

# **Überprüfung und Überwachung des Steinschlagschutzsystems bei der Alpjengalerie**

W. Clausen dipl. Bauing. ETH/SIA, Teyssere & Candolfi AG; Visp

## Überprüfung und Überwachung des Steinschlagschutzsystems bei der Alpjengalerie

auf der Simplon-Passstrasse A9  
mittels MR2002 und MC1

W. Clausen dipl. Bauing. ETH/SIA

Das hier vorgestellte Schutzsystem besteht aus zwei „Schutzvorhängen“ mit vertikal an einem Trageil frei hängenden Stahlrohren. Die Spannweite der Trageile beträgt 23 m resp. 27 m mit einem Seildurchhang von jeweils ca. 3 m. Die 18 resp. 19 Hängeelemente von je ca. 700 kg sind zwischen 3.5 m und 5 m lang. Diese werden vertikal in einem Abstand von 1 m am Trageil aufgehängt (Fig. 2). Der horizontale Abstand zwischen den Schutzvorhängen beträgt 20 m.

Die Wirkungsweise des Schutzvorhanges besteht in seiner Trägheitsmasse, welche einem aufprallenden Massenkörper Energie absorbiert. Der Schlagkörper wird vom Schutzvorhang abgelenkt, jedoch nicht zurückgehalten. Das System ist für Aufschlagenergien von bis zu 8'000 kNm konzipiert.

Im vorliegenden Fall schützt dieses System die Überlaufrinne und die Konstruktion der Alpjengalerie sowie die der Galerie gegenüberliegende historisch wertvolle Steinbogenbrücke der alten Simplonstrasse vor Steinschlagschäden.

Aufgrund der fehlenden Erfahrungswerte ist der Nachweis der Funktionstüchtigkeit und Wirksamkeit des Systems durch Beobachtung und Überwachung sinnvoll und angebracht.

Bei dem für die Alpjengalerie konzipierten Steinschlagschutzsystem (Foto 1) soll dessen Funktionstüchtigkeit mittels Überprüfung und Überwachung aufgrund von Erschütterungsmessungen bestätigt werden. Im Weiteren erhofft man sich, aus der resultierenden Datenauswertung Rückschlüsse bezüglich der Einwirkungen auf das Schutzsystem führen zu können. Die Erschütterungsmessungen bieten in diesem Sinne Ersatz für aufwendige Feldversuche.



Foto 1: Ansicht Schutzvorhang

## Ausgangslage

Die Alpjengalerie befindet sich auf der Simplon-Passstrasse im Abschnitt Simplon-Dorf bis Gondo auf einer Höhe von 1'044 m.ü.M. Im Bereich des einfallenden Alpenbaches war die alte Simplonstrasse von jeher stark steinschlag- und lawinengefährdet. Aus diesem Grunde wurde 1968 im Zuge einer neuen Linienführung der Strasse die Alpjengalerie erstellt. Mit der Galerie wird der Alpenbach unterquert. Eine Schussrinne (L=18.5m, B=14m) führt den Bach über die Galeriedecke.

1988 musste die Schussrinne aufgrund erheblicher Steinschlagschäden instandgestellt werden. Trotz einer massiven Verstärkung der Rinne mittels eines Stahlträgerrostes konnten weitere Steinschlagschäden nicht verhindert werden.

Die Unwetter vom September 1993 führten in der Folge zu noch grösseren Schäden, welche eine neuerliche Instandstellung der Überlaufrinne erforderten, wollte man weiterhin einen ausreichenden Schutz des Strassenverkehrs durch die Galerie gewährleisten.

Grundsätzlich bietet die Galerie mit der Überlaufrinne Schutz vor Wasser, Schnee und Steinschlag. Währenddem der Schutz gegen Wasser und Schnee, respektive Lawinen ausreichend ist, mangelt der Schutz gegen Steinschlag. Im Zusammenhang mit der Instandstellung der Überlaufrinne, welche 1996 durchgeführt wurde, hat man sich deshalb über eine Neukonzeption bezüglich des Steinschlagschutzes geeinigt.

Um einerseits den bestehenden Schutz aufrecht zu erhalten und andererseits einen verbesserten Schutz gegen die massive Steinschlaggefährdung zu erwirken, wurde nach einem wirkungsvollen Schutzsystem gesucht.

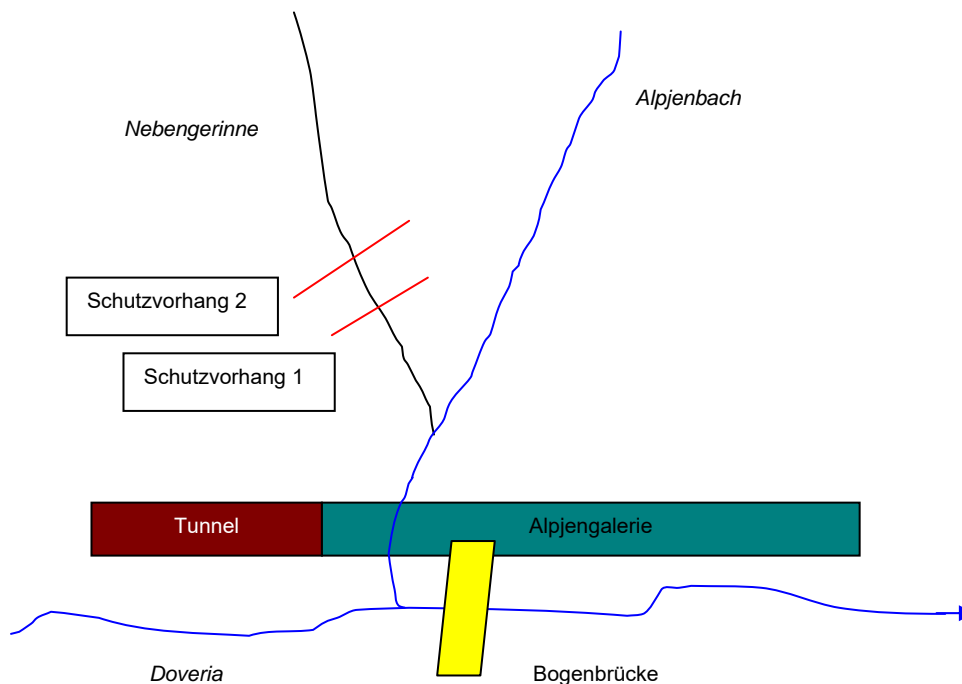


Fig. 1: schematische Darstellung der Situation

## Grundlagen

Im Folgenden wird kurz auf die speziellen topographischen Verhältnisse des Einzugsgebietes und den sich daraus ergebenden Randbedingungen für ein geeignetes Schutzsystem eingegangen.

Neben dem eigentlichen Hauptgerinne des Alpenbaches schliesst ein Nebengerinne ca. 50 m oberhalb der Galerie westlich an das Hauptgerinne an (Fig. 1).

Interessanterweise lassen sich nämlich die massgebenden Einwirkungen ziemlich eindeutig der unterschiedlichen Topographie von Haupt- und Nebengerinne zuordnen.

Die Gefährdung durch Wasser erfolgt ausschliesslich durch das Hauptgerinne des Alpenbaches. Das Einzugsgebiet reicht bis auf eine Höhe von ca. 3'500 m.ü.M. (Monte Leone).

Eine Abschätzung der Lawinengefährdung zeigt eine klare Abgrenzung des massgebenden Anrissgebietes des Lawinenzugs Alpenbach seitlich und gegen oben. Das Gebiet liegt unterhalb 1'600 m.ü.M. Lawinenniedergänge können vom Bachbett aufgenommen und abgeführt werden. Ein Ausbrechen einer grösseren Lawine im unteren Bachabschnitt ist möglich.

Das Anrissgebiet des Nebengerinnes kennzeichnet sich durch sehr steile Felspartien aus. Das Einzugsgebiet ist deutlich kleiner und nach jedem grösseren Schneefall sind Schneerutsche zu erwarten, die in der Regel im Nebengerinne liegenbleiben. Kleinere Lawinenniedergänge reissen im 35-40° steilen Gebiet zwischen 1'200 und 1'400 m.ü.M. an.

Das Hauptgerinne des Alpenbaches ist oberhalb 1'100 m.ü.M. stark verengt, so dass durch diese Schlucht kein Steinschlag zu erwarten ist. Die massive Steinschlaggefährdung ist durch die Gefahrenpotentiale im Nebengerinne gegeben.

Diesen Ausführungen folgernd ist die Lage des Steinschlagschutzsystemes vorbestimmt. Zum einen ist die Gefährdung „Steinschlag“ klar dem Nebengerinne zugeordnet. Zum anderen kann der Beeinträchtigung des Systems durch grosse Lawinenniedergänge im Hauptgerinne ausgewichen werden. Die Lage des Schutzsystems liegt oberhalb der Vereinigung von Haupt- mit Nebengerinne.

Die genaue Lage des Systems im Nebengerinne des Alpenbaches ergab sich aus einer detaillierten Blocksturzanalyse (Blöcke mit 1/5/10 m<sup>3</sup>, Variation Geometrie). Zusammen mit der Gefügeanalyse und der Erstellung der Gefahrenpotentialkarte (erstellt in Zusammenarbeit mit dem CRSFA, Zentrum für wissenschaftliche Grundlagenforschung und angewandte Forschung in Sitten) wurden die Randbedingungen für ein wirkungsvolles System vorgezeichnet.

Aufgrund der sich ergebenden hohen Steinschlagenergieen (bis ca. 8'000 kNm) im betrachteten Querschnitt musste von den gängigen Schutznetzsystemen (Energieaufnahmekapazität ca. 1'500 bis 2'500 kJ) abgeraten werden. Auch der Umstand, dass bei Schutznetzen die Steinblöcke zurückgehalten und vor dem System abgelagert werden, entspricht nicht den gewünschten Anforderungen bezüglich Wirkungsweise und Unterhalt der Anlage.

## Massnahmenplanung

Der eingangs beschriebene Steinschlag-Schutzvorhang erfüllt die vorgegebenen Randbedingungen.

Durch den Schutzvorhang wird einem auftreffenden Steinblock möglichst viel seiner kinetischen Energie vernichtet. Die Steinblöcke werden verlangsamt und die Sprungbewegung in eine Rollbewegung überführt. Der Steinblock passiert den Schutzvorhang, überrollt anschliessend die Galeriedecke über die Schussrinne, ohne dabei

mit grosser Energie aufzutreffen. Eine Ablagerung vor der Schutzeinrichtung wird vermieden. Damit entfällt die aufwendige Räumung der Schutzanlage.

Aufgrund der möglichen Schnee- und Lawinverhältnisse im Nebengerinne muss der Abstand zwischen dem Vorhang und dem Untergrund mindestens 2 m aufweisen. Damit wird vermieden, dass die Hängeelemente in die Schneedecke, resp. die Schneeablagerungen eingebunden werden. Im Falle eines Lawinnenederganges pendelt der frei hängende Vorhang nach vorne aus und „schwimmt“ quasi auf der durchfliessenden Schneemasse. Verankerungen und Tragseil sind auf eine 30jährige Lawineneinwirkung bemessen.

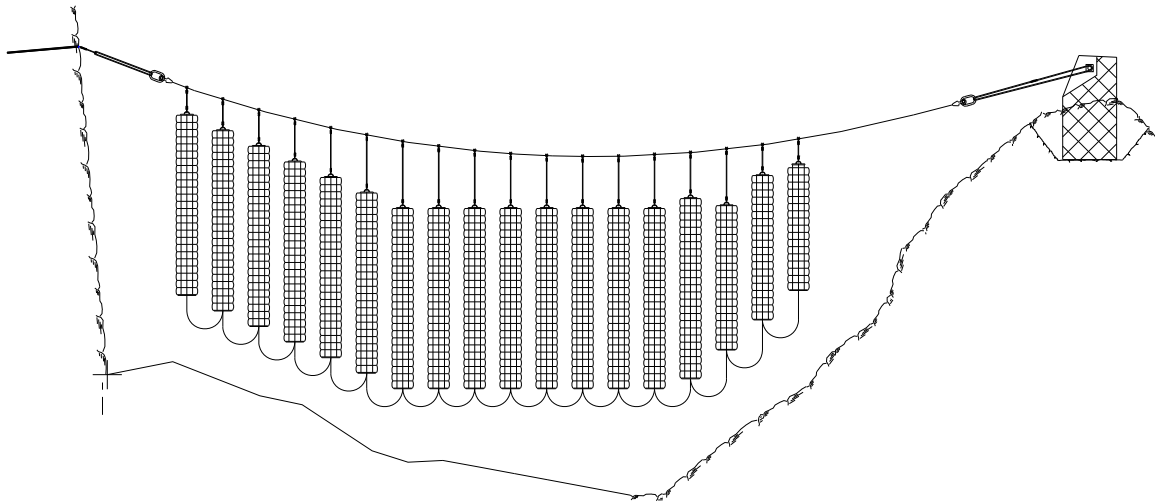


Fig. 2: Ansicht Schutzhvorhang 1

## Überwachungs- und Beobachtungskonzept

Für die gewählte Schutzanlage liegen keine Erfahrungswerte vergleichbarer Schutzsysteme vor. Aufgrund der Blocksturzanalyse wurden die möglichen Einwirkungen infolge Steinschlag abgeschätzt. Die Einrichtung von Feldversuchen ist äusserst aufwendig und steht in keinem Verhältnis zu den Realisierungskosten.

Bauherrschaft und Projektleitung haben sich deshalb entschlossen, Funktionstüchtigkeit und Wirkungsweise durch Beobachtung und Überwachung der realisierten Anlage genauer abzuklären. Damit sollen Daten für allfällige zukünftige, gleichgelagerte Systeme erfasst werden.

In diesem Zusammenhang interessieren insbesondere:

- die Häufigkeit der Ereignisse
- die jahreszeitliche Verteilung der Ereignisse
- die Verteilung der „Treffer“ auf dem Schutzhvorhang
- die Aufschlagenergie der Einwirkungen
- das Verhalten der Anlageelemente
- die audio-visuelle Erfassung von Ereignissen

Daraus abgeleitet sollen Grundlagen für eine optimierte Bemessung und Einrichtung solcher Schutzanlagen resultieren.

## Einsatz des MR2002 und MC1

Um die gewünschten Daten erfassen zu können, sollen mittels dem Erschütterungsgerät MR2002 periodisch Messungen durchgeführt werden.

Im Dezember 1998 wurde deshalb ein erster Versuch mit der Einrichtung von Geschwindigkeitssensoren (Uniaxialsensoren) des Typs MS 2003 durchgeführt.

Ziele des Versuches waren:

- Abklärungen bezüglich der Möglichkeit der Platzierung der Sensoren
- Einrichtung der Messstation MR2002
- Datenübertragung der Sensoren zur MR2002-Station (Länge des Verbindungskabel 35 m)
- Datenübertragung mittels MC1

#### *Einrichten der Sensoren*

Es wurden zwei uniaxiale Geschwindigkeitssensoren des Typs MS2003 installiert. Zur Erfassung eines möglichen Steinschlages wurde ein Sensor ca. 30 m oberhalb des ersten Schutzvorhanges auf die Felsoberfläche des Nebengerinnes plaziert. Die Ausrichtung der z-Axe war rechtwinklig zum Terraingefälle.

Der zweite Sensor wurde auf die Kopfplatte eines Hängeelementes des ersten Schutzvorhanges montiert. Damit sollten allfällige Treffer registriert werden. Die Ausrichtung der z-Axe entspricht der Ausschlagrichtung des Hängeelementes, also in Fallrichtung eines möglichen Steinschlages.

#### *Einrichten der Messstation MR2002 und MC1*

Zum Schutz vor Steinschlag und Schnee wurde die Messstation auf der Rückseite des Abspannssockels des ersten Schutzvorhanges eingerichtet. MR2002 und MC1 wurden in einer isolierten Plastikbox vor Nässe und Kälte geschützt (Foto 2). Die Stromversorgung konnte über einen Anschluss bei der Notrufsäule in der Galerie erfolgen.



Foto 2: Messeinrichtung MR2002 / MC1

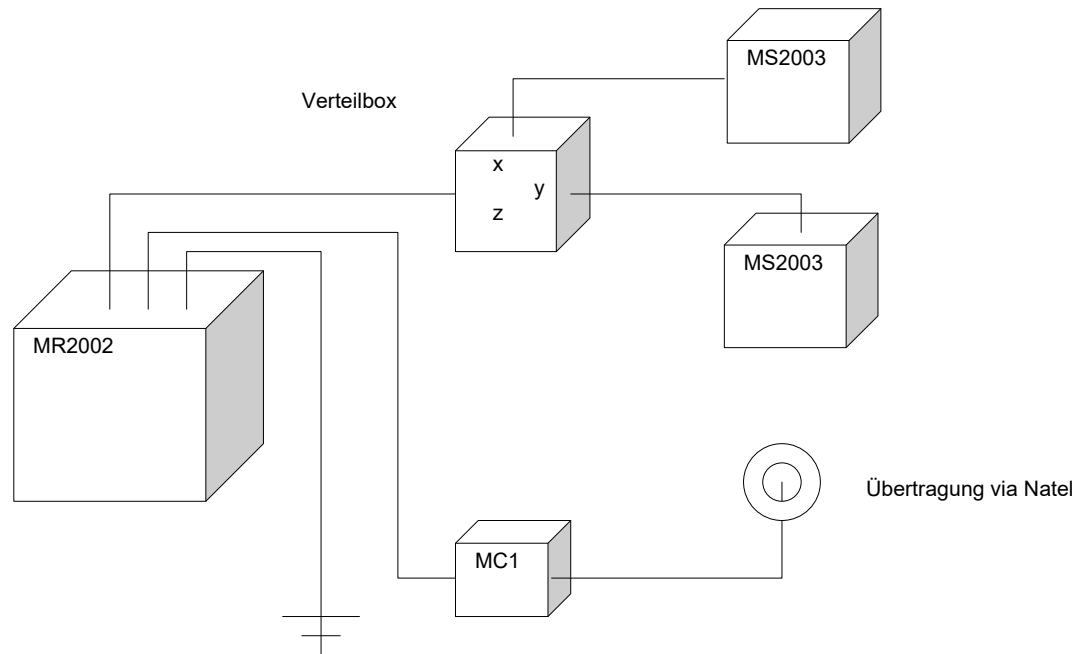


Fig. 3: schematische Darstellung der Messeinrichtung

## Schlussfolgerung

### Erkenntnisse aus dem Versuch

Folgende Zielsetzungen wurden erreicht:

- Die Verbindung über MC1 funktionierte einwandfrei. Eine Verbindung und damit der Abruf von Daten konnte jederzeit aufgebaut werden.
- Keine Beeinträchtigung infolge Verlängerung der Verbindungskabel zu den Sensoren
- Die Installation der Sensoren auf den Hängeelementen ist aufwendig
- 

Während der Messperiode des Versuches wurde kein Ereignis erfasst

### Weiteres Vorgehen

Ab Frühjahr 1999 soll mit einer Messkampagne die gewünschten Daten erfasst und ausgewertet werden.

Zu diesem Zweck werden entgegen dem Vorversuch Beschleunigungssensoren (infolge der erwarteten grossen Auslenkung der Hänger) auf den Hängeelementen der Schutzvorhänge installiert. Die Datenerfassung erfolgt über die MR2002-Station. Aufgrund der aufwendigen Zugänglichkeit zur Messstation erweist sich der Datenabruf mittels MC1 als ideale Einrichtung.

Als Option darf die Erfassung von Ereignissen während der Messperiode mittels Videokamera erwähnt werden. Zu diesem Zweck sollte die Auslösung der Aufnahme über die Erschütterungsmessung gekoppelt sein.