Zeitschrift: Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement = Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire = Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio

Herausgeber: geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und Landmanagement

Band: 108 (2010)

Heft: 9

Artikel: RAMMS : Simulation und Visualisierung von Lawinen im dreidimensionalen alpinen Gelände

Autor: Bühler, Yves / Christen, Marc / Margreth, Stefan

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-236707

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

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

RAMMS: Simulation und Visualisierung von Lawinen im dreidimensionalen alpinen Gelände

Lawinen fordern in der Schweiz jedes Jahr Todesopfer und gefährden Gebäude und Verkehrsinfrastruktur. Durch die intensivierte Nutzung des Alpinen Raumes in den vergangenen Dekaden stiegen auch die Anforderungen an den Lawinenschutz. Die numerische Simulation von Lawinen ist zu einem wichtigen Hilfsmittel für die Planung und Beurteilung von Schutzmassnahmen geworden. Das neue Softwarepacket RAMMS (Rapid Mass MovementS), entwickelt am WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, verknüpft numerische Berechnungen mit einem anwenderfreundlichen dreidimensionalen Visualisierungsmodul. Dieses Werkzeug ermöglicht es Naturgefahren-Experten, wichtige Parameter wie Auslaufdistanz, Geschwindigkeit und Aufpralldruck von Lawinen im dreidimensionalen Gelände zu berechnen und auch für Laien ansprechend zu visualisieren.

Chaque année en Suisse des avalanches causent des victimes et menacent des bâtiments et des infrastructures de transport. Du fait de l'utilisation intensifiée de l'espace alpin, ces dernières décénnies,les exigences pour la protection contre les avalanches ont augmenté. La simulation numérique d'avalanches est devenue un moyen d'aide important pour la planification et l'évaluation de mesures de protection. Le nouveau paquet de logiciel RAMMS (Rapid Mass MovementS), développé au sein du WSL par l'Institut pour l'étude de la neige et des avalanches SLF relie des calculs numériques à un module de visualisation tridimensionnel facile à appliquer. Cet outil permet aux experts en dangers naturels de calculer d'importants paramètres tels que distance de coulée, vitesse et pression d'impact d'avalanches dans le terrain tridimensionnel et même de les visualiser de façon adéquate pour le profane.

Ogni anno in Svizzera le valanghe mietono vittime e mettono a repentaglio gli edifici o le infrastrutture di trasporto. Nelle ultime decadi, l'uso intensivo dello spazio alpino ha aumentato i requisiti a livello di ripari contro le valanghe. La simulazione numerica delle valanghe è diventata uno degli strumenti di rilievo nella pianificazione delle misure protettive. Il nuovo pacchetto di software RAMMS (Rapid Mass MovementS), sviluppato dal WSL-Istituto per lo studio della neve e delle valanghe SLF, abbina i calcoli numerici a un modulo di visualizzazione tridimensionale facile da usare. Questo strumento consente agli esperti in pericoli naturali di calcolare importanti parametri come la distanza d'estensione, la velocità e la pressione d'urto delle valanghe su un terreno tridimensionale e di visualizzare il tutto anche per un pubblico meno esperto.

Y. Bühler, M. Christen, S. Margreth, P. Bartelt

Wissenschaftliche Grundlagen

Seit dem Lawinenwinter 1999 wurde am SLF intensiv an der Entwicklung von lawinendynamischen Berechnungsprogrammen gearbeitet. Das eindimensionale Standardprogramm AVAL-1D (Christen et al. 2002) wird seit dem Jahr 2000 in zahlreichen Ländern erfolgreich in der Lawinengefahrenkartierungs-Praxis angewendet. Bei komplexen Lawinenproblemen (mehrere Lawinenarme, unbekannte Lawinenbahn und Anrissgebiete etc.) stösst AVAL-1D aber an seine Grenzen, weshalb der Forschungsfokus der letzten fünf Jahre auf die Entwicklung eines dreidimensionalen Lawinenberechnungstools gelegt wurde.

Das physikalische Fliesslawinenmodell basiert auf den tiefengemittelten Bewegungsgleichungen der Hydraulik. Ein «Finite Volumen Verfahren» löst mit Flachwassergleichungen verwandte partielle Differenzialgleichungen im komplexen Gelände. Die Reibungsparameter des Voellmy-Fliessgesetzes bestehen aus einem Coulomb-Reibungsterm (trockener Reibungsterm proportional zur Normalkraft) sowie einem turbulenten Reibungsanteil (proportional zum Geschwindigkeits-Quadrat). Das Modell ist zusätzlich an ein GIS-System (GRASS) gekoppelt, um die Bestimmung gewisser Eingabeparameter (Anrissgebiete, Reibungsparameter) mithilfe von automatischen Verfahren (Gelände-Klassifikationen) zu vereinfachen (Christen et al. 2010a).

Das RAMMS-Lawinen-Modul wurde anhand zahlreicher Grosslawinen von 1999 sowie der SLF-Lawinendatenbank und künstlich ausgelösten Lawinen im Versuchsgelände des SLF Vallée de la Sionne VS kalibriert und ist seit dem März dieses Jahres für die Praktiker erhältlich.

Simulation von Lawinen mit RAMMS

RAMMS benötigt als Grundlagen für die Berechnung der Fliesslawinen ein digitales Geländemodell DEM, Anrissgebiete sowie Anrisshöhen (Abb. 1). Basierend auf automatisch berechneten Geländeparametern wie Hangneigung, Krümmung und Höhenstufen werden Geländeklassen zugewiesen. Daraus werden abhängig von der verwendeten Wiederkehrdauer des Ereignisses und der Lawinengrösse die Reibungsparameter μ (trockene Coulomb-Reibung) und ξ (turbulenter Reibungsterm) für jede Gitterzelle abgeleitet (Abb. 2). Mittels dieser Reibungsparameter und der Topographie kann nun die Lawine berechnet werden. Diese Schritte werden in einer interaktiven Benutzeroberfläche Schritt für Schritt durchgeführt. In der Projektdokumentation werden alle Parameter automatisch

festgehalten, damit die Simulation später wieder nachvollzogen werden kann. Als Resultate liefert RAMMS die Auslaufdistanzen sowie die Fliesshöhen, Geschwindigkeiten und Aufpralldrücke für jede Zelle des Berechnungsgitters.
Systematische Untersuchungen haben gezeigt, dass die räumlich Auflösung und die Qualität des DEM die Aussagekraft der Simulationsresultate massiv beeinflussen. Insbesondere Fehler wie Löcher oder Höcker können die Resultate stark verfälschen (Bühler et al. 2010). Auch die Definition der Anrissflächen und der Anrisshöhen hat grossen Einfluss auf die Simulationsresultate. Erfahrung mit der Beurteilung von Lawinen und Beobachtungen aus dem Feld (wenn vorhanden) sind nötig, um möglichst realistische Anrissgebiete zu bestimmen. Weil in der Praxis oft nur wenige und ungenaue Informationen über die Anrissgebiete verfügbar sind, ist es meist sinnvoll, verschiedene Szenarien zu berechnen und diese auf ihre Plausibilität zu überprüfen (Christen et al. 2010b). Dazu sind aber gute Kenntnisse des Geländes und Erfahrung mit der Beurteilung von Lawinenereignissen unabdingbar.

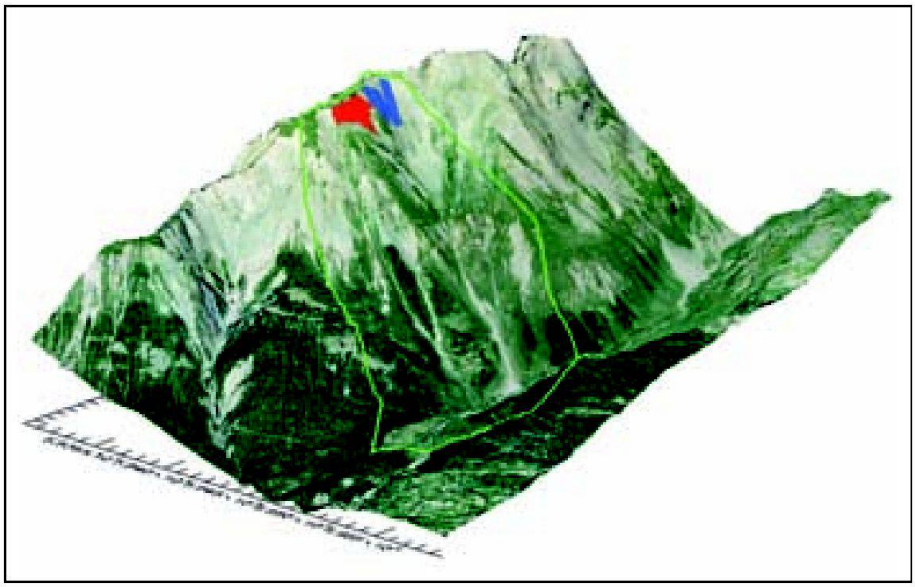

Abb. 1: SLF Testgelände Vallée de la Sionne (VS) mit zwei Anrissgebieten an der Crêta-Besse mit unterschiedlicher Anrisshöhe (rot 1.5 m, blau 1 m). Um die Rechenzeit zu optimieren wird das Untersuchungsgebiet eingeschränkt (grünes Polygon). Abb. 3 zeigt das Resultat dieser Simulation (swissimage ©2010 swisstopo DV03349.2).

Visualisierung der Resultate im dreidimensionalen Gelände

Für die Interpretation der Resultate ist eine intuitive Visualisierung von grossem Nutzen. RAMMS kann alle georeferenzierten Datensätze zwei- und dreidimensional darstellen. Insbesondere in komplexem Gelände mit Runsen oder Buckeln, welche grossen Einfluss auf Fliesswege und Geschwindigkeiten der Lawinen haben können, ist eine dreidimensionale Darstellung für die Interpretation ausgesprochen hilfreich. Abbildung 3 zeigt dreidimensionale Visualisierungen der Resultate von Lawinensimulationen im Vallée de la Sionne.

RAMMS bietet verschiedene Möglichkeiten, die Resultate zwei- und dreidimensional darzustellen:

- 2D- und 3D-Visualisierung innerhalb der RAMMS Benutzeroberfläche (Abb. 2)
- Profile und X-Y Plots über die Zeit
- Export in ArcGIS (shapefile, ASCII grid) und GoogleEarth (.kml)
- Export als Animation (.gif) oder Bilder (.tif .jpg. png etc.)

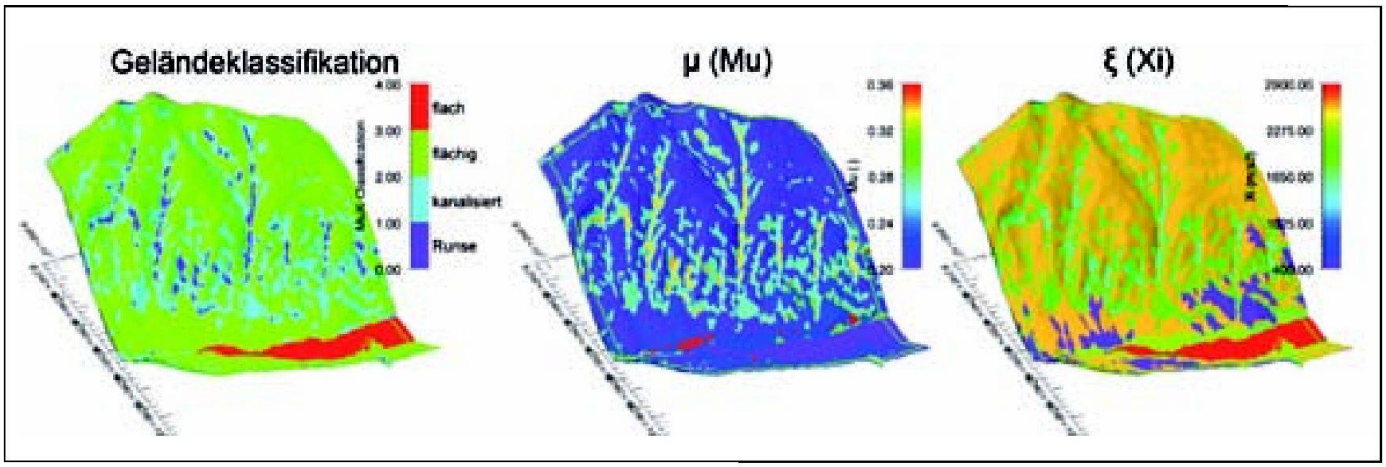

Abb. 2: Dreidimensionale Darstellung der Geländeklassifikation und der daraus abgeleiteten Reibungsparameter μ und ξ.

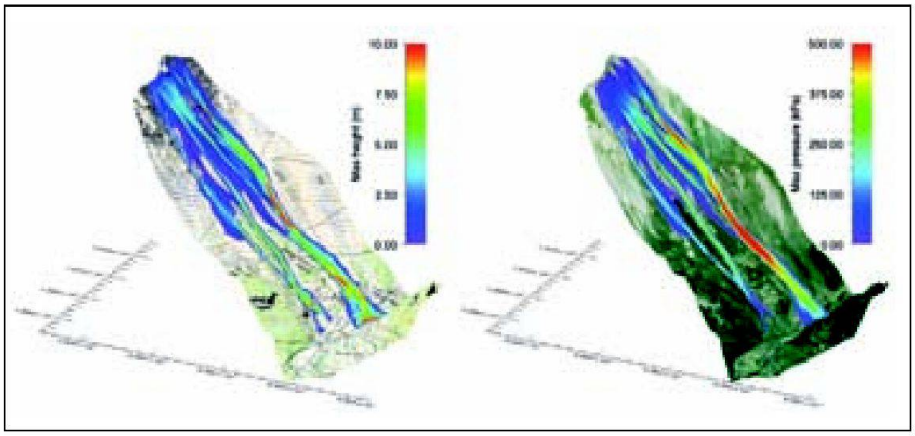

Abb. 3: Dreidimensionale Visualisierung der maximalen Fliesshöhen (links) und der maximalen Drücke einer Lawine im Testgelände Vallée de la Sionne VS. Die Anrissgebiete dieser Lawine sind in Abb. 1 dargestellt (PK25 und swissimage ©2010 swisstopo DV03349.2).

Anwendungen in der Praxis

Der klassische Einsatz von Lawinenberechnungsmodellen erfolgt beim Erarbeiten von Gefahrenkarten oder bei der Planung von Schutzmassnahmen. Dazu sind einerseits die Ausdehnung von gefährdeten Gebieten und andererseits die Geschwindigkeit, die Fliesshöhe sowie der Lawinendruck an einem bestimmten Punkt von Bedeutung. Lawinenberechnungsmodelle wie RAMMS stellen bei diesen Tätigkeiten eine grosse Hilfe dar, da mit objektiven Verfahren quantitative und nachvollziehbare Resultate berechnet werden können.

Im Vergleich zu den bisher verwendeten eindimensionalen Lawinenberechungsmodellen wie AVAL-1D liegt der grosse Vorteil von RAMMS darin, dass Lawinenbahn und Fliessbreite nicht mehr gutachtlich festgelegt werden müssen. Dies ist insbesondere bei komplexen Topographien (siehe Beispiel Abb. 4), wo die Fliessrichtung nur schwierig zu bestimmen ist, ein entscheidender Vorteil. Auch bei flächenhaften Beurteilungen über grosse Projektgebiete kann mit RAMMS in kurzer Zeit ein guter Überblick über die Lawinensituation gewonnen werden. Bei der Interpretation der Resultate ist zu beachten, dass die Berechnungen mit einem DEM ohne Schnee durchgeführt werden. Kleine Rinnsale, die im Winter mit Schnee verfüllt sind, können zu einer deutlichen Ablenkung der Lawine führen. Lawinenablagerungen können ebenfalls zu seitlichen Ablenkungen führen, was in den Berechnungen nicht berücksichtigt wird.

Für den Anwender ist wichtig zu wissen, dass Berechnungsmodelle wie RAMMS die Realität nur annäherungsweise erfassen können. Modelle stellen eine Vereinfachung der Realität dar und gut visualisierte Simulationsresultate dürfen nicht überbewertet werden. Die Resultate hängen stark von den gewählten Eingabegrössen wie Anrissfläche, Anrissmächtigkeit oder Reibungsparameter ab, die vom Gefahrenexperten sorgfältig bestimmt werden müssen. Nur in Zusammenhang mit der Analyse vergangener Lawinenereignisse, Geländebeurteilung, Feldbegehung sowie Untersuchung der Wetter- und Schneeverhältnisse können verlässliche Resultate erwartet werden. Wichtig ist, dass der Anwender das mögliche Prozessausmass unabhängig von Berechnungen realistisch abschätzen kann.

Weiterentwicklung

Basierend auf den Messungen im Testgelände Vallée de la Sionne VS, wird ein neues Modell für Lawinen entwickelt. Durch die Simulation der ungerichteten kinetischen Energie der Lawine können auch kleinere Lawinen besser modelliert werden (Buser und Bartelt 2009).

Für die Massenbewegungsprozesse Murgang und Steinschlag sind RAMMS-Module in Entwicklung. Für die Murgang-Simulation wird ein benutzerfreundliches zweidimensionales Zwei-Phasen-Modell für die Simulation von Auslaufdistanz, Geschwindigkeit und Abflusstiefe von Murgängen verwendet. Das Modell hilft bei der Interpretation von realen Felddaten von Murgängen und nach gründlicher Kalibrierung wird es auch den Praktikern zur Verfügung gestellt werden.

Um Steinschläge zu simulieren, müssen mögliche Flugbahnen von Steinen in komplexem Gelände berechnet werden. Das Rockfall-Modul ist ein 3D-Modell, welches in Zusammenarbeit mit der ETH ent-

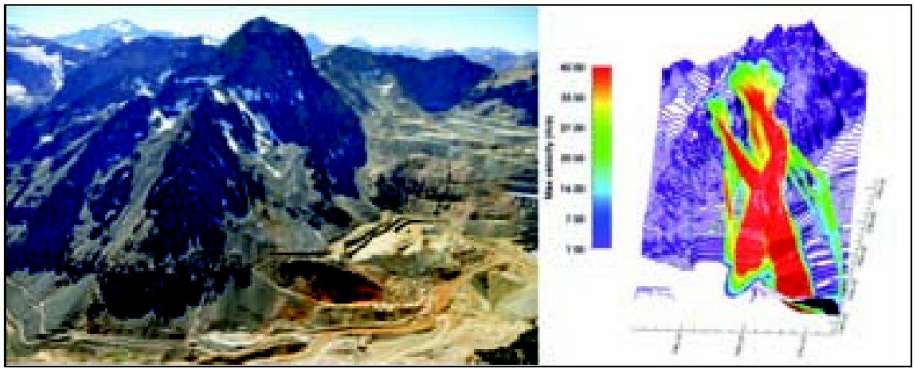

Abb. 4: Eine grosse Kupfermine in Chile plant ein Ausbauprojekt. Um die Lawinengefährdung der zukünftigen Mine (linkes Bildes: rechte Seite) zu beurteilen, wurden RAMMS Simulationen durchgeführt (Foto: S. Margreth, SLF). Rechtes Bild: Maximale Geschwindigkeit der 100-jährlichen Lawine. Die RAMMS-Simulation zeigt, dass rund 2/3 der Lawinenmasse in Richtung der zukünftigen Mine abfliesst.

wickelt wird, und welches in der Lage ist, Trajektorien in realem Gelände von beliebigen Formen von Volumen-Körpern zu berechnen. Dies ist eine entscheidende Neuerung zu bestehenden, statistischen 2D-Berechnungsprogrammen, bei welchen die Trajektorien vorgegeben werden müssen und bei welchen nur einige wenige einfache Körper (Kugel, Quader, Tetraeder, Dodekaeder etc.) modelliert werden können. Das Modell erlaubt es, kinetische Energien, Sprunghöhen und Ablagerungsorte von Steinen vorherzusagen sowie verschiedene Arten von Bewegungen (Rutschen, Rollen und Springen) zu berechnen, um Schutzmassnahmen präziser planen zu können.

Literatur:

Y. Bühler, M. Christen, J. Kowalski, P. Bartelt 2010: Sensitivity of snow avalanche simulations to digital elevation model quality and resolution. Annals of Glaciology (submitted).

O. Buser and P. Bartelt 2009: The production and decay of random energy in granular snow avalanches. Journal of Glaciology (55) 189, pp. 3–12.

M. Christen, J. Kowalski, P. Bartelt 2010a: RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. Cold Regions Science and Technology (63) 1–2, pp. 1.14.

M. Christen, P. Bartelt, J. Kowalski 2010b: Back calculation of the In den Arelen avalanche with RAMMS: interpretation of model results. Annals of Glaciology (51) 54, pp. 161–168.

Christen, M., Bartelt, P. & Gruber, U. 2002. AVAL-1D: An avalanche dynamics program for the practice. Proceedings of the International Congress Interprävent 2002 in the Pacific Rim, 14–18 October 2002, Matsumoto, Japan. Vol. 2, pp. 715–725.

Webseiten:

http://ramms.slf.ch
http://www.slf.ch
http://www.wsl.ch

Dr. Yves Bühler
Dipl. Ing. Marc Christen
Dipl. Ing. Stefan Margreth
Dr. Perry Bartelt
WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF
Flüelastrasse 11
CH-7260 Davos Dorf
ramms@slf.ch

Professionelle Vermessungs-Software von rmDATA bringt Ihnen eindeutige Wettbewerbsvorteile!

> Mehr Effizienz durch den perfekten Datenfluss von der Feldaufnahme bis zum fertigen Plan
> Mehr Qualität durch intelligente Automatismen und verlässliche Ergebnisse
> Mehr Sicherheit durch die permanente Weiterentwicklung Ihrer Programme

Ihr Partner für IT-Dienstleistungen in der Vermessung und Geoinformation

rmDATA Österreich | Prinz Eugen-Straße 12 | 7400 Oberwart | Tel.: +43 3352 38482 | office@rmdata.at | www.rmdata.at

member of rmDATAGroup