgl and Vent – yesterday, today, tomorrow". The development of scenarios for possible futures can provide multiple functions. It can help each of the different stakeholder groups to better understand the various and different perspectives of others on drivers, main issues and contingencies for development as well as anticipated future problems (Elliott et al. 2005). Thus it allows for the creation of a common communication basis for discussing complex sustainability problems and finally for the ground to be prepared for decision-making.

The workshop participants comprised of the biosphere park management, researchers, and representatives of several small to medium size enterprises and associations (guest houses

and hotels, mountain guides, grocery shop, the local tourism association, the church and the alpine research station). To allow for better trust building higher level stakeholders from outside the region were not approached for this first event. The first part of the workshop was to describe the developments over the last 30 years by using mainly images and maps. This triggered the contribution of personal views. Since snow cover is crucial in determining the prosperity of winter tourism, the projection on snow cover for the years 2041-2050 was presented. It was received with some satisfaction, given that it suggested there will be no threat for winter tourism within the region.

Participants received a short introduction to the scenario approach (Elliott et al. 2005). The example of the IPCC scenarios (IPCC working group III 2000, 4) was used as an illustration. Stakeholders and scientists worked on the scenarios in small mixed groups, following three steps: First, to define the variables they consider as highly relevant for future development of the region. The two groups listed a total of 13 influencing factors crucial for the future. These were then grouped into external framework conditions (over which they have little or no control) and those internal to the system over which they have more power to decide upon (Figure 8). These ranged from the various forms of tourist attractions to be created in the region and demands by tourists to the danger of avalanches. As a second step, participants developed short storylines for four different scenarios: a trend, a desired, a horror and a surprise scenario.

In the “trend” scenario, participants envisaged a moderate increase in winter tourism and stagnation in summer. They argued that the required additional annual capacities for the winter season entail more construction activities both in the village and on the ski slopes in summer and thereby substantially diminish the village’s attractiveness for summer tourism, which would limit summer tourism. In contrast, the “desired” scenario envisioned freezing the number of overnight stays in winter at the current level and increasing summer tourism. Since the village has sufficient excess capacities in summer, building activity could be restricted to maintenance work on already existing infrastructure, hence increasing the attractiveness of the village to allow for an increase in summer tourism. The “horror” scenario took the trend scenario to the extreme, with an emphasis on the development of winter tourism. Due to the risk of avalanches, there are no additional building areas available. Bed capacities could only be increased by moving staff out of the village to a less attractive and cheaper town at a lower altitude. In this scenario, construction activities would increase significantly to adapt staff quarters for the new purpose and to develop new ski slopes and ski-lifts to keep waiting times down. Consequently this would mean a near collapse of summer tourism. The “surprise” scenario was connected with the rediscovery of the “*Sommerfrische*”, meaning that due to climate change, tourists would increasingly be longing for refreshing holidays instead of hot summer holidays further to the South. Gurgl could offer a good mix of wellness, health services and walking in restorative mountain air for all four seasons. Special tourist groups such as allergy sufferers could be addressed. This scenario would require little in the way of construction activities in summer and would consequently lead to a stagnation of winter tourism.

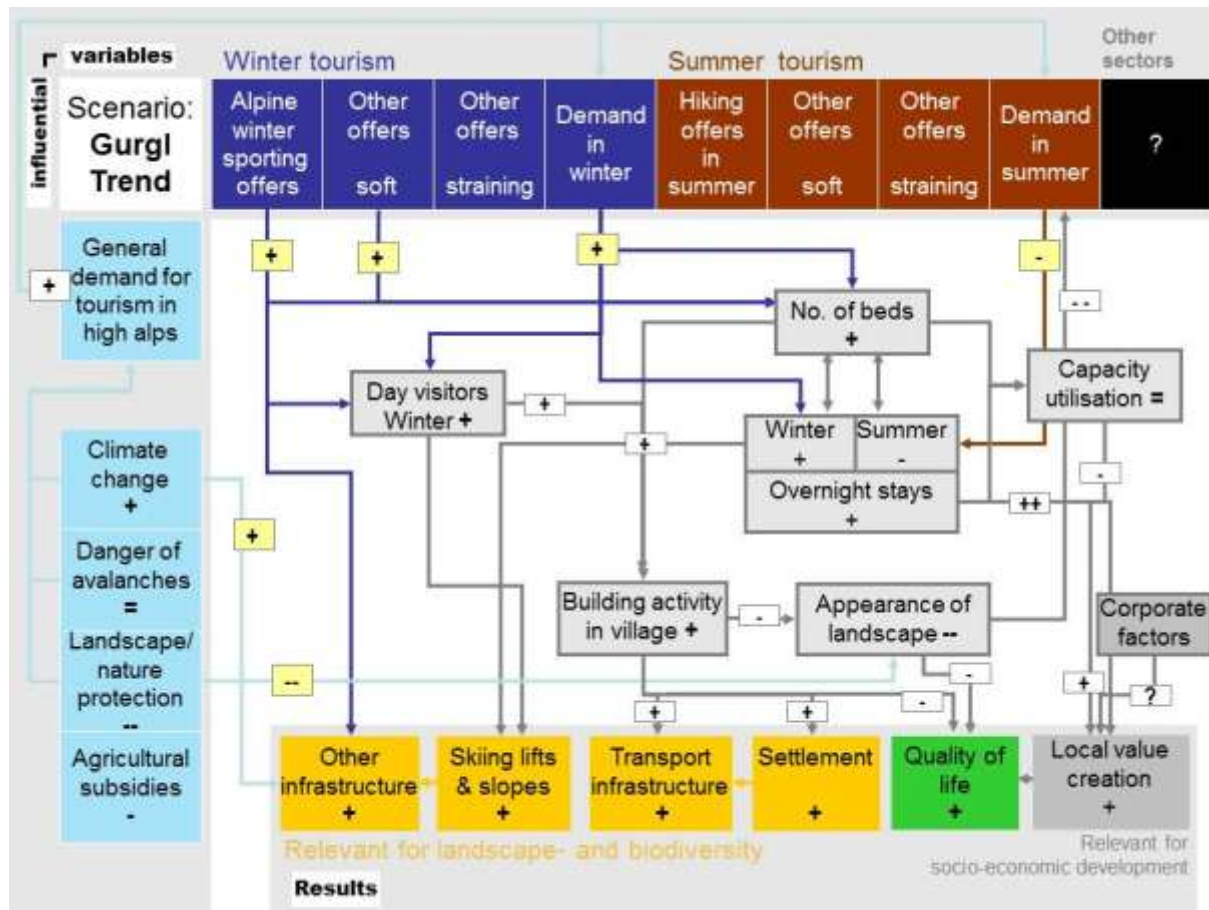


Figure 8: Causal model linking influential external and internal variables – 13 in all - with system parameters and ultimately with the outcome dimension of sustainability

In the final phase of the workshop, the groups discussed the scenarios according to the list of influential variables and agreed for each variable on the direction of change needed in order to achieve the situation described in each scenario for the year 2020/21. After the workshop, the scenarios were assessed using site-specific sustainability indicators developed by the research team Haas and Weber (2008b) (see Table 4).

Sustainability indicators		Relevant for	Impact
Economic	Local value creation	Socioeconomic Development	Local value creation determines income options for employees and entrepreneurs and is an influential factor persuading young people to stay in the village.
Social	Quality of life	Socioeconomic Development	Quality of life is the other influential factor for young people to stay in the village. It comprises attractiveness of landscape and vitality of village outside tourism seasons
Environ. pressure	Settlement	Biodiversity and land cover	Extension of settlement areas
	Transport infrastructure		Extension of infrastructure (landscape fragmentation)
	Ski-lifts, slopes & facilities		Extension and intensification of use

Table 4: Sustainability indicators for describing and assessing the scenarios

For the assessment itself, a causal model was developed to link influential variables (external and internal ones) with certain system parameters to ultimately assess how sustainability indicators will be altered over time (Figure 8). Finally, the summary of the scenarios, the causal model and the sustainability assessment were discussed in interviews with selected stakeholders.

In broad terms, the assessment shows that the “desired” scenario is the most sustainable one, offering increased local value generation and a much better quality of life with no intensification of land use required (Table 5). Local stakeholders and scientists shared this view. The “horror” scenario developed by the local stakeholders was the worst in terms of sustainability. The “surprise” scenario favoured by some local stakeholders achieved a mixed score. While the assessment shows an intensification of pressures on the environment due to energy intensive wellness activities and greater per capita indoor space, it would possibly increase the overall local value creation. In terms of quality of life the huge and possibly risky investments required could lead to a split among the village population. While small family-operated guest houses would not be able to afford the investments needed and might therefore be forced to close their business and consequently move out of the village, bigger hotels might benefit strongly from this development. So while the latter would gain continuous improvements in their quality of life, the former would not be able to remain in their desired living environment. In further discussions of the scenarios and interviews, the different interests of the two groups emerged more clearly. Those running large hotels with many employees favoured winter tourism, while smaller enterprises wished for a balance between winter and summer tourism. The former preferred to have a heavy workload in one season and to spend the rest of the year renovating and relaxing. In contrast, small family-run enterprises where the whole family is involved were interested in a more even distribution of the workload throughout the seasons. These are differences that will require further attention if the idea of a model for sustainability in the region is to be pursued in future.

SCENARIO GURGL 2020	TREND	DESIRED	HORROR	SURPRISE
Description of scenarios	Intensification of winter tourism; Steady state summer tourism	A balance between summer and winter tourism	Winter tourism only; No summer tourism	Health- and wellness-offers; especially for allergy sufferers (high altitude)
<i>Economic: Local value creation</i>	↘	↗	↗	↗
<i>Social: Quality of life</i>	↗↘	↗↗	↘↘	↗↘
<i>Ecological: land use intensification</i>	↘	→	↘↘	↘

Table 5: Initial sustainability assessment of the four scenarios for Gurgl 2020

7. Conclusions

Transdisciplinary approaches can generate valuable knowledge not only in scientific terms, but also in terms of providing decision-making support for a sustainability transition. At the same time, sharing experiences in transdisciplinarity and comparisons with other projects engaged in similar endeavours enhances learning and improved outcomes. In general there is no recipe for transdisciplinary processes, but there are several lessons and insights that can be concluded from this and other research experiences (Box 1).

The chances of success appear to increase if transdisciplinary research is conceived of as a joint learning process with as yet unclear outcomes. All participants have their specific incentives for dealing with an issue that is not yet properly defined. And if participants find that the process will not serve their interests (not even in the long run), then they are always free to drop out. An honest communication base is the best precondition. Any lack of clarity about the intention to participate usually signals the beginning of an asymmetrical and possibly unpleasant experience of collaboration. Clear roles and responsibilities would appear to be another precondition. One of these concerns an agreement on who will steer and facilitate the process. There are several models available, such as the “mixed steering group” or a “third party facilitator”. Whichever one is chosen, clarity and, at the least, no rejection by the participating groups is essential. Another role to be clarified is that of science. The main question concerns whether scientists have a degree of self-interest concerning the outcome of the process or whether their interest is focussed on formulating a feasible and promising research question and the sound application of methods with open outcomes. The openness to outcomes seems to be another crucial prerequisite for success.

Another rather important ingredient for the success of the process seems to be that participants have a minimum degree of willingness to reflect on the collaborative process and to re-adjust their actions based on insights gained from such reflections. A useful starting point is for scientists or site managers to organise their own critical reflection in discussions with peers from other protected landscapes. Last but not least, transdisciplinary research needs careful planning. This planning does not only start with the project, but sometimes includes careful thought that is required even at the point of initialising the research.

Box 1: Challenges of transdisciplinary research

Transdisciplinary research poses several challenges to both researchers and stakeholders.

- **No unity of science**

If interdisciplinary research is taken seriously, this implies different scientific viewpoints on one and the same problem. These different viewpoints, e.g. between natural and social scientists, enrich science. However, lay persons might see scientists as the provider of true answers and different or incompatible opinions might confuse them.

- **Conflicting interests**

Transdisciplinary research implies participatory processes. Since stakeholders most probably have conflicting interests already, the joint process of defining the problem to be investigated might become a stumbling block. Different resources, goals and values at stake and their social representation pose serious challenges to researchers.

- **External and internal power play**

Usually problems such as unsustainable developments have evolved over time and there are good reasons why societal counter-movements have not taken place. In many cases, a likely reason is that the most influential stakeholders might underestimate the adverse effects of such trends. In some cases it might even be that the most influential groups benefit from the unequal distribution of environmental resources and are reluctant to change. Transdisciplinary research needs to understand how to motivate stakeholders with various backgrounds and how to establish a communication base where scientific arguments can be considered openly. However, attention needs to be paid to the fact that the transdisciplinary process should not become the ball in a game between the stakeholders involved, in such a way that this further perpetuates the problem.

- **Need for collaborative integration**

Throughout the transdisciplinary process, integration is a precondition for success. This starts with the joint problem definition and ends with a joint formulation of results that might be used differently in scientific communities and in practice. However, if scientific results are entirely detached from joint findings and if stakeholders' efforts are limited to communicative action only, this lack of integration is a strong indication that the process has failed. Non-collaborative behaviour is a powerful means to undermine such a process.

- **Uncertainties**

Transdisciplinary research processes are highly dependent on collaboration and findings relevant to the joint problem definition. This entails a high level of uncertainties concerning the outcome. While stakeholders might easier be motivated to engage in a process when this seems to promise a pleasant outcome, uncertainty might be a stumbling block for the engagement of both stakeholders and scientists. Half-hearted collaborations may lead to diffuse, unarticulated, disputed, over-interpreted or over-generalised outcomes.

- **Limited resources and unlimited expectations**

Scientists and hired professionals face both limited resources and high production pressure e.g. peer reviewed publications. At the same time, stakeholders may have diverse and even unlimited expectations with a wish to benefit from continued services from science.

Based on authors' experience, observations and literature including Wallner and Wiesmann 2009, p49 and Wiesmann et al. 2008, p440

Clearly, transdisciplinary science is always confronted with some sort of power play. Stepping into any social system, one is soon confronted by established power structures and hierarchies that are by no means a matter of chance. Those who benefit most from existing arrangements do have a great interest in reproducing these power relations and might therefore resist

change. Economic disparities, unequal access to land, knowledge and political processes greatly influence the way these power structures are organised. While some power play is quite obvious, some is played out behind closed doors. Furthermore, if not cautious or well-informed, research efforts too might face the danger of being selectively used by some stakeholders to promote their own interest. Due to these complex power dynamics, in the Ötztal case, it was not possible to engage local, provincial and relevant national stakeholders in a dialogue for local sustainability. Still, for the research team, this was quite a useful learning exercise. We discovered, for example, that groups we had believed to be very homogenous were actually quite heterogeneous. Nevertheless, these very different perspectives allowed for resonance and increased interaction and enabled progress on issues which at first seemed to be stumbling blocks. This is true not only with stakeholders, but also while working in an interdisciplinary team. Natural scientists had been primarily concerned with the degradation of natural richness, viewing humans as a disturbance to nature, whereas social scientists had focussed on the study and survival of human societies. Only an interdisciplinary approach that conceptualises local communities as part of a self-organising and self-maintaining socio-ecological system allows for integrative views based on both perspectives. In the Ötztal case, this view was crucial to the achievement of successful integration.

Acknowledgements

The authors would like to thank colleagues at the Institute of Social Ecology whose efforts and insights provided a sound conceptual basis for this chapter. They are Marina Fischer-Kowalski and Karlheinz Erb. Special thanks goes to the Austrian Man and Biosphere Committee, which funded the research to foster both sustainability at local level and better integration between natural and social sciences.

References

- Abegg, B. (1996). *Klimaänderung und Tourismus - Klimafolgenforschung am Beispiel des Wintertourismus in den Schweizer Alpen. Schlussbericht NFP31*. Zürich:
- Ackermann, M. & Walz, A. (2009). Auswertung der Befragung von Wanderern und anderen Freizeitsportlern im oberen Ötztal. In: Haas et al. (Eds.), *Zwischenbericht (Kapitel 2) MaB Biosphärenpark Ötztal (Phase 3)*. (pp. 7-25). Wien: IFF Soziale Ökologie.
- Balsiger, P. W. (2003). Supradisciplinary research practices: history, objectives and rationale. *Futures*, 36, 407-421.
- Balter, M. (2010). Anthropologist Brings Worlds Together. *Science*, 329, 743-745.
- Biggs, R., Raudsepp-Hearn, C., Atkinson-Palombo, C., Bohensky, E., Boyd, E., Cundill, G., Fox, H., Ingram, S., Kok, K., Spehar, S., Tengo, M., Timmer, D. & Zurek, M. (2007). Linking futures across scales: a dialog on multiscale scenarios. *Ecology and Society*, 12,
- Bogner, A., Kastenhofer, K. & Torgersen, H.(eds.) (Eds.) (2010). *Inter- und Transdisziplinarität im Wandel? Neue Perspektiven auf problemorientierte Forschung und Politikberatung*. Baden-Baden: Nomos.
- Burawoy, M. (2004). Public Sociologies: Contradictions, Dilemmas, and Possibilities. *Social Forces*, 82, 1603-1618.
- Cooke, B. & Kothari, U. (Eds.) (2001). *Participation: The new tyranny*. London: Zed Books Ltd.
- Duelli, M. Die Vegetation des Gaisbergtales. Ein Versuch, das Datenmaterial mit Hilfe der EDV-Anlage zu bearbeiten. 1977. Univ. Innsbruck. 7-9-2011.
- Elliott, J., Heesterbeek, S., Lukensmeyer, C. J. & Slocum, N. (2005). *Leitfaden partizipativer Verfahren. Ein Handbuch für die Praxis*. Brüssel-Wien: kbs-ITA.
- Erschbamer, B. & Mayer, R. (2011a). Schipisten im Raum Obergurgl Footprints. In: Anonymous (Eds.), *Zwischenbericht (Kapitel 4) MaB Biosphärenpark Ötztal (Phase 3)*. (pp. 131-181). Wien: IFF Soziale Ökologie.
- Erschbamer, B. & Mayer, R. (2011b). *Diversitätserhebungen im hinteren Ötztal - Raum Obergurgl, Vent/Rofental*.
- Farrell, K., van den Hove, S. & Luzzati, T. (Eds.) (2011). *Beyond Reductionism. A passion for interdisciplinarity*. Routledge.
- Fischer-Kowalski, M., Erb, K.-H. & Singh, S. J. (2008). Extending BRIM to BRIA: Social monitoring and integrated sustainability assessment. In: Chmielewski, T. (Eds.), *Nature conservation management: From idea to practical results*. (pp. 208-219). Lublin: PWZN "Print 6".

- Funtowicz, S. O. & Ravetz, J. R. (1993). Science for the post-normal age. *Futures*, 25, 739-755.
- Funtowicz, S. O. & Ravetz, J. R. (1994). The worth of a songbird: ecological economics as a post-normal science. *Ecological Economics*, 10, 197-207.
- Gibbons, M., Limoges, C. & Nowotny, H. (Eds.) (1994). *The New Production of Knowledge. The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*. London: Sage.
- GLP (Eds.) (2005). *Global Land Project. Science Plan and Implementation Strategy*. Stockholm: IGBP Secretariat.
- Haas, W. & Weber, M. (2008a). *Sozio-ökonomische Entwicklung Obergurgl/Vent*. In: Haas et al. (Eds.), Endbericht (Kapitel 4) MaB Bisophärenpark Ötztal (Phase 2). (pp. 35-39). Wien: IFF Soziale Ökologie.
- Haas, W. & Weber, M. (2008b). *Szenarien für Gurgl und Vent 2020/21*. In: Haas et al. (Eds.), Endbericht (Kapitel 8) MaB Bisophärenpark Ötztal (Phase 2). (pp. 66-97). Wien: IFF Soziale Ökologie.
- Haas, W. & Weber, M. (2007). *Integriertes Monitoring im Ötztal*. In: Haas et al. (Eds.), Endbericht MaB Bisophärenpark Ötztal (Phase 2). (pp. 20-27). Wien: IFF Soziale Ökologie.
- Hale, C. R. (Eds.) (2008). *Engaging Contradictions. Theory, Politics, and Methods of Activist Scholarship. Global, Area, and International Archive*. University of California Press.
- Franz, H., Holling, C.S. (Eds.), (1974). *Alpine Areas Workshop. Proceedings. 13-17 May 1974, Laxenburg, Austria*. 80 pp.
- Hirsch Hadorn, G., Hoffmann-Riem, H., Biber-Klemm, S., Grossenbacher-Mansuy, W., Joye, D., Pohl, C., Wiesmann, U. & Zemp, E. (Eds.) (2008). *Handbook of Transdisciplinary Research*. Stuttgart, Berlin, New York: Springer.
- IPCC working group III (2000). *IPCC special report: emission scenarios - summary for policy makers*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Irvine, R., Chambers, R. & Eyben, R. (Eds.) (2004). *Learning from poor people's experience: immersions*.
- Jantsch, E. (1972). Towards Interdisciplinarity and Transdisciplinarity in Education and Innovation. In: Centre for Educational Research and Innovation (CERI) (Eds.), *Problems of Teaching and Research in Universities*. (pp. 97-121). Paris: OECD.
- Joss, S. & Bellucci, S. (Eds.) (2002). *Participatory technology assessment: European perspectives*. London: Centre for Study of Democracy, University of Westminster.
- Kates, R. W., Clark, W. C., Corell, R., Hall, J. M., Jaeger, C. C., Lowe, I., McCarthy, J. J., Schellnhuber, H. J., Bolin, B., Dickson, N. M., Faucheux, S., Gallopin, G. C., Grübler, A., Huntley, B., Jäger, J., Jodha, N. S., Kaspersen, R. E., Mabogunje, A., Matson, P.

- A., Mooney, P., Mooney, H. A., Moore III, B., O'Riordan, T. & Svedin, U. (2001). Environment and Development: Sustainability Science. *Science*, 292, 641-642.
- Klein, J. T. (Eds.) (1990). *Interdisciplinarity: History, theory, and practice*. Detroit: Wayne State UP.
- Klein, J. T. (Eds.) (1996). *Crossing Boundaries: Knowledge, Disciplinarity & Interdisciplinarity*. Virginia: University Press.
- Klein, J. T. (2004). Prospects for transdisciplinarity. *Futures*, 36, 515.
- Lange, S. (Eds.) (2005). *Inspired by diversity - UNESCO's biosphere reserves as model regions for sustainable interaction between man and nature*. Vienna: Austrian Academy of Science Press.
- Lewin, K. (Eds.) (1951). *Field Theory in Social Science: Selected theoretical papers*. New York: Harper & Row.
- Loukopoulos, P. & Scholz, R. W. (2004). Sustainable future urban mobility: using 'area development negotiations' for scenario assessment and participatory strategic planning. *Environment and Planning*, 36, 2203-2226.
- Mayer, R. & Erschbamer, B. (2009). Die Vegetation von Schipisten im Vergleich zur angrenzenden Vegetation im inneren Ötztal (Zentralalpen, Nordtirol). *Verh.Zool.-Bot.Ges.Österreich*, 146, 139-157.
- Millennium Ecosystem Assessment (Eds.) (2005). *Ecosystems and Human Well-Being - Our Human Planet. Summary for Decision Makers*. Washington, D.C.: Island Press.
- Mittelstraß, J. (1992). Auf dem Wege zur Transdisziplinarität. *GAIA - ecological perspectives for science and society*, 5, 250-
- Mobjörk, M. (2009). *Crossing boundaries: the framing of transdisciplinarity*. Örebro University and Mälardalen University, Centre for Housing and Urban Research Series.
- Munda, G. (2004). Social multi-criteria evaluation: Methodological foundations and operational consequences. *European Journal of Operational Research*, 158, 662-677.
- Munda, G. (Eds.) (2008). *Social Multi-Criteria Evaluation for a Sustainable Economy*. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag.
- Nowotny, H., Scott, P. & Gibbons, M. (2003). Mode 2 Revisited: The New Production of Knowledge. *Minerva The International Review of Ancient Art & Archaeology*, 41, 179-194.
- Patzelt, G. (Eds.) (1987). *MaB-Projekt Obergugl. Veröff. Österr. MaB-Progr.* Innsbruck: Univ. Verlag Wagner.
- Pereira, A. G. & Funtowicz, S. (2006). Knowledge representation and mediation for transdisciplinary frameworks: Tools to inform debates, Dialogues & Deliberations. *International Journal of Transdisciplinary Research*, 1, 34-50.

- Piaget, J. (Eds.) (1973). *Der Strukturalismus*. Olten: Walter-Verlag.
- Pohl, C. & Hirsch Hadorn, G. (2007). Systems, targets and transformation knowledge. In: Hirsch Hadorn, G., Hoffmann-Riem, H., Biber-Klemm, S., Grossenbacher-Mansuy, W., Joye, D., Pohl, C., Wiesmann, U. & Zemp, E. (Eds.), *Principles for Designing Transdisciplinary Research*. (pp. 36-40). Munich: Oekom-Verlag.
- Reiter, K. (2007). Landschaftsökologie im oberen Ötztal. In: Haas et al. (Eds.), *Endbericht, MaB Biosphärenpark Ötztal, (Phase 1.)* (pp. 28-36) Wien: IFF, Institut für Soziale Ökologie.
- Reiter, K., Wrška, T. & Prinz, M. (2008). *Die Landschaften des inneren Ötztals, In: Endbericht (Kapitel 9) MaB Biosphärenpark Ötztal (Phase 2)*. (pp. 98-133). Wien: IFF Soziale Ökologie.
- Schwienbacher, E., Glaser, F., Kaufmann, R. & Erschbamer, B. (2007). Dokumentation naturwissenschaftlicher Studien. In: Haas et al. (Eds.), *Endbericht (Kapitel 7) MaB Biosphärenpark Ötztal (Phase 1)*. (pp. 37-45). Wien: IFF Soziale Ökologie.
- Siddiq Khan, M. & Bhagwat, S. A. (2010). Protected Areas: A Resource or Constraint for Local People? A Study at Chitral Gol National Park, North-West Frontier Province, Pakistan. *Mountain Research and Development (MRD)*, 30, 14-24.
- Speed, S. (2006). At the Crossroads of Human Rights and Anthropology: Toward a Critically Engaged Activist Research. *American Anthropologist*, 108, 66-76.
- Stoll-Kleemann, S. & Welp, M. (2008). Participatory and Integrated Management of Biosphere Reserves. Lessons from Case Studies and a Global Survey. *GAIA*, 17, 161-168.
- Turner, B. L. I., Lambin, E. F. & Reenberg, A. (2007). The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104, 20666-20671.
- Vilsmayer, U. (2010). Transdisciplinarity and protected areas: A matter of research horizon. *Eco.mont*, 2,
- Wallner, A. & Wiesmann, U. (2009). Critical Issues in Managing Protected Areas by Multi-Stakeholder Participation - Analysis of a Process in the Swiss Alps. *eco.mont - Journal on Protected Mountain Areas Research*, 1, 45-50.
- Walz, A., Lardelli, C., Behrendt, H., Grêt-Regamey, A., Lundström, C., Kytzia, S. & Bebi, P. (2007). Participatory scenario analysis for integrated regional modelling. *Landscape and Urban Planning*, 81, 114-131.
- Walz, A. & Ryffel, A. (2008). *Landschaftseingriffe durch die Siedlungsentwicklung im Oberen Ötztal 1973 - 2003, In: Endbericht (Kapitel 3) MaB Biosphärenpark Ötztal (Phase 2)*. (pp. 17-34). Wien: IFF Soziale Ökologie.
- Wiesmann, U., Biber-Klemm, S., Grossenbacher-Mansuy, W., Hirsch Hadorn, G., Hoffmann-Riem, H., Joye, D., Pohl, C. & Zemp, E. (eds.) (2008). *Enhancing Transdisciplinary*

Research: A Synthesis in Fifteen Propositions. In: Anonymous (Eds.), *Handbook of Transdisciplinary Research*. (pp. 433-442). Stuttgart, Berlin, New York: Springer Verlag.

Wilcox, B. & Kueffer, C. (2008). Transdisciplinarity in EcoHealth: Status and Future Prospects. *Ecohealth*, 5, 1-3.

Anhang B: Zur Auswertung der Befragung von Wanderern und anderen Freizeitsportlern im oberen Ötztal

Gästabefragung Oberes Ötztal Sommer 2008

30 Jahre nach dem ersten UNESCO Man-and-Biosphere Forschungsprojekt im Oberen Ötztal wird im Rahmen des Projektes „Footprints“ die Entwicklung der Region seit den 1970ern, ihre aktuelle Situation und zukünftige Entwicklungsoptionen unter Berücksichtigung einer globalen Klimaerwärmung betrachtet. Ein wichtiger Schwerpunkt des Projektes liegt in der Interaktion zwischen der alpinen Landschaft und gesellschaftlichen Aktivitäten, die diese Landschaft nutzen und sie gleichzeitig gestalten und verändern. Diese Befragung dient dazu, die Intensität und Art der Nutzung des Oberen Ötztals durch Freizeitaktivitäten abzuschätzen.

.....

(1) Welche Freizeitaktivitäten haben Sie heute vor? (mehrere Antworten möglich)

- | | | | |
|---|--|---|---|
| ☐ Spaziergehen (< 1 h) | ☐ Hochtouren (mit Gletscherquerung) | ☐ Sammeln (z.B. Pilze) | ☐ Besuch einer Hütte |
| ☐ Wandern (> 1 h) | ☐ Mountain Biking | ☐ Jagen | ☐ Liftbenützung |
| ☐ Weitwanderung (mit Übernachtung) | ☐ Klettern | ☐ Tierbeobachtung oder Interesse an Pflanzen | ☐ Downhill Biking |
| ☐ Bergsteigen (mit Gipfelbesteigung) | ☐ Reiten | | ☐ Motocross |

Sonstiges: _____

(2) Wohin sind/waren Sie unterwegs? Bitte die (voraussichtliche) Route farbig in beiliegende Kartenskizze eintragen.

(3) Warum haben Sie sich für die Region Obergurgl bzw. Vent entschieden? (mehrere Antworten möglich)

- | | | |
|---|--|---|
| ☐ Ansprechende Natur: | ☐ Gut geeignet für Sport: | ☐ Gut geeignet zur Erholung: |
| ☐ Schöne Landschaft | ☐ Höhenttraining | ☐ Ruhe |
| ☐ Intakte Natur | ☐ Bergsteigen | |
| ☐ Reine Luft | ☐ Klettern | |
| ☐ Gute Infrastruktur: | ☐ Kein spezifischer Grund | |
| ☐ Ausgedehntes Wegenetz | | |
| ☐ Gastliche Hütten | | |
| ☐ Teilw. Liftbetrieb | | |
| ☐ Gutes Hotellerie-Angebot | | |

Sonstiges: _____

(4) Haben Sie schon mal vom Biosphärenpark „Gurgler Kamm“ oder vom Naturpark Ötztal gehört?
Biosphärenpark „Gurgler Kamm“ Naturpark Ötztal

- ☐ Ja, und zwar durch _____ ☐ Ja, und zwar durch _____
☐ Nein ☐ Nein

(5) Wie viele Tage verbringen Sie im Oberen Ötztal (Sölden, Zwieselstein, Obergurgl, Vent)? Wenn Sie nicht aus dem oberen Ötztal kommen: An welchem Ort übernachten Sie?

- ☐ einen ☐ zwei ☐ drei Tage ☐ 4-7 Tage ☐ 8-14 Tage ☐ mehr ☐ aus dem oberen Ötztal

Übernachtungsort: _____

(6) Wie oft kommen Sie ins Obere Ötztal?

- ☐ Zum ersten Mal. ☐ +/- jährlich ☐ fast nur Winter
☐ War schon einmal da. ☐ Mehrmals im Jahr ☐ nur Sommer
☐ War schon mehrmals da. ☐ Winter und Sommer

(7) Haben Sie Interesse an Informationsangeboten zur Natur des Oberen Ötztals?

- ☐ Ja, und zwar am liebsten
☐ Geführte Exkursionen
☐ Broschüren
☐ Informationszentrum
☐ Lehrpfade
☐ Nein

(8) Woher kommen Sie? Bei Österreichern: Bundesland, sonst: Land.

(9) Haben Sie noch Wünsche und Anregungen?

Herzlichen Dank für Ihre Mitarbeit!

(A) Angaben zur Gruppe:

Anzahl Personen: _____ Frauen: _____ Männer: _____ Kinder: _____

(B) Uhrzeit der Befragung:

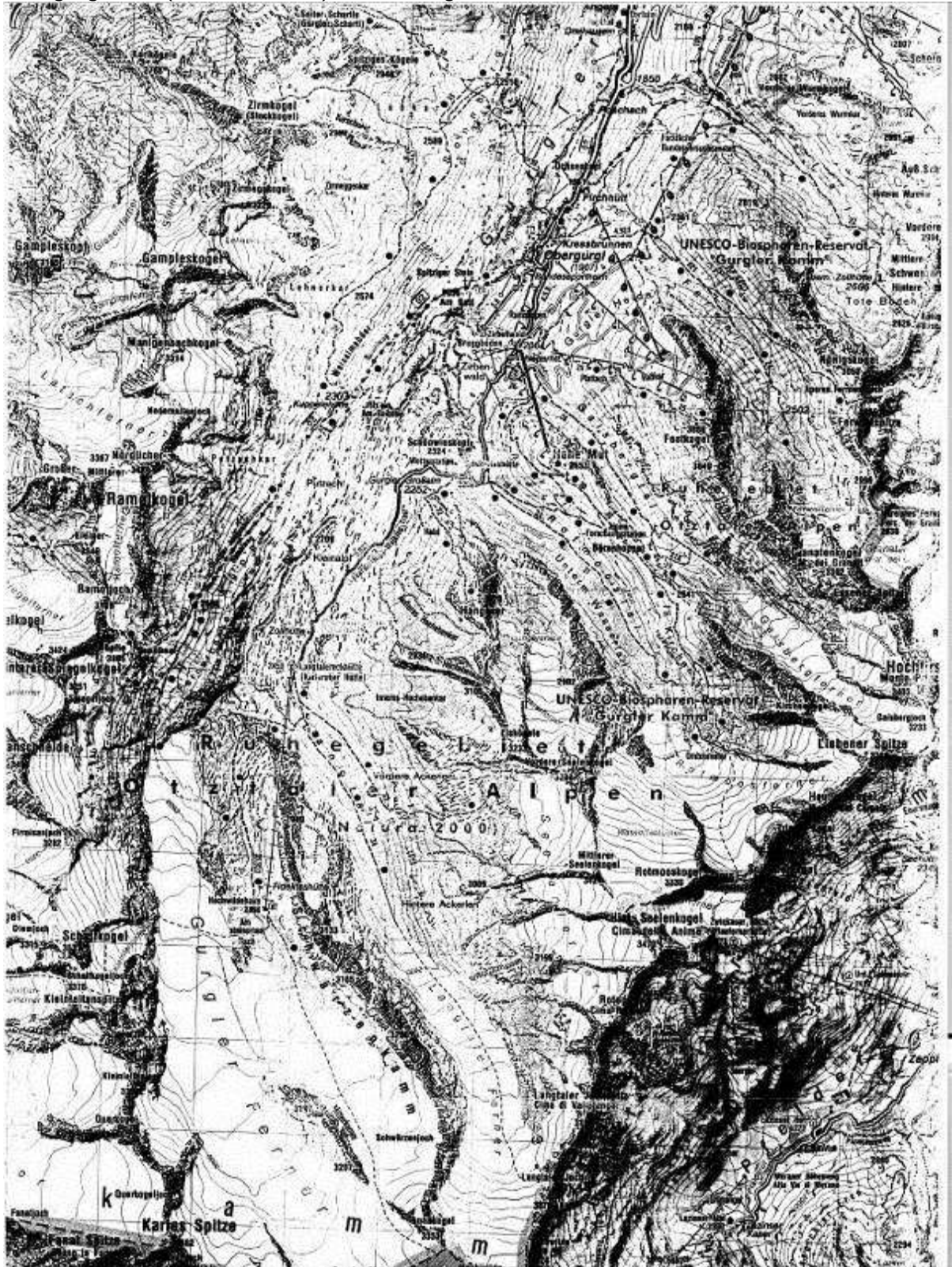
- ☐ < 8:30 h ☐ 8:30 h - 12 h ☐ 12-14 h ☐ > 14 h
☐ Start ☐ Rückkunft

(C) Noch Kommentare?

Vent: Bitte (voraussichtliche) Route **farbig** einzeichnen.



Obergurgl: Bitte (voraussichtliche) Route **farbig** einzeichnen.



Anhang C: Lücken in den baseline-Daten

Lücken in den baseline-Daten

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Vegetationstypen im hinteren Örtztal • Zirben-Lärchenwald • Grünerlen-Gebüsch • Hochstaudenflur • Schneeschutzbedürftige Zwergstrauchvegetation • Zwergwacherheide • Alpenazaleen-Windheiden • Niederwüchsige (bis hüfthohe) subalpine Weidengebüsche • Schneebedengesellschaften • Krummseggenrasen • Nacktiedrasen • Subalpine Bürstlingsrasen • Bergmäher, z. T. aufgelassen oder noch gemäht • Fettwiesen • Niedermoore • Quellfluren, Bereiche von Rinnsalen • Ältere Moränen • Jüngere Moränen • Felsrasen/Felsspaltenvegetation • Blockschutthalde der subalpinen Stufe • Schutthalde der alpinen-subnivalen Stufe • Bach-Alluvionen und Schotterbänke • Schipisten | <ul style="list-style-type: none"> • Vegetationstypen im hinteren Örtztal • <u>Zirben-Lärchenwald</u> • <u>Grünerlen-Gebüsch</u> • <u>Hochstaudenflur</u> • <u>Schneeschutzbedürftige Zwergstrauchvegetation</u> • <u>Zwergwacherheide</u> • <u>Alpenazaleen-Windheiden</u> • <u>Niederwüchsige (bis hüfthohe) subalpine Weidengebüsche</u> • <u>Schneebedengesellschaften</u> • <u>Krummseggenrasen</u> • <u>Nacktiedrasen</u> • <u>Subalpine Bürstlingsrasen</u> • <u>Bergmäher, z. T. aufgelassen oder noch gemäht</u> • <u>Fettwiesen</u> • <u>Niedermoore</u> • <u>Quellfluren, Bereiche von Rinnsalen</u> • <u>Ältere Moränen</u> • <u>Jüngere Moränen</u> • <u>Felsrasen/Felsspaltenvegetation</u> • <u>Blockschutthalde der subalpinen Stufe</u> • <u>Schutthalde der alpinen-subnivalen Stufe</u> • <u>Bach-Alluvionen und Schotterbänke</u> • <u>Schipisten</u> |
|--|--|

rot: mangelhafte Daten,
rot und unterstrichen:
fehlende Daten

blau: Synthese der
bestehenden Daten und
Neuerhebung im Rahmen
von footprints

Anhang D: Übersicht der Biospärenpark relevanten Stakeholder

Erste Stakeholder-Map

