

Lawinensimulationsmodelle im Risiko- und Krisenmanagement

Rudolf SAILER und Andreas SCHAFFHAUSER

Ein zeitgemäßes Risiko- und Krisenmanagement muss weit mehr als eine reine Gefahrenverminderung leisten. Dies gilt insbesondere für touristisch intensiv genutzte Regionen, die in einem labilen Gleichgewicht zwischen Risikoakzeptanz und -ablehnung stehen. Dazu ist der Einsatz modernster Methoden (z.B. Simulationen) sowohl in der Prozess- und Wirkungsanalyse, als auch im Risiko- und Krisenmanagement erforderlich.

Risiko und Krisenmanagement

Besonders in Wintertourismus-Regionen stehen die Verantwortlichen vor der großen Herausforderung, das Risiko aus dem Naturgefahrenpotenzial richtig einzuschätzen. Die zentralen Organisationseinheiten sind per Gesetz die politischen Gemeinden (Khakzadeh 2004).

Der Tourismus-Boom führt dazu, dass in ländlichen Regionen mit beengten Dauersiedlungsräumen maximale Bevölkerungsdichten zu verzeichnen sind. In den Monaten mit der stärksten Übernachtung, meist in der Wintersaison, erreichen z.B. alle Talschaften Tirols Werte, die jenen des Ballungsraumes Innsbruck/Hall entsprechen.

Wie reagiert die öffentliche Hand auf diese Herausforderungen? Sie errichtet nicht mehr ausschließlich permanente Infrastruktur- und Schutzbauten (Investitionsvolumen: 1949 bis 1989 350 Millionen Euro, 1999 bis 2003 120 Millionen Euro; Quelle: Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung), sondern setzt auch auf temporäre Maßnahmen (Sperrungen, Evakuierung, künstliche Lawinenauslösung, Lawinenwarndienst, Lawinenkommissionen). Ein umfassendes (integrales) Risiko- und Krisenmanagement auf kommunaler und regionaler Ebene hat den veränderten Rahmenbedingungen Rechnung zu tragen.

Der Prognosezeitraum beeinflusst maßgeblich Auswahl und Kombination (Maßnahmenmix) der in Frage kommenden temporären und permanenten Maßnahmen (Abbildung 1).

Die langfristigen Planungselemente (zum Beispiel Flächenwidmung) basieren auf gesetzlichen Grundlagen, die eine Berücksichtigung der Naturgefahren im Planungsprozess vorsehen. Das Forstgesetz sowie die damit verbundenen Verordnungen und Richtlinien verlangen die Installierung von Gefahrenzonenplänen dort, wo eine Bedrohung des Siedlungsraumes gegeben ist. Bei der Gefahrenzonenplanung sind neben dem bewährten eindimensionalen AVAL1D Modell (Salm et al. 1990) mehrdimensionale Lawinensimulationsmodelle standardmäßig im Einsatz. In Österreich sind dies vor allem SamosAT (Sampl et al. 2004, Zwinger et al. 2003, Sailer et al. 2002, Sailer und Kleemayr 2005) und ELBA+ (Volk 2004, Volk und Kleemayr 1999).

Große Anstrengungen wurden weltweit bei der Weiterentwicklung von mittelfristigen meteorologischen Vorhersagemodellen und -techniken (z.B. Ensemble-Vorhersagen) unternommen. Die Qualität mittelfristiger meteorologischer Prognosen (Trend für einige Tage) der Neuschneehöhen und deren regionaler Verteilung hat sich dadurch deutlich verbessert. Zusätzlich erlauben die Methoden Aussagen über die Unsicherheit der Vorhersage. Auf Basis dieser prognostizierten Niederschlagsmengen ist es möglich, Lawinensimulationen als mittelfristiges Prognoseinstrument einzusetzen. Je kürzer die verbleibende Vorlaufzeit jedoch wird, desto schwieriger ist der „Echtzeiteinsatz“ von Lawinensimulationsmodellen.

Kurzfristvorhersagen (Nowcast) werden Stunden vor oder während eines Extremereignisses erstellt. Um in kritischen Situationen rechtzeitig Aussagen über Ausläuflängen von Lawinen liefern zu können, werden

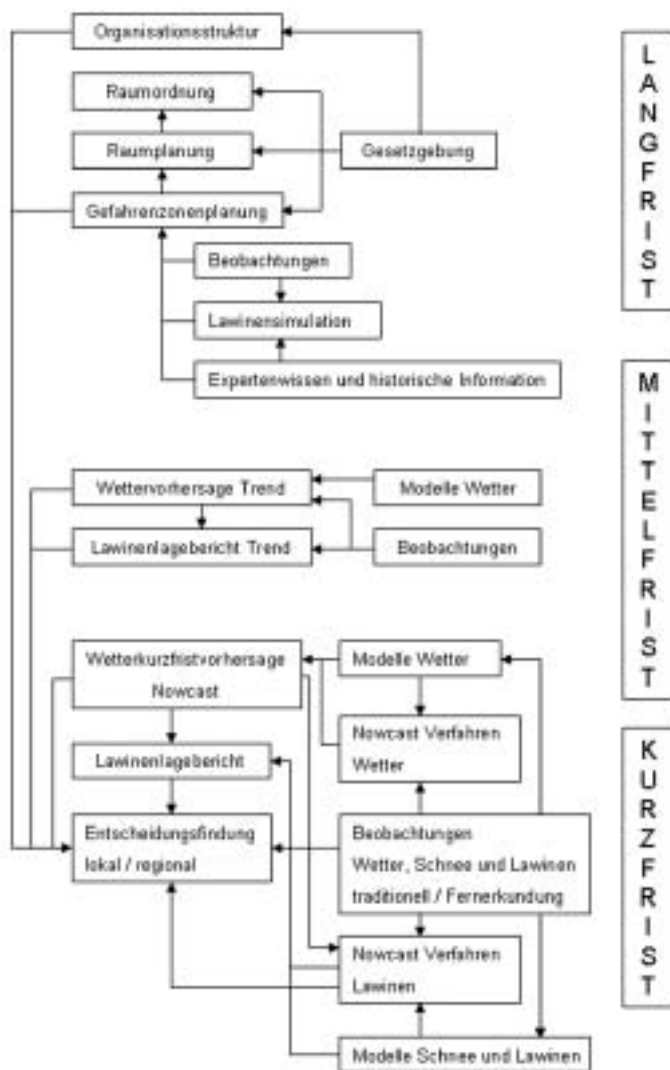


Abbildung 1: Die Komponenten der lang-, mittel- und kurzfristigen Maßnahmen und Methoden im Risiko- und Krisenmanagement bezüglich Lawinen

Szenarien vorbereitet, die im Krisenfall abrufbar sind (Sailer et al. 2004). Die Auswahl des zutreffenden Szenarios erfolgt auf Basis aktueller Messwerte (Punktmessungen meteorologischer Parameter und Erfassung der flächenhaften Niederschlagsverteilung) in Verbindung mit extremwertstatistischen Auswertungen. In allen Fällen (lang-, mittel- und kurzfristig) sind in einem Risiko- und Krisenmanagement die Daten den Entscheidungsträgern (online) zugänglich.

Verifikation von Simulationsmodellen

Aufgrund der praktischen Relevanz von Lawinensimulationsmodellen werden diese kontinuierlich weiterentwickelt und wissenschaftlich verifiziert. Die Schneehöhenmessung mittels Ultraschallsensoren ist vor allem bei den Lawinenwarndiensten im Einsatz. Ihr Nachteil: es sind Punktmessungen.

Mit Fernerkundungstechnologien können heute bereits von einem sicheren Standort aus Schneedeckenparameter gemessen werden. Daher wird intensiv an Methoden gearbeitet, die Aussagen über die räumliche und zeitliche Schneehöhenänderung ermöglichen. Vor allem die bodengestützte Lasermessung (Terrestrial Laser Scanning, TLS) wird den gestellten Anforderungen weitgehend gerecht (Jörg et al., 2006, Schaffhauser et al., eingereicht). Die TLS-Technologie liefert jedoch nur bei guten Wetterbedingungen optimale Ergebnisse und lässt keine Aussagen über den Wassergehalt oder die Dichte der Schneedecke zu. Dieser Forschungsbedarf wurde im EU-Projekt GALAHAD (6. Rahmenprogramm) aufgegriffen, das BFW leitet dabei das Arbeitspaket „Fernerkundung, Schnee und

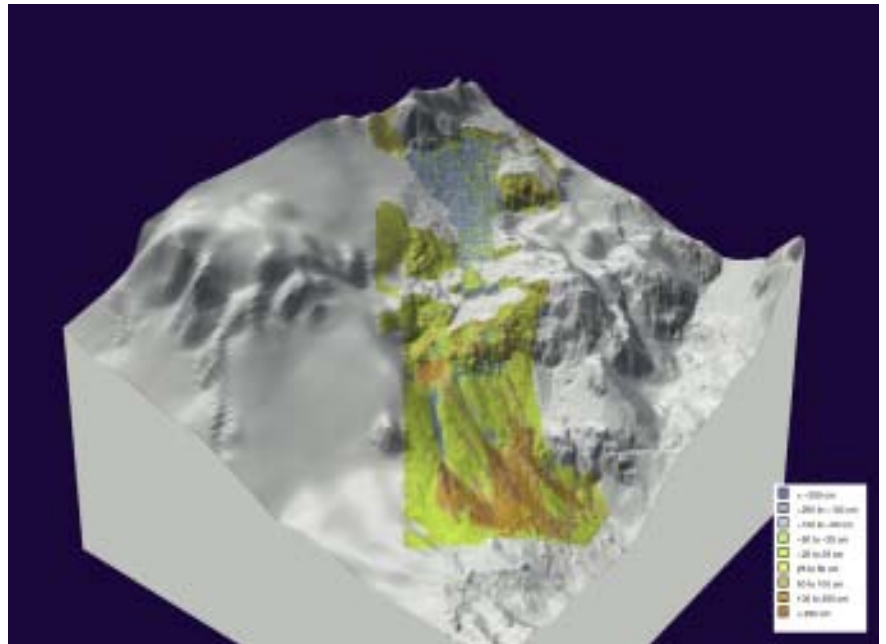


Abbildung 2: Perspektivische Ansicht der mit TLS gemessenen Schneehöhenänderungen der Lawine vom 25. April 2007

Lawinen“. In diesem Projekt werden sowohl TLS-Messungen als auch Messungen mit bodengestützten Radarsystemen (Ground Based Synthetic Aperture Radar, GB SAR) durchgeführt. Gerade die GB SAR-Technologie erlaubt eine wetterunabhängige Messung der Schneedeckenparameter und kann auch Aussagen zum Schneewasseräquivalent der Schneedecke liefern. Diese Anwendung der GB SAR-Methode befindet sich derzeit noch in Entwicklung.

Das BFW hat extra für die Messungen 20 km südöstlich von Innsbruck ein Versuchsfeld im Truppenübungsplatz Wattener Lizum eingerichtet. Das Bundesheer stellt Infrastruktur zur Verfügung und hilft bei organisatorischen Belangen. So muss etwa die Basisstation auf 2040 m Seehöhe während des gesamten Winters erreichbar bleiben.



Abbildung 3: Anbruch der Lawine vom 25. April 2007 - die Rauchwolke der Detonation ist gut erkennbar (links); Lawine im Mittelteil der Sturzbahn (Quelle: Reinhard Fromm, BFW)

Die Messungen sind Grundlage für die Verifikation des Lawinensimulationsmodells SamosAT. Wie sehen die einzelnen Schritte - von der Messung mittels Fernerkundungsmethoden zur Parameteroptimierung des Lawinensimulationsmodells SamosAT - aus? Im günstigsten Fall werden die Schneehöhenänderungen in einer hohen zeitlichen Auflösung gemessen, so dass jeder markante Anstieg registriert wird. Damit ist die potenzielle Kubatur eines Anbruchgebietes bekannt. Im Fall eines Lawinenabgangs und der nachfolgenden Schneehöhenmessung kann die tatsächlich als Lawine abgegangene Kubatur berechnet werden (Abbildung 2). Aufgrund der kontinuierlichen Aufzeichnung der meteorologischen Größen und begleitender Feldmessungen ist auch die Dichte des Schnees im Anbruchgebiet bekannt.

Im Lawinensimulationsmodell SamosAT werden diese beiden Größen (Kubatur und Dichte) für die Berechnungen herangezogen. Je genauer diese Anbruchmasse bekannt ist, desto zuverlässiger ist die Modell-Parameteroptimierung.

Am 25. April 2007 löste das Bundesheer künstlich eine Lawine aus und so war es erstmals möglich, mit SamosAT eine Lawine mit exakt bekannter Anbruch- ($19,6 \times 10^6$ kg) und Ablagerungsmasse ($58,3 \times 10^6$ kg) nachzurechnen (Abbildungen 3 und 4). Die Differenz von $38,7 \times 10^6$ kg entspricht jener ruhenden Schneeschicht der Lawinenbahn, die kontinuierlich in die Lawinenmasse eingepflügt wurde (Sailer et al. eingereicht). Dieser Effekt wird als Entrainment bezeichnet.

Auf Basis der TLS-Messung wurde eine Parameterkombination gewählt, die zu einem Simulationsergebnis führt, das der realen Lawine sehr nahe kommt (Abbildung 4). Die Modellverbesserungen fließen wieder in adaptierte Modellvarianten ein und in weiterer Folge können die Verantwortungsträger vor Ort ihre Entscheidungen auf

bessere Prognosen stützen. Die nachfolgenden Fallbeispiele zeigen, wie Simulationsmodelle im Risiko- und Krisenmanagement berücksichtigt werden.

Fallbeispiel 1: k-Plan der Gemeinde St. Anton am Arlberg

Der k-Plan (Integraler Risiko- und Krisenmanagementplan) der Gemeinde St. Anton am Arlberg dient der Gemeindeführung in Standardsituationen zur Risikobewertung und bietet in Krisenzeiten den Entscheidungsträgern wertvolle Hilfen. Mit dem k-Plan entwickelte das BFW ein System, das alle relevanten Organisationseinheiten bündelt und die neuesten Technologien, unter anderem vorbereitete Lawinensimulations-Szenarien, praxisgerecht aufbereitet (Sailer 2001a, 2001b, Sailer et al. 2004). Die Kommunikation der Organisationseinheiten sowie die Bereitstellung der Simulationsdaten erfolgt Web-basiert (Abbildung 5).

Die Lawinensimulationsdaten liegen als vorbereitete Szenarien auf einem zentralen Server. Der Zugriff auf die Gebäudedatenbank erfolgt dynamisch. Dies bedeutet, dass etwaige Datenbankänderungen bei jeder Szenarienabfrage berücksichtigt werden (Abbildung 5). Welches Szenario ausgewählt wird, entscheidet der Bearbeiter unter Berücksichtigung der aktuellen meteorologischen Situation oder Prognose. Er kann rasch aufgrund der Informationen (mögliches Schadensausmaß, Risiko) seine Entscheidung treffen (Vorwarnung, zu evakuierende Personen, Straßensperre).

Fallbeispiel 2: Risikostudie St. Leonhard im Pitztal

Trotz des hohen Naturgefahrenpotenzials hat sich die Gemeinde St. Leonhard im Pitztal intensiv touristisch entwickelt. Seit den 50er Jahren haben sich Bevölkerung, Betten- und Nächtigungszahlen vervielfacht.

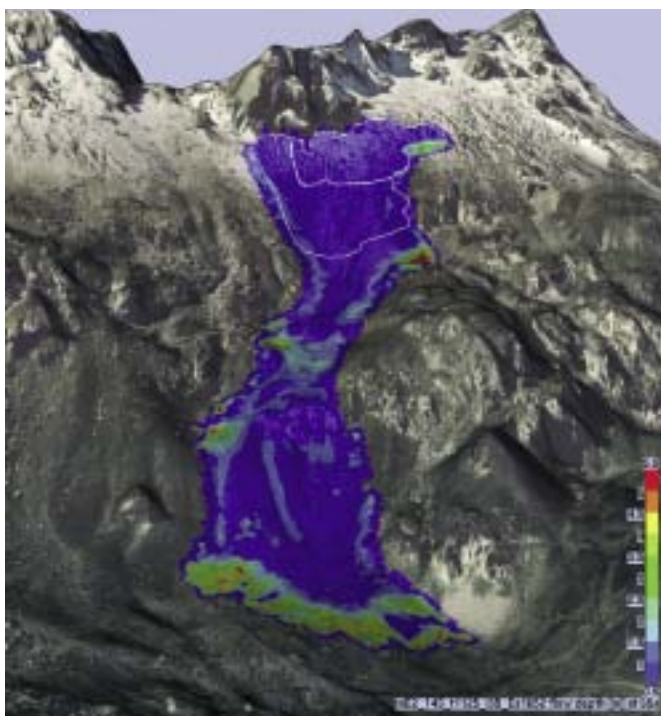


Abbildung 4: Ablagerungshöhen [m] der mit der optimierten Parameterkombination simulierten Lawine (links), Photo der Lawine aus einer ähnlichen Perspektive (rechts).

Straße	Hnr.	Name	Be- schreibung	Ortsteil	Telefon	Fax	Betten	Ein- wohner
Landauerweg	3	NN	NN	St. Jakob	+43(5446)1234	+43(5446)1234	48	0
Landauerweg	5	NN	NN	St. Jakob	+43(5446)1234	+43(5446)1234	12	0
Landauerweg	7	NN	NN	St. Jakob	+43(5446)1234	+43(5446)1234	16	0
St. Jakober Dorfstraße	193	NN	NN	St. Jakob	+43(5446)1234	+43(5446)1234	0	0
St. Jakober Dorfstraße	195	NN	NN	St. Jakob	+43(5446)1234	+43(5446)1234	6	0
St. Jakober Dorfstraße	197	NN	NN	St. Jakob	+43(5446)1234	+43(5446)1234	8	0
St. Jakober Dorfstraße	201	NN	NN	St. Jakob	+43(5446)1234	+43(5446)1234	10	0
St. Jakober Dorfstraße	218	NN	NN	St. Jakob	+43(5446)1234	+43(5446)1234	6	0
St. Jakober Dorfstraße	220	NN	NN	St. Jakob	+43(5446)1234	+43(5446)1234	6	0
St. Jakober Dorfstraße	222	NN	NN	St. Jakob	+43(5446)1234	+43(5446)1234	14	0
St. Jakober Dorfstraße	230	NN	NN	St. Jakob	+43(5446)1234	+43(5446)1234	9	0
Summe							135	0

Abbildung 5:
k-Plan - dynamische Verknüpfung des Lawinszenario aus Abbildung 5 mit der Datenbank; das Ergebnis liefert die Summe der im Ernstfall zu evakuierenden Personen (Namen, Beschreibungen und Telefonnummern wurden verändert)

Um das Ausmaß der Investitionskosten zum Schutz vor Naturgefahren abschätzen zu können, wurde eine Regionalstudie in Auftrag gegeben (Sailer und Huber 2005). Die Ermittlung von Schadenspotenzial und Risiko erfolgte dabei auf Basis eines bewährten Risikoanalysekonzeptes (BUWAL 1999a, 1999b). Im Gegensatz zum k-Plan von St. Anton am Arlberg, bei dem vorbereitete Szenarien verwendet werden, wird im Falle der Risikoanalyse Pitztal der Gefahrenzonenplan herangezogen.

Im Rahmen der Erstellung des Gefahrenzonenplans wurden Berechnungen mit Lawinsimulationsmodellen durchgeführt. Aufgrund der umfangreichen Datenlage war es auch möglich, aufbauend auf Schadensausmaß und Risikoberechnung (siehe Seite 3, Abbildung 1), die Maßnahmen (Anbruchverbauungen, Dämme) nach ihrer Priorität zu reihen.

Die Errichtung permanenter Schutzmaßnahmen für sämtliche Gefährdungsbereiche von Lawinen und Wildbächen sowie ein kompletter Straßenschutz sind der Studie zufolge nicht realisierbar. Mit temporären Maßnahmen im mittel- bis kurzfristigen Prognosebereich (Frühwarnung, Straßensperren, Evakuierungen, etc.) könnten Risiken deutlich reduziert werden (Sailer und Huber 2005).

Ausblick

Immer mehr Personen halten sich in potenziell gefährdeten Bereichen alpiner Räume auf, das Risikopotenzial nimmt zu. Die Antwort der öffentlichen Hand: Verbauungsmaßnahmen intensivieren, aber auch neue temporäre Methoden suchen. Vor allem für mittel- und kurzfristige Prognosen gewinnen Vorhersagemethoden (Wetter, Lawinen) entscheidend an Bedeutung. Bei der Bewertung und Beurteilung der Lawinengefahr für Siedlungen und Infrastruktureinrichtungen kommen vermehrt Lawinsimulationsmodelle zum Einsatz – vom lang- bis zum kurzfristigen Prognosebereich.

Risiko- und Krisenmanagementpläne sind ein geeignetes Instrument zur praxisgerechten Aufbereitung komplexer Informationen, die aus der Anwendung neuester Methoden und Technologien hervorgehen.

Mag. Dr. Rudolf Sailer, Mag. Dr. Andreas Schaffhauser, Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Rennweg 1, 6020 Innsbruck

Literatur

- BUWAL [Hrg.], 1999a. Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren. Methode. Umweltmaterialien 107/I Naturgefahren, Bern.
- BUWAL [Hrg.], 1999b. Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren. Fallbeispiele und Daten. Umweltmaterialien 107/II Naturgefahren, Bern.
- Khakzadeh, L., 2004. Rechtsfragen des Lawinenschutzes. NWV, Wien Graz.
- Sailer, R., Fellin, W., Fromm, R., Jörg, P., Rammer, L., Sampl, P. and A. Schaffhauser, eingereicht. Snow avalanche mass balance calculation and simulation model verification. Eingereicht bei: Annals of Glaciology, Vol. 48.
- Sailer, R., 2001a. Risk Assessment and Crisis Management for a winter tourist resort (St. Anton a/A, Tyrol, Austria) - a case study (Part I). Proceedings of 21st Annual ESRI International User Conference. San Diego, USA. 2001.
- Sailer, R., 2001b. Risk Assessment and Crisis Management for a winter tourist resort (St. Anton a/A, Tyrol, Austria) - a case study (Part II). Proceedings of the First Annual IIASA-DPRI Meeting on Integrated Disaster Risk Management: Reducing Socio-Economic Vulnerability. IIASA, Laxenburg, Austria. 2001.
- Sailer, R. und T. Huber, 2005. Regionalstudie Lebensraum "Hinteres Pitztal". Wildbach- und Lawinenverbau. 2005, 153, 75-113.
- Sailer R. und K. Kleemayr, 2005. SAMOS-04: Das Österreichische Lawinsimulationsmodell. BFW-Praxisinformation, Wien, (8): 5-6.
- Sailer, R., Rammer, L., and P. Sampl, 2002. Recalculation of an artificially released avalanche with SAMOS and validation with measurements from a pulsed Doppler radar. Natural Hazards and Earth Syst. Sci., 2, 211-216.
- Sailer, R., Klebinder, K., Khakzadeh, L., und A. Heller, 2004. Integraler Risiko- und Krisenmanagementplan der Gemeinde St. Anton am Arlberg. in: Strobl, J., Blaschke, T., and Griesebner, G. Beiträge zum 16. AGIT-Symposium Salzburg, Salzburg, 579-584.
- Salm B., Burkhard A. und H. U. Gubler, 1990. Berechnung von Fließlawinen. Eine Anleitung für Praktiker mit Beispielen. Mitteilungen des Eidgenössischen Instituts für Schnee- und Lawinenforschung, No. 47.
- Sampl, P. und T. Zwinger, 2004. Avalanche Simulation with SAMOS, in Annals of Glaciology 38, 393-398.
- Schaffhauser, A., Fromm, R., Joerg, P., Luzi, G., Noferini, L. and R. Sailer, eingereicht. Remote sensing based retrieval of snow cover properties. Eingereicht bei: Cold Regions Science and Technology.
- Sovilla, B. and P. Bartelt. 2002. Observations and modelling of snow avalanche entrainment. Nat. Hazards and Earth. Syst. Sci., 2, 169-179.
- Volk, G., 2004. ELBA+ - eine neue Generation von Simulationsmodellen. Wildbach- und Lawinenverbau. 2004, 149, 55-62.
- Volk, G. und K. Kleemayr, 1999. ELBA - Ein GIS-gekoppeltes Lawinsimulationsmodell. Anwendungen und Perspektiven, in Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation Heft 2 + 3: 84-92.
- Zwinger, T., Klüwick, A., and P. Sampl, 2003. Simulation of Dry-Snow Avalanche Flow over Natural Terrain. In Dynamic Response of Granular and Porous Materials under Large and Catastrophic Deformations, ed. K. Hutter, N. Kirchner. 161-194. Springer, Heidelberg.