

Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 132 (2006)
Heft: 8: Naturgefahren

Artikel: Lawinenforschung im Vallée de la Sionne (VS)
Autor: Dufour, François / Sovilla, Betty / Bartelt, Perry
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-107915>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Lawinenforschung im Vallée de la Sionne (VS)

In der Lawinenforschung spielen grossmassstäbliche Experimente in Versuchsarealen eine bedeutende Rolle. Mit den dort gewonnenen Resultaten können Berechnungsmodelle überprüft und kalibriert werden. Ausserdem tragen sie zum Verständnis der physikalischen Prozesse bei, die der Lawinendynamik zu Grunde liegen.

1

Versuchsgelände im Vallée de la Sionne oberhalb von Sitten
(Bilder: F. Dufour, SLF)

2

Mast mit Messsonden

3

Druckmessungen in einer langsamen Fliesslawine, in Abhängigkeit von der Höhe und über eine Zeitspanne von ca. 1 Minute (Bild: SLF)

Der vorliegende Artikel beschäftigt sich hauptsächlich mit grossmassstäblichen Experimenten. Es muss aber erwähnt werden, dass die empirische Untersuchung von Lawinen am Institut für Schnee- und Lawinenforschung, SLF (s. Kasten), nicht nur auf Beobachtungen von Lawinen am Standort im Vallée de la Sionne beruht, sondern auch auf Laboruntersuchungen. Denn Letztere ermöglichen es, die Zahl der Versuche unter klar definierten Bedingungen zu vervielfachen: Spezifische Ereignisse lassen sich beliebig wiederholen und dabei bestimmte Parameter systematisch verändern. Das SLF führt zweierlei Arten von Laboruntersuchungen durch. Es verfügt einerseits über eine 30m lange Schneegleitbahn am Weissfluhjoch oberhalb Davos, auf der zur Lawinsimulation mehrere Kubikmeter Schnee in Bewegung versetzt werden können. Andererseits werden Experimente



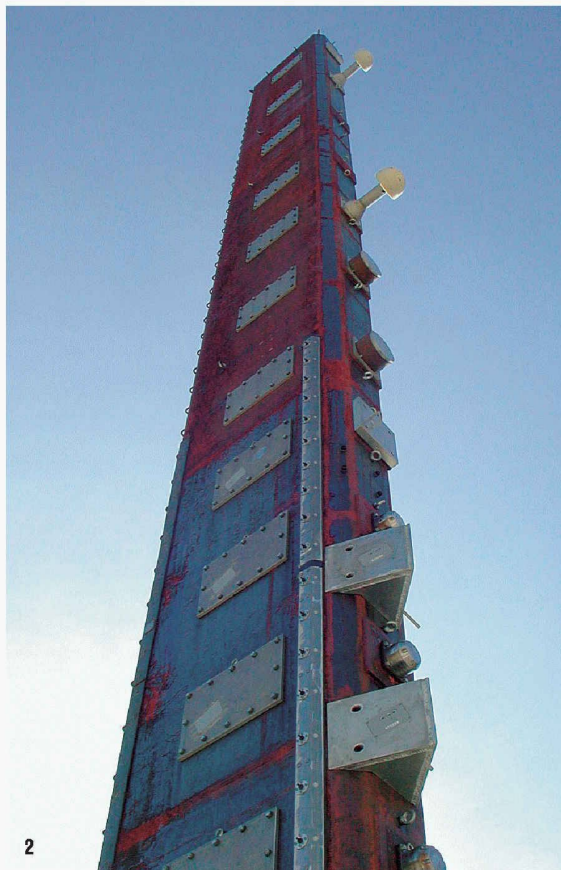
direkt in einem SLF-Labor durchgeführt, wobei anstelle von Schnee kleinste Glaskügelchen auf einer kürzeren Rutschbahn eingesetzt werden.

Messungen im Massstab 1 : 1

Das Versuchsgelände im Vallée de la Sionne, nördlich der Stadt Sitten im Kanton Wallis, wird seit 1997 vom SLF betrieben. Es handelt sich dabei um die weltweit wichtigste Anlage dieser Art (Bild 1). Die dort ausgelösten Lawinen haben in der Regel beträchtliche Dimensionen – in der Grössenordnung jener Lawine, die sich 1999 in Evolène ereignete – und können Fliess- oder Staublawinen sein. Oft sind sie auch eine Kombination davon, das heisst, sie haben einen fliessenden Kern und einen mehr oder weniger stark entwickelten Staubanteil. Eines der untersuchten Probleme besteht genau darin, zu verstehen, wie sich eine Fliesslawine teilweise oder vollständig in eine mächtige Staublawine¹ verwandelt. Das Gelände im Vallée de la Sionne ist mit Sensoren zur Messung von Geschwindigkeit, Druck, Dichte und Fliesshöhe der Lawinen ausgestattet. Mit Videoaufnahmen von den Versuchen wird ausserdem die Grössenordnung der Messungen überprüft. Damit lassen sich die Parameter, welche die Dynamik der Lawinen beeinflussen, besser erfassen. Darüber hinaus wird mittels foto- und videogrammetrischer Verfahren auch eine Massenbilanz erstellt und das Volumen der Schneemassen vor, während und nach der Lawine bestimmt. Bild 2 zeigt einen Teil der auf einem 21 m hohen Mast angebrachten Instrumente: Die oberen Sensoren erfassen die Daten der Staublawine, die unteren diejenigen der Fliesslawine.

Validierung der Modelle

Zwischen den im Versuchsgelände erhaltenen Messwerten und den numerischen Berechnungsmodellen bestehen vielfältige Zusammenhänge. Am häufigsten werden die Messungen eingesetzt, um die Berechnungsmodelle und -theorien zu überprüfen. Durch den Vergleich der Geschwindigkeiten, der Fliesshöhen, der Drücke und der Auslaufdistanz der Lawinen lassen sich die Ungenauigkeiten der Modelle erkennen. Als Beispiel ist in Bild 3 das Ergebnis einer Druckmessung in einer sehr langsamen Fliesslawine (ca. 10 m/s) dargestellt. Die Berechnungstheorien nehmen in Analogie

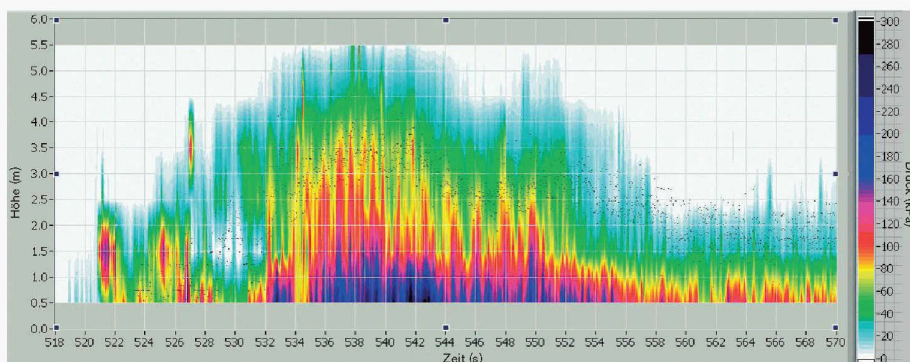


2

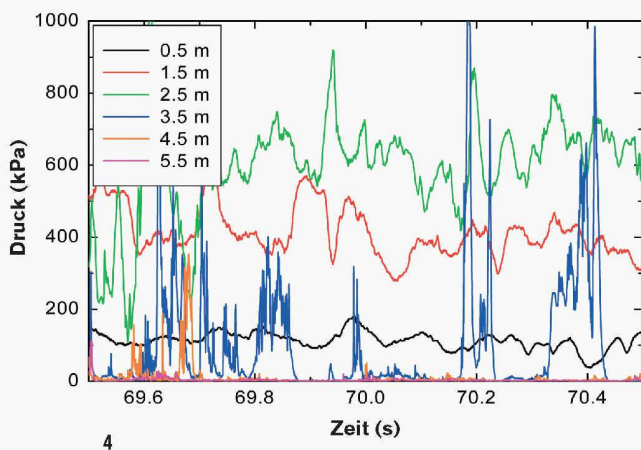
zur Hydraulik an, dass der Druck proportional zum Quadrat der Geschwindigkeit ist: Damit lassen sich jedoch die beim Versuch gemessenen, sehr hohen Drücke (bis 200 kPa) nicht erklären.

Durch die Messungen lassen sich zwar gewisse Ungenauigkeiten der Modelle nachweisen, doch lassen sich die festgestellten Abweichungen damit nicht direkt erklären. Eine solche Erklärung ist jedoch unabdingbar, um das Berechnungsmodell verbessern zu können, und dies bedeutet, dass man sich für die Physik des Vorgangs interessieren muss.

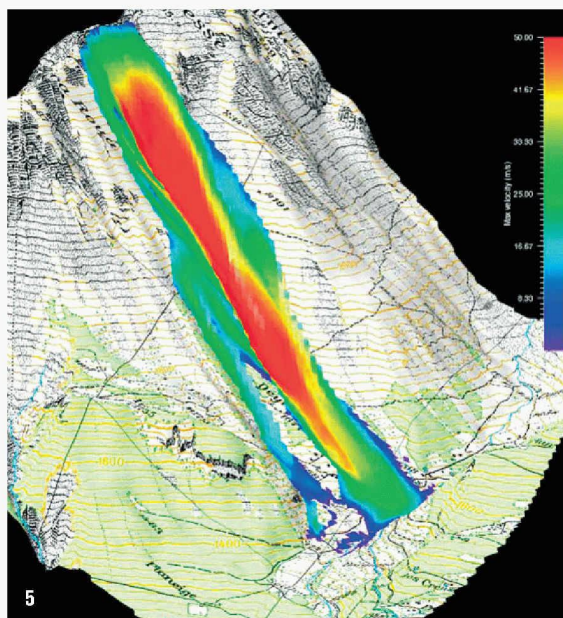
Bei Druckmessungen zum Beispiel umfasst das Verfahren zur Untersuchung der physikalischen Vorgänge



3



4



5

4
Drucksignale in einer Lawine in Abhängigkeit von der Höhe
(Bilder: SLF)

5
Simulation der maximalen Fließgeschwindigkeiten einer granu-
laren Lawine aus Trockenschnee auf dem Gelände des Vallée de la
Sionne (Programm RAMMS). Die Geschwindigkeiten im roten
Bereich liegen zwischen 40 und 50 m/s

beim Aufprall der Lawine auf ein Hindernis eine komplexe Kombination verschiedener Messungen und Analysetechniken. In Bild 4 ist der typische Signalverlauf bei Druckmessungen in verschiedenen Höhen entlang der Achse eines Mastes dargestellt. Die hohen, bei den Drucksensoren im Vallée de la Sionne eingesetzten Frequenzen (7.5 kHz) gestatten es, den Aufprall einzelner Schneebrocken zu erfassen (sichtbar vor allem in einer Höhe von 3.5 m). Dank modernsten Signalverarbeitungstechniken lässt sich die granulare Struktur der Lawine rekonstruieren. Durch die kombinierte Analyse der Dauer, des Impulses und der Häufigkeit eines einzelnen Aufpralls lassen sich die Grösse der Partikel und die durchschnittliche Dichte der Lawine abschätzen. Wenn die Aufschläge in den fließenden Schichten der Lawine nicht mehr nachweisbar sind (z. B. in der Höhe von 0.5 m in Bild 4), geben die eingesetzten Untersuchungsmethoden Aufschluss über andere, typische Strömungsmerkmale granularer Materialien, wie das so genannte «Stick-Slip»-Phänomen. Man weiss, dass beim Fließen granularer Materialien die Unterscheidung zwischen der sub- und der hyperkritischen Bewegung eine bedeutende Rolle spielt bei der Ermittlung der Kräfte auf ein Hindernis. Entscheidend ist daher die Korrelation der Druckmessungen mit den gleichzeitigen Geschwindigkeitsmessungen, um Zusammenhänge mit den Bewegungsverhältnissen erkennen zu können. Die Kombination all dieser Messwerte erlaubt somit die Ermittlung der Zusammenhänge zwischen diesen Werten und die Entwicklung einer geeigneten Theorie. Zwar wäre es zu früh, eine endgültige Antwort auf das Problem der ermittelten Drücke geben zu wollen, doch zeigen die ersten Ergebnisse klar, dass die einfache hydraulische Theorie nicht genau genug ist, um die komplexen Zusammenhänge zwischen Lawine und Hindernis zu beschreiben. Es müssen noch bedeutende Anstrengungen unternommen werden, um unsere Kenntnisse über das Verhalten granularer Materialien zu erweitern.

Die Druck- und Geschwindigkeitsmessungen werden nicht nur bezogen auf den Standort, an dem sie erhoben wurden, verwendet, sondern auch zum allgemeinen Verständnis der bei Lawinen auftretenden physikalischen Prozesse. Die im Vallée de la Sionne gewonnenen Informationen erhalten dadurch einen allgemein gültigen Charakter, der es erlaubt, sie – unter Einsatz geeigneter Modelle und Theorien – auch in anderen Lawinensituationen einzusetzen.

Modellkalibrierung

In der Lawinenforschung werden bei der Validierung und bei der Kalibrierung ähnliche Verfahren eingesetzt, nämlich der Vergleich zwischen gemessenen Daten aus realen Lawinen und solchen aus berechneten Lawinen, allerdings mit unterschiedlichen Zielsetzungen. Ziel der Validierung ist es, die theoretische Richtigkeit eines numerischen Modells zu überprüfen, während die Kalibrierung die Parameter dieses Modells, die so genannten Eichwerte, ermitteln will, um die Auslaufdistanz und die Geschwindigkeit einer Lawine richtig berechnen zu können. Ausserdem werden bei der Validierung alle

gemessenen Lawinen mit einbezogen, während bei der Kalibrierung nur extreme Lawinen berücksichtigt werden, d. h. solche mit einer Wiederkehrperiode von 30 bis 300 Jahren.²

Dies bedeutet, dass nur wenige gemessene Lawinen für die Kalibrierung verwendet werden können (z. B. die im Lawinenwinter im Februar 1999 gemessenen Lawinen), sodass man für die Kalibrierung eines Modells neben den Messungen im Vallée de la Sionne noch weiteres Datenmaterial benötigt. Solche Daten müssen von Standorten stammen, die andere Eigenschaften aufweisen, an denen sich grosse Lawinen ereignen und von denen genügend Parameter bekannt sind.

Modelle werden im Allgemeinen durch Nachrechnen katastrophaler Ereignisse kalibriert: Dazu sucht man die Parameter, die in das Modell einfließen müssen, um die Auslaufstrecke früher gemessener, katastrophaler Lawinen berechnen zu können (bei dieser Distanz handelt es sich oft um die einzige verfügbare Angabe). Anhand der validierten Modelle ist man dann in der Lage, andere dynamische Werte zu ermitteln (Abflusshöhen, Geschwindigkeiten und Drücke).

Modellierungsinstrumente

Das vom SLF entwickelte Instrument AVAL-1D zur Modellierung der Lawindynamik wird heute weltweit eingesetzt. Dabei wird die Lawine ausgehend von der Gleichung von St-Venant als viskoses, nicht komprimierbares Medium betrachtet. Praktiker setzen dieses Instrument ein, um die Auslaufstrecke und die Fließgeschwindigkeiten von Lawinen zu ermitteln. Das Modell beschreibt in einer zweidimensionalen Topografie die Dynamik einer Fließlawine von der Anriss- bis zur Ablagerungszone.

Obwohl AVAL-1D sehr nützlich ist, ist es zu einfach, um gewisse Probleme im Zusammenhang mit Lawinen zu lösen. Zum Beispiel erlaubt das Modell keine Berechnung der Abflussbreite – diese Eigenschaft wird von vornherein als bekannt vorausgesetzt. Es ist ausserdem ineffizient bei der Beschreibung der Komplexität von Lawinen, da es die Partikelbewegungen innerhalb der Lawine nicht berücksichtigt – ein wichtiger Vorgang zur Charakterisierung der Energiedissipation.

Die neusten auf dem Versuchsgelände des Vallée de la Sionne gewonnenen Ergebnisse werden gegenwärtig für die Entwicklung eines neuen, zweidimensionalen Modells genutzt: RAMMS (RAPid Mass MovementS, Bild 5). Bei diesem Modell wird der Schneefluss als eine Masse aus bewegten, miteinander kollidierenden Partikeln betrachtet. Die Partikelbewegung entsteht durch die Wechselwirkung der Lawine mit dem unregelmässigen, rauen Untergrund.

Das implementierte Modell bezieht eine granulare Komponente mit ein, mit der sich die Kollisionsvorgänge innerhalb der Schneemasse vorausberechnen lassen. Von noch grösserer Bedeutung ist die Tatsache, dass dieses physikalische Modell zeigt, dass die Partikelbewegungen der Ursprung für die Bildung einer flüssigen Schicht am Grund der Lawine sind. Das Vorhandensein dieser Schicht erklärt, warum sich Schnee- und Felslawinen oder Murgänge derart weit ausbreiten können.

Ausblick

Trotz dieser Fortschritte bleiben auf dem Gebiet der Lawindynamik viele Probleme bisher ungelöst. Zu den drei wichtigsten Bereichen, in denen die Forschung noch Antworten liefern muss, gehört das Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Hindernissen und Lawinen, unter besonderer Beachtung von Dämmen und Strukturen unterschiedlicher Formen und Dimensionen. Forschungsbedarf besteht ausserdem beim Verständnis der Rheologie und der charakteristischen Bewegungsverhältnisse der verschiedenen Lawinenkomponenten sowie beim Verständnis der Erosions- und Ablagerungsprozesse auf der Lawinenstrecke, das heisst der korrekten Definition der Massenbilanz.

Betty Sovilla, Dr. sc. tech., Bauing. Uni Padova
François Dufour, dipl. Bauing. EPF
Perry Bartelt, Dr. sc. tech., Bauing. Uni Maryland
Birgit Ottmer, dipl. Umwelt-Natw. ETH
Alexandre Badoux, Dr. sc. nat., dipl. Ing. sc. nat. EPF
Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF), Davos
sovilla@slf.ch, dufour@slf.ch, bartelt@slf.ch,
ottmer@slf.ch, badoux@slf.ch
Übersetzung aus Tracés 23/2005 von Richard Squire

Anmerkungen

- 1 Die zu Unrecht als weniger zerstörerisch eingestuften Staublawinen wurden bisher seltener untersucht als Fließlawinen. Ausserdem ist die genaue Modellierung ihrer dynamischen Eigenschaften wesentlich schwieriger.
- 2 Gemäss Weisungen zur Berücksichtigung der Lawinengefahr bei Tätigkeiten im Zusammenhang mit der Raumplanung (Buwal, Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung, 1984).

Das SLF in Kürze

Das Eidgenössische Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) widmet sich seit mehr als 70 Jahren der Schnee- und Lawinenforschung. Seit vielen Jahren ist es für die Lawinenwarnung in den Schweizer Alpen zuständig. Es beschäftigt an die 130 Mitarbeiter, hat seinen Sitz in Davos und eine Niederlassung in Sitten VS.

Im Laufe der Zeit wurden die Forschungsgebiete beim SLF diversifiziert: Gegenwärtig befasst sich das SLF neben Lawinen auch mit den verschiedenen anderen Naturgefahren im Gebirge wie Murgängen, Steinschlag und Wildbächen. Das SLF strebt bei seiner Forschungstätigkeit ein «integrales Risikomanagement» an, das heisst, die Naturgefahren sollen gesamthaft betrachtet und mögliche Schutzmassnahmen im Hinblick auf Vorbeugung, Intervention und Wiederinstandstellung untersucht werden.

Die Walliser Niederlassung betreibt die Forschungsstandorte im Vallée de la Sionne (Untersuchung der Dynamik grosser Lawinen) und im Illgraben (Untersuchung von Murgängen). Neben den Walliser Standorten betreibt das SLF eine Steinschlag-Forschungsanlage in Walenstadt und verfügt über ein Versuchsgelände in Davos, wo das Zusammenspiel von Schnee und Wind untersucht wird. Bei der Lawinenforschung nutzt das SLF auch Ergebnisse aus Laborversuchen, die vor allem auf dem Weissfluhjoch oberhalb von Davos durchgeführt werden. Für weitere Informationen: www.slf.ch