

Die Bergstürze am Rossberg und die Massenbewegung in Folge des Unwetters vom August 2005 : ein Exkursionsführer

Autor(en): **Thuro, Kurosch / Rick, Beat / Bollinger, Daniel**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin für angewandte Geologie**

Band (Jahr): **11 (2006)**

Heft 2

PDF erstellt am: **17.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-226168>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die Bergstürze am Rossberg und die Massenbewegungen in Folge des Unwetters vom August 2005 - ein Exkursionsführer

Kurosch Thuro¹, Beat Rick², Daniel Bollinger³

Stichworte: Subalpine Molasse, Bergsturz, initiale Felsrutschung, Massenbewegungen August 2005, Nässeperiode, Goldau, Rossberg

Zusammenfassung

Der historische Bergsturz am Rossberg gilt als «Lehrbuchbeispiel» eines Bergsturzes. Am Nachmittag des 2. September 1806 gerieten mächtige Nagelfluhpakete auf 25-30° SSE-geneigten Mergel- und Feinsandsteinschichten in Bewegung. Insgesamt stürzten etwa 35-40 Mio. m³ Gesteine der subalpinen Molasse in den besiedelten Talboden von Goldau ab. Die Druckwelle erzeugte im nahe gelegenen Lauerzersee eine mehrere Meter hohe, zerstörerische Flutwelle. Im Zusammenhang mit dem Bergsturzereignis fanden 457 Menschen den Tod. Die Landschaft wurde verändert, die Lebensgrundlagen der überlebenden Bevölkerung über Jahre hinaus zerstört. Am Rossberg fanden Bergstürze bereits in prähistorischer Zeit (sogenannte «Oberarther Bergstürze») und im 13. Jahrhundert statt («Röthener Bergsturz»).

Die Exkursion vermittelt einen Einblick in den geologischen Aufbau des Rossbergs und die verschiedenen Bergstürze im Raum Goldau. Anhand der Ereignisse vom 22./23. August 2005 wird zudem das heute noch vorhandene Gefahrenpotenzial illustriert. Damals kam es infolge anhaltender Niederschläge zu Massenbewegungen in Form von Felsstürzen, Rutschungen und Murgängen, von denen zwei Ereignisse bis in den besiedelten Talgrund vordrangen.

Abstract

The historic Rossberg event is considered to be an exemplary rockslide. In the afternoon of September 2nd 1806, huge slabs of conglomerates (the so-called «Nagelfluh») started to slide along beds of 25-30° southeast dipping marls and sandstones. Totally 35-40 Mio. m³ rocks of subalpine Molasse fell downhill into the settled grounds around Goldau (Schwyz, Switzerland). In the nearby lake of Lauerz the pressure wave in front of the rock avalanche generated a disastrous «tsunami», reaching wave heights of several meters. The rockslide caused the death of 457 persons. It was not only the landscape that got altered, but also the livelihood of the surviving population was completely destroyed. In the Rossberg area rockslides already happened in prehistoric time (the so-called rock avalanche of Oberarth) as well as in the 13th century (rock avalanche of Röthen).

The field trip gives an insight into the geology of the Rossberg and the various rockslides in the area of Goldau. Furthermore, the events of August 2005 are taken to illustrate the still existing hazard of mass movements (rockslides, landslides, debris flows), which can even reach the settled areas.

¹ Lehrstuhl für Ingenieurgeologie an der Technischen Universität München, Arcisstr. 21, 80333 München, Deutschland, thuro@tum.de

² Dr. von Moos AG, Beratende Geologen und Ingenieure, Bachofnerstrasse 5, 8037 Zürich

³ Kantonsforstamt Schwyz; Fachbereich Naturgefahren, Bahnhofstrasse 20, 6430 Schwyz

1. Einleitung

Der Bergsturz am Rossberg vom 2. September 1806 gilt als «Lehrbuchbeispiel» eines Bergsturzes. Die Beschreibung und Analyse des Ereignisses in Heim 1932 gehört zu den Klassikern der Fachliteratur zu Bergstürzen und geologischen Massenbewegungen. Das verheerende Ereignis ist dank zeitgenössischer Aufzeichnungen gut dokumentiert. Forschungsarbeiten (Berner 2004) ergänzen dieses Bild mit neueren, wissenschaftlichen Erkenntnissen. Der geologische Atlas der Schweiz, Blatt Rigi (Hantke 2006), liefert den geologischen und tektonischen Kontext dazu.

Die nachfolgend beschriebene Exkursion fand anlässlich des 200. Jahrestages des Bergsturzes von 1806 statt. Sie vermittelt repräsentative Einblicke in den Aufbau des Rossbergs und die verschiedenen Bergstürze der Vergangenheit, zeigt anhand von Massenbewegungen vom 22./23. August 2005 aber zugleich das stets vorhandene Gefahrenpotenzial auf.

Einschliesslich Fahr- und Marschzeiten sind für die Exkursion 7-8 Stunden aufzuwenden. Wegen der schmalen und kurvenreichen Alpstrassen sind als Transportmittel höchstens Kleinbusse geeignet. Es ist zu beachten, dass für die Strassenabschnitte Geren - Wildspitz und Häni - Spitzibüel Fahrbewilligungen benötigt werden. Die aufgeführten Flurnamen entstammen der topografischen Landeskarte der Schweiz 1:25'000 (Blatt 1151, Rigi). Die Standorte der Exkursion gehen aus der Übersichtskarte in Fig. 1 hervor.

2. Übersicht über die Bergstürze am Rossberg

Standort: Bernerhöchi ①, Schweizer Koordinaten LK 684'900/210'550 oder 685'040/210'640.

Geologie

Der Rossberg ist Teil der Rigi-Rossberg-Schuppe und gehört zur subalpinen Molasse. Die Südflanke des Rossbergs wird aus Schichten der Bunten Rigi-Nagelfluh aufgebaut. Diese besteht hauptsächlich aus mächtigen Konglomeratbänken (Kristallin führende Kalk-Dolomit-Nagelfluh) mit Zwischenlagen von Mergeln und Sandsteinen. In der Nordflanke des Rossbergs und an dessen Westende wird die Bunte Rigi-Nagelfluh von radiolaritreicher Nagelfluh, der Weggis-Nagelfluh und der Molasse Rouge unterlagert. Die am Rossberg aufgeschlossenen Schichten weisen Chattien-Alter auf (vor ca. 30-24 Mio. Jahren).

In der Ausbruchsnische des 1806er Bergsturzes finden sich verschiedene Fossilfundstellen. Neben fossilen Fährten von Vögeln, Rhinoceros, Tapir, Paarhufern und Schildkröten zeugen verschiedene Pflanzenreste von festländischem Milieu (Furrer et al. 2002). Speziell zu erwähnen sind fossile, noch aufrecht im Sediment stehende Baumstrünke in der östlichen Abbruchwand (Furrer et al. 2003). Die Schichten fallen am Rossberg mit ungefähr 25° gegen SSE zu ab (im Hangfussbereich ca. 15°, am Gipfel lokal maximal 30°). Das Gebirge ist von verschiedenen Kluftscharen durchsetzt, welche die Nagelfluh in grosse, mehr oder weniger quaderförmige Blöcke teilten. Vorherrschend sind subvertikale NNW-SSE bis nahezu N-S streichende Klüfte, daneben solche mit ENE-WSW-Streichen. Die Abrissränder der verschiedenen Bergstürze am Rossberg sind wesentlich durch die Klüftung vorgezeichnet.

Disposition für Hangbewegungen

Aufgrund der geologischen Gegebenheiten ist der Rossberg für Hangbewegungen disponiert. Die mit 25-30° gegen SSE geneigten

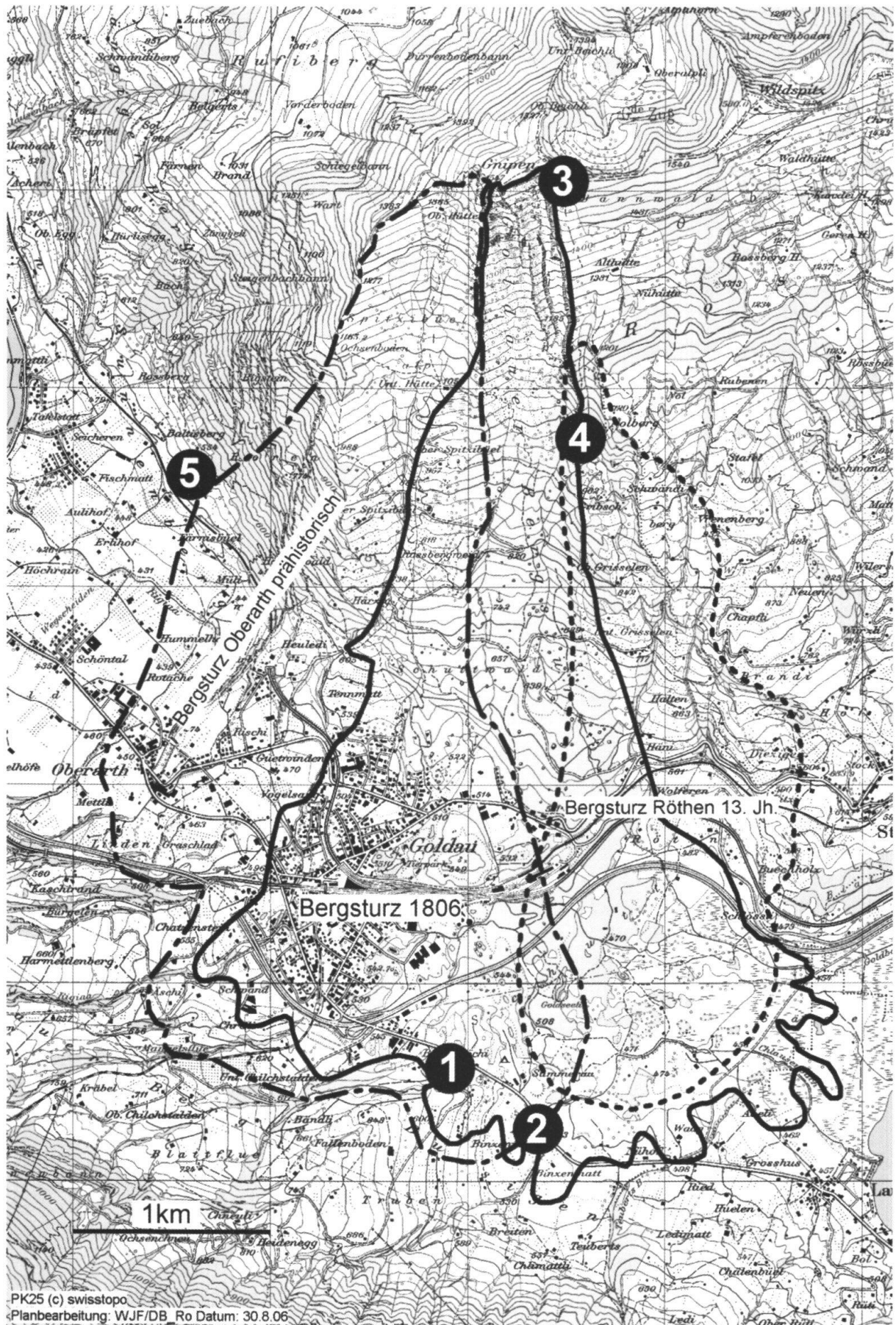


Fig. 7: Übersichtskarte mit den Exkursionsstandorten. Die Umrisslinien markieren die mutmasslichen Abriss-, Transit- und Ablagerungsräume folgender Bergstürze: Bergsturz von 1806 (ausgezogene Linie), Bergsturz von Röthen (gestrichelte Linie) und Oberarther Bergsturz (strich-punktierte Linie).

Mergel- und Feinsandsteinschichten bilden potenzielle Gleitflächen, auf denen die darüber lagernden Schichtpakete vor allem bei starker Nässe ins Gleiten geraten können. Klüfte und Brüche durchtrennen die Nagelfluh tiefgründig und begünstigen die Loslösung von Bruchkörpern aus dem Gebirgsverband. Der Blick nordwärts gegen den Rossberg lässt von West nach Ost deutlich die Gleitflächen und Ausbruchsnischen des Oberarther (Alpweiden von Spitzibüel), des 1806er (spärlich bewachsene Schichtflächen) und östlich daran angrenzend des Röthener Bergsturzes erkennen (Fig. 2). Östlich dieser Bergstürze führt Hantke 2006 in der Südflanke des Rossbergs sechs weitere Stürze auf.

Der Bergsturz von 1806

Das Sturzereignis kann als initiale Felsrutschung auf Mergel- und Sandsteinschichten bezeichnet werden. Im Vorfeld desselben wird von sich zunehmend öffnenden Spalten und Rissen berichtet. Die abgleitenden,

mehrheitlich aus mächtigen Nagelfluhbänken gebildeten Schichtpakete gerieten zusehends in rasche Bewegung (bis 70 m/s nach Heim 1932). Die Dauer des Ereignisses dürfte maximal 3-4 Minuten gedauert haben (Zay 1807). Über das Sturzvolumen gehen die Schätzungen weit auseinander. Heute wird von einer Größenordnung von 35-40 Mio. m³ ausgegangen (Bernier 2004). Die vom Ereignis betroffene Fläche umfasst rund 6.5 km². Das Ereignis wird wegen der grossen Sturzkubatur und der hohen Prozessgeschwindigkeit der eigentlichen Sturzphase als Bergsturz im engeren Sinn bezeichnet. Dafür charakteristisch ist auch das geringe Pauschalgefälle von 11-13° (Fig. 3). Die Sturzmasse verbreitete sich fächerförmig in vier Strömen und brandete mancherorts am Gegenhang auf. Der östlichste Strom wandte sich gegen den Lauerzersee, wobei der Luftdruck darin eine Flutwelle auslöste. Man vermutet, dass die Fläche des Lauerzersees durch den Bergsturz um etwa 1/7 bis 1/4 reduziert wurde (Heim 1932, Gasser 2003).

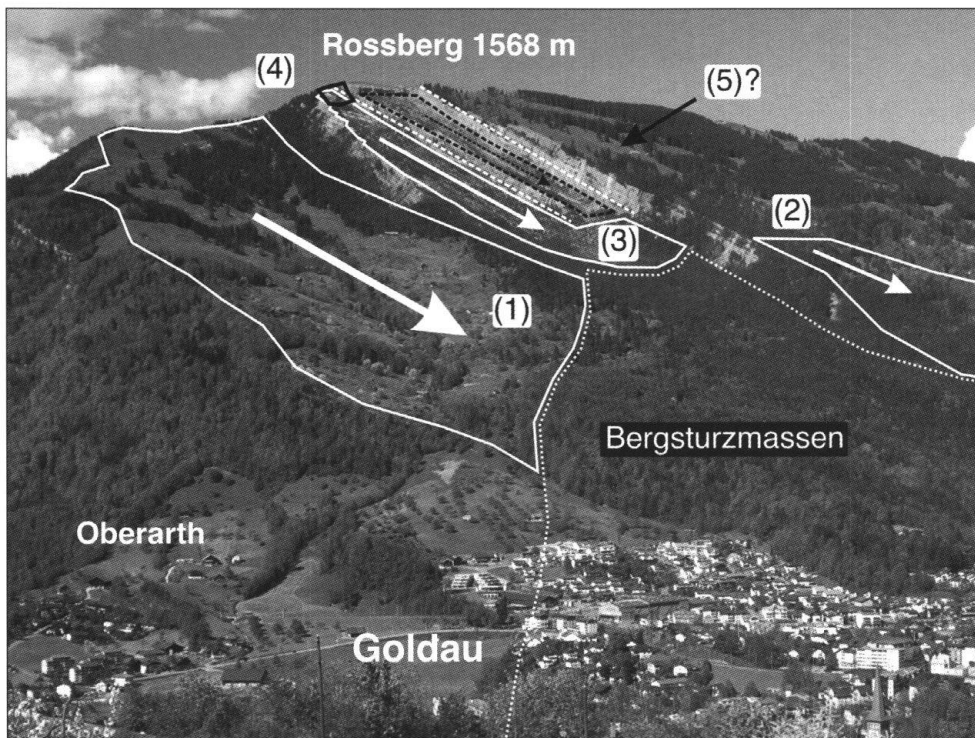


Fig. 2: Die Abrissstellen der Bergstürze am Rossberg: (1) Oberarther Bergsturz (prähistorisch), (2) Röthener Bergsturz (13. Jahrhundert), (3) Bergsturz von 1806, (4) Felssturz am Gnipen (2002), (5) zukünftiges Ereignis? (Quelle: Geologischer Führer Technische Universität München).

Das Ereignis vom 22./23. August 2005 (ca. 200'000 m³) hatte seinen Ursprung ebenfalls in einer initialen Felsrutschung, welche an-

schliessend in einen murgangartigen Prozess überging. Der Prozessraum ist vom Standort aus ebenfalls gut überschaubar.

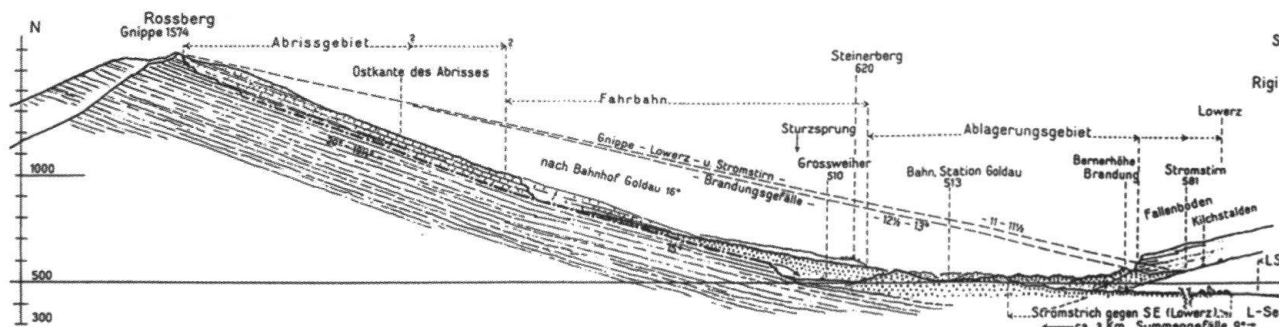


Fig. 3: Profilschnitt durch den Bergsturz von Goldau vom 2. September 1806 (Heim 1932).

Der Bergsturz von 1806 forderte 457 Menschenleben. Darunter sind auch jene Opfer eingerechnet, welche durch die im Lauerzersee ausgelöste Flutwelle getötet wurden. 102 Wohnhäuser, 2 Kirchen, 220 Scheunen und Ställe wurden zerstört. Neben rund 400 Stück getötetem Vieh wurde auch Kultur- und Weideland zerstört. Nach heutiger Währung beliefen sich die damals entstandenen Schäden auf etwa 460 Mio. Franken (Pfister 2002).

3. Bergsturzablagerungen im Raum Goldau

Standort ②, an der Kantonsstrasse Goldau - Lauerz, Schweizer Koordinaten LK 685'350/210'250. Weiter reichende Einblicke in die Sturzablagerungen vermittelt ein Fussmarsch von Summerau zum Goldseeli und in das Waldgebiet südlich der Nationalstrasse (Zeitbedarf: mindestens 1/2 Stunde).

Von der Rossberg-Südflanke haben sich bereits vor dem Bergsturz vom 2. September 1806 zahlreiche Sturzmassen gelöst und den Talboden erreicht. Eine Zusammenfassung der wichtigsten Ereignisse findet sich in Gasser (2003) und in Hantke (2006). Über das genaue Ausmass der Sturzablagerungen gehen die Schätzungen weit auseinander. In der Literatur sind dazu unterschiedliche

Meinungen zu lesen. Eine genaue Vermessung der Sturzablagerungen war damals natürlich nicht möglich. Hingegen liefern die relativ bald nach dem Ereignis erstellten Beschreibungen, Zeichnungen und Modelle Hinweise zur Abgrenzung des betroffenen Gebiets (siehe diesbezügliche Angaben in Zehnder 1988 und Hürlimann 2006).

Aufgrund von Detailkartierungen der Sturzblöcke und Auswertung historischer Dokumente (u.a. Zay 1807) konnte die Ausdehnung des Sturzereignisses von 1806 recht gut abgegrenzt werden. Sie beträgt rund 6.5 km² und überlagert im Dorfgebiet Goldau den prähistorischen Bergsturz von Oberarth. Dessen Sturzblöcke wurden am Hangfuss der Rigi bei Unter Chilchstalden sogar noch rund 50 m höher hinauf geschleudert (höchste Streublöcke bei Kote 636 m ü.M., nach Kopp 1936) als jene des Sturzes von 1806.

Im Gebiet Bernerhöchi-Buosigen-Sägel dokumentieren die herum liegenden, teils hausgrossen Blöcke eindrücklich das Verbreitungsgebiet der Sturzmassen von 1806, welche im Osten auch die Randzone des Lauerzersees erreichten. In welchem Ausmass der See durch die Sturzmassen verkleinert wurde (Heim 1932 spricht von einer Reduktion der Oberfläche um rund 1/4, Gasser 2003 von einer solchen um 1/7), ist heute umstritten. Vermutlich war die Seefläche durch die anhaltenden Niederschläge im Jahr 1806

bereits vergrößert, so dass das westliche Seeufer näher an Goldau heranreichte. Sicher ist, dass die ungeheure Wucht der in die sumpfigen Seeuferbereiche und in den See einbrandenen Sturzmassen sowie die vorausseilende Druckwelle im flachen Seebecken eine grosse Flutwelle auslösten. Die Wassermassen wälzten sich über die Insel Schwanau bis nach Seewen und verursachten dort sowie hauptsächlich in Lauerz Schäden.

Während Heim (1932) die Mächtigkeit der Bergsturzaflagerungen mit durchschnittlich 25 m und das Volumen mit 40-50 Mio. m³ angibt, bewegen sich seine früheren Schätzungen zwischen 15 und 40 Mio. m³. Kopp (1936) geht davon aus, dass die Schuttmächtigkeit nirgends mehr als 50 m betrage und beziffert das Ablagerungsvolumen auf rund 10 Mio. m³. Andere Autoren bewegen sich zwischen diesen Extremwerten. Allen diesen Abschätzungen gemeinsam sind folgende Unbekannten: Zum einen ist die Morphologie vor dem 2. September 1806 nicht im Detail bekannt; sicherlich war sie aber durch die älteren Sturzereignisse komplex strukturiert. Zum andern wurde die Unterlage der Sturzmassen bisher nur an wenigen Stellen durch Bohrungen nachgewiesen, wobei eine Unterscheidung der verschiedenen Sturzaflagerungen aufgrund des ähnlichen Ausgangsmaterials im Einzelfall äusserst schwierig ist. Volumenbilanzen aus dem ausgebrochenen Material, aufgestellt anhand einer angenommenen Topographie (ca. 36 Mio. m³) haben sich mit den Auflockerungs- und Kompaktionsprozessen während dem Sturzereignis und der Ablagerung auseinanderzusetzen. Ein Auflockerungsfaktor von wenigstens 1.3 (entsprechend 30%) muss angenommen werden. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass die bewegte Masse an ihrer Basis Material aufarbeitete (Holz, Gestein, Trümmern der zerstörten Siedlungen), welches zur neuen Ablagerungsmasse zu zählen ist.

Die höchsten Punkte der Bergsturzaflagerungen liegen beim Tierpark und beim

Schuttwald. Hier wird von Mächtigkeiten der Schuttmassen von mehr als 30 m ausgegangen. Bohrungen bis in die Unterlage der Schuttmasse liegen bisher aber nur aus dem Gebiet der Nationalstrasse und im Umfeld der Bernerhöchi vor. Letzte Sondierungen wurden im Rahmen der Planung der Neuen Eisenbahn Alpen Transversalen (NEAT) durch das Geologiebüro Dr. von Moos AG in den Jahren 1992/93 ausgeführt. Sie sind auch auf dem neuen geologischen Atlasblatt Rigi zu finden (Hantke 2006).

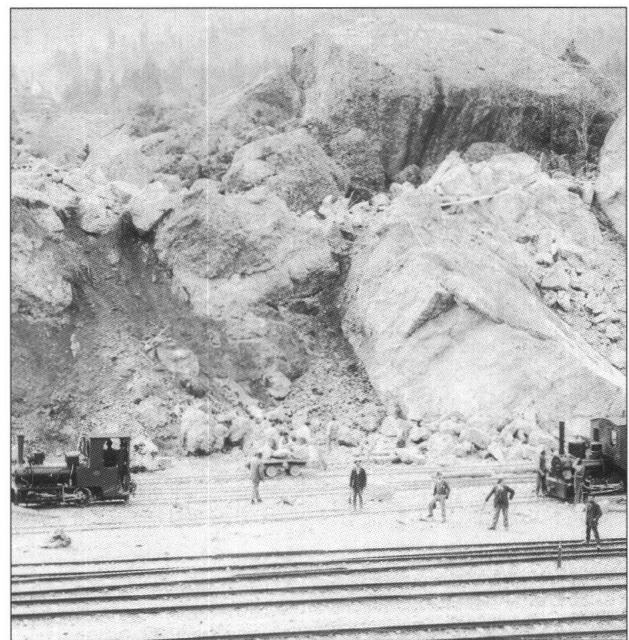


Fig. 4: Mit dem Bau der Gotthardbahnlinie Ende des 19. Jahrhunderts wurden erstmals grössere Einschnitte in die Bergsturzaflagerungen ausgeführt. Dabei kamen riesige Blöcke von mehreren Zehnern von Kubikmetern zum Vorschein (Archiv Bergsturz-museum Goldau).

Die Sturzmassen wurden hier zwischen der Autobahn und den markanten Felsrippen südlich der Bernerhöchi mit Mächtigkeiten zwischen 8 und 27 m durchbohrt. Eine weitere Bohrung blieb bei einer Endtiefe von 40 m noch in Blöcken stecken. Als Unterlage wurden Moräne mit glazial verschleppten Felspaketen sowie in einer Bohrung auch alter Hangschutt nachgewiesen. Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass auch in 1971 erstellten Bohrungen für die Autobahn moränenartiges Material angetroffen wurde,

dort allerdings bereits in 10 m Tiefe. Ob es sich dabei tatsächlich um die Bergsturzunterlage oder nur um aufgearbeitete moränenähnliche Zwischenlagen im Sturzmaterial handelt, muss hier offen bleiben.

Die Bohrungen geben Hinweise über den Aufbau der Sturzmasse. Auch in den tieferen Teilen besteht die Masse zu einem erheblichen Teil aus Nagelfluhblöcken. Deren gegenüber anstehendem Fels grösserer Zerrüttungs- und Verwitterungsgrad führt dazu, dass sie beim Bohren oft zu Kies und Steinen zerfallen. Trotzdem wurden kompakte Blöcke von mehreren Metern Mächtigkeit durchbohrt.

Das oberflächliche Erscheinungsbild im Schuttgebiet wird durch immense Blöcke bis in den Dekameterbereich dominiert. Überraschenderweise haben die Bohrmeister nie von grösseren Hohlräumen zwischen den Blöcken berichtet. Im tieferen Teil der Sturzmasse könnte dies mit der ungeheuren Wucht des Sturzes und der damit verbundenen Kompaktierung zusammenhängen. Im oberflächennahen Bereich wären Hohlräume eher zu erwarten, doch scheinen sie durch eingeschwemmtes Material (z.T. humos oder mit organischen Resten) mehr oder weniger verfüllt worden zu sein.

Durchlässigkeitsversuche und längerfristige Beobachtungen von Grundwasserspiegeln und Quellen im Schuttgebiet weisen ebenfalls darauf hin, dass die Bergsturzablagerungen von Goldau mehrheitlich schlecht permeabel sind. Die Wasserführung ist aber im Detail sehr kompliziert. Es zeichnet sich kein einheitlicher Grundwasserträger ab. Vielmehr existieren auf unterschiedlichen Niveaus von einander weitgehend unabhängige «Wasseradern», die aber generell betrachtet gegen die Quellen beim Goldseeli und letztlich gegen den Lauerzersee hin entwässern. Die Speisung dieses Grundwassers erfolgt über versickernde Niederschläge im Bergsturzablagerungsgebiet, durch Hangwasser aus den Talflanken sowie - zumindest im Gebiet Bernerhöchi - auch durch Felswasser aus den Nagelfluhrippen.

4. Abrissnische des Bergsturzes von 1806

Standort: Gnipen ③, Schweizer Koordinaten LK 685'420/215'100 bis 685'120/215'030. Zufahrt über die Strasse Steinerberg-Wildspitz oder Seilegg-Wildspitz bis P. 1431 (Strasse ab P. 1234 bewilligungspflichtig). Von dort zu Fuss westwärts zum östlichen Abrissrand des Bergsturzes und diesem entlang auf den Gipfel. Auf demselben Weg zurück.

Von der Gipfelpartie eröffnet sich der Überblick über den Prozessraum des Bergsturzes von 1806 (Fig. 5). Bis zu 70 m hohe Nagelfluhwände mit Zwischenlagen von Mergeln und Feinsandsteinen markieren den östlichen Abrissrand des Bergsturzes. Gegen Westen wird die Abrisszone begrenzt durch die Nagelfluhrippe, welche von P. 1533 in Falllinie talwärts zieht. Diese dürfte zugleich dem östlichen Abrissrand des prähistorischen Oberarther Bergsturzes darstellen, auf dessen Gleitfläche die Alpweiden von Spitzibüel liegen. Die bewaldeten Flächen in der unteren Hälfte des Hanges und im Talboden östlich des Siedlungsgebietes von Goldau entsprechen grösstenteils dem Ablagerungsbereich. Das Siedlungsgebiet von Goldau selbst ist vor allem im Umkreis des Tierparks und des Bahnhofs auf Bergsturzschtutt errichtet. Die Wiederbesiedlung des verschütteten Gebietes erfolgte zögerlich. 1835 lebten darin erst 43 Einwohner, mit dem Bau der Gotthardbahnlinie stieg deren Zahl aber rasch auf 380 im Jahre 1888 an (Hürlimann 2006). Eine Übersicht über den Wirkungsraum des Bergsturzes vermittelt Fig. 1.

Gleitfläche

Mergel- und Feinsandsteinschichten bilden die Gleitfläche der initialen Felsrutschung. Berner 2004 vermutet die Gleitfläche in verwitterten, entkalkten Mergeln am Kontakt von stark zu weniger stark verwitterten Schichten. Als Versagensmechanismus wird von einem Verlust der Festigkeitseigenschaften in den zu einem Ton-Silt-Gemisch verwit-



Fig. 5: Übersicht über den Prozessraum des Bergsturzes von 1806. Im Vordergrund ist die mit Blockschutt bedeckte Gleitfläche, links der östliche Abrissrand mit Mergeln und Feinsandsteinen (unten) sowie massiger Nagelfluh (oben) erkennbar. Die Kreuze markieren die ungefähre Lage der entferntesten, heute sichtbaren Sturzblöcke (Foto: Ernst Immoos).

terten Mergeln bei hohen Porenwasserdrücken ausgegangen. Im unteren Drittel verläuft die Gleitfläche mitten durch Konglomeratbänke, die dabei treppenartig durchgeschert sind. Hierfür muss ein Sprödbbruch als Versagensmechanismus angenommen werden. Die basale Gleitfläche ist im Bereich der Nagelfluhrippe südlich von P. 1533 bis hinunter auf ca. 960 m ü.M. entblösst, weiter östlich ist sie bis hinauf auf ca. 1'100 m ü.M. von Schutt bedeckt.

Auslöser des Bergsturzes

Als Trigger des Ereignisses gilt zweifellos die anhaltende, ausgeprägte Nässe (Starkregenfälle bei vorhergehendem regenreichem Sommer und sehr verzögert einsetzender Schneeschmelze nach schneereichem Winter). Die Grunddisposition ist durch die ungünstigen geologischen Verhältnisse (Kap. 2) gegeben. Wesentlich trugen die bereits lange zuvor offenbar zahlreich vorhandenen Spalten und Risse zum Ereignis bei (Infiltration von Meteorwasser, Aufbau von Wasserdrücken, Reduktion der Gebirgs-

festigkeit). Inwieweit der Röthener Bergsturz des 13. Jahrhunderts den Fuss grösserer Hangbereiche wegriss, bleibt eine offene Frage.

Gratbereich

Unklar bleibt auch, warum der Gratbereich zwischen Gnipen und Rossberg nicht im Zuge des Ereignisses von 1806 mit abgerutscht ist. Die Mergellage, die als Gleitfläche diente, zieht unter dem Gratbereich in die Nordflanke durch. Möglicherweise könnte das fehlende Versagen auf einen niedrigen Porenwasserdruck (respektive Auftrieb) im Gratbereich zurückzuführen sein.

Heute sind in diesem Bereich Formen von initialen Bewegungen zu sehen: Abgleiten der Grasnarbe in den Mergeln, Gleiten von Einzelblöcken oder einem Verbund mehrerer Blöcke und Kippen von Blöcken aus der Abrisskante. Ein größeres Ereignis stellte die am 15. Oktober 2002 abgegangene Felsrutschung nordwestlich des Gnipen dar, bei dem nach stärkeren Regenfällen ca. 5'000 m³ Fels in Bewegung gerieten. Zahlreiche klei-

neren Ereignisse zeugen von der noch anhaltenden Hangbewegungsaktivität am Rossberg.

5. Felsrutschung und Murgang bei Gribisch

Standorte: westlich Gribisch ④, Schweizer Koordinaten LK 685'600/213'700 und 685'450/213'500. Zufahrt über die Strasse Steinerberg-Wildspitz bis P. 959 (Vrenenberg) und von dort westwärts über schmales Strässchen nach Gribisch. Von dort zu Fuss zuerst in nordwestlicher Richtung hangaufwärts bis LK 685'600/213'700. Über gleichen Weg zurück und westwärts bis LK 685'450/213'500.

Das Unwetter «Norbert» führte im August 2005 im Kanton Schwyz zu anhaltenden, ergiebigen Niederschlägen. Vom 20.-22. August fielen Regenmengen, wie seit vielen

Jahren nicht mehr. An verschiedenen Messstationen von Meteoschweiz wurden innert 48 Stunden Rekordwerte registriert, so auch in Einsiedeln, wo mit 152 mm der bisherige Höchstwert einer über 100-jährigen Messreihe übertroffen wurde. Die Auswertungen der Stationsdaten zeigten aber, dass die Wiederkehrperiode für die Regenmengen im Kanton Schwyz mit Ausnahme der Station Einsiedeln (> 100-jährlicher Regen) lediglich in der Grössenordnung von bis zu 50 Jahren lagen. Aus den Radardaten geht allerdings hervor, dass lokal und in höheren Lagen (Rigi und Rossberg) wesentlich intensivere Niederschläge fielen, als an den Messstationen registriert.

Am Abend des 22. August rutschte oberhalb von Gribisch der aus Nagelfluh, Feinsandsteinen und Mergeln bestehende Felsuntergrund auf einer ca. 25° gegen SSE geneigten Schichtfläche ab (Fig. 6). Auf einer Fläche von etwa



Fig. 6: Abbruchstelle der Felsrutschung vom 22. August 2005 bei Gribisch. An der Abbruchstelle sind die Mergel und Feinsandsteine überdurchschnittlich mächtig ausgebildet. Oben werden sie von einer etwa 3 m mächtigen, zerklüfteten Nagelfluhbank überlagert. Der Schichtstapel ist auf der gesamten Höhe des sichtbaren Abrissrandes abgerutscht. Die Gleitfläche befindet sich an der Basis der Mergel (stark verwitterte Mergelhaufen, links im Bild), an der Obergrenze eines darunter liegenden, etwa 20 m mächtigen Nagelfluhbandes. Im Hintergrund ist die Gipfelpartie des Gnipen zu erkennen (Foto September 2006).

2 ha gerieten dabei etwa 200'000 m³ Fels und Lockergestein in Bewegung. Ein Teil der abgeglittenen Schichtplatte stürzte über ein rund 20 m mächtiges, kompaktes Nagelfluhband ab, welches den östlichen Abrissrand des Bergsturzes von 1806 markiert. Wegen der starken Durchnässung und des permanenten Wasserzuflusses aus kleinen Bächen flossen grosse Mengen des destabilisierten Materials langsam (im Mittel 2-3 m/min) und auf bis zu 80 m Breite murgangartig talwärts (Fig. 7). Erstaunlicherweise wirkten die im Abflusskorridor liegenden grossen Sturzblöcke des Goldauer Bergsturzes nicht stärker als Hindernis. Der Abfluss erfolgte längs des in den Lauerzersee mündenden Grisselenbachs. Bei der Verflachung im Bereich von 670-680 m ü.M. kam es zu grösseren Geschiebeablagerungen, wodurch der Schlamm- und Geschiebestrom südwärts in Richtung Goldau abgelenkt wurde. Am frühen Vormittag des 23. August 2005 erreichte dieser die flache Geländesenke bei P. 522 nordöstlich des Tierparks in Goldau und verschlammte diese grossflächig. Als Sofortmassnahme wurden

im Bereich von Kote 670-680 m ü.M. Ablenkdamme erstellt, durch welche der Grisselenbach wieder in das ursprüngliche Gerinne geleitet wurde. Das Ereignis ist die grösste Massenbewegung im Gebiet des Rossbergs seit dem Bergsturz vom 2. September 1806. Die Abbruchstelle bei Gribisch befindet sich innerhalb der Ausbruchnische des Rötener-Bergsturzes (13. Jahrhundert). Dessen östlicher Abrissrand (kleine Felswand aus Nagelfluh) wird durch das Fahrsträsschen zu Gribisch etwa bei LK 685'850/213'420 gequert.



Fig. 7: Transitstrecke des murgangartig abfliessenden Schuttstroms. Dadurch wurde der zuvor geschlossene Wald auf einer Fläche von etwa 10 ha niedergewalzt (Foto: Kapo Schwyz).

6. Murgang am Westende des Rossbergs

Standort: oberhalb Gantli ⑤, Schweizer Koordinaten LK 683'600/213'570. Zufahrt von der Hauptstrasse Oberarth-Arth bis Schöntal. Von dort über Fahrsträsschen zum Erlihof und nach Baltisberg. Nach Bahnunterführung südostwärts zu Geschiebesammler.

Im Laufe des Nachmittags des 22. August 2005 löste sich im Gebiet Roren auf ca. 950 m ü.M. infolge starker Niederschläge (Kap. 5) lokal eine spontane Rutschung (ca. LK 684'220/213'930). Durch «progressive» Verflüssigung wurden daraufhin weitere Hangbereiche destabilisiert, welche in Form von mehreren Murenschüben durch eine ursprünglich bewaldete Runse talwärts flossen. Am späteren Nachmittag wurden die SBB-Linie Zug-Goldau und der darunter liegende Gantlihof mitsamt Kulturland übermurt (Fig. 8). Feinmaterial wurde bis zur Rigiaa hinunter verschwemmt. Die Bahnlinie Zug-Goldau blieb für 9 Tage unterbrochen. Durch das Ereignis wurden total 75'000-80'000 m³ Lockermaterial mobilisiert und umgelagert. Wegen des hohen Anteils an grossen, zum Teil mehrere m³ grossen Nagel-

fluhblöcken (Felssturزابlagerungen auf der bewaldeten Verflachung) kam es als Folgeprozess zu verschiedenen Blockschlägen.

Wie diverse Zerrspalten zeigen, wurde als weitere Folge des Ereignisses der nordwestlich an die durchschnittlich 5-6 m tiefe Ausbruchsnische angrenzende Hangbereich auf einer Fläche von etwa 2 ha ebenfalls destabilisiert (schätzungsweise 100'000 m³ Lockergestein).

In charakteristischer Weise bilden die Mergel- und Feinsandsteinlagen am Fuss der Nagelfluh-Felswände (Radiolaritreiche Nagelfluh des späteren Chattien) Stauschichten und Quellhorizonte für das in der Nagelfluh zirkulierende Kluftwasser. Es wird davon ausgegangen, dass das orografische Einzugsgebiet von lediglich etwa 10 ha nicht ausreichend gross war, um das erforderliche Wasser für dermassen voluminöse Massenbewegungen auszulösen. Es dürften zusätzlich unterirdische Kluftwasserzuflüsse aus einem gegen 1 km² grossen Gebiet östlich davon zum Ereignis beigetragen haben. Ähnliche Ereignisse in der Westflanke des Rossbergs sind bekannt aus den Jahren 1712 (?), 1795, 1874, 1910 und 1934. 1960 traten in diesem Gebiet zudem diverse kleinere Erdrutsche und Hangmuren auf.



Fig. 8: Übermurtung der SBB-Linie Zug-Goldau und der Liegenschaft Gantlihof in Oberarth am 22. August 2005 (Foto: Kapo Schwyz).

Im Rahmen der Sofortmassnahmen wurde bergseits der Bahnlinie Retentionsraum für weitere kleinere Murgänge geschaffen. Ablenkdamme sollen verhindern, dass die Bahnlinie und darunter liegende Siedlungen und Kulturland von Murschüben erreicht werden können (Rückhaltevolumen: 5'000 m³, Kosten inkl. Sofortmassnahmen: rund 1 Mio. Franken). Bei den Aushubarbeiten wurden ältere Murgangablagerungen angetroffen, deren Alter aufgrund von Holzresten in zwei verschiedenen Horizonten auf 2'400-2'500 und 2'900 Jahre vor heute bestimmt werden konnte (provisorische Resultate, mdl. Mitt. S. Weber). Im Wissen, dass die vorhandenen Rückhaltekapazitäten nur einen beschränkten Schutz bieten, wurde zudem ein Überwachungskonzept auf der Basis von zahlreichen, periodisch zu messenden Messpunkten (Distanzmessungen an Rissen und Klüften, Visurlinien, Klinometer) errichtet.

Literatur

- Berner, Ch. 2004: Der Bergsturz von Goldau. Geologie, Ausbreitung und Dynamik des grössten historischen Bergsturzes der Schweiz. Diplomarbeit und Diplomkartierung, ETH Zürich, unveröffentlicht, 105 S.
- Gasser, J. 2003: 200 Millionen Jahre Erdgeschichte. Region Arth-Goldau-Lauerz-Seewen-Ibach-Brunnen. Ber. schwyz. natf. Ges. 14, S. 63-82.
- Furrer, H., Gubler, T. & Hochuli, P. A. 2002: Goldau vor 25 Millionen Jahren. Schweizer Strahler. 14(3), 6-9.
- Furrer, H., Reichlin, T. & Grundmann, A. 2003: Fossile Baumstrünke in der Unteren Süsswassermolasse (spätes Oligozän) im Bergsturzgebiet von Goldau. Vjschr. Natf. Ges. Zürich. 148/1, 27-34.
- Hantke, R. 2006: Geologischer Atlas der Schweiz, 1:25'000, Blatt 1151, Rigi (Atlasblatt 116). Karte und Erläuterungen. Bundesamt für Landestopografie. Bern, 80 S.
- Heim, A. 1932: Bergsturz und Menschenleben. Fretz & Wasmuth, Zürich.
- Hürlimann, M. 2006: Der Goldauer Bergsturz 1806 - Geschichte der Naturkatastrophe und Betrachtungen 200 Jahre danach. Schwyzer Hefte. 89, 110 S.
- Kopp, J. 1936: Die Bergstürze des Rossberges. *Ecolgae Geol. Helv.* 29/2, 490-493.
- Pfister, Ch. 2002: Strategien zur Bewältigung von Naturkatastrophen seit 1500. In Ch. Pfister (Hrg.), *Am Tag danach - Zur Bewältigung von Naturkatastrophen in der Schweiz 1500-2000* (S. 209-255). Haupt Verlag. Bern, Stuttgart, Wien.
- Zay, K. 1807: Goldau und seine Gegend, wie sie war und was sie geworden. Zürich, 1807 (sogenanntes «Schuttbuch»).
- Zehnder, J. 1988: Der Goldauer Bergsturz - seine Zeit und sein Niederschlag. Stiftung Bergsturz-museum Goldau.