ENTWÄSSERUNGSKORPORATION
BRAUNWALD

# Modellierung Rutschung Braunwald

Zusammenfassung des Berichts der GeoMod SA, Lausanne

(verfasst durch die Fachbegleitgruppe
im Auftrag der Entwässerungskorporation Braunwald)

24. Februar 2015

## 1. Einleitung

Braunwald liegt auf einer seit Zehntausenden von Jahren sich bewegenden Rutschmasse, die ihren Ursprung in den zerrissenen Felswänden am Seblengrat hat. Das betroffene Gebiet umfasst rund 4 $km^2$; die Bewegungsgeschwindigkeiten liegen in Normaljahren je nach Ort bei 5 – 30 mm/Jahr. In nassen und schneereichen Jahren mit rascher Schneeschmelze treten insbesondere im untersten Dorfbereich Beschleunigungen auf, die Gebäude und Infrastrukturanlagen gefährden und durch nachfolgende Murgänge auch grosse Auswirkungen im Tal haben können. Seit dem Ereignis im Frühling 1999 wird daher nach Möglichkeiten gesucht, die Bewegungen grossräumig wesentlich zu verlangsamen, wozu in den letzten Jahren umfangreiche Untersuchungen mit Sondierbohrungen durchgeführt wurden.

## 2. Auftrag und Ziele

An der Hauptversammlung der Entwässerungskorporation vom 8. Juni 2012 wurde auf Basis dieser Untersuchungen die Firma GeoMod SA in Lausanne mit der Modellierung der Rutschung Braunwald beauftragt.

Die Ziele des Modells sind:

- Abbildung heutiger Zustand der Rutschung in zwei Szenarien (Normaljahr, Ereignis wie 1999)
- Simulation möglicher Sanierungsmassnahmen (4 denkbare Varianten untersucht)

## 3. Grundlagen

Die folgende Auflistung zeigt die verwendeten Daten:

- Schichtaufbau des Untergrundes (40 Kernbohrungen seit 1980)
- Bewegungsmessungen von Oberflächenpunkten (vereinzelte seit 1925)
- Bewegungsmessung Hauptschacht der Tiefdrainage Grantenboden (seit 1985)
- Messungen von Wasserdrücken in verschiedenen Tiefen (12 Bohrungen seit 2002)
- Messungen Wasseranfall Tiefdrainage Grantenboden (seit 1985)
- Sporadische Messungen von Quellschüttungen an diversen Stellen (seit 1954)
- Markierversuche zum Nachweis unterirdischer Wasserfliesswege

## 4. Modellaufbau

Das Modell besteht aus 3 Teilmodellen:

- Schichtaufbau (Geologisches Modell)
- Wasserverhältnisse (Hydrogeologisches Modell)
- Materialtechnische Eigenschaften der Schichten (Geomechanisches Modell, vgl. Abb. 1)

Zur Modellierung mussten gewisse Vereinfachungen (z.B. Schichtaufbau) und Annahmen (z.B. grossräumiger Verlauf von Wasserdrücken) getroffen werden, da die vorhandenen Daten die natürliche Situation nie vollständig abbilden können. Das Modell wurde schrittweise entwickelt und Plausiblitätskontrollen unterzogen sowie an den Bewegungsdaten der Oberflächenpunkte geeicht.
Anschliessend wurden ins Modell Sanierungsvarianten eingebaut, d.h. von der fachlichen Begleitgruppe vorgegebene denkbare Massnahmen wurden ins hydrogeologische Modell übernommen (z.B. Herabsetzen der Wasserdrücke auf das Niveau eines Stollens unterhalb der Rutschmasse). Im Gesamtmodell konnte so der Sanierungseffekt einer einzelnen Massnahme auf die Bewegungsgeschwindigkeit abgebildet werden.

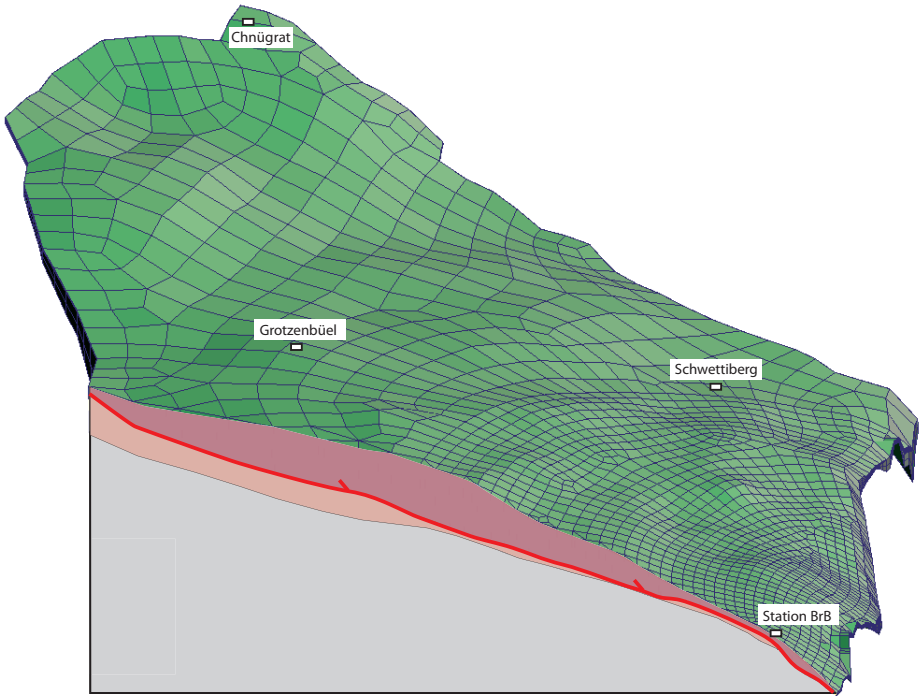


*Abb. 1:*
*Modellansicht*
*Geomechanisches Modell: Grünliche Farbtöne = Terrainoberfläche mit Berechnungsnetz.*
*Modellschnitt (Hanenbüel – Dorfzentrum / Station BrB): Altrosa = Rutschung, rot = Gleitfläche, lachsfarben = heute stabile Rutschmasse, grau = Fels.*

## 5. Modellresultate

Die Modellresultate zeigen für den **heutigen Zustand** eine – angesichts der sehr komplizierten natürlichen Verhältnisse – befriedigende, für die weitere Evaluation von Lösungsvarianten ausreichende Abbildung der gemessenen Bewegungen.

Es wurden zwei verschiedene Eingriffsbereiche zur **Beurteilung zukünftiger Sanierungsmassnahmen** untersucht (vgl. Abb. 2):

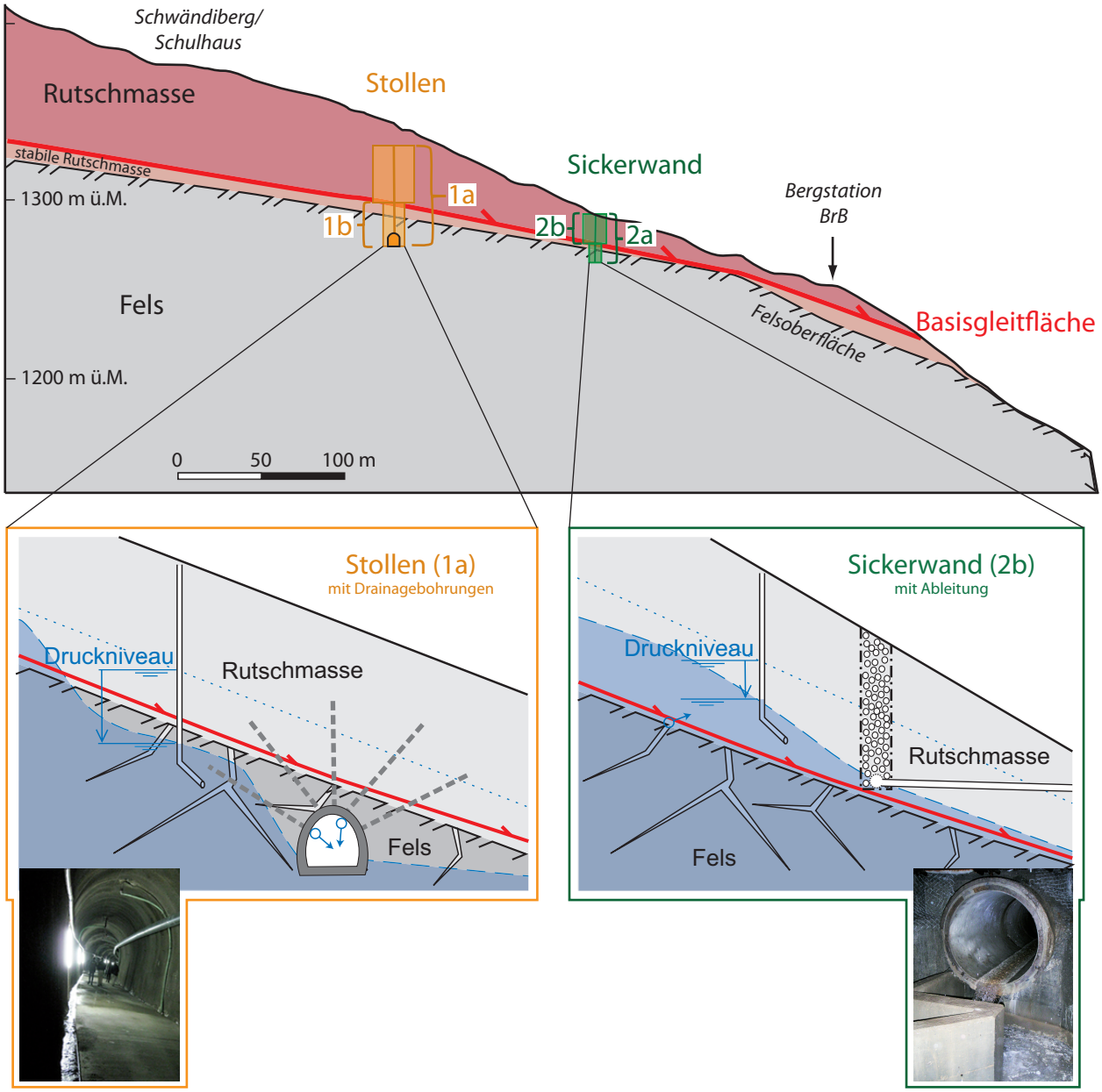


*Abb. 2 oben:*
*Schematische Darstellung der im Modell untersuchten möglichen Sanierungsvarianten im Geländeschnitt Bergstation BrB – Schulhaus.*
*Abb. 2 unten:*
*Schemaschnitte zu denkbaren Sanierungsvarianten mit Fotos von realisierten Projekten*
*Links: Stollen mit Drainagebohrungen gegen oben (Beispiel Variante 1a, Rutschung La Frasse Kanton VD).*
*Rechts: Sickerwand (Variante 2b, bestehendes System Grantenboden, Braunwald, Kanton GL).*

- Ein System mit Schächten und „Sickerwänden“ (vgl. Abb. 2) an der Stelle, wo dies von der Zonenplanung vorgesehen ist (Länge 760 m). Die Variante 2a drainiert dabei die Rutschmasse und einen Bereich unterhalb der Basisgleitfläche; die Variante 2b nur die Rutschmasse über der Basisgleitfläche (ähnlich wie im Grantenboden bereits ausgeführt).
- Ein mehr bergwärts gelegenes Stollensystem (Länge total 2200 m, vgl. Abb. 2 und 4 rechts) im Fels unterhalb der Gleitfläche, das für Drainagebohrungen gegen oben genutzt wird. Die Variante 1a drainiert dabei die Rutschmasse und einen Bereich bis auf Stollenniveau unterhalb der Basisgleitfläche; die Variante 1b erfasst nur das Wasser unterhalb der Basisgleitfläche.

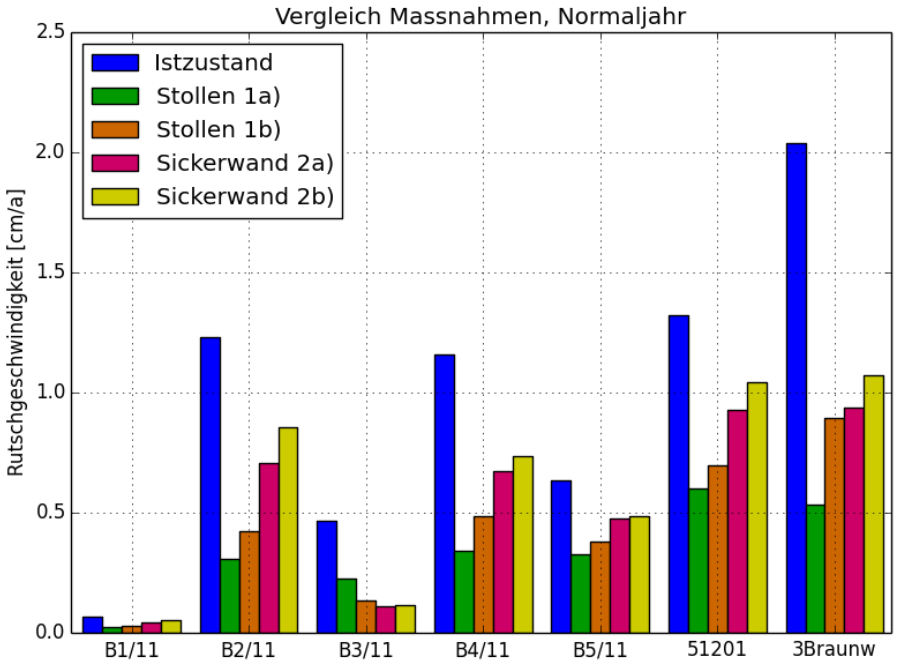


*Abb. 3:*
*Horizontalverschiebungen ausgewählter Bohrungen (B1/11 etc., Lage vgl. Abb. 4) und Oberflächenpunkte (permanent überwachte GPS-Punkte: 51201 = Bergstation BrB, 3Braunw = 3BW = Schacht Grantenboden) gemäss Modell:*
*Istzustand (Normaljahr) im Vergleich mit 4 verschiedenen Sanierungsmassnahmen.*

Die Modellresultate zeigen, dass solche **baulichen Eingriffe** in den Untergrund mit einer Entwässerung auf grösserer Länge **namhafte Bewegungsreduktionen** bringen (Abb. 3, 4 und 6) und zudem bei extremen Schneeschmelz- und Niederschlagsperioden (wie letztmals 1998/99) Phasen mit deutlicher Beschleunigung ausbleiben (vgl. Abb. 5).

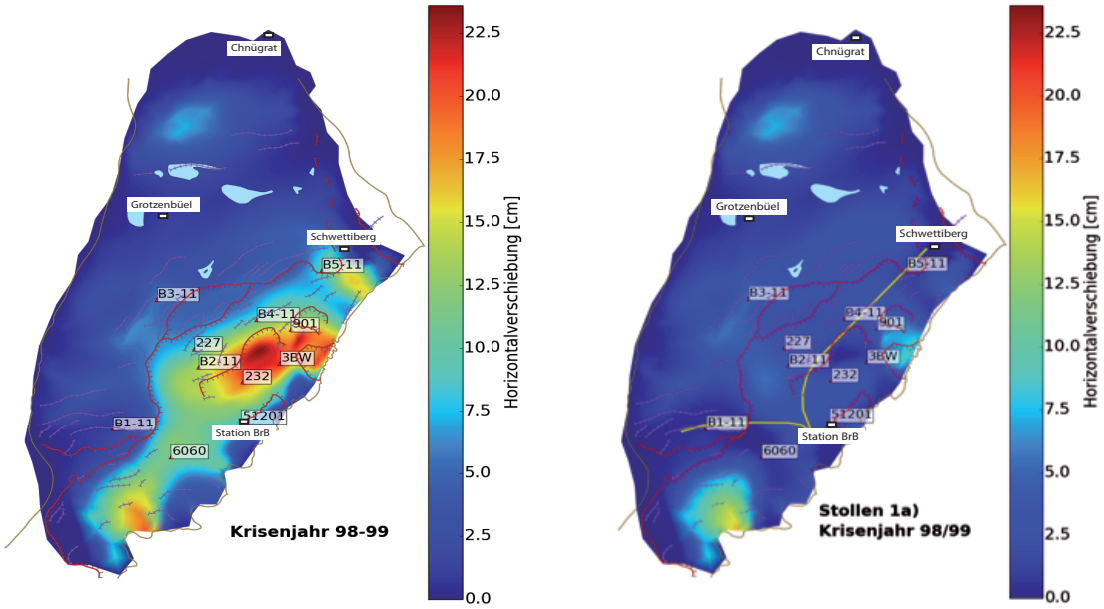


*Abb. 4:*
*Situation Rutschung Braunwald mit Horizontalverschiebungen gemäss Modell am Ende der schnellen Periode 1998/1999 (sogenanntes Krisenjahr).*
*Links: Ohne Massnahme. Rechts: Mit Massnahme (Stollen Variante 1a, gelbe Linien), Reduktion der Bewegungsgeschwindigkeit im zentralen Dorfbereich um Faktor 5 bis 10.*

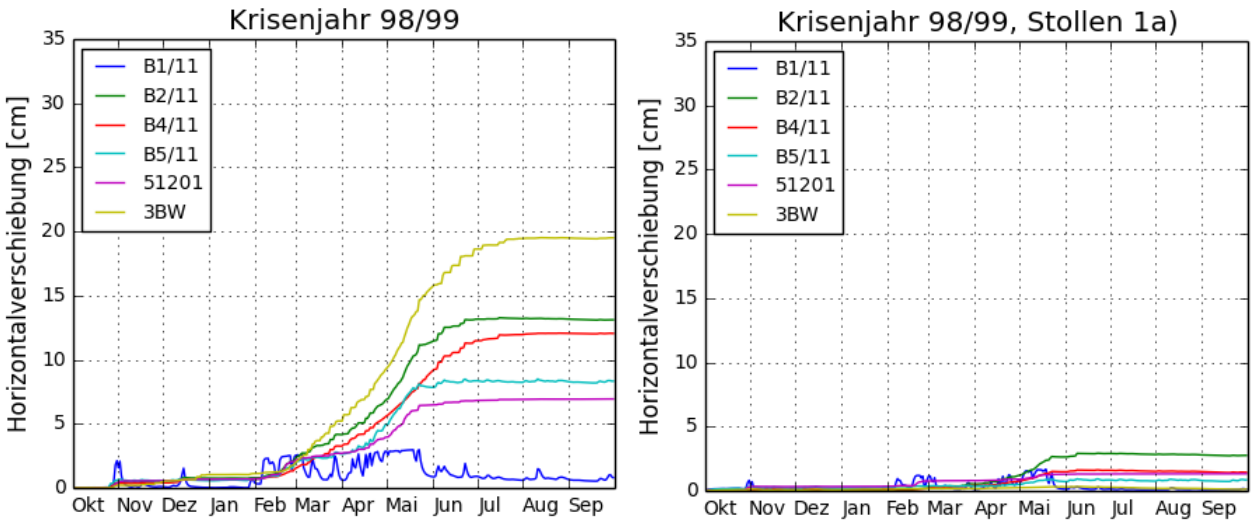


*Abb. 5:*
*Zeitlicher Verlauf der Horizontalverschiebungen gemäss Modell (Periode 1998/99; Punkte wie Abb. 3 und 4).*
*Links: Ohne Massnahme, Beschleunigungsphase zwischen März und Mai.*
*Rechts: Mit Massnahme (Stollen Variante 1a), praktisch keine Beschleunigung.*

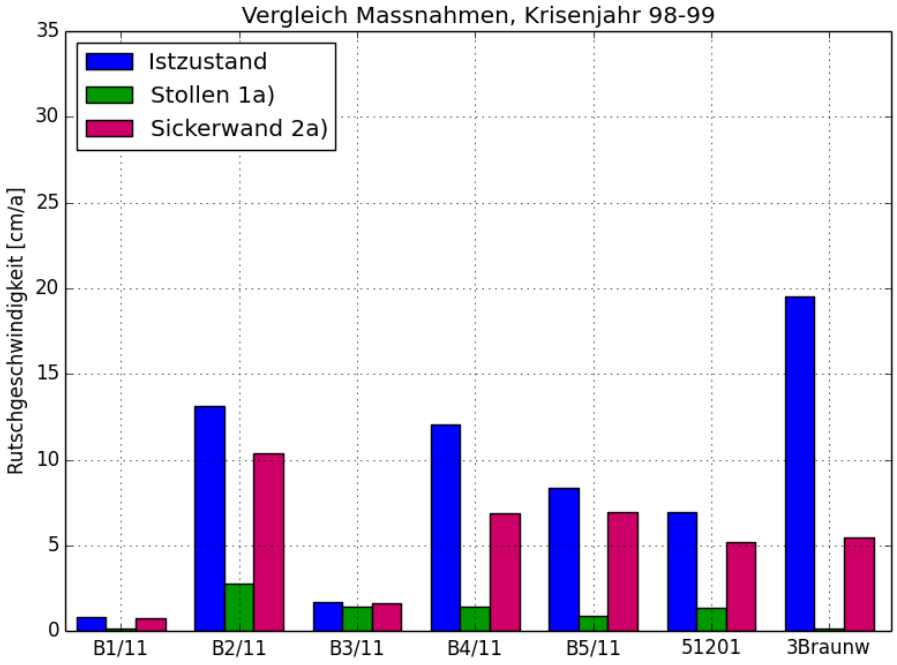


*Abb. 6:*
*Horizontalverschiebungen ausgewählter Bohrungen (B1/11 etc.) und Oberflächenpunkte (permanent überwachte GPS-Punkte) gemäss Modell: Istzustand (Periode 1998/99) im Vergleich mit den 2 verschiedenen Sanierungsmassnahmen Stollen (1a) resp. Sickerwand (2a), die auf deren gesamter Höhe drainierend wirken (vgl. Abb. 2).*

Die fachliche Begleitgruppe erachtet es aufgrund aller bisherigen Untersuchungen und auf Basis des 3D-Modells als klar gerechtfertigt, die **weitere Planung** baulicher Sanierungsmassnahmen unter Berücksichtigung weiterer Erfahrungen in ähnlichen Situationen in der Schweiz **ohne Verzug an die Hand zu nehmen**.

*Fachbegleitgruppe 3D-Modell Rutschung Braunwald:*

Dr. S. Frank, Geologe, Dr. von Moos AG, Zürich (Projektleitung, Ansprechperson)
Dr. H. Raetzo, BAFU, Abt. Gefahrenprävention, Sektion Rutschungen, Bern
J. Walcher, Dep. Bau und Umwelt Kt. Glarus, Wald und Naturgefahren, Glarus
M. Hefti, Präsident Entwässerungskorporation, Braunwald
Prof. W. Koppenol, Mitglied Entwässerungskorporation, Braunwald
H. Marti, dipl. Ing. ETH, tbf-marti ag, Schwanden
U. Marti, dipl. Ing. ETH, Geschäftsführer tbf-marti ag, Schwanden