



Doctoral Thesis

## The use of EDDS in soil washing and phytoremediation

**Author(s):**

Tandy, Susan

**Publication Date:**

2005

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004998315> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

DISS. ETH Nr. 15321

UNTERSUCHUNGEN ZUM FLIESS- UND  
EROSIONSVERHALTEN GRANULARER MURGÄNGE

ABHANDLUNG  
zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

DANIEL WEBER

Dipl. Ing. ETH, ETH Zürich

geboren am 21.10.1970

von Röschenz, Basel-Landschaft

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. Hans-Erwin Minor  
Prof. Dr. Timothy R. H. Davies  
Prof. Dr. Dieter Rickenmann  
Prof. Dr. Laurent Vulliet

2003

## ZUSAMMENFASSUNG

Murgänge sind ein Massenverlagerungsprozess, bei dem sich meist in gebirgigen Lagen ein Gemisch aus Feststoffen und Wasser wellenförmig talwärts bewegt. Die Art des Abflusses hängt dabei wesentlich vom Verhältnis der festen und flüssigen Phase ab, aber in eben solchem Masse auch von der Zusammensetzung der Feststoffe. Handelt es sich nur um Feinmaterial, beobachtet man ein schlammstromartiges Abflussverhalten. Dominieren grobe Komponenten, erfolgt der Abfluss eher walzen- oder raupenartig und man spricht von granularem Verhalten. Solche Murgänge verursachen immer wieder grosse Schäden mit entsprechenden finanziellen Folgen oder gar Verlusten von Menschenleben.

Im Rahmen dieser Arbeit werden in physikalischen Modellversuchen zwei Aspekte von Murgängen untersucht: einerseits das Fliess- und andererseits das Erosionsverhalten, beides entlang der (steilen) Transitsstrecke zwischen Anriss- und Depositionsgebiet. Grundvoraussetzung und wesentlicher Unterschied zu den meisten Laboruntersuchungen ist die Verwendung einer möglichst natürlichen Materialmischung und damit die Realisierung möglichst natürlicher Bedingungen überhaupt. Da Murgängen in der Schweiz in der Mehrzahl eine granuläre Materialzusammensetzung aufweisen, beschränken sich die Untersuchungen auf diesen Materialtyp.

Bei den Experimenten kamen zwei Materialien zum Einsatz, wobei die meisten Versuche mit Material aus einem murfähigen Wildbach durchgeführt wurden. Daneben wurden systematisch die Anfangsbedingungen wie Neigung, Schubvolumen und Wassergehalt der Startmischung verändert. Mit diversen Messinstrumenten wurden Abflussparameter erfasst sowie die Gerinne-topographie vermessen. Rund 170 Experimente wurden durchgeführt und ausgewertet.

Bezüglich Fliessverhalten zeigen die vier für Murgänge häufig vorgeschlagenen Grundmodelle – laminares bzw. turbulentes Fliessen, Bingham-laminares Verhalten sowie ein Kornscherungsmodell – Grenzen in ihrer Anwendbarkeit auf. So scheint laminares Fliessen eher im Falle hoher Feststoffkonzentrationen anwendbar zu sein, jedoch bleiben Fragen bezüglich dem Fliessbeiwert (in diesem Falle der Zähigkeit) bzw. der Übertragbarkeit auf natürliche Ereignisse offen, da verlässliche Angaben zur Zähigkeit natürlicher Materialmischungen fehlen. Gleiches gilt auch für das Bingham-laminare Modell, wobei hier für eine Interpretation der Resultate für die im Fliessbeiwert zusätzlich vorhandene Grenzschubspannung weitere Annahmen zu treffen sind. Obwohl beim Kornscherungsmodell die Feststoffkonzentration der Materialmischung explizit im Beiwert enthalten ist, zeigt sich dennoch eine Abhängigkeit über den gesamten Konzentrationsbereich. Offenbar äussert sich die Konzentrationsabhängigkeit bei Korngemischen markanter als bei gleichförmigem Material; die inneren Verluste durch den Kontakt der Einzelkörner nehmen mit zunehmender Konzentration stärker zu. Wie erwartet zeigt sich auch beim turbulenten Ansatz eine deutliche Konzentrationsabhängigkeit des Fliessbeiwerts. Basierend auf einem dimensionslosen Chézy-Ansatz und um einen Konzentrationsterm ergänzt wird schliesslich ein einfacher neuer Ansatz zur Geschwindigkeitsabschätzung von Murgängen postuliert.

Aussagen bezüglich der Erosionsleistung sind aufgrund der Datenbasis weniger eindeutig zu machen. Die Verwendung eines natürlichen Materials mit breiter Korngrössenverteilung verursacht bereits eine gewisse Streuung der Daten, da sich damit im kleinräumigen Labormassstab keine homogenen Bedingungen garantieren lassen. In solch grobem Lockermaterial sind repräsentative Messungen nur schwer zu realisieren. Es wird eine Beziehung hergestellt zwischen dem Erosionsvolumen eines Murschubes und einem Sohlenbelastungsterm, welcher das Volumen und die Dichte der Welle sowie mit der Neigung die Exposition des Gerinnes beinhaltet.

Der Vergleich der normierten Beziehung mit den Ergebnissen russischer Feldversuche im Prototypmassstab zeigt einerseits die gleichen Tendenzen, andererseits aber auch die Grenzen der Skalierung was die Schubvolumen und damit die Gesamtdauer der Abflüsse betrifft.

Trotz neuer Erkenntnisse zum Fliess- und Erosionsverhalten sind auch zusätzliche neue Fragen aufgetaucht. So drängt sich bei der Abflussbeziehung die Frage auf, inwieweit die Konzentrationsabhängigkeit selbst von der Materialzusammensetzung abhängig ist. Wie ist der Einfluss eines grösseren Feinanteils oder die Abwesenheit von groben Partikeln? Bezüglich der Erosionsleistung sind bei zukünftigen ähnlichen Untersuchungen noch grössere Anstrengungen hinsichtlich kontrollierter Bedingungen beim Bachbett nötig. Dies betrifft sowohl Einbau und Bewässerung als auch die Überwachung der Feuchtigkeitsverteilung innerhalb des Bodenkörpers. Dazu sind allerdings zusätzliche Verfahren zu entwickeln, die auch bei der Anwendung im (groben) Lockermaterial korrekte Ergebnisse erzielen.

## ABSTRACT

Debris flows are a mass displacement process, usually occurring in mountainous regions, in which a mixture of solids and water runs down the valley in a wave-like motion. The flow behaviour depends chiefly on the proportion of solids and liquid, but is also equally dependent on the composition of the solid matter. If the solids are composed only of fine-grained material, a sludge-type of run-off behaviour is observed. If there are only coarse-grained components, the run-off is more drum-like or caterpillar-like and is known as 'granular flow'. Such debris flows can cause extensive damage with heavy financial consequences or even loss of life.

Within the scope of this thesis, two aspects of debrisflows were examined in physical model tests - namely the flow and the erosion behaviour, both along the (steep) transit stretch between the initiation zone and deposit area. The use of a near natural material mix to achieve most natural conditions formed the basic principle and essential difference to most laboratory examinations. Debris flows in Switzerland are mostly of granular material composition, the examinations therefore were restricted to this type of material.

Two materials were used in the experiments, whereby most trials were carried out with material from a debris flow torrent. Besides this, the initial conditions such as slope angle, surge volumes and water content of the start mixture were systematically altered. Using various measuring instruments, the run-off parameters were recorded, and also the flume bed topography was measured. Some 170 experiments were undertaken and analysed.

The four basic models frequently recommended for debris flows – laminar or turbulent flow, Bingham-laminar behaviour and also a grain-shear model – display limits in their application with regard to flow behaviour. It appears that laminar flow is more often applied in cases of high solids concentration, whereby questions remain unanswered regarding the flow coefficient (in this case the viscosity) or the transferability to natural events, since reliable information regarding viscosity of natural material mixtures is missing. The same is also true for the Bingham-laminar model, although for interpretation of the results further assumptions have to be made for the shear stress which is additionally present in the flow coefficient. Although in the grain-shear model the solids concentration of the mixture is explicitly present in the coefficient, there is a further dependency over the whole concentration area. The concentration dependency is apparently more prominent in grain mixes than in uniform materials; the internal losses caused by grain contacts become greater in ratio to the increase in concentration. As expected, even with a turbulent model there is a clear concentration dependency of the flow coefficient. Based on a dimensionless Chézy approach and supplemented by a concentration term, a simple new approach to run-off velocity estimation for debris flows is postulated.

Conclusions pertaining to erosion performance based on the experimental data are less clear-cut. The application of a natural material with wide grain-size distribution already causes a certain scatter of data, since no homogenous conditions can be guaranteed in the restricted space of a laboratory flume. In such coarse loose material any representative measurements are difficult to achieve. A relationship is established between the erosion volume of a debris flow surge and a 'bed stress term' that incorporates surge volume and density, as well as inclination of the watercourse. In comparing the normalised relationship with the results of Russian field experiments on prototype scale, on the one hand the same tendencies are indicated, but there are also limits visible regarding scaling of surge volumes, and the duration of the discharges.

As well as new findings on flow and erosion behaviour, new questions have also emerged. The question arises about the flow relationship and how far the concentration dependency itself is dependent on the material composition. What is the influence of more fines or the absence of coarse particles? Concerning erosion performance, similar studies in future will call for even greater efforts with controlled conditions at the riverbed. This includes assembly and irrigation as well as supervision of moisture distribution within the river bed. Additional procedures, however, must be developed for this, which will also achieve correct results when used in (coarse) loose material.