

Einsatz des MR2002 in der Schnee- und Lawinenforschung

Beispiel: SLF- Lawinentestgelände Vallée de la sionne/VS

Dr. Walter J. Ammann; Institutsleiter
Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF)

EINSATZ DES MR2002 IN DER SCHNEE- UND LAWINENFORSCHUNG BEISPIEL: SLF- LAWINENTESTGELÄNDE VALLÉE DE LA SIONNE/VS

Dr. Walter J. Ammann
Institutsleiter
Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF)
Flüelastr. 11, CH-7250 Davos

ZUSAMMENFASSUNG:

Im Sommer 1997 errichtete das Eidgenössische Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) Davos im Vallée de la Sionne, Kanton Wallis eine Versuchsanlage zum vertieften Studium der Dynamik der Lawinen. In einem Lawinenzug von über 2 km Länge sind im unteren Drittel der Sturzbahn zahlreiche bauliche Hindernisse aufgebaut, die mit Druck- und Kraftsensoren bestückt sind. Die Geschwindigkeit entlang der Sturzbahn wird mittels Radar gemessen. Die Auslösung der Lawinen erfolgt nach Möglichkeit künstlich mittels Sprengung. Damit auch spontane Lawinenabgänge erfasst werden können, wurde im Herbst 1998 eine seismische Alarmanlage installiert, welche das automatische Aufstarten der Messkette zu gewährleisten hat. Die Alarmauslösung erfolgt über zwei MR2002 CE Geräte mit je einem drei-axialen MS2002 Sensor, welche im oberen Drittel der Sturzbahn in zwei Kavernen installiert sind.

1. EINFÜHRUNG

Die vielen Lawinenabgänge in den Monaten Januar und Februar 1999 haben einmal mehr verdeutlicht, mit welcher zerstörerischer Wucht Schneemassen zu Tale stürzen können. Für den Schutz von Siedlungen und Verkehrswegen werden vielfältige Massnahmen getroffen. Raumplanerische und technische Massnahmen stehen dabei im Vordergrund (Salm et al., 1990). Zur Ausscheidung der Lawinengefahrenkarten als Basis für die Nutzungsplanung ist dabei die Kenntnis über die mögliche Reichweite von Lawinen sehr wichtig (vgl. Bartelt et al., 1997, Gruber, 1998a, Gruber et al., 1998b). Da man von einer Wiederkehrperiode von 300 Jahren ausgeht, fehlen in diesen Zeiträumen häufig historische Angaben, so dass man auf die rechnerische Ermittlung der Lawinen-Auslaufstrecken angewiesen ist. Die Forschung hat in den vergangenen Jahren deutliche Fortschritte erzielt in der numerischen Simulation von abgehenden Lawinen; was jedoch fehlte, waren Möglichkeiten zur Validierung der Ergebnisse mit tatsächlich gemessenen Lawinen. Neben der eigentlichen Reichweite interessiert insbesondere der Geschwindigkeitsverlauf entlang der gesamten Sturzbahn. Nur so können die bestehenden Com-

putermodelle verbessert werden. Eine weitere Schwierigkeit ergibt sich, wenn Dimensionierungskräfte auf Bauten angegeben werden müssen. Auch hier helfen nur in-situ Messungen weiter. Die dringende Notwendigkeit umfassender Messungen an Lawinen führte zum Bau der Testanlage für lawinendynamische Versuche (Ammann, 1998). Als Testgelände, welches die zahlreichen Forderungen an die Versuchsbedingungen, aber nicht zuletzt auch an die Sicherheit am besten erfüllte, erwies sich das Vallée de la Sionne, nördlich von Sion/VS.

2. BESCHRIEB DES TESTGELÄNDES

Das Testgelände führt zu Lawinen mit unterschiedlichen Ausmass. Das gesamte Anrissgebiet ist rund 30 Hektaren gross. Die Erfahrungen im Winter 1998/99 haben gezeigt, dass Lawinen mit gegen 1 Million m³ möglich sind. Das Anrissgebiet liegt auf rund 2600 m.ü.M und steht unter Einfluss westlicher und nordwestlicher Winde, was zu zusätzlichen Schneeakkumulationen führt. Die Hangneigung im Anrissgebiet beträgt zwischen 32° und 45°, im Mittel über die gesamte Sturzbahn liegt sie bei 30°. Die gesamte Länge der Sturz-

bahn beträgt 2500m, die gesamte Höhendifferenz 1200 m. Figur 1 vermittelt eine Übersicht über das Anrissgebiet und die Sturzbahn mit den baulichen Hindernissen in deren unteren Abschnitt.



Figur 1 Übersicht über das Testgelände Vallée de la Sionne/VS mit einer abgegangenen Fliesslawine kleinen Ausmasses im Winter 1997/98.

3. HINDERNISSE IN DER STURZBAHN

Zur Erfassung der Kräfte, wie sie von Fliess- und Staublawinen auf Bauten unterschiedlichster Konstruktionsart ausgeübt werden, wurden im unteren Drittel der Sturzbahn, auf einer mittleren Höhe von rund 1650 m.ü.M. verschiedene Hindernisse aufgebaut.

Prallwand:

Zur Erfassung der Kräfte, wie sie von einer Fliesslawine auf ein senkrecht zur Fliessrichtung stehendes Hinderniss ausgeübt werden, wurde eine Prallwand mit den Abmessungen 3.50m x 7.00m als Stahlkonstruktion errichtet (Fig.2). Die Wand ist mit 4 Druckmessdosen und mit 6 bi-axialen Kraftmesseinheiten ausgerüstet (Sampling Rate 150 Hz). Die Wand wurde auf 500 kN/m² bemessen.



Figur 2 Prallwand

Gittermast:

Der Stahlgittermast ist 10m hoch mit einer Seitenlänge von 4m x 4m (vgl. Fig. 3). Er ist mit 4 Kraftmessdosen an den Stützenfüssen und mit rund 60 Dehnmessstreifen ausgerüstet (Sampling Rate 150 Hz). Die Bemessung erfolgte auf 100 kN/m Horizontalkraft.



Figur 3 Gittermast

Prellbock:

Zur Messung von lokalen Spitzendrücken in einer Lawine wurde ein 5m hoher Prellbock gebaut und mit 9 Druckmesszellen ausgerüstet (Sampling Rate 15 kHz). Die schmale Aufprallfront mit 30 cm Breite soll gewährleisten, dass die auftretenden Drücke möglichst wenig von der Form der umgebenden Messplattform beeinflusst sind (Fig. 4).



Figur 4 Prellbock

Rundmast:

Zur Ermittlung der Kräfte, wie sie von Lawinen auf Bauten im Seilbahnbau ausgeübt werden können, wurde ein 20m hoher Stahlmast mit halbkreisförmigem Querschnitt in Anströmrichtung errichtet. Er ist über seine Länge mit insgesamt 4 Druckmessdosen (15 kHz Sampling Rate) und 16 Dehnmessstreifen ausgerüstet. Die Höhe von 20m erlaubt auch die Erfassung von auftretenden Drücken in Staublawinen (Fig. 5).

Galleriedach:

Zur Bestimmung von Kräften, wie sie von Lawinen auf die Dachkonstruktion von Lawingalerien ausgeübt werden können, wurde ein Dachstreifen ebenerdig eingebaut und mit 4 bi-axialen Kraftmessdosen ausgerüstet (150 Hz Sampling Rate).



Figur 5 Rundmast

Bunker:

Die Radarmessungen zur Erfassung der Geschwindigkeit der Lawinen entlang ihrer Sturzbahn müssen unter einem möglichst kleinen Winkel gegen die Lawinenfront erfolgen können. Videoaufnahmen möglichst vor Ort werden ebenfalls zur Ermittlung der Geschwindigkeiten herangezogen. Zum Schutz der Mess- und Beobachtungsequipen und der Mess- und Aufzeichnungsgeräte wurde in der Verlängerung der Sturzbahn auf der anderen Talseite, rund 40 Höhenmeter über dem Bachbett der La Sionne, ein geschützter Unterstand errichtet und in Analogie zu den 1 atü Bunkern des schweizerischen Zivilschutzes ausgelegt (Fig. 6).

Die Abmessungen des doppelstöckigen Bunkers betragen 5m x 6m x 9m. Da der Zugang ebenfalls lawinengefährdet ist, kann der Bunker in der Regel nur mittels Helikopter erreicht werden. Der Bunker ist auf einen Druck von 15 kN/m² ausgelegt. Der untere Stock des Bunkers dient auch als Aufenthalts- und Schlafraum, falls eine Evakuierung mit-

tels Helikopter wegen schlechter Witterung nicht möglich ist. Die Bullaugen sind mit Panzerglas ausgerüstet. Im oberen Stock sind hinter vier Öffnungen Doppler Radar- Einheiten montiert, mit denen die Geschwindigkeit der Lawine auf unterschiedlichen Abschnitten der Sturzbahn gemessen werden kann. Zum Schutz der Messeinrichtungen vor dem herannahenden Lawinenschnee können in Sekundenbruchteilen vier Stahlklappen schützend über die Öffnungen heruntergeklappt werden. Erfahrungen mit den Lawinen im Februar 1999 haben gezeigt, dass Staub-lawinen mit bis zu 90 m/s auf den Bunker auftreffen, sodass ein reaktionsschnelles Schliessen der Öffnungen wichtig ist.



Figur 6 Bunker mit Beobachtungs- Bullaugen im Untergeschoss und vier Öffnungen im Obergeschoss für die Radarmessungen. Die Öffnungen können mit Stahlklappen geschlossen werden

4. LAWINENAUSLÖSUNG UND MESSBEREITSCHAFT MIT MR2002 CE- GERÄTEN

Nach Möglichkeit wird versucht, die Lawinen künstlich auszulösen. Die künstliche Auslösung erfolgt mittels Sprengladungen von 15 kg, welche aus einem Helikopter an den Stellen Ex1 - Ex5 (Fig. 7) abgeworfen werden. Ist ein Heliflug wegen schlechter Sicht unmöglich, kann ein Minenwerfer verwendet werden.

Die zeitlich definierbare, künstliche Lawinenauslösung hat den grossen Vorteil, dass die Mess- und Beobachtungsequipen an ihren Standorten sind und die Messgeräte vorgängig in Messbereitschaft versetzt werden konnten. Dies setzt wegen der Vielzahl involvierter Forschenden und wegen der z.T. langen Anreisewege einen ausgeklügelten Alarmierungsplan für die Versuchsequipe voraus,

Erfahrungen im Winter 1997/98 haben gezeigt, dass mehrere natürliche Lawinenabgänge bis zu

den Hindernissen vorgedrungen waren, wegen fehlender Messbereitschaft aber nicht erfasst werden konnten. Für den Winter 1998/99 wurde deshalb eine Automatisierung der Messbereitschaft angestrebt. Zahlreiche Varianten mit akustischen und seismischen Sensoren wurden geprüft. Die endgültige Wahl fiel auf das MR2002 CE- System. Die abgehenden Lawinenmassen führen zu Erschütterungen des Untergrundes, welche von den MS2002- Geschwindigkeitssensoren erfasst werden. In den Messkavernen A und B (Fig. 7) wurden in der Folge je ein MR2002-Gerät mit einem 3-axialen MS2002- Geschwindigkeitssensor installiert und über den Lichtwellenleiter mit der zentralen Datenerfassung verbunden.

Wird der Trigger- bzw der Alarm-Level bei einem der beiden Geräte bzw einem der drei Komponenten überschritten wird die Messbereitschaft der Sensoren an den baulichen Hindernissen und den FMCW Radars in den Kavernen A, B und C2 aufgestartet. Einzig die Doppler Radars im Bunker sind von dieser Automatisierung ausgenommen. Dank dieser Automatisierung konnten im vergangenen Winter einige spontane Lawinenabgänge erfasst werden.

5. MESSGRÖSSEN, DATENERFASSUNG, - DATENTRANSFER, DATENSPEICHERUNG

An den baulichen Hindernissen werden Kräfte, Drücke und Dehnungen gemessen. Mit den Doppler Radar Messgeräten im Bunker werden Geschwindigkeiten gemessen. Entlang der Sturzbahn werden an drei Stellen A, B und C2 (Fig. 7) lokale Geschwindigkeiten mittels FMCW Radars (33 kHz Sampling rate) gemessen. Dank der beiden MR2002 CE- Geräte können lokal auch die von den abgehenden Lawinenmassen erzeugten Bodenerschütterungen gemessen werden.

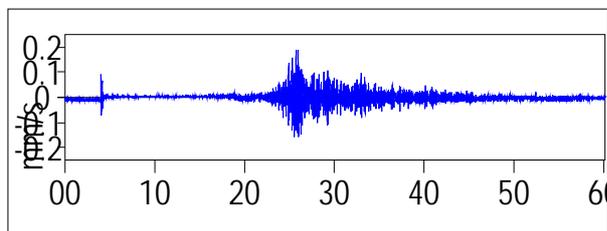
Die Daten werden dezentral in den Messkavernen A, B, C1 und C2 zwischengespeichert. Ein direkter Datentransfer ist wegen der grossen Datenmengen nicht möglich. Pro Sekunde werden gesamt-rund eine Million Daten erhoben, d.h. pro Ereignis resultieren weit über 100 Millionen Daten. Die einzelnen Zwischenspeicher sind über einen zentralen Lichtwellenleiter (LAN 242 Mbytes) mit der zentralen Datenerfassung im Bunker verbunden. Nach jedem Ereignis werden die Daten heruntergeladen und zentral im Bunker gespeichert.

6. MESSERGEBNISSE MIT DEM MR2002 CE

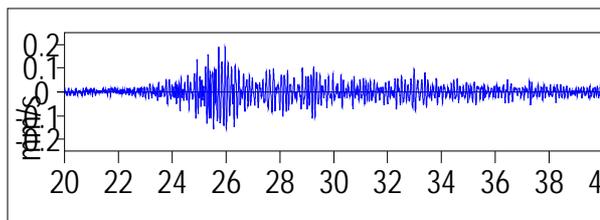
Während den vergangenen Grossschneefällen im Januar und Februar 1999 konnten zahlreiche Lawinen künstlich ausgelöst werden, oder sie brachen spontan los (Figur 8). In der Tabelle 1 sind die an den beiden Standorten A und B gemessenen maximalen Bodengeschwindigkeiten aufgeführt. Figur 9 und 10 zeigen den Zeitverlauf der x-Achse des MS2002 für die mittels Sprengung am 10. Febr. 1999 ausgelöste Lawine. Auffallend an den seismischen Signalen ist die Tatsache, dass bei den registrierten Lawine jeweils alle drei Komponenten ähnliche Zeitverläufe mit ähnlichen Maximalwerten aufweisen. Die Maximalwerte am Standort B sind dabei wesentlich höher als am oberen Standort A. Die grösste, am 25. Febr. 1999 künstlich ausgelöste Lawine führte am Standort A zu Maximalwerten von 5.2 mm/s, am Standort B zu einem Maximalwert von 13.8 mm/s. Am Standort A lag der massgebliche Frequenzinhalt zwischen rund 5 - 20 Hz, am Standort B zwischen rund 5 - 40 Hz. Bei dieser Lawine waren gegen 1 Million m³ angebrochen, d.h. rund 300'000 Tonnen Schnee.



Figur 8 Lawinenniedergang vom 10. Febr. 1999, SLF- Versuchsgelände Vallée de la Sionne



Figur 9 Gesamter Zeitverlauf der x-Komponente des MS2002 in Kaverne A für die mittels Sprengung ausgelöste Lawine vom 10. Febr. 1999. Der erste Ausschlag zeigt den Zeitpunkt der Sprengung (max. Geschwindigkeit = 0.189 mm/s).



Figur 10 Zeitverlauf der x- Achse des MS2002 zwischen 20 und 40 Sekunden für die mittels Sprengung künstlich ausgelöste Lawine am 10. Febr. 1999.

Aufgrund der Zeitverläufe der seismischen Signale konnte näherungsweise auch eine mittlere Geschwindigkeit der Lawinen zwischen den Kavernen A und B ermittelt werden. Sie lag für die grösste Lawine vom 25. Febr. 1999 mit 52 m/s im oberen Drittel der Sturzbahn bereits sehr hoch. Die anhand von Videoauswertungen auf der Strecke zwischen den baulichen Hindernissen und dem Bunker ermittelte Geschwindigkeit lag bei rund 90 m/s. Dies erklärt auch die enorme Wucht des Aufpralles der Lawine auf den Bunker. Der Bunker war nach dem Lawinenniedergang mit rund 5 m Lawinenschnee überdeckt.

Datum 1999	Stao A (mm/s)	Stao B (mm/s)	vLaw (m/s)	Bemerkung	vBunker
28.01.	0.098	0.384		s,m	
30.01	0.799	2.947		k,g	50 m/s
08.02.	0.112	0.202		s,klein	
10.02	0.251	68.145	36 m/s	k,g	70 m/s
19.02	0.140	0.649		s,m	
25.02	5.20	13.80	52 m/s	k,sg	90 m/s

Tabelle 1 Zusammenstellung der mit dem MR2002 gemessenen maximalen Bodengeschwindigkeiten an den Standorten A und B, der mittleren Geschwindigkeit der Lawine vLaw zwischen den Standorten A und B, sowie der Geschwindigkeit der Lawine zwischen den Hindernissen und dem Bunker vBunker. (s = spontan, k = künstlich, m = mittel, g = gross, sg = sehr grosse Lawine).

7. LITERATUR

- Ammann, W.J., 1998: A new Swiss Test-Site for Avalanche Experiments in the Vallée de la Si-
onne/VS, Proceedings ISSW 1998 Riverside.
- Bartelt, P. and Gruber, U., 1997: Development and
calibration of a Voellmy-fluid dense snow ava-
lanche model based on a Finite Element Me-
thod. Internal Report No. 718. Eidg. Institut für
Schnee- und Lawinenforschung, Davos (un-
published).
- Gruber, U., 1998a: Der Einsatz numerischer Simu-
lationsmethoden in der Lawinengefahren-
kartierung - Möglichkeiten und Grenzen. PhD-
thesis to be published as Mitteilung des Eidg.
Institutes für Schnee- und Lawinenforschung,
Davos (in press).
- Gruber, U., Bartelt, P., Haefner, H., 1998b: Ava-
lanche hazard mapping using numerical Voell-
my-fluid models. *Proceedings of the NGI Anni-
versary Conference*. Norwegian Geotechnical
Institute, 117-121.
- Salm, B., Burkard, A. and Gubler, H.U., 1990:
Berechnung von Fliesslawinen. Eine Anleitung
für den Praktiker mit Beispielen. Mitteilung Nr.
47. Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenfor-
schung, Davos.