



**Universität für Bodenkultur Wien**  
Department Bautechnik und Naturgefahren  
Institut für Alpine Naturgefahren (IAN)

Peter Jordan Str. 82  
A-1190 WIEN

Tel.: +43-1-47654-4350  
Fax: +43-1-47654-4390



## IAN REPORT 150

Ereignisdokumentation 2012  
Band 2: Rheologie Lorenzerbach



Im Auftrag:



**Bundesministerium für Land- und  
Forstwirtschaft, Umwelt und  
Wasserwirtschaft**  
**Abteilung IV/5**



Wien, Oktober 2012



Report 150:  
Ereignisdokumentation 2012  
Band 2: Rheologie Lorenzerbach

Im Auftrag von: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und  
Wasserwirtschaft, Abteilung IV/5

GZ: BMLFUW-LE.3.3.3/0103-IV/5/2012

Projektleitung: Univ. Ass. DI Dr. Kaitna Roland

MitarbeiterInnen: Lorenzo Holsworth

Daniyar Malgazhdar

Universität für Bodenkultur  
Department Bautechnik und Naturgefahren  
Institut für Alpine Naturgefahren  
Peter Jordan Str. 82  
A – 1190 Wien  
Tel.: +43-1-47654-4350  
Fax: +43-1-47654-4390

Report Nr. 150

Referenz (Literaturzitat): Kaitna R., Holsworth L., Malgazhdar D. (2012):  
Ereignisdokumentation 2012, Rheologie Lorenzerbach. IAN Report 150, Band 2,  
Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur - Wien (unveröffentlicht)

Wien, im Oktober 2012



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>MATERIAL.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>RHEOLOGIE.....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>ÜBERBLICK DER ERGEBNISSE .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNGEN .....</b>	<b>5</b>

# 1 Material

Materialproben des Lorenzerbachs wurden nach dem Ereignis vom 21.07.2012 erworben.

Abbildung 1 zeigt die Kornverteilungskurve, die durch eine Sieb- und Schlämmanalyse am Institut für Geotechnik (Boku) durchgeführt wurde. Es zeigt eine hohe Kies- (62%) und Sandfraktion (24%), einen geringen Schluffanteil (6%), sowie eine kaum vorhandene Tonfraktion (< 1%).

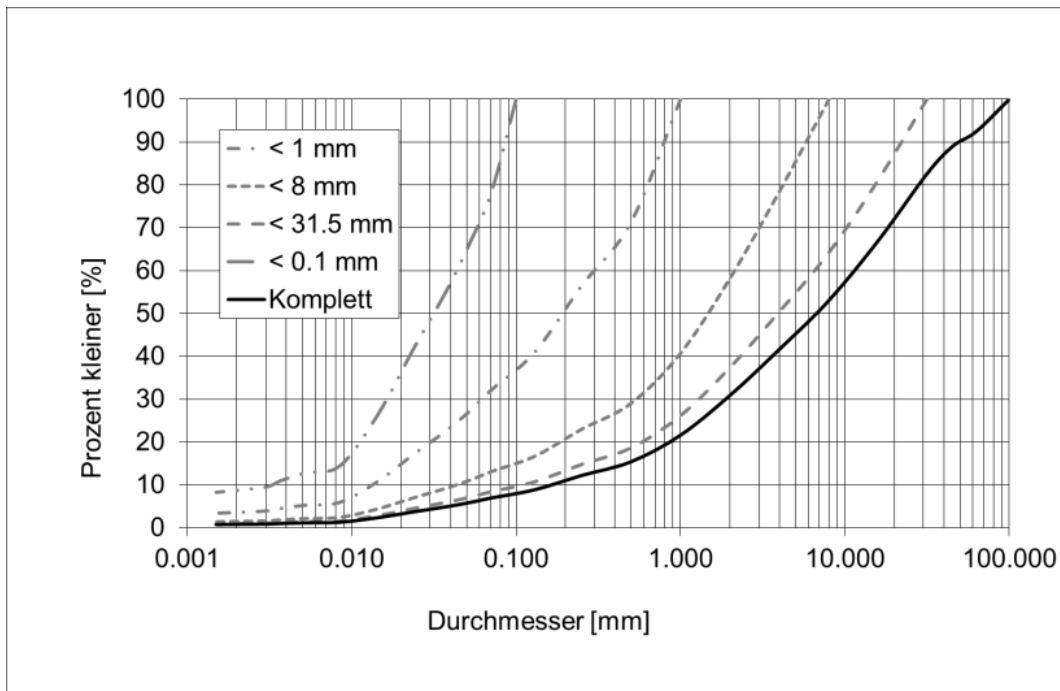


Abbildung 1: Kornverteilungskurven der Versuchsmischungen sowie die gesamte Kornverteilungskurve der Materialprobe aus Ablagerungen des Lorenzerbachs

Zusätzlich wurde von 5 Proben der Wassergehalt der Ablagerung bestimmt (Tabelle 1). Die Werte der volumetrische Sedimentkonzentration ( $C_v$ ) streuen zwischen 0.478 und 0.637 mit einem Mittelwert von 0.578. Da die Probenahme nicht unmittelbar, sondern einen Tag nach dem Ereignis vorgenommen wurde, ist damit zu rechnen, dass diese Werte die Obergrenze der zu erwartenden Sedimentkonzentration darstellen. Die mittlere Dichte [ $\rho$ ] des Materials wurde mit 1980 kg/m<sup>3</sup> bestimmt.

Tabelle 1: Volumetrische Sedimentkonzentration und Dichte von Ablagerungsproben (erhoben ein Tag nach dem Ereignis)

	<b>C<sub>v</sub> [-]</b>	<b>ρ [g/cm<sup>3</sup>]</b>
<b>Probe 1</b>	0.538	1.915
<b>Probe 2</b>	0.637	2.082
<b>Probe 3</b>	0.478	1.812
<b>Probe 4</b>	0.623	2.060
<b>Probe 5</b>	0.614	2.043
<b>Mittelwert</b>	<b>0.578</b>	<b>1.983</b>
<b>Stabw</b>	<b>0.068</b>	<b>0.115</b>

## 2 Rheologie

Laborversuche mit einer kompletten Kornverteilungskurve von Wildbachsediment sind praktisch nicht durchführbar, da die maximalen Korndurchmesser und folglich die zu untersuchende Materialmenge zu groß wären. Um einen besseren Eindruck vom Fließ- und Ablagerungsverhalten des Lorenzerbach-Materials zu erhalten, wurden Versuche mit verschiedenen maximalen Korndurchmessern durchgeführt.

Das Ziel war es, rheologische Parameter für das Bingham Modell zu bestimmen, die wiederum als Eingangparameter für das quadratische rheologische Modell der Simulationssoftware Flo-2d verwendet werden können. Das Bingham Modell lautet

$$\tau = \tau_y + \eta \left( \frac{dv}{dz} \right) \quad (1)$$

- wobei
- $\tau$  = Schubspannung [Pa],
  - $\tau_y$  = Bingham Grenzs Schubspannung [Pa],
  - $\eta$  = Bingham Viskosität [Pa.s]
  - $\frac{dv}{dz}$  = Scherrate [s<sup>-1</sup>]

Die Bingham Grenzs Schubspannung und Viskosität stellen die Materialparameter dar. Die Eingabe dieser Materialparameter in Flo-2d erfolgt über den Zusammenhang der Materialparameter und dem C<sub>v</sub>-Wert:

$$\tau_y = ae^{bC_v} \quad \text{und} \quad \eta = ce^{dC_v} \quad (2)$$

wobei a,b,c und d zu bestimmende Parameter sind.

Es wurden daher Versuche mit verschiedenen maximalen Korngrößen bei verschiedenen  $C_v$ -Werten durchgeführt. Zuerst wurden Mischungen mit einem  $D_{\max}$  von 31 mm, 8 mm, 1 mm und 0.1 mm vorbereitet (siehe Abbildung 1) und anschließend in verschiedenen Laborkonfigurationen getestet.

Es wurden Versuche in drei verschiedenen Konfigurationen durchgeführt:

- Rheometer Bohlin Visco 88 ( $D_{\max} < 0.1$  mm)
- Rampe ( $D_{\max} < 0.1$  mm, 1 mm, 8 mm und 31 mm)
- Förderbandanlage ( $D_{\max} < 0.1$  mm, 1 mm, 8 mm und 31 mm)

In dem Standard-Rheometer der Firma Bohlin ist es möglich, Suspensionen mit einer maximalen Korngröße von 0.1 mm zu untersuchen. Eine solche Mischung wird häufig als „Matrix“ einer Murgangmischung gesehen und soll das Fließverhalten zu einem großen Teil bestimmen. Aus dem Fließkurven (Scherrate-Schubspannung) solcher Tests lassen sich Grenzs Schubspannung und Viskosität verlässlich ableiten.

Tests auf einer schrägen Rampe wurden häufig durchgeführt, um die Grenzs Schubspannung einer Materialmischung aufgrund der Ablagerungshöhen und der Neigung zu bestimmen. Um die Grenzs Schubspannung einer Materialmischung aufgrund von Ablagerungshöhen und Neigung zu bestimmen, wurden Tests auf einer schrägen Rampe mehrmals durchgeführt Die Formel hierfür lautet:

$$\tau_y = \rho g H_{Abl} \sin \alpha \quad (3)$$

wobei  $H_{Abl}$  = Ablagerungshöhe [m] und

$\alpha$  = Neigung [°]

Bei den Tests in der Förderbandanlage wurden Grenzs Schubspannung und Viskosität basierend auf Annahmen und Vereinfachungen aus mittlerer Geschwindigkeit, Oberflächengeschwindigkeit, Abflusstiefe und Neigung abgeleitet.

### 3 Überblick der Ergebnisse

Abbildung 2 zeigt eine Zusammenfassung aller Ergebnisse für die Bestimmung der Bingham Grenzschubspannung des Lorenzerbach-Materials in Abhängigkeit vom  $C_v$ -Wert. Es zeigt sich, dass trotz einer teilweise erheblichen Streuung die Ergebnisse einem Trend folgen.

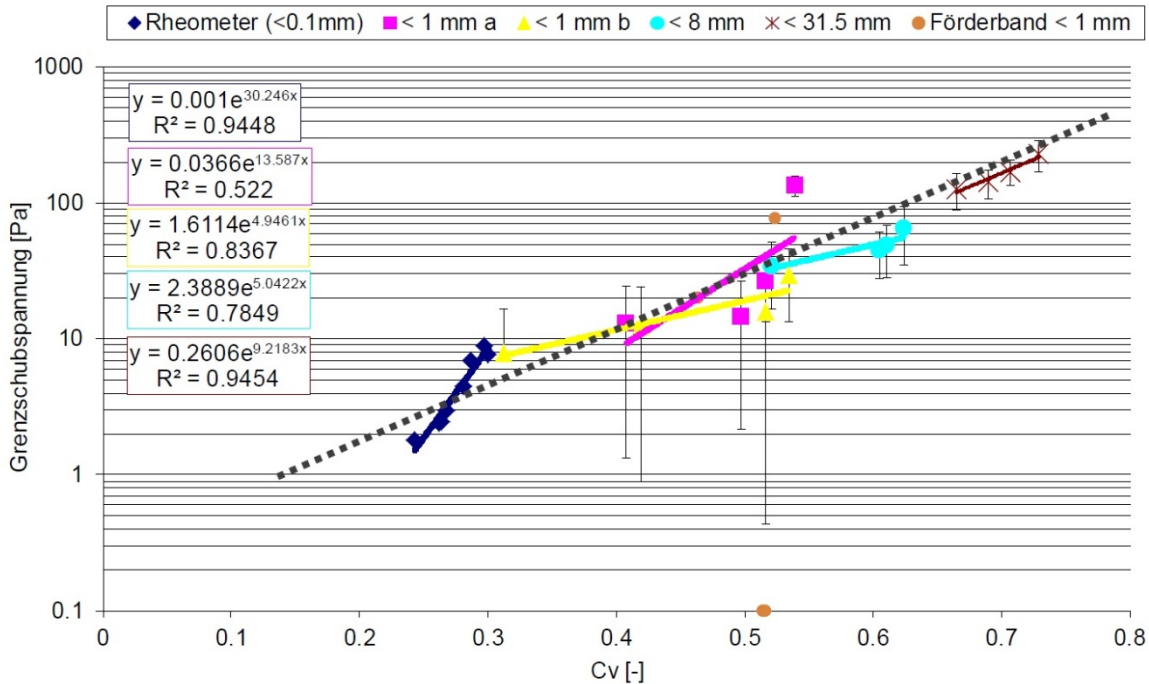


Abbildung 2: Überblick über die Ergebnisse für die Bingham Grenzschubspannung in Abhängigkeit vom  $C_v$ -Wert.

Da sich jedoch kein klarer Trend der Parameter a und b aus den einzelnen Ergebnissen ableiten lässt, die Gesamtmenge der Daten aber einem gewissen Trend folgt, scheint es gerechtfertigt eine Exponentialfunktion an alle Datenpunkte zu fitten (Punktlinie in Abbildung 2). Die Trendlinie folgt der Formel

$$\tau_y = 0,38 e^{7,72C_v}$$

Für den Parameter a in Gleichung (2) kann somit ein Wertebereich um 0,4 und für den Parameter b der Bereich 8 identifiziert werden.

Die Bingham Viskosität wurde aus den Tests im Rheometer und in der Förderbandanlage abgeleitet. Aufgrund versuchstechnischer Schwierigkeiten lieferten die Experimente mit der Kornfraktion < 8 mm und < 31 mm in der Förderbandanlage keine brauchbaren Ergebnisse. Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse für die Mischung mit  $D_{max} < 0.1$  mm und < 1 mm. Es zeigt

sich, dass der Parameter  $c$  (Gleichung 2) im Bereich von  $10^{-6}$  bis  $10^{-5}$  streut, und der Parameter  $d$  zwischen 40 und 20 liegt.

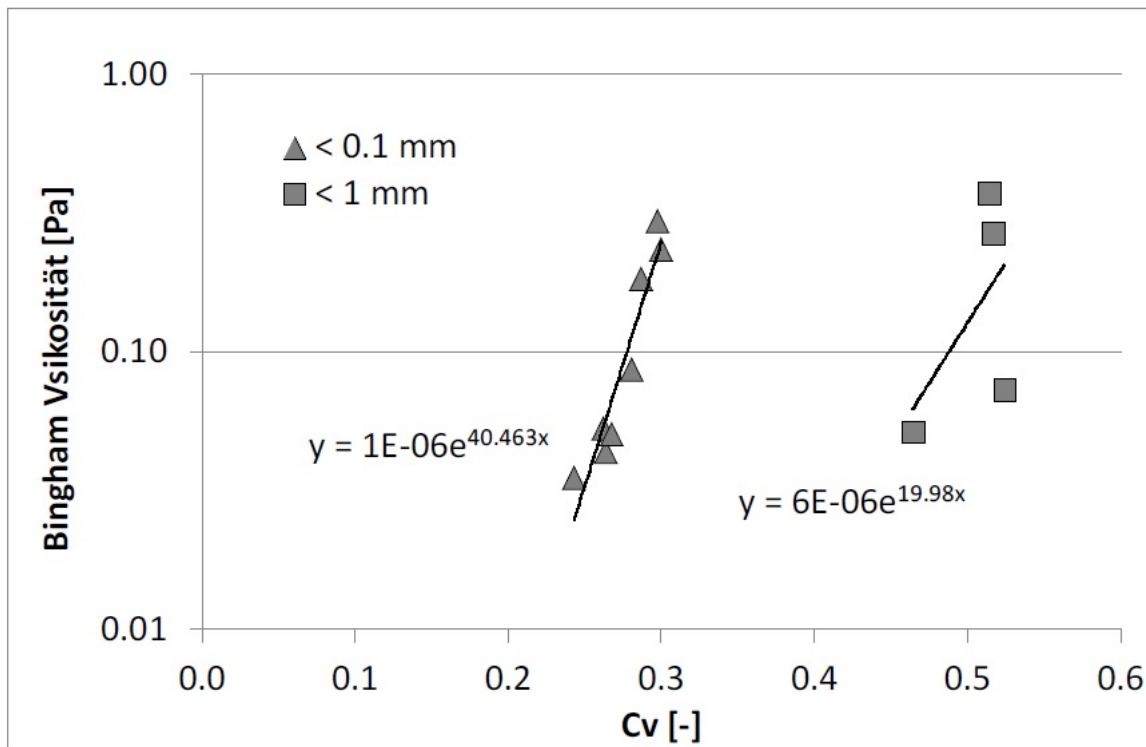


Abbildung 3: Überblick über die Ergebnisse für die Bingham Grenzschubspannung in Abhängigkeit vom Cv-Wert.

#### 4 Schlussfolgerungen

Zur Bestimmung des Fließ- und Ablagerungsverhaltens des Lorenzerbach-Materials wurden verschiedene Laboruntersuchungen mit unterschiedlichen Materialmischungen durchgeführt. Bei der Materialzusammensetzung wurden der Wassergehalt und auch der maximale Korndurchmesser variiert. Die Ergebnisse der Versuche in der Förderbandanlage beschränkten sich auf die Kornfraktion < 1 mm. Die Versuche mit größeren Maximalkorn blieben trotz intensiver Bemühungen erfolglos.

Das wird vor allem der speziellen Zusammensetzung der Materialmischung zugeschrieben, da sich aufgrund der geringen Feinkornfraktion die feste und flüssige Phase sehr leicht entmischen. Dies ist ein Hinweis, dass der Fließwiderstand der Lorenzerbach-Mure stark von der Interaktion zwischen Wasser und Sedimenten sowie Reibung zwischen den Partikeln geprägt war und viskose Reibung wenig dominant gewesen sein könnte. Es ist anzunehmen, dass hier ein rheologisches Modell wie das Bingham Modell an seine Grenzen



stößt. Generell sind die Werte der Grenzscherbspannung recht niedrig, was aber von Beobachtungen im Feld (flache Ablagerungen) und einer geringen Tonfraktion (< 1%) unterstützt wird. Die abgeleiteten Parameter stellen einen Hinweis dar, mit welchen Parametern eine Simulation in Flo-2d begonnen werden kann. Die Ergebnisse sollten in jedem Fall einer strengen Plausibilitätskontrolle unterzogen werden (Vergleich mit Ablagerungen, Anschlaglinien und abgeschätzten Geschwindigkeiten aus der Ereignisdokumentation) und die Eingangsparameter gegebenenfalls angepasst werden.