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-Geowissenschaftern; Schweizerische Fachgruppe für Ingenieurgeologie

Band: 25 (2020)

Heft: 1-2

Artikel: Rutschung Braunwald (Kanton Glarus) : der lange Weg der Massnahmenplanung

Autor: Frank, Stephan

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-977309

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.12.2025

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

Swiss Bull. angew. Geol. Vol. 25/1+2, 2020 S. 75-83

Rutschung Braunwald (Kanton Glarus): Der lange Weg der Massnahmenplanung

Stephan Frank[1]

1 Einleitung

Die Terrasse des autofreien und lediglich mit einer Standseilbahn erschlossenen Dorfes Braunwald (Gemeinde Glarus Süd) ist Teil eines ca. 4 - 5 km² grossen Rutschgebiets, welches sich seit Zehntausenden von Jahren langsam talwärts bewegt. Heute sind davon rund 3 km² als aktive Rutschung nachgewiesen.

Bedingt durch die permanenten Kriech- und Rutschbewegungen mit periodischen Beschleunigungen und der Gefahr von Murgängen bis ins Tal ergeben sich im Kerngebiet von Braunwald grosse Schutzdefizite. Sowohl die Bergstation (vgl. Fig. 1) wie die Talstation der Braunwaldbahn und das SBB-Trassee (vgl. Fig. 2) liegen in roten Gefahrenzonen.

2 Geologische Entstehungsgeschichte

Die gesamte Sackungs- und Rutschmasse ist komplex aufgebaut und mehrphasig entstanden. Umfangreiche Kartierarbeiten und die Sondierkampagnen 1980, 1982, 2002, 2011 und 2017 (Schindler 1982, Dr. von Moos AG 2018) zum geologischen Prozessverständnis und zur Evaluierung von Sicherungsmassnahmen zeigen einen mehrschichtigen Wechsel von:

- Steinig-blockige Partien bis hin zu einigen 100 m grossen zerrütteten Felskompartimenten (vorwiegend kalkig-kieselige Gesteine der Sexmoor- und Spitzmeilen-Formation sowie der Prodkamm-Formation

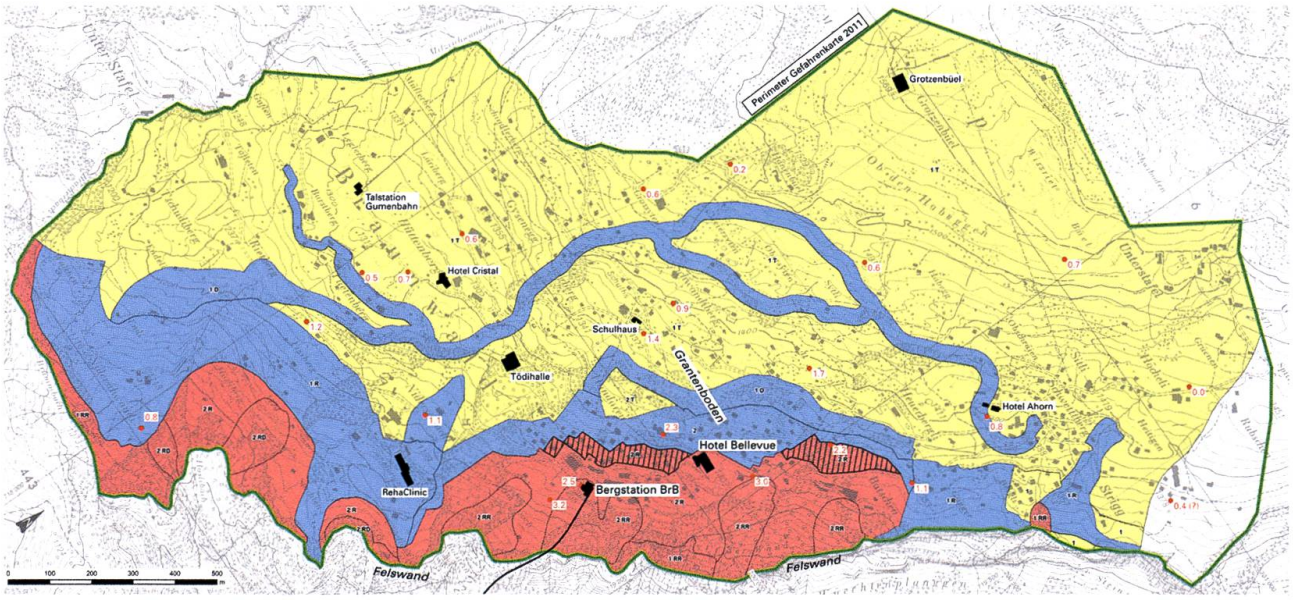

Fig. 1: Heute gültige Gefahrenkarte «Braunwald» für den Prozess «Permanente Rutschung» (rot beschriftete Zahlen = langjährige Bewegungsgeschwindigkeit).

[1] Dr. von Moos AG, Bachofnerstrasse 5, 8037 Zürich

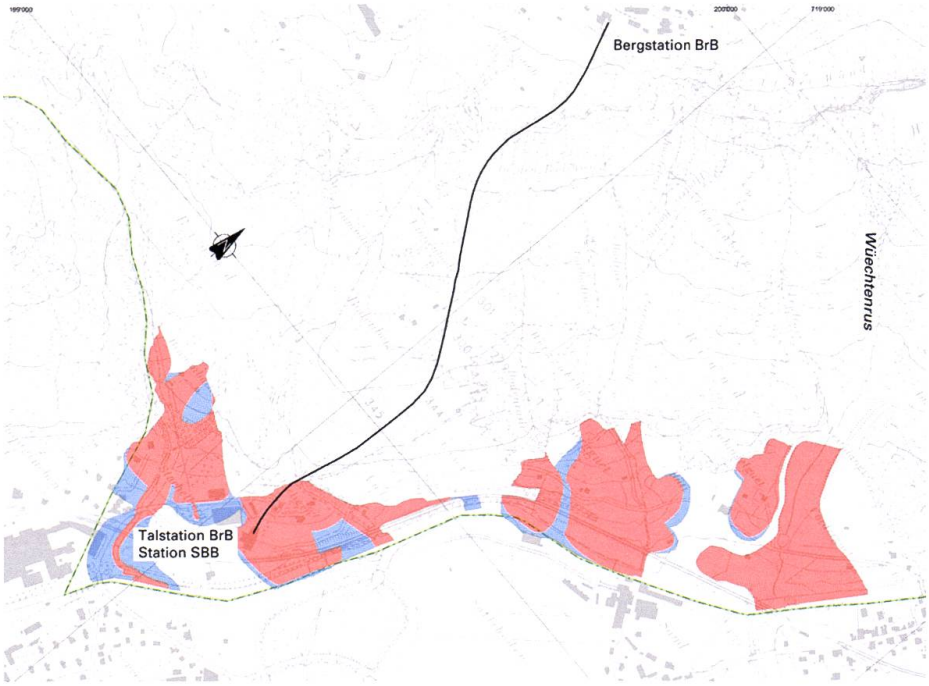

Fig. 2: Heute gültige Gefahrenkarte «Linthal» für den Prozess «Murgang». Bemerkung: Die hangwärtige unnatürliche Begrenzung entspricht dem Gefahrenkarten-Perimeter, stellt also nicht den effektiven Prozessraum dar.

mit Mergel- und Tonschieferlagen, Lias)

- Stark verlehmte Schieferzonen (wahrscheinlich Mols-Member der Bommerstein-Formation, «Alenian-Schiefer = alpiner Opalinuston») mit allen Übergängen in
- tonigen Silt / siltigen Ton (sog. «Blauer Lehm», vgl. Fig. 3) mit wenig Grobkomponenten aus den oben erwähnten Felsabfolgen.

Die letztgenannten Lehmlagen treten in mehrfach repetierten Horizonten auf und sind wahrscheinlich während mehreren glazialen Zyklen in einem zeitlichen wie örtlichen Wechsel von Permafrost-bedingtem Kriechen und von Rutschprozessen analog den aktuell vorherrschenden Bewegungen entstanden. Sie stellen die heute inaktiven wie aktiven Gleithorizonte dar.

Fig. 3: Ansicht der verlehmten Schiefer («alpiner Opalinuston», Mols-Member) im aktiven Rutschhorizont, horizontale Bohrung durch den Hauptschacht der Tiefendrainage «Grantenboden» (Foto: S. Frank, 2004).

Ein Holzfund (hart gepresste Fichte; WSL 2011) in einer Bohrung im oberen Teil der Rutschmasse in 35.8 m Tiefe ergab ein C^{14}-Alter >50'000 cal bP (ETHZ 2011).

3 Aufbau und Bewegungsverhalten der Rutschmasse

Die Mächtigkeit der gesamten Sackungs-/ Rutschmasse erreicht im zentralen, obersten Teilgebiet sehr wahrscheinlich bis über 120 m. Die grösste Mächtigkeit der aktiven Rutschmasse wurde in der erwähnten Bohrung mit dem Holzfund mittels Inklinometermessung in 82 m Tiefe bestimmt. Darüber und darunter liegen dort - wie auch in vielen anderen Bohrungen - aufgrund der Bohrkernaufnahmen und Kornverteilungen mehrere potenzielle Bewegungszonen. Bei der Bergstation der Braunwald-Bahn und beim Hotel Bellevue beträgt die Rutschmächtigkeit noch 10-20 m und entspricht hier wie auch im gesamten unteren Teil des Rutschgebietes auch der aktiven Bewegungsmasse. Erstaunlicherweise zeigten die Inklinometermessungen in über 30 Kernbohrungen praktisch überall nur eine scharfe Bewegungsfläche.

Von den oberen Gebieten mit hoher Rutschmächtigkeit nach unten nimmt die durchschnittliche Geschwindigkeit der Bewegung von wenigen mm/a bis auf über 30 mm/a zu. Typisch ist eine Beschleunigungsphase jeweils im Spätwinter bis Frühsommer, wo je nach Vorsättigung des Untergrundes und Intensität der Schneeschmelze Geschwindigkeiten bis 150 mm/a erreicht werden (vgl. Fig. 4).

Aufgrund des Ereigniskatasters ist bekannt, dass die Rutschbewegungen alle 5 - 15 Jahre zumeist kleineren, lokalen Problemen (massive Setzungen, Geländeabbrüche, kleinere Murgänge) v.a. an der Felskante zum Tal hinführen. Etwa alle 25 – 30 Jahren sind Grossereignisse wie 1999, 1979, 1964 und 1930 zu erwarten (vgl. auch Tab. 1). Anfangs der 1930er Jahre gab es massive Bewegungen bei der Bergstation der Standseilbahn, die Sanierungen notwendig machten (Marthaler & Boller 1934).

Speziell zu erwähnen ist die Beschleunigungsphase 1930, die wahrscheinlich auch

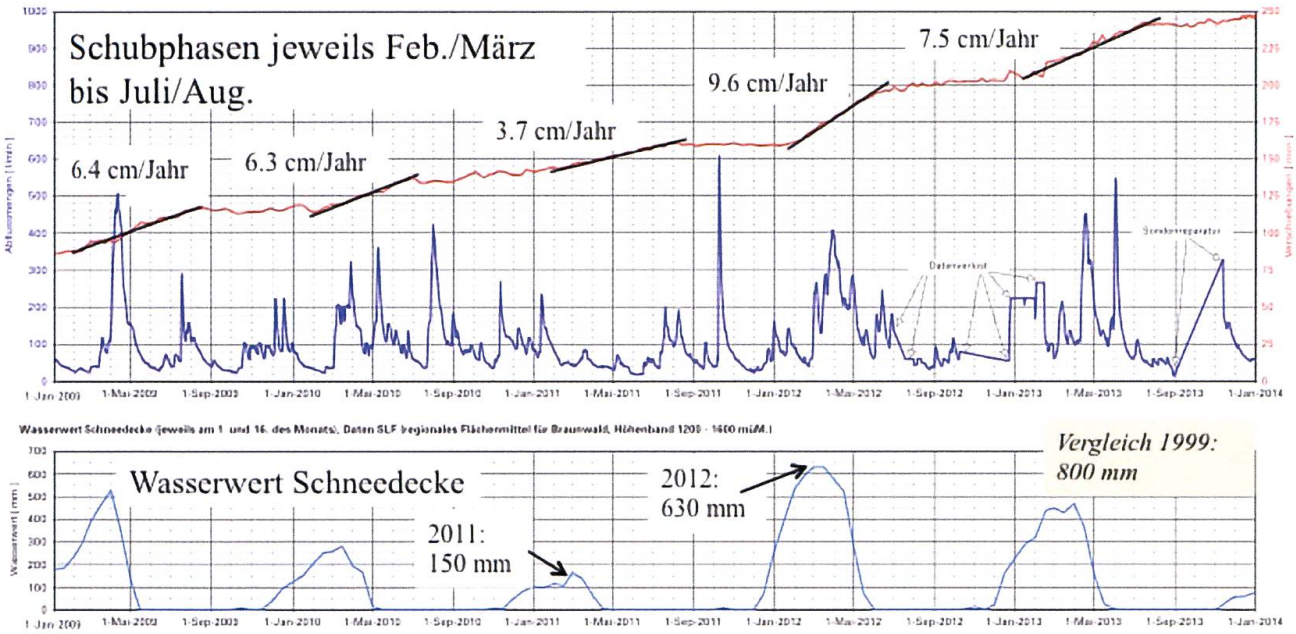

Fig. 4: Mehrjährige Bewegungsmessungen Jan. 2009 – Dez. 2013 mittels permanentem GPS, verglichen mit dem Wasseranfall im bestehendem Drainagesystem «Grantenboden» und den Schneewasserwerten gemäss Messstationen-basiertem Modell SLF (Höhenstufe 1200 -1600 m ü. M., Gebiet südliches Glarnerland; die manuelle Messstation Braunwald zeigte anfangs März 1999 sogar einen Wert von 1003 mm).

mit ein Grund für Evakuationen in Linthal wegen drohendem Bergsturz vom Chilchenstock auf der anderen Talseite (vgl. Zopfi 1996, Heim 1932) war. Erst mit den Vermessungen von 1954 auf Basis der Messpunkte 1925 wurde nämlich definitiv klar, dass die Gefahr, wegen der sich bewegenden «Fixpunkte» in Braunwald, überschätzt wurde.

Jahr	Ereignisbeschrieb / Massnahmen
1910	Erste Entwässerungsstollen im Bereich des Hotels Bellevue im Gebiet «Grantenboden» (erbaut 1906/07) samt Ableitung zur Bergstation der Braunwaldbahn; erster Entwässerungsstollen nordöstlich der Bergstation.
1925	Einrichtung von Messpunkten durch die Landestopografie.
1932/33	Erste Tiefenentwässerungsanlage nördlich der Bergstation der Braunwaldbahn (BrB) und beim Hotel Alpina (heute «Adrenalin»). Umfangreiche Instandsetzungsarbeiten an der Bergstation, Behebung von Schäden in Folge der Schubphase 1930.
1954	Erste Folgemessung der Messpunkte LT durch Vermessungskurs der ETHZ. Ergebnis: Die ganze Terrasse von Braunwald bewegt sich, nicht nur wie angenommen Gebiete unten an der Felskante.
1964	Bewegungen und Setzungen bei der Bergstation BrB führen zu Umbau- und Renovationsarbeiten: - Einfache Sicherungen im Hang unterhalb Bergstation. - Weitere Entwässerungsstollen im Bereich Hotel Bellevue/Grantenboden. - Bundesratsbeschluss (!) zwecks Stabilisierung der bewegten Zone.
1979-80	November 1979: Rutschung in der Teufrus unterhalb Hotel Bellevue, Murgang ins Tal bis nach Rüti. Feb./März 1980: Die Rutschung greift bis zur Strasse nach Rubschen zurück.
1981	Gründung der Entwässerungskorporation Braunwald EKB.
1983-84	Bau Tiefenentwässerungsanlage «Grantenboden» zwischen Hotel Bellevue und Feuerwehrdepot (Länge 160 Meter), Anlagekosten ca. 4 Mio. CHF, wovon ein Drittel durch die Entwässerungskorporation finanziert wird. Inbetriebnahme 1985.
1999	Das Gebiet «Bätschen» bewegt sich in einer Woche um mehr als zwei Meter. Ca. 100'000 m^3 Material stürzen über die Felswand ins Tal und ergiessen sich in Form von Murgängen bis in die Linth in Rüti. Etwa gleich viel Material bleibt z.T. «en bloc» oberhalb der Felswand liegen (vgl. Fig. 4).
2001	Bericht zur Gefährdungssituation mit Revision Gefahrenkarte (Inkraftsetzung 2003), erste Untersuchungen zur Kostenwirksamkeit von Sanierungsmassnahmen. Erste Sicherungsarbeiten an der Tiefenentwässerung «Grantenboden».
2002	Bohrkampagne im Gebiet Bergstation BrB – Grantenboden zur Erneuerung der Messstellen 1982/85 sowie Erweiterung des Kenntnisstandes oberhalb der Bergstation BrB und im Hinterland der Rutschung «Bätschen» 1999.
2003	Schlussbericht Sondier- und Messkampagne 2002/2003: - Hauptergebnis: Ein Stoppen der Bewegung (z. B. durch Bodenanker) ist unmöglich, ein wesentliches Abbremsen ist aber machbar (Nachweis mit 2D-Stabilitätsberechnungen). - Bauliche Massnahmen werden mit etwa 22 Millionen veranschlagt (z.B. neue Schächte mit Drainagebohrungen im Dorfzentrum). - Abschluss Murgangverbauungen im Tal in Rüti.
2005	Aufwändige Sicherungsarbeiten am Hauptzugangsschacht der Tiefenentwässerungsanlage «Grantenboden», Kosten seit 2001 ca. 0.4 Mio. CHF.
2011	Bohrkampagne seitlich und oberhalb des Dorfkerns zur Erweiterung des Kenntnisstandes als Basis für 3D-Modellierung der Gesamtrutschung. Modellierung zeigt, dass Entwässerung mit tiefliegendem Stollen am erfolgversprechendsten ist.
2014	3. und 6. August: Felsstürze am Furhorn (grosse Felssackungsmasse oberhalb der Rutschung «Bätschen 1999») infolge sehr nasser Witterung im Juli, Gefährdung Durchgangsstrasse. Es werden bis Ende Jahr Sanierungsmassnahmen (Felsabtrag/ -sprengung, Verbesserung Schutzdämme) durchgeführt.
2017-18	Umfangreiche Bohrkampagne als Basis für die Projektierung des Entwässerungsstollens im stabilen Fels (geologisch-geotechnischer Variantenvergleich).
2019	Bericht zum Bauprojekt Entwässerungsstollen mit definitiver Variantenwahl und Kostenschätzung sowie Definition Notfallkonzept / Massnahmenplanung im Ereignisfall. Automatisierung Alarmierung der Frühwarndienste (GPS-Überwachung).

Tab. 1: Rutschereignisse und ihre Folgen.

3.1 Beobachtungen im 20. Jahrhundert

Erste Bewegungen sind 1897 unter dem Hotel Alpenblick neben der Bergstation der Braunwald-Bahn dokumentiert. Die Tabelle 1 enthält einen Auszug aus dem Ereigniskataster Braunwald (vgl. auch www.geologie-braunwald.ch).

3.2 Ereignis 1999

Ende Februar / Anfang März 1999 führte die Beschleunigung der bekannten, grossen Rutschmasse von Braunwald (Schindler 1982) zu mehreren Lockergesteinsabbrüchen über die Felswand ins Tal. Auslöser waren eine sehr niederschlagsreiche Vorperiode im Herbst 1998, extreme Schneefälle («Lawinenwinter») und intensive Regenfälle in den Schnee Ende Februar 1999. Dadurch ausgelöste Murgänge mit einer Gesamtkubatur von rund 100'000 m^3 erreichten die Linth bei Rüti (vgl. Fig. 5b) und führten zu einem Rückstau des Flusses. Weitere ca. 100'000 m^3 der Rutschmasse blieben über der Felswand stehen (vgl. Fig. 5a). Die Ereignisse 1999 sind in Frank & Zimmermann (2000) detailliert beschrieben.

4 Bisher realisierte Sanierungsmassnahmen

4.1 Massnahmen vor 1979/80

Beim Bau des Hotels Bellevue 1897 traten Probleme mit hohem Wasseranfall und Setzungen auf, die wahrscheinlich bereits kurz nach der Inbetriebnahme zu Gebäudeschäden führten. Daher wurden 1910 erste Entwässerungen mit Sickergräben im Gebiet «Grantenboden» realisiert und auch ein kurzer oberflächennaher Stollen bei der Bergstation der Braunwaldbahn erstellt.

Nach der Rutschbeschleunigung von 1930 wurde zur Stabilisierung des Bahntrassees und der Bergstation 1932/33 gemäss Projekt «Marthaler und Boller» aus Zürich eine grössere Tiefenentwässerungsanlage geplant. Als Kernstück war ein seitlich der Bergstation liegendes Entwässerungssystem mit bis zu 15 m tiefen Sickergräben vorgesehen (ausführlich beschrieben in Marthaler & Boller 1934, vgl. Fig. 6). Ausgeführt wurde die Entwässerung im bergwärtigen Teil als Stollen von ca. 2 Meter Höhe. Dieser ist auch heute noch teilweise wirksam.

4.2 Sickerwand 1985

Bereits 2 Jahre nach der Gründung der Entwässerungskorporation Braunwald EKB wurde 1983/84 eine 160 m lange Tiefendrainage in Form einer überschnittenen Bohrpfahl-

Fig. 5a: Grossrutschereignis «Bätschen» am 11. März 1999: Anrissbereich (Pfeil-Symbole im Schnee) über der Felswand (Foto: S. Frank, 12.3.1999).

Fig. 5b: Grossrutschereignis «Bätschen» am 11. März 1999: Murgangablagerungen im Tal bei Rüti (Fotos: S. Frank, Mai 1999).

Fig. 6: Bau eines von Hand erstellten Sickergrabens neben der Bergstation der Braunwaldbahn, 1932 oder 1933 (aus Marthaler & Boller 1934).

wand von 15 - 20 m Höhe erstellt (Schindler & Rageth 1990), die seit 1984 lokal alles Wasser über der Basisgleitfläche abfängt und geordnet dem Gerinne «Wüechtenrus» zuleitet. Dies ist die grösste heute noch in Betrieb stehende Entwässerungsmassnahme in Braunwald (vgl. Fig. 7a und 7b).

Trotz dieser Entwässerung kam es 1999 wenig seitlich dieser Massnahme zur erwähnten grossen Rutschung (Ereignis «Bätschen») mit mehreren grösseren Murgängen bis ins Tal, die zu einem Aufstau der Linth führten (Dr. von Moos AG 1999). Ein grosses Hotel sowie weitere Gebäude und Infrastrukturen wurden durch diese Tiefendrainage sehr wahrscheinlich aber vor massiven Schäden oder Zerstörung bewahrt.

Im Hauptzugangsschacht (Fig. 7a) wurde eine einfache Bewegungsüberwachung mittels eines Pendels installiert, welche die anhaltende Beschleunigung seit dem Ereignis 1999 klar dokumentiert (Fig. 8).

5 Stollenprojekt 2019

5.1 Sanierungsvarianten-Diskussionen nach dem Ereignis 1999

Infolge des Grossereignisses Bätschen 1999 wurde die Überwachung und Erkundung sukzessive ausgebaut und vertieft. Die Sondierkampagne 2002 diente der Erkundung des

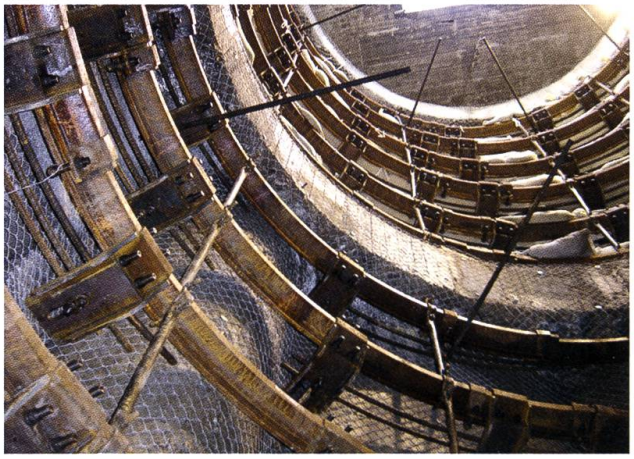

Fig. 7a: Tiefendrainage «Grantenboden»: Blick aus dem 17 m tiefen Hauptschacht bei den Sicherungsarbeiten 2005 mit ringförmigem Stahleinbau und Knautschzonen aus Sandsäcken (erst im oberen Teil eingebaut; Foto tbf-marti ag, 5. Aug. 2005).

Fig. 7b: Mit Stahleinbau gesicherte Schadstelle in den Pressrohren Ø 100 cm der horizontalen Basisentwässerung (Foto S. Frank, Nov. 2000).

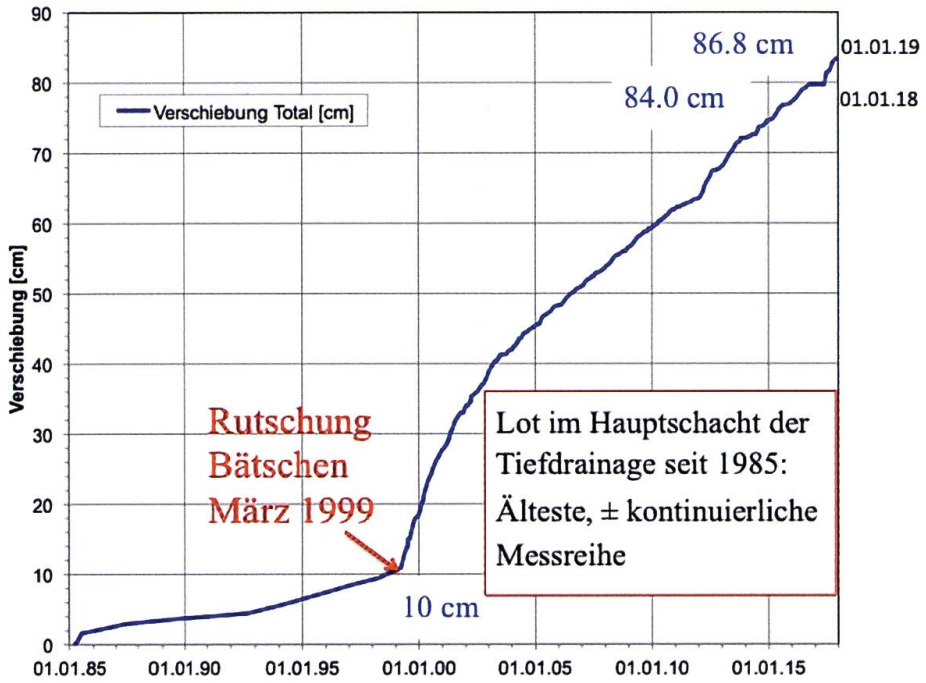

Fig. 8: Bewegungsmessung 1985 – 2018 mittels Vertikalpendel im Hauptschacht der Tiefendrainage «Grantenboden»: Anhaltende Beschleunigung seit März 1999.

direkten Hinterlandes der Rutschung «Bätschen 1999» sowie der Neuerstellung von Inklinometern als Ersatz der grösstenteils abgescherten Bohrungen aus den 1980er Jahren. Eine sehr wichtige Erkenntnis aus dieser Kampagne war, dass die Porenwasserdrücke unterhalb der Basisgleitfläche der Rutschung eine wesentliche Rolle bei der Beschleunigung der Rutschung spielen.

Die Sondierkampagne 2011 hatte zum Ziel, bessere geologische und hydrogeologische Kenntnisse im weiteren Umfeld der historischen Rutschereignisse zu gewinnen und Inklinometer-Messstellen weiter von der Felskante entfernt zu erhalten. Dies war eine auch vom Bund geforderte Grundlage für die 2013/14 erstellte 3D-Modellierung hinsichtlich des aktuellen Bewegungsverhaltens der Rutschmasse.

Es wurden mehrere Varianten (Stollenlösungen, Drainagebohrungen aus Vertikalschächten) im 3D-Modell auf ihre Wirksamkeit untersucht und anschliessend aufgrund von Überlegungen zur Lage der Portalzone eines Stollens zwei Varianten mit der grössten voraussichtlichen Wirkung vorgeschlagen (GeoMod SA 2014, unpubl.). Die Modellierung zeigte insgesamt, dass bauliche Massnahmen mit einer Entwässerung auf grösserer Länge eine namhafte Bewegungsreduktion bringen und insbesondere Phasen mit deutlicher Beschleunigung bei extremen Schneeschmelz- und Niederschlagsperioden ausbleiben.

Die zwei Stollenvarianten und als Vergleich ein verlängertes Entwässerungsbauwerk wie jenes von 1985 wurden anschliessend auf ihr Nutzen-Kostenverhältnis gemäss den Bundesvorgaben (Bewertungstool EconoMe) untersucht. Daraus ergab sich, dass die Stollenlösungen klar besser zu bewerten sind und ein deutlich positives Nutzen-Kostenverhältnis aufweisen. Mit Zustimmung von Entwässerungskorporation, Kanton und Bund wurde das Projektteam 2015 beauftragt, die Variante «Stollen kurz» als Vorprojekt (Kosten, Bauzeit, umweltrechtliche Randbedingungen etc.) auszuarbeiten.

5.2 Erarbeitung des Stollenprojekts 2018/2019

Die Bohrkampagne 2017 hatte zum Ziel, die Mächtigkeit der Rutschmasse entlang des geplanten Trassees zu verifizieren und v.a.

die Felsverhältnisse auf Stollenhöhe zu erkunden. Es zeigte sich, dass die favorisierte Variante auf grossen Strecken in der Röti-Formation (spröde Dolomite mit zonenweise viel Rauhwacke in lockergesteinsähnlicher Ausbildung) verlaufen würde, was als grosses technisches und finanzielles Risiko eingestuft wurde. Dies auch deshalb, weil der Stollen schleifend den vermutlich stark zerscherten Kern einer liegenden Falte (Basis Axen-Decke) durchfahren muss. Daher wurde - verglichen mit der favorisierten Variante gemäss Modellstudie - eine in Lage und Höhe veränderte Variante für die weitere Bearbeitung bestimmt, die im Portalbereich zwar eine Querung der Rutschmasse aufweist, dafür aber der Röti-Formation grösstenteils ausweicht (Fig. 9). Die Wirksamkeit hinsichtlich der Entwässerung der Rutschmasse und hinsichtlich des Abbaus der Porenwasserdrücke unter der Gleitfläche in Lockergestein und Fels wird als vergleichbar mit der Ursprungsvariante eingestuft.

6 Rückblick und Ausblick

Nach dem Grossereignis vom März 1999 entspann sich eine Grundsatzdiskussion über die Möglichkeiten einer grossräumigen - d.h. den ganzen Dorfteil namhaft verlangsamenden Sanierung der Rutschmasse. Alternativ wurde eine Verlegung des Dorfes in höhere Gebiete mit nur noch Bewegungen im mm-Bereich pro Jahr und grosser Mächtigkeit der Rutschmasse diskutiert. Dies stellte sich aber als politisch sehr schwer durchsetzbar heraus und wurde schliesslich nicht weiterverfolgt. Als dritte prinzipielle Möglichkeit wurde zeitweise ein Vorgehen mit Überwachung / Alarmierung / Evakuationen, «Hoffen» (dass es die Lebensader von Braunwald = Bergstation der Bahn nicht trifft) und Ereignisbewältigung ins Auge gefasst. Diese Überlegungen zogen sich mit unterschiedlicher Intensität über rund 10 Jahre nach dem Ereignis 1999 hin.

Schliesslich konnte die verantwortliche Planungsgemeinschaft (tbf-marti ag und Dr. von Moos AG) die entscheidenden Stellen über-

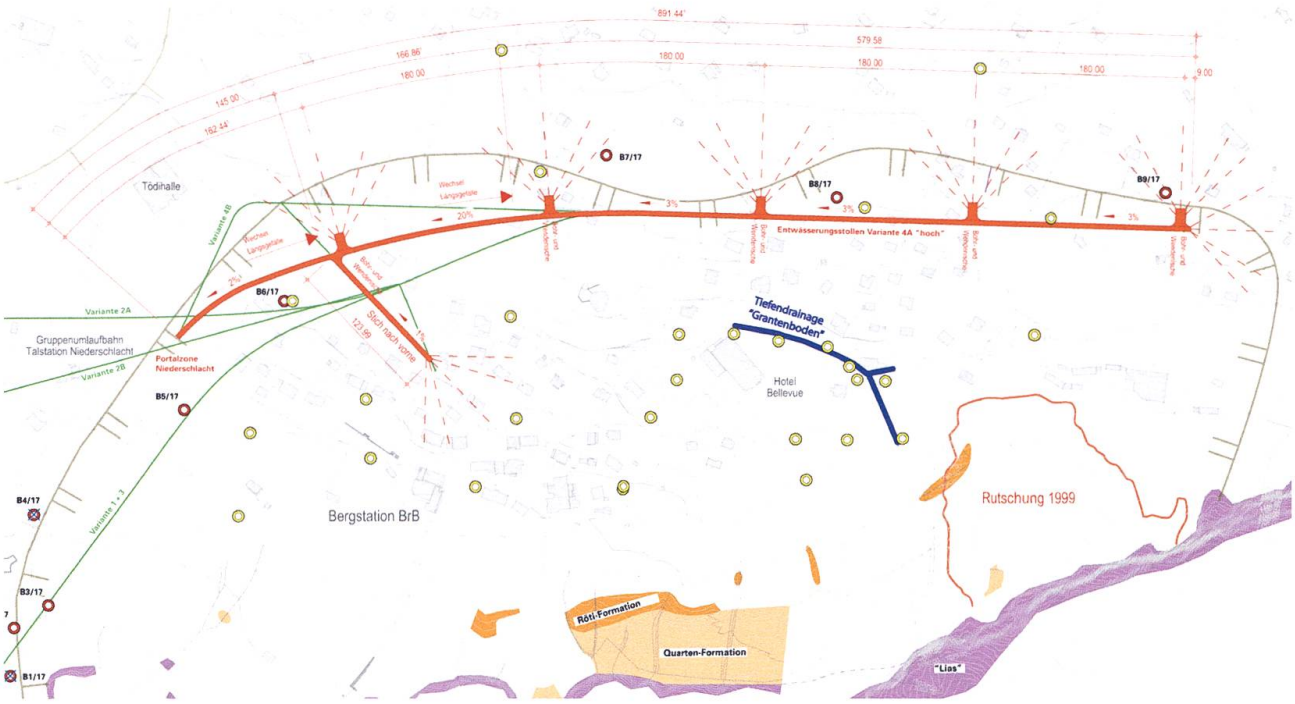

Fig. 9: Situation des geplanten Entwässerungsstollens Braunwald. Der Stollen durchquert den untersten Teil der Rutschmasse bergseitig der bestehenden Tiefendrainage «Grantenboden» und der Rutschung «Bätschen 1999» (aus Dr. von Moos AG, 2018).

zeugen, dass Grundlagen geschaffen werden sollten, um die Frage der Entwässerungsmöglichkeiten und Bremsung der Rutschung aus einem grösseren Blickwinkel unter Zuhilfenahme von modernen Modellierungstechniken in genügender Weise beantworten zu können. Dies war auch eine Grundforderung zur Erlangung von Bundessubventionen. Seit dem Erkennen der grossen (mittelfristigen) Gefährdung von Braunwald nach den eindrücklichen Rutsch- und Murgangereignissen 1999 dauerte es also rund 20 Jahre bis eine genügende Basis gelegt war, um ein konkretes Bauprojekt auszuarbeiten.

Leider verzögerte sich im letzten Jahr aus politischen und subventionstechnischen Gründen der Planungsstart, sodass erst nach dem nun notwendigen (hoffentlich positiven) Entscheid der Glarner Landsgemeinde 2021 mit der Detailplanung begonnen werden kann. Läuft es anschliessend nach Plan, können die Bauarbeiten 2023 starten und 2025/26 beendet werden. Damit wäre die Bremsung der Rutschung auf wenige Millimeter pro Jahr auch im stärksten gefährdeten Teil bei der Bergstation der Bahn und den grossen Bauten von Braunwald gerade noch rechtzeitig vollendet, falls man der (statistisch nicht belegten) Wiederkehrperiode von Grossereignissen von rund 25 Jahren glaubt. Es bleibt zu hoffen, dass sich die «meteorologischen und geologischen Motoren» der Rutschbewegung an diese Vorgabe halten.

Dank

Der Entwässerungskorporation Braunwald (Präsident M. Hefti) und dem Ingenieurbüro tbf-marti ag in Schwanden (H. Marti, U. Marti) sei für das jahrelange Vertrauen und die sehr gute Zusammenarbeit an dieser Stelle herzlich gedankt.

Literatur

BAFU 2016: Schutz vor Massenbewegungsgefahren. Vollzugshilfe für das Gefahren-management von Rutschungen, Steinschlag und Hangmuren. Bundesamt für Umwelt. Umwelt-Vollzug, Nr. 1608.

Dr. von Moos AG 1999: Rutschung «Bätschen», Braunwald, geologische Begleitung Sofortmassnahmen, Kartierung der Phänomene, Erste Gefahrenbeurteilung, (unpubl.).

Dr. von Moos AG 2018: Sanierung Rutschung Braunwald, Variante 4A -hoch-, Geologische Untersuchung Projekt Entwässerungsstollen, (unpubl.).

ETH Zürich 2011: Holzdatierung Nr. ETH-43527, Laboratory for Ion Beam Physics, Radiocarbon Dating (unpubl.).

Frank, S., & Zimmermann, M. 2000: Rutschung «Bätschen», Murgänge in der Wüechtenrus (Braunwald und Rüti, GL) – Eine Grossrutschung und ihre Folgeprozesse. Bull. angew. Geol. 5/1, 131 – 138.

GeoMod SA 2014: Grossrutschung Braunwald, 3D Finite-Elementmodellierung, (unpubl.).

Hantke, R., Schmid, S., Hänni, R., Baumeler, A. & Frank, S. 2019: Blatt Linthal 1173. Geol. Atlas Schweiz, Erläuterungen 166.

Heim, A. 1932: Bergsturz und Menschenleben, Beibl. Vjschr. natf. Ges. Zürich 20/77, Geol. Nachlese Nr. 30, 1 – 218.

Kobold, F. 1955: Bericht über die Ergebnisse der Messungen 1954 zur Feststellung von Geländeverschiebungen in Braunwald, Inst. für Geodäsie und Photogrammetrie ETHZ.

Marthaler & Boller 1934: Fundationen und Umbauten bei der Braunwaldbahn, Linthal, Schweiz. Baumeister-Zeitung, Hoch- und Tiefbau, 29.

Schindler, C. 1982: Problemreiche Hinterlassenschaft, Geologie und Wasserverhältnisse in Braunwald, Neujahrsbote für das Glarner Hinterland.

Schindler, C. & Rageth, R. 1990: Braunwald (Swiss Alps), Investigation, analysis and partial stabilization of a big landslide, 6th International Congress, Int. Ass. Eng. Geology, Balkema, Amsterdam.

WSL, Eidg. Forschungsanstalt für Schnee, Wald und Landschaft 2011: Analyse Holzprobe Braunwald, Abt. Dendrobiologie (unpubl.).

Zopfi, E. 1996: Kilchenstock, Der Bergsturz in den Köpfen. Limmat, Zürich.

BAUGRUND-
VERSTÄRKUNG

FUNDAMENT-
STABILISIERUNG

GEBÄUDE-
AUFSTOCKUNG

GEBÄUDE-
HEBUNG

RISSE?
SENKUNGEN?

URETEK
Injektionen schnell und einfach!

Kostenlose Angebote:

URETEK Schweiz AG
6052 Hergiswil
Tel. 041 676 00 80
www.uretek.ch - uretek@uretek.ch

URETEK®