

Wahrnehmung und Bewertung von Naturgefahren als Folge von Gletscherschwund und Permafrostdegradation in Tourismus- Destinationen am Beispiel des Tuxer Tals (Zillertaler Alpen/Österreich)

Universität für Bodenkultur



Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und
Naturschutzplanung 

Universität Regensburg
Universität Eichstätt-Ingolstadt

ProjektmitarbeiterInnen und AutorInnen des Berichts:

Prof. Dr. Ulrike Pröbstl

Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung

Universität für Bodenkultur

Prof. Dr. Bodo Damm

Universität Regensburg, Universität Eichstätt-Ingolstadt

Unter Mitwirkung von:

Dr. Wolfgang Rid

Paulus Mau

Astrid Felber

Martin Sowa

Irina Pichler

Mit fachlicher Beratung von:

Dr. Pascal Haegeli

Prof. Dr. Wolfgang Haider

Wien, Mai 2009

StartClim2008.F

Teilprojekt von StartClim2008

Projektleitung von StartClim2008:

Universität für Bodenkultur, Department für Wasser – Atmosphäre – Umwelt

Institut für Meteorologie, Peter Jordan-Straße 82, 1190 Wien

URL: <http://www.austroclim.at/startclim/>

StartClim2008 wurde aus Mitteln des BMLFUW, des BMWF, des BMWFJ, der ÖBF und der Österreichischen Hagelversicherung gefördert.

Inhaltsverzeichnis

F-1	Einleitung und Problemstellung -----	4
F-2	Untersuchungsgebiet -----	5
F-3	Datengrundlagen und Methode -----	6
F-3.1	Datengrundlage -----	6
F-3.2	Erläuterungen zum Fragebogen -----	7
	<i><u>F-3.2.1 Beschreibung</u></i> -----	<i><u>7</u></i>
	<i><u>F-3.2.2 Stichprobengröße und Verteilung</u></i> -----	<i><u>10</u></i>
F-3.3	Analyse und Modellierung der Permafrostverbreitung -----	10
	<i><u>F-3.3.1 GIS- gestützte Modellierung der Permafrostverbreitung</u></i> -----	<i><u>13</u></i>
	<i><u>F-3.3.2 Permafrostverbreitung für Temperaturszenarien von +/-1,5°C</u></i> -----	<i><u>15</u></i>
	<i><u>F-3.3.3 Erfassung, Rekonstruktion und Simulation der Vergletscherung</u></i> -----	<i><u>15</u></i>
	<i><u>F-3.3.4 Identifikation und Berechnung von Gefahrenpotenzialen</u></i> -----	<i><u>16</u></i>
F-4	Ergebnisse -----	18
F-4.1	Ergebnisse der Befragung -----	18
	<i><u>F-4.1.1 Überblick</u></i> -----	<i><u>18</u></i>
	<i><u>F-4.1.2 Alter, Geschlecht und Haushaltsstruktur</u></i> -----	<i><u>18</u></i>
	<i><u>F-4.1.3 Besuchsart, -häufigkeit und Motive</u></i> -----	<i><u>20</u></i>
	<i><u>F-4.1.4 Einstellungen zum Klimawandel</u></i> -----	<i><u>23</u></i>
	<i><u>F-4.1.5 Touristische Aspekte</u></i> -----	<i><u>23</u></i>
	<i><u>F-4.1.6 Managementmaßnahmen und Adaption</u></i> -----	<i><u>24</u></i>
	<i><u>F-4.1.7 Gefahr, Risiko und Risikowahrnehmung</u></i> -----	<i><u>25</u></i>
	<i><u>F-4.1.8 Risikobereitschaft</u></i> -----	<i><u>27</u></i>
	<i><u>F-4.1.9 Antworten aus dem Choice Experiment</u></i> -----	<i><u>29</u></i>
F-4.2	Ergebnisse der Permafrostuntersuchung -----	30
	<i><u>F-4.2.1 Verbreitung von Permafrost im Tuxer Tal</u></i> -----	<i><u>30</u></i>
	<i><u>F-4.2.2 Rückgang der Vergletscherung seit 1850</u></i> -----	<i><u>32</u></i>
	<i><u>F-4.2.3 Ausdehnung der Vergletscherung um Mitte des 21. Jahrhunderts</u></i> ----	<i><u>34</u></i>
	<i><u>F-4.2.4 Geomorphologische Gefahren: Anrissflächen von Murprozessen</u></i> ----	<i><u>36</u></i>
	<i><u>F-4.2.5 Geomorphologische Gefahren: Anrissflächen von Sturzprozessen</u></i> ---	<i><u>38</u></i>
	<i><u>F-4.2.6 Direkte Gefährdungen für den Bergtourismus</u></i> -----	<i><u>41</u></i>
F-5	Schlussfolgerung -----	43

Kurzfassung -----	44
Abstract -----	44
Literaturverzeichnis -----	46
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis -----	49

F-1 Einleitung und Problemstellung

In den Hochregionen der Alpen reagiert das Eis von Gletschern und Permafrost sensibel auf Klimaänderungen (BENISTON et al. 1997, DAVIES et al. 2001, ARENSON 2003, VILIMEK et al. 2005). Der Temperaturanstieg seit dem Ende der neuzeitlichen Kaltphase (Little Ice Age) vor rund 150 Jahren hat sich daher in den glazialen und periglazialen Höhenstufen besonders empfindlich ausgewirkt (u. a. LEWIN & WARBURTON 1994, HARRIS et al. 2003, DAMM & FELDERER 2008). Gletscherschwund, Anstieg der Permafrosttemperaturen sowie eine Zunahme von Hanginstabilitäten und Massenbewegungen sind Anzeichen für die Reaktion der alpinen Umwelt auf die eingetretenen Klimaänderungen. Diese beeinflussen in erheblichem Umfang das gegenwärtige und das künftige Naturgefahrenpotential (HAEBERLI 1992, 1999, HAEBERLI et al. 1999, GRUBER et al. 2004, KAÄB et al. 2005, VILIMEK et al. 2005, FISCHER et al. 2006, DAMM & FELDERER 2009).

Der Rückgang der Vergletscherung seit dem neuzeitlichen Gletscherhochstand um 1850 ist im Alpenraum unterschiedlich gut belegt (u. a. DAMM 1998, ELLENRIEDER et al. 2005, LAMBRECHT & KUHN 2007). Zur räumlichen Verbreitung des Permafrostes und dessen Veränderungen im gleichen Zeitraum ist der Wissensstand im gesamten Alpenraum weitgehend lückenhaft, wenn auch in den vergangenen Jahren verschiedene Forschungsinitiativen, insbesondere in der Schweiz, zumindest die regionalen Kenntnisse erweitert haben (VONDER MUEHLL et al. 2004, MAIR et al. 2008). Für den Ostalpenraum weisen Untersuchungen darauf hin, dass die Temperaturen im Bereich der Permafrostspiegel seit 1880 um 1 - 2° C zugenommen haben (vgl. auch KUHN 1990, PATZELT & AELLEN 1990, HAEBERLI 1992). Ausgehend von einem mittleren Temperaturgradienten von 0,5 - 0,6° C/100 m kann ein Anstieg der Permafrostuntergrenzen in den vergangenen 130 Jahren um 150 - 400 m angenommen werden.

Sofern sich die Schwundtendenz der vergangenen Jahre fortsetzt oder beschleunigt, dürften Gletscherschwund und Permafrostdegradation in naher Zukunft die Grenzen der Bandbreite postglazialer Schwankungen erreichen. Daher sind in den kommenden Jahrzehnten Verhältnisse und Entwicklungen ohne postglaziale oder historische Präzedenz zu erwarten. Ein weiterer Temperaturanstieg um 1 - 2° C bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts könnte die Gleichgewichtslinien der alpinen Gletscher um 150 - 350 m und die Permafrostuntergrenzen um 200 - 400 m ansteigen lassen. Bei einem solchen Szenario würden in den Ostalpen zahlreiche Gletscher vollständig abschmelzen und tiefer gelegene Permafrosthänge dürften mit den entsprechenden Folgen für die boden- und felsmechanische Stabilität degradieren (u. a. ZIMMERMANN & HAEBERLI 1992, DAVIES et al. 2001, DAMM & FELDERER 2008, 2009).

Im Zusammenhang mit der aufgezeigten Problematik zielt der geowissenschaftliche Ansatz der vorliegenden Studie auf die Erfassung, Berechnung und Simulation der Gletscher- und Permafrostvorkommen und deren Veränderungen sowie auf die Abschätzung der daraus resultierenden geomorphologischen Gefahrenpotenziale im Tuxer Tal, Zillertaler Alpen (Österreich) ab. Zur Abschätzung der künftigen Entwicklung im Bereich der Kryosphäre wurde ein Anstieg der Jahresmitteltemperaturen der Luft im Untersuchungsgebiet um 1,5 °C bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts zugrunde gelegt (vgl. MATULLA et al. 2002, MATULLA 2005, IPCC 2007, FORMAYER, et al. 2008).

F-2 Untersuchungsgebiet

Das Tuxer Tal in Tirol, ein Seitental des Zillertals, schließt an die vergletscherten Regionen im Zentralkamm der Zillertaler Alpen an. Das Gemeindegebiet von Tux reicht bis zum 3.476 m hohen vergletscherten Olperer, der 3.288 m hohen Gefrorene-Wand-Spitze und dem 3.231 m hohen Hoher Riffler. Im hinteren Teil des Tals liegt Hintertux unterhalb des Gefrorene Wand-Kees, auf dem eines der beliebtesten Sommerskigebiete Österreichs betrieben wird (Abb. 1). Der Tourismus mit Gastgewerbe- und Beherbergungsbetrieben ist wirtschaftlich sehr bedeutend. Nach Mayrhofen hat Tux die zweithöchsten Nächtigungszahlen im Zillertal aufzuweisen.

Abgesehen von den Wintersportmöglichkeiten eignet sich das Gebiet insbesondere für alpine Aktivitäten. Tux ist Ausgangspunkt von zahlreichen Wanderungen und hochalpinen Touren. Die vorhandenen Hütten sind zum Teil ganzjährig bewirtschaftet. In der Gletscherregion verschärfen sich allerdings aufgrund zunehmender Gletscherschmelze und durch Permafrostdegradation seit Jahren die Bedingungen, was gebietsweise zu Massenbewegungen (Muren, Steinschlag, Blockschlag usw.) und, daraus resultierend, Gefährdungen geführt hat. Aus dem Untersuchungsgebiet liegen keinerlei Kenntnisse und Untersuchungen über die Entwicklung der Kryosphäre während der vergangenen 150 Jahre vor. Hinsichtlich der naturräumlichen Ausstattung sowie aufgrund der vielfältigen Nutzung eignet sich das Gebiet hervorragend für die vorgesehenen Fragestellungen.

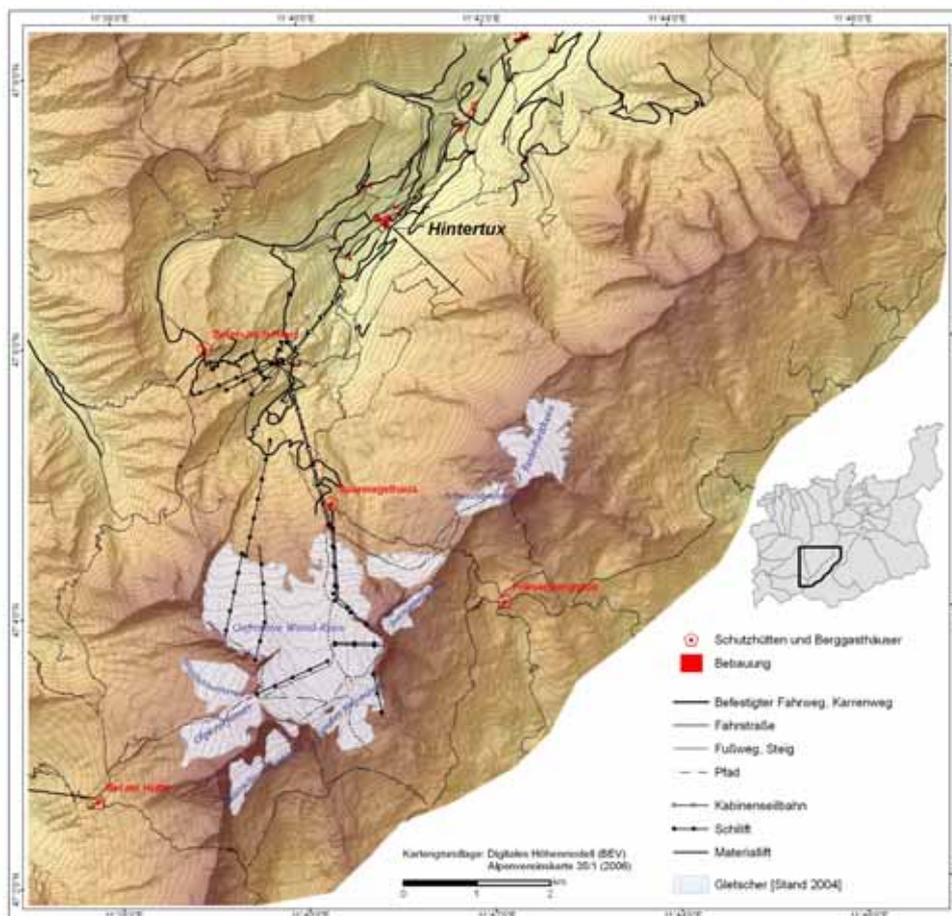


Abb. F- 1: Tuxer Tal und Tuxer Hauptkamm in den Zillertaler Alpen, Österreich mit aktueller Vergletscherung und Infrastruktureinrichtungen.

F-3 Datengrundlagen und Methode

F-3.1 Datengrundlage

Für die Erfassung, Darstellung und Simulation der Kryosphäre und ihrer raumzeitlichen Veränderungen im Tuxer Tal sowie zur Erfassung der aktuellen Infrastruktur (Wegenetz, Lifte, Seilbahnen) und Bebauung wurden verschiedene analoge und digitale Informationsträger herangezogen:

- Digitale Höhendaten des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen, Wien. Die Rohdaten mit einer Rasterweite von 10 m lagen im ASCII-Format vor und decken ein Gebiet von 122,5 km² ab. Die xyz-Daten wurden mit MS-Excel eingelesen, zusammengeführt und mit der GIS- Software ArcView/ArcMap zu einem Digitalen Geländemodell (DGM) verarbeitet (vgl. Abb. 2).
- Farb- Orthophotos des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen, Wien. Die Orthophotos mit Aufnahmedatum vom Juli und September 2004 lagen als Einzelblätter im Originalmaßstab 1:2000 mit einer Grundfläche von 1,25 km² und einer Bodenauflösung von 0,25 m digital als TIFF- Dateien vor. Sie wurden mit der Software ArcMap bearbeitet und zu einem Orthophotomosaik zusammengeführt (vgl. Abb. 1).

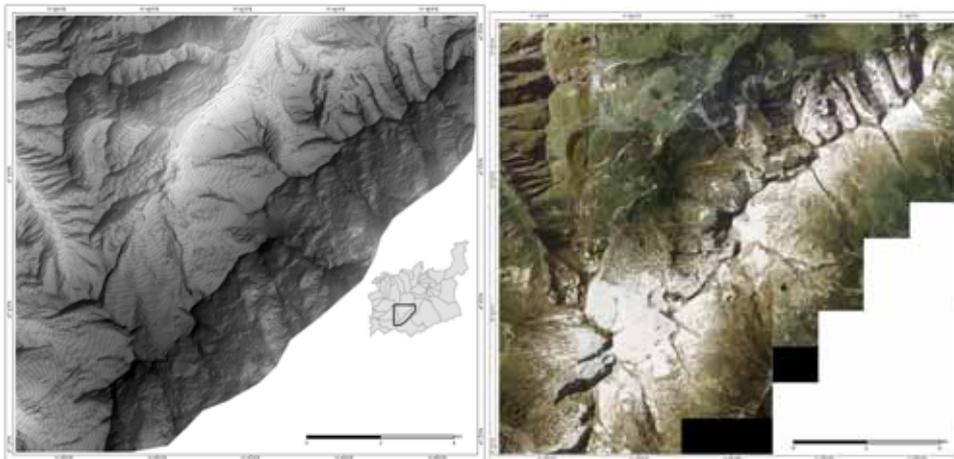


Abb. F- 2: Digitales Höhenmodell des Tuxer Tals, Zillertaler Alpen, Österreich (links) und Orthophotomosaik mit Aufnahmedatum vom Juli und September 2004 (rechts). Datengrundlage: Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Wien.

- Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, Blatt 149 - Lanersbach, Stand 2005, Ausgabe 2006/02. Die Karte steht bei der Geologischen Bundesanstalt, Wien, unter www.geologie.ac.at zum download zur Verfügung. Die Verwendung der stark differenzierten Karte erforderte für die vorliegende Fragestellung eine Vereinfachung und inhaltliche Anpassung. Die Zusammenfassung erfolgte zu insgesamt sieben Festgesteins- Einheiten (Gneis, Schiefer, Glimmerschiefer, Kalk, Kalkmarmor und Dolomit) sowie vier Lockergesteins- Einheiten des Quartärs (Wildbachgeschiebe, Hangschutt/Frostschutz/Moräne, Schwemmfächer/Terrassenschotter und Rutschung/Fließkörper), deren Verbreitungsareale zur Verwendung im Geographischen Informationssystem (GIS) digitalisiert wurden.
- Alpenvereinskarte 1:25.000, 35/1 - Zillertaler Alpen West, Stand 2006. Aus der Karte wurden die aktuellen Fahrstraßen, befestigten Fahrwege, Karrenwege, Fußwege und Steige für die Verarbeitung im GIS digitalisiert. Des Weiteren erfolgte die Digitalisierung von Kabinenseilbahnen, Schiliften und Materialliften sowie Schutzhütten/Almgebäuden und weiterer Gebäude.

- Historische Blätter der Alpenvereinskarte 1:25.000, 35/1 - Zillertaler Alpen West, Ausgabe 1958 mit dem Gletscherstand der 1920er Jahre, Ausgabe 1987 mit dem Gletscherstand von 1969, Ausgabe 2006 mit dem Gletscherstand von 1985. Aus diesen Karten wurde die zeitliche Veränderung von Gletscherausdehnungen und Gletscheroberflächen bzw. das Verschwinden von Gletschern erfasst.

F-3.2 Erläuterungen zum Fragebogen

F-3.2.1 Beschreibung

Der Fragebogen lädt zur Diskussion der Zukunft des Bergsports in Österreich ein. Das Thema Klimawandel und Permafrost wird bewusst nicht angesprochen, um keine Beeinflussung oder – positive oder negative Entscheidung zur Mitarbeit beim Fragebogen zu provozieren. In den Eingangsseiten werden auch die Fördergeber und die wissenschaftliche Zusammenarbeit beschrieben. Das Programm StartClim wird – da es bereits relativ bekannt ist – im Hinblick auf Klimawandelfolgenforschung – aus den oben genannten Gründen ebenfalls zunächst nicht erwähnt.

Der Fragebogen definiert dann zunächst den Begriff „Hochgebirge“, damit ein allgemeines Verständnis durch den Fragebogen vorausgesetzt werden kann.

Der Fragenkomplex 1 bis 6 erfasst Informationen zu bisherigen Hochgebirgsausflügen bzw. urlaubsbezogenen Touren im Hochgebirge. Diese Fragen sind notwendig um später die Relevanz der Ergebnisse bezogen auf Urlauber und Ausflügler getrennt diskutieren zu können und wirtschaftliche Konsequenzen ableiten zu können. Im Hinblick auf Klimafragen und Kenntnisse zur Besucherstruktur ist auch die Anreiselänge sowie Tagesausflug und Urlaub von Bedeutung. Frage 6 zielt darauf ab, das Image abzufragen, das der Urlaub in einer Hochgebirgsregion aus der Sicht des Befragten hat.

Der zweite Fragenkomplex ist dem Hochgebirgsenerlebnis und dem Untersuchungsgebiet gewidmet. Die folgende Frage betrachtet die Motive. Einzelne Aspekte sind wichtig auch im Hinblick auf Folgefragen zum Beispiel zur Relevanz des Gletschers und des Fernblicks.

Frage 8 und 9 betreffen das Untersuchungsgebiet Hintertux und dessen Profil. Bei einer Ausdehnung des Fragebogens können damit verschiedene Profile verglichen werden. Frage 10 besitzt eine Schlüsselrolle. Neben der Präferenz von Angeboten der Hochgebirgsregion zeigt die Frage auch, welche Rolle die Seilbahn für den Befragten besitzt. Dies ist wichtig, da die Testbefragungen gezeigt haben, dass es Personen gibt, die eine Hochgebirgsregion nur mit Seilbahn aufsuchen, weil ihnen der Aufstieg zu lange und zu beschwerlich wäre und andere, die angeben Gebiete mit Seilbahnen möglichst zu vermeiden, um ein ungestörtes Naturerlebnis zu erhalten. Diese Frage steuert daher auch das erste Choice Experiment (Frage 11). Die Befragten, die der Seilbahn eine hohe Wichtigkeit beimessen, bekommen in den ersten drei Sets immer zwei Gebiete mit Seilbahn zur Auswahl. Im letzten Set ist dann ein gesetztes Gebiet mit guten Bedingungen aber ohne Seilbahn zur Verifizierung enthalten.

Die nächsten Fragen thematisieren den Klimawandel im Zusammenhang mit dem Hochgebirge. Um hier gute Vergleichsmöglichkeiten zu haben, wurden Fragen gewählt, die in vergleichbaren Studien verwendet wurden (vgl. Unbehauen et al. 2008, Landauer & Pröbstl 2008 und Umweltdachverband 2005).

Weiterhin wurde eine Erläuterungsseite konzipiert, die alternierend eingesetzt wird. Dies ist erforderlich, um zu testen, ob es einen so genannten „Beipackzettel-Effekt“ gibt und welche Rolle für die Wahrnehmung solche Informationen besitzen. Eine weitere Seite erläutert das Choice experiment, insbesondere die neu hinzugekommenen Teile, die

sich mit Risiken beschäftigen. Für die Auswahl der Risiken wurde die Literatur ausgewertet und darüber hinaus auch Informationen und Chats hierzu bei den Alpenischen Vereinen untersucht. Die Ergebnisse der Analyse sind in den folgenden Abbildungen zusammengefasst.

Gefährdungsbezogene Prozessanalyse und Konsequenzen

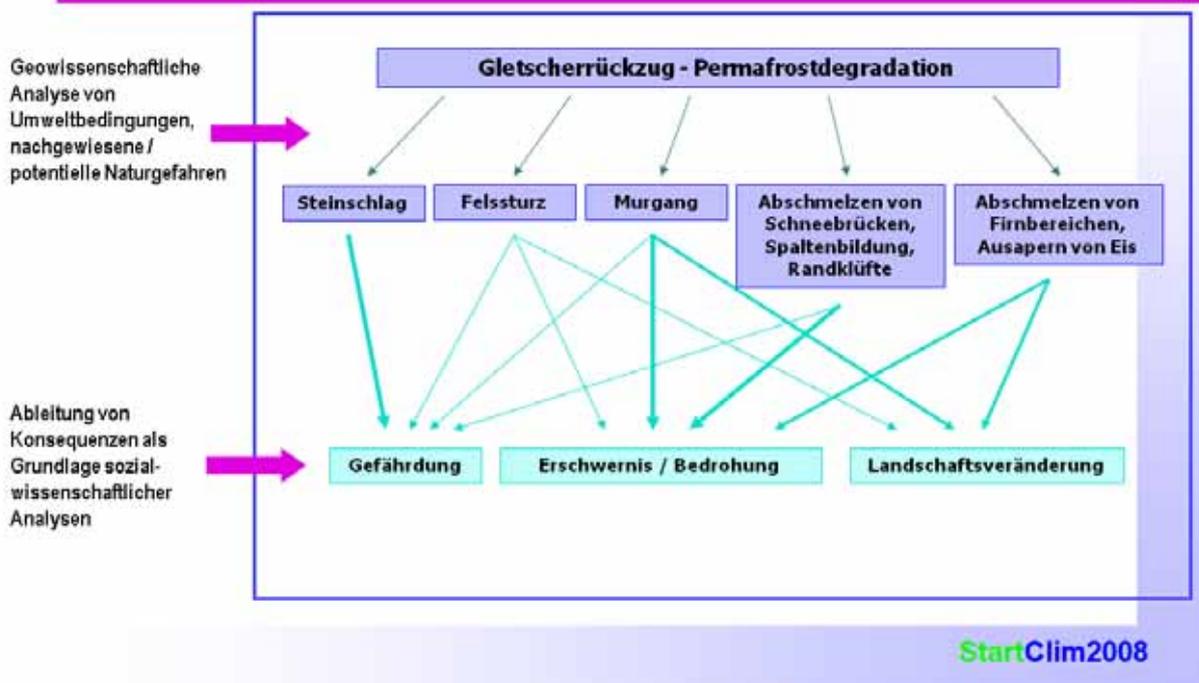
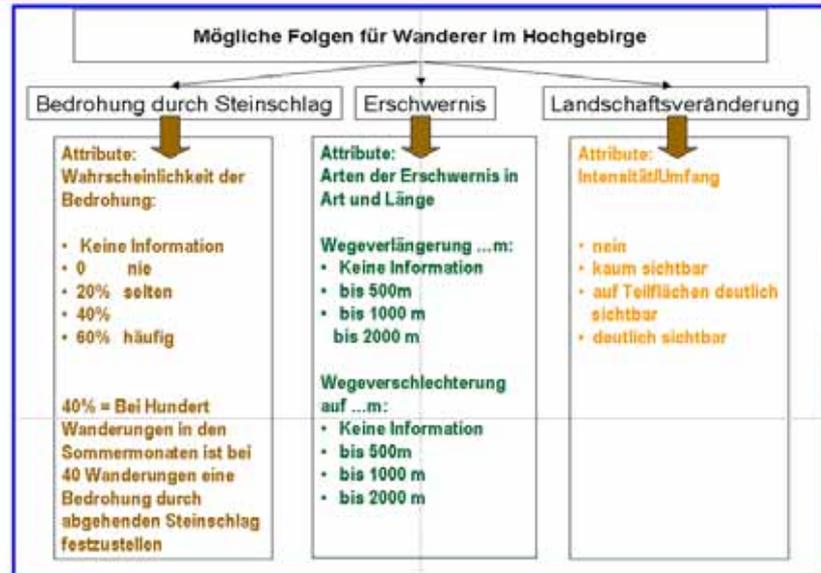


Abb. F- 3: Die Abbildung zeigt die potentiellen Ursachen, die durch den Rückgang von Permafrost ausgelöst werden können und die zu möglichen Folgen für Wanderer im Hochgebirge führen können.

Aufgrund der Darstellungen in der Literatur wurden den verschiedenen möglichen Ereignissen mit Hilfe der Pfeile eine Relevanz zugeordnet. So geht eine Bedrohung vor allem vom Steinschlag aus (auch wenn Murgänge und Felsstürze grundsätzlich dazu beitragen könnten). Zur Erschwernis tragen vor allem Murgänge und stärkere Veränderungen am Gletscher bei. Eine erlebbare Landschaftsveränderung wird vor allem durch Murgänge, evt. auch durch einen größeren Felssturz und optische Veränderungen von Eis und Schnee verursacht.

Attribute für Befragungen im Choice- Experiment

Abfrage der Reaktionen durch differenzierte Routenwahl:
 „Welche Hochgebirgstour würden Sie unternehmen..?“
 Variierende Attribute



StartClim2008

Abb. F- 4: Die Abbildung zeigt, wie die wichtigsten Bereiche in den Attributen zusammengefasst werden.

Aus diesen Zuordnungen können dann die einzelnen Attribute und verschiedene Ebenen dazu entwickelt werden. Die Literatur zur Risikoforschung legt in diesem Zusammenhang auch nahe, dass vergleichend keine Informationen vorliegen können.

Weiterhin wurden in Anbetracht der möglichen sehr hohen Kosten und der Tatsache, dass die wichtigste Infrastruktur für den Tourismus im Gebirge häufig in den Händen der alpinen Vereine liegt, ebenfalls mit aufgenommen. Als Beispiel werden in der Erläuterung die Parkplatzgebühren angesprochen.

Der nächste Fragenkomplex widmet sich dem komplexen Thema Risiko. Zum besseren Verständnis ist nachstehend die grundsätzliche Konzeption, die den aktuellen internationalen Forschungsansatz beschreibt, vorgestellt (vgl. Weber, et al. 2002). Die Risikoforschung geht davon aus, dass die Tatsache, ob sich ein Mensch in Gefahr begibt, davon abhängt, welchen Vorteil er davon erwartet und ob bzw. wie er das Risiko wahrnimmt. Dies lässt sich in der nachstehenden Formel darstellen.

$$\text{Risiko-Verhalten (x)} = a * \text{wahrgenommener Vorteil (x)} + b * \text{wahrgenommenes Risiko (x)} + c$$

Die bisherige Forschung (vgl. Weber 2002) war hauptsächlich am Koeffizient b interessiert. Wenn dieser Koeffizient deutlich von null abweicht, dann können diese Personen als Risiko-Ausweichend (-) oder Risiko-Suchend (+) eingestuft werden.

Im Rahmen dieser Studie kommt es jedoch auch darauf an herauszufinden, welche Vorteile und Motive gerade im Hinblick auf den Urlaub oder den Wochenendausflug ins Auge gefasst werden.

Die abschließenden Fragen widmen sich dem Möglichkeiten der Risikominimierung. Dabei werden auch die möglichen Kosten angesprochen und die Maßnahmen, die von region, land, Gemeinde oder Alpinem Verein geleistet werden können. Abschließend wird auch der Minimierungs- und Vermeidungsbeitrag des Einzelnen besprochen.

F-3.2.2 Stichprobengröße und Verteilung

Im Rahmen des beantragten Projektes wurde auch die sozialwissenschaftliche Studie zu den möglichen Folgen des Permafrost Rückgangs auf die Besucher, insbesondere Touristen, erarbeitet. Nachdem sich in den entsprechenden Vorstudien gezeigt hat, dass die Besucher mit Schwerpunkt im Bereich der Hochgebirgsregion bezogen auf das Vorhandensein um Infrastruktur (insbesondere Seilbahnen und Lifte) eine sehr unterschiedliche Meinung haben - ein Typ Touristen der Hochgebirgsregionen lehnt Infrastruktur total ab, der andere Typ befürwortet und nutzt sie - wurde die Befragung von Hintertux auf andere Hochgebirgsregionen ausgedehnt. Das Interesse an der Studie war bei den alpinen Vereinen so groß, dass sie für die Befragung auf ihren Webseiten (DAV und ÖAV) eine Meldung auf ihre jeweiligen Webseiten genommen haben. Der Schweizer Alpenclub möchte - mit Anpassungen, u.a. bei der Währung - die Befragung ebenfalls übernehmen, sodass eine Ausdehnung der Befragung zu Beginn des Bergsommers 2009 angedacht ist.

Aktuell liegen derzeit vollständig ausgefüllte Bögen von 303 Probanden vor. Diese verteilen sich auf sieben europäische Mitgliedstaaten. Der Anteil der deutschen und österreichischen Hochgebirgstouristen ist 49 % bzw. 48 % und somit gut vergleichbar. Auf die Länder Frankreich, Italien, Niederlande, Schweiz und Tschechien entfallen insgesamt nur 3 %. Bezogen auf die deutschen Bundesländer dominiert als Herkunftsregion Bayern, in Österreich Oberösterreich, Steiermark und Tirol.

F-3.3 Analyse und Modellierung der Permafrostverbreitung

Permafrost entzieht sich, sofern keine natürlichen oder künstlichen Aufschlüsse vorhanden sind, weitgehend der direkten Beobachtung. Zur Identifikation von Permafrostvorkommen muss daher im Allgemeinen auf Indikatoren zurückgegriffen werden (vgl. Barsch 1996, Damm & Langer 2006). Die vorliegende Studie stützt sich auf morphologische und hydrologische Indikatoren für diskontinuierlichen Permafrost, wie Blockgletscher und Fließformen und gefrorene Schutthalden, die als Kriterien auch zur Validierung des hier verwendeten Modellansatzes herangezogen wurden.

Von Bedeutung im Tuxer Tal sind intakte und aktive Blockgletscher, die in beiden Zustandsformen als Indikatoren für Permafrost gelten. Entsprechende Blockgletscher sind aus unterschiedlich feinem, eisgesättigtem Blockschutt aufgebaut, der im Allgemeinen von einer mehrere Meter mächtigen Schicht aus weitgehend groben Blöcken abgedeckt ist (vgl. Abb. 3). Aktive Blockgletscher weisen durch horizontale und vertikale Bewegungen charakteristische Fließstrukturen auf (BARSCH 1996), wodurch sie im Gelände und im Luftbild deutlich zu erkennen sind. Der Aktivitätszustand kann durch geomorphologische Kriterien sowie durch verschiedene Monitoringverfahren festgestellt werden.

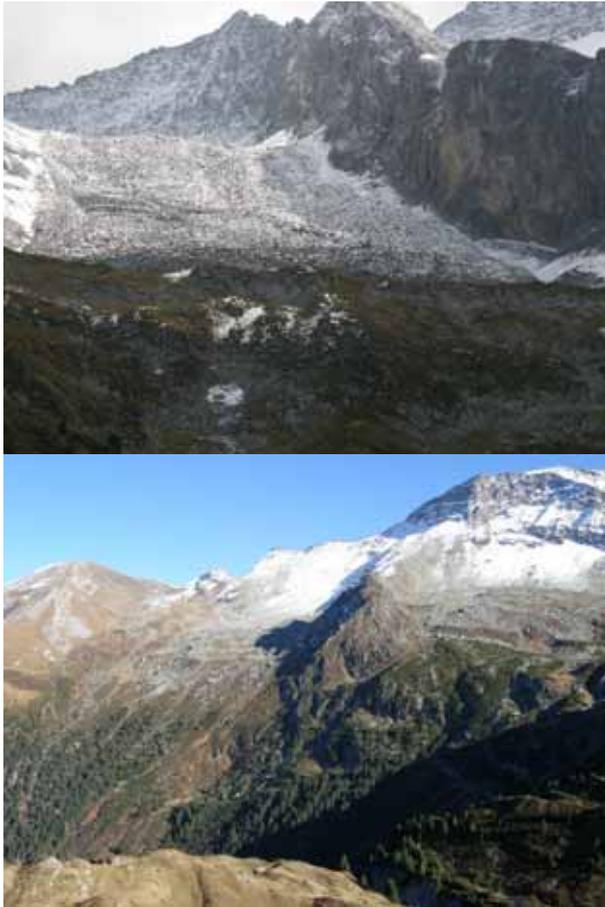


Abb. F- 5: Intakte Blockgletscher als Indikatoren für diskontinuierlichen Permafrost im Tuxer Tal (Aufnahmen: B. Damm, September und Oktober 2008).

Neben Blockgletschern wurden loben- und girlandenförmige Fließformen sowie gefrorene, eisreiche oder von Eis unterlagerte Schutthalden und Schuttdecken als Permafrostindikatoren kartiert. Fließformen lassen aufgrund ihrer Oberflächenstrukturen auf aktuelle Fließ- oder Kriechdynamik schließen (DAMM & LANGER 2006). Gefrorene Schutthalden befinden sich hingegen häufig im Bereich von Lawinen bestrichener Sturzschuttkegel (Abb. 4).



Abb. F- 6: Gefrorene Schutthalden und perennierende Schneeflecken am Hohen Riffler (Tuxer Alpen) als räumliche Indikatoren für diskontinuierlichen Permafrost.

Im Tuxer Tal wurden neben einer geringen Anzahl an gefrorenen Schuttkörpern rund 30 größere Blockgletscher und Fließformen mit Ausdehnungen zwischen 0,9 und 33 ha kartiert. Diese Indikatoren für diskontinuierlichen Permafrost sind im Untersuchungsgebiet weitgehend in Nord-, Nordost- und Nordwestexposition verbreitet und kommen in Süd- und Westexposition in lediglich geringer Anzahl vor. Die gemittelten Untergrenzen intakter Blockgletscher liegen differenziert nach der Exposition der Permafrostkörper innerhalb einer Spanne von 2.346 m in NW- und 2.562 m in Südexposition. Die Differenz von rund 220 m zwischen Nord- und Südsektor ist typisch für die etwas feuchteren Lagen am Nordrand der Ostalpen. Der Wert für den SW- Sektor allerdings ist untypisch, für den Ostsektor fehlen Werte.

Die Analyse der Permafrostverbreitung im Tuxer Tal wurde in der vorliegenden Untersuchung auf der Grundlage der gekoppelten Modellansätze PERMAKART (KELLER 1992) und PERM (IMHOF 1996) durchgeführt. Die Datengrundlage hierfür war das Digitale Geländemodell des BEV mit einer Rasterweite von 10 m. Dabei erfolgte die Berechnung der Permafrostverbreitung in Hanglagen auf der Grundlage von PERMAKART mit einer Korrektur der Grenzwerte unter Berücksichtigung der im Untersuchungsgebiet typischen Verteilung der Permafrostindikatoren. PERMAKART stützt sich auf verschiedene empirische Grenzwerte:

- In Hanglagen mit Neigungen über 5 bis 10° wirkt sich die Exposition infolge von Unterschieden in der Direktstrahlung stark auf die Permafrostuntergrenze aus. Auch im Winter spielen diese Unterschiede im Hinblick auf die Bodentemperaturen eine Rolle, da die isolierende Schneedecke zum Teil durch Lawingänge reduziert wird.
- Hangfußlagen unter Lawinanrisszonen sind häufig im Frühling und bis in den Hochsommer hinein mit Schneeresten bedeckt. Der den Boden kühlende Effekt führt generell zu tieferen Permafrostuntergrenzen als in entsprechenden Hanglagen.
- An Verflachungen mit Neigungen < 5-10° ist der Einfluss der Lufttemperatur und der Schneehöhe entscheidender als der expositionsabhängige Strahlungsunterschied. Talungen und Mulden weisen größere Schneehöhen auf als windexponierte Gipfellagen und Grate.

Die Analyse der Permafrostverbreitung in Geländevertiefungen erfolgte nach dem Modellansatz PERM. Als Grenzwert zwischen Hang und Vertiefung wurde für die vorliegende Untersuchung ein Wert von 11° festgelegt (vgl. auch HAEBERLI et al. 1996). Die Identifikation von Mulden (windgeschützte Vertiefungen) sowie Kuppen (windexponierte Vertiefungen) wurde mittels einer Wölbungskarte vorgenommen, die zuvor durch Reliefanalyse auf der Grundlage des DGM generiert wurde.

Als Ergebnis von Analyse und räumlicher Simulation von Permafrostvorkommen lassen sich planetarisch grundsätzlich drei Bereiche unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit abgrenzen:

- Permafrost wahrscheinlich (flächenhaft)
- Permafrost möglich (fleckenhaft)
- Permafrost freie Fläche

Bei hypsometrischer Betrachtung ergeben sich folgende Zusammenhänge (vgl. STÖTTER et al. 2003), die für die vorliegende Untersuchung von Bedeutung sind:

- | | | |
|--|---|------------------------------|
| - Permafrost möglich | ≡ | Permafrost sporadisch |
| - Permafrost wahrscheinlich | ≡ | Permafrost diskontinuierlich |
| - Permafrost oberhalb wahrscheinlicher Verbreitung | ≡ | Permafrost kontinuierlich |

F-3.3.1 GIS- gestützte Modellierung der Permafrostverbreitung

Die räumliche Modellierung der Permafrostverbreitung wurde mit Werkzeugen des rasterorientierten Analysesystems GRID, einem Bestandteil der GIS- Software ARC/INFO durchgeführt. Sie differenziert nach folgenden Parametern (vgl. HAEBERLI, 1975 und Tabelle 1):

- Topographie: Hanglagen ($\geq 11^\circ$), Verflachungen ($< 11^\circ$)
- Exposition: Acht Sektoren mit 45° - Abteilen
- Absolute Geländehöhe: Untergrenze möglicher/wahrscheinlicher Vorkommen in m. ü. M

Tab. F- 1: Schlüssel zur Abgrenzung von Permafrostvorkommen differenziert nach Exposition. Topographie und Geländehöhe für das Tuxer Tal (vgl. auch DAMM & LANGER 2006, HAEBERLI, 1975, 1996)

Hanglagen	Permafrost möglich [> m. ü. M]	Permafrost wahrschein- lich [> m ü. M.]
N	2400	2600
NE	2500	2600
E	2600	3000
SE	2850	3000
S	3000	3300
SW	2700	2900
W	2500	2600
NW	2350	2400
Verflachungen		
Windexponiert (Kuppen)	2600	2700
Windgeschützt (Mulden)	2650	3000

Zur Simulation von „Permafrost möglich“ im Tuxer Tal wurden die nach Exposition und Topographie unter Berücksichtigung der Untergrenze möglicher Permafrostvorkommen (Tabelle 1) mit spatial analyst → raster calculator getrennt berechneten Areale (output raster) zur Gesamtverbreitung wie folgt zusammengefasst:

Permafrost möglich = [pf_m_totale] + [pf_m_kup] + [pf_m_mul]

Hanglagen nach Exposition

[dem] ≥ 2400 & [dem_aspect] > 0 & [dem_aspect] ≤ 22.5 & [dem_steil] == 1
pf_m_n1.grid

[dem] ≥ 2500 & [dem_aspect] $> 22,5$ & [dem_aspect] ≤ 67.5 & [dem_steil] == 1
pf_m_no.grid

[dem] >= 2600 & [dem_aspect] > 67,5 & [dem_aspect] <= 112.5 & [dem_steil] == 1	pf_m_o.grid
[dem] >= 2850 & [dem_aspect] > 112,5 & [dem_aspect] <= 157.5 & [dem_steil] == 1	pf_m_so.grid
[dem] >= 3000 & [dem_aspect] > 157,5 & [dem_aspect] <= 202.5 & [dem_steil] == 1	pf_m_s.grid
[dem] >= 2700 & [dem_aspect] > 202,5 & [dem_aspect] <= 247.5 & [dem_steil] == 1 pf_m_sw.grid	
[dem] >= 2500 & [dem_aspect] > 247,5 & [dem_aspect] <= 292.5 & [dem_steil] == 1	pf_m_w.grid
[dem] >= 2350 & [dem_aspect] > 292,5 & [dem_aspect] <= 337.5 & [dem_steil] == 1 pf_m_nw.grid	
[dem] >= 2400 & [dem_aspect] > 337,5 & [dem_aspect] <= 360 & [dem_steil] == 1 pf_m_n2.grid	

[pf_m_n1] + [pf_m_no] + [pf_m_o] + [pf_m_so] + [pf_m_s] + [pf_m_sw] + [pf_m_w] + [pf_m_nw] + [pf_m_n2]
pf_m_totale.grid

Windexponierte Lagen

[dem_kup] == 1 & [dem] >= 2600
pf_m_kup.grid

Windgeschützte Lagen

[dem_mul] == 1 & [dem] >= 2650
pf_m_mul.grid

Zur Simulation von „Permafrost wahrscheinlich“ im Tuxer Tal wurden die nach Exposition und Topographie unter Berücksichtigung der Untergrenze möglicher Permafrostvorkommen (Tabelle 1) mit spatial analyst → raster calculator getrennt berechneten Areale (output raster) zur Gesamtverbreitung wie folgt zusammengefasst:

Permafrost wahrscheinlich = [pf_w_totale] + [pf_w_kup] + [pf_w_mul]

Hanglagen nach Exposition

[dem] >= 2600 & [dem_aspect] > 0 & [dem_aspect] <= 22,5 & [dem_steil] == 1	pf_w_n1.grid
[dem] >= 2600 & [dem_aspect] > 22,5 & [dem_aspect] <= 67,5 & [dem_steil] == 1	pf_w_no.grid
[dem] >= 3000 & [dem_aspect] > 67,5 & [dem_aspect] <= 112,5 & [dem_steil] == 1	pf_w_o.grid
[dem] >= 3000 & [dem_aspect] > 112,5 & [dem_aspect] <= 157,5 & [dem_steil] == 1	pf_w_so.grid
[dem] >= 3300 & [dem_aspect] > 157,5 & [dem_aspect] <= 202,5 & [dem_steil] == 1	pf_w_s.grid
[dem] >= 2900 & [dem_aspect] > 202,5 & [dem_aspect] <= 247,5 & [dem_steil] == 1 pf_w_sw.grid	
[dem] >= 2600 & [dem_aspect] > 247,5 & [dem_aspect] <= 292,5 & [dem_steil] == 1	pf_w_w.grid
[dem] >= 2400 & [dem_aspect] > 292,5 & [dem_aspect] <= 337,5 & [dem_steil] == 1 pf_w_nw.grid	
[dem] >= 2600 & [dem_aspect] > 337,5 & [dem_aspect] <= 360 & [dem_steil] == 1	pf_w_n2.grid

[pf_w_n1] + [pf_w_no] + [pf_w_o] + [pf_w_so] + [pf_w_s] + [pf_w_sw] + [pf_w_w] + [pf_w_nw] + [pf_w_n2] pf_w_totale.grid

Windexponierte Lagen

[dem_kup] == 1 & [dem] >= 2700
pf_w_kup.grid

Windgeschützte Lagen

[dem_mul] == 1 & [dem] >= 3000
pf_w_mul.grid

F-3.3.2 Permafrostverbreitung für Temperaturszenarien von +/-1,5°C

Über die Modellierung der aktuellen Permafrostverbreitung hinaus sind die potenziellen Ausdehnungen von Permafrostflächen für Temperaturszenarien von -1,5° C und +1,5° C gegenüber den Jahresmitteltemperaturen der letzten beiden Dekaden berechnet worden. Hierdurch lassen sich die Umweltverhältnisse im Untersuchungsgebiet für den Zeitraum vor der aktuellen Erwärmung um ca. 1850 sowie für ein Zeitfenster um Mitte des 21. Jahrhunderts bei anhaltender Erwärmung simulieren. Zur Berechnung der veränderten Permafrostareale wurde ein für die Veränderungen der Permafrostverbreitung relevanter Höhengradient der Jahresmitteltemperatur der Luft (MAAT) von 0,55°C angesetzt (vgl. DAMM & LANGER 2006, HAEBERLI 1973, ISHIKAWA & HIRAKAWA 2000, LEWKOWICZ & EDNIE 2004). Den Temperaturszenarien +/-1,5°C entspricht demzufolge ein Anstieg bzw. eine Absenkung der Permafrostuntergrenzen um ~ 270 m. Die Berechnung der Permafrostverbreitung für beide Szenarien erfolgte entsprechend Kapitel 4.1.2 unter Ansatz der Werte nach Tabelle 2.

Tab. F- 2: Schlüssel zur Abgrenzung von Permafrostvorkommen bei einem Temperaturszenario von +/- 1,5°C differenziert nach Exposition. Topographie und Geländehöhe für das Tuxer Tal.

Hanglagen	Permafrost möglich [> m. ü. M.]		Permafrost wahrscheinlich [> m ü. M.]	
	- 1,5°C (- 270 m)	+ 1,5°C (+ 270 m)	- 1,5°C (- 270 m)	+ 1,5°C (+ 270 m)
N	2130	2670	2330	2870
NE	2230	2770	2330	2870
E	2330	2870	2730	3270
SE	2580	3120	2730	3270
S	2730	3270	3030	3570
SW	2430	2970	2630	3170
W	2230	2770	2330	2870
NW	2080	2620	2130	2670
Verflachungen				
Windexponiert (Kuppen)	2330	2870	2430	2970
Windgeschützt (Mulden)	2380	2920	2730	3270

F-3.3.3 Erfassung, Rekonstruktion und Simulation der Vergletscherung

Die Vergletscherung im hinteren Tuxer Tal und deren Veränderung seit dem neuzeitlichen Hochstand um 1850 wurde durch Karten- und Luftanalysen erfasst. Da für den Gletscherstand um 1850 keine historischen Dokumente vorliegen, ist dessen Ausdehnung auf geomorphologischer Grundlage anhand der markanten End- und Ufermoränenwälle aus den vorliegenden Orthofotos sowie direkt im Gelände kartiert bzw. rekonstruiert worden. Darüber hinaus wurde auch die aktuelle Vergletscherung auf der Grundlage der Orthophotos (Stand 2004) erfasst. Die Ausdehnung der Gletscher für die Zeit-

räume 1985, 1969 und um 1920 konnte aus den entsprechenden Blättern der Alpenvereinskarte entnommen werden.

Grundlage für die Abschätzung und Simulation künftiger Veränderungen an den Gletschern im Untersuchungsgebiet sind Ausdehnung und hypsometrische Verteilung der aktuellen Gletscherflächen (Gletscherstand 2004). Zum Zweck der Abschätzung der möglichen Vergletscherung um Mitte des 21. Jahrhunderts ist zunächst die Berechnung der aktuellen Gleichgewichtslinien der einzelnen Gletscher auf der Grundlage einer AAR (accumulation area ratio) von 0,67 erfolgt (zur Methode und Diskussion vgl. u. a. GROSS ET AL. 1977, DAMM 1996, 1998). Für ein Szenario mit einem Anstieg der Sommertemperatur um $+1,5^{\circ}\text{C}$ errechnet sich ein Anstieg der Gleichgewichtslinien um rund 270 m gegenüber den aktuellen Werten bei einem mittleren Höhengradienten der Temperatur von $0,55^{\circ}\text{C}/100\text{m}$. Unter Annahme im Grundsatz gleich bleibender Ernährungs- und Abschmelzbedingungen und einer damit stabilen AAR, lassen sich durch Gletscherrückgang veränderte Ausdehnungen der Nähr- und Zehrgebiete an den Gletschern im Tuxer Tal auf der Grundlage der Verlagerung der Gleichgewichtslinie berechnen. Die Gletscherareale für ein Temperaturszenario $+1,5^{\circ}\text{C}$ wurden GIS- gestützt simuliert.

F-3.3.4 Identifikation und Berechnung von Gefahrenpotenzialen

Zur Identifikation und Abschätzung potenzieller Gefahrenbereiche durch Permafrostdegradation und Gletscherschwund kamen folgende digitale Daten nach Abbildung 5 zur Anwendung (vgl. u. a. DAMM & FELDERER 2008, 2009, HARRIS et al. 2001):

- Topographische Informationen auf der Grundlage des DGM
- Modell der Geländeneigung auf der Grundlage des DGM
- Modelle der aktuellen und potenziellen Gletscher- und Permafrostverbreitung („Szenario $+1,5^{\circ}\text{C}$ “)
- Informationen über Oberflächenbeschaffenheit und Geologie aus der digitalen geologischen Karte

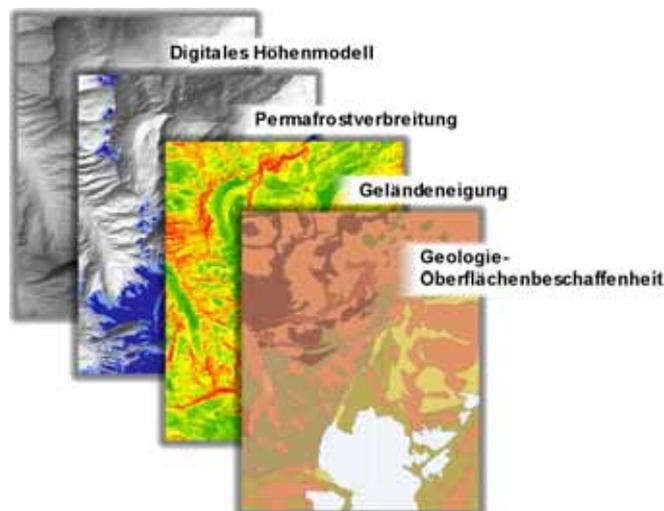


Abb. F- 7: Layer unterschiedlicher digitalisierter Daten zur GIS- gestützten Identifikation und Abschätzung potenzieller Gefahrenbereiche durch Permafrostdegradation und Gletscherschwund

Als Grundlage der Berechnung und Simulation möglicher aktueller und künftiger Murrissbereiche wurden die im Untersuchungsgebiet auftretenden Lockergesteinsareale identifiziert. Zu diesem Zweck sind zunächst die Vorkommen von Lockergesteinen nach der geologischen Karte zu einem Datensatz zusammengefasst und zur Identifikation möglicher aktueller Anrissbereiche von Muren mit denjenigen Geländebereichen ver-

schnitten worden, die vor 150 Jahren noch vergletschert und/oder von Permafrost unterlagert waren und in denen Gletscher und Permafrost mittlerweile abgeschmolzen sind. Die entsprechenden Degradationsflächen wurden durch Simulation der Permafrostverbreitung für das Szenario $-1,5^{\circ}\text{C}$ ermittelt. Zur Identifikation möglicher künftiger Muranrissflächen wurden die im Untersuchungsgebiet auftretenden Lockergesteinsareale mit den Geländebereichen verschnitten, in denen entsprechend dem Szenario $+1,5^{\circ}\text{C}$ ein Abschmelzen des Gletscher- und Permafrosteises wahrscheinlich ist (vgl. DAMM & FELDERER 2009). Eine Überlagerung potenzieller Muranrissflächen mit dem Datensatz „Geländeneigung“ ermöglicht eine zusätzliche Differenzierung der Gefahrenbereiche.

Die Anrissbereiche potenzieller Sturzprozesse wurden entsprechend ermittelt. Im Gegensatz zur Identifikation von Lockergesteinsarealen waren hier allerdings die an die Geländeoberfläche tretenden Festgesteine von Bedeutung. Sie wurden ebenfalls auf der Grundlage der vorhandenen geologischen Daten identifiziert. Da in Geländebereichen mit Hangneigungen $< 20^{\circ}$ Sturzprozesse nicht zu erwarten sind, sind die berechneten Anbruchflächen auf jene Areale reduziert worden, die eine Hangneigung von mindestens 40° aufweisen.

F-4 Ergebnisse

F-4.1 Ergebnisse der Befragung

F-4.1.1 Überblick

Die nachstehenden Ergebnisse der Befragung wurden in verschiedene thematisch geordnete Unterkapitel aufgeteilt. Zunächst werden die sozio-demographischen Ergebnisse vorgestellt. Daran anschließend folgen die Ergebnisse zur Besuchsart und den Motiven der Hochgebirgstouristen sowie die Art der Aufenthalte. Ein weiterer Fragenblock widmete sich den Erwartungen an die Ausstattung und die Ansichten zum Klimawandel. Im letzten Teil werden die Ergebnisse zur Risikowahrnehmung, zum eigenen Risikoverhalten und zur Risikobereitschaft zusammengefasst.

F-4.1.2 Alter, Geschlecht und Haushaltsstruktur

Die Geschlechterverteilung war ein Drittel weiblich und zwei Drittel männlich. Die Altersverteilung war – mit Ausnahme der Altersgruppe über 56 Jahre – relativ ausgeglichen, da alle anderen Altersgruppen zwischen 19 % und 26 % beteiligt waren (vgl. Tab.3).

Tab. F- 3: Altersverteilung

< 26 Jahre	69	23 %
26 – 35 Jahre	81	26 %
36 – 45 Jahre	59	19 %
46 – 55 Jahre	59	19 %
56 – 65 Jahre	34	11 %
> 66 Jahre	4	1 %

Die Haushaltsstruktur zeigte eine Dominanz von Zwei-Personen-Haushalten (38 %). Die Verteilung ist Tabelle 4 zu entnehmen.

Tab. F- 4: Familien Struktur

1 Personen Haushalt	53	17 %
2 Personen Haushalt	115	38 %
3 Personen Haushalt	51	17 %
4 Personen Haushalt	58	19 %
5 Personen Haushalt	18	6 %
< 6 Personen Haushalt	8	2 %

Beruf und Bildung

Die Mehrheit der Befragten ist als Angestellter tätig (ca 45 %). Etwas mehr als ein Viertel der Befragten (28 %) befindet sich noch in der Ausbildung bzw. dem Studium. Ein Anteil von 13 % ist selbständig bzw. freiberuflich tätig. Eine Übersicht zu der Verteilung zeigt Tabelle 5.

Tab. F- 5: Gegenwärtige Berufstätigkeit

Hausfrau(mann)	3	1 %
Rentner(in), Vorruheständler(in)	21	7 %
Schüler(in), in Berufsausbildung	4	1 %
Student(in)	83	27,25 %
Fach-/Arbeiter(in)	14	5 %
Angestellte(r), Beamter	143	46 %
Landwirt(in)	1	0,25 %
Selbständige(r), Freiberufler(in)	<u>37</u>	<u>12,5 %</u>

Auffällig ist weiterhin das überdurchschnittliche Bildungsniveau der Befragten. Knapp die Hälfte (48 %) verfügt über einen Hochschul- oder Fachhochschulabschluss. 29 % haben Abitur bzw. Matura. Damit haben etwas mehr als drei Viertel der Befragten eine höhere Schulbildung.

Tab. F- 6: Höchster erreichter Bildungsabschluss

Grund-, Haupt- oder Realschulabschluss	22	7 %
Abitur/Matura	91	29 %
Berufsbildende Schule	23	8 %
Fachschule, Meister- oder Techniker- ausbildung	24	8 %
Universität, Fachhochschule	148	48 %

Mitgliedschaft in alpinen Vereinen

Drei Viertel der Befragten Bergsportler sind Mitglied in einem alpinen Verein (79 %). Dieser hohe Organisationsgrad ist durch die Zusammenarbeit mit den alpinen Vereinen bei der Verbreitung der Befragung zu erklären. Diejenigen, die einem alpinen Verein angehören waren überwiegend Mitglied des österreichischen Alpenvereins (ÖAV 60 %) und des DAV (36 %). Die restlichen 4 % verteilen sich auf weitere Organisationen, wie die Naturfreunde oder der Verein zum Schutz der Bergwelt.

Tab. F- 7: Einkommen

Bis zu € 1.000	35	11 %
€ 1.001 bis € 2.000	59	19 %
€ 2.001 bis € 3.000	62	20 %
€ 2.001 bis € 4.000	73	24 %
€ 4.001 bis € 5.000	25	8 %
Mehr als € 5.000	16	5 %
Keine Angabe	35	11 %

Mobilität und Einkommen

80 % der Befragten hat ein Auto zur Verfügung. Die Verteilung der Einkommensgruppen ist relativ gleichmäßig. Die höheren Einkommensklassen über € 4001,- haben erwartungsgemäß einen geringeren Anteil. In dieser Frage machen jedoch 11 % keine Angabe (vgl. Tabelle 7).

Haushaltsgröße und soziale Rahmenbedingungen beim Besuch der Alpen

Die Mehrzahl der Befragten (ca 68 %) lebt in Haushalten ohne Kinder unter 6 Jahren. Die Mehrzahl der Befragten besucht regelmäßig die Hochgebirgsregion in Österreich oder anderen alpinen Regionen. 65 % geben an regelmäßig bzw. mehrmals im Jahr diese Region aufzusuchen. 16 % kommen öfter als 10 Mal pro Jahr. Der Anteil der Besucher die weniger als 10 Mal die alpinen Hochgebirgsregionen besuchen liegt gesamt bei 19 %.

Der Besuch der Hochgebirgsregion erfolgt überwiegend in der Gemeinschaft, d.h. mit Freunden, mit der Familie oder dem Partner (87 %). Nur 9 % sind alleine unterwegs. Bei den 4 %, die sonstiges angegeben haben, wurden überwiegend geführte Besuche genannt, wie Wandergruppen, Exkursionen, Führungen oder Angebote der alpinen Vereine.

F-4.1.3 Besuchsart, -häufigkeit und Motive

Die Mehrzahl der Bergwanderer besucht die Hochgebirgsregion erwartungsgemäß im Sommer (71%). Ein Viertel besucht die Alpen zum Wandern schwerpunktmäßig im Herbst und nur 4% bevorzugen den Frühling zum Wandern im Hochgebirge.

Tab. F- 8: Zu welcher Jahreszeit besuchen Sie das Hochgebirge zum Wandern am häufigsten

Frühling	13	4%
Sommer	220	71%
Herbst	76	25%

Die Art des Besuches war überwiegend Tagesausflug (34%). Auf den Wochenendausflug entfallen 21% und den Kurzurlaub 27%.

Hochgebirgsbesuche als Teil eines längeren Besuches sind eher selten (15%). Weitere 4% geben an aus dienstlichen Gründen regelmäßig die Hochgebirgsregionen aufzusuchen. Dies erklärt sich auch dadurch, dass Mitglieder der alpinen Vereine sich an der Befragung beteiligt haben, zu deren Aufgaben auch die Kontrolle von Wegen und Einrichtungen gehören.

Tab. F- 9: Welcher Art war Ihr Besuch bzw. Ihre Besuche im Hochgebirge überwiegend?

Tagesausflug	104	34%
Wochenendausflug	64	21%
Kurzurlaub (3-5 Tage)	82	27%
Urlaubsreise (länger als 5 Tage)	47	15%
Dienstlich	12	4%

Die durchschnittliche Tour dauert für knapp die Hälfte der Befragten (46%), wie Abb. 8 zeigt, überwiegend 4 bis 7 Stunden. Es zeigt sich auch, dass der Schwerpunkt eher auf

längeren Aufenthalten liegt, denn immerhin 24% nennen als Dauer über 7 Stunden und weitere 17% machen bevorzugt mehrtägige Touren.

Tab. F- 10: Wie lange sind Sie bei einer durchschnittlichen Hochgebirgstour bzw. Wanderung unterwegs?

Unter 1 Stunde	1	0%
1 – 2 Stunden	4	1%
mehr als 2 bis 4 Stunden	34	11%
mehr als 4 bis 7 Stunden	144	46%
über 7 Stunden	74	24%
ich mache bevorzugt mehrtägige Touren	53	17

Die Mehrheit der Befragten sucht die Hochgebirgsregion auf, um Bergsteigen und Wandern zu gehen. Auch der Anteil der Hochtouren bevorzugt, ist mit 23% relativ hoch. Sport und Alpinklettern sowie das meist Seilbahngebundene Erlebnis *Spaziergehen* und *Aussicht genießen* sind nur gering repräsentiert.

Tab. F- 11: Welche Aktivität üben Sie im Hochgebirge bevorzugt aus?

Spaziergehen und Aussicht genießen	6	2%
Wandern	98	32%
Hochtouren	72	23%
Bergsteigen	111	36%
Sportklettern	2	1%
Alpinklettern	21	7%

Tab. F- 12: Motive Ø

1.	Aktive Bewegung in den Bergen	4,58
2.	Naturerlebnis	4,57
3.	Ruhe	4,47
4.	Ausblick	4,35
5.	Erholung	4,11
6.	Zeit mit der Familie verbringen	3,83
7.	Fitness	3,74
8.	Herausforderung	3,68
9.	Gletschererlebnis	3,39
10.	Schnee im Sommer	2,89
11.	Tradition	2,25

Insgesamt sind jedoch knapp zwei Drittel (63%) touristisch relevant, da mindestens eine Nächtigung in der Region erfolgt. Betrachtet man die Motive, die den Hochgebirgsbesuchern besonders wichtig sind, dann ergibt sich über die Mittelwerte eine von 1 (wenig wichtig) bis 5 (sehr wichtig) und folgende Reihung im Hinblick auf die Bedeutung der einzelnen Motive:

Die Erwartungen der Besucher und ihre Ansprüche an Ausstattung und Eigenschaften der Hochgebirgsregion wurden ebenfalls bewertet. Die Durchschnittswerte wurden aus einer Bewertung von 1 (wenig wichtig) bis 5 (sehr wichtig) berechnet:

Tab. F- 13: Erwartungen an die Ausstattung und Eigenschaften der Hochgebirgsregion
(Durchschnitt)

1.	Schutzhütten	4,20
2.	Landschaftliche Abwechslung	4,03
3.	Schwierigkeitsgrad	3,93
4.	Wegesystem	3,70
5.	Öffentlicher Nahverkehr	3,50
6.	Bewirtete Hütten	3,44
7.	Wege	3,20
8.	Gletschertouren	3,11
9.	Langstrecken	3,05
10.	Informationstafeln	2,60
11.	Parkplätze	2,50
12.	Tourenangebot	2,33
13.	Aufstiegshilfe	1,67
14.	Bergrestaurant	1,46
15.	Gletscherskifahren	1,45

Die Zusammenstellung zeigt sehr deutliche, dass das befragte Potential der Hochgebirgsbesucher und Touristen mit diesem Schwerpunkt sehr stark an natürlichen Angeboten interessiert ist – entsprechend den zuvor genannten Motiven. Infrastruktur und entsprechende bauliche Anlagen, wie etwa ein Gletscherskigebiet, Aufstiegshilfen oder Bergrestaurants werden deutliche abgelehnt. Einrichtungen, die das Naturerlebnis stärken, werden dagegen bevorzugt.

Die Information über das zuletzt besuchte Gebiet haben ein Drittel der Befragten (35%) durch Empfehlung von Freunden und Bekannten kennen gelernt. Für etwa 23% der Befragten war die räumliche Nähe zu dem Gebiet ausschlaggebend und für weitere 11% kamen die entscheidenden Hinweise aus Bergführern und Zeitschriften. Im Verhältnis zu touristischen Buchungen spielt hier das Internet als Informationsmedium mit nur 8% eine untergeordnete Rolle. Ebenso ist die Tourismusinformation hierfür wenig relevant (1%).

Informationsquelle und Beratung für die Ortsauswahl bilden auch durch die alpinen Vereine (7%).

Insgesamt zeigt sich hier, dass die Informationsquellen sich von denen der Skisportler beispielsweise oder der allgemeinen Touristen im Alpenraum deutlich unterscheiden.

Bei gezielter Information für diese Tourismusgruppe sind die speziellen Führer und Zeitschriften als wichtige Informationsquelle mit einzubinden.

F-4.1.4 Einstellungen zum Klimawandel

Die Mehrheit der Befragten bringt mit 87% sehr deutlich zum Ausdruck, dass erste Zeichen des Klimawandels bereits festzustellen sind. Der Anteil von in dieser Frage unsicheren Personen liegt bei nur 5%.

Bei den Personen, die eine „andere Ansicht“ besitzen überwiegt eine weitergehende Meinung. Die meisten unterstreichen die Anzeichen einer – aus ihrer Sicht eindeutigen – Klimaerwärmung.

Einige wenige bringen zum Ausdruck, dass sie die feststellbare Klimaerwärmung auf natürliche Prozesse und langfristige Zyklen zurückführen.

Im Vergleich mit anderen Studien mit gleicher Fragestellung stellt sich die Gruppe der Bergtouristen und Bergsportler als deutlich sensibler heraus als etwa Skifahrer und Langläufer (vgl. Landauer, Pröbstl 2008).

F-4.1.5 Touristische Aspekte

Wie bereits dargestellt, ist die befragte Gruppe der Bergtouristen durch den Anteil übernachtender Besucher interessant. Im Zusammenhang mit der Buchung eines Urlaubsortes in den österreichischen Alpen erschien auch die spezifische Bedeutung des Hochgebirgslebnisses relevant.

Die wichtigste Zustimmung (4,42 von maximal 5) erhielt die Aussage: „Hohe Berggipfel und ein imposantes Panorama sind für Sommerurlauber aus anderen Landschaften immer ein Anziehungspunkt.“ Keine andere Antwortmöglichkeit erhielt eine so hohe Zustimmung.

Aus der Sicht der erfahrenen Bergtouristen findet auch die Aussage eine hohe Zustimmung, wonach Veränderungen im Hochgebirge durch die meisten Gäste ohnehin nicht wahrgenommen werden, solange sie ihre Aktivitäten wie bisher ausüben können (Mittelwert 3,82).

Neben diesen beiden deutlich zustimmenden Äußerungen zeigen sich die Befragten deutlich unentschiedener im Hinblick auf folgende drei Aspekte, die nur leicht zustimmend bewertet wurden:

Gletschereis und –schnee sind ein wichtiges Erlebnis, ohne das deutlich weniger Gäste kommen werden. (Ø 3,23)

Solange durch die Landschaftsveränderungen keine Urlauberguppe zu Schaden kommt, wird sich das Buchungsverhalten einer Hochgebirgssituation nicht ändern. (Ø 3,28)

Die meisten Urlauber erleben die Hochgebirgslandschaft ohnehin meistens vom Tal aus, Veränderungen wirken sich nicht aus, solange diese nicht, wie z.B. Muren, bis ins Tal wirken (Ø 3,20).

Eine Ablehnung erhielt die Aussage im Durchschnitt, dass „ein angemessenes Preisniveau, Wellness-Angebote und sehr guter Service“ für das Buchungsverhalten entscheidender seien, als „kleine Landschaftsveränderungen“. (Ø 2,72)

Insgesamt zeigt sich, dass die Bergtouristen, die selbst das Naturerlebnis als ein sehr wichtiges Motiv eingestuft haben, doch deutlich aus Landschaftsveränderungen direkt Änderungen des Buchungsverhaltens ableiten. Sie stufen die Durchführbarkeit von Aktivitäten offensichtlich entscheidender ein, als das Erlebnis von Gletscher und Schnee.

Das Preisniveau, die Hotelausstattung und der Service alleine – das andere Extrem – scheint nach ihrer Auffassung jedoch auch nicht ausreichend, um die Gäste auch in Zukunft zu halten. Sie messen dem großen Gesamtbild (Panorama) auch mehr Bedeutung zu als den möglichen Wirkungen von Details.

Ebenfalls in Zusammenhang mit der touristischen Entwicklung und seiner regionalwirtschaftlichen Bedeutung wurde eine Frage zum Umgang mit einem wichtigen „Aushängeschild“ der Hochgebirgsregion, dem Gletscher gestellt. Auch hier wurden wieder um Ablehnung oder Zustimmung zu diversen Statements gebeten.

Die befragten Bergtouristen lehnen mehrheitlich (Mittelwert Ø 1,73) die Abdeckung von Gletschern mit Folien zum Schutz vor Abschmelzprozessen ab.

Ähnlich deutlich wird von den im Sommer die Bergwelt aufsuchenden Touristen auch der Sommerskilauf abgelehnt (Mittelwert Ø 1,60). Dies gilt schon in dem vorgelegten Statement die „regionalwirtschaftlichen Bedeutung“ positiv hervorgehoben wurde und sich der Sommerskilauf „nicht sehr negativ auf den Gletscher“ auswirken sollte.

Auch die Möglichkeit eine Klimataxe einzuführen, die jeder Tourist z.B. bei der Fahrt mit der Bergbahn bezahlt oder in Form einer Kurtaxe, die Schutzmaßnahmen im Hochgebirge zugute kommt, findet keine mehrheitliche Zustimmung (Mittelwert Ø 2,6), wird jedoch nicht so stark abgelehnt wie Sommerskilauf oder das Abdecken der Gletscher.

Die Mehrheit der Befragten stimmt in der Tendenz der Aussage zu, dass keine gesonderten Maßnahmen zum Schutz der Gletscher ergriffen werden sollten. Am schmelzenden Gletscher sind die Folgen des Klimawandels sichtbar (Mittelwert Ø 3,5).

F-4.1.6 Managementmaßnahmen und Adaption

Managementmaßnahmen zur Erhaltung der Hochgebirgsregion als attraktives Ausflugsziel In den Fachmedien und von den alpinen Vereinen wurden meist folgende Adaptionsmaßnahmen im Hinblick auf Gefahren durch Rückgang des Permafrosts genannt:

- Herstellen von regionalen Risikokarten, die zeigen wo neue Gefahren von Bergtouristen erwartet werden müssen
- Investitionen in neue Hinweistafeln und Markierungen in Gelände, die auf Gefahren und Risiken hinweisen
- Herstellen von Schutz- und Anpassungsmaßnahmen, wie etwa Steinschlagnetzen und Leitern
- Kontrolle und Wartung von Wegen und Steigen, um potentielle Gefahrenbereiche frühzeitig zu entschärfen
- Verbesserung des Angebots an Führungen und Schulungen zum Umgang mit einer möglichen Zunahme an Gefahren.

Die Befragungsergebnisse zeigen, dass die Maßnahmen, die mit der Kartenherstellung zu tun haben, primär als Aufgabe des Landes und des Bundes gesehen werden, nachrangig auch als Aufgabe der Tourismuswirtschaft.

Im Gegensatz dazu wurden die Maßnahmen rund um die Markierungen und Hinweisschilder von der Mehrheit als Aufgabe der alpinen Vereine gesehen. Dies gilt auch, ob schon die Mehrheit in den alpinen Vereinen organisiert ist und damit sich die Befragten die Aufgabe selbst zugeordnet haben. Das gilt in gleicher Weise auch für die Führungen und Schulungen sowie für die Wartungsarbeiten. Das bedeutet aber auch, dass die Hauptlast der Adaption bei den alpinen Vereinen gesehen wird. Eine zweite wichtige Rolle im Hinblick auf die Adaption ist nach Ansicht der Befragten von den Gemeinden zu tragen, die bei Wartung, Schutzmaßnahmen und Markierung von immerhin knapp einem Viertel der Befragten für die Maßnahme in der Pflicht gesehen werden.

Management: Wer soll was tun?

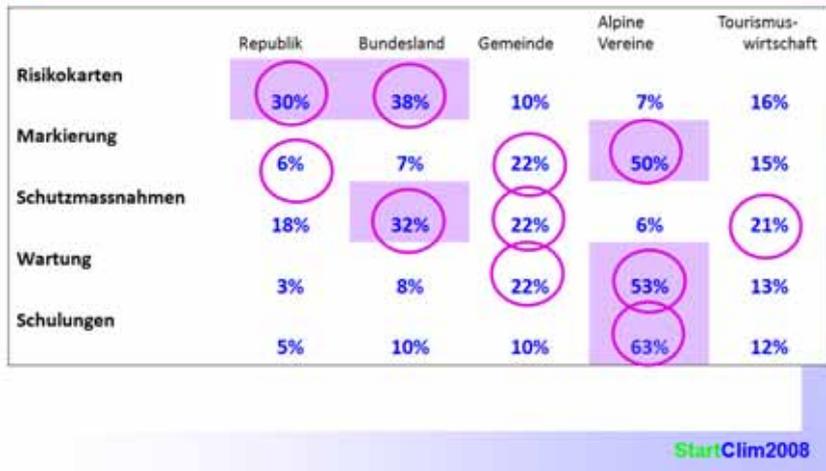


Abb. F- 8: Mögliche Finanzierung erforderlicher Maßnahmen

Die investierten Maßnahmen, wie die ggf. auch bautechnische Sanierung von Wegen, werden nicht den alpinen Vereinen, sondern eher als Aufgabe der Länder (32%), der Gemeinden (22%), der Tourismuswirtschaft (21%) und der Republik (18%) gesehen.

Neben der Adaption, die von Gemeinden, der Tourismuswirtschaft oder den Ländern ausgehen könnte, gibt es auch die eigenen Handlungsmöglichkeiten der Bergtouristen und Bergsportler.

Die sorgfältige Planung einer Tour und Wanderung wird als wichtigste eigene Maßnahme gesehen (96%). Fast ebenso wichtig und geeignet wird ein angepasstes Verhalten, die Bereitschaft zur Umkehr (z.B. ein früherer Aufbruch um erhöhten Steinschlag im Laufe des Tages auszuweichen) eingestuft (93%). In dem Kontext mit der räumlichen und zeitlichen Planung gehört auch die Verwendung eines geeigneten und aktuellen Karten- und Informationsmaterial. 79% der Befragten halten dies für eine gute Adaptionsmaßnahme.

Mehrheitlich als wichtig und gut wird auch die Rückfrage bei Hüttenwirten oder entgegenkommenden Wanderern eingeschätzt (76%)

Nur mehr die Hälfte findet den Gebrauch eines Helms gut (57%) oder verlässt sich auf ihr Handy (ca. 53%).

Zu den Maßnahmen, die von der Mehrheit als Mittel geeignete Adaptierungsstrategie eingestuft wurden, gehört die Tour mit einem Bergführer und die Verwendung von GPS-Geräten bei der Tour. Der sogenannte Bergführerschein, der wie beim Tauchen oder Segeln Mindestkenntnisse und Verhaltensregeln abprüft und verpflichtend vorausgesetzt wird von der Mehrheit der Befragten als schlechte Adaptionsstrategie angesehen. Der im Fragebogen genannte Bergführerschein geht auf ein Interview mit Reinhold Messner zurück, wo dieser nach seiner Meinung zu dieser Möglichkeit gefragt wurde. Wie die Mehrheit der Befragten lehnte auch er dieses mögliche Instrument zur Vorbereitung und Vermeidung von alpinen Naturgefahren ab. Nur 11% der Befragten stufen dies als gute Maßnahme ein.

F-4.1.7 Gefahr, Risiko und Risikowahrnehmung

Ob und inwieweit die neuen alpinen Gefahren durch den Verlust des Permafrosts wirksam wurden, hängt auch davon ab, wie risikobereit dieses Segment der Touristen im

Alpenraum ist. Bei einer hohen Risikobereitschaft wären die Auswirkungen des Klimawandels deutlich geringer, da die Bergtouristen trotz einer höheren Gefahr die aktuelle Nutzung beinhalten würden. Wie eingangs dargestellt, haben wir – in Anlehnung an eine Studie nach Weber xy – durch zwei Fragen versucht die Risikobereitschaft einzugrenzen. In Frage 15 und 16 wurden daher dieselben Fragen gestellt, einmal bezogen auf eine allgemeine Bewertung der Gefährlichkeit und darauf folgend (in Frage 16), ob man dieses Risiko persönlich eingehen würde oder bereits Erfahrungen damit hat.

In diesem Zusammenhang zeigte sich, dass allgemein folgende Reihung von gefährlichen Situationen besteht:

Tab. F- 14: Bewertung wahrgenommener Risiken

Reihung	Beschreibung der Gefahrensituation	Abnehmendes wahrgenommenes Risiko
1.	Sie müssten den Weg auf einem leicht ansteigenden Eisfeld fortsetzen (ca. 10m). Es besteht Abrutschgefahr	Ø 4,28
2.	Sie müssten den Weg in einem Bereich fortsetzen, in dem deutliche Spuren von Steinschlag zu sehen sind (ca. 200m)	Ø 3,72
3.	Sie müssten den Weg durch Querung eines steilen Abschnittes mit geschlossener harter Schneedecke fortsetzen (ca. 25m)	Ø 3,61
4.	Sie müssten den schmalen Weg über 100m am Grat fortsetzen mit beidseitig steil abfallendem Gelände	Ø 3,50
5.	Sie müssten ihre Tour ohne Anseilmöglichkeit zwischen zwei Abschnitten eines Klettersteigs fortsetzen (ca. 10m)	Ø 3,49
6.	Sie müssten wegen eines Felssturzes auf einer Länge von 500m eine Tour ohne erkennbaren Weg fortsetzen.	Ø 2,73

Interessant ist – unabhängig von der als gefährlich eingestuften Situation – ob und inwieweit die befragten Bergtouristen bereits über eigene Erfahrungen im Hinblick auf die genannten Gefahrensituationen verfügen.

Dabei ergab sich eine deutlich andere Reihung. Die Werte im Hinblick auf die Wahrscheinlichkeit sich einer Gefahr auszusetzen liegen im Durchschnitt alle zwischen 3,1 und 3,8, während die absolute Gefährlichkeit zwischen 4,2 und 2,7 bewertet wurde. Weiterhin lässt sich erkennen, dass die Wahrscheinlichkeit des Handelns nicht synchron mit der eingestuften Gefährlichkeit verläuft.

Die als gefährlich eingestuften Aspekte (Stufe 5) müssten bei synchronem Verhalten so bewertet werden, dass die Wahrscheinlichkeit sich in diese Gefahr zu begeben sehr unwahrscheinlich (Stufe 1) ist. Darüber hinaus wurde auch nachgefragt, ob die Person eine entsprechende Situation bereits einmal erlebt hat. Die Ergebnisse sind nachstehend in einer Tabelle dargestellt.

Tab. F- 15: Persönliche Erlebnisse

Art der Gefahr	Wahrscheinlichkeit sich einer Gefahr auszusetzen		Bereits erlebt		In Kohärenz zur genannten persönlichen Wahrscheinlichkeit
	Tendenz	Wert	ja	nein	
Fortsetzen des Weges auf leicht ansteigendem Eisfeld (10m) mit Absturzgefahr	Eher unwahrscheinlich	Ø 3,17	46%	54%	√
Fortsetzen des Weges ohne Anseilmöglichkeit zwischen zwei Abschnitten einer Klettersteigs	Eher unwahrscheinlich	Ø 3,37	52%	48%	√
Fortsetzen des Weges in Bereichen mit deutlichen Spuren von Steinschlag	Wenig wahrscheinlich	Ø 3,56	61%	39%	√
Fortsetzen des Weges im Gratbereich 100m beidseitig stark abfallend	Wenig wahrscheinlich	Ø 3,67	62%	38%	√
Wegen Felssturz 500m ohne erkennbaren Weg	Wenig wahrscheinlich	Ø 3,71	55%	45%	-
Geschlossene hohe Schneedecke, steil, 25m	wahrscheinlich	Ø 3,80	76%	24%	√
Einseitig stark abfallend 100m	wahrscheinlich	Ø 3,89	76%	24%	√

F-4.1.8 Risikobereitschaft

Aus der Beantwortung der Fragen 15 und 16 lässt sich durch Regression die Risikobereitschaft der befragten Bergsportler ermitteln. Dabei diene folgende Formel als Berechnungsgrundlage:

Risikobereitschaft = J (Wahrscheinlichkeit ein Risiko selbst einzugehen x allgemeines Risiko)

Daraus ergibt sich folgende Anzahl an Risiko vermeidenden oder Risiko suchenden Personen bezogen auf ein Signifikanzniveau von 1%:

Tab. F- 16: Ermittlung der Risikobereitschaft

Risiko abgeneigt	25%
Risiko neutral	71%
Risiko suchend	4%

Das Ergebnis zeigt, dass die Mehrheit nicht auf ein Risikoerlebnis aus ist oder dieses sogar unbedingt zu vermeiden sucht. Das bedeutet bezogen auf die Klimawandelfolgenuntersuchung, dass eine Erhöhung des Sicherheitsrisikos im Bereich des Bergtourismus sich negativ auswirken kann.

Interessant ist die lineare Abhängigkeit der Wahrscheinlichkeit und den tatsächlich bereits erlebten Gefahren mit nur einer Ausnahme (Felssturz, Weg verschüttet). Die konsistente Beantwortung weicht jedoch erheblich von der allgemeinen Einstufung von Gefahren ab. Dieser Aspekt soll in nachfolgenden Analysen weiter betrachtet werden.

In diesem Zusammenhang ist auch interessant zu wissen, aus welchen Gründen die befragten Bergtouristen und Bergsportler sich überhaupt einer Gefahr aussetzen. Die Reihung der Gründe nach ihrem Zutreffen, ist nachstehend dargestellt (trifft häufig zu = 5, trifft überhaupt nicht zu = 1):

Tab. F- 17: Gründe sich einer Gefahr im Hochgebirge auszusetzen

Wetter	Ich vermeide dadurch in gefährliche Wetterbedingungen oder in die Dämmerung zu kommen	3,5
Gipfel:	Ich erreiche nur so einen attraktiven Aussichtspunkt oder Gipfel	3,0
Zeitpunkt:	Ich spare über eine Stunde beim Aufstieg	2,4
Gefahr:	Für mich sind Gefahren Teil einer erlebnisreichen Bergwanderung	2,2
Psychologie:	Ich muss hin und wieder meine Angst überwinden, um mich besser zu fühlen	2,1
Gruppendynamik:	Ich nehme Gefahren in Kauf, um mit einer Gruppe zusammen bleiben zu können	2,0
Längere Tour:	Ich kann eine längere Tour machen, wenn ich möglichst direkte, auch gefährliche Verbindungen wähle	1,9

Die Auswertung zeigt, dass vor allem zwei Gründe eine wesentliche Rolle spielen sich in Gefahr zu begeben. Dazu zählen einmal Wetter und zeitliche Planung, wie die Dämmerung sowie das - vergleiche Motive – Kernerlebnis, nämlich das erstrebte Naturerlebnis zu erreichen. Mit Ausnahme des Zeitgewinns, der auch noch eine wichtigere Rolle zu spielen scheint, liegen psychologische, gruppendynamische Aspekte und die Tourlänge nahe beisammen.

F-4.1.9 Antworten aus dem Choice Experiment

Im Rahmen der Studie wurden zwei Choice Experimente durchgeführt. Im Ersten Teil zeigte sich, dass vor allem das Landschaftserlebnis und der Ausblick wichtig sind. Insgesamt wurde dem Vorhandensein von Schnee, Eis oder Gletscher keine besondere Bedeutung eingeräumt. Wenig Unterschiede gab es auch bei den Beurteilungen der Wege. Die nachstehende Graphik zeigt die Ergebnisse aus dem zweiten Choice Experiment, wo zu der bereits abgefragten Infrastruktur potentielle Bedrohungen als Folge des Permafrostrückgangs hinzu gefügt waren. Die Ergebnisse zeigen zunächst eine sehr unterschiedliche Beurteilung durch drei Gruppen, in ähnlicher Weise wie bei den Fragen zum Risiko (Frage 15 und 16).

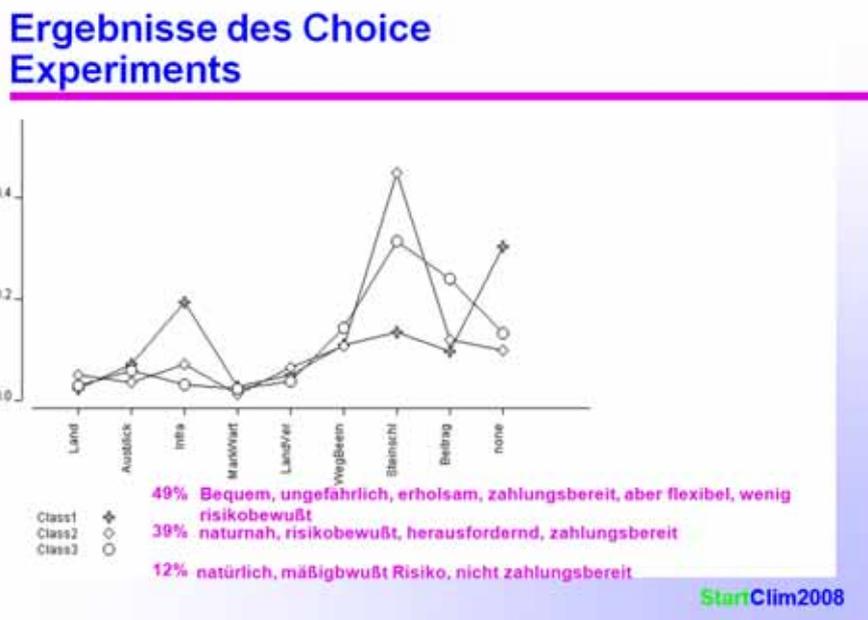


Abb. F- 9: Zeigt drei unterschiedliche Klassen von Bergtouristen und Bergsportlern.

Die größte Gruppe (Class 1, 49%) erweist sich als eher bequemer Bergwanderer, der sich ggf. auch einer Bergbahn gerne bedient, der den Ausblick in die Landschaft besonders schätzt. Sie erweisen sich im Hinblick auf Gefahrensituationen als sehr unerfahren und unsicher, insbesondere im Hinblick auf die Steinschlaggefahr. Er reagiert stark auf eine Veränderung der Bedingungen und zeigt eine hohe Bereitschaft in ungünstigen Fällen das Gebiet ganz zu verlassen. Wenn sie adäquate Bedingungen in den Bergen vorfinden, ist diese Gruppe auch bereit für Maßnahmen im Sicherheitsbereich einen Beitrag zu leisten.

Die zweite Gruppe (Class 2, 39%) kann aufgrund der starken Ablehnung der Bergbahn als Naturorientiert bezeichnet werden. Sie ist, wie die Antworten bezogen auf den Steinschlag zeigen, sehr risikobewußt und die Gruppe reagiert differenziert selbst auf geringfügige Veränderungen sehr kenntnisreich. Für die Erhaltung dieses Erlebnisses sind sie auch bereit einen finanziellen Beitrag zu leisten.

Die dritte Gruppe (12%, Class3) umfasst den kleinsten Anteil. Auch sie sucht einen möglichst naturnahen Lebensraum im Hochgebirge mit möglichst wenig Erschließung. Allerdings wird ein geringes bis mäßiges Risiko bevorzugt. Die Zahlungsbereitschaft dieser Gruppe für Schutzmaßnahmen u.ä. ist gegenüber den beiden anderen Gruppen sehr gering.

F-4.2 Ergebnisse der Permafrostuntersuchung

F-4.2.1 Verbreitung von Permafrost im Tuxer Tal

Als Ergebnis der Analyse von Permafrostindikatoren und deren räumlicher Verbreitung im Untersuchungsgebiet sowie der Modellierung der von Permafrost unterlagerten Flächen sind für das hintere Tuxer Tal quantitative Berechnungen zur Verbreitung von Permafrost durchgeführt worden.

Neben den aktuellen Bedingungen ist als Grundlage für eine anschließende Gefahrenanalyse auch die potenzielle, nach Höhenstufen differenzierte Ausdehnung der Permafrostflächen für kältere bzw. wärmere Zeiträume berechnet worden. Auf diese Weise lassen sich die Umweltverhältnisse im Tuxer Tal unter „stabileren“ geomorphologischen Bedingungen einerseits (größere Ausdehnung des Permafrostareals im Zeitraum vor der signifikanten aktuellen Erwärmung) und unter „instabileren“ geomorphologischen Bedingungen andererseits (geringere Ausdehnung des Permafrostareals bei weiter steigenden Temperaturen) simulieren.

Das im Tuxer Tal vorhandene Areal mit möglicher Permafrostverbreitung, das auch fleckenhafte Vorkommen von Permafrost einbezieht, umfasst aktuell rd. 28 km² und hat an der Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes von 116,4 km² einen Anteil von ca. 30 % (vgl. Tab. 3). Das flächenhaft von Permafrost unterlagerte, aktuelle Areal umfasst demgegenüber rund 15 km² mit einem Anteil von ca. 13 % an der untersuchten Gesamtfläche. Der überwiegende Anteil der Permafrostflächen, die oberhalb von 3200 m hypsometrisch bedingt stark abnehmen, liegt innerhalb des Höhenbereichs von 2500 – 3100 m. Unterhalb von 2400 m ist ausschließlich mit fleckenhaften Vorkommen zu rechnen.

Tab. F- 18: Permafrostflächen im hinteren Tuxer Tal unter aktuellen Bedingungen und für die Temperaturszenarien +/- 1,5°C. Die analysierte Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes umfasst 116,43 km².

	Permafrost möglich		Permafrost wahrscheinlich			
	-1,5° C	aktuell	+1,5° C	-1,5° C	aktuell	+1,5° C
Fläche [km ²]	42,61	27,74	11,80	24,22	15,00	5,59
Änderung gegenüber „aktuell“ [%]	+53,6	0	-57,5	+61,5	0	-62,7
Anteil am Untersuchungsgebiet [%]	36,6	23,8	10,1	20,8	12,9	4,8

Die Szenarien +/-1,5°C stellen die Permafrostverbreitung im Tuxer Tal bei gegenüber aktuellen Verhältnissen um -1,5°C bzw. +1,5°C veränderten Jahresmitteltemperaturen der Luft dar. Auf der Grundlage der Arbeiten von KUHN (1990) und PATZELT & AELLEN (1990) entspricht die Modellrechnung für -1,5°C in etwa den Jahresmitteltemperaturen zur Mitte/Ende des 19. Jahrhunderts. Die Berechnung für die um 1,5° C höhere Lufttemperatur simuliert unter Berücksichtigung aktueller Klimaszenarien die Ausdehnung der von Permafrost unterlagerten Flächen etwa zur Mitte des 21. Jahrhunderts.

Für 1,5°C tiefere Temperaturen umfasste die Permafrostfläche einschließlich fleckenhafter Vorkommen im Tuxer Tal rund 43 km² und damit eine um 54% gegenüber aktuellen Verhältnissen größere von Permafrost unterlagerte Fläche (Tab. 3). Das flächenhafte Permafrostareal umfasste rund 24 km². Erheblich größere Areale waren im Höhenbereich 2200 - 2900 m vorhanden, der aufgrund des Vorkommens von Bodeneis vor Einsetzen der Erwärmung vor etwa 150 Jahren geomorphologisch stabiler gewesen ist (vgl. Abb. 6).

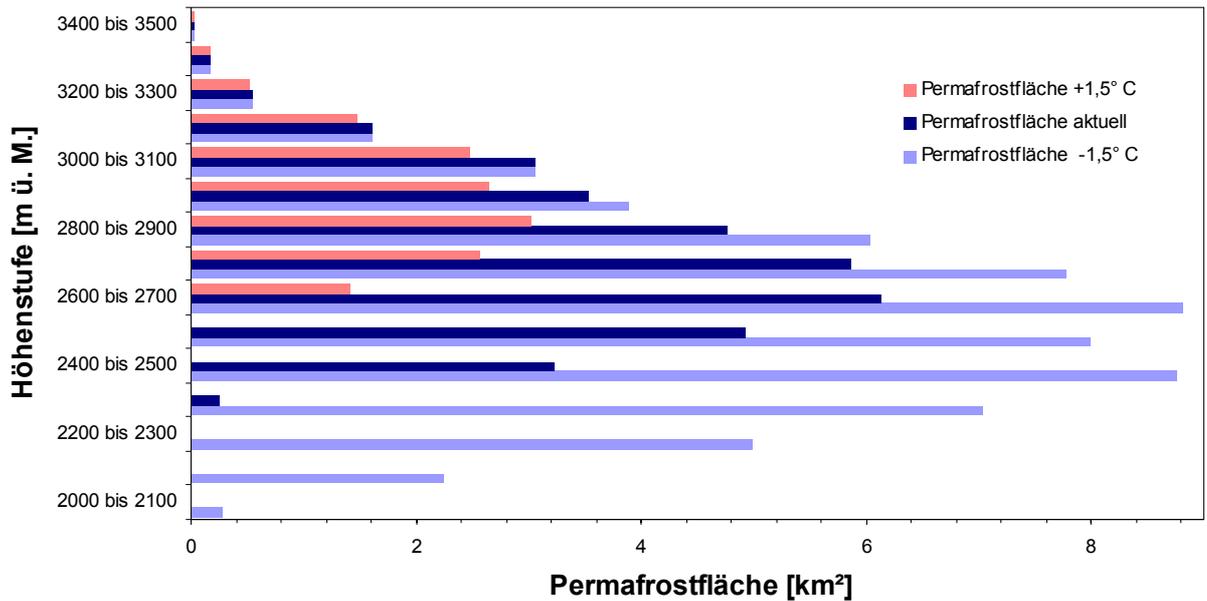


Abb. F- 10: Aktuell von Permafrost unterlagerte Fläche im hinteren Tuxer Tal sowie Permafrostverbreitung für die Szenarien +/-1,5°C differenziert nach Höhenstufen.

Für um 1,5°C höhere Temperaturen ist demgegenüber ein Rückgang der von Permafrost unterlagerten Flächen um rund 27% des aktuellen Areals auf etwa 12 km². Die ausgedehntesten Degradationsbereiche liegen für dieses Szenario im Höhenbereich 2400 - 2900 m. Bei Eintreten des Szenarios wäre im Tuxer Tal nur noch oberhalb von 2700 m ü. M. Permafrost anzutreffen (vgl. auch Abb. 10).

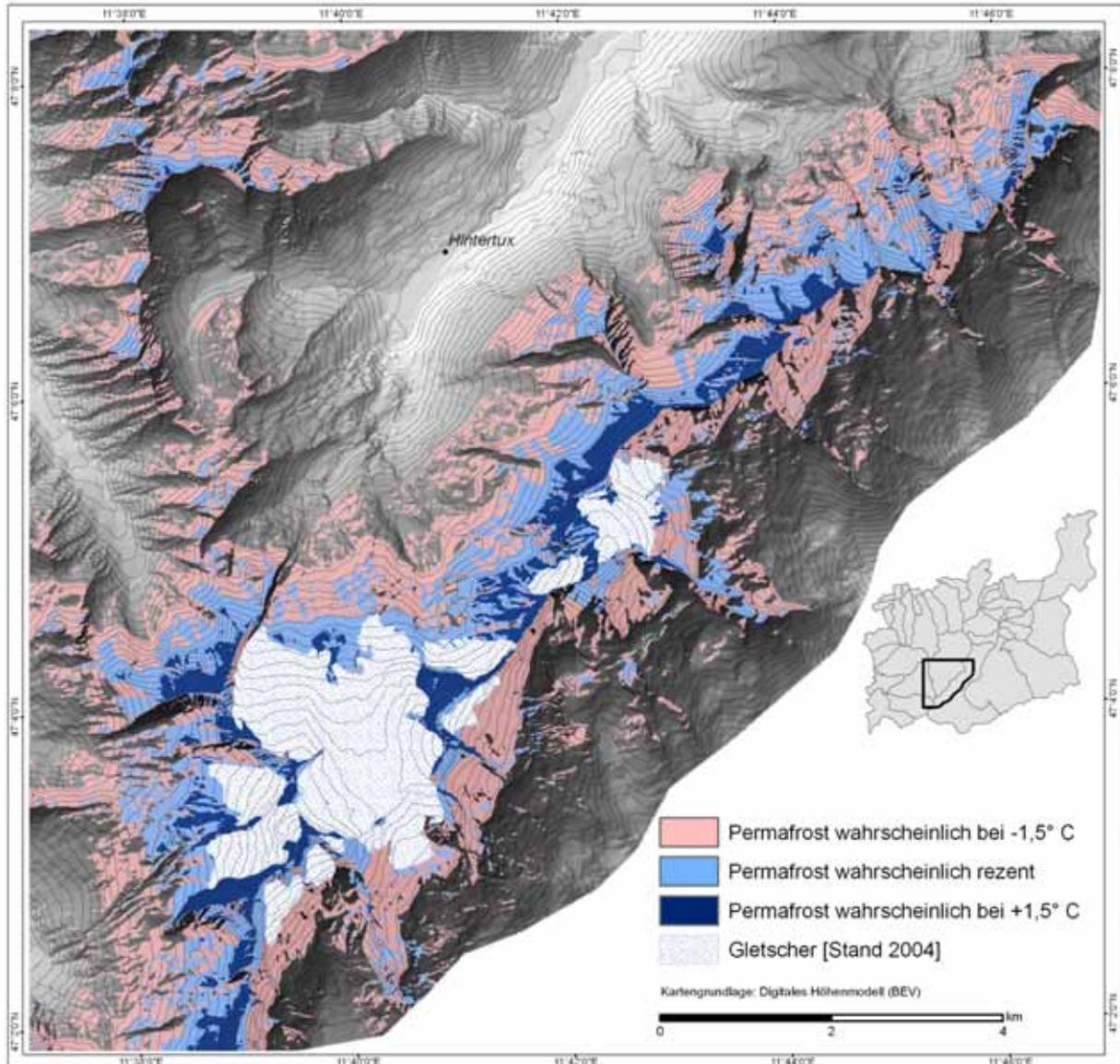


Abb. F- 11: Räumliche Verbreitung wahrscheinlicher, flächenhafter Vorkommen von Permafrost im hinteren Tuxer Tal unter aktuellen Bedingungen und für die Temperaturszenarien +/-1,5°C (Gletscherstand 2004).

F-4.2.2 Rückgang der Vergletscherung seit 1850

In die Berechnung der nach 1850 abgeschmolzenen Gletscherflächen wurden für die vorliegende Studie die Gletscher des Tuxer Hauptkammes im Bereich früherer und heutiger Hochtouristenrouten, Höhenwanderwege, Passübergänge und Schigebiete einbezogen (vgl. Abb. 8). Die Vergletscherung umfasste um 1850 eine Fläche von rund 20,6 km², die bis heute auf rund 7 km² und damit um 65 % der Ursprungsfläche zurückgegangen ist (vgl. Tab. 4). Im Vergleich zu anderen ostalpinen Gletscherregionen war der Gletscherrückgang hier überdurchschnittlich (vgl. DAMM 1988).

- Der ausgedehnteste und auch für das Skigebiet Hintertux bedeutendste Gletscher, das **Ge-frorene Wand-Kees**, umfasst eine aktuelle Fläche von etwa 4,3 km². Der Gletscher hat sich seit Beginn der 1970er in eine kleinere östliche und eine größere westliche Fläche aufgeteilt. Aufgrund seiner ursprünglichen Ausdehnung von ca. 7,3 km² ist der Rückgang der Gletscherfläche mit rund 42 % vergleichsweise moderat ausgefallen (vgl. DAMM 1998).

- **Wildlahnerferner** und **Olpererferner** bildeten um die Mitte des 19. Jahrhunderts eine gemeinsame Gletscherfläche von rund 2,7 km² aus. Die Gletscherfläche ist bis 2004 um rund 63 % zurückgeschmolzen.
- Das **Unterschrammäckees** hatte um 1850 eine Ausdehnung von 1,3 km². Der Gletscher hat sich im Zuge des Abschmelzens in einen östlichen und einen westlichen Teil getrennt und 76 % der ursprünglichen Fläche verloren.
- Das südwestlich exponierte **Friesenbergkees** hat seit 1850 mehr als 90 % der ursprünglichen Fläche verloren, das südostexponierte **Großes Riepenkees** rund 72 %. In ähnlicher Größenordnung lagen die Verluste bei **Schwarzenbrunnerkees** (76 %) und **Federbettkees** (73 %).
- Nach 1969 vollständig verschwunden ist das Hauser Kees.
- Im Zuge des Gletscherrückgangs seit 1985 weitgehend verschwunden sind Kleines Riepenkees, Rifflerkees, Bodenkäcker, Höllensteinkes, Mitterschneidkees und Lange Wand Kees.

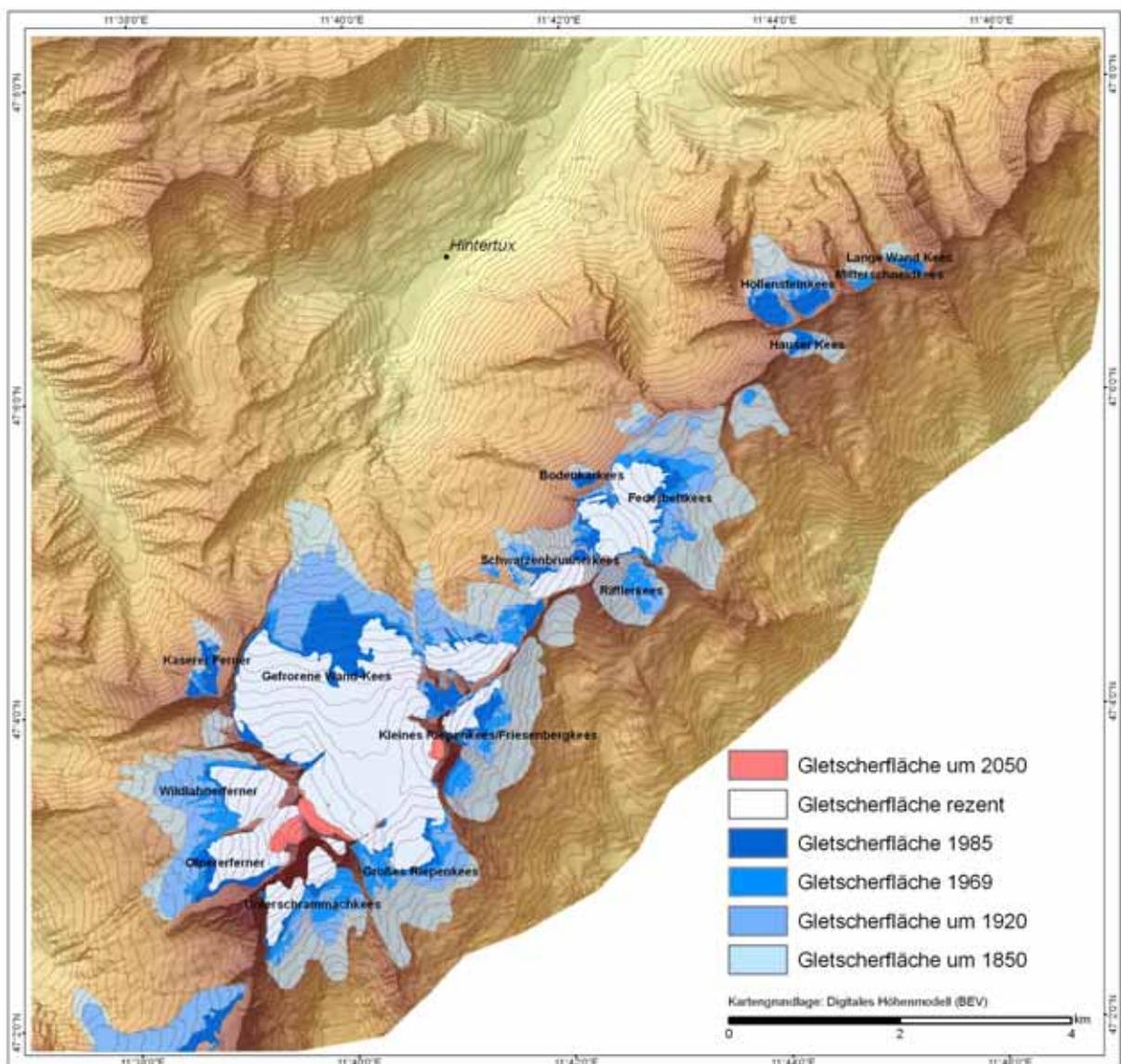


Abb. F- 12: Vergletscherung des Tuxer Hauptkammes, Veränderung der Gletscherflächen seit 1850 und Ausdehnung der Restvergletscherung für ein Temperaturszenario +1,5°C (aktueller Gletscherstand: 2004).

Tab. F- 19: Änderung der Gletscherflächen am Tuxer Hauptkamm für ausgewählte Zeiträume seit Mitte des 19. Jahrhunderts.

Gletscherfläche um 1850	[km ²]	20,63
	[%]	100
Gletscherfläche um 1969	[km ²]	10,93
	[%]	53,0
Gletscherfläche 1985	[km ²]	9,08
	[%]	44,0
Gletscherfläche 2004	[km ²]	7,09
	[%]	34,4

F-4.2.3 Ausdehnung der Vergletscherung um Mitte des 21. Jahrhunderts

Zur Berechnung und räumlichen Simulation der möglichen Gletscherausdehnung für ein Szenario mit einem Anstieg der Sommertemperatur um 1,5°C wurde das Niveau der Gleichgewichtslinien (GWL) der Gletscher am Tuxer Hauptkamm für den Gletscherstand 2004 mit einer AAR = 0,67 zugrunde gelegt. Auf Basis des mittleren Höhengradienten der Sommertemperatur von 0,55°C/100 errechnet sich ein GWL- Anstieg von rund 270 m gegenüber aktuellen Werten, der hier vereinfacht für die unterschiedlichen Expositionen als gleich angenommen wurde (vgl. Tab. 5).

Tab. F- 20: Gleichgewichtslinien (GWL) der Gletscher im Jahr 2004 im Tuxer Hauptkamm und Anstieg der Gleichgewichtslinien bei einem Temperaturanstieg von 1,5°C bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts (grau schattiert: Restgletscher um „2050“)

Gletscher	Fläche 2004 [km²]	GWL 2004 [m. ü. M.]	GWL „2050“ [m. ü. M.]
Wildlahnerferner	0,40	2.843	3.113
Olpererferner	0,58	2.979	3.249
Schwarzbrunnerkees	0,17	2.910	3.180
Unterschrammachkees Westl	0,19	3.018	3.288
Unterschrammachkees Ost	0,12	3.060	3.330
Großes Riepenkees	0,46	2.857	3.127
Gefrorene Wand-Kees Ost	0,34	2.734	3.004
Gefrorene Wand-Kees	3,93	2.933	3.203
Friesenbergkees	0,15	3.005	3.275
Federbettkees	0,73	2.926	3.196

Bei einem entsprechenden Szenario würden rechnerisch bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts im Untersuchungsgebiet lediglich drei Gletscher mit sehr geringen Flächenanteilen überdauern (vgl. Tab. 6, Abbildung 9). Auch am Gefrorene Wand-Kees, an dem im hinteren Tuxer Tal ein Sommerschigebiet betrieben wird, würde aufgrund der flachen Topographie bei einem Anstieg der GWL auf 3.203 m ü. M. nahezu die gesamte Gletscherfläche abschmelzen.

Tab. F- 21: Ausdehnungen der Gletscher im Tuxer Hauptkamm bei einem Anstieg der Gleichgewichtslinien um 270 m zur Mitte des 21. Jahrhunderts (vgl. auch Abbildung 10).

Gletscher	Fläche [km ²]
Olpererferner	0,10
Federbettkees	0,01
Gefrorene Wand-Kees West	0,10
Gefrorene Wand-Kees Ost	0,03
Summe	0,25

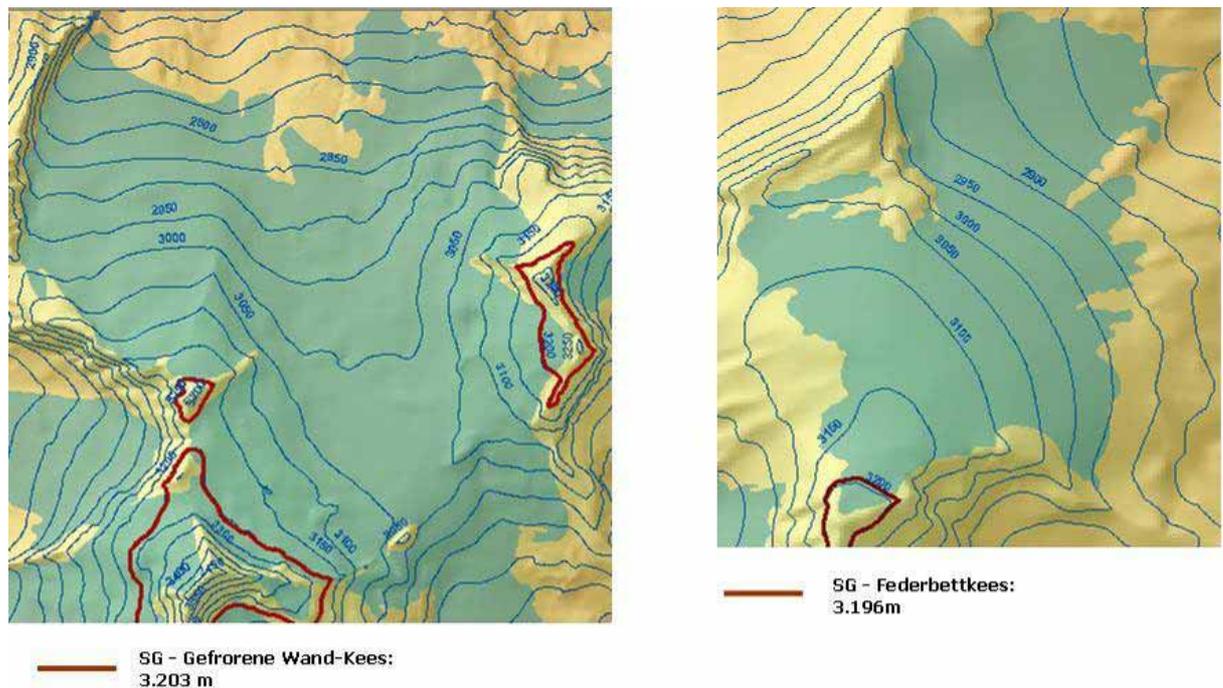


Abb. F- 13: Gefrorene Wand-Kees (Gletscherstand 2004, links) und Federbettkees (Gletscherstand 2004, rechts) mit Lage der GWL „+270“ um Mitte des 21. Jahrhunderts.

F-4.2.4 Geomorphologische Gefahren: Anrissflächen von Murprozessen

Unter Berücksichtigung der räumlichen Modellierung der aktuellen Permafrostverbreitung umfasst die Gesamtfläche des derzeit von flächenhaftem Permafrost unterlagerten Lockergesteins, im Wesentlichen Verwitterungs- und Sturzschutt sowie Moränen, im Untersuchungsgebiet rund 5,26 km². Zum Höhepunkt der neuzeitlichen Kaltphase um Mitte des 19. Jahrhunderts waren weitere rund 8,55 km² an Lockergesteinen von Permafrost unterlagert.

Auf der Grundlage von Luftbildkartierungen und Feldstudien lassen sich im Untersuchungsgebiet zahlreiche Muranrisse identifizieren. Anrisse liegen weitgehend innerhalb von Geländebereichen, unter denen in den vergangenen etwa 150 Jahren das Bodeneis abgeschmolzen ist. Darüber hinaus sind Muranrisse im Gletscherrückzugsgelände der vergangenen Jahrzehnte zu finden. Bereits aus den 1950er Jahren wird von zunehmender Geschiebeführung und Vermurung der Hochtäler im Zusammenhang mit insgesamt höheren Abflussleistungen der Gletscherbäche als Folge von Gletscherschmelze (und Abtauen von Bodeneis?) berichtet (vgl. KLIER & KLIER 1978). Die verlagerten Geschiebmassen wurden dabei weitgehend aus den Satzmoränen der eisfrei gewordenen Gletschervorfelder mobilisiert. Der überwiegende Teil der Anrisse liegt zwischen 2.200 und 2.800 m ü. M., woraus auch ein deutlicher topographischer Zusammenhang zwischen der Lage der Anrissbereiche von Muren und dem Abtauen von Gletschern und Permafrost resultiert, auf den unter anderem DAMM & FELDERER (2008, 2009) sowie STÖTTER et al. (2003) hinweisen. Unter Berücksichtigung der Geländeneigung liegen die möglichen Muranrissflächen im Tuxer Tal innerhalb eines Neigungsbereichs von 1° und 66° mit einem Maximum zwischen 15° und 30° (vgl. Abb. 10).

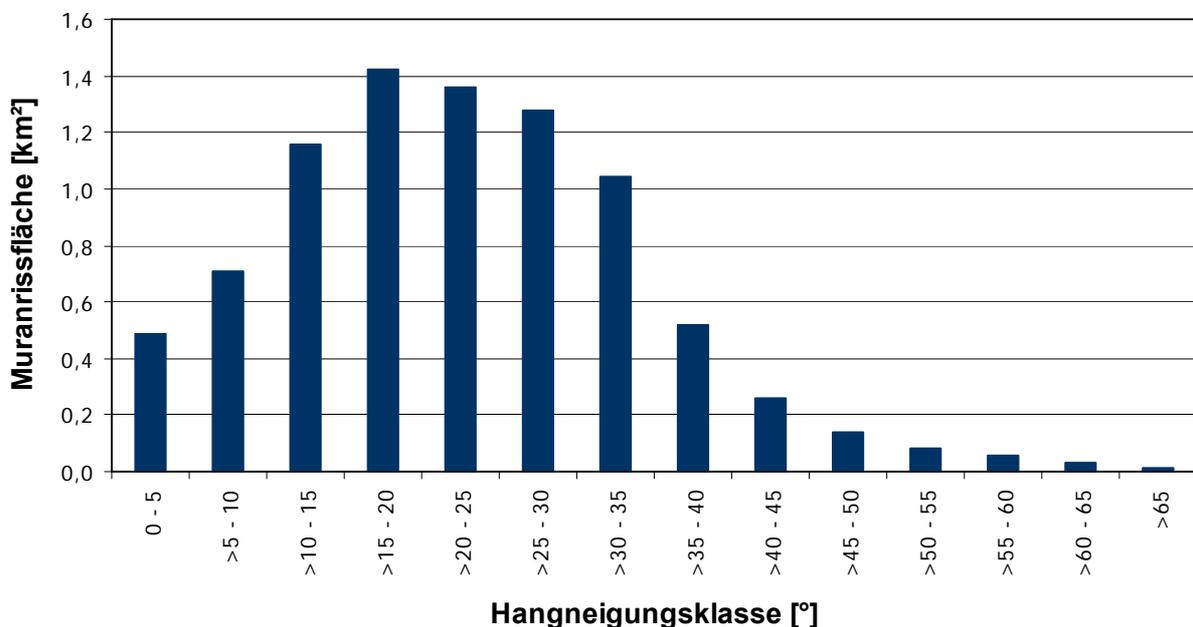


Abb. F- 14: Potenzielle Muranrissflächen in Lockergesteinen über seit Mitte des 19. Jahrhunderts degradierten Permafrostarealen differenziert nach Geländeneigung.

Tab. F- 22: Potenzielle Muranrissflächen in Lockergesteinen über degradiertem Permafrost für ein Temperaturszenario +1,5°C differenziert nach Geländeneigung.

Geländeneigung [°]	Muranrissfläche [km ²]	Anteil an Höhen- stufe [%]	Anteil an UG- Flä- che [°]
0 - 5	0,186	4,22	0,16
>5 - 10	0,311	7,06	0,27
>10 - 15	0,530	12,03	0,46
>15 - 20	0,675	15,31	0,58
>20 - 25	0,695	15,77	0,60
>25 - 30	0,706	16,02	0,61
>30 - 35	0,621	14,08	0,53
>35 - 40	0,306	6,98	0,26
>40 - 45	0,149	3,38	0,13
>45 - 50	0,092	2,09	0,08
>50 - 55	0,065	1,47	0,06
>55 - 60	0,039	0,88	0,03
>60 - 65	0,022	0,50	0,02

Bei weiterem Abschmelzen von Bodeneis im Zuge einer fortschreitenden Erwärmung der Permafrostgebiete im Tuxer Tal ist davon auszugehen, dass sich auf disponierten Flächen neue Anrissbereiche von Muren sowie Geschiebepotenziale entwickeln werden. Unter Berücksichtigung des Temperaturszenarios +1,5°C umfassen diese Areale zusätzliche 4,41 km². Muranrisse in degradierten Permafrostgebieten sind, abhängig von petrographischen Bedingungen, jedoch überwiegend bei Hangneigungen von 25° bis 45° zu erwarten (vgl. DAMM & FELDERER 2009). Für das hier untersuchte Gebiet umfasst dieser kritische Neigungsbereich rund 1,78 km² (vgl. Tab. 7). Die räumliche Verbreitung möglicher Anrissbereiche von Muren im Zusammenhang mit der Infrastruktur im Tuxer Tal ist in Abbildung 11 dargestellt. Daraus geht hervor, dass Gebäude, Fahrstraßen und Seilbahnanlagen weitgehend außerhalb von Anrissflächen liegen, sich in Abhängigkeit von der Geländebeschaffenheit allerdings auch innerhalb der Prozessbereiche (z. B. Ausbreitungsgebiet einer Murablagerung) befinden können. Zur Klärung ist im Einzelfall eine detaillierte Einzugsgebietsstudie erforderlich.

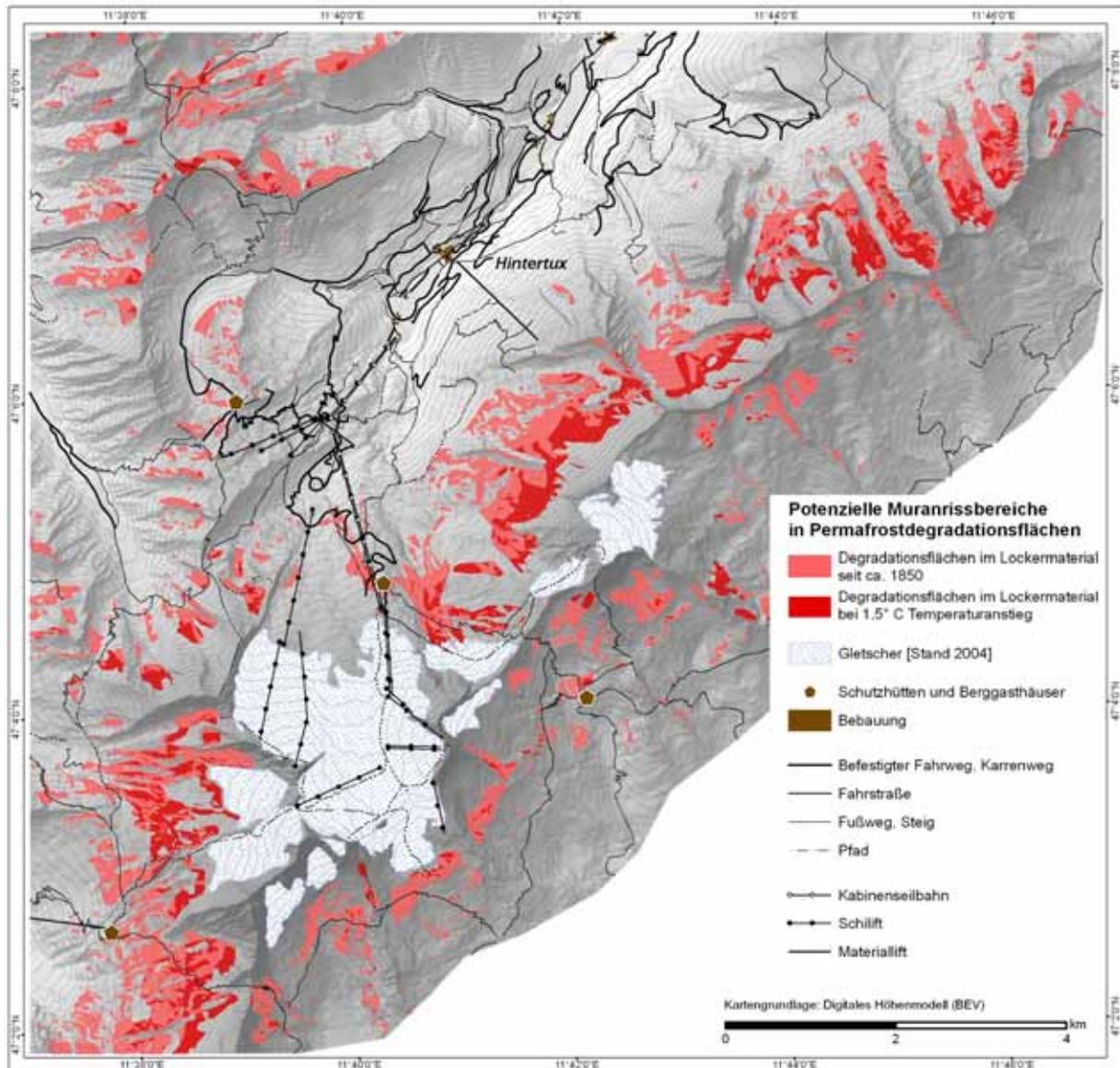


Abb. F- 15: Mögliche Anrissbereiche von Muren in Lockergesteinen über degradiertem flächenhaftem Permafrost des Tuxer Hauptkamms.

F-4.2.5 Geomorphologische Gefahren: Anrissflächen von Sturzprozessen

Die Ausdehnung des derzeit von flächenhaftem Permafrost unterlagerten Festgesteins im Untersuchungsgebiet umfasst rund 9,8 km². Zum Höhepunkt der neuzeitlichen Kaltphase um Mitte des 19. Jahrhunderts waren weitere rund 13,1 km² in Festgesteinen von Permafrost unterlagert. Hier ist inzwischen das Klufteis abgeschmolzen und in zahlreichen Felsflanken zumindest oberflächennah Instabilität eingetreten. Verbreitet weisen im Tuxer Hauptkamm frische Felsausbrüche auf eine aktuell gesteigerte Morphodynamik durch Steinschlag-, Blockschlag- und Felssturzprozesse hin.

Von den im Verlauf der vergangenen Jahrzehnte durch Degradation des Permafrostes betroffenen und aus Festgesteinen aufgebauten Flanken sind jedoch nicht sämtliche Hangneigungsbereiche und geologischen Einheiten gleichermaßen betroffen. So ist einerseits mit Sturzprozessen erst oberhalb einer kritischen Hangneigung von 38-40° zu rechnen (vgl. DAMM & FELDERER 2009). Daher umfassen die ehemals flächenhaft von

Kluffeis stabilisierten und seit Mitte des 19. Jahrhunderts degradierten Areale in Felsflanken $>40^\circ$ lediglich rund 3,2 km² (vgl. Abb. 12). Darüber hinaus liegen umfangreiche degradierte Areale innerhalb verschiedener geologischer Einheiten (u. a. Ahornkern, Tuxer Kern, Tuxer Kern – Hülle, vgl. Abb. 13), die zum Teil von felsmechanisch stabilen Gesteinen (u. a. Gneise) aufgebaut sind, wodurch Gefahren durch Sturzprozesse im Grundsatz verringert sind.

Die räumliche Verbreitung von Anrissbereichen von Steinschlag-, Blockschlag- und Felssturzprozessen, die in Abbildung 11 dargestellt ist, macht deutlich, dass sich im Tuxer Tal vereinzelt auch Infrastruktureinrichtungen, insbesondere Wege, innerhalb der potenziellen Prozessbereiche befinden. Auch hier ist zur eindeutigen Klärung im Einzelfall eine detaillierte Studie zur genauen Lage und möglichen Ausdehnung der Prozessbereiche erforderlich.

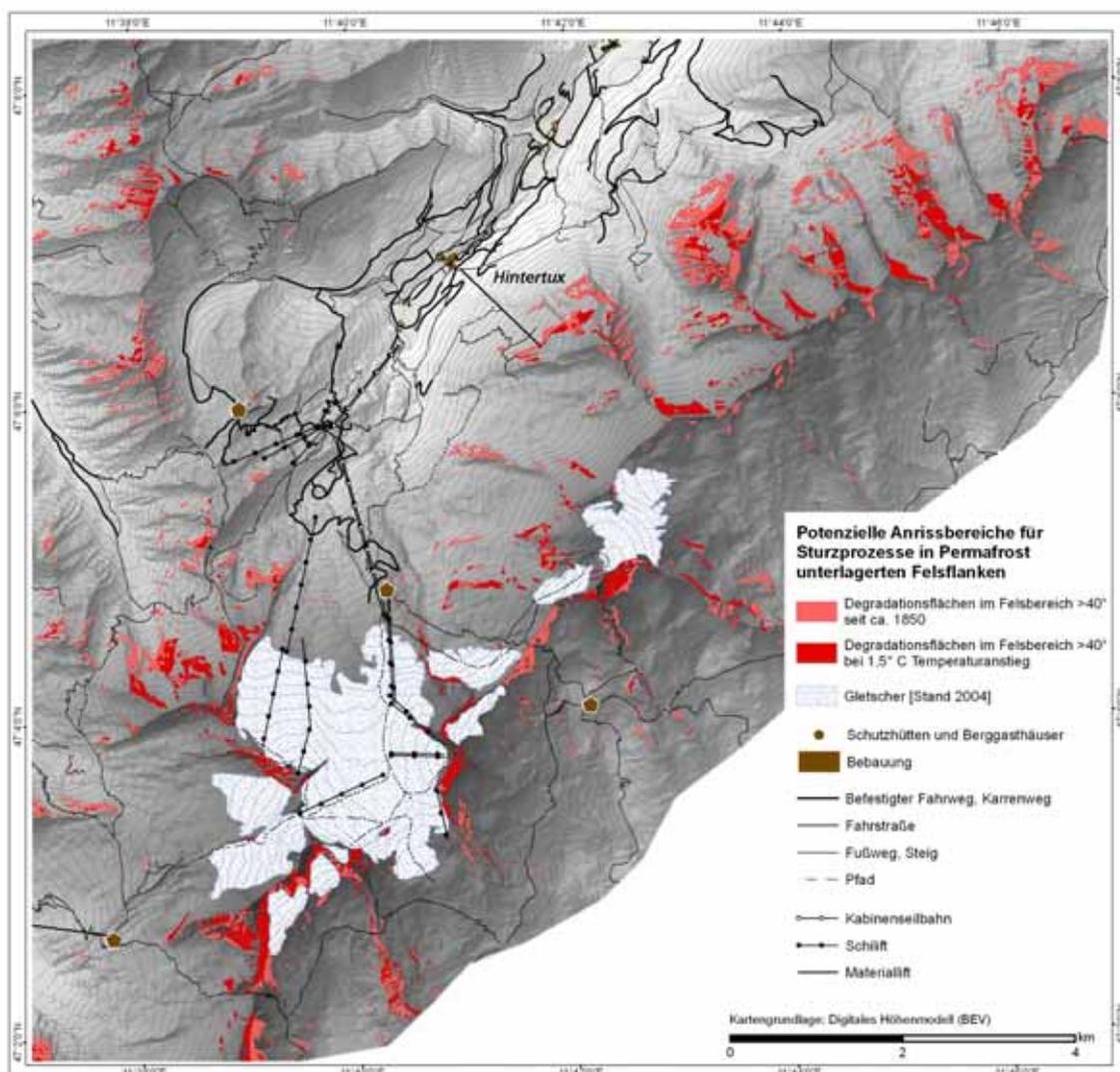


Abb. F- 16: Mögliche Anrissbereiche von Steinschlag-, Blockschlag- und Felssturzprozessen in Felsflanken über degradiertem flächenhaftem Permafrost des Tuxer Hauptkammes.

Bei weiterem Abschmelzen von Kluffeis im Zuge einer fortschreitenden Erwärmung in den Permafrostgebieten des Tuxer Kammes ist davon auszugehen, dass sich auf disponierten Flächen neue Anbruchbereiche von Sturzprozessen entwickeln werden. Unter

Berücksichtigung des Temperaturszenarios +1,5°C umfassen diese Areale 6,89 km², wobei ausgedehnte Anteile auf felsmechanisch stabilere geologische Einheiten entfallen (Tab. 8). Mit der Beschränkung auf Bereiche, die eine kritische Hangneigung von 40° überschreiten, umfasst das disponierte Areal rund 1,78 km².

Tab. F- 23: Potenzielle Anbruchbereiche von Sturzprozessen differenziert nach geologischen Einheiten

Geologische Einheit- Gesteinstyp	in km ²	in %
Ahornkern (Gneis)	0,77	11,2
Hülle des Tuxer Kern (Kalkmarmor, Gneis)	1,26	18,4
Schönach Mulde (Gneis, Schiefer)	0,46	6,6
Tuxer Kern (Gneis, Schiefer)	2,46	35,8
Restliche Einheiten	1,94	28,0

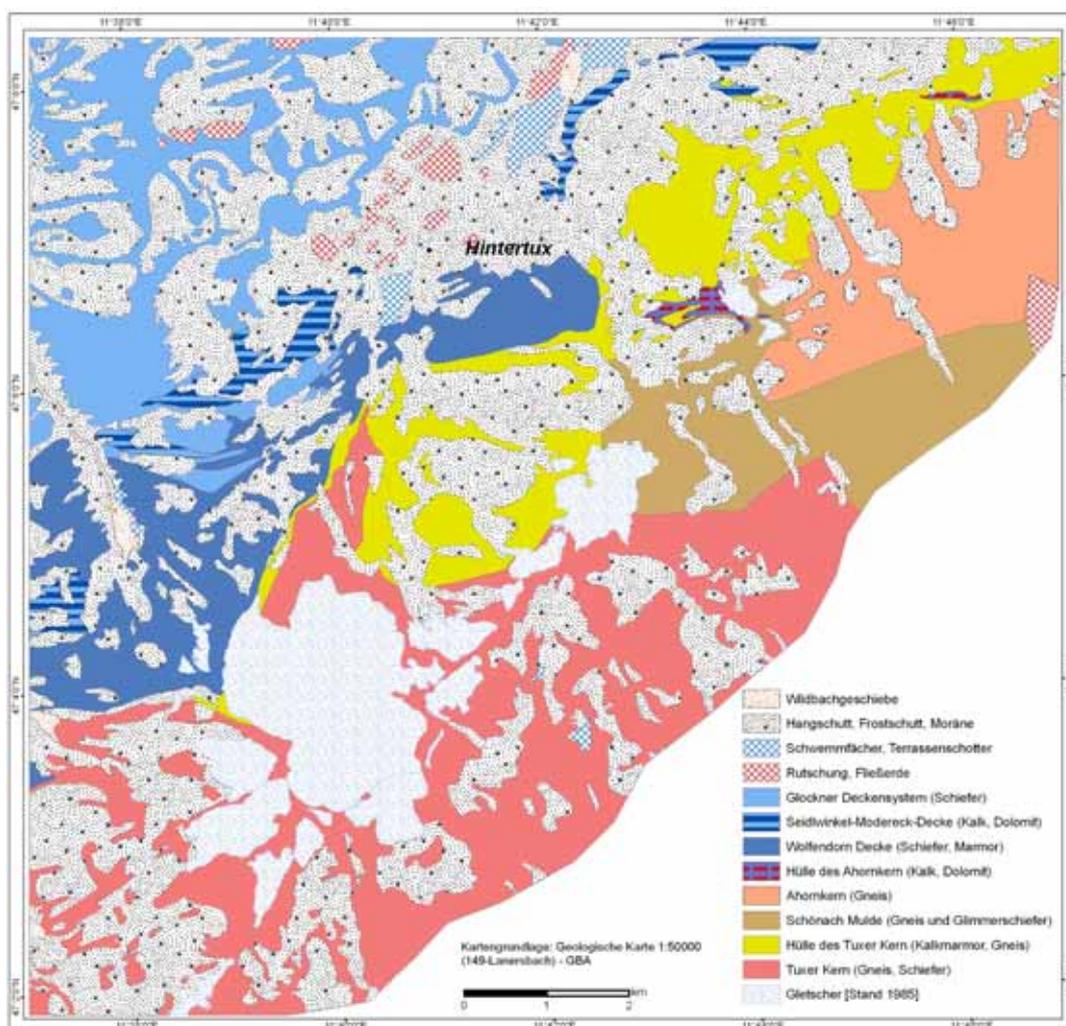


Abb. F- 17: Verbreitung geologischer Einheiten und Gesteinstypen innerhalb der Permafrost-Degradationsflächen und Gletscherrückzugsgebiete des Tuxer Hauptkammes.

F-4.2.6 Direkte Gefährdungen für den Bergtourismus

Wanderwege und Hochgebirgsrouten: Die Hütten im Tuxer Hauptkamm, die als Stützpunkte für Gebirgsausbildung, Hochtouren und Hochgebirgswanderungen in der Gletscherregion dienen (zum Beispiel Spannaglhaus, Friesenberghaus, Geraer Hütte, Olpererhütte), sind zu Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts überwiegend in den Randbereichen der Gletscherzungen angelegt worden. Die Standortwahl erfolgte mit dem Ziel, einen möglichst schnellen und direkten Zugang zu den vergleichsweise leicht begehbaren Gletschern zu ermöglichen, über die ursprünglich die meisten Hochgebirgsrouten auf Gipfel und Scharten sowie die Übergänge zu benachbarten Hütten und in angrenzende Täler verliefen. Noch meist bis zu Beginn der 1940er und zum Teil auch noch bis in die 1950er Jahre waren die Zugänge zu den Gletschern kurz. Infolge des ausgedehnten Rückzugs der Gletscherzungen oder des vollständigen Abschmelzens von Gletschern führen klassische Hochtouren- und Gebirgswanderwege heute über Moränenschutt und zum Teil schwer begehbare Gletscherschliffe. Entsprechende Routen sind hierdurch nicht nur insgesamt beschwerlicher sondern auch zeitaufwendiger und für den durchschnittlichen Wanderer damit zumindest zum Teil riskanter geworden. Im Tuxer Kamm sind hiervon sämtliche wichtigen Übergänge vom Spannaglhaus im Tuxer Tal zur Geraer Hütte, zur Olpererhütte und zum Friesenberghaus betroffen.

Anpassung von Wegenlagen: Als Folge der Veränderungen der Kryosphäre ändern sich die Wegeverläufe alpiner Routen ständig. Insbesondere zunehmende Ausaperung (Steinschlag-, Blockschlaggefahr), Abschmelzen von Gletscherzungen (häufig zunehmende Steilheit), Absenkung von Gletscheroberflächen (Ausbildung von Felsstufen beim Übergang Gletscher - Fels, vergrößerter Bergschrund) und Laufverlagerungen von Gletscherbächen betreffen die Wegverläufe. Zur Reduzierung bzw. Vermeidung unverhältnismäßiger Risiken ergibt sich zumindest für Hüttenzugänge, Höhenwanderwege und Übergänge, im Tuxer Kamm zum Beispiel Wildlahnerscharte, Friesenbergscharte und Höllscharte, ggf. die Notwendigkeit von Anpassung, Neubau und Instandhaltung von Wegenlagen. Der Verlegung von Wegen aus Couloirs und Rinnen heraus auf benachbarte Grate und Felsflanken kommt eine grundsätzliche Bedeutung zu.

Wegübergänge Gletscher - Fels: Der Eiszerfall in den der vergangenen rund 150 Jahren hat zu einem erheblichen Dickenverlust der Gletscher und damit zu einer Absenkung der Eisoberfläche geführt. Das hat zur Folge, dass beim Übergang von den Gletschern in die angrenzenden Felsflanken heute häufig Dekameter hohe Stufen in Gletscherschliffen oder brüchigem Gestein zu überwinden sind. Hinzu kommt das Problem der „Verschrundung“ der Gletscher. Bergschründe im Übergang von den Gletschern in die angrenzenden Felsflanken sind in den zunehmend niederschlagsärmeren, zumindest aber wärmeren Sommern meist zerklüftet, wohingegen sie in niederschlagsreichen Jahren häufig mit Lawinenschnee verfüllt sind. Der Übergang vom Eis zum Fels wird hierdurch nicht nur schwieriger, sondern insgesamt gefährlicher. Hiervon betroffen sind im Tuxer Kamm neben klassischen „leichten“ Hochtouren zu Fußstein, Olperer und Geforene-Wand-Spitzen auch verschiedene Übergänge.

Gletscherwege - Spaltensturzgefahr: Die Abnahme der Eisdicken der Gletscher in Verbindung mit geringen Wintersneehöhen und überdurchschnittlich warmen Frühjahren/Sommern bewirkt eine Herauspräparierung von Gletscherspalten bzw. Spaltenzonen, die geringmächtiger eingeschneit bzw. verfüllt sind und früher bzw. stärker ausapern. Insbesondere Jahre, in denen die Gleichgewichtslinie stark nach oben verschoben ist und Gletscher bis weit in die eigentlichen Akkumulationsgebiete ausapern, ber-

gen entsprechende Probleme. Zwar sind hierdurch Gletscherspalten leichter erkennbar, für die Begehung und Überschreitung fehlt jedoch häufig die erforderliche Mächtigkeit und Stabilität der Schneebrücken. Bei überdurchschnittlich hoher Tagestemperatur und fehlender nächtlicher Abkühlung, beides konnte in den vergangenen Jahren häufig beobachtet werden, lassen sich selbst mächtigere Schneebrücken auch früh am Tag häufig nicht überqueren, da Gefronnis fehlt. Geringmächtiges winterliches Einschneien fördert die Spaltensturzgefahr bereits im Frühjahr für Schibergsteiger. Aus den Zillertaler Alpen wird eine Zunahme von Spaltenzonen und Eisbrüchen im Kontext schwierigerer Begehbarkeit der Gletscher bereits in den 1950er Jahren beschrieben (Klier & Klier 1978). Im Tuxer Kamm treten entsprechende Schwierigkeiten und Gefahren bei der Begehung sämtlicher Gletscher auf, aber auch bei den Übergängen vom Spannaglhaus zur Geraer Hütte und zur Olpererhütte über Wildlahnerscharte und Riepensattel.

Stein- und Blockschlag: Permafrostdegradation und Absenkung der Gletscheroberflächen bewirken eine Destabilisierung von hochgelegenen Felsflanken, Graten und Rinnen (Couloirs). Das Abtauen von Klufteis im Festgestein verringert die Stabilität in geklüfteten und geschichteten Gesteinsverbänden und fördert die Ablösung instabiler Kluftkörper. Durch die Absenkung der Eisoberflächen entstehen im Übergang Gletscher – Felsflanke häufig schrofige bzw. brüchige Geländestufen. Die Brüchigkeit ist einerseits Folge der Beanspruchung des Gesteins durch die Gletscherbewegung und andererseits bedingt durch die Änderung des thermischen Umfelds und der Verwitterungsprozesse. Während die Talflanke zuvor vom temperierten Gletschereis umgeben war, ist sie anschließend Frostverwitterung ausgesetzt. Die genannten Prozesse haben Sturzgefahren, häufig Stein- und Blockschlag, seltener Felssturz zur Folge, deren Häufigkeit an vom Gletscher freigegebenen Flanken weniger und in von Permafrostdegradation betroffenen Gesteinsverbänden stärker an Temperaturschwankungen gebunden ist. Insbesondere in Rinnen und Schneecouloirs können Gefahren durch Sturzprozesse zunehmen. Aus Risiken durch entsprechende Sturzprozesse können im Tuxer Kamm unter anderem die Höhenwege über Friesenbergscharte und Höllscharte sowie sämtliche Gipfelrouten mit Übergängen zwischen Gletscher und Fels betroffen sein.

F-5 Schlussfolgerung

Die vorgelegte Studie zeigt zunächst auf, wie durch Modellierung eine für die Tourismusbranche und die Erholungsnutzung wichtige Bestandsanalyse durchgeführt werden kann. Die Analyse zeigt, mit welchen Schadereignissen in welchen Abschnitten gerechnet werden muss. Die dargelegte Modellierung erlaubt – alpinen Vereinen, Gemeinden, Tourismusbetrieben und interessierten Personen - schnell und mit begrenztem Aufwand eine mögliche Betroffenheit durch den Rückgang des Permafrostes fest zu stellen. Darauf aufbauend können, wie am Beispiel Hintertux gezeigt, Maßnahmen diskutiert und aufgegriffen werden. Das durchgeführte Projekt zeigt, was praxisnah durch Herstellen spezieller Karten zur Vorsorge durch jeden einzelnen Bergbesucher geleistet werden könnte. Die Darstellungen zum Tuxer Gletscher könnten somit Vorbildcharakter für weitere touristisch genutzte Hochgebirgsregionen bekommen.

Wie wichtig vorausschauende Abschätzungen von Sicherheitsaspekten und die frühzeitige Entwicklung von Maßnahmen sind, zeigt die Befragung von über 300 Bergtouristen und Erholungssuchenden im Hochgebirge. Für einen hohen Prozentsatz (knapp die Hälfte der Befragten) sind sichere Bergwege eine essentielle Voraussetzung für den Besuch. Verschlechterungen führen bei dieser erholungsorientierten Zielgruppe sehr rasch zu Abwanderungen. Dies ist um so mehr zu beachten, als es sich überwiegend um regelmäßige Besucher der Bergwelt handelt und viele davon zur Wertschöpfung durch Übernachtung beitragen.

Bevorzugt sollten die Strecken / Abschnitte überprüft und ggf. gesichert werden, die unmittelbar zum Gipfelbereich führen, oder die eine Zeitersparnis erwarten lassen, denn um den Gipfel zu erreichen oder für zeitsparende Abkürzungen wird am ehesten ein Risiko eingegangen.

Die Befragungsergebnisse zeigen weiterhin, dass die Maßnahmen, die mit der Kartenherstellung zu tun haben, primär als Aufgabe des Landes und des Bundes gesehen werden, nachrangig auch als Aufgabe der Tourismuswirtschaft.

Im Gegensatz dazu wurden die Maßnahmen rund um die Markierungen und Hinweisschilder von der Mehrheit als Aufgabe der alpinen Vereine gesehen. Das gilt in gleicher Weise auch für die Führungen und Schulungen sowie für die Wartungsarbeiten. Eine zweite wichtige Rolle im Hinblick auf die Adaption ist nach Ansicht der Befragten von den Gemeinden zu tragen, die bei Wartung, Schutzmaßnahmen und Markierung von immerhin knapp einem Viertel der Befragten in der Pflicht gesehen werden.

Die investierten Maßnahmen, wie die ggf. auch bautechnische Sanierung von Wegen, werden nicht den alpinen Vereinen, sondern eher als Aufgabe der Länder (32%), der Gemeinden (22%), der Tourismuswirtschaft (21%) und der Republik (18%) gesehen.

Kurzfassung

Anpassung an den Klimawandel kann im Hochgebirge von besonderer Bedeutung sein. Mittels eines vereinfachenden Modells kann gezeigt werden, mit welcher Art von Schadereignissen in welchen Abschnitten einer Hochgebirgsregion in Folge von Gletscherrückgang oder Auftauen des Permafrostes gerechnet werden muss. Darauf aufbauend können, wie am Beispiel Hintertux gezeigt, Anpassungsmaßnahmen diskutiert werden. Wie wichtig vorausschauende Abschätzungen von Sicherheitsaspekten und die frühzeitige Entwicklung von Maßnahmen sind, zeigt eine Befragung von über 300 Bergtouristen und Erholungssuchenden im Hochgebirge. Etwa die Hälfte der Befragten ist den bequemen Bergwanderern zuzuordnen, die auch den Ausblick in die Landschaft besonders schätzt. Diese Gruppe erweist sich im Hinblick auf Gefahrensituationen als sehr unerfahren und unsicher. Sie reagieren stark auf eine Veränderung der Bedingungen und zeigen eine hohe Bereitschaft in ungünstigen Fällen das Gebiet ganz zu verlassen. Daraus ergeben sich mögliche negative Auswirkungen auf die regionale Wertschöpfung. Bezogen auf die erforderlichen Anpassungsmaßnahmen wird die Nachführung der Karten primär als Aufgabe des Landes und des Bundes gesehen. Im Gegensatz dazu werden Verbesserungen bei Markierungen und Hinweisschildern eher als Aufgabe der alpinen Vereine betrachtet. Das gilt in gleicher Weise auch für Führungen, Schulungen und Wartungsarbeiten. Eine wichtige Rolle wird hier auch den Gemeinden zugeschrieben. Die Investitionen zum Schutz und zur Erhaltung von Anlagen und Wegen, wie etwa eine bautechnische Sanierung, werden als Aufgabe der Länder (32%), der Gemeinden (22%), der Tourismuswirtschaft (21%) und der Republik (18%) gesehen. Hohe Unsicherheiten in Bezug auf Gefahren bei der Hälfte der Besucher unterstreichen die Bedeutung von Information.

Abstract

Climate change adaptation can be of particular importance for tourism and recreation in the high alpine areas. A simplified physical processes model predicts the kinds of damages to be expected in the High Alpine as a result of the retreat of glaciers and the thawing of permafrost. Such a model can then be used for a discussion of adaptation measures, as we will do for the case of Hintertux.

The importance of predictive estimation of safety concerns and the early development of adaptive and mitigative measures emerged from a survey of over 300 tourists and recreationists to the High Alpine. Based on a latent class analysis of stated choice survey, about half of the respondents were classified as 'take-it easy hikers' who also appreciate viewing the landscape. The group is rather inexperienced and uncertain about the prevailing risks in the mountains. They react strongly to changing conditions will quickly leave a specific hiking area if conditions become only somewhat unfavorable. In other words, this group can easily exact negative economic impacts on a region.

As possible adaptation measures, all tourists and hikers see the continuous updating of maps as a primary mandate of the provincial and federal governments. In contrast, improving the trail markings is perceived as the main responsibility of alpine clubs, who should also provide most of the guiding, education and trail maintenance. This latter aspect should also be partly the responsibility of communities. Investments for the protection and maintenance of infrastructure and trails are perceived to be the main responsibility of the provinces (32%), the communities (22%), the tourism industry (21%), and the federal government (18%). A low level of understanding about the dangers and increasing risks documents the need for disseminating relevant information.

Literaturverzeichnis

- ARENSEN, L.U. (2003): Unstable Alpine Permafrost: a Potentially Important Natural Hazard - Variations of Geotechnical Behaviour with Time and Temperature. - Publications of the Institute for Geotechnical Engineering (IGT), 218, 4/03. Vdf, Hochsch.-Verl. ETH. Zürich.
- BARSCHE, D. (1996): Rockglaciers. - Indicators for the Present and Former Geoecology in High Mountain Environments. Berlin, Heidelberg, 331 Seiten.
- BECHT, M. & DAMM, B. (2004): Geomorphologische und hydrologische Naturgefahren in Mitteleuropa. - Z. Geomorph. N.F., Suppl.- Bd. 135, 180 Seiten.
- BENISTON, M., DIAZ, H.F. & BRADLEY, R.S. (1997): Climate change at high elevation sites. An overview. - Climatic Change, 36(2): 233-251.
- DAMM, B. (1996): Gletscher-, Landschafts- und Klimaentwicklung in der Rieserfernergruppe (Tirol) seit dem Spätglazial. - Göttinger Geographische Abhandlungen 104: 1-186.
- DAMM, B. (1998): Der Ablauf des Gletscherrückzuges in der Rieserfernergruppe (Tirol) im Anschluss an den Hochstand um 1850. - Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie 34: 141-159.
- DAMM, B. (1999): L'evoluzione dei ghiacciai, del paesaggio e del clima nei Monti di Tures (Alto Adige) dal Tardiglaziale. - Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria 22: 49-55.
- DAMM, B. (2005): Murereignisse am Klambach im Antholzertal im Juli/August 2005. Ergebnisse der Feldbegehungen und Messungen. Unveröffentlichter Bericht, 8 Seiten, Universität Göttingen.
- DAMM, B. (2006): Late Quaternary glacier advances in the upper catchment area of the Indus River (Ladakh and Western Tibet). - Quaternary International 154-155:87-99.
- DAMM, B. & LANGER, M. (2006): Kartierung und Regionalisierung von Permafrostindikatoren im Rieserfernergebiet (Südtirol/Osttirol). - Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft 148: 295-314.
- DAMM, B. & FELDERER, A. (2008): Identifikation und Abschätzung von Murprozessen als Folge von Gletscherrückgang und Permafrostdegradation im Naturpark Rieserferner-Ahrn (Südtirol). - Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt 62: 29-32.
- DAMM, B. & FELDERER, A. (2009): Climate Change and natural hazards - debris flow hazards derived from warming of the cryosphere in the southern Eastern Alps (Italy). - Quaternary Science Journal (in review).
- DAMM, B., BORK, H.-R. & B. TERHORST, Eds. (2009): Quaternary landscape evolution and morphodynamics of terrestrial ecosystems. - Quaternary International (in prep).
- DAVIES, M.C.R., HAMZA, O. & HARRIS, C. (2001): The Effect of Rise in Mean Annual Temperature on the Stability of Rock Slopes Containing Ice-Filled Discontinuities. - Permafrost and Periglacial Processes 12: 137-144.
- ELLENRIEDER, T., BRAUN, L.N. & WEBER, M. (2002): Reconstruction of mass balance and runoff of Vernagtferner from 1895 to 1915. - Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie 38: 165-178.
- FISCHER, L., KÄÄB, A., HUGGEL, C. & NOETZLI, J. (2006): Geology, glacier retreat and permafrost degradation as controlling factors of slope instabilities in a high-mountain rock wall: the Monte Rosa east face. - Natural Hazards and Earth System Sciences 6: 761-772.
- FORMAYER, H., CLEMENTSCHITSCH, L., KROMP-KOLB, H. (2008): Regionale Klimaänderung in Österreich. Global 2000Umweltforschungsinstitut, (http://www.global2000.at/files/klimawandel_oesterreich.pdf).
- GROSS, G., KERSCHNER, H. & PATZELT, G. (1977): Methodische Untersuchungen über die Schneegrenze in alpinen Gletschergebieten. - Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie 12:223-251.
- GRUBER, S., HOELZLE, M. & HAEBERLI, W. (2004): Permafrost thaw and destabilization of Alpine rock walls in the hot summer of 2003. - Geophysical Research Letters 31: L13504.

- HAEBERLI, W. (1973): Die Basis-Temperatur der winterlichen Schneedecke als möglicher Indikator für die Verbreitung von Permafrost in den Alpen. - Zeitschr. Gletscherkunde Glazialgeologie 9:221-227.
- HAEBERLI, W. (1975): Untersuchungen zur Verbreitung von Permafrost zwischen Flügelpass und Piz Grialetsch (Graubünden). Dissertation, Universität Basel. Zürich.
- HAEBERLI, W. (1992): Construction, environmental problems and natural hazards in periglacial mountain belts. - Permafrost and Periglacial Processes 3/2: 111-124.
- HAEBERLI, W. (1999): Hangstabilitätsprobleme im Zusammenhang mit Gletscherschwund und Permafrostdegradation im Hochgebirge. - Relief, Boden, Paläoklima 14: 11-30.
- HAEBERLI, W., HÖLZLE, M., DOUSSE J.P., GARDAZ, J.M., IMHOF, M., KELLER, F., KUNZ P., LUGON. R. & E. REYNARD (1996): Simulation der Permafrostverbreitung in den Alpen mit geographischen Informationssystemen. Arbeitsbericht NFP 31, vdf Hochschulverlag an der ETH Zürich, Zürich.
- HARRIS, C., VONDER MÜHLL, D., ISAKSEN, K., HAEBERLI, W., SOLLID, J.L., KING, L., HOLMLUND, P., DRAMIS, F., GUGLIELMIN, M. & PALACIOS, D. (2003): Warming Permafrost in European Mountains. - Global and Planetary Change 39: 215-225.
- IMHOF, M. (1996): PERM – ein Programm für die automatisierte Kartierung von Permafrost in den Schweizer Alpen. In: Haerberli, W., Hölzle, M., Dousse J.P., Gardaz, J.M., Imhof, M., Keller, F., Kunz P., Lugon. R. & E. Reynard: Simulation der Permafrostverbreitung in den Alpen mit geographischen Informationssystemen. Arbeitsbericht NFP 31, vdf Hochschulverlag an der ETH Zürich, Zürich, S 25-33.
- IPCC (2007): Climate Change 2007: The Scientific Basis. Summary for Policymakers, Cambridge. www.ipcc.ch (12.12.07).
- ISHIKAWA, M. & HIRAKAWA, K. (2000): Mountain Permafrost Distribution Based on BTS Measurements and DC Resistivity Soundings in the Daisetsu Mountains, Hokkaido, Japan. - Permafrost and Periglacial Processes 11: 109-123.
- KÄÄB, A., REYNOLDS, J.M. & HAEBERLI, W. (2005): Glacier and permafrost hazards in high mountains. In: HUBER, U.M., BUGMANN, H.K.M. & REASONER, M.A., (eds): Global Change and Mountain Regions (A State of Knowledge Overview) - Advances in Global Change Research: 225-234, Springer, Dordrecht.
- KELLER, F. (1992): Automated mapping of mountain permafrost using the program PERMAKART within the geographical information system Arc/Info. Permafrost and Periglacial Processes, 3(2), 133-138.
- KLIER, H. & KLIER, W. (1978): Zillertaler Alpen. Alpenvereinsführer, München, 424 Seiten.
- KUHN, M. (1990): Energieaustausch Atmosphäre - Schnee und Eis. - Int. Facht. Schnee, Eis u. Wasser der Alpen in einer wärmeren Atmosphäre. - Mitteilungen VAW, ETH Zürich 108: 21-32.
- LAMBRECHT, A. & KUHN, M. (2007): Glacier changes in the Austrian Alps during the last three decades, derived from the new glacier inventory. - Annals of Glaciology 46: 177-184.
- LEWIN, J. & WARBURTON, J. (1994): Debris flow in an alpine environment. - Geog. J. Geog. Assoc. 343, 79(2): 98-107.
- LEWKOWICZ, A. & EDNIE, M. (2004): Probability Mapping of Mountain Permafrost Using the BTS Method, Wolf Creek, Yukon Territory, Canada. - Permafrost and Periglacial Processes 15: 67-80.
- MAIR, V., LANG, K., TAGNIN, S., ZISCHG, A., KRÄINER, K., STÖTTER, J., ZILGER, J., BELITZ, K., SCHENK, A., DAMM, B., KLEINDIENST, H., BUCHER, K. & M. MUNARI (2008): PROALP - Rilevamento e Monitoraggio dei Fenomeni Permafrost. - Neve e Valanghe 64: 50-59 (additionally AINEVA - online publication: http://aineva.it/pubblica/neve64/6_proalp.htm).
- MATULLA, C. (2005): Regional, seasonal and predictor-optimized downscaling to provide groups of local scale scenarios in the complex structured terrain of Austria. - Meteorologische Zeitschrift 14/1: 31-47.
- MATULLA, C., GROLL, N., KROMP-KOLB, H., SCHEIFINGER, H., LEXER, M.J. & WIDMANN, M. (2002): Climate change scenarios at Austrian National Forest Inventory sites. - Climate Research 22: 161-173.
- PATZELT, G. & AELLEN, M. (1990): Gletscher. - Int. Facht. Schnee, Eis u. Wasser der Alpen in einer wärmeren Atmosphäre. - Mitteilungen VAW, ETH Zürich 108: 49-70.

STÖTTER, J., FUCHS, S., KEILER, M. & ZISCHG, A. (2003): Oberes Suldental. Eine Hochgebirgsregion im Zeichen des Klimawandels. - Innsbrucker Geographische Studien 33-36, Bd. 3: 239-281.

VILIMEK, V., ZAPATA, M.L., KLIMES, J., PATZELT, Z. & SANTILLAN, N. (2005): Influence of glacial retreat on natural hazards of the Palcacocha Lake area, Peru. Landslides 2: 107-115.

VONDER MUEHLL, D., NOETZLI, J., MAKOWSKI, K. & DELALOYE, R. (2004): Permafrost in Switzerland 2000/2001 and 2001/2002. - Glaciological Report (Permafrost) No. 2/3 of the Glaciological Commission (GC) of the Swiss Academy of Sciences (SAS) and Department of Geography, University of Zurich, 86 pp.

Weber, E.U., Blais, A.-R., & Betz, N.E. (2002). A domain-specific risk-attitude scale: Measuring risk perceptions and risk behaviors. *Journal of Behavioral Decision Making*, 15(4), 263-290

ZIMMERMANN, M. & HAEBERLI, W. (1992): Climatic change and debris flow activity in high mountain areas; a case study in the Swiss Alps. - *Catena Supplement* 22: 59-72.

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungen

- Abb. F- 1: Tuxer Tal und Tuxer Hauptkamm in den Zillertaler Alpen, Österreich mit aktueller Vergletscherung und Infrastruktureinrichtungen. 5
- Abb. F- 2: Digitales Höhenmodell des Tuxer Tals, Zillertaler Alpen, Österreich (links) und Orthophoto- Mosaik mit Aufnahmedatum vom Juli und September 2004 (rechts). Datengrundlage: Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Wien..... 6
- Abb. F- 3: Die Abbildung zeigt die potentiellen Ursachen, die durch den Rückgang von Permafrost ausgelöst werden können und die zu möglichen Folgen für Wanderer im Hochgebirge führen können..... 8
- Abb. F- 4: Die Abbildung zeigt, wie die wichtigsten Bereiche in den Attributen zusammengefasst werden. 9
- Abb. F- 5: Intakte Blockgletscher als Indikatoren für diskontinuierlichen Permafrost im Tuxer Tal (Aufnahmen: B. Damm, September und Oktober 2008). 11
- Abb. F- 6: Gefrorene Schutthalde und perennierende Schneeflecken am Hohen Riffler (Tuxer Alpen) als räumliche Indikatoren für diskontinuierlichen Permafrost. 11
- Abb. F- 7: Layer unterschiedlicher digitalisierter Daten zur GIS- gestützten Identifikation und Abschätzung potenzieller Gefahrenbereiche durch Permafrostdegradation und Gletscherschwund 16
- Abb. F- 8: Mögliche Finanzierung erforderlicher Maßnahmen 25
- Abb. F- 9: Zeigt drei unterschiedliche Klassen von Bergtouristen und Bergsportlern. 29
- Abb. F- 10: Aktuell von Permafrost unterlagerte Fläche im hinteren Tuxer Tal sowie Permafrostverbreitung für die Szenarien +/-1,5°C differenziert nach Höhenstufen. 31
- Abb. F- 11: Räumliche Verbreitung wahrscheinlicher, flächenhafter Vorkommen von Permafrost im hinteren Tuxer Tal unter aktuellen Bedingungen und für die Temperaturszenarien +/-1,5°C (Gletscherstand 2004). 32
- Abb. F- 12: Vergletscherung des Tuxer Hauptkammes, Veränderung der Gletscherflächen seit 1850 und Ausdehnung der Restvergletscherung für ein Temperaturszenario +1,5°C (aktueller Gletscherstand: 2004). 33
- Abb. F- 13: Gefrorene Wand-Kees (Gletscherstand 2004, links) und Federbettkees (Gletscherstand 2004, rechts) mit Lage der GWL „+270“ um Mitte des 21. Jahrhunderts. 35
- Abb. F- 14: Potenzielle Murenrissflächen in Lockergesteinen über seit Mitte des 19. Jahrhunderts degradierten Permafrostarealen differenziert nach Geländeneigung..... 36
- Abb. F- 15: Mögliche Anrissbereiche von Muren in Lockergesteinen über degradiertem flächenhaftem Permafrost des Tuxer Hauptkammes. 38
- Abb. F- 16: Mögliche Anrissbereiche von Steinschlag-, Blockschlag- und Felssturzprozessen in Felsflanken über degradiertem flächenhaftem Permafrost des Tuxer Hauptkammes. 39
- Abb. F- 17: Verbreitung geologischer Einheiten und Gesteinstypen innerhalb der Permafrost-Degradationsflächen und Gletscherrückzugsgebiete des Tuxer Hauptkammes. 40

Tabellen

Tab. F- 1:	Schlüssel zur Abgrenzung von Permafrostvorkommen differenziert nach Exposition. Topographie und Geländehöhe für das Tuxer Tal (vgl. auch DAMM & LANGER 2006, HAEBERLI, 1975, 1996)..	13
Tab. F- 2:	Schlüssel zur Abgrenzung von Permafrostvorkommen bei einem Temperaturszenario von +/- 1,5°C differenziert nach Exposition. Topographie und Geländehöhe für das Tuxer Tal.	15
Tab. F- 3:	Altersverteilung	18
Tab. F- 4:	Familien Struktur	18
Tab. F- 5:	Gegenwärtige Berufstätigkeit	19
Tab. F- 6:	Höchster erreichter Bildungsabschluss	19
Tab. F- 7:	Einkommen	19
Tab. F- 8:	Zu welcher Jahreszeit besuchen Sie das Hochgebirge zum Wandern am häufigsten	20
Tab. F- 9:	Welcher Art war Ihr Besuch bzw. Ihre Besuche im Hochgebirge überwiegend?	20
Tab. F- 10:	Wie lange sind Sie bei einer durchschnittlichen Hochgebirgstour bzw. Wanderung unterwegs?	21
Tab. F- 11:	Welche Aktivität üben Sie im Hochgebirge bevorzugt aus?	21
Tab. F- 12:	Motive Ø	21
Tab. F- 13:	Erwartungen an die Ausstattung und Eigenschaften der Hochgebirgsregion (Durchschnitt)	22
Tab. F- 14:	Bewertung wahrgenommener Risiken	26
Tab. F- 15:	Persönliche Erlebnisse	27
Tab. F- 16:	Ermittlung der Risikobereitschaft	28
Tab. F- 17:	Gründe sich einer Gefahr im Hochgebirge auszusetzen	28
Tab. F- 18:	Permafrostflächen im hinteren Tuxer Tal unter aktuellen Bedingungen und für die Temperaturszenarien +/- 1,5°C. Die analysierte Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes umfasst 116,43 km ² .	30
Tab. F- 19:	Änderung der Gletscherflächen am Tuxer Hauptkamm für ausgewählte Zeiträume seit Mitte des 19. Jahrhunderts.	34
Tab. F- 20:	Gleichgewichtslinien (GWL) der Gletscher im Jahr 2004 im Tuxer Hauptkamm und Anstieg der Gleichgewichtslinien bei einem Temperaturanstieg von 1,5°C bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts (grau schattiert: Restgletscher um „2050“)	34
Tab. F- 21:	Ausdehnungen der Gletscher im Tuxer Hauptkamm bei einem Anstieg der Gleichgewichtslinien um 270 m zur Mitte des 21. Jahrhunderts (vgl. auch Abbildung 10).	35
Tab. F- 22:	Potenzielle Muranrissflächen in Lockergesteinen über degradiertem Permafrost für ein Temperaturszenario +1,5°C differenziert nach Geländeneigung	37
Tab. F- 23:	Potenzielle Anbruchbereiche von Sturzprozessen differenziert nach geologischen Einheiten	40