

Zeitschrift: Swiss bulletin für angewandte Geologie = Swiss bulletin pour la géologie appliquée = Swiss bulletin per la geologia applicata = Swiss bulletin for applied geology

Herausgeber: Schweizerische Vereinigung von Energie-Geowissenschaftlern; Schweizerische Fachgruppe für Ingenieurgeologie

Band: 27 (2022)

Heft: 2

Artikel: Grosshangbewegung Brienz/Brinzauls : eine geologische und historische Übersicht

Autor: Nänni, Christoph / Figi, Daniel

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1036135>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Grosshangbewegung Brienz/Brinzauls – Eine geologische und historische Übersicht

Christoph Nänni¹, Daniel Figi²

Summary

The small village Brienz/Brinzauls in Canton of Grisons (Switzerland) is situated over an active deep-seated gravitational slope deformation (DSGSD). This DSGSD involves deep-seated landslide movements along discrete sliding surfaces, toppling as well as large-scale rockslide and landslide processes. Historical investigations show that the village has been dealing with these geological processes for a long time. The activity of the ongoing processes is strong and affects a large geographical area. The community is forced to consider if and how the large-scale slope movement could be decelerated to avoid further major damage to infrastructure or even a resettlement of the village of Brienz/Brinzauls. Since 2010, intensive geological and hydrogeological studies have been carried out on the DSGSD in order to understand precisely the processes taking place underground and to be able to make reliable prediction for the evolution of the DSGSD.

From 2018 to 2022, the properties of the subsurface was investigated with 12 exploratory boreholes in an extensive exploratory campaign. In 2021/22, an exploration tunnel was constructed to explore the effectiveness of a potential drainage tunnel. The initial results from the exploratory tunnel are positive: the movement of a large part of the landslide has already been significantly reduced by the drainage of the exploration tunnel.

The municipality of Brienz/Brinzauls is responsible for all geological investigations and remediation measures. In order to be able to bear the enormous burden, both organisationally and financially, the municipality is supported to a large extent by the cantonal authorities (financially and in terms of personnel) and by the federal government (financially). The geological investigations are being carried out by BTG Büro für Technische Geologie AG, Sargans, and CSD AG, Thusis. Prof. em. Dr. Simon Löw, ETH Zurich, was consulted as an external expert.

Zusammenfassung

Das kleine Bündner Dorf Brienz/Brinzauls liegt auf einer aktiven Grosshangbewegung. Diese umfasst sowohl tiefgründige Rutschbewegungen entlang konkreter Gleitflächen, Toppling sowie grossräumige aktive Fels- und Bergsturzprozesse. Historische Untersuchungen zeigen, dass sich das Dorf schon länger mit diesen geologischen Prozessen auseinandersetzen muss. Die starke Aktivität der laufenden Prozesse und der grosse geographische Umfang, welcher davon betroffen ist, zwingen die Gemeinde zu Überlegungen, ob und wie die Grosshangbewegung beruhigt werden könnte. Dies um weitere grössere Schäden an Infrastrukturen oder gar eine Umsiedlung des Dorfes Brienz/Brinzauls zu vermeiden. Seit 2010 wird die Grosshangbewegung intensiv geologisch-hydrogeologisch untersucht, um die im Untergrund ablaufenden Prozesse korrekt zu erfassen und möglichst zuverlässige Prognosen zur Entwicklung der Grosshangbewegung erstellen zu können. 2018 bis 2022 wurde mit einer umfangreichen Sondierkampagne der Untergrund mit 12 Sondierbohrungen aufgeschlossen. 2021/22 wurde zudem ein Sondier- respektive Versuchsstollen erstellt, welcher über die Wirksamkeit eines allfälligen Entwässerungstollens Auskunft geben wird. Erste Ergebnisse aus dem Sondierstollen stimmen positiv: Ein grosser Teil der Rutschung konnte durch die erwirkte Gebirgsentwässerung des Sondierstollen bereits signifikant gebremst werden. Die Bauherrschaft sämtlicher geologischen Untersuchungen sowie Sanierungsmassnahmen liegt bei der Gemeinde Brienz/Brinzauls. Um die enorme Last sowohl organisatorisch als auch finanziell tragen zu können, wird die Gemeinde in grossem Masse von den kantonalen Behörden (finanziell und personell) und vom Bund (finanziell) unterstützt. Die geologischen Untersuchungen werden durch das «BTG Büro für Technische Geologie AG», Sargans sowie durch die CSD AG, Thusis, begleitet. Prof. em. Dr. Simon Löw, ETH Zürich wurde als externer Experte beigezogen.

¹ Tiefbauamt GR, Mitglied der Fachgruppe Geologie und Naturgefahren Brienz/Brinzauls

² Büro für Technische Geologie AG, Sargans/Chur; Projektgeologe Brienz/Brinzauls

1 Einleitung

1.1 Geographische Lage

Brienzi/Brinzauls, 1100 m ü. M., ein Bergdorf der Gemeinde Albula/Alvra (Fig. 1), liegt auf einer südlich ausgerichteten Geländeterrasse im geographischen Zentrum von Graubünden. Rund 100 Einwohner, sowie zur Hauptsaison bis 200 Feriengäste bevölkern das Dorf. Die Erschliessung erfolgt über kantonale Verbindungsstrasse zwischen Lenz und Alvaneu.

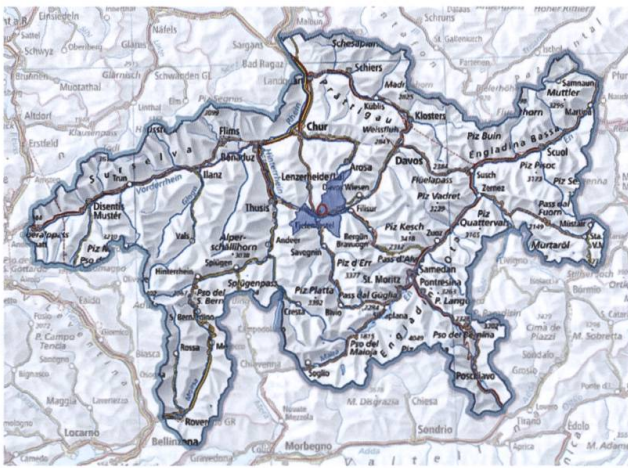


Fig. 1: Brienzi/Brinzauls liegt in der Gemeinde Albula/Alvra, im geographischen Zentrum Graubündens.

Tektonik, Decke	Lithostratigraphische Formation	Gesteine
Penninikum, Tomül-Decke und Gelbhorndecke	Flysch	Tonschiefer, sandige Kalke mächtig
Penninikum, Ophiolith-Serie	Ophiolith	Serpentinite untergeordnet
Ostalpin, Rothorn-Decke	Raibler-Formation	Rauwacken, Dolomit, Gips, Anhydrit, Schiefer
Ostalpin, Arosa-Decke	Allgäu-Formation	Ton- und Kalkschiefer, dünnbankige Wechsellagerung
Ostalpin, Silvretta-Decke	Raibler-Formation und Vallatscha-Formation	Rauwacken, Dolomite, Gips, Anhydrit, Schiefer Mächtige Dolomite

Tab. 1: Die im Untersuchungsgebiet vorhandenen Deckenelemente und Festgesteine sind in ihrer Abfolge von unten (Albula) nach oben (Piz Linard/Lenzerhorn) beschrieben (siehe [7]).

1.2 Geologische Situation

Die in den folgenden Kapiteln beschriebene Grosshangbewegung baut sich im Wesentlichen aus mächtigen Kompetenten Dolomitgesteinen auf, welche auf inkompetenten schieferreichen Flyschen liegen. Die tektonischen Einheiten und Gesteine sind in der Tabelle 1 im Detail aufgeführt.

Der Begriff «Grosshangbewegung» soll hier im Sinne einer «tiefgreifenden Hangdeformation» mit verschiedensten Gleitkörpergeometrien und Bewegungsmechanismen verwendet werden [15]. Die Grosshangbewegung erstreckt sich von den Brienzer Maiensässen Propissi, auf rund 1800 m ü. M. bis zum kleinen Talfluss Albula auf etwa 850 m ü. M. Das aktiv bewegte Gebiet umfasst eine Fläche von rund 2.4 km² und ein Volumen von rund 166 Millionen m³ [7]. Die grossräumigen Geländeformen der Grosshangbewegung sind im Luftbild (Fig. 2) als auch im Schattenbild der digitalen Geländevermessung ALTI-3D (Fig. 3) deutlich erkennbar.

Die Grosshangbewegung im Bereich des Dorfes Brienzi/Brinzauls verhielt sich im letzten Jahrhundert über Jahrzehnte wenig bis mässig aktiv [7]. Eine lose Folge geodätischer Vermessungen zeigt, dass bis ins Jahr 2000 die jährlichen Verschiebungen vermutlich meist unter 10 cm/Jahr lagen (Fig. 4). Danach verstärkten sich die Bewegungen zunächst auf wenige dm/Jahr, ab 2015 rasch auf über 1 m/Jahr bis im Jahr 2021 mit bis zu 1,6 m/Jahr.

1.3 Überwachung

Die seit dem Millennium zunehmenden Verschiebungsbeträge der Grosshangbewegung führten erst ab 2008 zu einer starken Häufung von Grossblockschlägen und Felsstürzen. Aufgrund befürchteter grosser Fels- und Bergsturzereignisse wurde in der Folge ab 2009 schrittweise eine redundant aufgebau-



Fig. 2: Luftbild. In der Bildmitte sind die hellen dolomitischen Felsabbrüche oberhalb des Dorfes Brienz/Brinzauls auffällig. Darunter folgt die Geländeterasse mit dem Dorf Brienz/Brinzauls mit flacheren, rundlichen Geländeformen des unteren Teils der Grosshangbewegung. Foto Christoph Nänni, TBA GR.

te Überwachung eingerichtet. Das Überwachungssystem zur Sicherheit der Dorfbevölkerung und der Verkehrsteilnehmer wurde im Swiss Bulletin 27/1 2022, erschienen im August 2022 [16] näher erläutert.

2 Historische Aufzeichnungen

Die ersten geologischen Beschreibungen stammen vom Schweizer Geologen Albert Heim. So beschrieb er 1881 das Ereignis «Igl

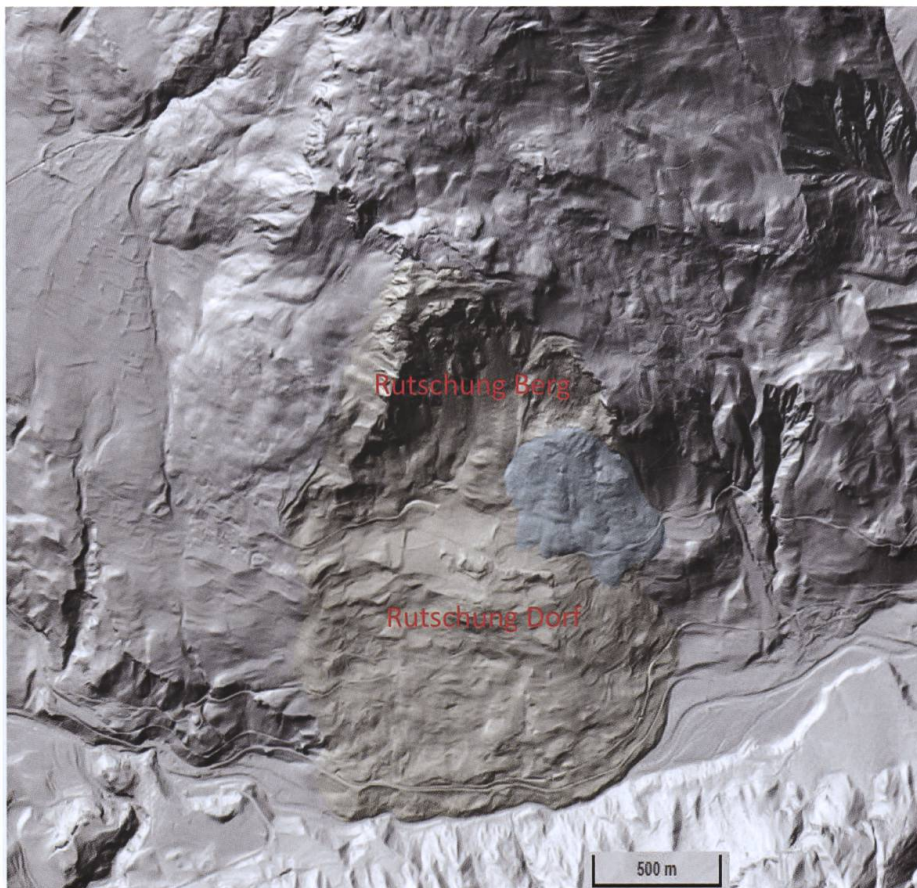


Fig. 3: Reliefschattenbild ALTI-3D [4]. Die aktiv bewegte Gelände­fläche der Grosshangbewegung ist gelb eingefärbt. Beachte im oberen Teil die mehreren Hundert Meter langen Geländeanrisse, darüber weitere, heute meist inaktive Anriss- und Sackungsstrukturen. Darunter die rundliche Ausbruchnische der Brienz­er Grosshangbewegung. Aufgrund der Geländeformen sowie der auftretenden Prozesse ist eine Unterteilung der Grosshangbewegung in die «Rutschung Dorf» und «Rutschung Berg» sinnvoll. Der hellblau eingefärbte Schuttstrom trägt den Namen «Igl Rutsch». Er entstand zwischen 1878 und 1911.

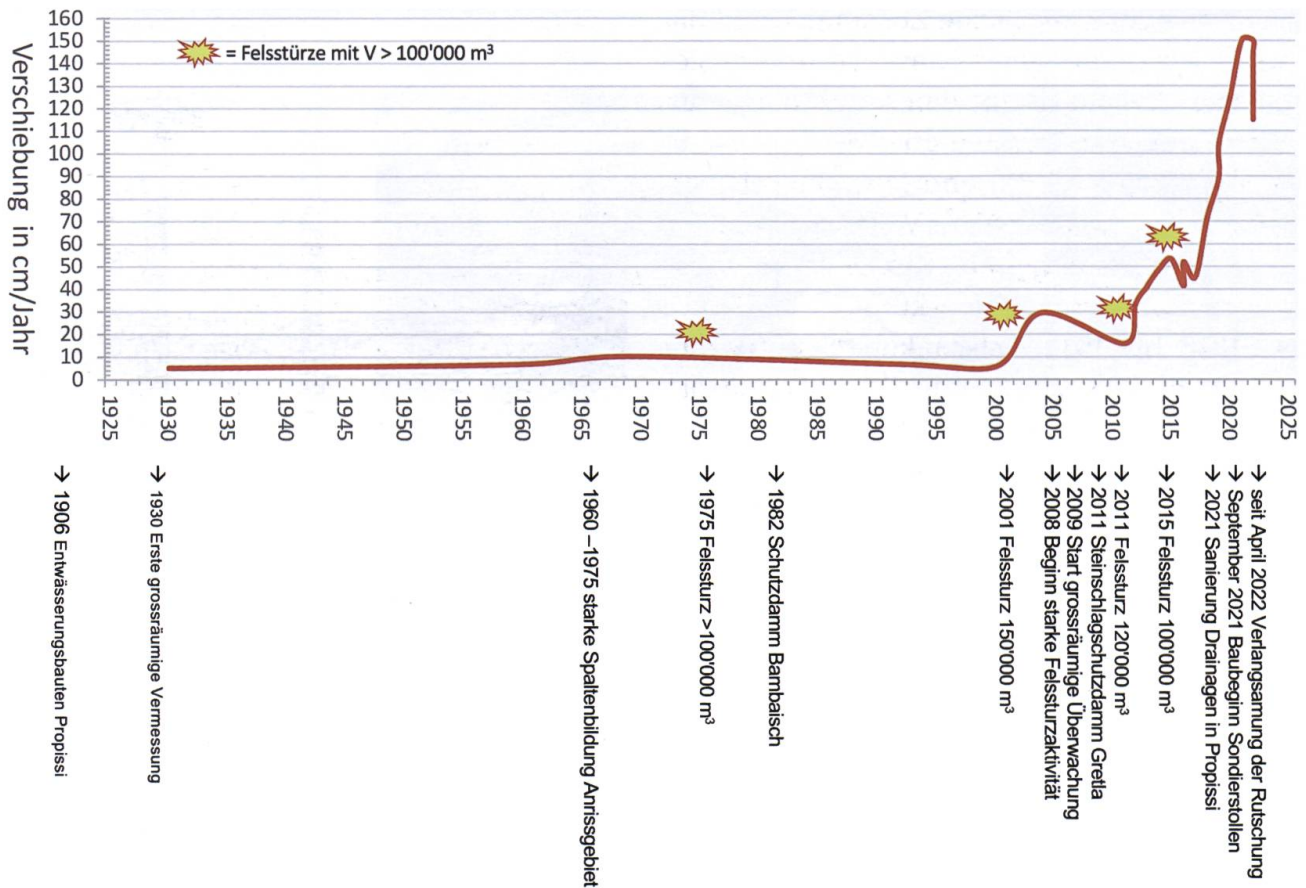


Fig. 4: Die rote Kurve illustriert die seit ca. 1930 gemessenen Terrainbewegungen im Dorf Brienz/Brinzauls (Messpunkt Kirche Brienz; nach [7]). Bis ins Jahr 2000 liegen die jährlichen Verschiebungen unter 10 cm/Jahr. Danach verstärken sich die Bewegungen bis auf ein bisheriges Maximum von 1,6 m/Jahr. Ab April 2022 verlangsamten sich die Bewegungen durch die Auswirkung der Entwässerungsmassnahmen im Sondierstollen westlich des Dorfes. Die Explosionssignatur zeigen grössere Felssturzereignisse. Unter der Abszisse finden sich die wichtigsten historisch dokumentierten Ereignisse und Aktivitäten.

Rutsch» in seiner Bergsturzmonographie mit viel Enthusiasmus [12]: *«Im November 1878 hat nördlich von Brienz eine Bewegung eingesetzt, die, bald langsamer, bald rascher oder mit zwischenliegenden Stillständen immer noch anhält. Der Anblick vom Dorfe Brienz aus ist grossartig. Das grünende, zum Teil bewaldete Gehänge ist unterbrochen durch einen kahlen, gletscherförmigen Strom aus oben vorherrschend hellgelben, nach unten mehr und mehr bläulichgrauen Felstrümmern. In der nach oben ausgebogener Nischenwand beginnt der Bergsturz in 500 m Breite (...)*».

Heim beschreibt somit eine Felssackung, welche rasch in einen Schuttstrom überging. Dieser Schuttstrom wurde romanisch treffend als «Igl Rutsch», auf Deutsch «Der Rutsch» bezeichnet. Igl Rutsch ist auch auf

dem Reliefschattenbild des ALTI-3D's deutlich erkennbar (Fig 3). Damals floss der Schuttstrom mit rund 1 m/Tag Richtung Dorf (Fig. 5). 1880 kroch Igl Rutsch über die Staatsstrasse (Brienz-Davos). 1883 beruhigte sich Igl Rutsch nach und nach, blieb aber immer noch aktiv bis mindestens 1911, wo er immer noch mit rund 10 m/Jahr unterwegs war. Danach wurde er immer langsamer und blieb 50 m vor dem Dorf annähernd stehen. Auch heute ist Igl Rutsch noch etwas schneller als das umliegende Rutschgebiet unterwegs.

Das Phänomen «Igl Rutsch» ist in vorliegender Grosshangbewegung wichtig. Igl Rutsch zeigt eine bestimmte Prozessart, nämlich einen Schuttstrom (Rutschende Schuttmasse), von welcher die bearbeitenden Geologen denken, dass sie hier auch in Zukunft auftreten wird.

Folgende chronologische Zusammenstellung wichtiger historischer Hinweise und geologischer Ereignisse gibt einen Überblick zum Werdegang der Grosshangbewegung. Zusammenstellung nach [2] und [13], teilweise ergänzt, ohne Anspruch auf Vollständigkeit.

- um 840: karolingische Kirche am Standort der heutigen Kirche urkundlich erwähnt
- 1878 bis 1911: Felssackung/Schuttstrom «Igl Rutsch» stark aktiv. Der Schuttstrom kriecht bis 50 m ans Dorf (1911)
- 1906: Bau Oberflächendrainagen in Propissi. Instandsetzung 1977 und 2020/2021
- 1921 früheste Vermessung
- 1960 bis 1975: starke Spaltenbildung im Anrissgebiet
- 1975: Felssturz oberhalb von Brienz, Volumen unbekannt, starke Waldschäden über Schulhaus
- 1982: Bau Steinschlagschutzdamm Bambaisch oberhalb des Schulhauses. Erweiterung 1999 und 2017
- 2001/2002 Felssturz im Gebiet Caltgeras von 150'000 m³
- 2008: Starke Zunahme der Felssturzaktivität (Fig. 6), Strasse Lenz-Brienz mehrfach betroffen



Fig. 5: Historische Fotos von Igl Rutsch 1903 und 1911 [17].



Fig. 6: Felssturz mit mehreren Grossblockschlägen bilden im Dezember 2008 den Auftakt einer bis heute anhaltenden Phase verstärkter Sturzaktivität. Die Kantonsstrasse Lenz - Brienz wurde mehrfach von Grossblöcken getroffen und musste im Jahr 2009 wegen starker Felssturzaktivität für mehrere Monate gesperrt werden. Grösse des Blockes: rund 60 m³. Heute sorgt eine Steinschlag-Radarüberwachung mit gekoppelter Lichtsignalanlage für ausreichende Sicherheit vor anrollenden Blöcken (Foto: Christoph Nänni, TBA Chur).



Fig. 7: Eine Geologengruppe steht am Hauptanriss im Jahr 2009. Der Anriss klapft um etwa 10 m. Foto Christoph Nänni, TBA GR.

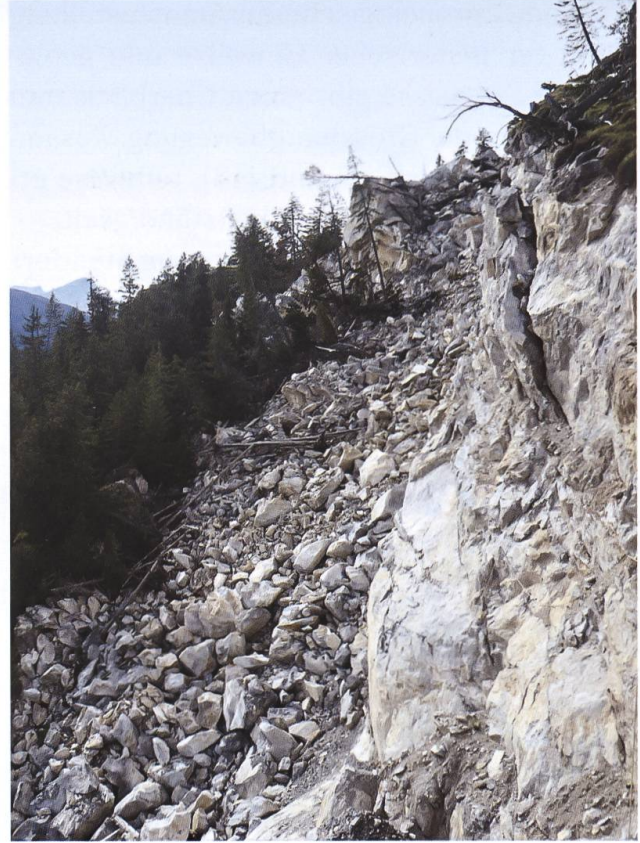


Fig. 8: Derselbe Hautpanriss aus Fig. 7, im Jahr 2022. Der Anriss klapft nun über 50 m breit und ist mit Felstrümmern übersät. Richtung Tal (nach links) ist das Gelände um mehrere Zehnermeter abgesackt. Foto Christoph Nänni, TBA GR.

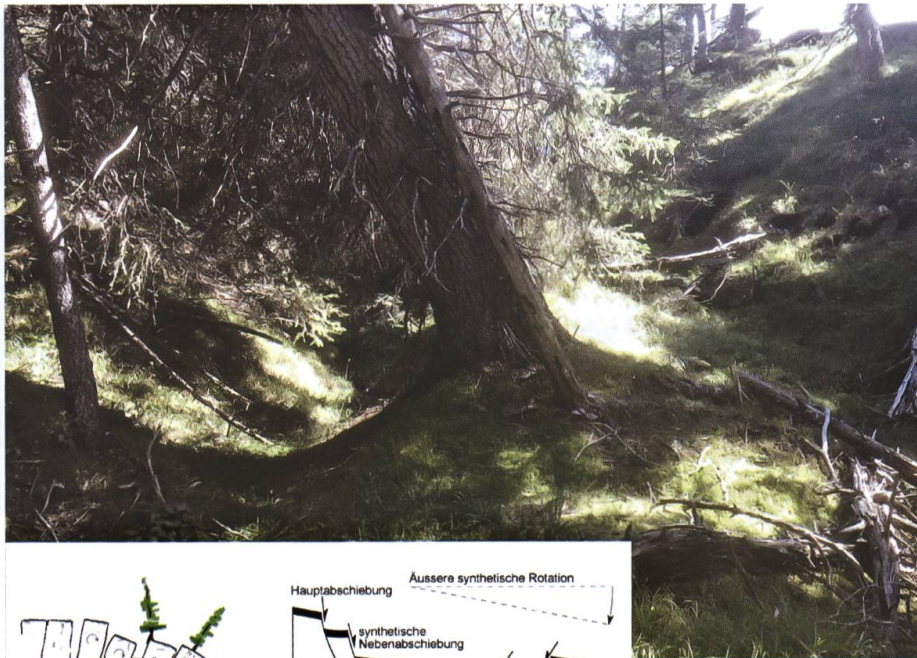


Fig 9: Ausgeprägte Nackentälchen, welche in der Rutschung Berg sowohl durch Dehnung mit synthetischen- und antithetischen Bruchflächen (resp. Horst-Graben-Strukturen), topographisch etwas weiter unten im Gelände jedoch durch Toppling-Prozesse erklärt werden können. Talwärts nach rechts. Foto und Skizze links Christoph Nänni, TBA GR. Skizze rechts aus Burg 2018 [5].



- 2009: Bau Auffangbecken mit 5 m hohen Schutzdamm in Gretla
- 2015: Felsstürze in Creplas von 100'000 m³ im Frühjahr und 30'000 m³ im Herbst
- Juni 2022: Deutliche grossräumige Verlangsamung der Rutschbewegungen westlich des Dorfes resp. im Bereich des Sondierstollens. Die Bewegungen nehmen von 2,6 m/Jahr (2021) bis im August 2022 auf 1,6 m/Jahr ab und verlangsamen sich weiterhin.

3 Geomorphologische Phänomene

Aufgrund der Geländeformen sowie der auftretenden Prozesse ist zur Beschreibung der Phänomene eine Unterteilung der Grosshangbewegung in die «Rutschung Dorf» und «Rutschung Berg» sinnvoll. Die Rutschung Dorf umfasst den unteren flacheren Hangbereich der Grosshangbewegung, auf welcher das Dorf mitrutscht. Die Rutschung Berg umfasst den oberen, mit häufigen Sturzprozessen betroffenen Teil, mit den bis 200 m hohen Felswänden (siehe Fig. 3). Trotz Unterteilung der Grosshangbewegung ist diese aus geologischer Sicht als eine einzige, zusammenhängende Grosshangbewegung mit verschiedenen Prozessen zu betrachten [7].

Der geomorphologische Formenschatz ist aus geologischer Sicht überaus reichhaltig und enthält alle typischen Elemente einer Grosshangbewegung: Einen rund 300 m langen und heute über 50 m klaffenden und stark versackten Hauptanriss, zahlreiche Zerrspalten, Nackentälchen, Auf- und Abschiebungen in der Rutschung Berg (Fig. 7 bis 9), riesige Gehängeschutthalden mit stark aktiven Stein Schlagprozessen sowie starke Gelände verformungen in der Rutschung Dorf (Fig. 10).

4 Relevante Gefahrenprozesse

Die Grosshangbewegung verursacht die zwei grundsätzlichen geologischen Prozesse Rut-

schung und Sturz, welche in folgenden Abschnitten erläutert werden.

4.1 Gefahrenprozess Rutschung

Die Verschiebungsbeträge der Grosshangbewegung lagen im April 2022 im Bereich Rutschung Dorf bei rund 1,5 m/Jahr (Kirche) und westlich des Dorfes bei etwa 2,6 m/Jahr. Die Bewegungen finden entlang einer einzigen diskreten Gleitfläche in rund 150 m Tiefe statt [7]. Sie führen im Siedlungsbereich seit Jahren zunehmend zu starken Deformationen an Infrastrukturen. Das Dorf selbst schien sich zunächst jahrelang auf einem zusammenhängenden Kompartiment «en bloc» zu bewegen. Seit einigen Jahren treten jedoch immer häufiger differenzielle Bewegungen auf. Es scheint, dass das Kompartiment aufgrund der anhaltenden grossen Rutschbewegungen nun langsam zerschert wird, respektive zerbricht, so



Fig. 10: Eines der stark beschädigten Häuser auf der Rutschung Dorf, welches mittlerweile abgerissen wurde. Foto Christoph Nänni, TBA GR.

dass Infrastrukturen, welche auf Kompartimentsgrenzen liegen, beschädigt werden. Etliche Gebäude weisen cm- bis dm-breite Risse auf, sind verkippt oder stark zerrissen (siehe Fig. 10). Ein Stall und ein Wohnhaus mussten bereits abgerissen werden. Ebenso werden Strom- und Wasserleitungen sowie Strassen und die RhB-Linien laufend deformiert.

4.2 Gefahrenprozess Sturz

Aus den steilen Abbruchwänden der Rutschung Berg erfolgen seit Jahren fast täglich Blockschläge, sowie alle paar Jahre Felsstürze über hunderttausend Kubikmeter Volumen (vgl. Kap. 2). Im Untergrund der Grosshangbewegung finden hier sowohl Gleitprozesse als auch Toppling statt [7].

Die kantonale Verbindungsstrasse Lenz - Brienz wurde in den letzten Jahren ein bis zweimal jährlich von Blockschlägen, resp. von grossen Einzelblöcken (1 bis 60 m³) aus Felsstürzen getroffen. Das Dorf Brienz wird hingegen von Sturzkörpern dieser Gröszenordnung nicht erreicht. Jedoch zeigen Sturzmodellierungen, dass grössere Felsstürze und Bergstürze, respektive Sturzströme das Dorf erreichen könnten [16]. Die Eintretenswahrscheinlichkeit eines solch grossen Ereignisses wird zurzeit als gering im Sinne der BAFU-Vollzugshilfe für Massenbewegungen [5] eingestuft. Die Unsicherheiten dieser Abschätzungen sind immer noch erheblich. Angesichts des grossen Schadenpotenzials ist die Frage nach der Wahrscheinlichkeit für derartig grosse Ereignisse jedoch zentral und Kernpunkt laufender Abklärungen. Insbesondere werden aktuell geomechanische (FDEM)-Modellierungen ausgeführt, um die Unsicherheiten zu verringern.

4.3 Schadenpotenzial

Das Schadenpotenzial, welches von den Prozessen Rutschung und/oder Sturz be-

troffen ist oder in Zukunft sein könnte, umfasst primär das Dorf Brienz/Brinzauls, sowie dicht neben der Grosshangbewegung die Siedlung Vazerol und die Dörfer Surava und Tiefencastel. Die Strasseninfrastrukturen umfassen neben lokalen Gemeindestrassen und -wegen die kantonale Verbindungsstrasse Lenz-Alvaneu, die Julierstrasse Lenz-Tiefencastel, die Landwasserstrasse Tiefencastel-Surava sowie südlich der Grosshangbewegung die Nationalstrasse Tiefencastel-Silvaplana. Die RhB überquert auf einer Strecke von über 2 km den stark durch sekundäre Rutschungen überprägten Fussbereich der Grosshangbewegung. Weiter verläuft eine 380 kV Hochspannungsleitung über die Rutschung.

Monetär beträgt das direkte Schadenpotenzial infolge Rutschprozessen rund 170 Millionen Schweizer Franken [11]. Gut die Hälfte davon fällt auf Gebäude und Immobilien. Der verbleibende Anteil verteilt sich auf Verkehrswege, Landwirtschaftsnutzflächen sowie Infrastrukturen der Strom-, Wasser- und Trinkwasserversorgungen. Indirekte Schäden wurden noch nicht quantifiziert. Ebenfalls wurde das durch Sturzprozesse betroffene Schadenpotenzial noch nicht quantifiziert.

5 Geologische Untersuchungen

5.1 Geologische Untersuchungen 2009 - 2014

Verschiedene Geologen beschäftigen sich seit 2009 mit dem geologisch-hydrogeologischen Modell dieser Grosshangbewegung. Die wichtigsten neuzeitlichen Arbeiten lieferten in oben genannter Zeitperiode die Geologiebüros CSD AG Thusis [9] sowie die BauGrundRisk GmbH, Dr. Krähenbühl [3], [13]. Die Untersuchungen bestanden primär darin, die an der Geländeoberfläche laufenden geomorphologischen Phänomene und Prozesse sorgfältig zu kartieren und zu studieren. Untersuchun-

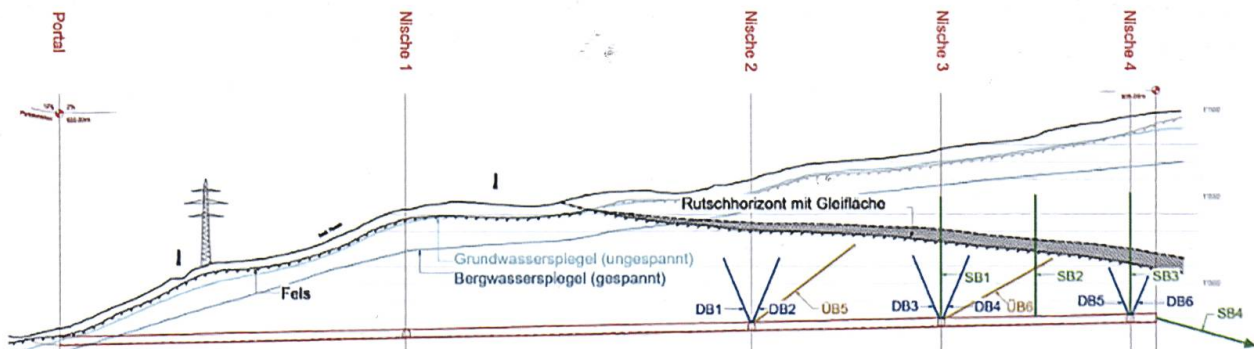
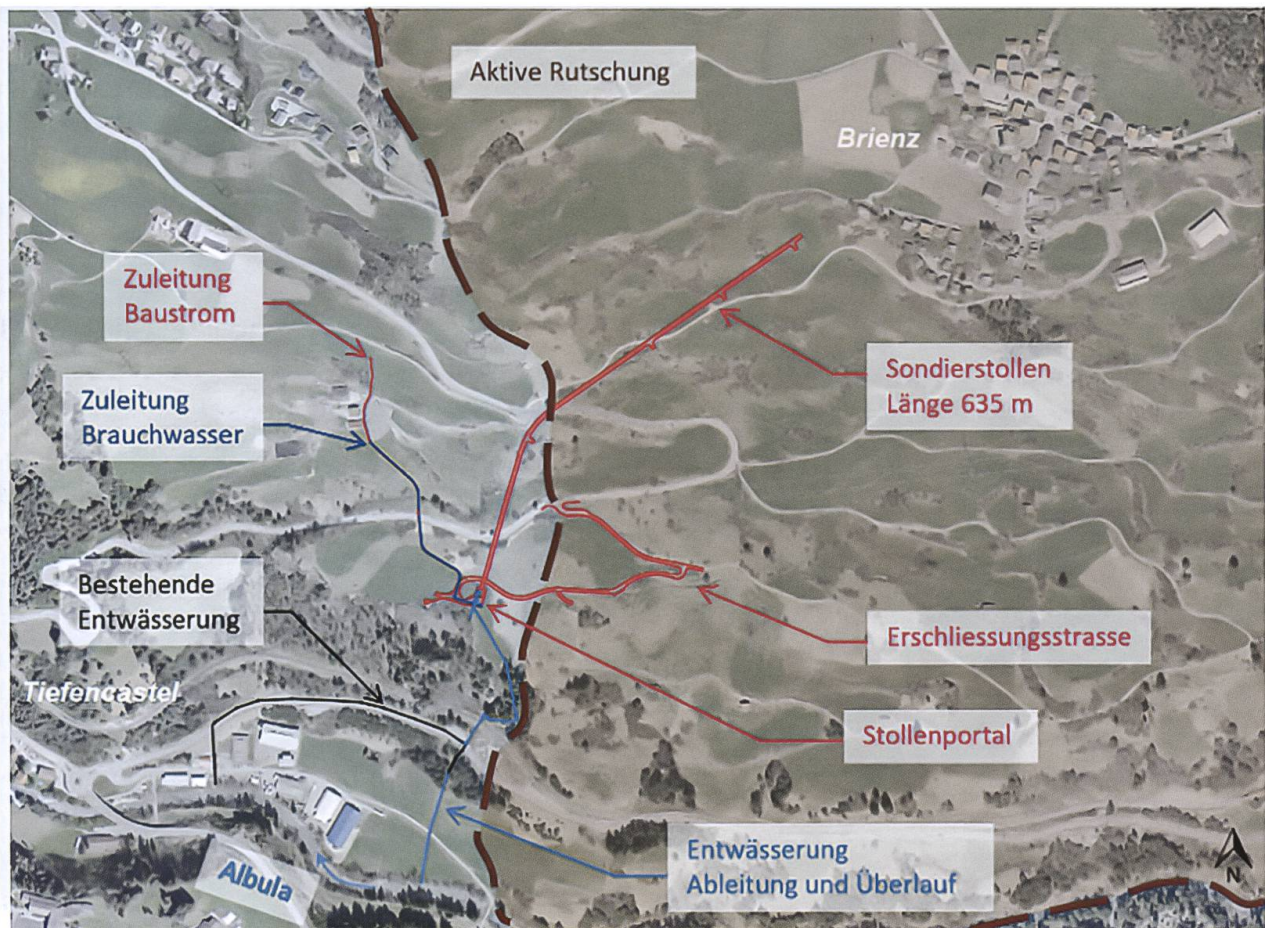


Fig. 11: Lage des Sonderstollens, Situation und schematisches Längenprofil. Im Längenprofil sind schematisch die projektierten Drainagebohrungen (DB), Sondierbohrungen (SB) sowie Überwachungsbohrungen (Üb) eingezeichnet [1].

gen mit künstlichem Aufschluss des Untergrundes, insbesondere Sondierbohrungen, standen bis dato nicht zu Verfügung. Aufgrund ungenügender Einsicht in den Untergrund bestanden erhebliche Unsicherheiten bezüglich der grundlegenden Bewegungsprozesse. Die Prozesse «Gleiten entlang einer Basisgleitfläche» und «tiefgreifendes Toppling» wurden zwischen den Geologen kontrovers und bisweilen heftig diskutiert.

5.2 Geologische Grundlagenenerhebung 2018 - 2022

Mit der Zuordnung der roten Zone infolge der stark aktiven Rutschprozesse im Siedlungsbereich (2017), wurde vom Amt für Wald und Naturgefahren GR ein umfassendes geologisches Untersuchungsprogramm zusammengestellt und in den Jahren 2018 – 2022 ausgeführt.



Fig. 12: Sondierstollen, Stollenmeter SM89.5. Der gesamte Stollen verläuft in Flysch. Der Vortrieb des Sondierstollens erfolgt konventionell, resp. sprengtechnisch im Vollausbruch. Foto: Christoph Nänni, TBA GR.

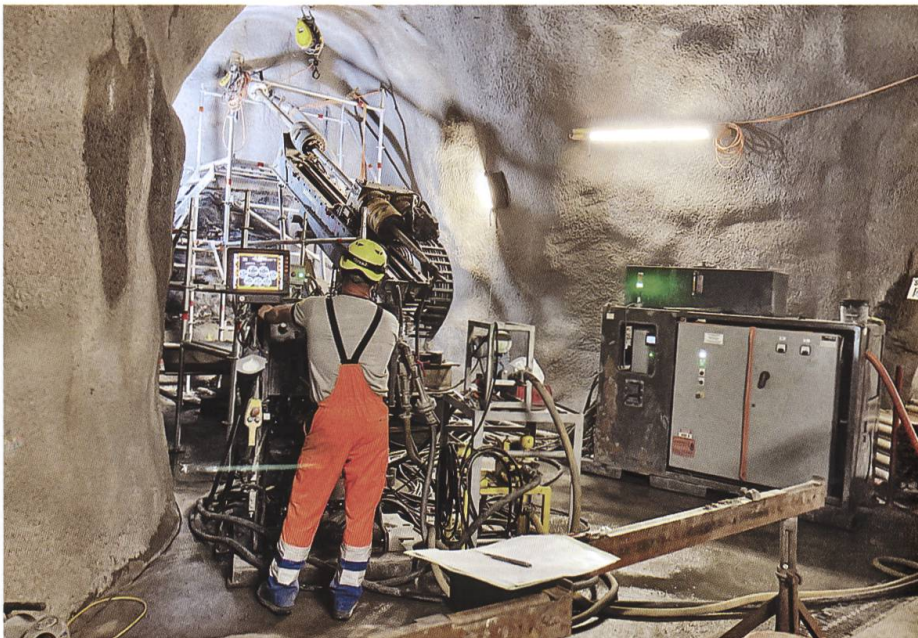


Fig. 13: Drainagebohrung steigend aus dem Stollen heraus. Sämtliche Drainagebohrungen enden unterhalb der Gleitfläche des Grosshangbewegung. Drainagebohrungen durch die Gleitfläche hindurch werden erst im Jahr 2023 gebohrt. Foto: Ivan Degiacomi, TBA GR.

Unter der Federführung der BTG Büro für Technische Geologie AG, Sargans, wurden 12 Sondierbohrungen abgeteuft [7]. Die maximale Bohrtiefe betrug im aktiv rutschenden Bereich 239 m, dicht neben dem aktiven Rutschbereich 341 m. Mit den Sondierbohrungen konnten grossräumige Gleitprozesse entlang einer einzigen Gleitfläche mittels Inklinometer sowohl im Untergrund der Rutschung Berg als auch unter der Rutschung Dorf bestätigt werden. Im Übergangsbereich von der Rutschung Berg zur Rutschung Dorf laufen hingegen bis heute

reine, bis mindestens 180 m tiefe Topplingprozesse ab (Fig. 9).

Ergänzend zu den Sondierbohrungen – innerhalb der Grosshangbewegung alle durch die aktive Gleitfläche hindurch - wurde das Gebiet neu kartiert und die Informationen zum Untergrund mit geophysikalischen und hydrogeologischen Untersuchungen ergänzt [7]. Neu dazu kamen auch umfangreiche felsmechanische Untersuchungen welche an der ETH und der EPFL durchgeführt wurden [14]. Das geologische Modell der Grosshangbewe-

gung kann nun samt Deformationszonen dreidimensional dargestellt werden [7]. Langjährige Deformationsmessungen, grossflächige interferometrische Radarmessungen sowie LIDAR-Messungen liefern mittlerweile ein umfassendes Bild zum zeitlichen Verhalten der einzelnen Kompartimente der Grosshangbewegung. Die Wirkung von Niederschlägen und Schneeschmelzen sind teilweise, jedoch nicht allumfassend bekannt.

Das auf den umfangreichen geologisch-hydrogeologischen Untersuchungen basierende geologisch-kinematische und hydrogeologische Modell ist ab Seite 17 dieses Bulletins ausführlich vorgestellt.

Aktuell sind als Folgeprojekt zu den Untersuchungen 2018 – 2022 und auch als Grundlage zur Planung eines allfälligen Entwässerungstollens weitere Sondierbohrungen, geo- und hydromechanische Modellierungen sowie umfangreiche hydrogeologische Untersuchungen im Gange.

5.3 Geologische Erkundung mittels Sondier- und Versuchstollen 2021/2023

5.3.1 Bau Sondierstollen

Im Zentrum bautechnischer Massnahmen zur Beruhigung der Grosshangbewegung Brienz/Brinzauls steht heute der Bau einer tiefgründigen Entwässerung der im Dorfbereich rund 150 m mächtigen Rutschung Dorf (Fig. 11, 12 und 13). Das gespannte Grundwasser soll dabei mittels eines Entwässerungstollens sowie aus dem Stollen hinaus gebohrten Drainagebohrungen entlastet werden. Die Druckentlastung soll zu einer Verlangsamung der Rutschbewegungen führen. Trotz guter Erfahrungen aus diversen, weltweit gesammelten Projektdokumentationen im Umgang mit Entwässerung von Rutschungen [8] war ungewiss, ob ein Entwässerungstollen in Brienz ebenfalls Erfolg haben würde. Die voraussichtliche Wirkung eines

Entwässerungstollens wird daher aktuell mittels eines 635 m langen Sondier- respektive Versuchstollens und bisher 9 Drainagebohrungen geprüft. Der Stollen verläuft minimal rund 20 bis 30 m unter der Gleitfläche der Rutschung Dorf. Die bisherigen Drainagebohrungen wurden aus dem Stollen bis unter die Gleitfläche gebohrt. Später werden auch die Wirkung von Bohrungen durch die Gleitfläche hindurch, in die Rutschmasse hinein, geprüft. Der Stollenvortrieb und das Vortreiben der Drainagebohrungen dauerte vom September 2021 bis August 2022. Der Sondierstollen wurde so dimensioniert, dass er, bei ausreichendem Nachweis der Wirksamkeit auf die Rutschgeschwindigkeit, später zum definitiven Entwässerungstollen ausgebaut werden kann. Der Stollen wurde mit 13,8 Mio. Franken veranschlagt (gemäss KV).

5.3.2 Erste Beurteilung Wirkung des Sondierstollens

Mit dem Sondierstollen konnte der Porenwasserdruck unter der Gleitfläche der Grosshangbewegung bisher um rund 4,5 bar abgesenkt werden (Fig. 14). Die Absenkung des Grundwasserdruckes zeigt heute bereits eine deutliche Wirkung auf den Teil der Rutschung, welcher sich grossräumig über dem Sondierstollen befindet (Westteil der Rutschung Dorf). So nahmen vom Mai bis im September 2022 die Verschiebungen um bis zu 50% ab. Während im Ostteil der Rutschung Dorf - der Rutschbereich deutlich neben dem Sondierstollen - die Verschiebungsgeschwindigkeiten zunächst noch gleichblieben. Erst seit Juli/August 2022 begann sich auch der Ostteil der Rutschung Dorf ebenfalls deutlich zu verlangsamen.

Von einem ersten Erfolg des Sondierstollens darf durchaus gesprochen werden. Nicht nur der Porenwasserspiegel in der Rutschung wurde abgesenkt, auch die Rutschung wurde bereits deutlich abgebremst (Fig. 15). Die Grosshangbewegung kann offensichtlich mit

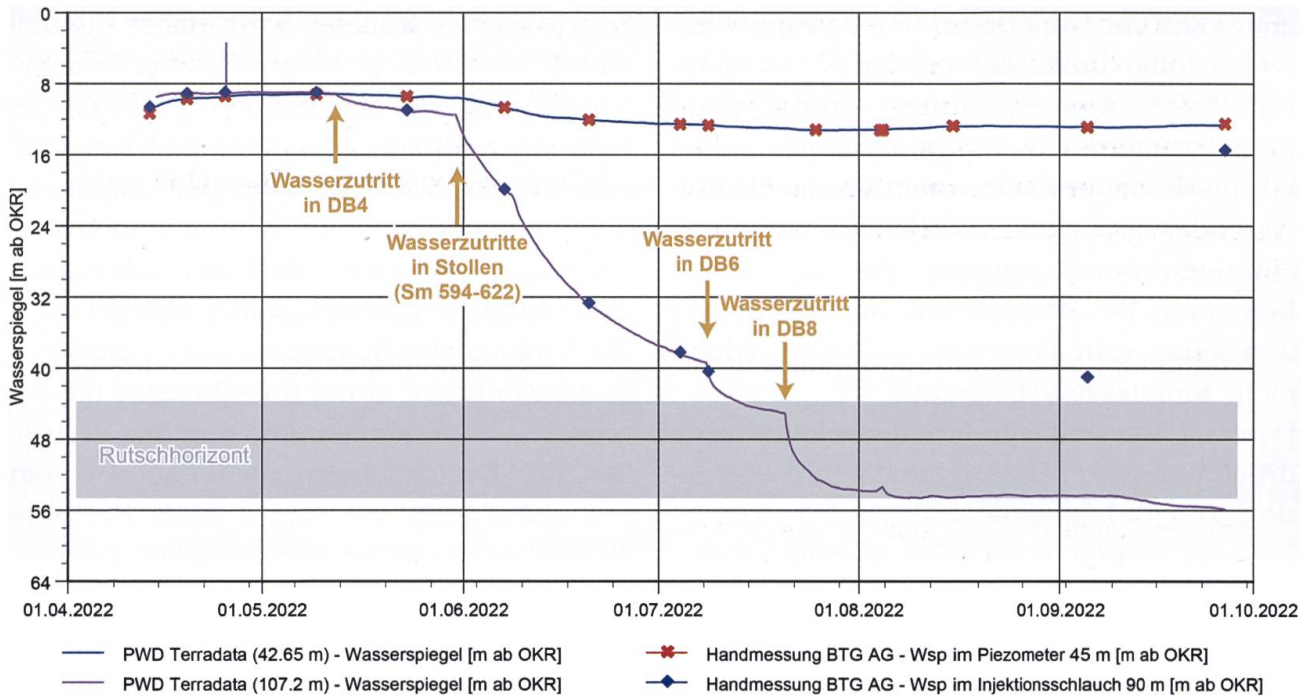


Fig. 14: Porenwasserdruckmessung in der Überwachungsbohrung ÜB3. Der Porenwasserdruck im gesunden Flyschgebirge unter der Rutschung nimmt zwischen April und August 2022 um 45 m, resp. um 4,5 bar ab (lila Kurve). Diese Absenkung korreliert deutlich mit dem Fortschreiten des Stollenvortriebes und den gebohrten Drainagebohrungen im Stollen. In der Rutschung selbst beträgt die Druckabsenkung in der gleichen Periode nur ca. 4 m (blaue Kurve). Graphik: Vorabzug BTG AG, Oktober 2022, unpubl.

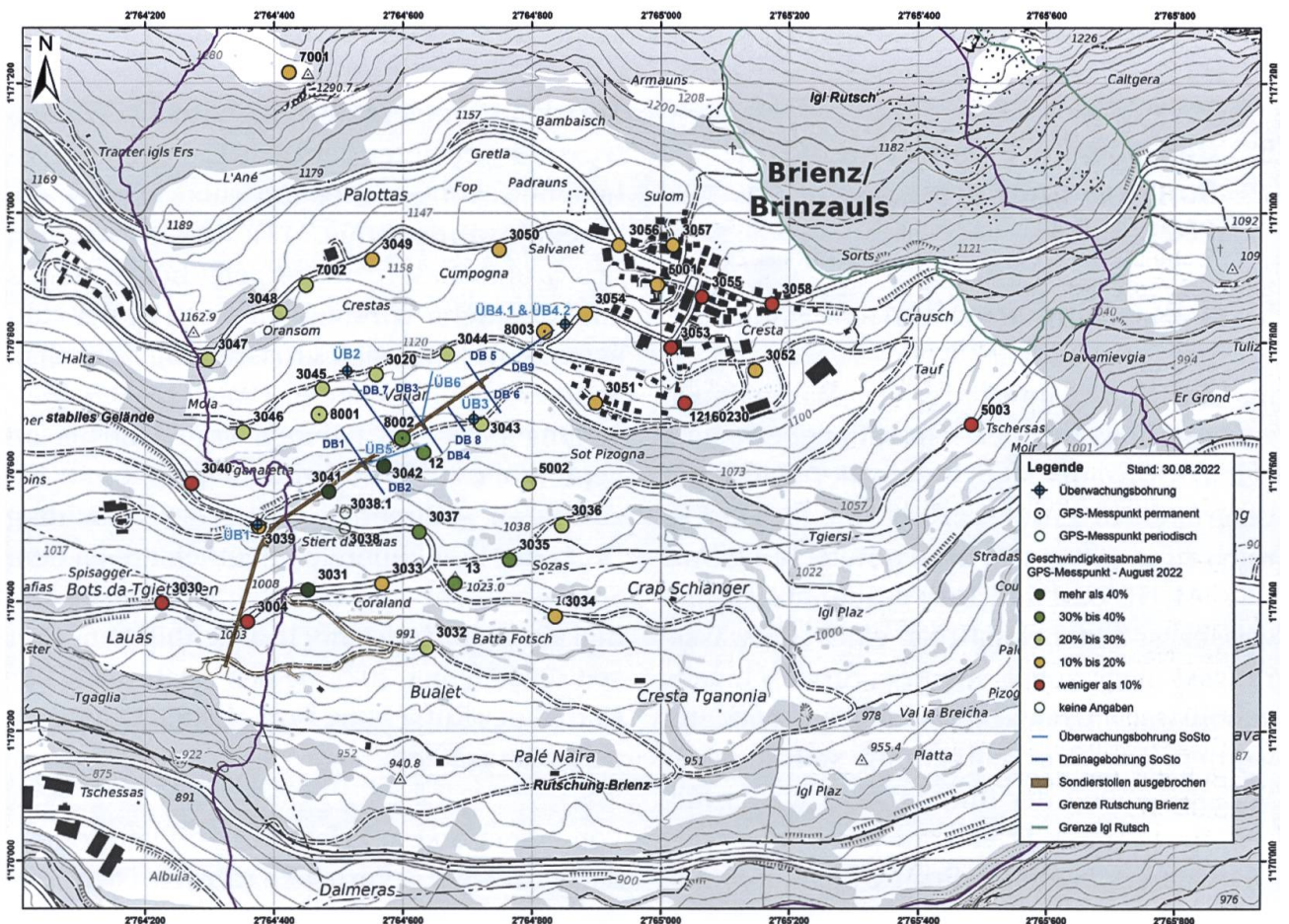


Fig. 15: Die braune Linie markiert den Verlauf des Sondierstollens im westlichen Teil der Rutschung Dorf. Die grünen Punkte zeigen eine Reduktion der Rutschgeschwindigkeit um 30 bis 50% zwischen April und Ende August 2022 an. Rot bedeutet eine gleichbleibende bis leicht verminderte Rutschgeschwindigkeit an. Graphik Vorabzug BTG AG, Oktober 2022, unpubl.

einer Tiefenentwässerung beeinflusst werden. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass mit einem längeren Entwässerungsstollen mit zahlreichen Drainagebohrungen die Bewegungen dauerhaft, respektive nachhaltig und zudem grossräumig verlangsamt werden könnten.

- [16] Sartorius, O., Scheider, S. & Wurster, D. 2022: Überwachung und Frühwarnung Grossrutschung Brienz/Brinzauls, Swiss Bulletin für angewandte Geologie, Vol. 27/1, S.95-101.
- [17] Schweizerisches Bundesarchiv: Fotos vom Bergbruch von Brienz. 1903 und 1911.

Literatur

- [1] Amberg Engineering AG, 2020: Sondierstollen Rutschung Brienz, Bauprojekt, Technischer Bericht, Chur.
- [2] Andreas Ludwig, 2011: Kinematische Analyse der Hanginstabilität von Brienz/Brinzauls. Masterarbeit ETHZ.
- [3] BauGrundRisk GmbH, 2014; Bergsturzgebiet Brienz; Geologische Abklärungen im Rutsch- und Bergsturzgebiet.
- [4] Bundesamt für Landestopografie swisstopo: SwissALTI3D, Reliefschattierung multidirektional.
- [5] Bundesamt für Umwelt BAFU, 2016: Schutz vor Massenbewegungsgefahren. Vollzugshilfe für das Gefahrenmanagement von Rutschungen, Steinschlag und Hangmuren.
- [6] Burg, J.P. ETH Zürich: Skript zu Strukturgeologie, ETH Library 2018
- [7] BTG Büro für Technische Geologe, AG, Chur/Sargans, 2022: Rutschung Brienz/Brinzauls, Geologische Detailuntersuchungen 2018 bis 2021.
- [8] BTG Büro für Technische Geologe, AG, Chur/Sargans, 2020: Rutschung Brienz/Brinzauls, Literaturstudie Sanierung.
- [9] CSD AG Thusis, 2010: Grossrutschung Brienz und Felssturzgebiet Caltgeras; Karten der Phänomene und technischer Bericht.
- [10] CSD AG Thusis, 2019: Sackungsmasse Brienz/Brinzauls, Geologisches und Kinematisches Modell.
- [11] EBP Schweiz AG, Zürich, 2021: Risikoanalyse Rutschung Dorf Brienz/Brinzauls.
- [12] Heim, Albert, Beiblatt zur Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, 1932: Bergsturz und Menschenleben.
- [13] Krähenbühl, R. & Nänni, C. 2017: Ist das Dorf Brienz-Brinzauls bergsturzgefährdet? Swiss Bulletin für angewandte Geologie, Vol. 22/2, S.33-47.
- [14] Löw, S. et al., 2021: Rock Mechanical Investigations of Rapid Failure Potential of a Heterogeneous Rockslide Complex (Brienz Graubünden), ETH Research Project.
- [15] Moser, M., Amann, F., Meier J. & Weidner, S. 2017: Tiefgreifende Hangdeformationen der Alpen. Verlag Springer Spektrum.

