



Internationales Symposium INTERPRAEVENT 2004 – RIVA / TRIENT

LAWINENSCHUTZ VON ALPENQUERENDEN EISENBAHNLINIEN IN ÖSTERREICH

LAWINENSCHUTZKONZEPT „TAUERNBAHN – BAHNHOF BÖCKSTEIN“
ÖSTERREICHISCHE BUNDESBAHNEN

AVALANCHE PROTECTION OF ALPINETRAVERSING RAILWAY LINES IN AUSTRIA

AVALANCHE CONTROL CONCEPT “TAUERNBAHN – BÖCKSTEIN
RAILWAYSTATION”
AUSTRIAN FEDERAL RAILWAYS

Christian Rachoy¹

ZUSAMMENFASSUNG

Bereits ab der Mitte des 19. Jahrhunderts mussten sich Eisenbahngesellschaften in Österreich mit den Naturphänomenen Schnee und Lawine auseinandersetzen. So entstanden, abgeleitet von naturräumlichen Beobachtungen, die ersten technischen Verbauungsmaßnahmen in Lawinenanbruchgebieten. Ebenso wurde die Schutzwirkung des Waldes bereits erkannt. Der Beitrag diskutiert Lawinenschutzmaßnahmen entlang von alpenquerenden Eisenbahnlinien in Österreich anhand eines Untersuchungsgebietes der Österreichischen Bundesbahnen. Im Bereich des Bahnhofes Bökkstein wird dem hohen Sicherheitsbedürfnis des Eisenbahnunternehmens durch eine Kombination von technischen, biologischen und temporären Maßnahmen Rechnung getragen. Neben Verbauungsmaßnahmen im Anbruchgebiet und dem sukzessiven Anheben der aktuellen Waldgrenze ist eine Kommission von Sachverständigen zur Lagebeurteilung im Einsatz.

Key words: Schutzkonzepte, Lawinenschutz, Verkehrsanlagen

ABSTRACT

Already starting from the centre of the 19th Century railway companies in Austria had to argue with the nature phenomena of snow and avalanches. Thus, derived from observations in nature, the first technical control measures in avalanche starting zones were developed. Likewise the protective effect of the forest was already recognized. The article discusses

¹ Österreichische Bundesbahnen, Naturgefahren-Management, Bahnhofplatz 1, 9500 Villach
1 Austrian Federal Railways, Natural Hazards Management, Bahnhofplatz 1, 9500 Villach/AUSTRIA,
Tel.: +43-664-6171903, e-mail: christian.rachoy@fw.oebb.at

avalanche control measures along alpinetransversing railway lines in Austria on the basis of an investigation area belonging to the Austrian Federal Railways. Within the range of the railway station “Boeckstein” high security needs of the railway enterprise are fulfilled by a combination of technical, biological and temporary measures. Apart from control measures in the starting zone and the gradually raising of the current forest border, there works a commission of experts to estimate the risk of avalanches.

Key words: Protection concepts, Avalanche control, Infrastructure

EINFÜHRUNG

Historische Entwicklung in Österreich

Eisenbahningenieure mussten sich in Österreich bereits in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts mit dem Schutz der Eisenbahnanlagen vor Schnee und Lawinen auseinandersetzen. Bereits in der Bauphase der alpenquerenden Bahnlinien kam es zu verheerenden Unfällen. Zahlreiche Todesopfer mussten beklagt werden. Der österreichische Eisenbahningenieur VINZENZ POLLACK setzte sich 1891 mit den Entstehungsprozessen von Lawinen auseinander und leitete daraus technische Schutzmaßnahmen ab. So entstanden entlang der Eisenbahnverbindung von Innsbruck nach Bludenz die ersten Verbauungen in Lawinenanbruchgebieten. Die Schneerechen, konstruiert aus Holz und alten Eisenbahnschienen, waren relativ günstig herzustellen und wirkungsvoll. Keine Eisenbahn und kein anderes Land konnten solche Lawinenverbauungen aufweisen (SCHUBERT, 1903). Neben den Maßnahmen im Anbruchgebiet, welche auch Trockenmauern und Verwehungsverbauten beinhalteten, wurden Ablenkdamme in der Sturzbahn und Galerien im Auslaufbereich errichtet. In dieser Zeit wurden auch schon die Notwendigkeit und Wirksamkeit von Schutzwäldern entlang der Bahnstrecken erkannt und Aufforstungen durchgeführt.

Sicherheitstechnische Besonderheiten im Eisenbahnbetrieb

Das für die Eisenbahnstrecken existente Sicherheitsbedürfnis grenzt sich gegenüber anderen Infrastruktureinrichtungen, wie Strassen, Autobahnen oder Überlandstromleitungen klar ab. Österreichische Eisenbahnunternehmen sind laut Gesetz für die Sicherheit der transportierten Personen und Güter verantwortlich. Das heißt, auch der Schutz vor Naturgefahren entlang der Bahnlinien liegt in der Verantwortung des Unternehmens, wobei Schutzmaßnahmen auf „Fremdgrund“ von den Anrainern geduldet werden müssen.

Folgende technische Besonderheiten sind bei der Planung von Maßnahmen zu berücksichtigen:

- Bremsweglängen: Güterzüge befördern Frachten mit einem Gewicht von über 1.000 Tonnen. Während die Bremsweglänge eines Autos bei 100 km/h Geschwindigkeit ca. 45 m und eines Lastwagens ca. 120 m beträgt, kommt ein Zug erst nach 700 bis 1.000 m Weglänge zum Stillstand.
- Signalabstand: Wird einem Triebfahrzeugführer ein grünes Signal angezeigt, kann er darauf vertrauen, dass der folgende Streckenabschnitt frei von Hindernissen ist. Ein Fahren „auf Sicht“ ist schon aufgrund der oben angeführten Bremsweglängen nicht möglich.

- Umleitungen: Kurzfristige Umleitungen, welche sich aus temporären Streckenunterbrechungen – sei es durch eine Sperre oder ein Ereignis – ergeben, sind bei Eisenbahnstrecken mit hohem logistischen und personellen Aufwand verbunden. Ersatzstrecken stehen meist nur in sehr beschränktem Umfang zur Verfügung.

Aufgrund der angeführten Besonderheiten und der Tatsache, dass bei möglichen Beschädigungen von rollendem Material und Anlagen sehr hohe Kosten entstehen, ergibt sich ein erhöhtes Sicherheitsbedürfnis im Zusammenhang mit Eisenbahnstrecken im Gebirge. Im folgenden Fallbeispiel wird ein Lawinenschutzsystem der Österreichischen Bundesbahnen beschrieben.

LAWINENSCHUTZKONZEPT BAHNHOF BÖCKSTEIN

Das Lawinenschutzkonzept „Tauernbahn – Bahnhof Böckstein“ befasst sich mit dem alpenüberquerenden Teilabschnitt einer der wichtigsten Nord-Süd – Eisenbahnkorridore in Europa. Ein Großteil des Güterverkehrs zwischen den Häfen Hamburg und Koper bzw. Triest führt über diese Strecke. Die Scheitelstrecke zwischen den Bundesländern Salzburg und Kärnten quert den Alpenhauptkamm in einem ca. 9 km langen Tunnel. Die Zufahrtsrampen sind in drei Bereichen von Lawinen bedroht. Unmittelbar vor dem Nordportal des Tunnels liegt in einem engen Talbereich der Bahnhof Böckstein. Diesem kommt durch den Betrieb einer Autoschleuse besondere Bedeutung zu. Die Eisenbahnanlagen befinden sich im Gefährdungsbereich von zwei Lawinenanbruchgebieten.

Während das Einzugsgebiet der „Thomasecklawine“ nach Norden exponiert ist und nur bei extremen Niederschlagssituationen in Form eines Teilarmes von Belang ist, stellt das Südwest- bis Westexponierte Anbruchgebiet der „Feuersanglawine“ eine erhebliche Bedrohung dar. Das Anbruchgebiet reicht von 1.900 bis 2.330 m Seehöhe, hat eine durchschnittliche Breite von 220 m und eine durchschnittliche Hangneigung von 38 Grad. Die Sturzbahn fällt unterhalb von 1.700 m Seehöhe über eine Steilstufe zum Talboden ab.

Da sich das Untersuchungsgebiet unmittelbar am Alpenhauptkamm (Wetterscheide) befindet, ergeben sich bei Nordwestwetterlage Staueffekte, welche zu großen Schneemengen führen können. Im Anbruchgebiet selbst gibt es nur sehr ungenaue Schneepegelmessungen. Aufzeichnungen der nahe gelegenen meteorologischen Station Sonnblick (3.106 m Seehöhe) ergeben jedoch, dass in 25 Jahren, 50 Tage mit mindestens 50 cm Neuschneezuwachs pro Tag und 3 Fälle, mit über 100 cm pro Tag aufgetreten sind. Die Winterberichte des Lawinenwarndienstes Salzburg (AMT D. SALZBUERGER LANDESREGIERUNG, 1965-1982) zeigen Pegelwerte von benachbarten Schneemessstationen. Diese geben Aufschluss darüber, dass noch im Frühjahr (März, April) beträchtliche Neuschneemengen fallen können (Tab.1). Bestätigt wurde dieses Phänomen u.a. durch den Lawinenabgang 1970 und die Lawinensperre 2001.

Tab. 1: Extreme Neuschneehöhen 1965/66 bis 1981/82

Tab. 1: Extreme new-fallen snow heights 1965/66 until 1981/82

Pegel	Dezember	Jänner	Februar	März	April
Kreuzkogel	356	341	199	302	335
Schloßalm	148	256	120	187	180

Das Hauptkriterium der Bildung von Lawinen im Anbruchgebiet der Feuersanglawine ist jedoch der Wind. Bei nördlichen Windrichtungen werden vom pultförmigen Vorfeld des

Einzugsgebietes große Schneemengen aufgenommen und im Lee einer Geländekante direkt in der Anbruchzone abgelagert.

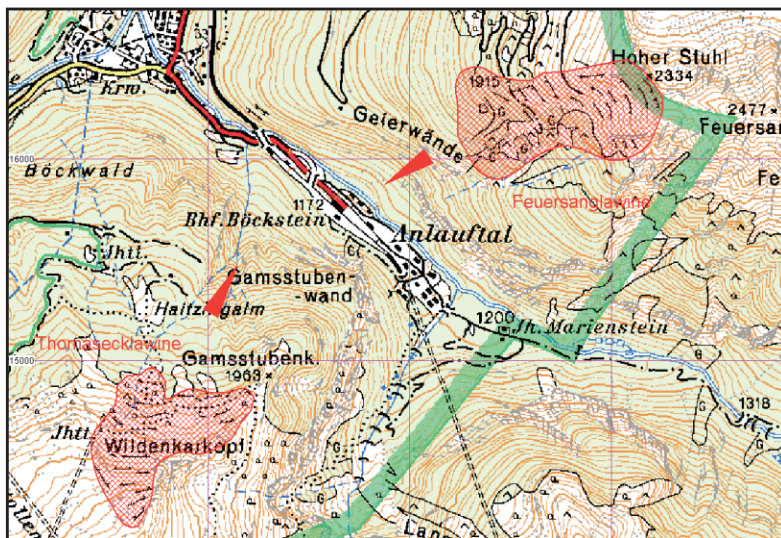


Abb. 1: Übersichtskarte Bockstein

Fig. 1: Overview Boeckstein

Ereignisdokumentation

Die Aufzeichnungen von Lawenereignissen reichen bis in die Zeit des Bahnbaues zurück (etwa ab 1905) und sind in Chroniken, in Archiven der Österreichischen Bundesbahnen und in MATZNETTER (1952) zu finden. In weiterer Folge wird ein Überblick über wichtige Ereignisse gegeben:

1. Frühjahr 1909: Abgang einer Staublawine vom Thomaseck, welche eine Eisenbahnbrücke beschädigte. Dort war gerade ein Arbeitstrupp tätig. 26 Todesopfer waren zu beklagen. Im Einzugsgebiet der Lawine wurde mit Verbaumaßnahmen begonnen. Auch vom Feuersang ging etwa zur gleichen Zeit eine Lawine ab. Es kam zu keinen Beschädigungen.
2. 09. Jänner 1922: Abgang einer Staublawine vom Feuersang. Durch den Luftdruck wurden im Bahnhof Bockstein einige Güterwaggons aus den Schienen geworfen. In den weiteren 20-er Jahren des 20. Jahrhunderts folgten erste Verbaumaßnahmen in Form von Steinmauern. Außerdem wurden die ersten Hochlagenaufforstungen durchgeführt.
3. 23. Februar 1970: Abgang einer Staublawine vom Feuersang mit verheerender Wirkung im Bahnhof Bockstein. Neben der Zerstörung mehrerer Werkstattegebäude wurden 15 Waggons eines Autoüberstellzuges umgestürzt und schwer beschädigt. Wie durch ein Wunder kamen keine Menschen zu Schaden. Daraufhin wurden im Anbruchgebiet weitere technische Verbaungen vorgenommen.
4. Spätwinter 1975: Schwerste Beschädigungen an den Verbaungen im Anbruchgebiet der Feuersanglawine durch 2 Nassschneelawinen.

5. 23. – 25. April 2001: Sperre der Tauernstrecke aufgrund akuter Lawinengefahr. Extreme Schneefälle und Einwehungen bewirkten eine Überschneidung der Stahlschneebrücken.

Lawinenschutzmassnahmen

Zur Sicherung des Bahnhofes Bockstein gegen Lawinen kommen sowohl permanente Massnahmen (wie technische Verbauungen und Aufforstungen) als auch temporäre Massnahmen (wie Streckensperren) zur Anwendung.

Die Errichtung von Schutzbauten geht bis auf das Jahr 1909 zurück. Bis 1995 wurden nur im Falle eines beobachteten Lawinenabganges oder der Beschädigung von Verbauungen lokale Massnahmen gesetzt.

Erst das „Integrale Verbauungsprojekt Feuersanglawine“ (PRAX, 1995), betrachtet das gesamte, ca. 12 ha große Einzugsgebiet der Lawine. Gemäß den „Richtlinien für den Lawinenverbau im Anbruchgebiet“ (BUWAL, 1990) erfolgt nunmehr die Errichtung von Stahlschneebrücken mit einer Schneemächtigkeit von $D=4.0$ bzw. $D=4.5$ in Gebieten hoher Einwehungswahrscheinlichkeit. In den Aufforstungsbereichen am unteren Rand des Anbruchgebietes sollen Gleitschneeschutzverbauungen aus Holz die Pflanzen schützen.

Im gesamten Bereich der Anbruchgebiete befinden sich über 1.000 Laufmeter Lawinenmauern, welche zum Teil 90 Jahre alt sind. Diese Bauwerke hatten die Funktion einer terrassenförmigen Ausbildung des Steilgeländes zur Abstützung der Schneedecke. Aufgrund der extremen Witterung und der Bauweise kommt es zu Ausbauchungen in weiten Bereichen dieser Bauwerke. Ein Zusammenbrechen der Trockenmauern hat eine massive Beschädigung der unterliegenden Stahlschneebrücken zur Folge. Eine Sanierung der Mauern ist notwendig. Die geplanten technischen Massnahmen im Anbruchgebiet werden bis 2007 fertiggestellt sein. In Tab. 2 findet sich eine Gesamtaufstellung der technischen Massnahmen.

Im Auslaufbereich der „Feuersanglawine“ entsteht zurzeit ein 300 m langer Lawinenschutzdamm mit einem Volumen von 80.000 m³. Dieses Auffangbauwerk schützt die Eisenbahnanlagen im Bahnhofsbereich von Bockstein vor spätwinterlichen Nassschneelawinen, welche v.a. in den unteren Bereichen des Anbruchgebietes abgehen.

Tab. 2: Technische Massnahmen im Anbruchgebiet „Feuersanglawine“

Tab. 2: Technical measures in the starting zone of „Feuersanglawine“

Bautype	Laufmeter
Stahlschneebrücken $D=4.0$	3.300
Stahlschneebrücken $D=4.5$	160
Gleitschneeschutzverbauungen-Holz	250
Sanierung von Lawinenmauern	750

Das Ziel der Aufforstungsmaßnahmen ist die sukzessive Anhebung der aktuellen Waldgrenze von 1.800 m Seehöhe in Richtung potentieller Waldgrenze von ca. 2.000 m Seehöhe. Ab 1925 wurde – hauptsächlich mit Schneesaaten – versucht die Baumart Lärche einzubringen. Von 1973 bis 1990 wurden dann auf ca. 8,0 ha Fläche ungefähr 45.000 Zirben, Fichten und Lärchen bis zu einer Seehöhe von 2.200 m gepflanzt. Die meisten nacktwurzeligen Pflanzen fielen sofort aus, mit Topfpflanzen konnten größere Erfolge erzielt werden.

Seit ca. 10 Jahren stellt sich v.a. bei den Zirben ein vitales Wachstum ein. Dies hängt wohl auch mit Änderungen im Jagdmanagement zusammen (Erhöhung des Abschussplanes, jagdliches Sperrgebiet). Verbiss- und Fegeschutz sind aber trotzdem wesentlich. Bei zukünftig geplanten Nachbesserungen werden vor allem die bereits vorhandenen, vitalen Rottenstrukturen ergänzt.

1996 wurde im Anbruchgebiet der „Thomasecklawine“ eine Schnee- und Wettermessstation (als Ergebnis einer Studie durch GUBLER) von den Österreichischen Bundesbahnen errichtet. Die Datenübertragung erfolgt über Funk. Wind-, Schnee-, und Klimakennwerte unterstützen die ÖBB-eigene Lawinenwarnkommission bei der Formulierung von Aussagen über die aktuelle Lawinensituation. Die Kommission besteht aus 5 Mitgliedern und ist für die Beurteilung der Lawinensituation im Bahnhof Bockstein zuständig. Dabei gibt es eine enge Zusammenarbeit mit benachbarten Lawinenkommissionen und dem meteorologischen Dienst des Landes Salzburg. Die Arbeit der Kommission wird in einer Dienstanweisung geregelt, wobei die Mitglieder in ihrer Arbeit weisungsfrei und ungebunden sind. Die Lawinenwarnkommission empfiehlt dem zuständigen Betriebsleiter das Einsetzen von temporären Maßnahmen und deren Aufhebung. Grundlage der Entscheidung sind einerseits die verlaublichen Gefahrenstufen (1-5) des Landeslawinenwarndienstes (in Anpassung an die Verbaunungsmaßnahmen in den Anbruchgebieten). Andererseits bilden die Daten der Wetterstation, Geländebegehungen sowie Erkundungsflüge die Basis der Handlungsempfehlungen.



Abb. 2: Anbruchgebiet der „Feuersanglawine“ im Winter
Fig. 2: Starting zone of the “Feuersanglawine” in winter

AKTUELLE ERGEBNISSE

Im April 2001 war - nach einer Periode intensiver Schneefälle - die Kapazitätsgrenze der technischen Verbaunungen im Anbruchgebiet erreicht. Lt. Wettermessstation betrug der Neuschneezuwachs innerhalb von 48 Stunden 80 cm. Die Station meldete weiters schwache Winde aus östlicher Richtung. Die Landeslawinenwarnzentrale verfügte Gefahrenstufe 4. Am 23. April 2003 wurde von der ÖBB-Lawinenkommission ein Helikopterflug durchgeführt und kurz darauf der gesamte Bahnhof Bockstein gesperrt. Durch Windeinwirkung aus dem Norden war die Anbruchverbaunung der „Feuersanglawine“ überschneit und damit wirkungslos. Am 25. April 2003 setzte sich die Schneedecke durch Föhnwindwirkung (+ 10 Grad C in 2.000 m Seehöhe) rasch und die Streckensperre wurde aufgehoben.

Da die Windverhältnisse in den beiden Anbruchgebieten völlig unterschiedlich sind, lässt sich von Daten der Wetterstation „Thomaseck“ nicht auf die Situation im Anbruchgebiet „Feuersang“ schließen. Im Sommer 2002 wurde daher eine weitere Messstation im Einzugsgebiet der „Feuersanglawine“ errichtet.

Es hat sich gezeigt, dass die Kombination permanenter und temporärer Maßnahmen das hohe Schutzbedürfnis der Österreichischen Bundesbahnen optimal erfüllt.

Der größte Risikofaktor bei der Entstehung von lawinengefährlichen Situationen im Untersuchungsgebiet ist der Windeinfluß. Seit der Installation der meteorologischen Station im Lawinengebiet „Feuersang“ wurden Windspitzen von bis zu 280 km/h gemessen. Zur Beurteilung der Schneeverfrachtungen und zur Planung von gegenlenkenden Maßnahmen entwickeln die Österreichischen Bundesbahnen aktuell ein Optimierungssystem für Verwehungsverbauungen. Erste Ergebnisse werden im Jahr 2004 erwartet.

Zur Optimierung technischer Maßnahmen im Anbruchgebiet ist die Anwendung von verschiedenen Lawinensimulationsmodellen im Zuge einer Risikoanalyse geplant.

Die zur Bahnbauzeit in händischer Schwerarbeit errichteten Steinmauern, welche bis auf eine Seehöhe von 2.300 m reichen, stellen zunehmend ein Steinschlagproblem - sowohl für die unterliegenden Verbauungen, als auch für die Sicherheit der Arbeitsmannschaften - dar. Insbesondere während der Schneeschmelze kommt es zu einer hochgradigen Durchfeuchtung des Hinterfüllungsmaterials. Die Wirkung der ursprünglichen Drainagen ist nicht mehr gegeben. Das führt zu Ausbauchungen an der Luftseite (PRAX, 1995). Die Österreichischen Bundesbahnen sammeln seit Jahren Erfahrungen mit verschiedenen Sanierungsarten. In diesem Kontext hat sich das folgende, dreistufige Modell als langfristig wirkungsvoll erwiesen:

Zunächst wird im hinteren Bereich der Mauer die Entwässerung mittels Drainagerohren und Kunststoffdrainmatten erneuert. Die wiederhergestellte Geländeoberfläche wird mit einer speziellen Hochgebirgssaatgutmischung eingesät.

Danach wird vor die Mauer ein Stahlbetonankerbalken gesetzt, welcher auf Betonscheiben ruht. Mittels doppelt korrosionsgeschützten Einstabankern erfolgt eine kraftschlüssige Verbindung durch die Mauer hindurch mit dem anstehenden Fels. Die Ankerlängen betragen zwischen 9,00 und 12,00 m.

Der große Vorteil der kostspieligen Stahlbetonkonstruktion liegt einerseits in der Langlebigkeit und andererseits in der Möglichkeit, Stahlschneebrücken aufsetzen zu können. So gelingt es, die Wiederverwendung gebrauchter Schneebrücken der Type D=3.1, welche in anderen Bereichen des Anbruchgebietes durch den Typ D=4.0 ersetzt werden müssen, sicherzustellen. In Kombination mit der Mauer ergibt sich somit eine wirksame Schneemächtigkeit von 4,50 bis 5,0 m (PRAX, 1995). In Abb. 3 ist das Sanierungskonzept für Lawinenmauern im Querschnitt dargestellt.

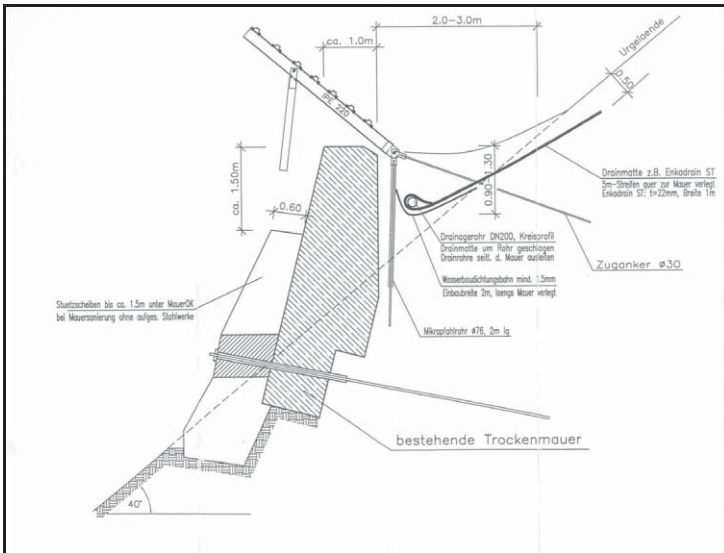


Abb. 3: Lawinenmauer – Querschnitt (PRAX, 1995)

Fig. 3: Avalanche control wall – cross section (PRAX, 1995)

SCHLUSSFOLGERUNG

Die aktuellen Ergebnisse im vorliegenden Untersuchungsgebiet zeigen, dass nur eine Kombination unterschiedlicher Maßnahmen das hohe Sicherheitsbedürfnis einer alpenquerenden Eisenbahnlinie erfüllen kann. Neben den Verbauungen im Anbruchgebiet ist die laufende Beurteilung der Lawinensituation durch eine Kommission von Sachverständigen unumgänglich.

Die örtliche Planung und die Ausführung von Schutzmaßnahmen stützten sich bislang auf Ereignisdokumentationen und Naturbeobachtungen. Zukünftig sollen sie durch – den Stand der Technik entsprechende – Analyseverfahren und Simulationsmodelle ergänzt werden.

LITERATUR

- Schubert, E., (1903): „Schutz der Eisenbahnen gegen Schneeaverwehungen und Lawinen“, *Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig* 1903.
- Matznetter, J., (1952): „Die Trasse der Österreichischen Bundesbahnen und ihre Beziehungen zu den physisch-geographischen Elementen der durchmessenen Landschaften“, *Geographisches Institut der Universität Salzburg, Salzburg* 1952.
- Prax, H., (1995): „Integrales Verbauungsprojekt Feuersanglawine – Bökkstein“, *Technischer Bericht, ZT-Büro Rothuber, Attnang* 1995.
- BUWAL, (1990): „Richtlinien für den Lawinenverbau im Anbruchgebiet“, *Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern* 1990.
- Gubler, H., (1995): „Risikoanalyse und Sicherheitsplanung ÖBB-Ausbaustrecke Bökkstein“, *Gutachten im Auftrag der ÖBB, ALPUG, Davos* 1995.