

Der Felssturz am «Hellhore» in Kandersteg vom 16. August 2008

Kaspar Graf¹, Daniel Tobler¹

Stichworte: Felssturz, Fragmentierung, Gefahrenkarte, Impuls, Naturgefahren, Risiko, sekundärer Steinschlag

Zusammenfassung

Der Felssturz aus dem «Hellhore» südwestlich von Kandersteg vom 16. August 2008 (mit einem Volumen von 400 - 500 m³) hat ein 100-jähriges Wohnhaus durch Steinschlag weitgehend zerstört. Die Ausbruchsnische liegt in verfalteten Öhrlikalk-Serien der Gellihorn-Decke. Die Wand besteht aus zwei praktisch senkrechten Bereichen, welche von einer markanten Felsterrasse unterteilt wird. Die Sturzhöhe betrug insgesamt rund 450 m. Das Ereignis ging mit einer Druckwelle und starker Lärm- und Staubentwicklung einher. Die seismischen Stationen Leukerbad, Sanetschpass und Wimmis registrierten den Sturz vermutlich. Eine rechnerische Lokalisierung war aber nicht möglich. Durch den Aufschlag auf der Zwischenterrasse zerbarst der Felskörper in einzelne, teilweise sehr grosse Felsblöcke mit Volumina bis über 100 m³. Die Sturzkomponenten zerstörten den Schutzwald auf der steilen Schutthalde unterhalb der Wand weitgehend und rollten in der Ebene rasch aus. Bei der Fragmentierung der Sturzmasse wurden zudem zahlreiche Steine teilweise weit in die Tal Ebene hinauskatapultiert. Diesem Effekt der Fragmentierung mit Übertragung massgeblicher Impulse auf kleine Massen sollte bei Gefahrenbeurteilungen vermehrt Beachtung geschenkt werden.

Abstract

During the «Hellhore» rockfall southwest of the village of Kandersteg on August 16th, 2008, a 100 years old country-house was destroyed by rock impacts. The detachment zone lies in the folded limestone series of the Öhrlikalk of the Gellihorn Nappe. The rock wall consists of two successive, nearly vertical sections with a prominent rocky terrace in-between. The total height from the detachment zone to the valley floor is about 450 m. The event produced a blast wave as well as intense sound and dust. The seismic recording stations of Leukerbad, Sanetschpass and Wimmis most probably detected the event. The impact of the monolith on the terrace produced various fragments from a few large blocks with volumes larger than 100 m³ to numerous small and medium sized blocks that destroyed the protective forest growing on the alluvial fan. All blocks stopped near the foot of the slope as predicted by simulation for the hazard map. Fragmentation also led to the formation of numerous rocks that were ejected far away from their source at high speeds. Fragmentation and the possible transfer of high impulses to small parts of the falling mass should be considered more in detail in future rock-fall hazard assessment studies.

¹ GEOTEST AG, Birkenstrasse 15, 3052 Zollikofen; zollikofen@geotest.ch

1. Einleitung

Am 16. August 2008 ereignete sich um 9 Uhr am «Hellhore», auf einer Höhe von zirka 1650 m ü. M. westlich der Talstation der Allmenalpbahn in Kandersteg, ein Felsausbruch von rund 400 - 500 m³ Volumen. Da das Gebiet zum Zeitpunkt des Ereignisses noch von Nebel eingehüllt war, konnte der eigentliche Abbruch nicht beobachtet werden. Anwohner erzählen von Getöse, Erschütterungen und einem starken Windstoss, welche den Sturz begleiteten.

Ein grosser Felsfeiler war aus der senkrechten Ostflanke des «Hellhore» ausgebrochen und nach zirka 100 m freien Falls auf ein breites, zum Tal steil abfallendes Fels- und Schuttband aufgeschlagen. Dabei zerbarst er in viele kleine bis sehr grosse Blöcke, welche von da auf die 200 m tiefer liegende bewaldete Schutthalde abstürzten und in

einem grossen Streufeld in der Talebene am Fuss des Hanges abgelagert wurden (Fig. 1, 2). Zwei Grossblöcke verschwanden beim Einschlag vollständig im weichen Torfboden. Der grösste liegen gebliebene Block erreicht ein Volumen von knapp 100 m³.

Ein etwa 40 m vom Hangfuss entfernt stehendes Wohnhaus wurde von Steinen und kleinen Blöcken getroffen und stark beschädigt. Vor der Talstation der Luftseilbahn parkierte Autos und sogar ein über 150 m vom Hangfuss entferntes Bauernhaus wurden durch herumfliegende Steine getroffen. Menschen kamen glücklicherweise bei dem Ereignis nicht zu Schaden.

Um zirka 06:59:55 h GMT (GMT + 2 h ≈ 9 h) zeigen die seismischen Stationen Leukerbad (LKBD, LKBD2), Sanetschpass (SENIN) und Wimmis (WIMIS) Signale, die nach Aussage

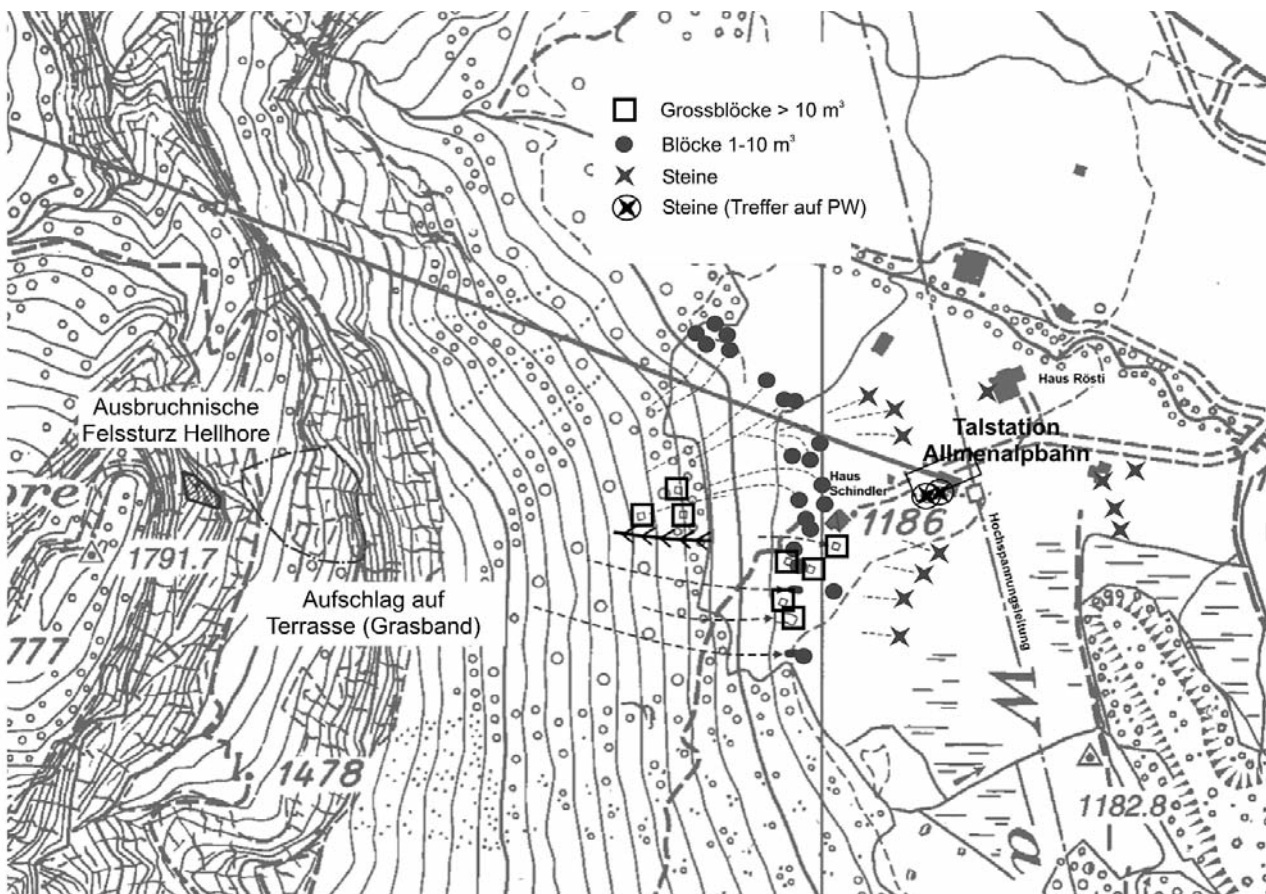


Fig. 1: Situation des Felssturzgebietes Hellhore – Allmenalpbahn mit Ausbruchgebiet und Ablagerungsfeld der Blöcke und Steine (Übersichtsplan 1:10'000).

des schweizerischen Erdbebendienstes der ETH Zürich einem Bergsturz in der Gegend von Kandersteg entsprechen könnten (Fig. 3). Die Impulsstärke war jedoch zu schwach, um eine rechnerische Lokalisierung zu ermöglichen.

2. Geologie

2.1 Allgemeiner geologischer und morphologischer Überblick

Der Gipfel und die Ostwand des «Hellhore» gehören tektonisch zur Gellihorn-Decke, welche nach Norden rasch auskeilt (Landeshydrologie und -geologie 1993). Die schroffe, rund 400 m hohe Felswand wird von verfalteten Serien der Unteren Kreide (Öhrli-Kalk, Öhrli-Mergel) aufgebaut und ist etwa auf hal-

ber Höhe durch ein breites, nach Südosten abfallendes Felsband unterteilt (Fig. 4). Auf der topographischen Karte (Fig. 1) verläuft hier noch der alte Bergweg vom Tal auf die Allmenalp.

Das Gebiet um Kandersteg ist bekannt für grosse, spontane Sturzereignisse. Nebst den bekannten und vielfach zitierten Fisistock-, Bire-, und Oeschinenbergstürzen (Heim 1932) gibt es weitere dokumentierte Felsstürze, deren Ablagerungen heute zum Teil noch sichtbar sind. Bereits Adrian (1915) stellte in seiner Dissertation richtig fest: «...kleinere Bergstürze, besonders aus Malm, sind häufig» oder: «...auch Öhrli-Kalk ist bekannt für spontane Ausbrüche...».



Fig. 2: Aufnahme des Sturzgebietes aus der Seilbahnkabine mit Streufeld der Blöcke, Einschlagtrichter von zwei Grossblöcken (Pfeile), beschädigtem Haus und Talstation der Allmenalpbahn. Kreise = Schäden durch Treffer von Steinen und kleinen Blöcken.

2.2 Geologische Verhältnisse im Ausbruchgebiet

Der Ausbruch erfolgte aus dem oberen Teil der praktisch senkrechten, lokal sogar überhängenden Wand auf einer Höhe von rund 1660 - 1700 m ü. M. Insgesamt stellt die Ausbruchnische wohl den Kern einer nahezu liegenden Antiklinale mit nach Süden leicht abtauchender Faltenachse dar. Nach Norden streicht diese Falte in die Luft aus. In der Umbiegung (Dach) der Falte ist ein Felskeil von rund 400 - 500 m³ Volumen ausgebrochen (Fig. 5a, 5b). Die Nische ist im Süden von einer steil stehenden Kluft vom anstehenden Felsverband abgetrennt. Eine genauere Bestimmung des tatsächlichen Ausbruchvolumens ist schwierig, da der Verlauf der früheren Felsoberfläche unklar ist. Wir

verfügen momentan nicht über detaillierte Bilder der Felswand vor dem Ereignis.

3. Beschreibung des Ereignisses

Der Ablauf des Ereignisses kann lediglich auf Grund der herum liegenden Sturzkörper («stumme Zeugen») rekonstruiert werden. Die Personen welche sich im unmittelbaren Sturzgebiet aufhielten, berichten von einer apokalyptischen Szene mit Getöse, sowie starker Wind- und Staubentwicklung. Die riesigen Blöcke fielen offenbar aus der tief liegenden Nebeldecke heraus, ohne dass ihre Herkunft zu erkennen war. Nachbrüche ereigneten sich nur vereinzelt. Dabei handelte es sich vermutlich um auf der Terrasse liegen gebliebenes Erd- und Felsmaterial, das

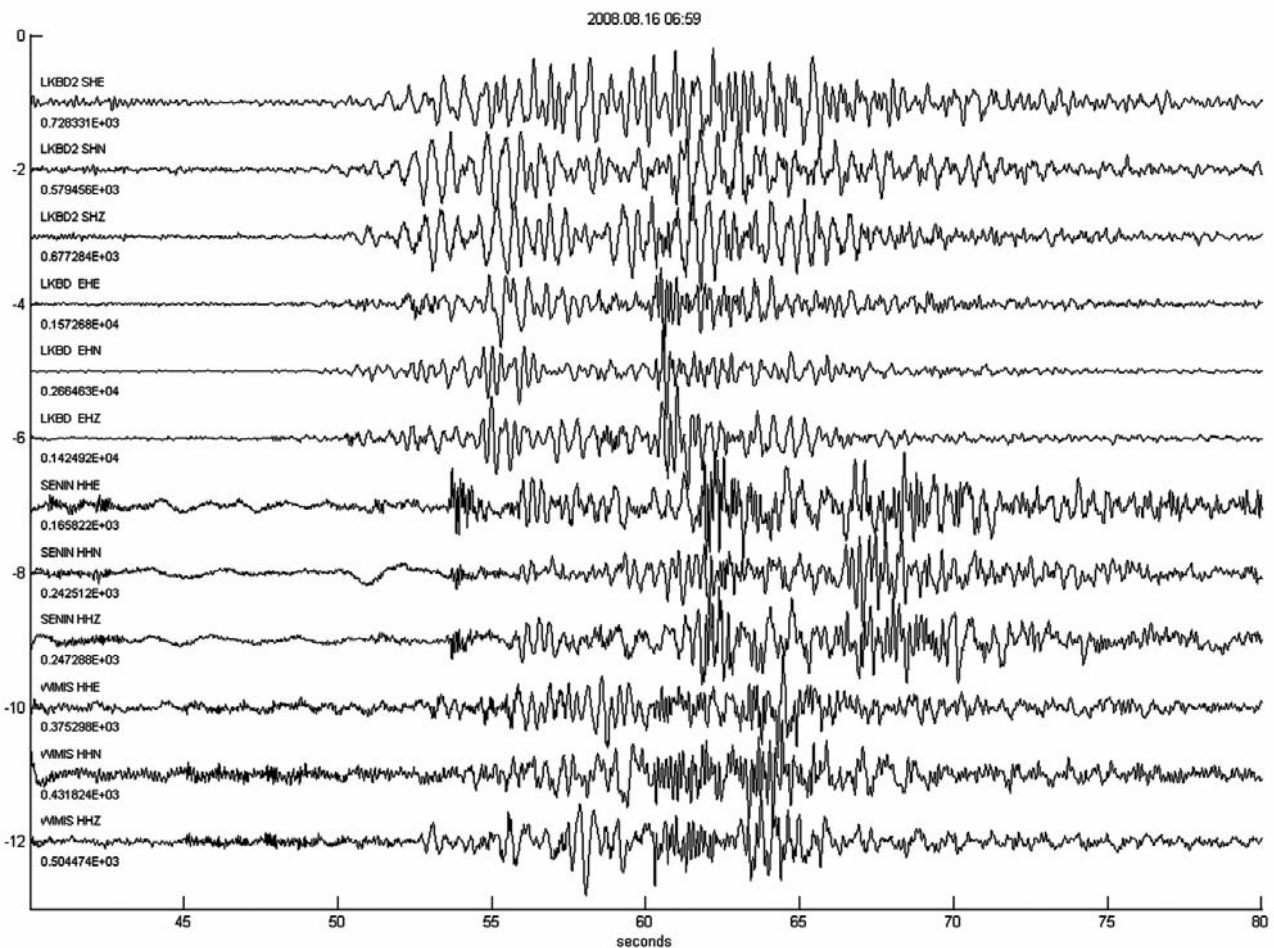


Fig. 3: Aufzeichnung der seismischen Stationen Sanetschpass (SENIN); Leukerbad (LKBD, LKBD2) und Wimmis (WIMIS) für die fragliche Zeit vom 16. August 2008 (06:59:55 GMT).

später wieder mobilisiert wurde und abstürzte.

Wahrscheinlich ist der nun fehlende Felskeil aus seiner überhängenden Lage praktisch in einem Stück herausgefallen bzw. auf den steilen Widerlagern abgeglitten und auf die darunter liegende Felsterrasse aufgeschlagen. Diese Terrasse fällt talwärts mit rund 40° ab und war vor dem Ereignis nur mit geringmächtigen Schuttablagerungen bedeckt (Fig. 6).

Durch den Aufschlag zerbarst der Felskeil in hunderte kleine und einzelne sehr grosse Blöcke. Die kleinen Sturzkomponenten blie-

ben zu grossen Teilen bereits auf der Schutthalde liegen oder erreichten knapp den Hangfuss. Grössere Fragmente mit Volumina bis zu einigen Kubikmetern stürzten durch den teilweise bewaldeten Abhang und rollten noch 10 bis 20 m in die Ebene hinaus. Dabei hinterliessen sie im hohen Gras gekrümmte Trajektorien (Fig. 7).

Durch den Aufprall des monolithischen Felskeils auf der Terrasse entstanden aber auch 15 bis 20 Grossblöcke mit Volumina von einigen Kubikmetern bis über 100 m³. Diese stürzten mit grosser Zerstörungskraft durch

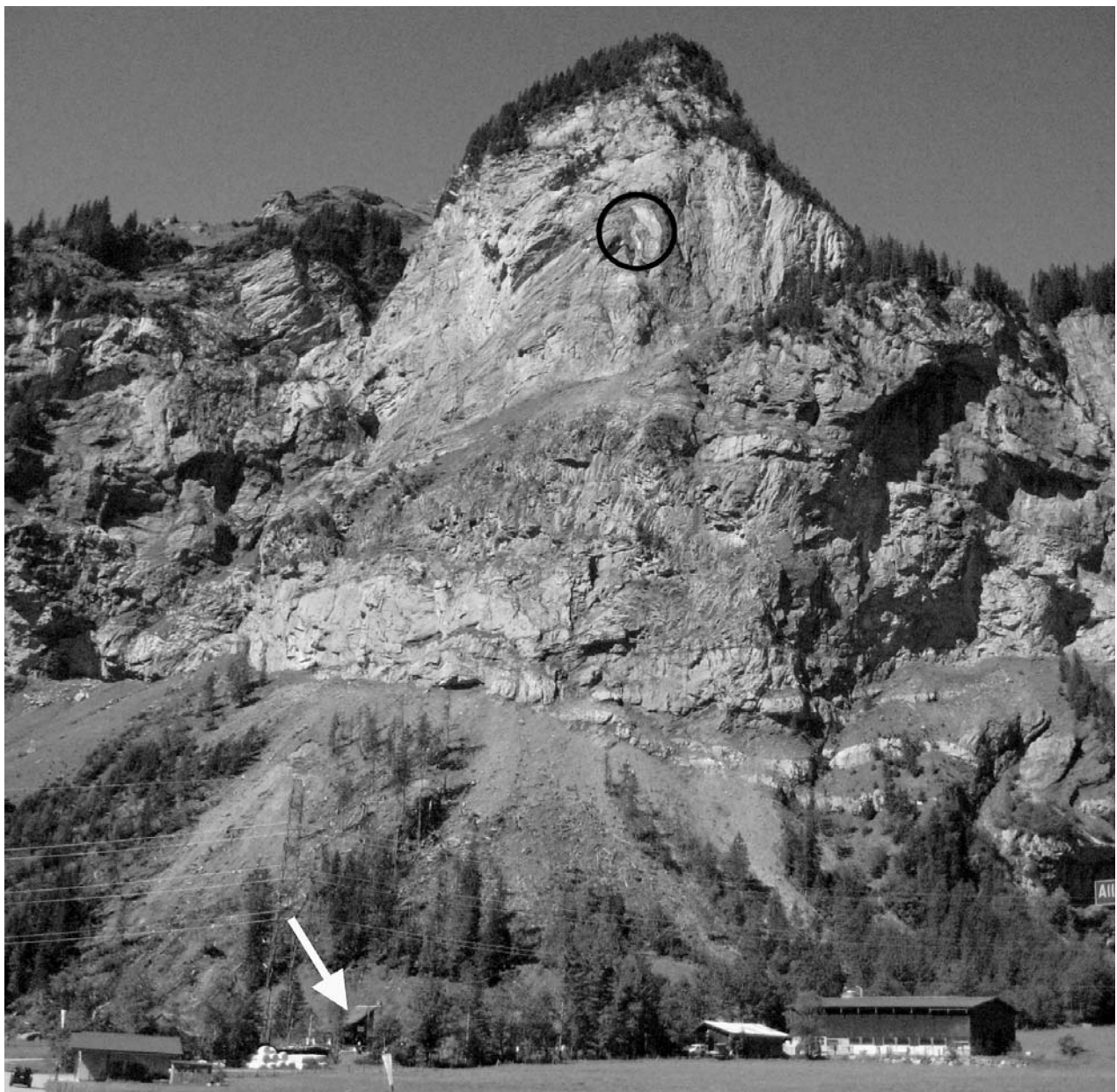


Fig. 4: Ansicht der Felswand des «Hellhore» über der Talstation der Allmenalpbahn (Pfeil). Der Kreis bezeichnet das Ausbruchgebiet des Felssturzes vom 16. August 2008.



Fig. 5: Zwei Ansichten der Ausbrunnische in westlicher (links) bzw. südwestlicher (rechts) Blickrichtung. Gut sichtbar ist die gebogene Schichtfläche (Pfeile), die Kluftfüllung (Pfeile gepunktet) und die Wasserfahnen auf den Felsflächen (Pfeile gestrichelt).

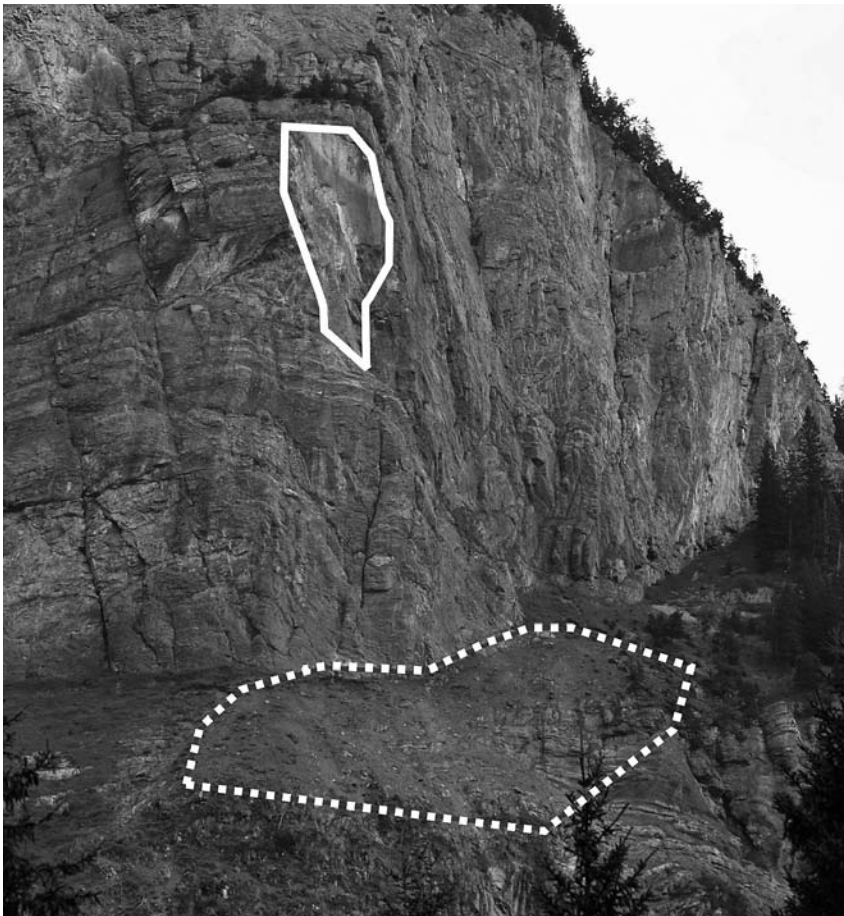


Fig. 6: Felsterrasse unterhalb der Ausbrunnische (weiss umrandet) mit Aufschlagspuren (gepunkteter Umriss).



Fig. 7:
Aufnahme der gekrümmten Sturzbahnen der kleineren und mittleren Sturzblöcke.

den Schutzwald ab und schlugen am Fuss des Hanges auf den weichen Talboden auf. Die kleine Geländerippe (Fig. 1) im unteren Teil des Hanges lenkte dabei die Trajektorien nach Süden ab, sodass alle Grossblöcke südlich des Wohnhauses einschlugen. Die drei vermutlich grössten Blöcke verschwanden vollständig im weichen Torfboden der Talebene und hinterliessen nur wassergefüllte Einschlagtrichter. Die effektiven Grössen und Eindringtiefen dieser Sturz-

komponenten sind heute unbekannt (Fig. 8). Das Ereignis zerstörte den Schutzwald auf dem Hangschuttkegel weitgehend. Neben den beschriebenen Blöcken wurden bei der Fragmentierung der Sturzmasse auch zahlreiche Steine abgespalten, welche teilweise weit in die Talebene hinausflogen. Diese Steine waren für die hauptsächlichen Schäden an Häusern und Autos verantwortlich (Fig. 9). Ein Stein mit einer Masse von rund zwei Kilogramm wurde neben einem



Fig. 8:
Streifeld der Grossblöcke mit wassergefüllten Einschlagtrichtern.

Schuppen in zirka 500 m Horizontaldistanz von der Ausbruchsstelle entfernt gefunden. Solche Komponenten müssen jeweils in direktem Flug von den Aufschlagstellen auf dem Grasband an die Ablagerungsorte gelangt sein.

Bei den Aufprallstellen im Talboden wurden zwei verschiedene Phänomene beobachtet; einerseits waren die Steine nach der Landung im hohen Gras in gerader Linie einige Meter weitergerollt bzw. gerutscht, andererseits gab es Komponenten, welche sich in flachem Winkel etwa 30 cm in den Boden gebohrt haben (vgl. Kap. 8). Funde dieser Art wurden noch in 480 m Horizontaldistanz von der Ausbruchsstelle entfernt festgestellt. Alle diese Beobachtungen deuten darauf hin, dass beim Aufprall des Felskeils auf das Grasband offenbar ein Steinschauer mit teilweise grossen Impulsen entstanden ist. Die daraus hervorgehenden Projektile hatten eine entsprechend (untypisch) grosse Reichweite.



Fig. 9: Schlagspuren durch Steinschlag an PW vor der Talstation.

4. Kausalität

Der unmittelbare Auslöser des Felsabbruchs war der starke Niederschlag des Vortages. In der Abbruchsstelle konnte bei der Befliegung wenige Stunden nach dem Ereignis austretendes Kluftwasser beobachtet werden.

Die Kluftflächen der Ausbruchsnische sind teilweise mit braunem Lockermaterial bedeckt; ein klares Zeichen dafür, dass schon während längerer Zeit eine offene Kluft bestand, in die Erdmaterial eingefüllt wurde. Wir vermuten, dass durch die ungünstigen Verschneidungen der Kluft- und Schichtgeometrien eine langsame Ablösung vom Felsverband erfolgen konnte. Zudem wurde die Destabilisierung durch den überhängenden Felswandverlauf zusätzlich begünstigt.

5. Gefahrenpotenzial

In der Gefahrenkarte Kandersteg (Geotest 2001) sind Fels- und Bergstürze als Restrisiko berücksichtigt. Die Abgrenzung der Gefahrenzonen erfolgte auf der Basis von 3-D Steinschlagsimulationen und Feldbeurteilungen für Einzelereignisse von Blockschlägen. Sekundärer, hochenergetischer Steinschlag aus der Fragmentierung von Grossblöcken wird in der Gefahrenbeurteilung nicht berücksichtigt.

Der Bericht zur Gefahrenkarte bemerkt richtig, dass «...Blöcke, welche weit oben am Hellhore ausbrechen, ... den Talboden trotz des relativ weichen Untergrundes (des Schuttkegels) mit hohen Energien erreichen». Ein solches Szenario wird als selten bis sehr selten eingestuft.

Die tatsächlichen Reichweiten der in der Ebene liegenden gebliebenen Blöcke entsprechen den ausgeschiedenen Gefahrenperimetern.

Wir gehen davon aus, dass am Fuss des «Hellhore» heute dieselben Stein- und Blockschlaggefahren wie vor dem Ereignis bestehen. Die Beurteilung des Ausbruchgebietes

erlaubt, grössere, unmittelbar Absturz gefährdete Massen auszuschliessen. Wegen der Zerstörung des Schutzwaldes werden jedoch auch Sturzkomponenten aus dem unteren Felswandbereich vermehrt den Hangfuss erreichen. In ungünstigen Fällen (bei gefrorenem Boden oder bei runden Blockformen) können diese weiter als bisher in die Ebene hinausrollen.

Die Felswand des «Hellhore» weist weitere Felspartien mit analogen tektonischen und strukturellen Eigenschaften auf. Somit muss auch in Zukunft mit ähnlichen Ereignissen gerechnet werden.

6. Risikosituation

Die Autoren wurden beauftragt, die spezifische Risikosituation für die Allmenalpbahn und deren Benutzer im Hinblick auf allfällig notwendige Schutzmassnahmen zu prüfen. Die Arbeiten dafür sind noch im Gange – gleichwohl ist auf der Basis der aktuellen Erkenntnisse eine generelle Einschätzung möglich.

Da von der Felswand heute dasselbe Gefahrenpotenzial ausgeht wie es der Gefahrenkarte zu Grunde liegt, sind die Risiken für die Bahnbenutzer sehr gering. So genannt «normaler» Stein- und Blockschlag aus der Felswand kann weder Talstation noch Seil oder Kabine erreichen.

Der Felssturz hat jedoch gezeigt, dass die Anlagen und damit Personen, welche sich in deren Umgebung aufhalten, durch sekundären Steinschlag gefährdet sind. Es bleibt nun zu klären, ob die daraus resultierenden Risiken akzeptierbar sind.

7. Schutzmassnahmen

Im Rahmen des Auftrages sind generelle Schutzmassnahmen zu prüfen. Diese müssen primär dem Schutz von Menschen dienen. Materielle Schäden sind nur relevant, sofern sie den sicheren Betrieb der Trans-

portanlagen betreffen. Es soll eruiert werden, welche Auswirkungen ein Treffer der Station, der Seilanlage oder der Kabine haben könnte.

Technische Massnahmen sind generell schwierig zu realisieren, da der Steinfall entlang ballistischer Trajektorien direkt erfolgen kann. Rückhaltmassnahmen müssten diesen hohen Flugbahnen Rechnung tragen. Ein anderer Ansatz für den Schutz ist die Armierung sensibler Bauwerksteile im Bereich der Talstation. Die Tragseile und die Kabine können jedoch kaum geschützt werden.

Betrachtet man die Risikosituation für die Touristen und das Bahnpersonal, so wird klar, dass vor allem die Exposition während der Umschlagszeiten (Parkplatz) massgeblich ist. Diese Risiken können mit einfachen organisatorischen Massnahmen minimiert werden.

8. Bedeutung für die Gefahrenbeurteilung

Auf Grund der guten Rekonstruierbarkeit des Felssturzes lassen sich einige Besonderheiten erkennen, welche auch für die Gefahrenbeurteilung in anderen Gebieten von Bedeutung sein könnten.

Eine Besonderheit stellen sicherlich die «Steinsplitter» dar, welche bei einer Höhendifferenz von 350 m ab Grasband bis rund 500 m Horizontaldistanz in direktem Flug zurücklegten. Die Einschlagspuren im Gras waren zum Teil einige Meter lang und gestreckt, was einerseits auf eine hohe Aufschlaggeschwindigkeit und andererseits auf einen relativ flachen Aufschlagwinkel hindeutet. Dort wo der Winkel grösser war, waren die Projektile in den Boden eingedrungen. Fig. 10 zeigt einen Einschlagtrichter am Rand des Moores, rund 480 m Horizontaldistanz vom Ausbruchgebiet entfernt. Unter der Annahme, dass die Flugbahnen von der Aufschlagstelle auf dem Grasband aus horizontal verliefen, muss ein Stein von

einem Kilogramm Masse eine horizontale Anfangsgeschwindigkeit von über 40 m/s aufweisen, um bei einer freien Fallhöhe von 350 m die Horizontaldistanz von 500 m zu überwinden. Die geraden Schlagspuren und flachwinkligen Einschlagtrichter könnten darauf hindeuten, dass die Flugbahnen flacher verliefen, bzw. die Steine nicht horizontal sondern nach unten gerichtet von ihrem Entstehungsort wegflogen, mit entsprechend höheren Anfangsgeschwindigkeiten. Auf Grund der heutigen Erkenntnisse kann davon ausgegangen werden, dass nur solche sehr seltenen Grossereignisse einen derartigen Effekt haben können. Das Ereignis muss als ausserordentlich eingestuft werden. Die bestehende Gefahrenkarte berücksichtigt dies als Restgefährdung.

Literatur

- Adrian, H. (1915): Geologische Untersuchung der beiden Seiten des Kandertals im Berner Oberland. – Dissertation der Philosophischen Fakultät der Universität Bern, 354 S.
- GEOTEST AG (2001): Kandersteg, Technischer Bericht zur Gefahrenkarte.
- GEOTEST AG (2008): Kandersteg, Felssturz «Hellhore» vom 16. August 2008. – Bericht Nr. 08291.1 vom 29.8.2008.
- Heim, A. (1932): Bergsturz und Menschenleben, Fretz & Wasmuth Verlag AG, Zürich.
- Landeshydrologie und -geologie (1993): Geologischer Atlas der Schweiz, Blatt 1247, Adelboden.



Fig. 10: Einschlagtrichter eines Steines im weichen Boden. Das Projektil ist in einem Winkel von weniger als 30° rund 25 cm eingedrungen.