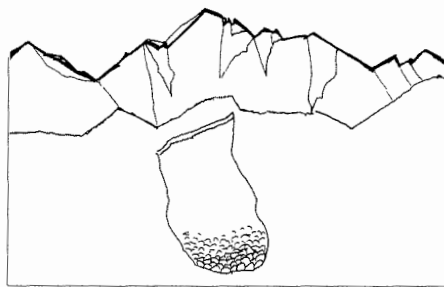
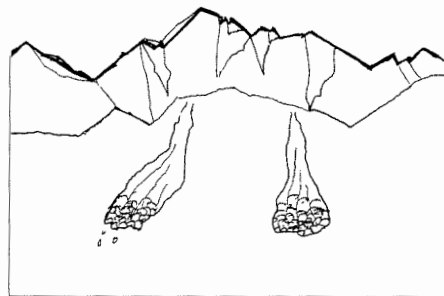


# Wenn der Berg ruft

Bauwerke für den Lawinenschutz

Nach wie vor sind einzelne Dörfer und Gemeinden in den Bergen von Lawinenabgängen bedroht. Kam es früher vorwiegend bei der Erschließung von Verkehrswegen zu Lawinenunfällen, so sind die heutigen Gefahrenzonen oft ganz bewußt durch leichtfertiges Handeln der Menschen entstanden. Bedingt durch den verstärkten Tourismus wurden Waldflächen beseitigt, neue Verkehrswege und Ansiedlungen geplant, und dies häufig in von Lawinen bedrohten Gebieten. Zudem gerät die natürliche Lawinenschutzfunktion der Wälder infolge eines schrumpfenden Baumbestandes aufgrund zunehmender Umweltbelastung ins Wanken. Aus diesen Gründen muß heute zunehmend mit Bauwerken die Sicherung des Lebensraumes vor Lawinen gesichert werden.

Das Entstehen einer Lawine hängt von der Konsistenz der Schneedecke, der Beschaffenheit des Geländes und dem Wetter ab. In der Schneedecke findet in bodennahen Schichten die sogenannte »aufbauende Umwandlung« von Schneekristallen statt. Dort kommt es schon bei geringen Schneetiefen zu einem großen Temperaturgefälle, da die vom Boden abgegebene Wärme nicht durch die Schneedecke dringt. Dadurch geht der Schnee unmittelbar über dem Boden in Wasserdampf über, und es bildet sich gefährlicher Schwimmschnee. Dieser wirkt dann wie ein Kugellager für die darüberliegende Schneemasse. Förderlich für das Entstehen von Lawinen sind auch wasserdurchtränkter Neuschnee und Oberflächenreif, der – von einer mächtigen Neuschneesicht bedeckt – wie eine Gleitschicht wirken kann. Physikalische Eigenschaften des Schnees, wie die Plastizität und Festigkeit, haben auf die Lawinengefahr ebenfalls einen großen Einfluß. Bei Festschnee sind die einzelnen Schnee-

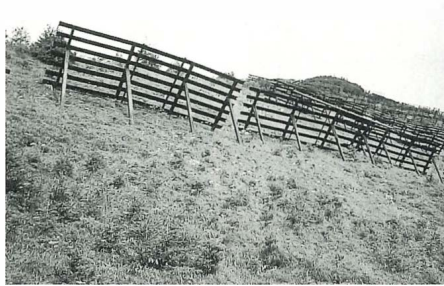


kristalle nicht mehr frei beweglich zueinander; entstehende Temperaturspannungen können nicht abgebaut werden, sondern sie verteilen sich sogar großflächig. Meist kommt es in Verbindung mit Schwimmschnee oder einer zwischengelagerten Gleitschicht zum Scherriß. Es entsteht eine sogenannte Schneebrettlawine, die durch einen schnellen, scharfkantigen Anriß gekennzeichnet ist; häufig werden solche Schneebrettlawinen durch Skifahrer ausgelöst. Die Schneedecke setzt sich auf der gesamten Breite des Anrisses in Bewegung, zerbricht in Tafeln und lagert sich schollenförmig ab. Die Geschwindigkeit bleibt meist unter 50 km/h, oft werden jedoch große Schneemassen bewegt.

- 1** Lawinen haben eine unvorstellbare Zerstörungskraft: Ohne die entsprechenden Schutzbauwerke wären weit mehr Unglücksfälle zu beklagen
- 2** Lockerschneelawinen breiten sich meist birnenförmig aus und erreichen Geschwindigkeiten bis zu 100 km/h
- 3** Schneebrettlawinen sind durch einen scharfkantigen Abriß gekennzeichnet

Im Gegensatz dazu entsteht die Lockerschneelawine aus nur schwach gebundenen Schneearten. Der Anriß ist punktuell, wobei die einzelnen Teilchen aneinanderstoßen und dabei eine Kettenreaktion auslösen, so daß immer mehr Schnee talwärts mitgerissen wird. Die Ausbreitung erfolgt meist birnenförmig, und es können Geschwindigkeiten bis zu 100 km/h auftreten. Aus beiden Lawinentypen kann sich eine Staublawine entwickeln, wenn der Hang stark geneigt ist. Hierbei wird Schneestaub aufgewirbelt, der sich walzenartig mit Geschwindigkeiten bis zu 500 km/h talwärts bewegt.

Form und Oberflächenbeschaffenheit eines Geländes sowie die Neigung und Exposition eines Hanges sind entscheidende Faktoren für einen Lawinenabgang. Rinnen und Gräben im Gelände sind prädestinierte Lawinenbahnen; ein mit Laub bedeckter Waldboden sowie Grashänge bieten ideale Gleitflächen für Lawinen. Ein zwischen 28° und 45° geneigter Hang bietet eine ideale Startrampe; in flacherem Gelände rutscht der Schnee nicht ab, an steileren Hängen zwar sehr häufig, jedoch finden sich dort nur geringe Schneemassen. Da sich an verschatteten Hängen vermehrt Schwimmschnee und Reif bilden, sind besonders nach Osten gerichtete Hänge lawinengefährdet.



4



5

### Baulicher Lawinenschutz

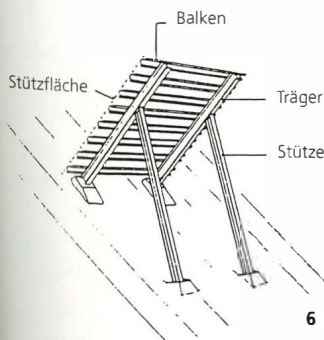
Bauwerke für den Lawinenschutz lassen sich hinsichtlich ihrer Lokalität in zwei Gruppen einteilen:

- Verbauten im Nähr- und Anbruchgebiet sowie
- Bauten in der Sturzbahn bzw. im Ausschüttungsgebiet.

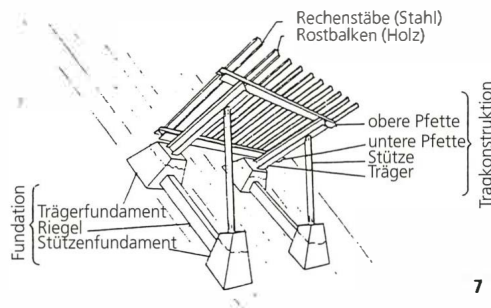
Aus dem Nährgebiet wird infolge von Windverfrachtungen der Schnee in das eigentliche Anbruchgebiet einer Lawine transportiert; hier kommt es dann zum Abgang von Lawinen. In der Sturzbahn erreichen Lawinen ihre volle Geschwindigkeit, bis sie im Ausschüttungsgebiet durch geringere Geländeneigung oder Hindernisse an Geschwindigkeit verlieren bzw. zum Stillstand kommen.

Um das Anbrechen von Lawinen zu verhindern, werden in Nähr- und Anrißgebieten am häufigsten Stützbauwerke

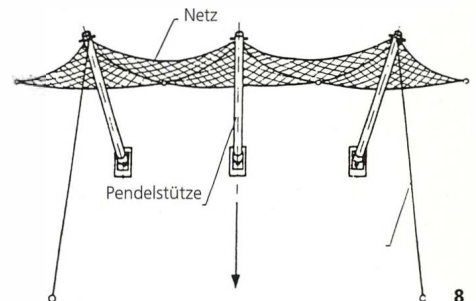
errichtet. Dabei ist zu unterscheiden zwischen Schneerechen (senkrechte Rostbalken), Schneebrücken (waagrechte Rostbalken) und Schneenetzen. Letztere werden eher bei geringen Schneehöhen und wegen ihrer nachgiebigen Stützfläche besonders in steinschlaggefährdeten Gebieten aufgestellt. Die Netze sind leicht und schädigen kaum Boden und Vegetation. In manchen Fällen werden auch Verwehungsbauten (Schneezäune) aufgestellt, um die vom Wind mitgetragene Schneemassen abzulagern und so die Triebschneeverfrachtungen vom Nähr- in das Anrißgebiet zu verhindern. Trotzdem sind abgehende Schnee- und Geröllmassen nicht auszuschließen – in den Sturzbahn- und Ausschüttungsgebieten müssen deshalb sowohl Verkehrswege wie auch Versorgungsleitungen mit Galerien, Ablenk- und Bremsbauten geschützt werden.



6



7



8

**4, 5 Mit Stützbauwerken wie Schneebrücken und Schneenetzen sollen Schneeverfrachtungen in Anrißgebiete verhindert werden**  
**6 bis 8 Prinzipskizzen verschiedener Stützbauwerke: Schneebrücken (Bild 6) und Schneerechen (Bild 7) unterscheiden sich durch die Anordnung der Rostbalken. Schneenetze eignen sich wegen ihrer nachgiebigen Stützfläche auch für steinschlaggefährdete Gebiete**

*Stahlschneebrücken im Bschlaber Tal*  
 Stahlschneebrücken, die zur Kategorie der Stützbauwerke gehören, sind entweder aus Stahl, Holz, Beton oder Aluminium gefertigt und halten etwa sieben bis achtzig Jahre. Die Verankerung muß jährlich und besonders nach Lawinenabgängen überprüft und gegebenenfalls erneuert werden.

Die Stahlschneebrücken im Bschlaber Tal bestehen aus einer Stützfläche, den Trägern und den Stützen. Die entgegen der hangabwärts strebenden Schneemasse gerichtete Stützfläche besteht aus einzelnen Profilen, die in einem Abstand von 25 cm horizontal auf den Trägern befestigt sind. Die biegebelasteten Träger bestehen aus Profilen IPE 220 oder IPE 240. Als Druckstützen wurden – wegen der Gefahr des Ausknickens – HE 120 A bis HE 160 A gewählt. Die Stützfläche kann ihre Aufgabe nur erfüllen, wenn auch die Verankerungen den Belastungen entsprechend ausgeführt sind. Die bergseitige, zugbeanspruchte Lagerung mußte hier in Lockergestein vorgenommen werden. Dazu wurde ein bis zu 2,5 m langes Stahlrohr in den Boden getrieben, durch welches dann ungefähr 160 g Sprengstoff eingeführt wurden. Durch die Sprengung entstand am Ende des Stahlrohres ein zwiebelförmiger Hohlraum. Anschließend wurde ein Stahlstab von 30 mm Durchmesser eingebracht und der verbleibende Hohlraum mit Mörtel ausgepreßt.

Die Konstruktion ist bewußt so einfach gewählt, da Stützverbauungen stets in unzugänglichem Gelände errichtet werden und allein schon die Kosten des Materialtransports sehr hoch sind. Heutzutage werden die einzelnen Bestandteile der Bauwerke so variabel konstruiert, daß sie für die verschiedensten örtlichen Gegebenheiten kompatibel sind.



9

**9, 10** Schneebrücken im Bschlaber Tal mit dem Detail des bergseitig zugbeanspruchten Fußpunktes



10

Für den Bau wird, wenn das Gelände es ermöglicht, eigens eine Seilbahn errichtet. Mit deren Hilfe wird das Material den Hang hinauf und von dort parallel zur Niveaulinie des Hanges bis zum eigentlichen Standort transportiert. Selten erfolgt der Transport mit dem Hubschrauber, da die Kosten einfach zu hoch sind (etwa 85 DM/Minute).

*Stiertobelgalerie im Paznauntal*

In der Nähe der Ortschaft See im Paznauntal wurde 1994 die Stiertobelgalerie erbaut – ein typisches Lawinenschutzbauwerk im Ausschüttungsgebiet. Die Galerie schützt die Zufahrtsstrecke nach Frödenegg, einer Siedlung mit etwa 8 Familien. Die Gestalt des Bauwerkes wird wesentlich durch die

geologischen Randbedingungen bestimmt. Zum einen beschreibt die Straße an der überbauten Stelle eine Kurve, außerdem mußte eine Unterführung für den Stiertobelbach vorgesehen werden, damit dieser ungehindert unter der Galerie durchfließen kann. Für die statische Berechnung wurde bei den Lastannahmen zwischen ruhenden Schneelasten und Lawinlasten unterschieden. Als Grundlage für die Bemessung wurde ein Schneereignis herangezogen, das etwa alle 150 Jahre auftritt.

Die Konstruktion besteht aus einer 70 bis 95 cm dicken Stahlbetonplatte, die auf der Talseite punktförmig auf acht eingespannten Stützen gelagert ist. Ebenfalls in Stahlbeton sind die Stützen ausgeführt, die aufgrund der schlechten geologischen Verhältnisse teilweise bis zu sechs Meter tief gegründet werden mußten. Bergseitig lagert die Stahlbetonplatte auf einer Spornmauer, über die in erster Linie die horizontalen Lawinlasten abgeleitet und der Erddruck aufgenommen werden. Eine zwischen den Stützen angebrachte Lärchenholzverkleidung soll verhindern, daß die Schneemassen, die sich unterhalb der



11

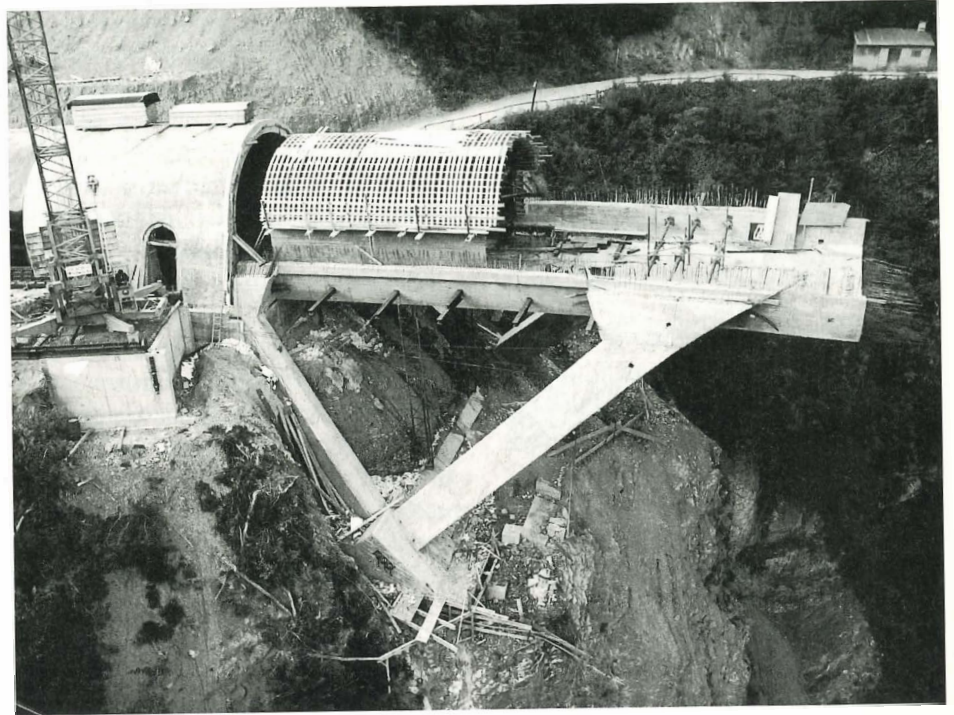
**11** Die Lärchenholzbekleidung an der Stiertobelgalerie im Paznauntal verhindert, daß sich aufstauende Schneemassen in die Galerie gelangen

Galerie aufstauen, in dieselbe eindringen. Die Betonplatte wurde mit Erde überschüttet, so daß die Neigung des Galeriendaches mit der Neigung der Lawinensohle möglichst übereinstimmt. Damit lassen sich die an der Schnittstelle von Hang und Galeriendach auftretenden Umlenkkräfte minimieren, wo die Fließrichtung der Lawine durch das Auftreffen auf die Galerie verändert wird. Auf dem Galeriendach ist zudem ein Entlastungsgerinne angebracht, um Wasser und eventuell auch Muren über die Galerie hinwegzuführen.

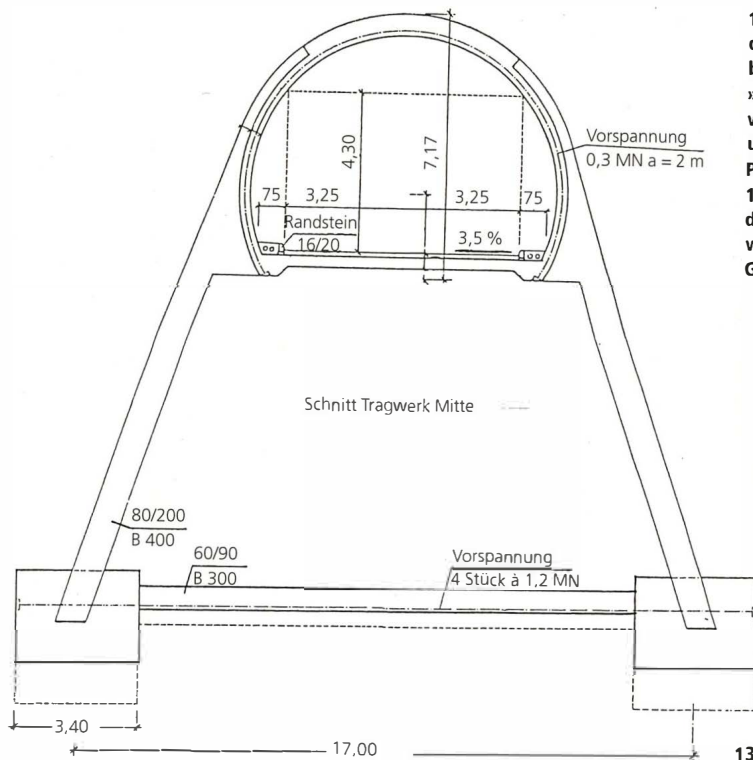
*Rohrbrücke über den »Großen Gröben«*

Die Rohrbrücke über den Großen Gröben auf der Tiroler Landesstraße Nr. 266 ist ein besonderes Lawinenschutzbauwerk; diese Straße erschließt die Gemeinde Pfafflar am Ende des Bsclaber Tales, einem Seitental des Lechtals. Die Straße ist an dieser Stelle stark lawinengefährdet und mußte deswegen schon häufig gesperrt werden. Sehr zum Leidwesen der knapp 120 Einwohner des Bsclaber Tals, für die der Arbeitsplatz bzw. die Schule dann nicht mehr erreichbar ist. Man entschloß sich, trotz der geringen Bewohnerzahl, zu einem umfassenden Sonderbauprogramm, um einer möglichen Entseidelung des Tales entgegenzuwirken. Zur Sicherung der Straße wurden drei verschiedene Varianten untersucht:

- Eine herkömmliche Galerie wurde aufgrund der Talform verworfen. Wegen des steilen Geländes hätte zum einen bergseitig ein großer Abtrag erfolgen müssen, zum anderen wäre die Gründung talseits mit vielen Schwierigkeiten verbunden gewesen. Weiterhin besitzt die Straße sehr kleine Radien, die eine komplizierte Geometrie der Galerie zur Folge gehabt hätten.
- Der Bau eines Tunnels scheiterte an der schlechten Qualität des Felses, was



12



12 Erschwerend für den Bau der Rohrbrücke über den »Großen Gröben« waren das hohe Tal und die beengten Platzverhältnisse  
13 Querschnitt durch das Mittelteil des Bauwerks mit dargestellter Gründung

13



14

zu hohen Baukosten geführt hätte. – Die schließlich verwirklichte Rohrbrücke ist ein kombiniertes Brücken- und Tunnelbauwerk mit einer Länge von 81 m. An das eine Brückende schließt sich ein 101 m langer Tunnel an, der in offener Bauweise hergestellt wurde, das andere Ende mündet in einen 163 m langen Tunnel in bergmännischer Bauweise. Die Brücke führt in einem Bogen ( $r = 200$  m) über den fünfzig Meter tiefen Graben. Der Querschnitt des Rohres mißt in der Höhe 7,2 m, in der Breite 9 m; die Dicke der Stahlbetonschale variiert von 0,3 m bis 0,6 m. Die Rohrbrücke ist als V-Stiel-Rahmen mit einem Stützenabstand von 63 m konstruiert. Die Stützenpaare sind gegeneinander geneigt und führen tangential in den Rohrmantel, welcher den Riegel des Rahmens bildet. Im Riegel entsteht dadurch eine Feldeinteilung von 18,5 m/42 m/19,5 m. Die aus der Lawinenbelastung resultierenden Horizontalkräfte werden über die bogenförmige Röhre in die V-förmigen Stützen eingeleitet. Um den aus der Bogentragwirkung entstehenden Horizontalschub aufnehmen zu können, sind die Fundamente mit vorgespannten Zuggliedern verbunden. Das Verhältnis von Spannweite zu Rohrhöhe führt zu einem sehr steifen Tragwerk mit  $l/h = 6$ . Dadurch kommt es zu hohen Zwangskräften in den Lastfällen Temperatur und Schwinden, die ausschlaggebend für die Bemessung wurden.

Für die Bauphase wurde die Rohrbrücke in die Abschnitte Trog und Gewölbe unterteilt. Das Trogbauwerk besteht aus einer Bodenplatte mit zwei Meter hohen seitlich angebrachten Stegen und wurde in drei Abschnitten von je 27 m Länge erstellt. Bei den beiden Randabschnitten konnten nur 18 m unterstellt werden, die restlichen neun Meter mußten freitragend gerüstet werden. Der mittlere Abschnitt wurde mit einem Gerüstbinder gestützt. Während der Fertigung des Troges wurde abschnittsweise eine Vorspannung in Brückenlängsrichtung eingebracht, damit die Betonierlasten im Bauzustand getragen werden konnten. Das Gewölbe wurde in neun Abschnitten hergestellt, von denen jeder eine Länge von neun Metern hatte. Solange der Trog noch nicht fertiggestellt war, wurden aus Gründen der Tragfähigkeit erst zwei Gewölbeabschnitte auf einer Seite erstellt. Danach wurden der dritte Teil betoniert, der Schalwagen an das andere Brückende gefahren um dort ebenfalls drei Abschnitte auszuführen. Im Verlauf des Baufortschritts brachte man eine ringförmige Vorspannung auf, an der die Fahrbahnplatte aufgehängt ist. Aus Gründen des Gleichgewichtes erfolgte eine Rückverankerung der ersten Abschnitte in die angrenzenden Tunnelröhren. Zuletzt betonierten man die drei verbleibenden Gewölbeabschnitte und löste die für den Bauzustand aufgebrachte Vorspannung in Längsrichtung des Troges. Erschwerend für den Bau der Rohrbrücke waren das hohe Tal und die damit verbundenen beengten Platzverhältnisse. Die Baustelle wurde von zwei Turmdrehkränen mit 45 m Ausladung und einer Tragfähigkeit von 1,5 t bedient. Des weiteren sollte die Brücke möglichst in einem Sommer hergestellt werden, um das halbfertige Bauwerk

nicht der Gefahr herabgehender Lawinen auszusetzen. Knapp vor Winterbeginn konnte die Brücke im Dezember 1989 fertiggestellt werden, wobei die Brücke während der Bauzeit zwar häufig eingeschneit war, aber vor abgehenden Lawinen verschont blieb. Den beschriebenen Ingenieurbauwerken im Gebirge ist gemeinsam, daß ihre Gestalt vor allem in der reinen Notwendigkeit und den vorgegebenen Bedingungen begründet ist. Die Ästhetik der gezeigten Schutzbauwerke erschließt sich häufig erst bei genauerem Hinsehen und liegt in der klaren und einfachen Formensprache, die sich bis ins Detail erstreckt. Gestalterische Freiräume wie die Bekleidung der Stiertobelgalerie aus Lärchenholz bilden eher die Ausnahme. Die Faszination solcher Bauwerke geht von dem stets spürbaren Widerstand gegen die Naturgewalten aus. *Sabine Giebenhain, Harald Kloft*

#### Literatur

- Kellermann, K.: Wetter – Lawinen, BLV Verlag 1989
- Lawinenhandbuch, Tyrolia-Verlag, 1994
- Richtlinien für den Verbau im Anbruchgebiet, Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Weissfluhjoch/Davos, 1990
- Göttle, A.: Lawinenschutz in den bayerischen Alpen, Wasser + Boden, Heft 8, 1989
- Lawinenverbau und Gleitschutz unter Verwendung von Vollholz, Informationsdienst Holz, 1990
- Sporschill, K.: Avalanche Protection Building »Grosser Groeben«, Beitrag zur »2nd International Conference SCI-C«
- Betz, U.; Giebenhain, S.; Laabs, R.: Ingenieurbauwerke in den Alpen, TH Darmstadt, 1996

#### Buildings for Avalanche Protection

The article describes the various reasons for avalanche development. In order to protect settlements and roads from avalanches, different types of structures are possible: rakes, nets, galleries, or even tunnel bridges, examples for which are given in the text. The esthetic appearance is – according to the authors – derived from mere necessity. Covering a bridge with timber logs is considered a »luxury«. The resistance against nature makes these buildings intriguing.

**16 Schwänzen adieu: Nachdem die Brücke fertiggestellt war, gab es einen triftigen Grund weniger, Schule und Arbeitsplatz fernzubleiben...**