

**Identifikation und Abschätzung von Murprozessen  
 als Folge von Gletscherrückgang und Permafrostdegradation  
 im Naturpark Rieserferner-Ahrn (Südtirol)**

BODO DAMM\*) & ASTRID FELDERER\*\*)

2 Abbildungen, 1 Tabelle

*Italien  
 Südtirol  
 Ostalpen  
 Naturgefahr  
 Gletscherschwund  
 Permafrost  
 Mure*

**Inhalt**

Zusammenfassung .....	29
Abstract .....	29
1. Einleitung .....	30
2. Untersuchungsraum .....	30
3. Methodik .....	31
3.1. Datengrundlagen .....	31
3.2. Kartierung der Muranrisse .....	31
3.3. GIS-Analyse .....	31
4. Charakterisierung der Muranrisse .....	31
5. Potenzielle Muranrissbereiche in Permafrostdegradationsflächen .....	31
6. Schlussfolgerungen .....	32
Literatur .....	32

**Zusammenfassung**

Auf der Grundlage einer Kartierung und räumlichen Modellierung der Gletscher- und Permafrostverbreitung im Naturpark Rieserferner-Ahrn wurden die aus Gletscherrückgang und Permafrostdegradation resultierenden geomorphologischen Gefahrenpotenziale identifiziert und abgeschätzt. Die Untersuchungen zeigen, dass die seit dem Ende der Kleinen Eiszeit um ca. 1850 durch Gletscherrückgang und Permafrostdegradation eisfrei gewordenen Areale erhebliche Anteile an Lockergesteinen aufweisen, die in für Muranrisse kritischen Neigungsbereichen vorkommen. Mit anhaltendem Temperaturanstieg werden sich bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts weitere potenzielle Muranrissbereiche entwickeln.

**Identification and Estimation of Geomorphological Hazard Potential  
 Derived from Glacier Retreat and Permafrost Degradation  
 in the Nature Park Rieserferner-Ahrn (Southern Tyrol)**

**Abstract**

Based on model calculations on the current permafrost area in the Nature Park Rieserferner-Ahrn the geomorphological hazard potential derived from glacier retreat and permafrost degradation were estimated. There were identified and analysed debris flow initiation zones and their potential development under conditions of changing climate. The results show that the study area shows a high quantity of unconsolidated, unvegetated sediments located in critical slope areas as a consequence of general glacier retreat and permafrost degradation since the end of the Little Ice Age about 150 years ago. The amount of erodible debris will increase in future and will develop other potential debris flow starting zones.

\*) Prof. Dr. BODO DAMM, Universität Regensburg, Institut für Geographie, Universitätsstraße 31, D 93040 Regensburg.  
[bodo.damm@ku-eichstaett.de](mailto:bodo.damm@ku-eichstaett.de)

\*\*\*) Mag. ASTRID FELDERER, Universität Wien, Institut für Geographie und Regionalforschung.  
[astrid.felderer@hotmail.com](mailto:astrid.felderer@hotmail.com)

## 1. Einleitung

In Hochgebirgen wie den Alpen reagiert das Eis von Gletschern und Permafrost sehr sensibel auf Klimaänderungen. Der Temperaturanstieg seit dem Ende der Kleinen Eiszeit (LIA) hat daher besonders die glazialen und periglazialen Höhenstufen stark beeinflusst (u.a. DAMM, 1998, 2007; FISCHER et al., 2006). Gletscherschwund und Permafrostdegradation sind Klimawirkungen, die vor allem im Zusammenhang mit Naturgefahrenprozessen, wie Murgängen oder Massenbewegungen, von Bedeutung sein können.

Von Permafrost unterlagerte Lockergesteine sind vor Erosion weitgehend geschützt und können Neigungen deutlich über dem natürlichen Böschungswinkel aufweisen (vgl. ZIMMERMANN, 1990). Durch Degradation von Permafrost geht in Lockergesteinen die durch Bodeneis bedingte scheinbare Kohäsion verloren. Entsprechende Materialien können bei ausreichender Wassersättigung mobilisiert und in Murprozesse einbezogen werden. Auch im Umfeld von Gletschern ausgeaperte und meist schwach konsolidierte Lockergesteine, im Wesentlichen Moräne, sind bevorzugte Anrissbereiche für Murprozesse (u.a. HAEBERLI et al., 1999). Daher nimmt das Potenzial an erodierbarem Lockergestein durch zunehmenden Gletscherschwund und Permafrostdegradation räumlich zu.

## 2. Untersuchungsraum

Das hier vorgestellte Gebiet umfasst den Naturpark Rieserferner-Ahrn in Südtirol sowie dessen Randbereiche im Übergang zum Nationalpark Hohe Tauern. Die Gletscher- und Klimaentwicklung im Untersuchungsgebiet ist weitgehend durch Arbeiten von DAMM (1996, 1998, 1999) und RÖSEN (2005) dokumentiert. Ähnlich wie in anderen Alpenregionen ist auch hier ein markanter Gletscherrückgang für die vergangenen 150 Jahre belegt. Im Verlauf der letzten

Jahrzehnte konnte darüber hinaus die Degradation von Permafrostvorkommen beobachtet werden. In Bereichen, die vor 50 bis 60 Jahren noch vergletschert bzw. von Permafrost unterlagert waren, sind zuletzt zunehmend Massenbewegungen und Murgänge aufgetreten.

Um die Veränderungen der Kryosphäre und deren Auswirkungen zu untersuchen, hat das Amt für Naturparke der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol im Mai 2005 eine Studie zur Erfassung, Berechnung und Simulation der aktuellen Situation und der Entwicklungen im Naturpark Rieserferner-Ahrn in Auftrag gegeben. Die Arbeiten im Naturpark sind in die landesweite Untersuchung zur Auswirkung der Permafrostdegradation in Südtirol (PROALP: Mapping and Monitoring of Permafrost in the Alps using Differential Radar Interferometry) einbezogen (Abb. 1).

In der genannten Studie wurde die Permafrostverbreitung im Naturpark Rieserferner-Ahrn und den angrenzenden Bereichen erfasst (DAMM & LANGER, 2006). Darüber hinaus konnten die aktuellen Permafrostareale berechnet und die potenziellen Ausdehnungen von Permafrostflächen für Temperaturszenarien von  $-1,5^{\circ}\text{C}$  und  $+1,5^{\circ}\text{C}$  gegenüber aktuellen Jahresmitteltemperaturen abgeschätzt werden. Durch diese Analysen wurden einerseits die Umweltverhältnisse im Naturpark für den Zeitraum vor der aktuellen Erwärmung um ca. 1850 (vgl. hierzu HAEBERLI, 1992; KUHN, 1990; PATZELT & AELLEN, 1990) und andererseits für ein Zeitfenster um Mitte des 21. Jahrhunderts bei anhaltender Erwärmung simuliert (vgl. DAMM & LANGER, 2006). Zur Berechnung der veränderten Flächenverhältnisse ist ein Höhengradient der jährlichen mittleren Lufttemperatur (MAAT) von  $0,57^{\circ}\text{C}$  angesetzt worden (DY et al., 2008).

Die aktuelle von Permafrost unterlagerte Fläche im Naturpark umfasst rund  $109\text{ km}^2$ . Für um  $1,5^{\circ}\text{C}$  abgesenkte Temperaturen berechnet sich eine Permafrostfläche von insgesamt  $211\text{ km}^2$  (+94% gegenüber aktuellen Verhältnissen).

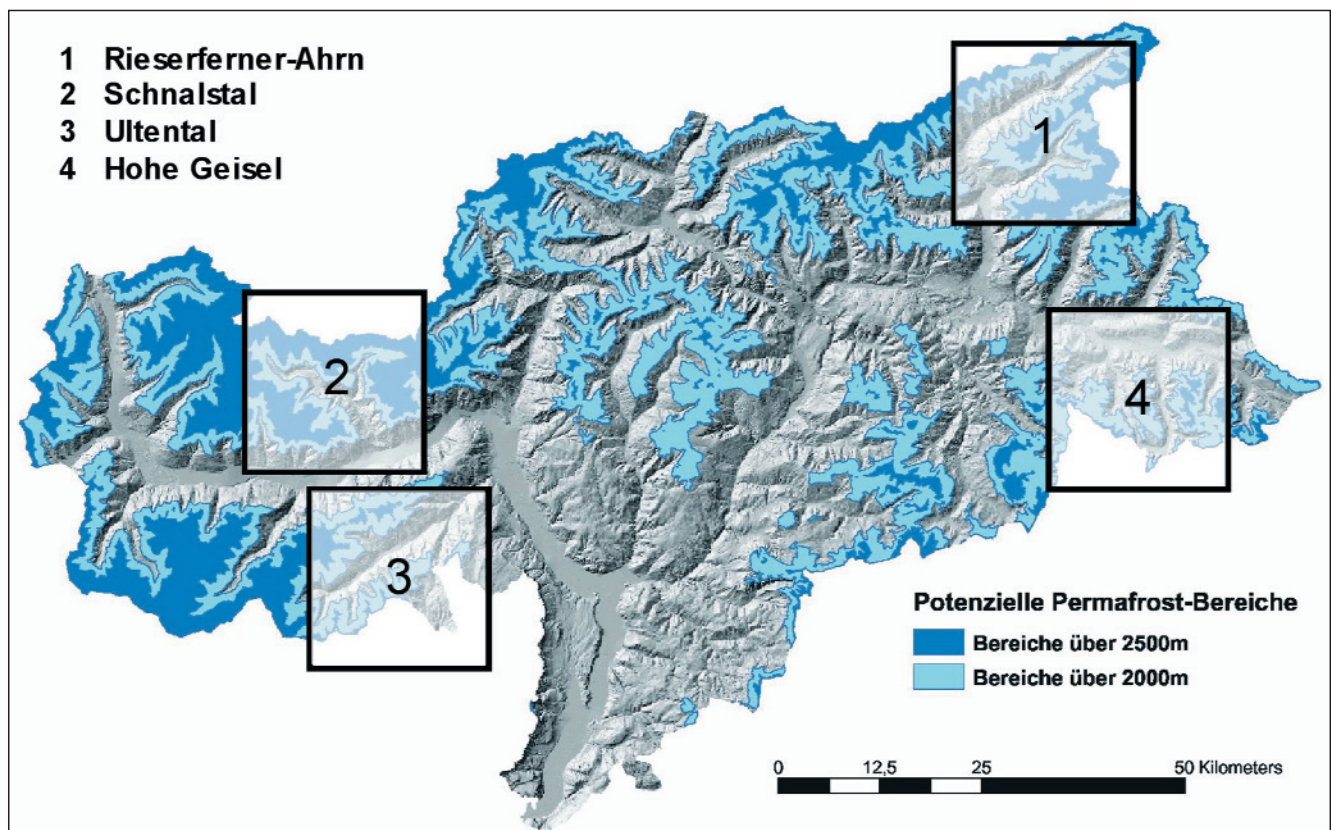


Abb. 1. DGM der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol mit potenziellen Permafrostarealen und der Lage verschiedener Untersuchungsgebiete im Rahmen von PROALP (verändert nach DAMM & LANGER, 2006).

sen). Bei einem mittleren Anstieg der MAAT von 1 bis 2°C bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts würde sich die derzeitige Permafrostfläche um weitere 72% verringern.

Auf der Basis dieser Berechnungen wird in der vorliegenden Arbeit das gegenwärtige und künftige räumliche Gefahrenpotenzial abgeschätzt. Die Identifikation von Prozessbereichen von Muren sowie deren potenzielle Entwicklung bei einem Temperaturanstieg von 1,5°C stehen dabei im Vordergrund. Im Rahmen der genannten Studie wurden darüber hinaus auch Gefahrenpotenziale durch Sturzprozesse berechnet, worauf hier jedoch nicht eingegangen wird.

### 3. Methodik

#### 3.1. Datengrundlagen

Kartierungen und Analysen im Untersuchungsgebiet wurden weitgehend auf der Grundlage von Daten der Landeskartographie des Amtes für überörtliche Raumordnung der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol durchgeführt, insbesondere Orthophotokarten, ein digitales Geländemodell (DGM) sowie eine Realnutzungskarte. Mit einem Meter Bodenauflösung stellt die digitale Orthophotokarte eine belastbare Kartierbasis dar. Die Realnutzungskarte bildet die Nutzung der Landesfläche im Maßstab 1:10.000 auf Grundlage der Landeskartographie und Luftbildinterpretation ab (ZANVETTOR et al., 2006).

Daten zur Vergletscherung wurden den Arbeiten von DAMM (1996, 1998) und RÖSEN (2005) entnommen.

#### 3.2. Kartierung der Muranrisse

Auf Basis der Orthophotokarten der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol aus dem Jahr 1999 sowie Geländebegehungen ist eine Kartierung der Anrissbereiche von Muren erfolgt, bei der die Anrisszonen punkthaft erfasst worden sind. Die kartierten Muranrisse wurden in Abhängigkeit von räumlicher Verbreitung, Höhenlage und Neigung klassifiziert.

Dabei wurde der Punktdatenlayer der Muranrisse mit den Rasterdaten des Digitalen Höhenmodells (Neigung, Höhendaten) und des Modells der Permafrostverbreitung (DAMM & LANGER, 2006; LANGER & DAMM, 2008) sowie anschließend mit den Vektordaten aus der Realnutzungskarte und den Gletscherrückzugsflächen verschnitten.

#### 3.3. GIS-Analyse

Auf der Grundlage der Szenarien des Gletscher- und Permafrostschwundes wurden für jedes Einzugsgebiet mittels einer GIS-Analyse die Muranrissbereiche für rezente und künftige Bedingungen ermittelt.

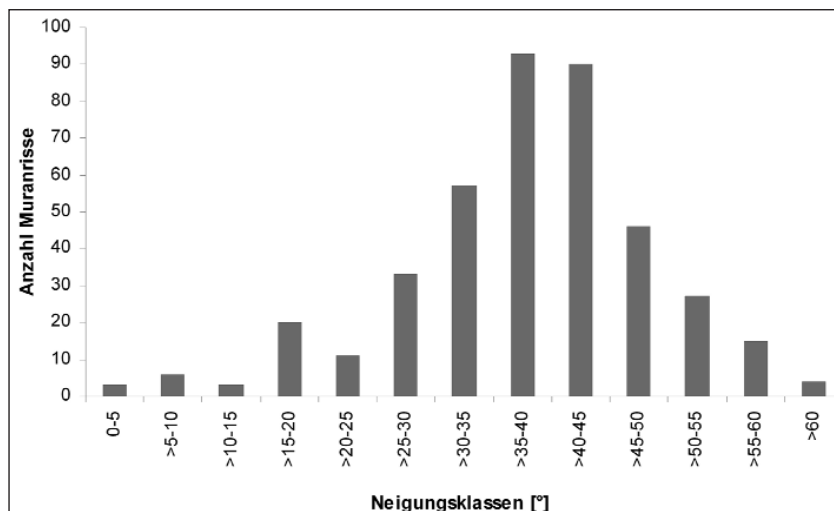


Abb. 2. Anzahl von Muranrisse im Naturpark Rieserferner-Ahrn differenziert nach der Geländeneigung.

Da die Anrissbereiche von Muren vorwiegend in Lockergesteinen auftreten, wurden zunächst jene Bereiche aus der Realnutzungskarte ausgewiesen, in denen vegetationslose Lockergesteinsflächen vorhanden sind. Anschließend wurden diese Bereiche mit jenen Flächen verschnitten, in denen nach 1850 Permafrost degradiert ist (vgl. DAMM & LANGER, 2006). Durch dieses Verfahren konnten letztendlich diejenigen vegetationslosen Lockergesteinsflächen identifiziert werden, die derzeit für Murprozesse disponiert sind.

### 4. Charakterisierung der Muranrisse

Im Naturpark Rieserferner-Ahrn konnten insgesamt 408 Muranrisse erfasst werden. Diese verteilen sich über den gesamten Untersuchungsraum und treten überwiegend in Wildbachgerinnen und Schuttakkumulationen auf. Darüber hinaus wird deutlich, dass nahezu die Hälfte der erfassten Anrisse in Bereichen liegt, die vor 150 Jahren noch von Permafrost unterlagert waren bzw. in denen heute diskontinuierlicher Permafrost vorkommt. In Geländebereichen, in denen auch bei einem Temperaturanstieg von 1,5°C noch Permafrostvorkommen erwartet werden können, kommen Muranrisse nur vereinzelt vor.

Der überwiegende Teil der kartierten Anrisse befindet sich in Höhenlagen zwischen 2.100 und 2.800 m ü.M. Das Maximum liegt bei Höhenwerten zwischen 2.300 und 2.600 m ü.M. und trifft mit der Höhenstufe der rezenten Permafrostverbreitung zusammen. Die aktuelle Untergrenze des diskontinuierlichen Permafrosts liegt in Südexposition bei 2.800 bis 2.870 m und im Nordsektor bei 2.580 bis 2.650 m Höhe (DAMM & LANGER, 2006).

Muranrisse treten im Untersuchungsgebiet vorwiegend bei Geländeneigungen von 35 bis 45° auf (Abb. 2). Sie liegen damit weitgehend über den in der Literatur angegebenen Wertebereichen (u.a. JOHNSON & RAHN, 1970; LEWIN & WARBURTON, 1994), was hier weitgehend auf gesteinsbedingte Faktoren zurückzuführen sein dürfte.

### 5. Potenzielle Muranrissbereiche in Permafrostdegradationsflächen

Die überwiegende Anzahl an Muranrisse tritt im Untersuchungsgebiet in Lockergesteinen auf. Daher sind insbesondere solche Geländebereiche für Murprozesse disponiert, in denen Permafrost degradiert und sich potenzielle Geschiebeherde aufgrund hoher Geländeneigungen an der materialbedingten Grenze der Standsicherheit befinden. Aktuell sind Dispositionen daher in Hangbereichen anzutreffen, in denen seit dem Ende der Kleinen Eiszeit das Bodeneis verschwunden ist. Darüber hinaus sind in Zukunft Dispositionen auch in Hangbereichen zu erwarten, in denen im Zuge einer weiteren Erwärmung der Permafrost abtaut.

In den vergangenen 150 Jahren ist im Naturpark auf einer Fläche von ca. 38 km<sup>2</sup> Permafrost unter Lockergesteinen degradiert, was rund 7% der gesamten Untersuchungsgebietsfläche entspricht. Die seither entstandenen Flächen mit potenziellen Geschiebeherden für Murprozesse sind weitgehend gleichmäßig über das Untersuchungsgebiet verteilt. Allerdings befindet sich ein Flächenanteil von rund



19 km<sup>2</sup> in kritischen Neigungsbereichen zwischen 25 und 45°, der daher als besonders disponiert gelten muss.

Die Gesamtfläche des derzeit von Permafrost unterlagerten Lockergesteins umfasst rund 21,7 km<sup>2</sup>. Bei einem langfristigen Anstieg der MAAT um 1,5°C ist mit einer vollständigen Degradation des Permafrostes auf diesen Flächen zu rechnen. Lediglich in hochgelegenen Flanken im Anstehenden dürfte bei dem entsprechenden Temperaturszenario noch Permafrost vorkommen.

Tabelle 1.

Flächenanteile an degradiertem Permafrost unter Lockergesteinen im Naturpark Rieserferner-Ahrn nach 1850, differenziert nach Geländeneigungen.

Geländeneigung [°]	Degradation unter Lockergesteinen nach 1850 [Fläche in %]	Degradation unter Lockergesteinen nach 1850 [Fläche in km <sup>2</sup> ]
0–15	22	8,4
>15–25	37	14,1
>25–35	32	12,4
>35–45	7	2,7
>45	2	0,6

## 6. Schlussfolgerungen

Die vorliegende Untersuchung in einem zentralalpiner Gebiet der Ostalpen belegt die Bedeutung, die der aktuellen Erwärmung der Kryosphäre (vgl. auch HARRIS et al., 2003) für die Disposition zu Murgangprozessen zukommt. Im Naturpark Rieserferner-Ahrn tritt nahezu die Hälfte der Anrisszonen von Muren in Sedimenten (Moränen, Schuttbildungen usw.) auf, die um Mitte des 19. Jahrhunderts noch von Permafrost unterlagert und/oder durch Gletschereis gebunden waren. Die Entwicklung im Naturpark ist der in Hochlagen der Schweizer Alpen (HAEBERLI, 1992; ZIMMERMANN & HAEBERLI, 1992) und im Suldental (STÖTTER et al., 2003) vergleichbar.

Aktuelle und historische Naturgefahrenereignisse (BARNICKEL & BECHT, 2004; ZISCHG et al., 2007; DAMM & Mitarbeiter, 2008) sowie deren Auswirkungen unterstreichen die Bedeutung der Klimafolgenforschung im Alpenraum. In diesem Kontext zeigen Untersuchungen, dass das raumzeitliche Auftreten von Naturgefahren seit einigen Jahrzehnten einem auffälligen Wandel zu unterliegen scheint (u.a. HAEBERLI et al., 1999). Es wird jedoch auch deutlich, dass „klimagesteuerte“ Naturgefahren zum natürlichen langfristigen Prozessgefüge der Hochgebirgsräume gehören. Vor dem Hintergrund einer dauerhaften Nutzung ist daher die stete Anpassung des im Hochgebirge siedelnden und wirtschaftenden Menschen an veränderte Gefahrensituationen erforderlich. Die Abschätzung von Naturgefahrenpotenzialen und den aus ihnen resultierenden Risiken ist für die Entwicklung tragfähiger Anpassungsstrategien von grundlegender Bedeutung.

### Literatur

BARNICKEL, F. & BECHT, M.: Möglichkeiten einer Bewertung des regionalen Gefährdungspotentials auf der Basis historischer Naturgefahrenforschungen. – In: BECHT, M. & DAMM, B. (Hrsg.): Geomorphologische und hydrologische Naturgefahren in Mitteleuropa. – Z. Geomorph. N.F., Suppl.-Bd., **135**, 2004.

DAMM, B.: Gletscher-, Landschafts- und Klimaentwicklung in der Rieserfernergruppe (Tirol) seit dem Spätglazial. – Göttinger Geographische Abhandlungen, **104**, 1996.

DAMM, B.: Der Ablauf des Gletscherrückzuges in der Rieserfernergruppe (Tirol) im Anschluss an den Hochstand um 1850. – Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, **34**, 141–159, 1998.

DAMM, B.: 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, 1999.

DAMM, B.: Temporal Variations of Mountain Permafrost Creep: Examples from the Eastern European Alps. – In: KELLERER-PIRKELBAUER, A., KEILER, M., EMBLETON-HAMANN, C. & STÖTTER, J. (eds.): Geomorphology for the Future, Innsbruck University Press, Innsbruck (Austria), 81–88, 2007.

DAMM, B. & LANGER, M.: Kartierung und Regionalisierung von Permafrostindikatoren im Rieserfernergebiet (Südtirol/Osttirol). – Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft, **148**, 295–314, 2006.

DAMM, B. u. Mitarbeiter: Auswirkungen von Permafrostdegradation und Gletscherschwund im Naturpark Rieserferner-Ahrn. – Abschlussbericht, Autonome Provinz Bozen, 68 S., Anh., Karten teil (unveröff.), 2008.

FISCHER, L., KÄÄB, A., HUGGEL, C. & NOETZLI, J.: 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, 2006.

HAEBERLI, W., RICKENMANN, D., ZIMMERMANN, M. & ROESLI, U.: Murgänge. – Mitteilungen des Bundesamtes für Wasserwirtschaft, **4**, 77–88, Bern 1991.

HAEBERLI, W.: Possible effects of climatic change on the evolution of Alpine permafrost. – Catena Supplement, **22**, 23–35, 1992.

HAEBERLI, W.: Hangstabilitätsprobleme im Zusammenhang mit Gletscherschwund und Permafrostdegradation im Hochgebirge. – Relief Boden Paläoklima, **14**, 11–30, Berlin, Stuttgart 1999.

HAEBERLI, W., KÄÄB, A., HÖLZLE, M., BÖSCH, H., FUNK, M., VON DER MÜHLL, D. & KELLER, F.: Eisschwund und Naturkatastrophen im Hochgebirge, Zürich (Hochschul-Verlag der ETH) 1999.

HARRIS, C., VON DER MÜHLL, D., ISAKSEN, K., HAEBERLI, W., SOLLID, J.L., KING, L., HOLMLUND, P., DRAMIS, F., GUGLIELMIN, M. & PALACIOS, D.: Warming Permafrost in European Mountains. Global and Planetary Change, **39**, 215–225, 2003.

KUHN, M.: Energieaustausch Atmosphäre – Schnee und Eis. – Int. Facht. Schnee, Eis u. Wasser der Alpen in einer wärmeren Atmosphäre, Mitt. VAW, ETH Zürich, **108**, 21–32, 1990.

LANGER, M. & DAMM, B.: Cryosnow – An approach for mapping and simulation of mountain permafrost distribution based on the spatial analyses of perennial snow patches. – Geophysical Research Abstracts, Vol. **10**, EGU2008-A-11263, 2008.

LEWIN, J. & WARBURTON, J.: Debris flow in an alpine environment. – Geog. J. Geog. Assoc., **343**, 79(2), 98–107, 1994.

PATZELT, G. & AELLEN, M.: Gletscher. – Int. Facht. Schnee, Eis u. Wasser der Alpen in einer wärmeren Atmosphäre, Mitt. VAW, ETH Zürich, **108**, 49–70, 1990.

RÖSEN, P.: Die rezente Gletscherentwicklung im oberen Ahrntal (Prettau/Südtirol). – Diplomarbeit, Universität Göttingen, 2005.

STÖTTER, J., FUCHS, S., KEILER, M. & ZISCHG, A.: Oberes Suldental. Eine Hochgebirgsregion im Zeichen des Klimawandels. – In: E. STEINICKE (Hrsg.): Geographischer Exkursionsführer Europäische Tirol, Südtirol, Trentino. Spezialexkursionen in Südtirol, Innsbrucker Geographische Studien, 33–36, Bd. **3**, 239–281, 2003.

ZANVETTOR, G., COLMANO, D. & IELlici, M.: Landeskartographie und Geographisches Informationssystem – Beschreibung der Kartographischen Daten. – Autonome Provinz Bozen-Südtirol, Amt für überörtl. Raumordnung, Abt. Raumordnung, 2006.

ZIMMERMANN, M.: Periglaziale Murgänge. – Int. Fachtagung über Schnee, Eis u. Wasser der Alpen in einer wärmeren Atmosphäre, Mitt. VAW, ETH Zürich, **108**, 89–107, 1990.

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

ZIMMERMANN, M., MANI, P., GAMMA, P., GSTEIGER, P., HEINIGER, O. & HUNZIKER, G.: Murganggefahr und Klimaänderung – ein GIS-basierter Ansatz, Zürich 1997.

ZISCHG, A., MACCONI, P., POLLINGER, R., SPERLING, M., MAZZORANA, B., MARAGONI, N., BERGER, E. & STAFFLER, H.: Historische Überschwemmungs- und Murgangereignisse in Südtirol. Erhebung und Dokumentation. – Schlern, **3**, 4–16, 2007.