

FELSTÜRZE, MUREN UND DEREN AUSLÖSENDE FAKTOREN AM KLEINEN MÜHLSTURZHORN – REITERALM, NATIONALPARK BERCHTESGADEN

ROCK FALLS, DEBRIS FLOWS AND THEIR CAUSING FACTORS AT THE KLEINE MÜHLSTURZHORN – REITERALM, NATIONALPARK BERCHTESGADEN

Ewald Langenscheidt

Zusammenfassung

Im September 1999 ereigneten sich zwei Felstürze aus dem Gipfelbereich des Kleinen Mühlsturzhorns. Der erste, größere übersprang das Altschneevorkommen im Großen Mühlsturzgraben und kam im unteren Grabenbereich zur Ruhe. Der zweite, kleinere Sturz löste dadurch, dass er auf das Altschneevorkommen fiel, eine erste Mure aus. Im Sommer 2000 setzte bei entsprechenden Niederschlagsereignissen ein teilweise heftiges Mur- und Wildbachgeschehen ein. Bei der Auswertung der entsprechenden Niederschlagsereignisse hat sich gezeigt, dass nicht Tagessummen oder die absolute Höhe des Niederschlags mit den Murerignissen zu korrelieren sind, sondern die kurzzeitige Niederschlagsintensität von entscheidender Bedeutung ist. Für den Großen Mühlsturzgraben hat sich dabei herausgestellt, dass immer dann Muren abgingen, wenn die Niederschlagsintensität 2 mm in 10 min überschritt. Weitere Sturzereignisse und Muren können erwartet werden.

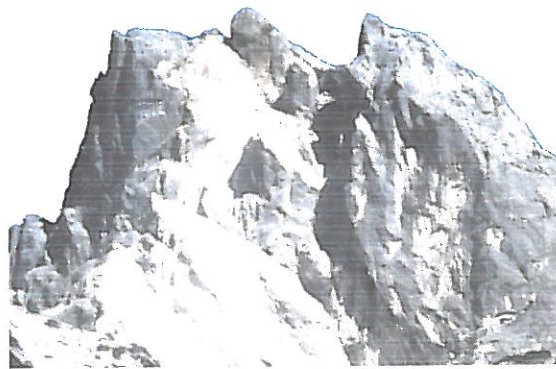


Abb. 1: Das Kleine Mühlsturzhorn am 4.9.1999 und am 9.9.1999 (beide Aufnahmen L. KÖPPL, Nationalparkverwaltung Berchtesgaden)

Abstract

During september 1999 two rock falls happened at the Kleines Mühlsturzhorn. The first, bigger one leaped over deposited snow of former years and accumulated in the deeper parts of the Große Mühlsturzgraben. The second, smaller rock fall accumulated on the snow deposits and caused the first debris flow. During summer 2000, vehement debris flows and torrents corresponding to rain falls occurred. The interpretation of the intensities of the rainfalls showed that not the amount of rain during an hour or day caused the movements but the precipitation of more than 2 mm / 10 min. During the next years further debris flows and torrents will be expected.

Dipl.-Geol. Dr. rer. nat., Geo&Natur Umweltinformation, Aicha 1, D-94094 Roththalmünster, Germany (Tel. u. Fax: +49-8533-2897; e-mail: geonatur@aol.com)

I. EINFÜHRUNG

PENK u. RICHTER schrieben 1885: „... wenn die Zerstörung so fortschreitet, die Mühlsturzhörner unterminirt werden und zu Thal stürzen.“

Am 08.09. und 21.09.1999 ereigneten sich größere Felsstürze aus dem Bereich unterhalb des Gipfels des Kleinen Mühlsturzhornes, die sowohl vorher wie auch nachher von kleineren Sturzereignissen und Steinschlägen begleitet wurden. Das Sturzmaterial kam im Großen Mühlsturzgraben zur Ablagerung, aus dem es nach den Stürzen vom 21.09. in Form von Muren weiter abtransportiert wurde. Die Muren gingen über die Hirschbichlstraße hinweg, blockierten diese und beschädigten erheblich den unterhalb der Straße verlaufenden Wanderweg und die dort befindliche Brücke über den Klausbach.

Die Größe der Ausbruchsstelle beträgt etwa 180 m auf 80 m mit einer durchschnittlichen Höhe von ca. 15 m. Dies ergibt ein Volumen der gesamten Sturzmasse von 216 000 m³.

II. DIE GEOGRAPHISCHE SITUATION UM DAS KLEINE MÜHLSTURZHORN

Das Kleine Mühlsturzhorn (2141 m) liegt in den Südost-Abstürzen der Reiteralms gegen das Klausbachtal zwischen dem Großen Mühlsturzhorn (2234 m) und den Grundübelhörnern (2096 m, 2084 m). Von dieser Bergkette ziehen der Standgraben, der Große Mühlsturzgraben und der Kleine Mühlsturzgraben (Stadelgraben) gegen das Klausbachtal hinab, der Talboden der Grundübelau liegt in einer Höhe von 840 m. Die Talflanken wurden glazial übersteilt, den heutigen Talboden bilden Verfüllungen.

Diese Reliefverhältnisse bedingen eine hohe Reliefenergie, zumal die Horizontaldistanz zwischen dem Kleinen Mühlsturzhorn und dem Talboden lediglich knapp 1900 m beträgt.

III. GEOLOGISCHE UND GEOMORPHOLOGISCHE VERHÄLTNISSE

Die geologischen Verhältnisse sind im Bereich des Kleinen Mühlsturzhornes relativ einfach. Der Wandfuß ist von Hangschutt bedeckt, darüber erscheinen als Anstehendes zwischen Standgraben und Großem Mühlsturzgraben Werfener Schichten bis zu einer Höhe von ca. 1120 m. Danach folgt der Ramsaudolomit, bis in einer Höhe von ca. 1800 m das nur um einen Meter mächtige Band der Raibler Schichten lückenhaft die Wände durchzieht. Karnisch-norischer Dolomit mit ca. 40 -50 m Mächtigkeit leitet zum Dachsteinkalk vom Reiteralmtyp über, der die oberen Bereiche bis zum Gipfel aufbaut.

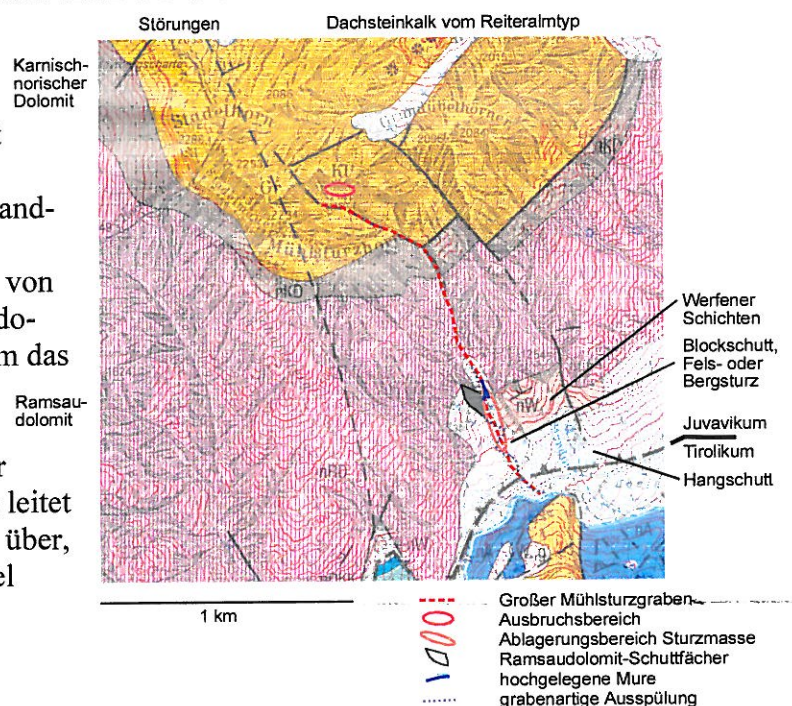


Abb. 2: Ausschnitt aus der Geolog. Karte des Nationalparks Berchtesgaden

Das Einfallen der Schichten ist allgemein gegen N und NW und damit gegen das Plateauinnere der Reiteralp gerichtet.

Die tektonischen Gegebenheiten sind dadurch gekennzeichnet, dass steilstehende NW-SE verlaufende Störungen die Bergkette vom Großen Mühlsturzhorn zu den Grundübelhörnern zerteilen, wobei der jeweils NE gelegene Bereich gegen den SW gelegenen abgesenkt ist. Ein weiteres Störungssystem verläuft senkrecht dazu und durchzieht die Steilwände.

Das Klausbachtal folgt in seinem Verlauf dem Grenzbereich Tirolikum zu Juvavikum.

Die unteren Bereiche der Talflanke der Reiteralp sind durch Schrofenbildung intern kleinräumig gegliedert; diese ist durch die teilweise im Zentimeterbereich liegende Klüftung des Ramsaudolomites bedingt, die wiederum sehr gute Ansatzmöglichkeiten für Frostverwitterung und damit für ein Abgrusen der Wände bietet. Die oberen Wandbereiche waren in der Vergangenheit des öfteren Ausgang für Sturzereignisse wie die Dachsteinkalksturzböcke zeigen, die auf den älteren Verfüllungen des Großen Mühlsturzgrabens liegen.

Die geomorphologisch auffälligsten Strukturen, der Standgraben sowie der Große und Kleine Mühlsturzgraben folgen den tektonischen Vorzeichnungen und ziehen aus den Gipfelregionen bis auf den Talboden bzw. die Schuttüberdeckung des Wandfusses hinab. Im Einzugsgebiet der Gräben und aus den Flanken der Gräben kam es in der Vergangenheit immer wieder zu Sturzereignissen (sowohl aus dem hochgelegenen Bereich des Dachsteinkalkes wie auch aus dem tieferliegenden Ramsaudolomit und Karnisch-norischen Dolomit), wie die zum Teil mächtigen Verfüllungen mit einer Horizontaldistanz von 70 - 80 m quer zum Graben erkennen lassen. Diese wurden dann anschließend immer wieder in Folge von Niederschlagsereignissen murartig ausgeräumt und das Material entweder abtransportiert oder im Bereich der Grundübelau abgelagert.

IV. URSACHEN DER STURZEREIGNISSE UND AUSLÖSENDE FAKTOREN

Die Ausbruchsbereiche der Felsstürze bzw. Steinschläge vom August bis Oktober 1999 liegen im Bereich des tektonisch stark beanspruchten Dachsteinkalkes in einer Höhe von ca. 2000 m bis knapp unter den Gipfel. Die Beanspruchung durch gebirgsbildende Vorgänge äußert sich in einer hohen Anzahl an Klüften bzw. Kluftscharen und Störungen, die den Fels durchsetzen. Die Ausbildung des Kluftkörpersystems bzw. der Grad der Gebirgszerlegung kann durch die Kluftdichte und den Durchtrennungsgrad näher charakterisiert werden. Eine ausführliche Darstellung der Berechnung des Durchtrennungsgrades oder ebenen Kluftflächenanteile wird von FECKER u. REIK (1987) gegeben. Die dabei errechneten Werte bewegen sich zwischen 0 und 1. Es bedeuten: 0 keine Durchtrennung und 1 vollständige Durchtrennung.

Für einen tektonisch stark beanspruchten Dachsteinkalk, einen weniger stark beanspruchten Karnisch-norischen Dolomit und Ramsaudolomit wurde ein Durchtrennungsgrad von 1, also vollständige Durchtrennung des Felses, nachgewiesen (LANGENSCHIEDT 1988).

Die Durchtrennung des Felses am Kleinen Mühlsturzhorn, die Kluftdichte ist engständig, somit ergibt sich „zerrüttet“ als Grad der Gebirgszerlegung.

Es kommen als Ursachen für die Sturzereignisse ausschließlich natürliche Gegebenheiten wie die Durchtrennung des Felses und die hohe Kluftdichte in Zusammenhang mit den morphologischen Gegebenheiten in Betracht.

Auslöser für die Sturzereignisse können Instabilitäten gewesen sein, die sich im Laufe der Zeit im Felsgefüge bis zu einem kritischen Punkt entwickelt haben. Starkniederschläge als auslösende Faktoren scheiden aus, da es vom 01.09. bis 08.09.99 lediglich 45 mm Niederschlag gab. Die eher geringen Niederschläge könnten aber dazu beigetragen haben, die bereits vorhandenen struktureologischen Instabilitäten über den kritischen Punkt zu bringen.

V. DIE CHRONOLOGIE DER EREIGNISSE, AUGUST BIS OKTOBER 1999

Die Chronologie der Sturzereignisse basiert auf Aufzeichnungen und mündlichen Mitteilungen von Fr. M. MALTAN, Sennerin auf der Ragert-Alm und mündlichen Mitteilungen von Herrn L. KÖPPL, Nationalparkverwaltung Berchtesgaden sowie von Herrn P. HÖRNES, ehem. Revierleiter Forstdienststelle Hintersee.

Datum	Uhrzeit	Ereignisse
18.8.1999	20.45	Abgang eines größeren Brockens mit Staubentwicklung
4.9.	10.45, 12.00	mehrere kleinere Abgänge mit großer Staubentwicklung, Dauer, ca. 20 min
5.9.	6.00	kleinere Abbrüche
7.9.	10.00	kleinere Abbrüche
1.9. - 8.9.		<i>45 mm Niederschlag insgesamt</i>
8.9.	5.00	Abgang der Hauptmasse unter erheblicher Lärmentwicklung, sehr großer Schlag
	5.12	2ter Schlag mit großer Staubentwicklung, auf der Ragert schneit es anschließend ca. 10 - 15 min „Mehlsand“
	5.50	3. Schlag, das Sturzmaterial kommt etwa 100 m oberhalb der Hirschbichlstraße zur Ruhe
	10.30	4. Schlag, Abbruch eines größeren Brockens im Gipfelbereich
	16 - 19.00	kleinere Steinschläge
8.9. - 21.9.		täglich kleinere Steinschläge, vor allem in der Zeit um Sonnenauf- und -untergang mit einhergehender Staubentwicklung
8.9. - 20.9.		<i>kein Niederschlag</i>
20.9. - 21.09.		<i>14 mm Niederschlag in der Nacht</i>
21.9.	9 - 10.30	mehrere größere Steinschläge und Felsstürze, die im oberen Grabenbereich liegen bleiben
	10.30	die Polizei teilt Fr. Maltan auf der Ragert mit, daß die Mure mit ca. 1 m Mächtigkeit die Hirschbichlstraße erreicht hat
22.9. - 8.10.		täglich teilweise mehrere kleine Steinschläge
24.9.		Abgang eines großen Brockens aus dem Bereich westlich des Gipfels
bis 29.10.		Rutschungen im Ablagerungsbereich der Sturzmasse und teilweise murartige Materialumlagerungen im Bereich der Hirschbichlstraße und unterhalb davon

VI. GELÄNDEAUFNAHME NACH DEN STURZEREIGNISSEN

Die Ereignisse vom 8.9.99 führten zur Ablagerung der Hauptsturzmasse im unteren Bereich des Großen Mühlsturgrabens bis in eine Höhe von ca. 120 -140 m oberhalb der Hirschbichlstraße. Blöcke in einem Größenbereich von Dezimeter bis Meter bilden die Hauptmasse. Innerhalb der Sturzmasse kann eine Größensortierung der Blöcke festgestellt werden, nach oben nimmt die Blockgröße ab. Dies ist darauf zurückzuführen, dass größere Blöcke eine höhere kinetische Energie als kleinere aufweisen und daher sich auch weiter bewegen. Die Blöcke sind kantengerundet und weisen deutliche Schlagspuren auf. Der Böschungswinkel im unteren Ablagerungsbereich der Sturzmasse ist sehr groß, so dass sich dort innerhalb der Sturzmasse rotationsartige Rutschungskörper entwickelt haben, die eine weitere Verlagerung der Sturzmasse talwärts bedingen.

Die hochgelegene Mure

Knapp unterhalb der Wandstufe in einer Höhe von etwa 1060 m bedeckt eine etwa einen halben Meter mächtige Mure mit zwei Armen die Sturzmasse. Der Abgang der Mure steht mit den Sturzereignissen vom 21.9. in Zusammenhang, wo das Sturzmaterial zunächst im oberen Grabenbereich zur Ruhe kam und den Feststoffherd erweiterte. Dabei wurde die Auflast auf von älterem Schutt geschützten Altschnee erhöht und ein plötzliches Abschmelzen des erhaltenen Altschnees in Gang gesetzt. Das sehr schnell abfließende Wasser bedingte den flächigen Murgang und die Ausbildung der zwei Arme der Mure auf dem oberen Bereich der Sturzmasse vom 8.9.1999.

Wie die auf den Blöcken der Bergsturzmasse auflagernden Steine

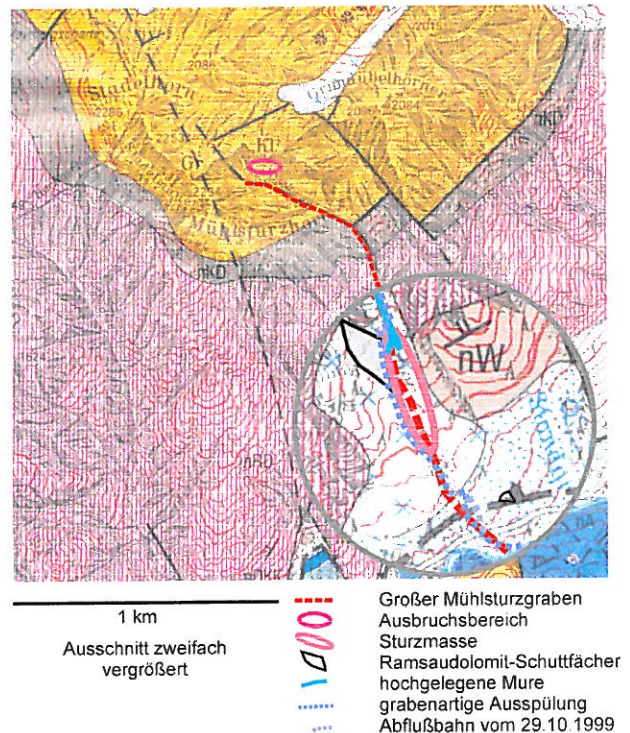


Abb. 3: Die Lagerungsverhältnisse im Großen Mühlsturzgraben

zeigen, erstreckte sich das in Verbindung mit der Mure stehende wildbachartige Geschehen über eine wesentlich größere Fläche als die der beiden Arme. Das an dem Geschehen beteiligte Wasser „versickerte“ in der Sturzmasse, um dann weiter talwärts die Ereignisse im unteren Grabenbereich mit zu beeinflussen.

Die Erosionsrinne im oberen und mittleren Grabenbereich

Das nach dem Murgang weiterhin abfließende Schmelzwasser tiefte auf der westlichen Seite des Grabens eine Erosions- bzw. Abflußrinne ein. Dass dies nach dem Murgang geschah, wird aus den Lagerungsbeziehungen ersichtlich, da von der Rinne der westliche Arm der hochgelegenen Murablagerungen angeschnitten wird. Die Rinne schneidet weiterhin einen in den Graben hereinragenden Ramsaudolomitschuttkegel an, der dadurch in seinem Böschungswinkel im untersten Bereich deutlich unterschritten wird. Die Erosionsrinne verläuft weiter entlang der westlichen Grabenseite talwärts, zwischen den alten Schutteinfüllungen und der Sturzmasse vom 8.9.99. Der Verlauf der Rinne wird in diesem Bereich von der Aufwölbung der Sturzmasse und von den älteren, stärker verfestigten Grabeneinfüllungen bestimmt. Sie erreicht in diesem Bereich eine Tiefe von 3 - 4 Metern. Dabei wurden auch Blöcke der Sturzmasse vom abfließenden Wasser mitgerissen und ausgeräumt. Die dabei insgesamt abtransportierte Menge an Ramsaudolomitschutt, Mur- und Sturzmaterial muß in der kurzen Zeit beträchtlich gewesen sein und die Rinne weitestgehend erfüllt haben, da vor allem an der westlichen Seite Levées aufgebaut wurden, die eine Höhe von ca. 30 - 50 cm erreichen. Insgesamt muß in der Erosionsrinne von einem wildbachartigen bis murartigen Geschehen ausgegangen werden.

Das Geschehen im unteren Grabenbereich

Die Ereignisse im unteren Grabenbereich (unterhalb der Sturzmasse) wurden im wesentlichen durch das in der Erosionsrinne abfließende und durch das die Sturzmasse durchfließende Wasser bestimmt.

Unterhalb der Sturzmasse quert die Erosionsrinne den Großen Mühlsturzgraben von der westlichen zur östlichen Grabenseite. Ihr Verlauf wird dort auch von über 10 m großen Dachsteinkalkblöcken bestimmt, die durch frühere Sturzereignisse in den Graben gelangten. Die Erosionsrinne endet an der Furt über die Hirschbichlstraße, weiter talwärts bis zum Klausbach floß das durch die Rinne abtransportierte Material zuerst aufgrund des hohen Wassergehaltes murartig, später dann mit abnehmendem Wassergehalt zunehmend langsamer (Augenzeugin: „wie Lava“). Auffällig ist, daß nur im Bereich der Erosionsrinne neben den weitertransportierten Sturzblöcken feinkörniges Material zu finden ist, das die Matrix der unteren Mure bildet.

Neben dem Weitertransport des Sturzmaterials durch die Erosionsrinne wurde auch ein Teil des Sturzmaterials durch Wasser, das die Sturzablagerung vom 8.9. flächig durchfloss, weiter talwärts verfrachtet. Steine, die auf verfrachteten Sturzblöcken aufliegen, zeigen dies an. Zusammenfassend bedeutet dies, dass die unterhalb der Sturzmasse liegenden Blöcke auf die eine oder die andere Weise sekundär verfrachtet wurden und zusammen mit feinerkörnigem Material die untere Mure bildeten. Deutlich unterscheidbare Höchststände im Bereich der Hirschbichlstraße lassen erkennen, dass nach dem Hauptereignis noch weitere kleinere stattgefunden haben.

Die Niederschläge vom 28./29.10. ließen eine weitere kürzere Erosionsrinne am östlichen Grabenrand entstehen, wobei das dort zutage tretende Wasser zuvor die Sturzablagerungen und anschließend das zuvor schon umgelagerte Material durchflossen haben muß. Dabei wurde Geschiebe mit einer Größe von 30 - 40 cm Ø auf und über die Hirschbichlstraße verfrachtet und der Feinanteil weitgehend ausgewaschen.

VII. DIE EREIGNISSE IM JAHR 2000

Bei den nachfolgenden Beschreibungen der Ereignisse des Sommers 2000 in und um den Mühlsturzgraben stehen diejenigen im Vordergrund, die entweder größere Dimensionen annehmen oder aber Rückschlüsse auf ihre Ursachen und den Ablauf des Geschehens zulassen. Es liegen darüberhinaus zahlreiche weitere Daten vor, die bei *L. Köppl*, Forschungsstation Ramsau bzw. *H.P.Franz*, EDV Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, aufbewahrt werden.

Bewegungen in der Sturzmasse

In den Ablagerungen der Sturzmasse aus dem Jahr 1999 im oberen Mühlsturzgraben wurde der kritische Böschungswinkel durch Setzungserscheinungen und gravitativ bedingte Bewegungen talwärts überschritten, uhrglasartige Aufwölbungen waren die Folge. Mehrere Rotationsrutschungen stellten sich ein, die das Sturzmaterial weiter talwärts gegen die Hirschbichlstraße verlagerten.

Die dabei in den Rutschkörpern mitbewegten Blöcke wurden dann teilweise durch das nachfolgende Murgeschehen weiter transportiert.

Das Geschehen im Mühlsturzgraben

Im wesentlichen sind bei den Geschehnissen des Jahres 2000 im Mühlsturzgraben zwei Arten zu unterscheiden: das direkt und indirekt durch Lawinenschnee beeinflusste und das ohne Lawinenschnee bzw. mit nur noch geringen Restmengen an Schnee im Graben.

Lawinen

Mehrere Lawinenabgänge kamen auf den Ablagerungen der Sturzmasse zu liegen. Dabei wurde der Mühlsturzgraben vollständig verfüllt und das obere Niveau der Böschung gegen den Standgraben erreicht. Nachfolgender Lawinenschnee konnte so seinen Weg gegen den Standgraben hin nehmen.

In einem schneereichen Winter muss also damit gerechnet werden, dass die Lawinen aus dem Bereich des Einzugsgebietes des oberen Mühlsturzgrabens sich einen Weg in den Standgraben bahnen und damit dort in der Folge auch das Abflussgeschehen mit beeinflussen.

Nennenswerte Umlagerungen des Sturzmaterials bewirkten die Lawinenabgänge des Winters 1999/2000 nicht, auch wenn sie sicher einige Blöcke mit sich rissen und fortbewegten.

Schneedeckenentwicklung des Lawinenschnees und Abfluss

In der Zeit vom Dezember 1999 bis einschließlich Juni 2000 wurden Abflußmessungen nach der „Eimermethode“ am Pflaster der Hirschbichlstraße durchgeführt.

In den Monaten Dezember bis in den März hinein waren nur sehr geringe Abflüsse zu messen. Die in den Monaten Dezember bis März gefallenen Niederschläge hatten dabei keine Auswirkungen auf das Abflussgeschehen, sie wurden vollständig abgepuffert.

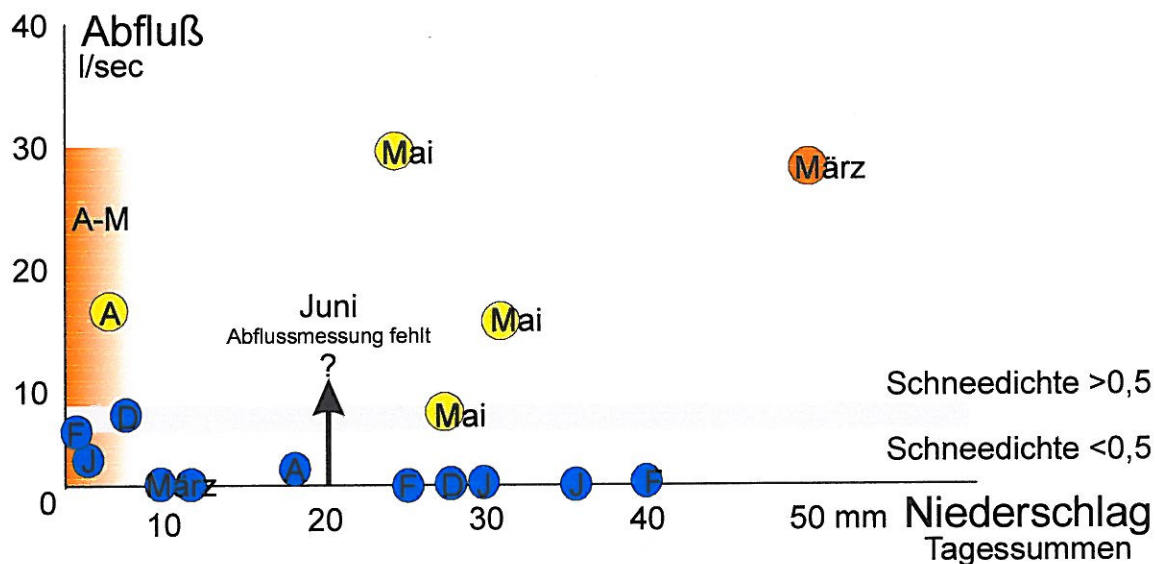
Begleitend dazu wurde die Schneedichte des Lawinenschnees erhoben. Dabei wurde festgestellt, dass in diesem Zeitraum die Schneedichte unter 0,5 lag. Im März 2000 ließ sich einhergehend mit steigenden Temperaturen eine deutliche Zunahme der Lawinen-Schneedichte verzeichnen ($>0,5$).

Im April und Mai 2000 konnten Abflüsse von bis zu 30 l/s aus dem Mühlsturzgraben gemessen werden, die rein auf den abschmelzenden Schnee zurückzuführen sind (durch steigende Temperaturen gesteuert). Beobachtungen dabei zeigten auch, dass das Abflussgeschehen von den Hochlagen um 2000 m beeinflusst wird. Sobald nur ein bißchen Neuschnee in den Hochlagen fiel, diese überzuckert und gefroren waren, kam nur noch wenig Abfluss.

Niederschläge in dem Zeitraum ab April konnten durch den Lawinenschnee nicht mehr abgepuffert werden, sie hatten unmittelbare und verstärkte Abflüsse zur Folge.

Ende Juni / Anfang Juli setzten starke Abschmelzungen des Lawinenschnees im oberen Grabenbereich ein, allerdings mit nur geringen oder keinen Auswirkungen auf das Abflussgeschehen.

Diese Verhältnisse sind in der nachstehenden Abbildung zusammengefaßt.



A(pril)-M(ai): temperaturgesteuerte Abflüsse, Schneeschmelze
 D: Dezember, J: Januar, F: Februar, A: April, J: Juni
 blau eingetragen: Niederschlagsereignisse, die keine größeren Abflüsse zur Folge hatten
 gelb eingetragen: Niederschlagsereignisse, die unmittelbar Auswirkungen auf das Abflußgeschehen zeigten
 rot eingetragen: Niederschlagsereignis Ende März mit der höchsten Tagessumme

Abbildung 4: Niederschlag und Abfluss (Dezember bis Juni) aus dem Mühlsturzgraben

Die Folgerungen daraus sind: Beträgt die Schneedichte $< 0,5$, werden Niederschläge aufgefangen und zeigen keinerlei Auswirkungen auf das Abflussgeschehen. Bei einer Schneedichte $> 0,5$ und steigenden Temperaturen ist mit einem Abflussgeschehen in Höhe von bis zu 30 l/s zu rechnen, relativ unabhängig vom Niederschlag, aber schon geringe Niederschläge können den Abfluss unmittelbar erheblich verstärken.

Nach den Beobachtungen des Jahres 2000 ist, solange genügend Schnee im Graben liegt, eine Murtätigkeit eher unwahrscheinlich; der Lawinenschnee hält das Blockmaterial im Graben zusammen. Dennoch ist aufgrund der Beobachtungen im Sommer 2000 bei Abflüssen um 30 l/s mit einsetzendem Geschiebetransport zu rechnen.

Muren und Materialumlagerungen

Aus der nachfolgenden Zusammenstellung der Fa. FENDT, Baggerbetrieb, Ramsau, für den Zeitraum Juli - September 2000 sind die Tage ersichtlich, an denen die Hirschbichlstraße im Bereich des Mühlsturzgrabens (Pflaster bzw. Furt) geräumt werden musste:

04.07.	29.07.	28.08.
08.07.	30.07.	29.08.
09.07.	03.08.	31.08.
11.07.	04.08.	07.09.
18.07.	07.08.	21.09.
27.07.	08.08.	
28.07.	09.08.	

Anmerkung: am 29.08. wurde noch das Murmaterial des Vortages entfernt.
 Im Oktober 2000 mußte nicht mehr geräumt werden.

Es hat also an bzw. vor diesen Tagen oder in der Nacht Materialumlagerungen bzw. Muren gegeben, die die Straße unpassierbar machten. Dabei wurden teilweise mehrere m³ - Blöcke umgelagert, die mit einer Art Kugellagereffekt auf kleineren Blöcken bewegt worden sein dürften. Bei diesem Geschehen wurden auch die älteren und jüngeren Schuttablagerungen im Mühlsturzgraben wieder angeschnitten und deren Material zum Teil mobilisiert. Das Geschehen erstreckt sich dabei über die ganze Breite des Mühlsturzgrabens. Es können metertiefe Gräben an der einen Seite entstehen, während im Meterbereich mächtige Ablagerungen an der anderen Grabenseite aufgeschüttet werden. Diese können aber schon bei dem nächsten Ereignis mobilisiert werden oder der vorherige Graben wird weiter eingetieft bzw. aufgefüllt.

Die Mure am 02.08. abends: mehrere Schwälle in wenigen Minuten Abstand: der Wildbach verlegt sich mehrmals, staut sich auf und bricht dann erneut durch. Nach der Beobachtung des Geschehens durch die Augenzeugen *Bettina Bolz* und *Tobias Hüttner* (Praktikanten der NPV), stellt das schwallartige Geschehen eine ernst zu nehmende Gefahr für den Verkehr auf der Hirschbichlstraße dar.



Abb. 5: Das Ereignis am 02.08.2000 (Aufnahme: *B. BOLZ* u. *T. HÜTTNER*)

Bei kleinen Ereignissen kommt es zu vielen kleineren Materialumlagerungen im Graben, wodurch der Wasserlauf häufig seine Bahn ändert und damit auch die ganze mögliche Abflussbreite ausnutzt. Bedeutendere Ereignisse (02.08.) führen aufgrund der hohen Wasserenergie dazu, dass der Graben in direkter Linie (Falllinie) durchflossen wird und somit für Folgeereignisse wieder eine markante Abflussbahn zur Verfügung steht.

Die auslösenden Niederschläge

Während des Frühjahres 2000 wurde direkt im Bereich des südlichen Großen Mühlsturzgrabens knapp oberhalb der Hirschbichlstraße ein Totalisator installiert. Nach den ersten Auswertungen (bis Mitte Juli 2000) hat sich schnell gezeigt, dass der Niederschlagsverlauf in zeitlich hoher Auflösung von Bedeutung ist. Es wurde daher ein hochauflösender Niederschlagsmesser an gleicher Stelle installiert, um den Niederschlagsverlauf über den Tag hinweg exakt erfassen zu können. Mit diesen Daten war es möglich, schrittweise in immer höherer Auflösung den Niederschlagsverlauf zu analysieren:

Erster Schritt: Die zu der „Fendt-Liste“ gehörenden Niederschlagstagesummen / mm:

04.07.: -	29.07.: 26,2	27./28.08.: 4,2/68
08.07.: -	30.07.: 48,6	29.08.: 0

09.07.: -	02./03.08.: 15,7/29,1	30./31.08.: 18,617,2
11.07.: -	04.08.: 17,9	06./07.09.: 7,0/63,6
17./18.07.: 9,1/13,7	06./07.08.: 25,9/41,1	21.09.: -
26./27.07.: 15,8/20,5	08.08.: 32,9	
28.07.: 21,1	09.08.: 6,5	

Diese teilweise absolut recht niedrigen Niederschlagstagesummen lassen sich nicht auf den ersten Blick zu den stattgefundenen Mur- bzw. Wildbachereignissen in Bezug setzen bzw. mit diesen Werten allein können die Ereignisse im Mühlsturztal nicht erklärt werden, zumal an anderen Tagen wesentlich größere Niederschlagsereignisse keine Murtätigkeiten auslösten.

Zweiter Schritt: Stundenmittel. Die Stundenmittel (z.Bsp. > 5 mm Niederschlag) lassen sich gut mit der „Fendt-Liste“ korrelieren. Wie aber aus den schon dargestellten Beobachtungen der Einzelereignisse ersichtlich ist, setzt der Abfluß und dann im weiteren das Wildbach- bzw. Murgeschehen sehr plötzlich ein. Da es aber Ziel der Niederschlagsauswertung war, möglichst zeitnah kritische Niederschlagswerte zu ermitteln, wurden im weiteren zwei (Einzel-) Ereignisse näher untersucht.

Dritter Schritt: Betrachtung zweier Einzelereignisse.

Für die Ereignisse vom 02.08. und 08.08 zeigt sich, dass der Niederschlag mit relativ hohen Werten einsetzt (4,5; 5,8 u. 4,5 mm / 10 min) und dann im weiteren Verlauf erheblich nachläßt (1,1; 2,1 u. 0,7 mm / 10 min).

Vierter Schritt: Annäherung an einen Zehnminutenwert, der gute Übereinstimmung mit den stattgefundenen Ereignissen zeigt. Niederschlagswerte >4 mm / 10 min zeigen noch zuwenig Übereinstimmung mit den tatsächlich stattgefundenen Ereignissen, ebenso Werte >3 mm / 10 min.

Dagegen ist eine sehr gute Übereinstimmung mit den tatsächlich stattgefundenen Wildbach- bzw. Murereignissen bei Niederschlagswerten >2 mm/10 min festzustellen.

Dies bedeutet: Wenn mehr als 2 mm Niederschlag in weniger oder gleich 10 min registriert werden, ist mit plötzlich einsetzenden Murtätigkeiten bzw. wildbachartigem Geschehen zu rechnen. Absolute Niederschlagstagesummen oder Stundenmittel reichen nicht aus, um das Geschehen im Mühlsturztal zeitnah zu erfassen.

Dagegen ist die genaue Erfassung und Auswertung des Niederschlagsverlaufes als Methode dazu geeignet, sowohl die vergangenen Ereignisse nachzuvollziehen wie auch -allerdings kurzfristige, aber konkrete- Vorhersagen bezüglich der Murereignisse zu treffen.

Anhang: Literatur

- Fecker, E u. Reik, G. (1987). Baugeologie. Enke, Stuttgart.
- Langenscheidt, E. (1988). Ingenieurgeologisch-felsmechanische Charakterisierung der verbreitetsten Festgesteine im Alpenpark Berchtesgaden. Ökosystemforschung Berchtesgaden.
- Langenscheidt, E. (2001). Geologie der Berchtesgadener Berge. Berchtesgadener Anzeiger.
- Langenscheidt, E. u. Otholt, D. (1998). Geologische Karte von Bayern 1: 25 000, Nationalpark Berchtesgaden. Bayer. Geol. L.- A., München.
- Penk, A. u. Richter, E. (1885). Das Land Berchtesgaden. Zschrft. Dt. u. Österr. Alpenver., 16, 217-298, Salzburg.