Internationales Symposion
INTERPRAEVENT 1996 – GARMISCH-PARTENKIRCHEN
Tagungspublikation, Band 1, Seite 397 – 408

Untersuchungen zur Murgangaktivität im Mattertal, Wallis, Schweiz

Investigations of debris flow activity in the Mattertal, Valais, Switzerland

Dikau, R., Gärtner, H., Holl, B., Kienholz, H., Mani, P. & M. Zimmermann

Zusammenfassung: Hohe Niederschlagsmengen und ein deutlicher Temperaturanstieg mit Schneeschmelze verursachten in der Hochgebirgsregion des Wallis (Schweiz) am 24.09.1993 starke Schäden. Im Mattertal wurden diese Schäden durch Hochwässer und Murgänge bewirkt. Es wurden Daten von 13 Murgängen erhoben, die sich 1993 und 1994 ereigneten. Davon werden 3 Murgänge im vorliegenden Aufsatz behandelt. Die wichtigsten ersten Ergebnisse sind: Beide Ereignisse wurden durch Niederschläge auf gesättigten Substraten der Anrißgebiete ausgelöst, in denen Eislinsen gefunden wurden. Es konnten mehrere Murgangausbrüche kartiert werden, die das hohe Gefahrenpotential der Murgänge im Mattertal zeigen. Die weiterlaufenden Studien dienen der Prozeßforschung von Murgängen und der Bewertung von Naturgefahren in hochalpinen Regionen.

Abstract: In the high mountain region of the Valais, Switzerland, severe damage occurred on 24 September 1993 caused by a high precipitation event and a significant temperature increase and fast snowmelt. In the Mattertal damages were caused by flooding and debris flow activities. Data of 13 debris flow channels and depositions were collected of the 1993 and 1994 storm events. Three of them are included in this paper. The main preliminary results are: both events were triggered by precipitation on highly saturated debris deposits in the source areas. In the source areas evidences for the occurrence of mountain permafrost were found. Several channel overflows could be mapped which show the high hazard potential of the debris flows in the valley. The ongoing study contributes to process related debris flow research and to natural hazard assessments in high mountain environments.

1. Einleitung

In den letzten Jahren, vor allem 1993, ereigneten sich im Wallis (Schweiz) Murgänge, die zu beträchtlichen ökonomischen Schäden führten. Seit Beginn der Datenerhebungen 1972 durch die Sektion Forstliche Hydrologie an der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), ist 1993 das zweitstärkste Schadensjahr nach 1987 in der Schweiz. Die am schwersten betroffenen Gebiete lagen 1993 im Tessin und Oberwallis, hier waren vor allem die Stadt Brig, die Simplon-Südseite und die Vispertäler betroffen (RÖTHLISBERGER 1994). Am 24.09.1993 wurden große Teile von Brig durch die über ihre Ufer tretende Saltina verwüstet. Im Mattertal verursachten Murgänge aus den Seitenbächen große Schäden an Siedlungen, Straßen und Bahngleisen, während im Saasertal die extreme Geschiebebelastung des Hauptvorfluters (Saaser Vispa) zu massiven Schäden an Siedlungen und Straßen führte. Erste Geländebefunde des Ereignisses wurden von ZIMMERMANN (1994) veröffentlicht.

2. Zielsetzung und Rahmen der Arbeit

Die Zielsetzung der im Frühjahr 1993 begonnenen Untersuchung lag in der Geländeaufnahme der Anrißgebiete, der Fließstrecken und der Depositionsareale der Murgangereignisse der Jahre 1993 und 1994. Das Ziel der Analysen war die Erfassung der Frequenz und des Ausmaßes der Ereignisse, die Berechnung von Volumina und Geschwindigkeiten sowie die Aufnahme der räumlichen Verteilung der Prozeßareale. Mit diesen Arbeiten ist damit sowohl ein Erkenntnisgewinn zu den dispositiven und auslösenden Faktoren, zur Dynamik alpiner Murgangprozesse als auch Bewertungen der davon ausgehenden Naturgefahren beabsichtigt.

Die Arbeit steht im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes "Klimaänderungen und Naturkatastrophen" der Schweiz (NFP 31), dessen Ziel es ist, die Untersuchung der Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die Umwelt und die Gesellschaft zu erfassen sowie die Erde als ein dynamisches System zu verstehen, das kurzfristigen und langfristigen Veränderungen unterworfen ist. Die vorgestellte Untersuchung ist auch Teil des EU-Projektes: "Contribution to the reduction of debris flow damage, with the analysis of triggering factors, initiation, propagation and deposition phenomena, in the Alpine region" (Contract No.: EV5V-CT94-0453).

3. Methodik und Datenerhebung

Durch eine geomorphologische Detailkartierung wurden Erkenntnisse über Geomorphometrie, Reliefposition, Lage, geomorphologischer Prozeßbereich und Substrattyp der Anrißgebiete, der Laufstrecken und der Depositionsareale gewonnen. Dazu wurde die Geometrie der Gerinne vermessen (Neigung, Distanz, Krümmung, Kurvenüberhöhungen etc.) als auch die granulometrische Beschaffenheit des Bettes, der Flanken und der Oberkanten aufgenommen. Soweit es möglich war, wurden die Parameter vom Anriß bis zum Depositionsbereich nach jedem Murschub erhoben. Die Kartierung erfolgte im Maßstab 1:1000, um eine hohe räumliche Datenauflösung zu erhalten. Aus den Basisdaten wurden Startvolumen, Geschwindigkeit, Durchflußmenge und Gesamtvolumen der Murschübe berechnet. Weiterhin wurden zur Datenerhebung kirchliche und staatliche Archive ausgewertet und Interviews mit Chronisten und Anwohnern durchgeführt.

	Anriß	Laufstrecke	Deposition
Ritigrabe	x	x	x
Spisszug		x	x
Schwidernu		x	x
Blattbach	x	x	
Große Grabe	x	x	x
Bielzug		x	
Fallzug		x	
Geistriftbach		x	
Birchbach	x	x	
Dorfbach	x	x	x
Wildibach	x	x	
Täschgufer		x	x
Rotbach	x	x	

Tab.1: Untersuchte Komponenten der Murgänge im Mattertal der Jahre 1993-1994 (vergl. Abb.1).
Tab.1: Investigated components of debris flows in the Mattertal for the years 1993-1994 (see Fig.1).

4. Untersuchungsgebiet

Die Vispertäler sind ein südliches Seitentalsystem der Rhône. Es gabelt sich bei Stalden in das Mattertal und das Saastal. Das Untersuchungsgebiet liegt im Mattertal zwischen Stalden und Täsch (Abb.1).

Tektonisches Hauptelement ist die penninische Mischabel-Decke, die zum größten Teil aus Gneisen und Schiefer aufgebaut ist. Im südlicheren Talbereich stehen Ophiolite an. Die Gesteinsformationen fallen gegen Westen und verleihen dem Mattertal eine bemerkenswerte Asymetrie. Während die Westseite relativ steile Westflanken aufweist, ist die

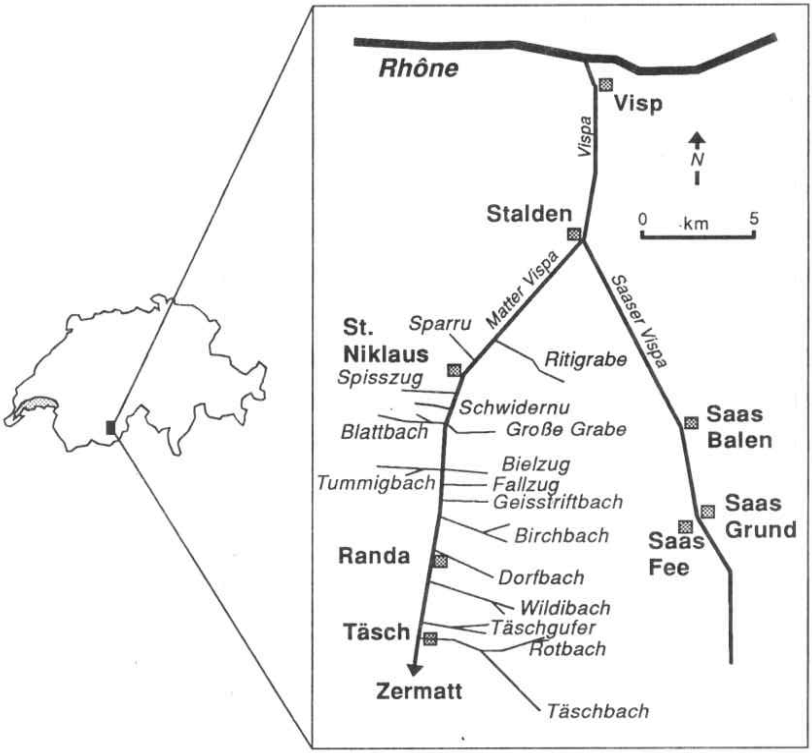

Abb.1: Lage des Untersuchungsgebietes Mattertal in den Walliser Alpen, Schweiz.
Fig.1: Research area Mattertal in the Valaisian Alps, Switzerland.

Ostseite vielerorts durch großräumige Instabilitäten (Sackungen) gekennzeichnet. Das deutlich glazial überprägte Haupttal zeigt eher einen Kerbsohlentalcharakter, während die glazialen Seitentäler, mit Ausnahme des Täschbaches, reine Kerbtäler sind. An den Steilhängen sind beträchtliche Moränen- und Hangschuttvolumina vorhanden, die in Bereichen über ca. 2500m NN durch Permafrost gebunden sein können (TATENHOVE & DIKAU 1990). FISCH et al. (1977) haben im Wildibachanrißgebiet Bodeneis nachgewiesen. Die Gneise und Schiefer gelten als erosionsresistent, durch Sackungs- und Rutschungsaktivität zerrüttet bilden sie jedoch auch ein beträchtliches, mobilisierbares Erosionspotential für Murgänge.

Das Mattertal gehört zu den trockensten Gebieten im gesamten Alpenraum mit lediglich ca. 600mm Niederschlag pro Jahr. Auch Starkniederschläge sind deutlich weniger intensiv und ergiebig ausgeprägt als in anderen Regionen der Alpen. Die Murgänge vom

24.9.1993 wurden durch ein extremes Unwetterereignis ausgelöst, das bei einer westlichen Wetterlage in Grächen 119mm Niederschlag in 3 Tagen brachte (21.9.: 3,4mm, 22.9.: 17,7mm, 23.9.: 38,3mm, 24.9.: 59,8mm). Die Wetterlage bewirkte eine massive warme Höhenströmung und eine Erhöhung der Schneefallgrenze bis 3000 Meter und somit eine Sättigung der Substrate bis in diese Höhenstufe durch Niederschlag und Schneeschmelze (RÖTHLISBERGER 1994). Eine Niederschlagsmenge von 119mm in 4 Tagen kann für die klimatische Situation des Mattertal, im Vergleich zu anderen Regionen der Schweizer Alpen, als hoch angesehen werden. Für die Monate Juni - September weist ein 5-Tageswert von 119mm die drittgrößte Niederschlagssumme seit 1901 auf. Das Murgangereignis vom 24.09.1994 wurde durch eine südliche Föhnwetterlage (20.-25.09.) mit 9,2mm Niederschlag am 23.09.1994 (Station Grächen) ausgelöst, dem eine ausgeprägte westliche Wetterlage (12.-19.09.) vorausging.

5. Untersuchungsergebnisse

In der vorgelegten Untersuchung werden Ergebnisse der Parametererhebung und erster Analysen der Murgangereignisse von 1993 und 1994 vorgelegt. Insbesondere konnten in 3 Bächen, die sowohl 1993 als auch 1994 aktiv waren, die Anriß- und Depositionsvolumina verglichen werden. Das Ereignis 1993 zeichnet sich dadurch aus, daß 2/3 aller bisher als murfähig angesehenen Gerinne des Mattertales Murgänge auslösten (Tab.2). Aus dem umfangreichen Datenmaterial (GÄRTNER 1996, HOLL 1996) werden im folgenden die Ergebnisse des Ritigrabe, des Große Grabe und des Dorfbaches näher diskutiert.

Merkmale der Ereignisgebiete	Ritigrabe	Große Grabe	Dorfbach
Gerinnelänge (km)	3,5	2,3	2,7
Höhendifferenz (m)	1600	1300	1400
Geländehöhe Anrißnischen 1993 (m)	2500-2600	2500	2300-2600
Geländehöhe Anrißnischen 1994 (m)	2500-2600	1800-1900	2200
Neigung der Anrißnischen	30°-40°	34°-46°	30°-40°
Exposition der Anrißnischen	W	W	W
Größe des Einzugsgebietes (km²)	1,1	1,0	5,4
Vergletscherter Anteil	0	0	44%
Substrat des Anrißgebietes	Hangschutt/ Blockgletscher	Hangschutt	Hangschutt/ Blockgletscher Seitenmoräne
Permafrost im Anriß nachgewiesen	ja	nein	nein
Permafrost im Anriß wahrscheinlich	-	ja	ja

Merkmale der Ereignisse 1993	Ritigrabe	Große Grabe	Dorfbach
Auslösefaktor	Niederschlag Schnee-schmelze	Niederschlag Schnee-schmelze	Niederschlag Schnee-schmelze
Anzahl der Ereignisse	1	1	1
Schübe des Ereignisses	11	15-20	4
Startvolumen (m^3)	?	?	?
Depositionsvolumen (m^3)	60'000	7'200	6'000
Geschwindigkeit (m/s)	5-12	5-9	4-9

Merkmale der Ereignisse 1994	Ritigrabe	Große Grabe	Dorfbach
Auslösefaktor	Niederschlag	Niederschlag	Niederschlag
Anzahl der Ereignisse	1	1	1
Schübe des Ereignisses	2	4	2
Startvolumen (m^3)	500	200	400
Depositionsvolumen (m^3)	5'000	1'200	1'400
Geschwindigkeit (m/s)	8-10	7-9	8-9

Tab.2: Parameter der im Text diskutierten Murgänge für die Jahre 1993 und 1994.
Tab.2: Debris flow parameters discussed in the text for the years 1993 - 1994.

5.1 Ritigrabe

Der Ritigrabe durchläuft das Sackungsgebiet von Grächen. Die Anrißnischen sind nach oben durch eine Verflachung mit grobem Blockschutt (Skipiste) begrenzt, an deren Übergangsbereich sich durch rückschreitende Erosion weitere Anrisse bilden (Abb.2). Die Verflachung stellt die Oberfläche eines Blockgletschers dar. Am 24.09.1993 wurden durch 11 Murschübe mehrere Wasserleitungen, Wanderwege, Brücken und eine Straße vollständig zerstört und die Staatsstraße bei St.Niklaus meterdick mit Geschiebe überdeckt. Das Gerinne wurde um durchschnittlich 2-3m eingetieft. Die berechneten Geschwindigkeiten der Murschübe liegen bei 9m/s. Die Geländedaten ergaben bei einer Auflaufhöhe am Gegenhang von 14m und einer durchschnittlichen Mächtigkeit des im Vorfluter kurzzeitig maximal zur Ablagerung gekommenen Materials von 4m ein Ausmaß von 60'000m^3. Dadurch wurde die Vispa aufgestaut, was u.a. zur Überschwemmung der Kläranlage von St.Niklaus führte. Am 24.09.1994 beförderten 2 Murschübe mit berechneten Geschwindigkeiten von 11m/s 5000m^3 Material zu Tal. Das Gerinne wurde erneut um 0,5m eingetieft. Das Verhältnis zwischen Anrißvolumen und Deposition liegt bei ca. 1:10.

Die Kartierung des Anrißgebietes zeigte in den Anrißnischen freiliegendes Bodeneis (Abb.2), sodaß Permafrost hier ein Dispositionsfaktor ist. Nach Auskunft von

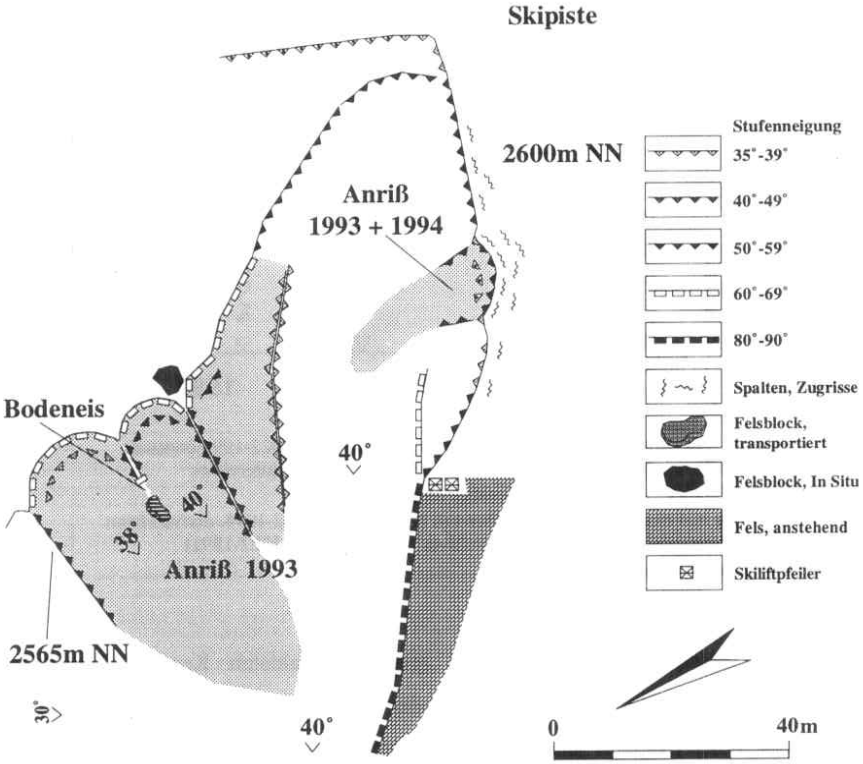

Abb.2: Anrißgebiet des Ritigrabe unterhalb einer Skipiste am Seetalhorn.
Fig.2: Source area of the Ritigrabe below the skiing course Seetalhorn.

Anwohnern führt das Gerinne erst seit 1989 permanent Wasser. Vorher beschränkte sich eine längerdauernde Wasserführung auf die Schneeschmelze. Es muß in Betracht gezogen werden, daß sich die hydrologischen Verhältnisse aufgrund lokaler Bewegungen des Blockgletschers derart verändert haben, daß das Bodenwasser zu einer zunehmenden Instabilität des Anrißgebietes geführt haben könnte. Die aus den Untersuchungsbefunden und aus Archiven (z.B. Pfarrarchiv Grächen) und Interviews ermittelte Frequenz der Murgangereignisse ist in Abb.3 dargestellt. Unter Berücksichtigung der Unsicherheiten von Archiven und Interviewdaten zeigt sich eine Frequenzzunahme in den letzten 10 Jahren. Ob es sich dabei um einen Trend handelt, müssen weitergehende Untersuchungen zeigen, bzw. wird erst im Laufe der Zeit geklärt werden können.

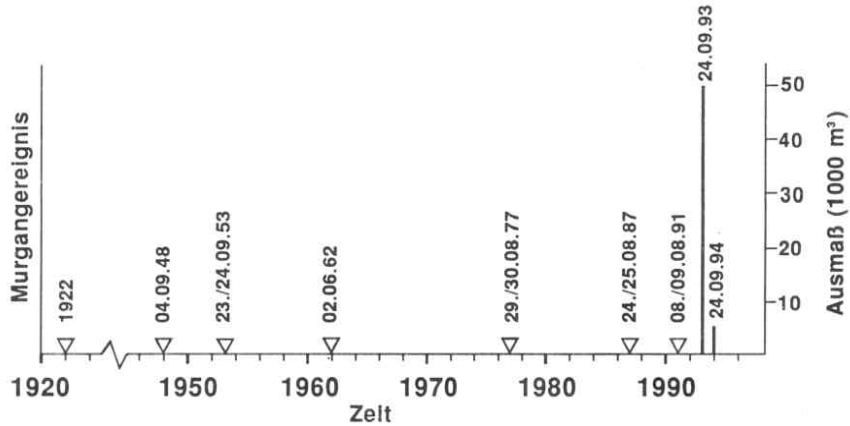

Abb.3: Frequenz und Ausmaß der Murgangereignisse des Ritigrabe 1922-1994 ermittelt aus Geländeuntersuchungen (1993-1994) sowie Archiven und Interviews (1922-1991) (∇ = Angabe des Ausmaßes nicht möglich).

Fig.3: Frequency and magnitude of debris flows in the Ritigrabe 1922-1994, derived from field investigations (1993-1994) and archives and interviews (1922-1991) (∇ = no magnitude values available).

5.2 Große Grabe

Der Große Grabe (Abb.4a) hat einen großen bewaldeten Kegel akkummuliert (Basisbreite ca. 3km, Höhendifferenz 400m), der auf eine rege holozäne Murgangaktivität hinweist, dessen Genese jedoch weiterer Untersuchungen bedarf. Das aktuelle Gerinne ist tief in das alte Murmaterial eingeschnitten, wobei die Wandhöhen der Gerinneböschungen an einigen Stellen 10m überschreiten (Abb.4b). Dadurch erhält auch das Gerinne selbst ständige Schuttzufuhr durch kollabierende Seitenhänge. Im Bereich der Staatsstraße bei St.Niklaus wird das Gerinne über eine Galerie geführt, die zum Schutz der Straße errichtet wurde. Am 24.09.1993 lösten sich nach Angaben von Anwohnern im Verlaufe mehrerer Stunden nach einigen größeren Ereignissen in 15-minütigen Intervallen kleine Schübe (10-50m³). Die Kartierung des Akkumulationsareals im Bereich der Vispa zeigte 2 größere Schübe, die im Talbereich 7200m³ Material ablagerten. Die Vispa wurde an den Gegenhang gedrängt und das Durchflußprofil stark eingeengt. Dies führte zu einem Aufstau der Vispa um 1,2m, belegt durch sandige Terrassen der Vispa 1,2m über dem normalen Wasserstand. Am 26./27.06.1994 transportierten 4 Murschübe insgesamt 1200m³ Material. Die Vermessung des Hauptanrisses ergab ein Startvolumen von 200m³. Der erste Schub (gegen 22 Uhr) verlies das Gerinne kurz oberhalb der Galerie (Ausbruch 1). Dabei wurden auf der Galerie und der Staatsstraße 400m³ Material

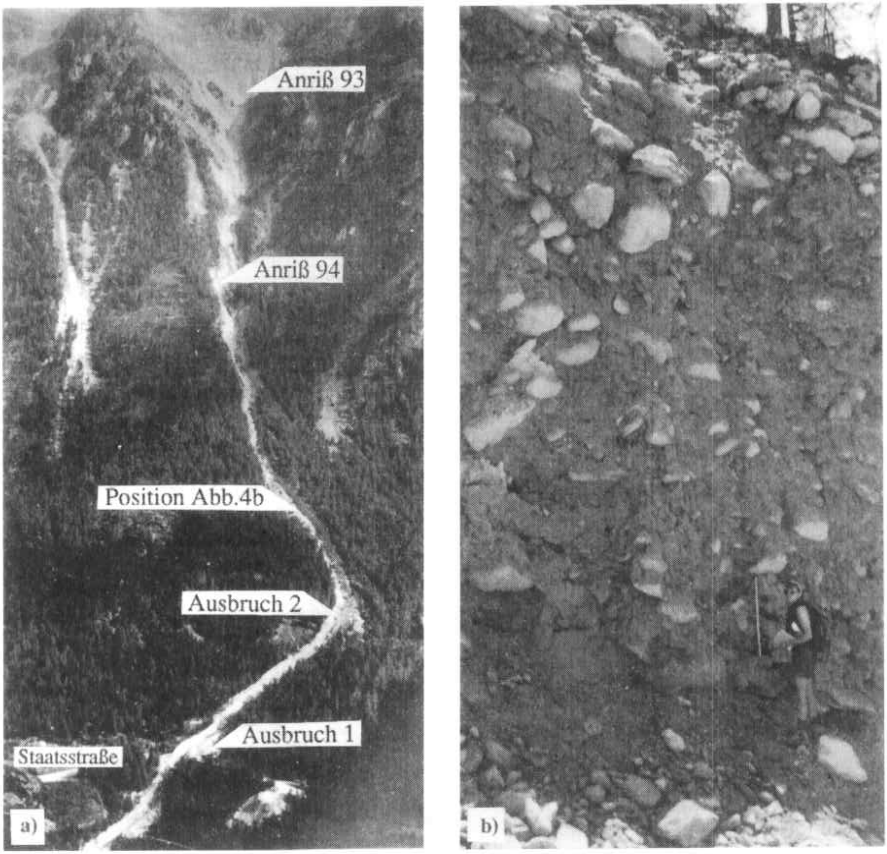

Abb.4: a) Große Grabe mit Anriß, Fließstrecke, Ausbruch 1+2 sowie Position von Photo b).
b) In ältere Murdepositionen erodiertes Gerinne bei 1400mNN.

Fig.4: a) Große Grabe with source area, flow track, overflow 1+2 and position of photograph b).
b) Flow track eroded in older depositions, 1400mNN
(Aufn./photogr.: Gärtner/Holl, 28.09.1994)

abgelagert (Abb.4a). Der zweite Schub erreichte gegen 23.30 Uhr mit 200m³ die Vispa. Der dritte Schub verließ das Gerinne bei ca. 1380m NN und deponierte auf einer Laufstrecke von etwa 80m ca. 500m³ im Wald auf der orographisch linken Seite des Gerinnes (Ausbruch 2, Abb.5, Abb.4a). Ein direkter Vergleich der Geländeaufnahmen vor und nach diesem Ausbruch zeigt eine deutliche Abflachung des orographisch linken Seitenhanges im Kurvenbereich bei 1360m NN von 50° auf 25°. Aus diesem Ereignis wird deutlich, daß durch kollabierende Seitenhänge des Gerinnes oder im Gerinneverlauf deponierte Murköpfe die Neigung der Gerinnesohle verringert wird und dadurch unkontrollierte seitliche Ausbrüche zu erhöhten Gefahrenpotentialen führen können.

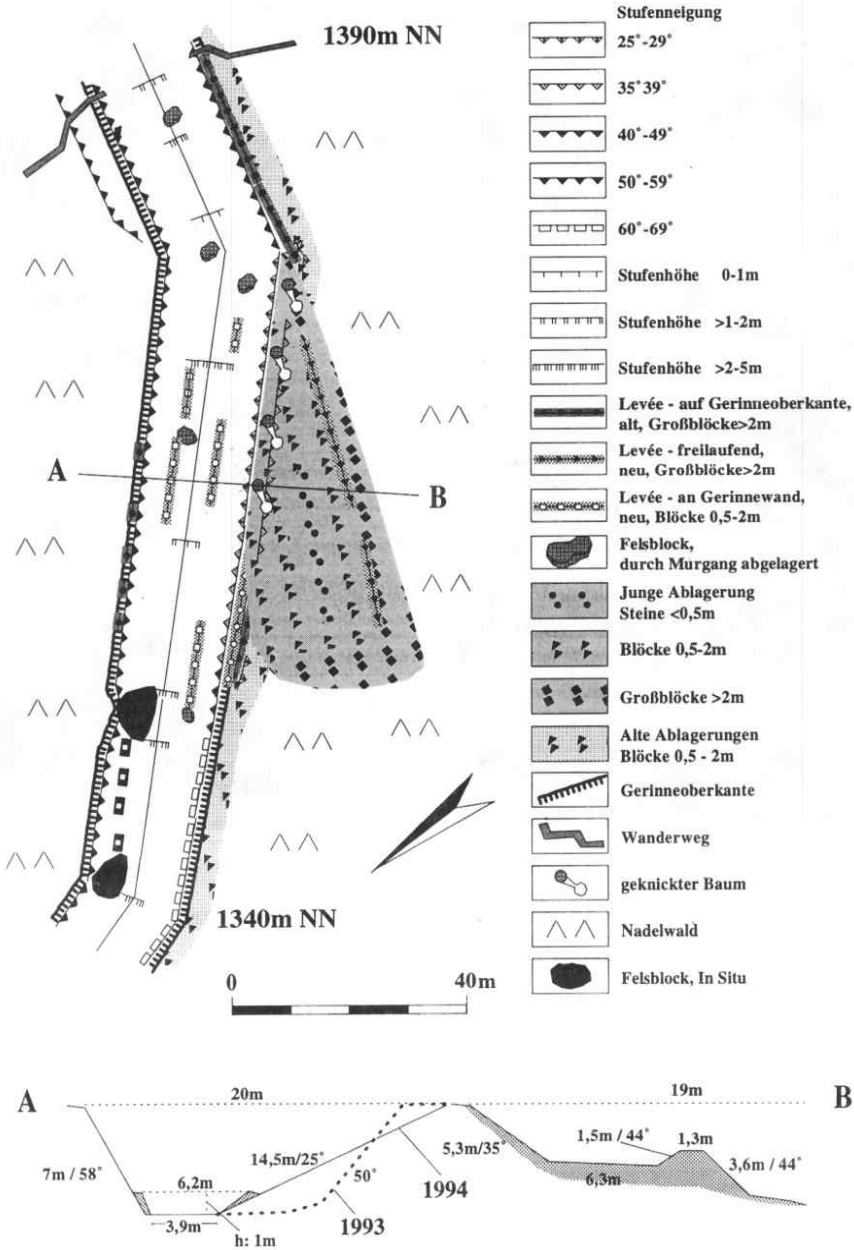

Abb.5: Seitlicher Ausbruch 2 des Murganges Große Grabe vom 26./27.06.1994.
Fig.5: Lateral overflow 2 of the debris flow Große Grabe on 26./27.06.1994.

5.3 Dorfbach

Das Einzugsgebiet des Dorfbaches ist gekennzeichnet durch ein steiles Gerinne, einen großen Kegel und große Lockermaterialmengen, die teilweise als Blockgletscher vorliegen. Der Dorfbach hat mit den Felsstürzen von Randa im Jahre 1991 an Bedeutung gewonnen, da nach dem Ereignis ein Murschub den bereits verengten Talboden verschüttete und die Vispa aufstaute. Das Murereignis vom 24.09.1993 bewegte mit Geschwindigkeiten von 4-9m/s insgesamt 6'000m³ Material. Der erste grobblockige Schub, dessen Anriß im Material eines Blockgletschers bei ca. 2600m NN lag, wurde durch eine im Gerinne installierte Murbremse entwässert und gestoppt. Die nachfolgenden Schübe umliefen die Murbremse und wurden in Auffangarealen im Bereich der Vispa akkummuliert. Der Anriß des Ereignisses vom 20.07.1994 lag im Material einer Seitenmoräne in einer Höhe von 2000m NN. Die Murbremse wurde durch dieses Ereignis, das in seiner Materialzusammensetzung vorwiegend kleinere Korngrößen aufwies, abgedichtet und überfahren. Rund 300m³ Material wurden im Bereich geringerer Gerinneneigung (<10°) zwischen 1543m und 1550m NN abgelagert. Im Bereich der Murbremse kamen 400m³ zur Ablagerung. 1000m³ Material wurden weitertransportiert und in einem Auffangbecken vor der Einmündung in die Vispa deponiert. Das Startvolumen lag bei 400m³. Die Geschwindigkeit lag bei 9m/s.

6. Diskussion

Die geschilderten Niederschlagssituationen im September 1993 und 1994 trafen auf Murganganrißgebiete, in denen, wie die Befunde zeigen, teilweise Permafrost auftritt. Wie bereits von ZIMMERMANN & HAEBERLI (1992) diskutiert wurde, ist auch im Mattertal nicht auszuschließen, daß in vielen Fällen eine Substratsättigung auf Permafrost vorgelegen haben muß. Der schmelzende Permafrost ist als dispostitiver Faktor für etliche der Murgänge von 1993 anzusehen. Es wäre aber verfrüht, ihn auch als auslösenden Faktor zu bezeichnen. Dies können erst weiterführende Untersuchungen der bodenmechanischen Eigenschaften der Anrißgebiete zeigen.

Die Murgänge des Jahres 1994 brachten nur etwa 1/5 des Volumens in Vergleich zu 1993. In Große Grabe und Dorfbach lagen die Anrißgebiete in topographisch tieferen Positionen und hier auch in Übersteilungen und instabilen Bereichen der durch das Ereignis von 1993 eingetieften und im Laufe des Sommers 1994 kollabierenden Gerinne.

Bei diesen Murgängen ist deutlich geworden, daß hier, wie in zahlreichen weiteren Seitenbächen des Mattertales, ein großes Geschiebepotential vorhanden ist, das wesentlich größere Murgänge verursachen kann, als diejenigen, die sich 1993 und 1994 ereignet haben. So kann im Dorfbach davon ausgegangen werden, daß Ereignisse mit 100'000-200'000m³ möglich sind. Damit wären auch Siedlungsstandorte wie Täsch, Wildi, Randa oder Herbriggen gefährdet. Wir gehen davon aus, daß mit der Schmelze des Permafrostes größere, heute noch gefrorene Schuttzonen Anrißgebiete für Murgänge bilden können.

7. Literaturverzeichnis

FISCH, W. sen., FISCH, W. jun. & W. HAEBERLI (1977): Electrical D.C. resistivity soundings with long profiles on rock glaciers and moraines in the Alps of Switzerland. In: Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, Bd. 13, Heft 1/2, S. 239-260

GÄRTNER, H. (1996): Untersuchungen zu Geschwindigkeit und Volumen von Murgängen im Mattertal, Wallis, Schweiz, in den Jahren 1993 und 1994 - Ein Beitrag zur Klimafolgen- und Naturgefahrenforschung. Dipl. Arbeit (unveröffentl.), Geographisches Institut, Universität Heidelberg, Heidelberg

HOLL, B. (1996): Untersuchungen zu Anrißgebieten und Auslösefaktoren von Murgängen im Mattertal, Wallis, Schweiz, in den Jahren 1993 und 1994 - Ein Beitrag zur Klimafolgen- und Naturgefahrenforschung., Dipl. Arbeit (unveröffentl.), Geographisches Institut, Universität Heidelberg, Heidelberg

RÖTHLISBERGER, G. (1994): Unwetterschäden in der Schweiz im Jahre 1993. In: <wasser, energie, luft> 86. Jg., Heft 1/2, S. 1-8

VAN TATENHOVE, F. & R. DIKAU (1990): Past and present permafrost distribution in the Turtmanntal, Wallis, Swiss Alps. In: Arctic and Alpine Research, Vol. 22, 3, S. 302-316

ZELLER, J. & G. RÖTHLISBERGER (1988): Unwetterschäden in der Schweiz im Jahre 1987. In: <wasser, energie, luft> 80. Jg., Heft 1/2, S. 29-42

ZIMMERMANN, M. (1994): Murgänge im Dorfbach von Randa (VS). Beurteilung und Massnahmen. In: <wasser, energie, luft> 86. Jg., Heft 1/2, S. 17-21

ZIMMERMANN, M. & W. HAEBERLI (1992): Climatic change and debris flow activity in high-mountain areas. A case study in the Swiss Alps. In: Catena, Suppl. 22, S. 59-72

Anschrift der Autoren:

Prof. Dr. R. Dikau
Dipl. Geogr. H. Gärtner
Dipl. Geogr. B. Holl
Geographische Institute
Universität Bonn
Meckenheimer Allee 166
53115 Bonn

PD Dr. H. Kienholz
Geographisches Institut
Universität Bern
Hallerstr. 12
3012 Bern
Schweiz

Dipl. Geogr. P. Mani
Dr. M. Zimmermann
Geo7
Geowissenschaftl. Büro
Neufeldstr. 3
3012 Bern
Schweiz