

# ENTWICKLUNG EINES NEUEN SOHLREIBUNGSMODELLS FÜR LAWINEN



Universität Innsbruck,  
Arbeitsbereich für Geotechnik und Tunnelbau



Bundesforschungszentrum für Wald,  
Institut für Naturgefahren

**Einleitung** Lawinen stellen die Alpenländer vor eine ständige und aktuelle Herausforderungen. Der steigende Bedarf an Wohn- und Nutzraum scheint unvereinbar mit dem steigenden Anspruch an Sicherheit.

Trotz intensiver Forschung aller beteiligten Länder und großen Investitionen in Schutzmaßnahmen ist die Bilanz des letzten Katastrophenwinters ernüchternd: Über 70 Todesopfer, viele davon in vermeintlich sicheren Häusern, hunderte Kilometer verschüttete Verkehrswege und hunderttausende von der Außenwelt abgeschnittene Touristen und Bewohner waren im Februar 1999 zu beklagen.

Die Lawinenforschung wurde in der Schweiz mit der Gründung einer Lawinenforschungskommission (späteres Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF) im Jahre 1931 begründet. Größere Fortschritte erzielte Adolf Voellmy mit einem einfachen dynamischen Modell zur Beschreibung von Lawinen im Jahr 1955. Das Voellmy-Modell beschreibt eine Lawine als einen Massepunkt dessen Bewegung von Schwerkraft, Massenträgheit und Reibung bestimmt wird. Die Schwerkraft beschleunigt die Lawine, die Reibung bremst sie. Seither wurde das Voellmy-Modell laufend verbessert, insbesondere wurde es auf die Anwendung in computergestützten Systemen mit flächenmäßiger Auflösung erweitert. Dieses Modell dient in den betroffenen Ländern zur Ausarbeitung von Gefahrenzonenplänen welche die zukünftige Entwicklung von Siedlungen und Sicherheitsmaßnahmen steuern soll.

Zur Beschreibung der Reibung wird nach wie vor der empirische Ansatz von Voellmy genutzt. Die vorliegende Arbeit setzt es sich zum Ziel moderne Modelle für Granulate auf Lawinen anzuwenden und ein verbessertes Sohlreibungsmodell zu entwickeln.

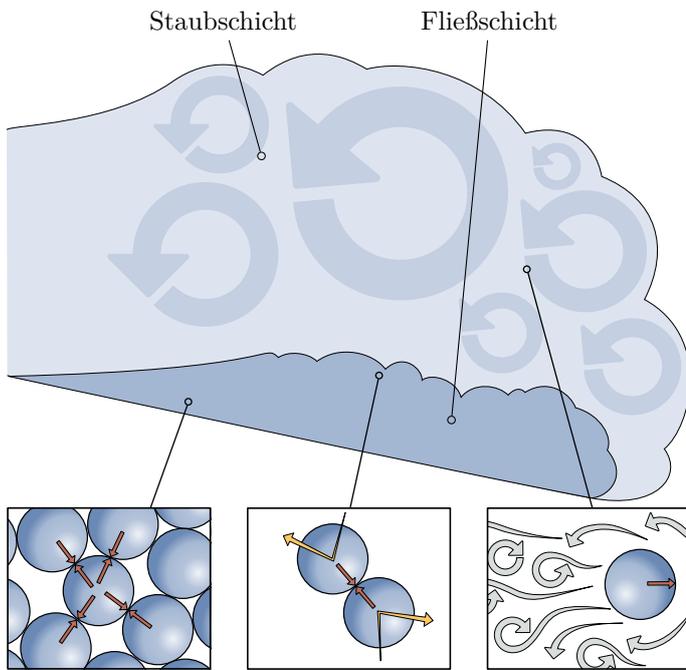


Abbildung 1: Kraftübertragung in Lawinen: quasistatisches Korngerüst, kinetische Stöße und Interaktion mit der umgebenden Luft

moderne Modelle für Granulate auf Lawinen anzuwenden und ein verbessertes Sohlreibungsmodell zu entwickeln.

**Das Modell** (Abbildung 1) zeigt eine Mischlawine mit Staub- und Fließanteil und die darin dominanten Prozesse. Die für das Sohlreibungsmodell relevanten Kräfte sind auf das quasistatische Korngerüst und auf kinetische Stöße zwischen den Eispartikel zurückzuführen. Beschrieben werden diese Effekte mit der *Critical State Theory* bzw. der *Kinetic Theory*. Neuere Modelle (*Extended Kinetic Theory*) kombinieren beide Mechanismen. Die Kombination eines solchen Modells mit energetischen Überlegungen erlaubt die Formulierung eines neuen Sohlreibungsmodells. Es zeigt sich, dass dieses physikalische Modell sehr ähnlich zum empirischen Reibungsmodell von Voellmy aufgebaut ist. Ein

maßgebender Unterschied kann jedoch festgestellt werden: Die Reibung ist an die Höhe der Lawine gekoppelt:

$$\tau_v = \mu \sigma + \frac{\rho g}{\xi} u^2 \quad (\text{Voellmy}) \qquad \tau_k = \mu \sigma + \frac{\rho g}{\chi} \frac{u^2}{h^2} \quad (\text{Extended Kinetic Theory})$$

der quasistatische Anteil bleibt gleich

der kinetische Anteil wird mit der Höhe  $h$  reduziert

Im Vergleich zum Voellmy-Modell entsteht dadurch eine reduzierte Reibung für sehr große Lawinen und eine erhöhte Reibung für kleine Lawinen (siehe Abbildung 2). Dieses Verhalten ist bereits aus Beobachtungen bekannt, weshalb bisher unterschiedliche Reibungsparameter für große und kleine Lawinen eingesetzt werden. Mit dem hier vorgestellten Modell sollte eine Vereinheitlichung und eine bessere Voraussage für Extremereignisse möglich sein.

**Ergebnisse** Die zwei größten europäischen Testgebiete für Schneelawinen sind das schweizer *Valleé de la Sionne* (Abbildung 3), und das norwegische *Ryggfonn*. Hier werden Lawinen gesprengt und mittels Radar erfasst. So können Ergebnisse von Simulationen mit realen Geschwindigkeiten und Ablagerungsgebieten verglichen werden. Auf diese Weise werden Modelle validiert und kalibriert. Mit dem hier gezeigten Modell kann eine deutliche Verbesserung dieser Simulationen erzielt werden, besonders wenn Lawinen unterschiedlicher Größe mit gleichen Parameter berechnet werden.

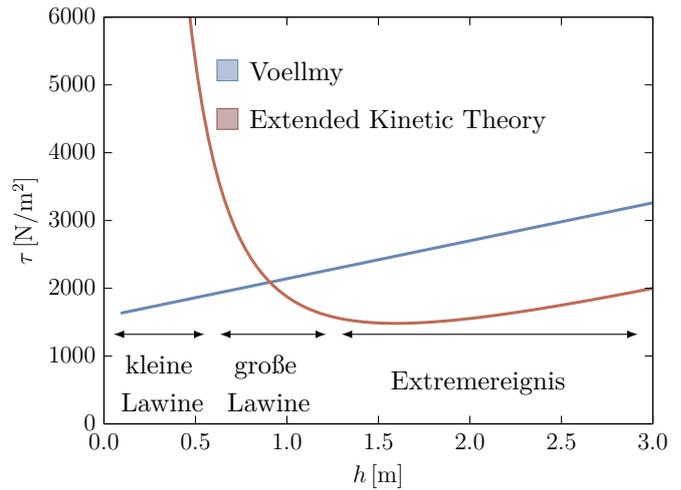


Abbildung 2: Sohlreibung  $\tau$  in Abhängigkeit von der Fließhöhe  $h$  für das Voellmy-Modell und die neue Beziehung

Diese Arbeit wurde mit dem Otto-Pregl-Preis für geotechnische Grundlagenforschung ausgezeichnet.

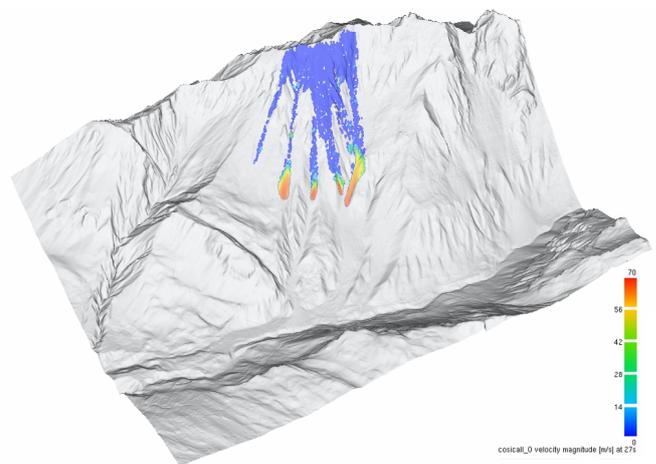


Abbildung 3: Lawinensprengung im Valleé de la Sionne (links) und eine Simulation dieser Lawine in SamosAT mit dem neuen Sohlreibungsmodell (rechts)