

DISS. ETH Nr. 17916

# Murgangrückhalt in Wildbächen - Grundlagen zu Planung und Berechnung von flexiblen Barrieren



Corinna Wendeler

2008



DISS. ETH Nr. 17916

# Murgangrückhalt in Wildbächen - Grundlagen zu Planung und Berechnung von flexiblen Barrieren

A B H A N D L U N G  
zur Erlangung des Titels

DOKTORIN DER WISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

CORINNA SIMONE ISABELLE WENDELER

Dipl.-Ing., TU München (TU)  
geboren am 02. November 1978  
in Mannheim, Deutschland

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. Mario Fontana  
Prof. Dr. Kai-Uwe Bletzinger  
Dr. Perry Bartelt

2008



# Summary

In mountainous regions throughout the world, debris flows constitute a threat to human lives and infrastructure. Debris flows are often caused by heavy rainfall. They consist of debris containing mud and coarse sediment that flows downslope towards the valley bottom. This study investigates a new system to provide protection against debris flows, ring net barriers.

Existing approaches to describe the loading induced by debris flows are described in a historical context and their range of application is given. New results from full-scale field tests at the Illgraben debris flow observation station, Canton Valais, Switzerland and scaled laboratory tests led to the development of a new loading approach:

During the stopping process of a debris flow, the hydrostatic load depends on the mass density and the height of the flow. The associated dynamic load depends on the square of the impact velocity, on the density and on a velocity-head pressure coefficient and a flow and material-dependant coefficient. The pressure coefficient values of watery debris flows tend to be smaller than those of granular debris flows where friction is more important. If the first debris flow wave is stopped by the ring-net barrier, the subsequent filling process can be roughly described visually by iteratively fitting the second wave to its flow height over the first one, so that the total pressure distribution on the ring net can be calculated. If the barrier is completely filled, the load approaches that of the active earth pressure state because more water is continually drained from the stopped material due to the extra load from the overflowing debris flow.

Field and laboratory tests have confirmed a new friction relation taking into account the flow process variables involved in debris flows. This law contradicts the common assumption that the Mohr-Coulomb friction relation with a constant friction parameter also describes debris flow friction.

A software tool called FARO, which was originally developed for simulating rock-fall protection systems with flexible ring-net barriers, was adapted for the area loading of impacting debris flows to facilitate calculation of the structural behavior of the barriers. The software tool CARAT is recommended for the form-finding studies of the soft and flexible, membrane-like structure of the barriers. The design of the support structure is not considered herein and should be dimensioned during the planning phase.

First steps for a safety concept should supplement the design of the ring-net barriers in practice. An example is given to illustrate the step-by-step approach to calculation, which is summarized in a flowchart.



# Kurzfassung

In alpinen Regionen stellen Murgänge weltweit eine Gefahr für die Bevölkerung und deren Infrastruktur dar. Dabei handelt es sich um einen durch Wasser mobilisierten, talwärts fliessenden Strom aus Schlamm und Gesteinen, häufig ausgelöst durch Starkniederschlagsereignisse. Um einen effizienten Schutz dagegen zu ermöglichen, wurden sogenannte flexible Ringnetzbarrieren für den Einsatz als Murgangschutzsystem untersucht.

Ein historischer Abriss über bisher bekannte Lastansätze für Murdrücke zeigt deren Gültigkeitsbereich und Anwendungsgrenzen auf. Mittels neu gewonnener Erkenntnisse aus 1:1 Feldversuchen im Illgraben, Kanton Wallis, skalierten Laborversuchen und durch die offen gelegten Vor- und Nachteile bisheriger Ansätze resultiert folgender Lastansatz: Beim Stoppprozess eines Murgangs treten sowohl hydrostatische Lasten auf, die von der Dichte und Fliesshöhe des Murgangs abhängen, als auch dynamische Lasten, die von der Aufprallgeschwindigkeit zum Quadrat, der Dichte und einem Material- und Murgang-spezifischen Druckkoeffizienten abhängen. Demnach zeigen wässrige, schlammige Murgänge kleinere Druckbeiwerte und granulare, reibungsdominierte Murgänge grössere.

Ist die erste Murgangwelle durch die Barriere gestoppt, kann der weitere Auffüllprozess bildlich als ein sich Übereinanderschieben von Wellenschüben mit der Fliesshöhe des Murgangs angenähert und dadurch die jeweils auftretende Druckbelastung auf die Barriere ermittelt werden. Im gefüllten Zustand nähert sich die Belastung dem aktiven Erddruck, da das gestoppte Material durch die vorherrschende Auflast des überströmenden Murgangs immer mehr drainiert wird.

Sowohl die Feld- als auch Labordaten bestätigen ein über den Fliessprozess variables Reibungsgesetz bei Murgängen, wodurch bisherigen Annahmen einer Mohr-Coulombschen Reibungsgesetzmässigkeit widersprochen werden kann.

Ein aus der Steinschlagforschung zur Simulation flexibler Ringnetzbarrieren bekanntes Softwaretool FARO wird für die flächig einwirkende Belastung angepasst, um die flexiblen Murgangbarrieren systembezogen und effizient berechnen zu können. Zur erforderlichen Formfindung bei der weichen, membranähnlichen Struktur der Barrieren empfiehlt sich das Tool CARAT und eine bei der Planung im Vorfeld durchdachte, konstruktive Durchbildung der Tragstruktur.

Ein Bemessungsbeispiel erläutert die detaillierte Vorgehensweise in der Planungsphase und setzt die gewonnenen Kenntnisse dieser Arbeit in die Praxis um. Erste Schritte für ein mögliches Bemessungskonzept werden aufgezeigt und die Grenzen bisher vorhandener Normen offen gelegt. Die notwendigen Schritte der Bemessung werden in einem Ablaufschema zusammengefasst.