



## DYNAMISCHE MESSUNGEN AN STAUBLAWINEN

### Dynamic Measurements on Powder Avalanches

L. Rammer

#### Zusammenfassung

Für den wintersicheren Ausbau der BSCHLABER Landesstraße in TIROL wurde über den Lawinenzug "GROSSER GRÖBEN" eine Röhrenbrücke mit innenliegender Fahrbahn errichtet. Sie soll die Verkehrsteilnehmer vor den Einwirkungen des Staubanteiles der dort abgehenden Lawinen schützen.

Dieses Bauwerk ist als Träger entsprechender Messeinrichtungen zur Registrierung von Drücken und Geschwindigkeiten von Staublawinen hervorragend geeignet.

Nach Fertigstellung des Bauwerkes im Winter 1989/90 konnte im Winter 1990/91 die Montage der Meßeinrichtungen abgeschlossen werden.

Infolge des schneearmen Winters 1990/91 kam es zu keinem Lawinenabgang im Bereich der Meßanlage, sodaß bisher noch kein Meßergebnis vorliegt. Die ersten Resultate können frühestens für die Wintersaison 1991/92 erwartet werden.

#### Summary

Appropriate to the traffic safety in winter of the districtroad to BSCHLABS in TYROL, a bridge in the shape of a tube with the pavement inside it, was constructed across the avalanche path "GROSSER GRÖBEN". The purpose of this special construction is to protect the road user against the effects of the powder portion of avalanches.

It is an excellent suitable mounting support for measuring devices for recording pressures and speed of powder ava-

lanches.

After the structure was completed in winter 1989/90, the installation of the measuring devices could be finished in winter 1990/91.

Because there was lack of snow in winter 1990/91, no avalanche event could be recorded, and therefore no results can be presented. Earliest results can be expected in winter 1991/92.

## **1. Allgemeines**

Für die Erstellung von Gefahrenzonenplänen ist es notwendig, die Kräfte zu kennen, die beim Auftreffen von Lawinen auf feste Hindernisse auftreten können.

Im Rahmen von lawinendynamischen Untersuchungen sollen Drücke und Geschwindigkeiten an Staublawinen gemessen werden. Im Zuge des Ausbaues der BSCHLABER Landesstraße, das BSCHLABER Tal ist ein Seitental des LECHTALES in TIROL, wurde über den Lawinenzug "GROSSER GRÖBEN" eine Brücke errichtet, die in Form einer geschlossenen Röhre mit innenliegender Fahrbahn ausgeführt wurde. Sie befindet sich an der höchsten Stelle ca. 40 m über Grund und ist beim Abgang einer größeren Staublawine voll im Staubanteil eingeschlossen. Daher bietet sich diese Röhrenbrücke als hervorragender Träger für die Meßeinrichtungen an.

## **2. Bauwerk**

Wie aus dem Lageplan (Abb. 1) ersichtlich, handelt es sich beim Gesamtbauwerk Lawinenschutz GROSSER GRÖBEN um drei Teilbereiche:

Richtung taleinwärts gesehen zuerst eine 101 m lange eingeschüttete Röhre, dann die 80 m lange Rohrbrücke und als Abschluß ein 163 m langer Tunnel. Aus der Sicht des Straßenbenutzers gesehen stellt sich das Gesamtbauwerk als

344 m langer Tunnel dar.

Das Mittelstück, der Talübergang, ist als Bogenbrücke mit integrierter Röhre ausgebildet (Abb. 2 - Ansicht von der Talseite). Die Röhre selbst ist ein unten abgeflachtes Kreisprofil mit 4,25 m Innenradius und 30 cm Wandstärke (Abb. 3 - Querschnitt).

Als Belastungsannahme für die Statik der Brücke wurden  $15 \text{ kN/m}^2$  bzw.  $20 \text{ kN/m}^2$  in manchen Bereichen der Brücke horizontale Druckbelastung aus dem Lawinenangriff angesetzt. Dieses Bauwerk ersetzt den äußerst lawinengefährdeten Teil der BSCHLABER Landesstraße, der früher in die Schlucht hineinführte um dort den Gröberbach auf einer kleinen Brücke zu queren.

### 3. Einzugsgebiet der Lawine und Lawinenbahn

Das Einzugsgebiet der GRÖBERTALLawine ist ein großer felsiger Kessel unterhalb der 2468 m hohen PFEILSPITZE und den anschliessenden Bergkämmen mit ca. 1000 m Durchmesser, der durchwegs Hangneigungen zwischen 80 und 100 % aufweist (Abb. 1 - Lageplan 1 : 10000). Er ist von SE über S bis SW exponiert und geht erst in ca. 1600 m Seehöhe in eine kanalisierte, z.T. schluchtartige Lawinenbahn über, die eine Durchschnittsneigung von über 40 % aufweist.

Bei der Höhenkote 1200 m wird diese Lawinenbahn ca. 40 m über Talgrund von der Rohrbrücke gequert.

Man konnte beobachten, daß die Lawine in Normalwintern mindestens einmal jährlich abgeht und daß nach großen Neuschneezuwächsen der Staubanteil weit über die Höhe der Röhrenbrücke reicht. Daher ist diese als Standpunkt einer Meßanlage ausgewählt worden, da man hier jährlich Meßwerte erwarten kann.

## 4. Meßanordnung

### 4.1 Druckplatte

Normal zur Stoßrichtung der Lawine wird ca. in Talmitte an der Brücke eine quadratische Meßplatte von  $1 \text{ m}^2$  Fläche angebracht, die zur Messung der Normalkräfte auf vier DMS-Kraftmeßdosen aufgelagert ist. Weiters werden noch zur Messung der Schubkräfte auf die Platte sowohl für die horizontale als auch für die vertikale Komponente je zwei Kraftmeßdosen eingesetzt. Die Bedienung dieser Kraftmeßdosen mit der Speisespannung und die Aufzeichnung der Meßsignale erfolgt über Datenlogger, die in einem Meßkasten im Inneren der Röhre angebracht sind.

Die Konstruktion der Druckplatte besteht aus zwei Teilen, einem Unterbau, der an vier Verankerungspunkten an der Betonröhre festgeschraubt wird, und einem Oberteil, das nur über die Kraftaufnehmer mit dem Unterbau verbunden wird.

Die Kraftaufnehmer sind mit Gelenksösen ausgestattet, so daß das Oberteil statisch gesehen eine Pendelstützenlagerung hat, und durch je zwei weitere Kraftaufnehmer, die auch als Pendelstützen ausgebildet sind, für die horizontale und vertikale Komponente der Lawinenbeanspruchung auf die Druckplatte in seiner Lage gehalten wird.

(Abb. 4 - Druckplatte, Lagerdetail)

### 4.2 Sogbelastung

Als weitere Meßeinrichtung sind an der lawinenabgewandten Seite der Brücke drei Absolutdruckgeber mit Frontmembran mit einem Meßbereich von 0 - 1 bar (100 kPa) bündig in die Röhrenoberfläche eingelassen. Sie sind in drei verschiedenen Höhenlagen situiert und sollen die Sogwirkung des vorbeiströmenden Staubanteiles messen (Abb. 3 - Schnitt).

#### **4.3 Geschwindigkeitsmessung - Staurohre - Radar**

Die Geschwindigkeitsmessung wird einerseits mittels PRANDTL-Sonden erfolgen, andererseits parallel dazu mit einer Radaranlage.

Es sind zwei Staurohr-Sonden mit einem Durchmesser von 30 mm vorgesehen, die an Trägerrohren montiert sind, und zwar eine ca. 2 m oberhalb der Röhre und eine ca. 2,5 m unterhalb.

Jede dieser Sonden ist mit zwei Absolutdruckgebern ausgerüstet, von denen einer den neutralen Umgebungsdruck und der zweite den Staudruck mißt (Abb. 5 - Prinzipskizze). Aus den Druckdifferenzen lassen sich die Geschwindigkeiten rückrechnen. Die Speisung der Druckaufnehmer sowie die Registrierung der Meßwerte erfolgt über Datenlogger.

Das Problem dieser Staurohrmessungen ist das Verlegen der Sondenöffnungen durch den in der Strömung enthaltenen Schneeanteil. Es ist zwar am Meßstandort eine Stromversorgung aus dem Netz vorhanden, sodaß die Staurohre beheizt werden können, allerdings ist damit zu rechnen, daß trotzdem die Sondenöffnung beim Lawinenabgang schon bald verlegt ist, sodaß nur kurze Zeit zu Beginn der Lawineneinwirkung ein gutes Meßergebnis zu erwarten ist.

Um ein zweites, sicheres System für die Geschwindigkeits- erfassung einzusetzen, wird sich Dr. GUBLER vom EISLF (DAVOS) mit einer Radaranlage an diesem Forschungsprojekt beteiligen.

Diese wird auf einer Geländeerhebung im Bereich der Rohrbrücke montiert werden.

#### **4.4 Beschleunigungsmessungen**

Im Mittelteil der Brücke wird im Inneren der Röhre ein Beschleunigungsgeber montiert, dessen Meßsignale ebenfalls ins Meßprogramm aufgenommen werden. Es sollen die Beschleunigungswerte in horizontaler Richtung normal auf die Röhrenachse erfaßt werden, um eventuell zusammen mit dem Statiker Aussagen über das dynamische Verhalten der Brücke unter Lawinenbelastung erhalten zu können.

## 5. Meßprogramm

Die Datenerfassungsgeräte werden so programmiert, daß sie sozusagen im Standby-Betrieb mit einem Ausführungsintervall von ca. 0,125 sec die Programmanweisungen wiederholen, die das Ablegen der kalibrierten Meßsignale in einen reservierten Speicherbereich steuern. Die Größe dieser Memory kann so gewählt werden, daß sie ca. 20 sec Aufzeichnungszeit aufnehmen kann. Sie arbeitet als Ring-Memory, d.h. die ältesten Daten werden immer von neu hinzukommenden überschrieben, wenn der Speicherbereich voll belegt ist.

Der Befehl, die Daten in den endgültigen Speicher abzugeben wird über einen Trigger-Wert ausgelöst, z.B. wenn der Druck auf die Meßplatte 0,5 kN übersteigt.

Ab diesem Zeitpunkt wird der gesamte Inhalt des vordefinierten Speichers und alle weiteren hinzukommenden Werte in den endgültigen Speicher übernommen.

Durch den Einsatz des reservierten Speicherbereiches werden die Messungen auch eine entsprechende Vorlaufzeit (20 sec) vor dem Triggerereignis mitregistriert, sodaß der gesamte Ablauf des Ereignisses erfaßt werden kann, sofern es nicht noch andauert, wenn die Registrierung abgebrochen wird, damit im Endspeicher keine Daten überschrieben werden.

Auf diese Weise werden die Meßwerte der Kraftgeber, der Druckgeber und des Beschleunigungsgebers mit einer möglichst kurzen Meßfolgezeit im Datenlogger abgespeichert.

## 6. Auswertung

Die gesamte Meßanlage ist über Modems und eine Telefonleitung vom Institut aus steuer- und überwachbar. Nach einem Lawinenabgang wird der Speicherinhalt des Datenloggers über Telefon in einem PC eingelesen, mit dem die Auswertung der Daten und Darstellung der Ergebnisse mittels einer entsprechenden Software erfolgen kann. Dadurch, daß die Meßsignale aller Meßinstrumente in Abhängigkeit von der Uhrzeit registriert werden, kann sowohl der zeitliche Verlauf der Beanspruchung der Druckplatte als auch der Geschwindigkeiten des Schnee-Luft-Gemisches und aller anderen Meßgrößen erhalten werden.

## 7. Abbildungen

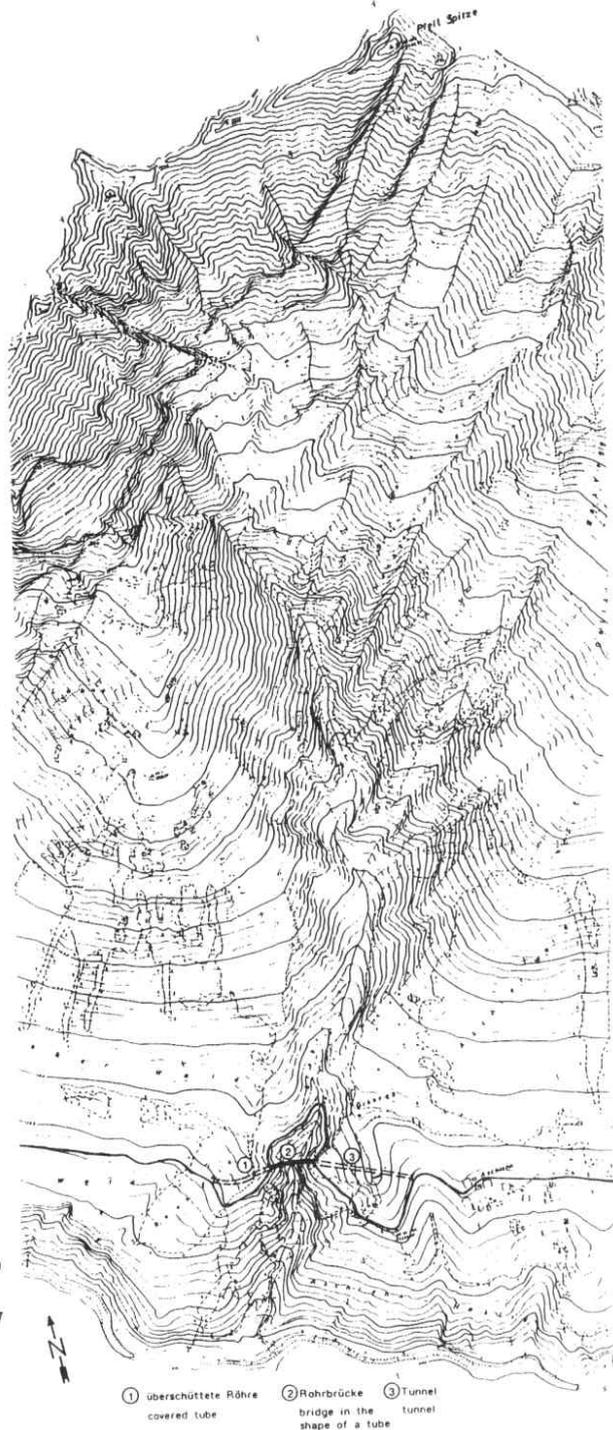
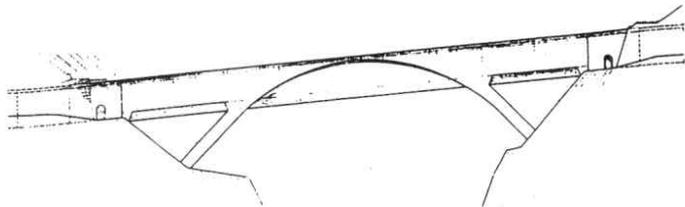


Abb. 1: Lageplan  
Lawine  
"GROSSER GRÖBEN"  
Maßstab 1 : 10000

Fig. 1: Plan view  
avalanche  
"GROSSER GRÖBEN"  
Scale 1 : 10000

- ① überschüttete Röhre  
covered tube      ② Rohrbrücke  
bridge in the  
shape of a tube      ③ Tunnel  
tunnel



Plan: Ingenieurbüro Sporschill, Ibk.

Abb. 2: Ansicht der Brücke

Fig. 2: View of the bridge

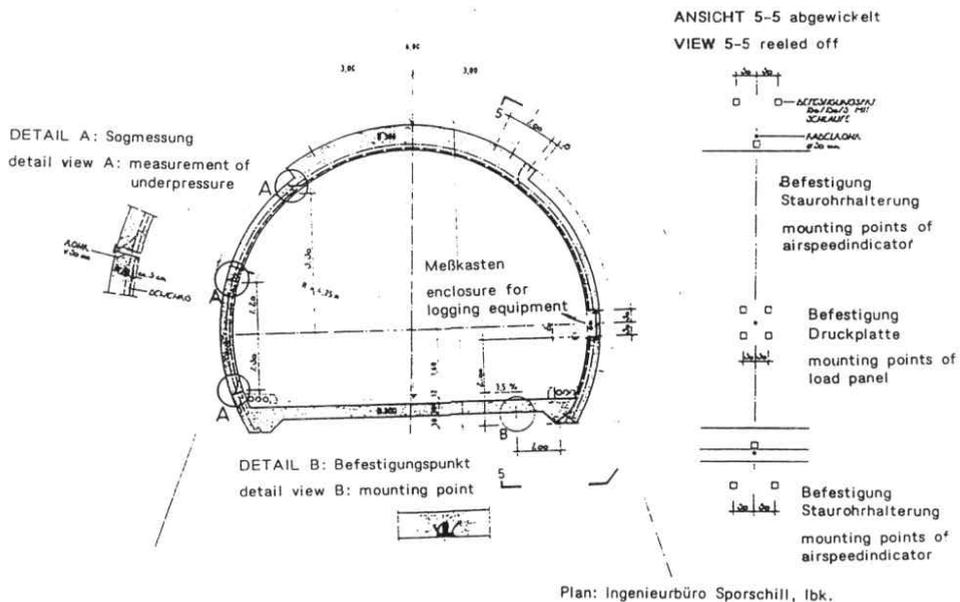


Abb. 3: Einbauten für die Meßanlage

Fig. 3: Installations for Measuring Equipment



## 8. Literatur

- BACHMANN, O., 1988: Impuls- und Energieverlust von Schneeböcken beim Aufprall auf Stützwerke im Lawinenverbau. Schweiz. Z. Forstwesen, 139, S. 225-235
- BAKKEHOI, S., DOMAAS, U., LIED, K., 1983: Calculation of Snow Avalanche Runout Distance. Annals of Glaciology 4, S. 24-29
- EIDGEN. INST. F. SCHNEE- UND LAWINENFORSCHUNG, 1986 (Hrsg.): Internationales Symposium über die Bildung, Bewegung und Wirkungen von Lawinen, Davos
- GUBLER, H., HILLER, M., KLAUSEGGER, G., SUTER, U., 1986: Messungen an Fließlawinen. Zwischenbericht 1986. Mittlg. des EISLF No 41
- HERMANN, F., HERMANN J., HUTTER K., 1987: Laboratory experiments on the dynamics of powder snow avalanches, IAHS-Publ. No 62, S. 431-439
- KAWADA, K., NISHIMURA, K., MASNO N., 1988: Experimental Studies on a Large-scale Powdersnow Avalanche, Symposium Lom-Norwegen
- LIED K., BAKKEHOI, S., 1980: Empirical Calculations of Snow-Avalanche Run-Out Distance based on Topographic Parameters. Journal of Glaciology, Vol. 26, No. 94, S. 165-177
- SALM, B., 1964: Anlage zur Untersuchung dynamischer Wirkungen von bewegtem Schnee. Mittlg. des EISLF No 21
- SALM B., 1966: Contribution to Avalanche Dynamics. I.A.H.S. Publ. No 69, S. 199-214
- SCHAERER, P.A., 1973: Observations of Avalanche Impact Pressures. U.S.D.A. Forest Service, Research Paper RM-3, S. 51-54
- SCHAERER, P.A., SALWAY A.A., 1980: Seismic and Impact-Pressure Monitoring of Flowing-Snow. Journal of Glaciology, Vol. 26, No 94, S. 179-187

### Anschrift des Verfassers

Dr. Lambert RAMMER  
Institut für Lawinenkunde  
Hofburg - Rennweg 1  
A-6020 Innsbruck