



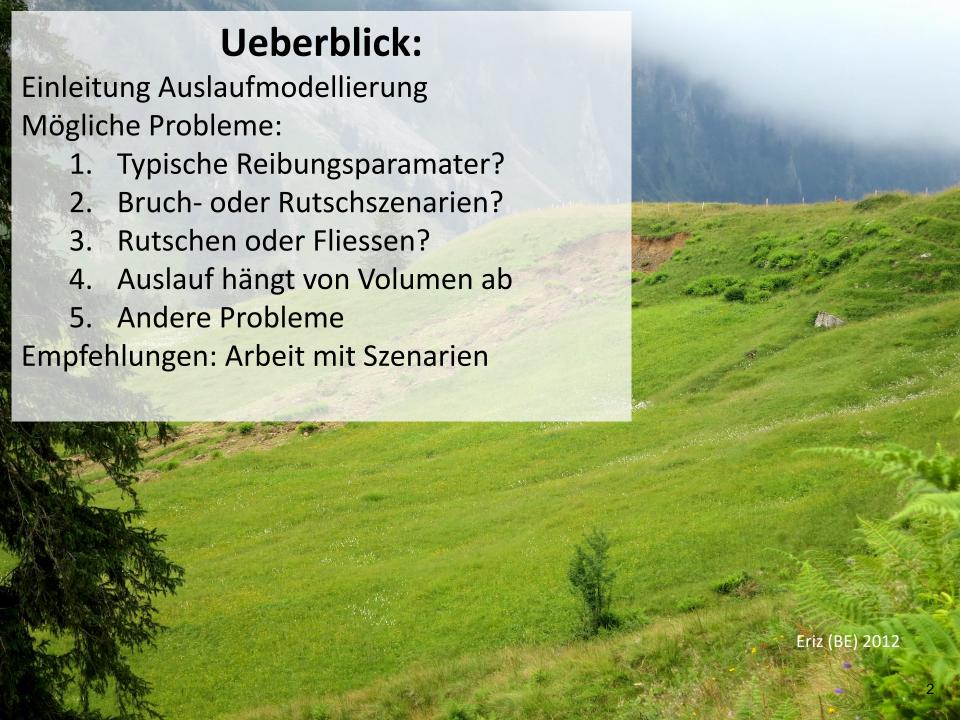
# Rutsch- und Auslaufmodellierungen: Überblick und mögliche Probleme

Brian McArdell<sup>1</sup> F. Zimmermann<sup>1,2,3</sup>, Ch. Rickli<sup>1</sup>, Ch. Scheidl<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Eidg. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL 
<sup>2</sup>BOKU Wien, <sup>3</sup>jetzt: Geo7 Bern







## **Anwendung von Auslaufmodellen**

- Gefahren visualisieren
- Hilfe für die Erstellung von Gefahrenkarten
- Dimensionierung von Objektschutz
   Druck-, Abflusstiefe-, Geschwindigkeit-Abschätzung
- Ereignisanalyse und Modellvergleich (angewandte Forschung):
   Reibungskoeffizienten, usw.

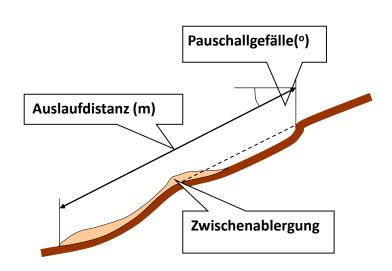


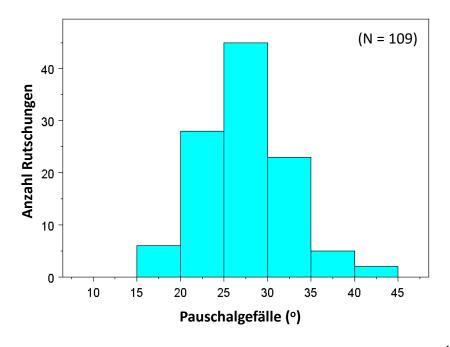
#### **Vorhandene Modelle:**

- 1. Statistische Modelle für Auslaufdistanz: Pauschallgefälle
- 2. GIS-basiert Modelle für Fliessrichtung: D8, r.flow, Flow-R, usw.
- 3. Dynamische Modelle:

2D Modelle: RAMMS, r.avaflow, D-CLAW, DAN-3D, usw.

3D Modelle: DebrisInterMixing (OpenFOAM)







#### **Vorhandene Modelle:**

- 1. Statistische Modelle: Pauschallgefälle
- 2. GIS-basiert Modelle für Fliessrichtung: D8, r.flow, Flow-R, usw.
- 3. Dynamische Modelle:

**2D Modelle: RAMMS**, r.avaflow, D-CLAW, DAN-3D, usw.

3D Modelle: DebrisInterMixing (OpenFOAM)



A numerical model for debris flows in research and practice

User Manual v1.7.0

Debris Flow

NB: Die Aussagen in der Präsention gelten für alle 2D dynamische Modelle

WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF

WSL Institut pour l'étude de la neige et des avalanches SLF

WSL Instituto per lo studio della neve e delle valanghe SLF

WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF





## **Dynamische Modellphysik:**

#### Flachwassergleichungen:

$$\partial_{t}H + \partial_{x}\left(HU_{x}\right) + \partial_{y}\left(HU_{y}\right) = 0$$

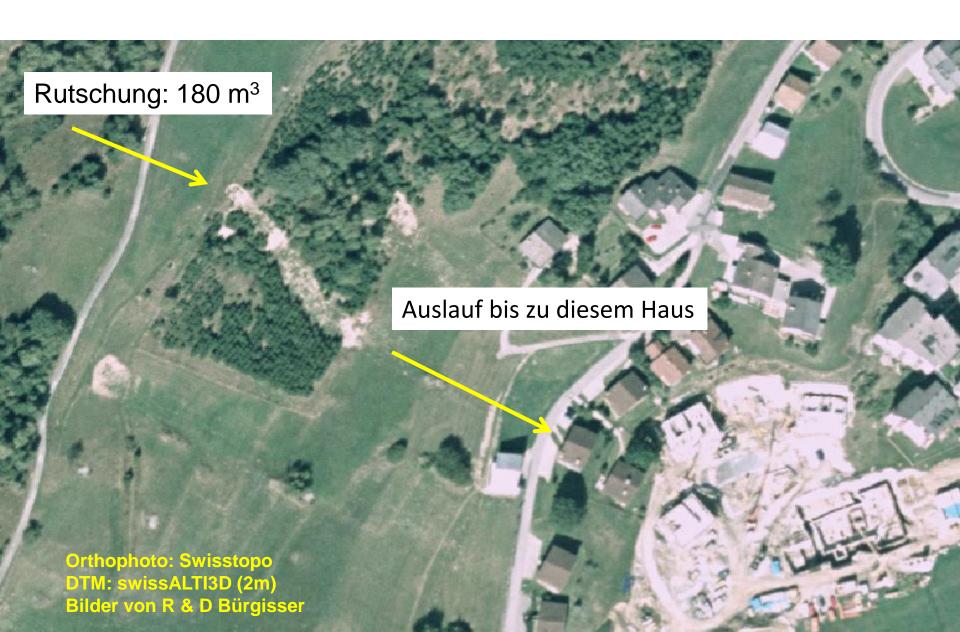
$$\partial_{t}(HU_{x}) + \partial_{x}\left(HU_{x}^{2} + \frac{g_{z}H^{2}}{2}\right) + \partial_{y}\left(HU_{x}U_{y}\right) = S_{gx} + S_{f}\left[n_{x}\right]$$

$$\partial_{t}(HU_{y}) + \partial_{y}\left(HU_{y}^{2} + \frac{g_{z}H^{2}}{2}\right) + \partial_{x}\left(HU_{x}U_{y}\right) = S_{gy} + S_{f}\left[n_{y}\right]$$
Reibung: Voellmy
$$\partial_{t}(HU_{y}) + \partial_{y}\left(HU_{y}^{2} + \frac{g_{z}H^{2}}{2}\right) + \partial_{x}\left(HU_{x}U_{y}\right) = S_{gy} + S_{f}\left[n_{y}\right]$$

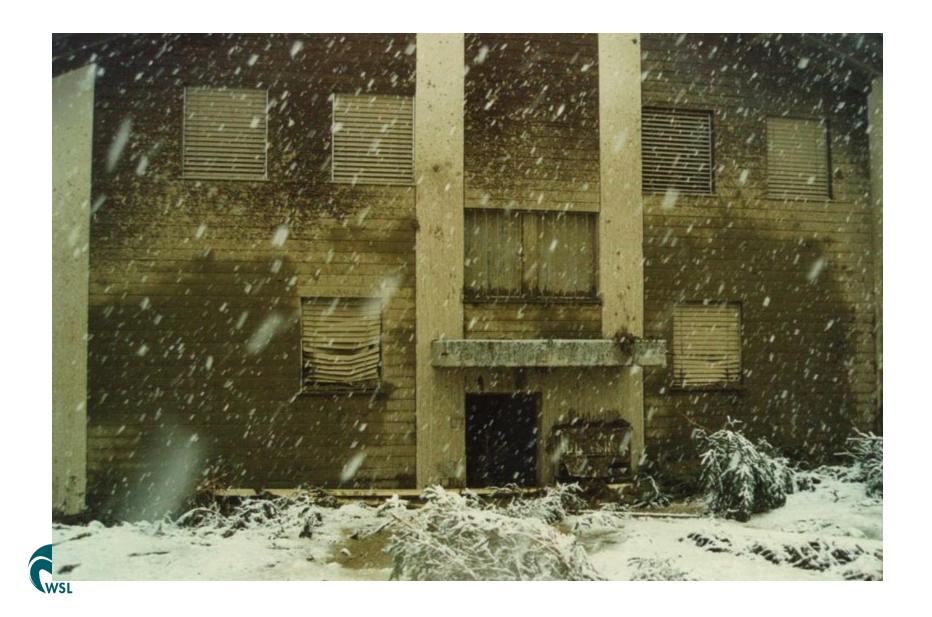
**Voellmy Ansatz** 

$$S_f = \left[ \underbrace{\mu g_z H} + \frac{g(U^2 + V^2)}{\mathcal{E}} \right]$$
 Coulomb Reibungsterm  $\mu$  Turbulenter Reibungsterm

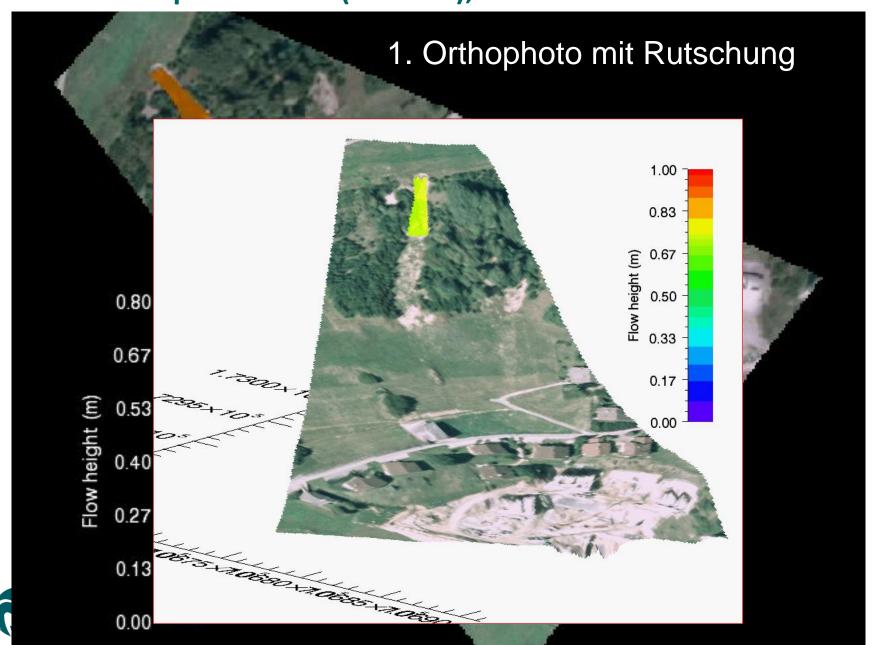


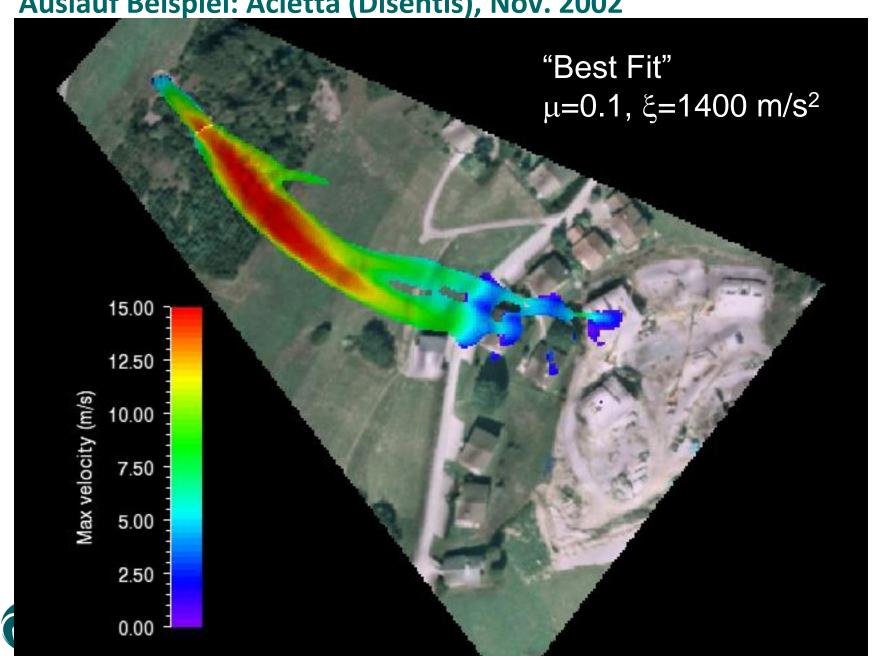




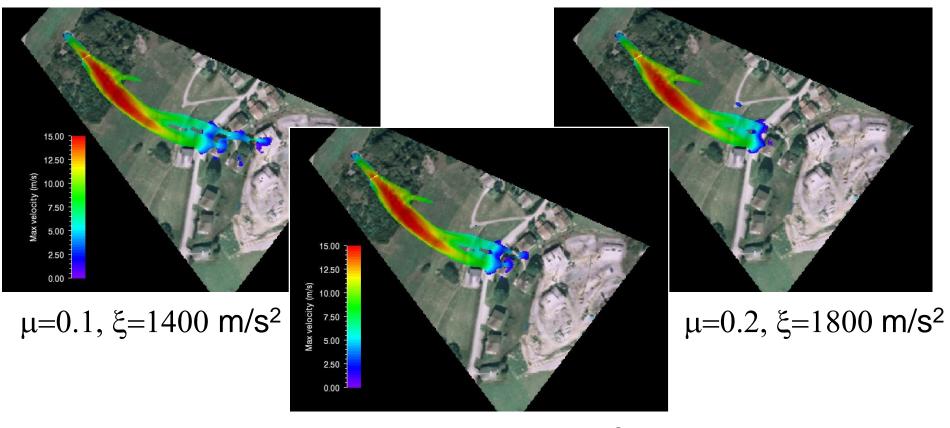








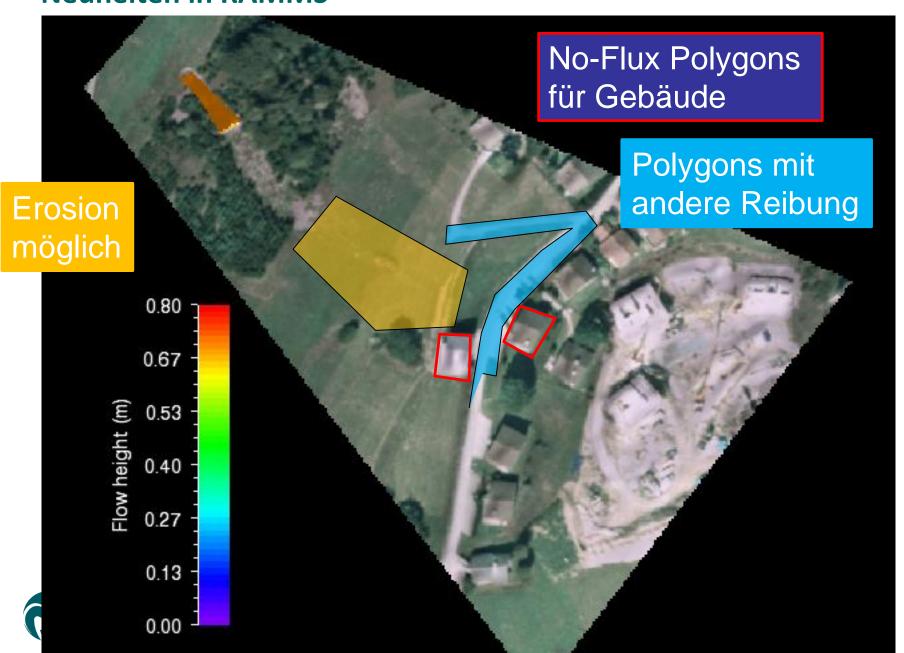
Mehere "Best Fit" Simulationen sind möglich

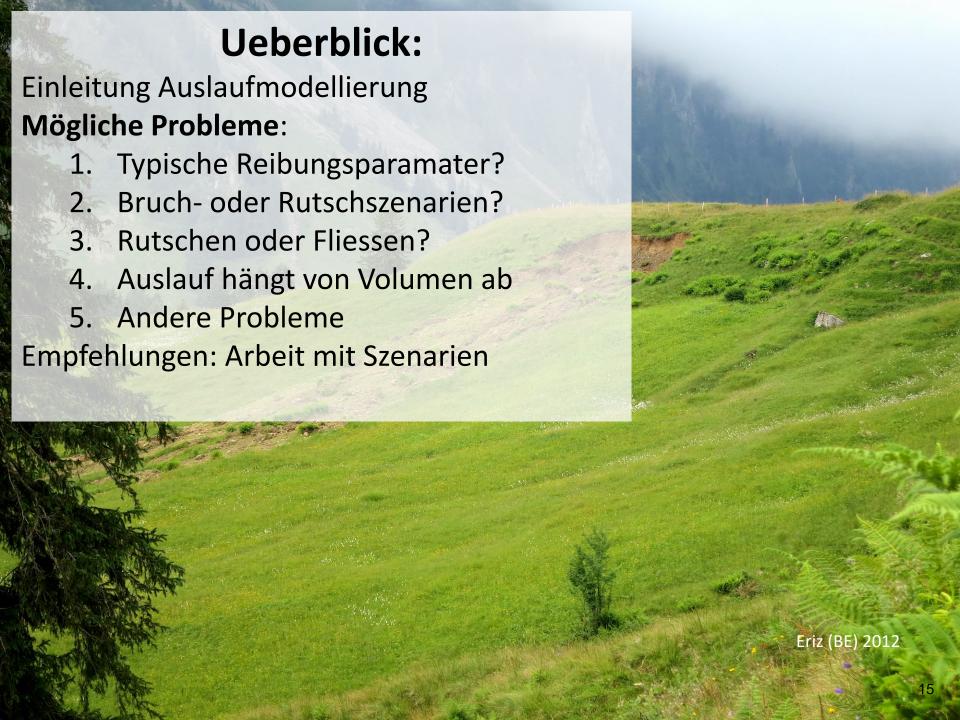


$$\mu$$
=0.15,  $\xi$ =1600 m/s<sup>2</sup>



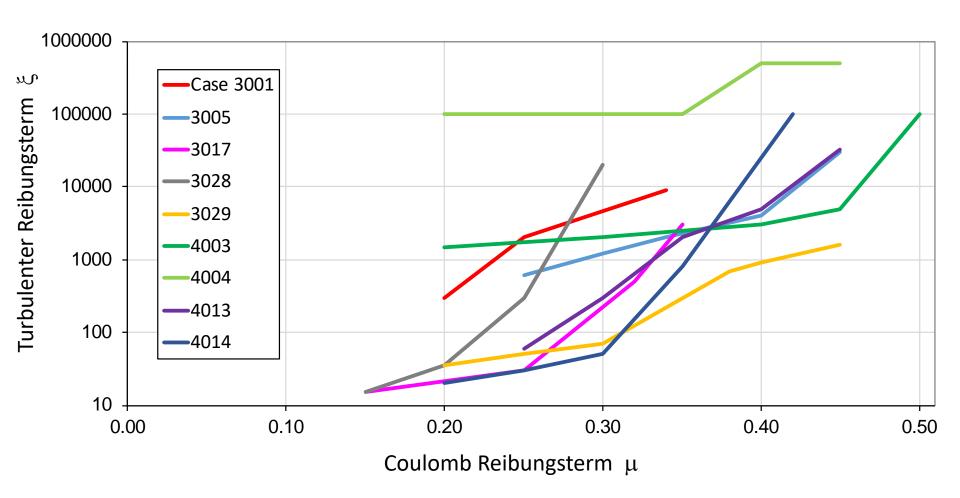
#### **Neuheiten in RAMMS**





#### 1. Variation der Reibungskoeffizienten

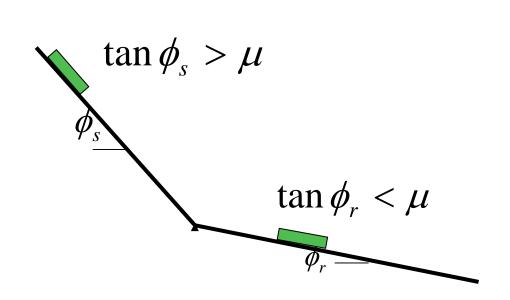
Voellmy: Mehere Kombinationen von "Best Fit" Koeffizienten sind möglich



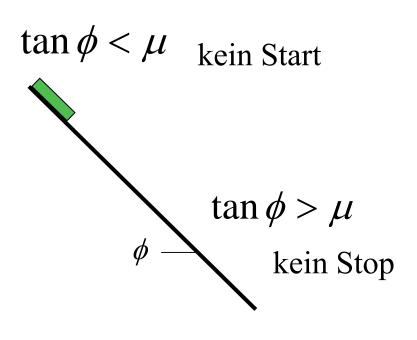


#### 1. Variation der Reibungskoeffizienten

Voellmy: Probleme mit dem Coulomb-Parameter mu und der Hangneigung



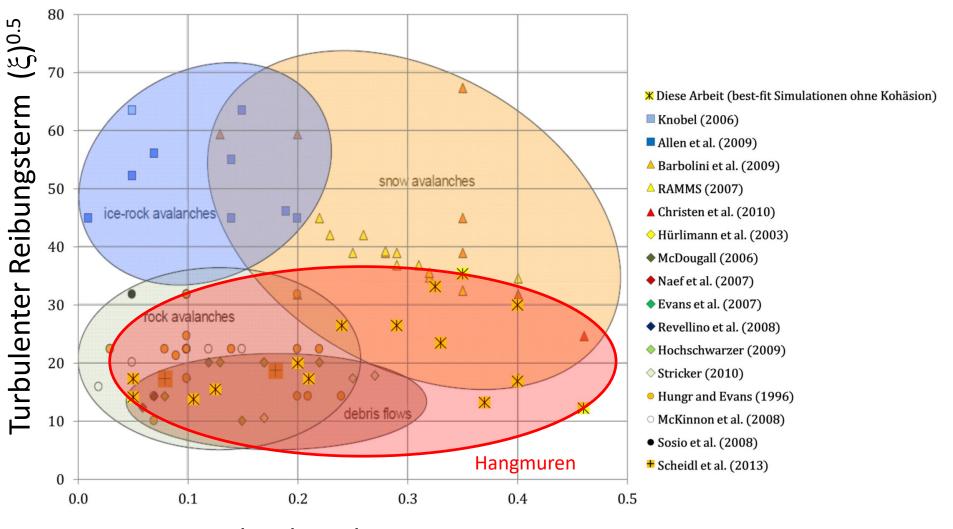
- Voellmy funktioniert gut für Hänge mit flachen Auslaufstrecken.
- Parameter  $\mu$  und  $\xi$  können gefunden werden .



- Hänge mit "konstanter" Hangneigung sind sehr problematisch.
- Kein Start oder kein Stop

#### 1. Variation der Reibungskoeffizienten

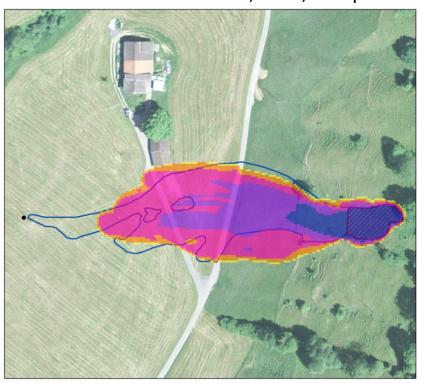
"Best Fit" Voellmy Koeffizienten für Hangmuren

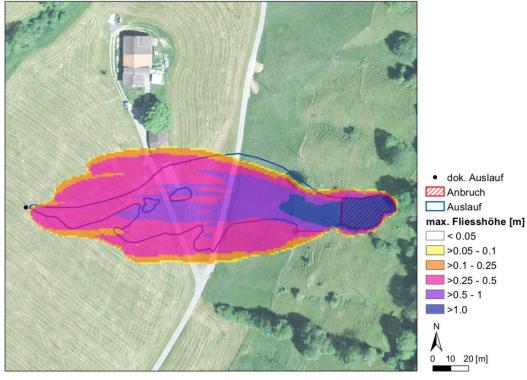




#### 1. Variation der Reibungskoeffizienten: Evaluationsmethode

Best Fit: Fläche Omega-Statistik Methode von Heiser et al., 2017, Comp. Geosc. Best Fit: Auslaufdistanz







#### 2. Bruch- oder Rutschszenarien

Uebergang von Rutschen zu Fliessen wird in den Modellen selten berüsichtigt

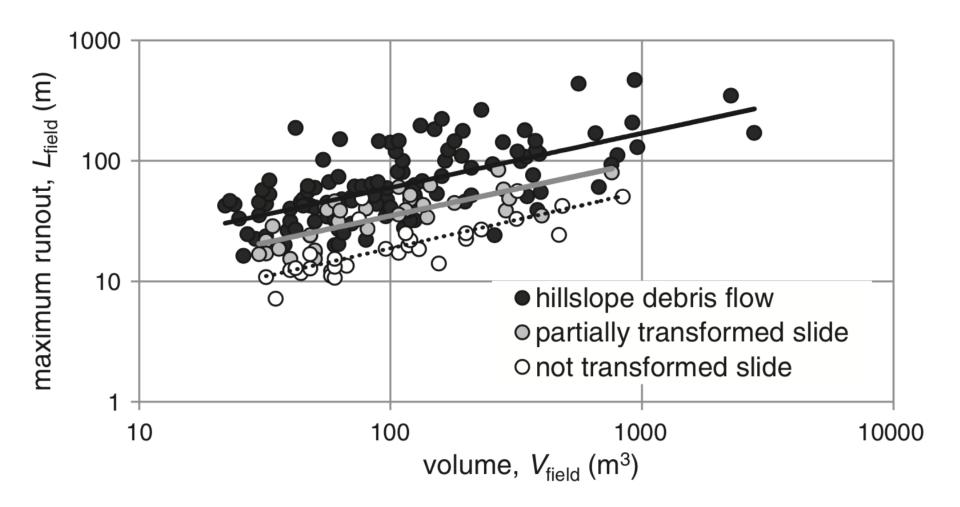
- Variation der Bodeneigenschaften (Ton oder Wassergehalt, Packing, ...)
- Auflockerungserscheinungen, Strukturverlust & Fliessen





Video: WSL

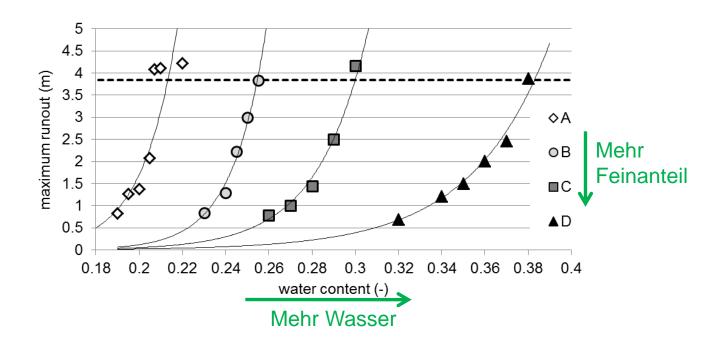
#### 3. Rutschen oder Fliessen?





#### 3. Rutschen oder Fliessen?

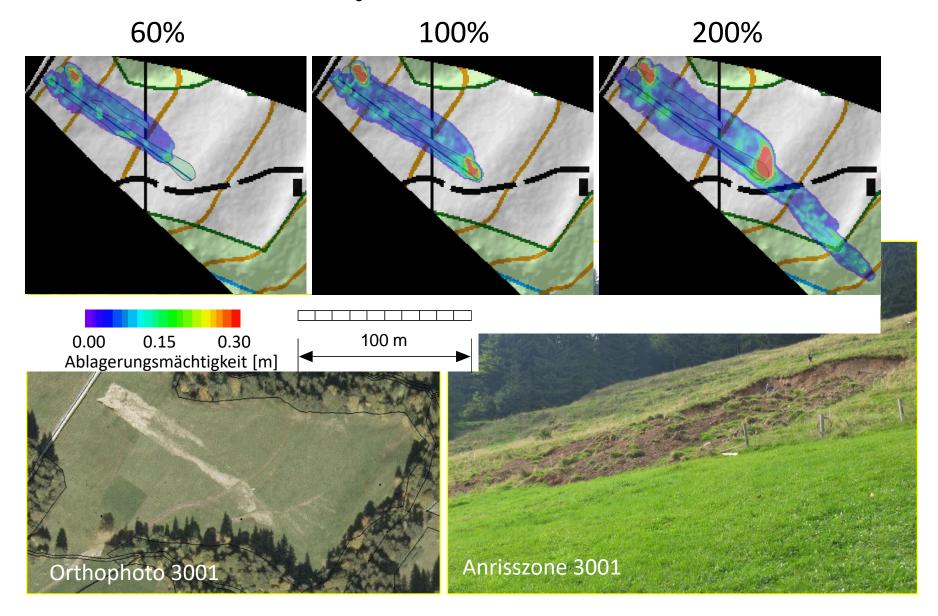
Laborversuche zeigen dass, die Auslauflänge mit zunehmendem Wassergehalt und zunehmendem Tongehalt grösser wird





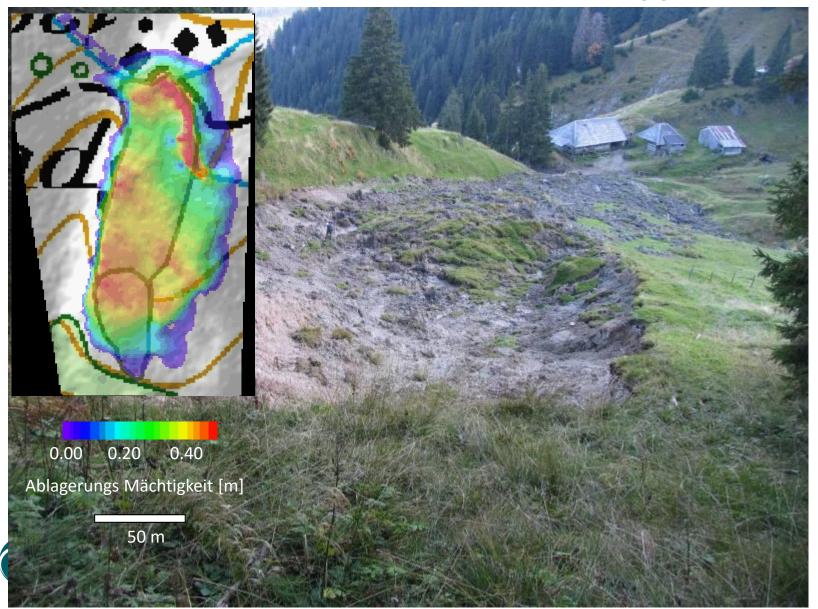
#### 4. Auslauf hängt vom Startvolumen ab

Rutschung 3001 (Entlebuch),  $\mu_0$  = 0.6,  $\xi$  = 1000 m<sup>2</sup>/s

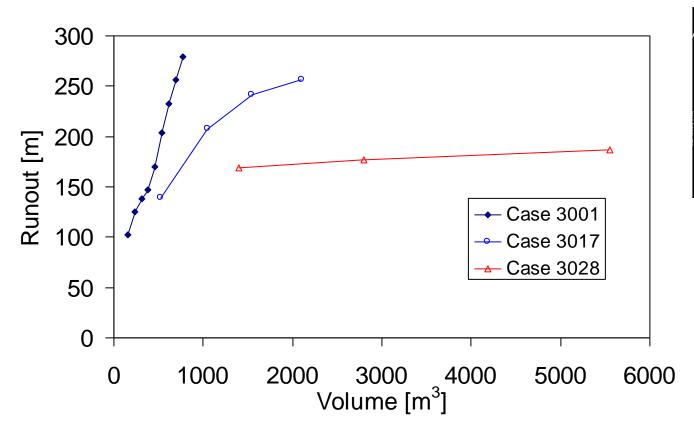


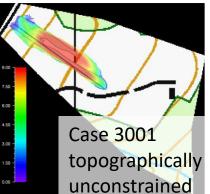
#### 4. Auslauf hängt vom Startvolumen ab

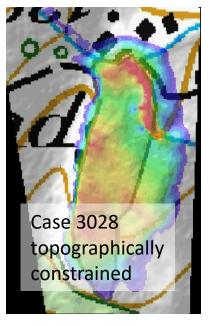
Case 3028 (Entlebuch), Volumen=2800 m<sup>3</sup> NICHT abhängig vom Volumen



#### 4. Auslauf hängt vom Startvolumen ab







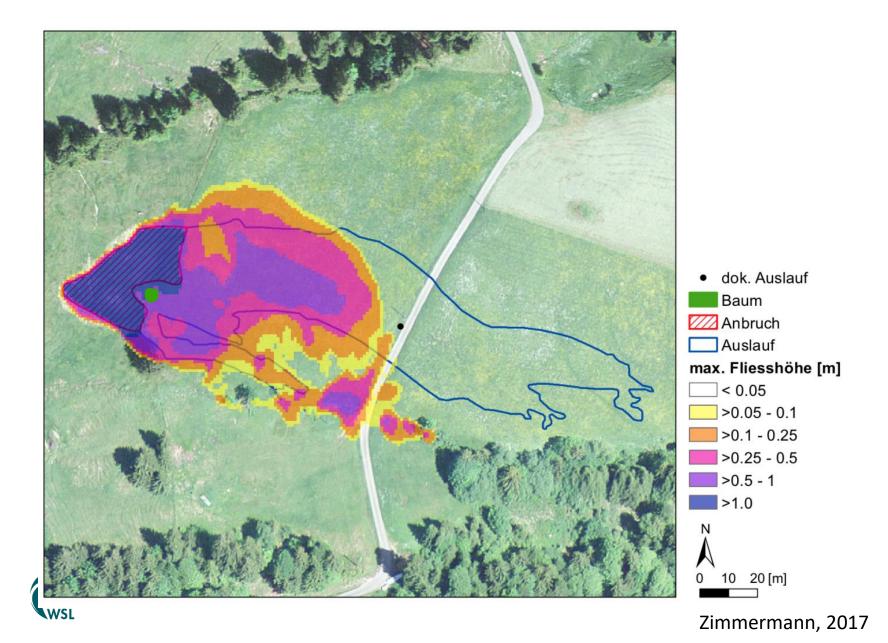


#### 5. Andere Probleme

- Ungenauigkeit der Höhenmodelle
- Temporäre Ablagerung (bereits vorher abgelagerte Rutschmasse?)
- Ort der Anrisszone
- Vegetation auf der Rutschfläche und in der Transitzone
- Andere Wasserquellen
- Strassen bewirken eine andere basale Reibung
- Ablagerungsmächtigkeit wird häufig zu niedrig berechnet
- Es gibt Fälle die nicht modellierbar sind



#### 5. Es gibt Fälle die nicht modellierbar sind



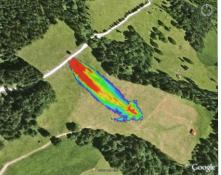
# **Ueberblick: Einleitung Auslaufmodellierung** Mögliche Probleme: Typische Reibungsparamater? Bruch- oder Rutschszenarien? 3. Rutschen oder Fliessen? 4. Auslauf hängt von Volumen ab 5. Andere Probleme **Empfehlungen: Arbeit mit Szenarien** 1. Volumen, Reibung, ... 2. Vielleicht mit «Decision Trees» Eriz (BE) 2012

#### **Zusammenfassung:**

- 1. Dynamische Auslaufmodelle sind hilfreich für die Gefahrenbeurteilung
- 2. Typische Probleme bei der Anwendung von Modellen sind (je nach Zielsetzung):
  - Wahl der Reibungsparameter—manchmal nicht eindeutig
  - Bewegungsart
  - Startvolumen
  - Ort des Anrisses
- 3. Mehr Daten von Hangmuren aus anderen Gebieten wäre wünschenswert
- 4. Nicht alle Fälle sind modellierbar









## Danke!



