

# Auswirkungen instationärer Strömungen auf die Stabilität von Dämmen

## Diplomand



Raphael Züger

**Ausgangslage:** Diese Arbeit befasst sich mit instationären Strömungen sowie den Themen Überströmen und Piping bei homogenen Dämmen. Trotz immer besserer Bau- und Überwachungsmethoden gibt es Überflutungen durch versagende Dämme. Dabei sind das Überströmen sowie Piping die häufigsten Schadenursachen. Besonders anfällig sind homogene Erdschüttdämme.

**Aufgabenstellung:** Im Rahmen dieser Masterarbeit wird die Hangrutschbox, eine Versuchseinrichtung welche für Hangrutschversuche eingesetzt worden ist, für die Untersuchung von Dämmen umgebaut. Anschliessend sollen die folgenden Fragestellungen beantwortet werden:

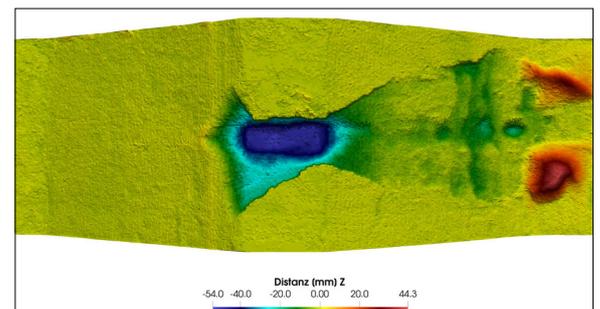
- Welches Material ist für die Labormodelle geeignet?
- Was für Materialeigenschaften weist es auf?
- Kann das Überströmen und Piping in der Hangrutschbox simuliert werden?
- Eignet sich die Hangrutschbox überhaupt für solche Versuche?
- Wie entwickelt sich die Erosion während dem Überströmen und beim Piping?
- Können die Laborversuche auch numerisch nachgebildet werden?

Zur Beantwortung der oben genannten Punkte wird in einem ersten Schritt die Hangrutschbox umgebaut. Im nächsten Schritt wird das verwendete Material mittels Vorversuchen im kleinen Massstab festgelegt. Mit gängigen Laborversuchen, wie Proctor- und Triaxialversuche, werden die Materialeigenschaften bestimmt. Während vier Versuchen in der Hangrutschbox wird die komplette Anlage getestet. Zwei Versuche widmen sich dabei dem Thema Überströmen und zwei dem Piping. Zum Schluss werden noch numerische Simulationen durchgeführt.

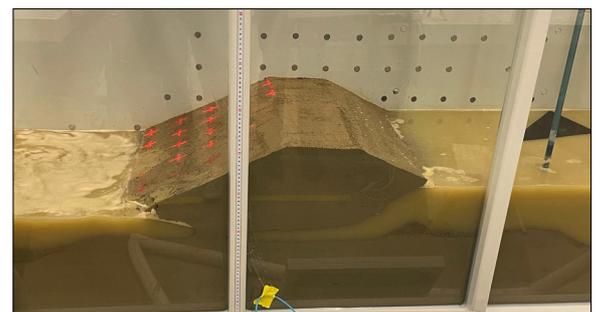
**Ergebnis:** Die Vorversuche zeigen, dass ein siltiger Sand mit rund 20 Prozent Feinanteil gut für die Versuche geeignet ist. Das Material lässt sich gut verarbeiten und bleibt auch bei einer stationären Durchströmung stabil, was vor allem auf die gute Kornabstufung zurückzuführen ist. Die Laborversuche beweisen, dass die Umbauten funktionieren und die Hangrutschbox für die Untersuchung von Dämmen geeignet ist. Bei jedem der vier Versuche wird der Staubereich geflutet und anschliessend so lange gewartet, bis die Durchströmung durch den Dammkörper stationär ist. Anschliessend wird entweder der Damm überströmt oder das Piping durch eine initiale Röhre untersucht. Beim Überströmen wurde eine grössere Erosion erwartet als schlussendlich auftrat. Auch bei einem mehrstündigen Versuch bricht der Damm nicht und der Bodenabtrag ist minimal. Hingegen weitet sich die ursprüngliche Röhre beim Piping innert Minuten auf den doppelten Durchmesser aus. Da es sich um

einen Abfluss unter Druck handelt sind die wirkenden Schleppspannungen deutlich grösser. Die gemessenen Potentiale passen im stationären Fall gut zur Theorie. Für die Simulationen wird das finite Elemente Programm ABAQUS eingesetzt. Bei den numerischen Versuchen zeigt der stationäre Fall eine gute Übereinstimmung mit den Messdaten aus dem Labor. Die Modellierung der Erosion war im Rahmen dieser Arbeit nicht mehr möglich.

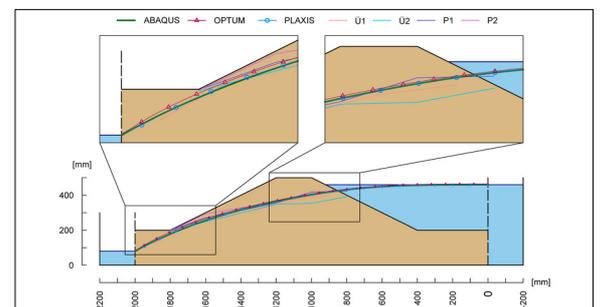
**Veränderung der Höhe im Vergleich zum Urmodell beim zweiten Überströmversuch**  
Eigene Darstellung



**Versuch zum Thema Piping in der umgebauten Hangrutschbox**  
Eigene Darstellung



**Vergleich der hydraulischen Potentiale der Simulationen mit den gemessenen Werten der vier Laborversuche**  
Eigene Darstellung



## Examinator

Prof. Dr. Carlo Rabaiotti

## Experte

Prof. Dr. Pavel Trapper,  
Ben - Gurion -  
Universität des Negev,  
Be'er Sheva, Israel

## Themengebiet

Civil Engineering

## Projektpartner

Institut für Bau und  
Umwelt IBU,  
Rapperswil, St.Gallen