

Kanton: Bern  
 Gemeinden: Oberried am Brienersee, Niederried bei Interlaken  
 Linie: 469  
 Strecke: Meiringen - Interlaken Ost  
 Km: 60.920 – 67.200

A 1

**Projektverfasser**

geoformer igp AG  
 Sebastiansplatz 1  
 3900 Brig-Glis



Damian Steffen, 18.12.2020

**Bauherrschaft**

zb Zentralbahn AG  
 Bahnhofstrasse 23  
 6362 Stansstad



Christoph Jeckelmann, 18.12.2020


Index	Art der Aenderung / Ergänzung	Datum	Gez.	Gep.
-------	-------------------------------	-------	------	------

# Technischer Bericht

**Bauprojekt**

Projektnr.: 1158896



Sebastiansplatz 1  
 CH-3900 Brig-Glis

info@geoformer.ch  
 www.geoformer.ch

Tel. +41 (0)27 552 15 00

Verfasst	dst, mpr, mwi
Geprüft	dst
Datum	11.12.2020

## Inhaltsangabe

Zusammenfassung.....	2
1 Zusammenfassung der Vorakten .....	3
2 Grundlagen .....	4
3 Handlungsbedarf .....	5
3.1 Massgebende Prozesse .....	5
3.2 Gefahrenbeurteilung .....	6
3.3 Massgebende Szenarien .....	7
3.4 Intensitätskarten .....	8
3.5 Risikobeurteilung.....	9
4 Massnahmenplanung Lawinen.....	13
4.1 Variantenstudium und Entscheide .....	13
4.2 Massnahmenkonzept Brienzgrat .....	14
4.3 Risikoreduktion .....	18
4.4 Systemsicherheit und Überlastfall.....	19
4.5 Unterhaltsorganisation und Instandhaltungskonzept .....	20
5 Kosten .....	21
5.1 Kostenbasis .....	21
5.2 Detaillierter Kostenvorschlag und Kommentierung .....	21
5.3 Nachweis der Wirtschaftlichkeit.....	21
6 Auswirkung der Massnahmen auf die Umwelt .....	22
7 Nutzniesser und deren Beteiligung .....	25
7.1 Bauherrschaft .....	25
7.2 Angaben zu Nutzniessern.....	25
8 Zeitliche Planung .....	25

## Zusammenfassung

Die Zentralbahn sowie die Kantonsstrasse verlaufen auf der Strecke zwischen Brienz und Interlaken entlang des Brienersees nahezu parallel und sind dabei auf 10 Kilometern durch 18 Lawinenzüge und Murganggerinne gefährdet. Die Hauptgefährdung geht dabei vom Prozess Lawine im Allgemeinen, sowie von **nassen Fliesslawinen** im Speziellen aus.

Das individuelle Todesfallrisiko für den Prozess Lawine ist für die Strasse verletzt und liegt für die Bahn im Übergansbereich. Für den Prozess Murgang liegt es nur für die Strasse im Übergansbereich. Beide Verkehrsträger weisen in sieben der 18 Lawinenzügen **Schutzdefizite** auf, welche die Umsetzung von Massnahmen erforderlich machen.

Mit dem Ziel, das Risiko für die beiden Verkehrsträger zu reduzieren und auf ein akzeptables Niveau zu senken, wurde ein **ganzheitliches Massnahmenkonzept über alle Lawinenzüge** entworfen. Es stützt sich ausschliesslich auf organisatorische Massnahmen, da bauliche als nicht kostenwirksam und biologische oder forstliche als nicht praktikabel verworfen wurden. Das Massnahmenkonzept besteht aus einem **integralen Sicherheitskonzept** über alle Lawinenzüge, in Kombination mit einem **Alarm- und Detektionssystem** in den sieben Lawinenzügen mit Schutzdefiziten. Dabei deckt das Alarmsystem häufige, aber schlecht vorhersehbare Nassschneelawinen ab. Seltene, aber besser vorhersehbare Trockenschneelawinen werden können mit präventiven Sperrungen ausreichend berücksichtigt werden. Besonderer Wert wird bei beiden Massnahmen auf die Nutzung des Synergiepotentials der beiden Verkehrsträger Strasse und Bahn gelegt. Vom neuen gemeinsamen Sicherheitskonzept und von den neuen Detektionssystemen profitieren weiter auch die Gemeinden betreffend die bestehenden, organisatorischen Massnahmen zum Siedlungsschutz bei seltenen Ereignissen.

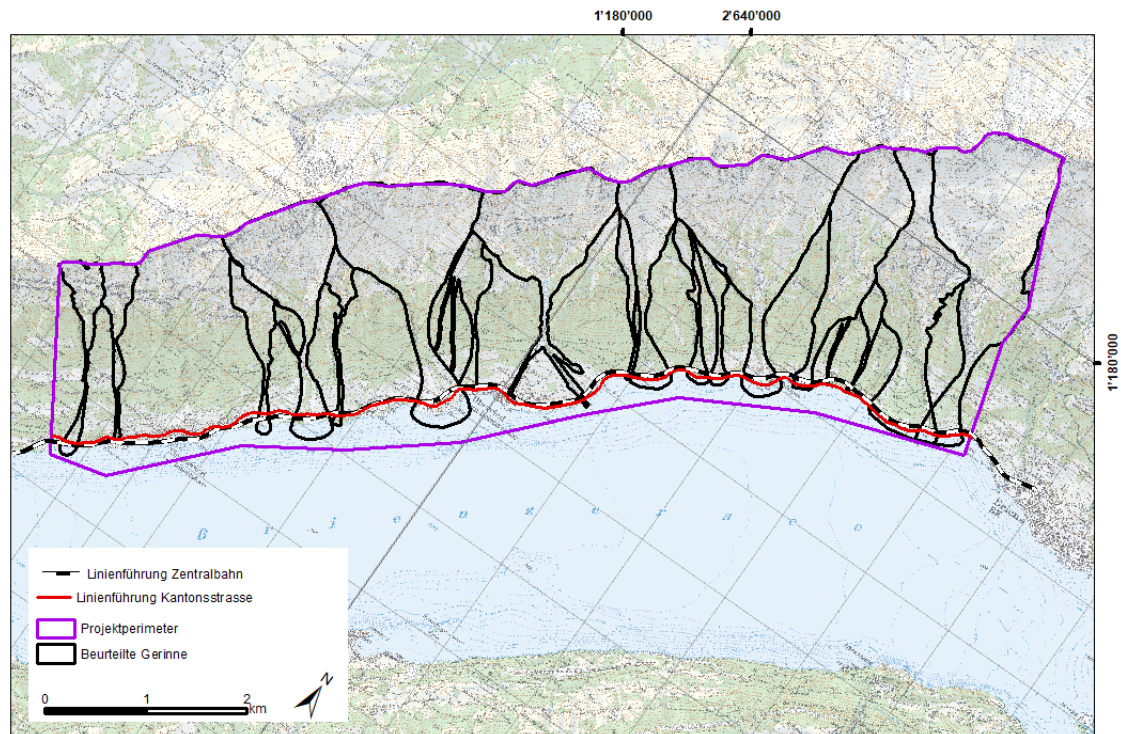
Die Gesamtkosten für das Alarmsystem inkl. Signalisation und Montage belaufen sich auf **3.19 Mio. CHF** inkl. MWST. Unter Berücksichtigung aller beitragsberechtigten Kosten liegt das **Nutzen/Kosten-Verhältnis** über alle sieben Lawinenzüge betrachtet **bei 1.49**.

Die geplanten Massnahmen kommen hauptsächlich auf Parzellen der im Projekt involvierten Parteien zum Liegen: zb Zentralbahn AG, Kanton Bern, Gemeinde Oberried. Einzelne Parzellen sind in Privateigentum oder der Gemeinde Niederried zugehörig. Unter Berücksichtigung der in Kapitel 6 zusammengefassten Massnahmen können die Schutzmassnahmen umweltverträglich ausgeführt und betrieben werden.

Bau und Installation des Alarm- und Detektionssystems sind für Herbst 2021 geplant, die Inbetriebnahme zusammen mit dem Sicherheitskonzept ist für Ende 2021 vorgesehen.

## 1 Zusammenfassung der Vorakten

Die Zentralbahn sowie die Kantonsstrasse verlaufen auf der Strecke zwischen Brienz und Interlaken entlang des Brienzersees nahezu parallel und sind dabei auf 10 Kilometern durch 18 Lawinenzüge und Murganggerinne gefährdet (Abbildung 1).



*Abbildung 1*

*Übersicht des Projektperimeters und der 18 Lawinenzüge am Brienzensee, welche Zentralbahn und Kantonsstrasse gefährden.*

Die Gefährdung der Verkehrswege durch Lawinen und Murgänge zwischen Brienz und Interlaken war bereits Gegenstand zahlreicher Untersuchungen [4][6][12][13]. Dabei wurden seit den 1980er Jahren diverse bauliche Massnahmen projektiert [4][10][11][14], aber nie realisiert. Die Gründe dafür sind vielfältig, aber sicherlich im generell beschränkten Flächenangebot am rechten Brienzenseeufer sowie der teils sehr steilen Ufertopographie zu finden. Die grossen landschaftlichen Eingriffe baulicher Massnahmen sowie die hohen Kosten dürften ihren Teil dazu beigetragen haben. So wurden z.B. seit 1973 nach dem Leitdamm in der Bolau keine Massnahmen für Lawinen im Projektperimeter mehr realisiert.

In der Vorstudie für die Bahn [4] waren organisatorische Massnahmen<sup>1</sup> in Form von Alarmsystemen dementsprechend wesentlich kostenwirksamer als bauliche Massnahmen. Zudem

---

<sup>1</sup> Als organisatorisch werden Schutzbauten bezeichnet, deren Umsetzung keine Veränderung der Intensitäts- resp. der Gefahrenkarte zur Folge hat.

können «moderne» Alarmsysteme (welche zugleich als Detektionssysteme arbeiten) ebenfalls die Sicherheit im Siedlungsgebiet erhöhen, wenn sie in ein entsprechendes Sicherheitskonzept integriert sind. Daraufhin wurde in der gemeinsamen *Vorstudie Lawinenalarmsystem Brienergrat – Zentralbahn und Kantonsstrasse* [1] a priori nur organisatorische Massnahmen betrachtet. Diese setzten sich aus einem **integralen Sicherheitskonzept** in Kombination mit einem **Alarm- und Detektionssystem** in den sieben kritischsten Lawinenzügen zusammen. Dabei deckt das Alarmsystem häufige, aber schlecht vorhersehbare Nassschneelawinen ab. Seltene, aber besser vorhersehbare Trockenschneelawinen werden per Sicherheitskonzept und präventiver Sperrung berücksichtigt. Die Gemeinde Oberried am Brienersee profitiert dabei vom Zugang zu den Daten des Alarmsystems und von der Einbindung in das integrale Sicherheitskonzept.

Dieses Massnahmenkonzept sowie die gesamte Vorstudie [1] wurden regelmässig mit Christian Pfammatter, Amt für Wald und Naturgefahren, Ricarda Bender-Gäl, Strasseninspektorat Oberland Ost des Tiefbauamts des Kantons Bern und Christoph Jeckelmann, Zentralbahn besprochen. Weiter wurde die Einwohnergemeinde Oberried als Nutzniesserin des Projektes entsprechend informiert. Anlässlich einer Besprechung der Einwohnergemeinde mit dem Amt für Wald und Naturgefahren wurde entschieden, den seit längerem erfolgreich verfolgte Lawinenschutz mittels organisatorischer Massnahmen, Direktschutzmassnahmen sowie konsequenter Umsetzung der Gefahrenkarte in der Raumplanung weiterzuverfolgen. Auf bauliche Massnahmen wird vorerst, wie bereits nach früheren Studien [10][11], auf Grund der hohen Kosten wie auch der schwierigen Realisierbarkeit und Akzeptanz verzichtet. Dagegen sollen mit der Mitarbeit beim Sicherheitskonzept die eignen organisatorischen Massnahmen optimiert und auf Bahn und Strasse abgestimmt werden (vgl. Kapitel 4.2.2).

Der vorliegende Bericht dokumentiert das, auf der Vorstudie [1] aufbauende, Massnahmenkonzept und die Dimensionierung des geplanten Lawinenalarmsystems.

## 2 Grundlagen

Nachfolgend sind die im technischen Bericht verwendeten projektspezifischen Grundlagen aufgelistet.

- [1] geformer igp AG: Vorstudie Lawinenalarmsystem Brienergrat – Zentralbahn und Kantonsstrasse. Brig. 17.08.2020.
- [2] geformer igp AG: Sicherheitskonzept Lawinen Brienergrat Winter 2018/19. Technischer Kurzbericht. Brig, 9. Juli 2019.
- [3] zb Zentralbahn AG: Naturgefahren: Schutzziele und Organisation, Version 1.0, März 2018.

- [4] geoformer igp AG: Vorstudie Lawinen Brienergrat, Technischer Bericht, Brig, 21. Januar 2019.
- [5] Kanton Bern: Risikostrategie Naturgefahren: Umgang mit dem Risiko von Wasser-, Massenbewegungs- und Lawineneignissen, Grundlagenpapier, Bern, 24. August 2005.
- [6] geoformer igp AG: Vereinfachte Vorstudie Kantonsstrasse Brienersee, Brig, 13. April 2020.
- [7] Arbeitsgemeinschaft Naturgefahren, Gefahrenkarte Niederried bei Interlaken.: Gefahrenkarte der Gemeinde Niederried, Technischer Bericht, 2004.
- [8] Ingenieur- und Geologengemeinschaft KELLERHALS + HAEFELI AG / KISSLING + ZBINDEN AG: Naturgefahrenkarte der Gemeinde Oberried am Brienersee, Technischer Bericht, 2005.
- [9] geo7 und NDR Consulting GmbH: Gefahrenkarte der Gemeinde Brienz, Technischer Bericht, Überarbeitung 2012.
- [10] Glenz, Walther & Winkler AG, Emch + Berger AG: Vorstudie – Lawinen- und Murgangssicherheitsmassnahmen Hirscheren- und Fahrlauigraben. März 2007.
- [11] AlpuG: Lawinen- und Murgangalarmanlage Farlaur Oberried zur Sicherung von Kantonsstrasse und Bahnlinie – Vorprojekt und Kostenschätzung. Dezember 2005.
- [12] Wanner AG & Impuls AG: Risikohinweiskarten Naturgefahren, Zentralbahn. 18. Dezember 2009, Thun und Solothurn.
- [13] Geo7: Risikoübersicht Naturgefahren Zentralbahn, Bern, Version 2.0. 2016.
- [14] SBB: Lawinengalerie Minachri, Vorprojekt, Technischer Bericht / Kostenschätzung 18.03.1988

### 3 Handlungsbedarf

In den folgenden Kapiteln wird die Notwendigkeit des Projektes «Lawinenalarmsystem Brienergrat» anhand der Gefahren- und Risikobeurteilung aufgezeigt. Diese basieren auf ausführlichen Gefahrenbeurteilung in der Vorstudie [1] und werden nachfolgend nur zusammengefasst.

#### 3.1 Massgebende Prozesse

Die betrachteten Lawinenzüge erstrecken sich bis auf eine Höhe von knapp 2'200 m ü. M und kreuzen die Bahnlinie und die Kantonsstrasse nach einer steilen bis sehr steilen Sturzbahn auf rund 580 m ü. M. In den Gerinnen der Lawinenzüge sind teils auch Murgänge möglich.

Aufgrund der tiefen Höhenlage stellen im Projektperimeter **nasse** bis **feuchte Fliesslawinen** das Hauptproblem für die Siedlungen und die Infrastrukturen dar. Trockene Fliesslawinen sind ebenso bekannt und dokumentiert. Diese können aber besser als nasse Fliesslawinen vorhergesagt werden und werden daher in der Regel von einer vorsorglichen Sperrung erfasst. In den Lawinenzügen Unterweidliggraben, Lauigraben und Fahrlai sind sehr selten auch Staublawinen dokumentiert. Im Projektperimeter stellen zudem Mehrfachlawinen und die damit einhergehenden Vorablagerungen ein häufiges Problem für die Verkehrsträger dar.

Die Lawinenzüge im Projektperimeter weisen zudem ein nicht vernachlässigbares **Murgangpotenzial** auf. Die steilen Rinnen weisen abschnittsweise sehr unterschiedliche Erosionspotentiale auf. Felsschluchten limitieren die Tiefenerosion in den mittleren Gerinneabschnitten. Bei grösseren Murschüben können aufgrund der grossen Gerinneneigung jedoch auch in oberen Kegelabschnitten noch Erosionspotentiale mobilisiert werden. Die Murganggerinne unterqueren Bahnlinie und Kantonsstrasse auf rund 580 m ü. M. in befestigten Schalen bzw. Durchlässen.

Die im Rahmen dieses Projektes behandelten Prozesse treten typischerweise in unterschiedlichen Jahreszeiten auf. Eine Interaktion zwischen Lawine und Murgang ist demzufolge nicht Teil der Gefahrenbeurteilung.

## 3.2 Gefahrenbeurteilung

Im Rahmen des vorliegenden Projekts wird nur zusammenfassend auf die wichtigsten Elemente der Gefahrenbeurteilung eingegangen. Für eine detailliertere Gefahrenbeurteilung wird auf die Vorstudie verwiesen.

### 3.2.1 Historische Ereignisse

Seit dem Bau der **Bahnstrecke** 1916 sind im Projektperimeter 54 Gleisverschüttungen durch **Lawinenereignisse** dokumentiert. Ereignisse, welche zu Personenschäden mit Todesfolge auf der Bahnlinie geführt haben, sind keine bekannt. Grössere Schäden wie das Mitreissen von Brücken, die Zerstörung von Gebäuden oder mehreren Metern hohen Ablagerungen auf dem Gleis sind hingegen ebenso überliefert wie Betriebsausfälle von bis zu zwei Wochen (insbesondere im Mattengraben).

Weiter sind 2 Gleisverschüttungen durch **Murgangereignisse** dokumentiert. Ereignisse, welche zu Personenschäden auf der Bahnlinie geführt haben, sind keine dokumentiert. Die Bahnlinie ist aufgrund der Brücken über die Gräben nur selten von Murgängen betroffen.

Seit Beginn der konsequenten Aufzeichnungen ab 1920 wurden im Projektperimeter 125 Verschüttungen der **Kantonsstrasse** durch **Lawinen** registriert. Personenschäden sind auf der Kantonsstrasse ebenfalls keine dokumentiert, Schäden an der Infrastruktur wie Fahrbahn und Brücken jedoch regelmässig.

Gesamthaft wurden 67 Übermurungen der Kantonsstrasse durch **Murgangprozesse** dokumentiert. Personenschäden sind auf der Kantonsstrasse keine dokumentiert. Die Kantonsstrasse ist aufgrund von Brücken mit geringerem Freibord, Durchlässen mit beschränkter Abflusskapazität und vereinzelt Gefällsknicken im Einlaufbereich der Durchlässe deutlich häufiger von Murgangprozessen betroffen als die Bahnlinie.

### 3.2.2 Bestehende Schutzbauwerke Lawinen

In den untersuchten Lawinenzügen besteht kein Anrissverbau, welcher wirksam gegen Lawinen wäre. Allerdings verhindert der Schutzwald, dass Lawinen bereits unter der Waldgrenze ( $1400 \pm 100$  m ü. M.) anreissen und verkleinert somit die potenzielle Anrissfläche für Lawinen. Zudem verläuft die **Bahnlinie** im Lauigraben, Grüttgraben, Erster Schleif, Talschleif und in der Bolalui durch Tunnel, wobei das Ostportal des Tunnels im Lauigraben im 30-jährlichen Szenario gefährdet bleibt.

Für die **Strasse** wurden in der Bolalui 1972 ein Leitdamm (140 m Länge) sowie eine Galerie auf einer Länge von ca. 43 m errichtet. Seit diesem Zeitpunkt haben sich die Strassenverschüttungen von 3- auf 15-jährlich reduziert. Von den aufgeführten Schutzbauwerken gegen Murgänge vermögen nur die Geschiebesammler der Ofenbühlentalui und Höllgrabenlalui kleinere Fliesslawinen zurückzuhalten.

### 3.2.3 Bestehende Schutzbauwerke Murgang

Die bestehenden Schutzbauwerke im Projektperimeter sind für die Bahnlinie bei Murgangprozessen nicht relevant, da sie sich entweder unterhalb der Bahnlinie befinden, die Bahn über eine Brücke mit hohem Freibord fährt oder durch einen Tunnel geführt wird.

Für die Strasse weisen die kleinen Geschiebesammler im Lindigraebli, im Minachrigaben und in der Hubellalui nur geringe Rückhaltevolumen ( $< 120 \text{ m}^3$ ) auf. Sie bieten daher nur für sehr häufige Ereignisse (bis Wiederkehrperiode 10 Jahre) eine ausreichende Schutzwirkung. Bei Murgangprozessen bis Wiederkehrperiode 100 Jahre ist die Strasse durch den Tunnel in der Bolalui ausreichend geschützt. In der Höllgrabenlalui (kleine Bachtale) sowie der Ofenbühlentalui (Dorni) wurde die Schutzwirkung der jeweiligen Geschiebesammler bei Murgangprozessen bis zur Wiederkehrperiode 10 Jahre, resp. bis zur Wiederkehrperiode 30 Jahre in der Ofenbühlentalui (Grosse Bachtalen) als ausreichend eingestuft.

## 3.3 Massgebende Szenarien

Basierend auf den in Kapitel 3.1 beschriebenen relevanten Prozessen wurden in der Vorstudie [1] in Rücksprache mit den Auftraggebern und dem Kantonalen Amt für Wald und Naturgefahren des Kantons Bern (AWN) folgende Szenarien untersucht:

- > Für den Prozess Lawine werden die 5-, 10-, 30- und 100-jährlichen Lawinenszenarien beurteilt.
- > Für den Prozess Murgang wurden die 30- und 100-jährlichen Szenarien betrachtet.

Wie im weiteren Verlauf der Gefahren- und Risikobeurteilung aufgezeigt wird, werden insbesondere seltene, aber besser vorhersehbare Ereignisse vom Sicherheitskonzept mittels beispielsweise einer vorsorglichen Sperrung abgedeckt. Aus diesem Grund wird das 300-jährliche Szenario beider Prozesse im vorliegenden Bericht, abgesehen vom Kapitel 4.4 (Systemsicherheit und Überlastfall) nicht weiter betrachtet. Die Gefahrenbeurteilung solcher seltenen Ereignisse sowie deren Ausmasse wurden in der Vorstudie [1] sowie in den Gefahrenkarten der Gemeinden Niederried bei Interlaken [7], Oberried am Brienersee [7] und Brienz BE [9] untersucht und entsprechend in das vorliegende Projekt integriert.

### 3.4 Intensitätskarten

#### 3.4.1 Resultate Lawinenzüge

Die hier zusammengefasst dargestellten Intensitäten der Lawinenereignisse sind für die Strasse und Bahn relativ ähnlich (siehe Tabelle 1). Tendenziell ist die Strasse etwas stärker betroffen als die Bahnlinie.

Lawinenzug	Intensität Bahn				Intensität Strasse			
	T5	T10	T30	T100	T5	T10	T30	T100
Höllgrabenloui								
Ofenbühnenloui								
Talschleif								
Erster Schleif								
<b>Mattengraben</b>								
<b>Unterweidligraben</b>								
<b>Lindigräbli</b>								
<b>Boloui</b>								
<b>Minachriloui</b>								
<b>Rothenfluh</b>								
<b>Hirscherengraben</b>								
<b>Spätigraben</b>								
<b>Lauigraben</b>								
Grüttgraben								
<b>Fahloui</b>								
Hopfloui								
Hubelloui								
Rumpfelgraben								

Tabelle 1

Intensitäten aller Lawinenzüge für die Zentralbahn und die Kantonsstrasse. Blau: mittlere Intensität, Dunkelblau: starke Intensität. Hervorgehoben sind die Gerinne, für welche eine detaillierte Risikobeurteilung erstellt wurde (vergleiche Kapitel 3.5).

### 3.4.2 Resultate Murganggerinne

Die Kantonsstrasse ist im Vergleich zur Bahnlinie in mehreren Gerinnen und mit stärkeren Intensitäten gefährdet. In Tabelle 2 sind die zusammengefassten Intensitäten je Lawinenzug für die beiden Verkehrsträger aufgeführt.

Murganggerinne in den Lawinenzügen	Intensität Bahn			Intensität Strasse		
	T10	T30	T100	T10	T30	T100
Höllgrabenloui					Blau	Dunkelblau
Ofenbühnenloui (Dorni massgebend)					Blau	Dunkelblau
Talschleif						Blau
<b>Mattengraben</b>			Blau		Blau	Blau
<b>Unterweidligraben</b>					Blau	Dunkelblau
<b>Lindigräbli</b>			Blau		Blau	Dunkelblau
<b>Boloui</b>						
<b>Minachriloui</b>					Blau	Dunkelblau
<b>Rothenfluhloui</b>						
<b>Hirscherengraben</b>						Blau
<b>Spätigraben</b>						
<b>Lauigraben</b>						Blau
Grüttgraben					Blau	Blau
<b>Fahrloui</b>					Blau	Dunkelblau
Hopflauigraben					Blau	Dunkelblau
Hubelloui					Blau	Dunkelblau
Rumpfelgraben					Blau	Dunkelblau

*Tabelle 2*

*Intensitäten aller Murganggerinne für die Zentralbahn und die Kantonsstrasse. Blau: mittlere Intensität, Dunkelblau: starke Intensität. Hervorgehoben sind die Gerinne, für welche eine detaillierte Risikobeurteilung erstellt wurde (vergleiche Kapitel 3.5).*

## 3.5 Risikobeurteilung

### 3.5.1 Auswahl der Lawinenzüge und Murganggerinne

Im Rahmen des ganzheitlichen Massnahmenkonzeptes werden seltenere, respektive grössere und aussergewöhnlichere Lawinen vom Sicherheitskonzept abgedeckt. Dementsprechend sind für die Lawinenzüge mit Wiederkehrperioden von mehr als 100 Jahren keine Alarmsysteme geplant.

Basierend auf den oben präsentierten Resultaten der Gefahrenbeurteilung und in Absprache mit dem Amt für Wald und Naturgefahren des Kantons Bern, wurden für 10 der insgesamt 18

Gerinne im Projektperimeter eine umfassendere Risikobeurteilung erarbeitet und auf Schutzdefizite überprüft. Bei den acht Lawinenzügen, bei welchen keine detaillierte Risikobeurteilung gemacht wurde, handelt es sich um diejenigen Züge, welche entweder erst mit einer Wiederkehrperiode von mehr als 100 Jahren die Strasse und die Bahn gefährden oder im 100-jährlichen Szenario nur die Strasse gefährden (Grüttgraben und Talschleif).

Die Systeme werden primär für Lawinen geplant, Murgänge werden aber soweit möglich berücksichtigt. Somit kann das Murgangrisiko auf der Strecke Ringgenberg–Brienz ebenfalls gesenkt werden.

Für 10 Lawinenzüge und Murgangerinne wurden die Risiken detailliert beurteilt [1]:

- > Fahrlai (Kat.-Nr. 2114)
- > Lauigraben (Kat.-Nr. 2112)
- > Spätigraben (Kat.-Nr. 2111)
- > Hirscherengrabenlai (Kat.-Nr. 2109)
- > Rothenfluhlai (Kat.-Nr. 2107)
- > Minachrilai (Kat.-Nr. 2106)
- > Bolai (Kat.-Nr. 2105)
- > Lindigraebli (Kat.-Nr. 2104)
- > Unterweildigrabenlai (Kat.-Nr. 2103)
- > Mattengrabenlai (Kat.-Nr. 2102)

### **3.5.2 Schadenpotential**

Die Infrastruktur der Bahn sowie der Strasse stellen das Hauptschadenpotential dar. Dabei sind neben der Fahrbahn und dem Gleis samt Signalen und Leitungen vor allem die Brücken und dabei im Besonderen die Brücken der Zentralbahn zu erwähnen. Das Schadenpotential wurde anhand von Standardwerten in EconoMe 5.0 bestimmt. Für weitere Details sowie spezifische Parameter sei auf die Vorstudie [1] verweisen.

### **3.5.3 Ausgangsrisiko**

#### **3.5.3.1 Bahn**

Die Ausgangsrisiken mit EconoMe 5.0 wurden folgendermassen berechnet:

- > Lawine: Mit vorsorglicher Sperrung, ohne indirekte Kosten
- > Murgang: Ohne vorsorgliche Sperrung, ohne indirekte Kosten

Da die Zentralbahn seit dem Winter 2018/19 mit dem Sicherheitskonzept Lawinen [2] arbeitet, wurde entschieden, nur die Risikoberechnung mit vorsorglicher Sperrung und ohne indirekte Kosten zu verfolgen. Die Wahrscheinlichkeit der vorsorglichen Sperrung wurde in Rücksprache mit Christian Pfammatter (AWN) und Christoph Jeckelmann (Zentralbahn) grundsätzlich auf 0.0 für T5, 0.1 für T10, 0.85 für T30 und 0.95 für T100 für Bahn und Strasse festgelegt

und, falls nötig, lawinenzugspezifisch angepasst. Zusammengefasst konnten so Lawinenzüge, welche gemäss Analyse des Ereigniskatasters besonders schwer einschätzbar sind, spezifisch berücksichtigt werden.

Da Murgänge schlecht vorhergesagt werden können, wird für diesen Prozess das Ausgangsrisiko ohne vorsorgliche Sperrung und ohne indirekte Kosten berechnet. In Tabelle 3 sind die massgebenden IST-Risiken, welche mit EconoMe 5.0 berechnet wurden, dargestellt. Für eine detaillierte Übersicht zum Ausgangsrisiko wird auf die Vorstudie verwiesen.

Das kumulierte individuelle Todesfallrisiko für den Prozess Lawine entlang der Bahnlinie im Projektperimeter beträgt  $1.41 \times 10^{-6}$  und befindet sich im Übergangsbereich. Das kumulierte individuelle Todesfallrisiko für den Prozess Murgang entlang der Bahnlinie im Projektperimeter beträgt  $1.05 \times 10^{-7}$  und liegt unter dem Grenzwert von  $1 \times 10^{-5}$  (Tabelle 3).

Lawinenzug	Lawinen		Murgang	
	Ausgangsrisiko mit vorsorglicher Sperrung, ohne indirekte Kosten [CHF/Jahr]	individuelles Todesfallrisiko	Ausgangsrisiko ohne vorsorgliche Sperrung, ohne indirekte Kosten [CHF/Jahr]	individuelles Todesfallrisiko
Mattengrabenloui	59'111	$2.6 \times 10^{-8}$	2'341	$6.04 \times 10^{-8}$
Unterweidligrabenloui	8'459	$4.85 \times 10^{-8}$	–	–
Lindigräbli	1'082	$2.99 \times 10^{-9}$	2'290	$4.43 \times 10^{-8}$
Boloui	392	$2.97 \times 10^{-9}$	–	–
Minachriloui	39'945	$9.94 \times 10^{-7}$	–	–
Rothenthalloui	5'374	$1.72 \times 10^{-7}$	–	–
Hirscherengrabenloui	2'975	$2.1 \times 10^{-8}$	–	–
Spätigraben	413	$7.82 \times 10^{-10}$	–	–
Lauigraben	6'028	$1.21 \times 10^{-7}$	–	–
Fahrloui	3'089	$2.43 \times 10^{-8}$	–	–
<b>Alle Lawinenzüge</b>		<b><math>1.41 \times 10^{-6}</math></b>		<b><math>1.05 \times 10^{-7}</math></b>

*Tabelle 3*

*Zusammenstellung der berechneten Ausgangsrisiken Lawinen und Murgang mit EconoMe 5.0. Gelb: individuelles Todesfallrisiko im Übergangsbereich.*

### 3.5.3.2 Strasse

Für jede Gefahrenstelle der Strasse wurde das Ausgangsrisiko analog zum Vorgehen der Bahn im vorigen Kapitel 3.5.3.1 berechnet (Tabelle 4). Für eine detaillierte Übersicht zum Ausgangsrisiko wird auf die Vorstudie verwiesen.

Das kumulierte individuelle Todesfallrisiko der Strasse für den Prozess Lawine im Projektperimeter beträgt  $1.06 \times 10^{-5}$  und überschreitet somit das übergeordnete Schutzziel Mensch von  $1 \times 10^{-5}$ . Das kumulierte individuelle Todesfallrisiko der Strasse für den Prozess Murgang im

Projektperimeter beträgt  $9.05 \times 10^{-6}$  und liegt somit im Übergangsbereich knapp unter dem Grenzwert.

Lawinenzug	Lawinen		Murgang	
	Ausgangsrisiko mit vorsorglicher Sperrung, ohne indirekte Kosten [CHF/Jahr]	individuelles Todesfallrisiko	Ausgangsrisiko ohne vorsorgliche Sperrung, ohne indirekte Kosten [CHF/Jahr]	individuelles Todesfallrisiko
Mattengrabenloui	9'234	$2.17 \times 10^{-7}$	37'914	$1.97 \times 10^{-6}$
Unterweidigrabenloui	26'213	$1.18 \times 10^{-6}$	36'993	$1.88 \times 10^{-6}$
Lindigräbli	901	$3.63 \times 10^{-8}$	30'969	$1.69 \times 10^{-6}$
Boloui	2'489	$1.18 \times 10^{-7}$	–	–
Minachriloui	39'880	$2.22 \times 10^{-6}$	15'683	$8.45 \times 10^{-7}$
Rothenfluhloui	10'521	$6.04 \times 10^{-7}$	–	–
Hirscherengrabenloui	70'610	$1.99 \times 10^{-6}$	7'012	$3.58 \times 10^{-7}$
Spätigraben	–	–	–	–
Lauigraben	65'724	$2.54 \times 10^{-6}$	24'217	$1.33 \times 10^{-6}$
Fahloui	51'358	$1.69 \times 10^{-6}$	21'728	$1.02 \times 10^{-6}$
<b>Alle Lawinenzüge</b>		<b><math>1.06 \times 10^{-5}</math></b>		<b><math>9.05 \times 10^{-6}</math></b>

*Tabelle 4*

Zusammenstellung der berechneten Ausgangsrisiken Lawinen und Murgang mit EconoMe 5.0. Gelb: individuelles Todesfallrisiko im Übergangsbereich, Orange: individuelles Todesfallrisiko überschreitet den Grenzwert des übergeordneten Schutzziels Mensch von  $10^{-5}$ .

### 3.5.4 Schutzziele

Die **Schutzziele für die Zentralbahn** sind in der Anlagengattungsstrategie Naturgefahren festgehalten [3]. Für Infrastrukturanlagen der zb Zentralbahn AG (mit Ausnahme von Nebenanlagen wie Remisen oder Abstellgleisen) ist gegenüber häufigen Ereignissen (statistische Wiederkehrperiode 30 Jahre) ein absoluter Schutz anzustreben. Direkte Gefährdungen und Streckenunterbrüche durch häufige Naturgefahrenereignisse sind nicht tolerierbar. Einwirkungen durch seltene Ereignisse (30–100-jährlich) müssen durch Schutzmassnahmen verhindert werden, soweit ihre Kostenwirksamkeit nachgewiesen ist. Für Publikumsanlagen und Bahnhöfe wird ein vollständiger Schutz vor 100-jährlichen Ereignissen angestrebt.

Als **Schutzziel für die Kantonsstrasse** wurde das übergeordnete Schutzziel Mensch des Kantons Bern, respektive das max. tolerierte individuelle Todesfallrisiko von  $1 \times 10^{-5}$  pro Jahr festgelegt. Es wird die Risikostrategie Naturgefahren des Regierungsrates des Kantons Bern «Schweizer Hauptstrassen (Alpen- und Jurastrassen)» verwendet [5]. Für die Kantonsstrasse am Brienersee ist aufgrund der Gefahrenbeurteilung mit mittleren Auswirkungen zu rechnen. Dies bedeutet, dass bis zum 10-jährlichen Szenario Massnahmen umzusetzen sind und bis zum 100-jährlichen zu prüfen.

### 3.5.5 Schutzdefizite

Basierend auf den Schutzzielen (Kapitel 3.5.4) wurden die 10 Lawinenzüge auf Schutzdefizite überprüft [1]. In den sieben untenstehenden Lawinenzügen oder Murganggerinnen sind grössere Schutzdefizite vorhanden. Aufgrund der Schutzdefizite für die Bahnlinie sind Massnahmen in diesen sieben Lawinenzügen erforderlich.

- > Fahrlai
- > Lauigraben
- > Hirscherengrabenlaur
- > Rothenfluhlaur
- > Minachrilaur
- > Unterweidigrabenlaur
- > Mattengrabenlaur

Diese Liste beinhaltet auch jene Lawinenzüge und Murgangerinne, für welche die Strasse im 30-jährlichen Szenario Massnahmen zu prüfen oder umzusetzen hat.

Alle anderen Lawinenzüge resp. Murgangerinne weisen keine (Strasse) oder nur kleine bis mittlere Schutzdefizite auf, welche nur bei gegebener Kostenwirksamkeit Massnahmen erfordern (Bahn). Da es sich dabei aber nur um Schutzdefizite in Bezug auf das 100-jährliche Szenario handelt, und Ereignisse dieser Jährlichkeit vom Sicherheitskonzept und der vorsorglichen Sperrung [2] abgedeckt werden sollen, werden diese Lawinenzüge in der nachfolgenden Massnahmenplanung nicht weiter untersucht.

## 4 Massnahmenplanung Lawinen

### 4.1 Variantenstudium und Entscheide

Wie in der Vorstudie erläutert, sind einzig organisatorische Massnahmen zum Schutz der Bahn und Kantonsstrasse kostenwirksam [1]. Bauliche Massnahmen wurden in den vorangegangenen Studien als nicht-kostenwirksam und forstliche oder biologische Massnahmen als nicht praktikabel verworfen.

Das nun im Rahmen des vorliegenden Projektes *Lawinenalarmsystem Brienzgrat* geplante Lawinenschutzkonzept umfasst dementsprechend **ausschliesslich organisatorische Massnahmen** unter Berücksichtigung der sich ergebenden Synergien der beiden parallel verlaufenden Verkehrsträger.

## 4.2 Massnahmenkonzept Brienzgrat

Für das Projekt *Lawinenalarmsystem Brienzgrat* wurde ein gemeinsames, organisatorisches Massnahmenkonzept über alle untersuchten Lawinenzüge definiert. Es besteht aus den folgenden Hauptbestandteilen, welche eng miteinander verknüpft sind:

- > **Alarm- und Detektionssysteme** für beide Verkehrsträger in den 7 kritischsten Lawinenzügen
- > **Integrales Sicherheitskonzept** zwischen Strasse, Bahn und Gemeinde über alle Lawinenzüge

Dabei sollen häufige, aber schlecht vorhersehbare Nassschneelawinen bis zum 30-jährlichen Szenario vom Alarmsystem abgedeckt werden. Seltene, aber besser vorhersehbare Trockenschneelawinen sollen per Sicherheitskonzept und vorsorglicher Sperrung berücksichtigt werden. Das Alarmsystem speist dabei direkt das Sicherheitskonzept, indem es zur Lagebeurteilung zentrale Daten und Informationen den Sicherheitsdiensten zur Verfügung stellen. Somit erhält der Sicherheitsdienst die bestmögliche Beurteilungsgrundlage zur vorsorglichen Sperrung.

In den folgenden Kapiteln werden die Grundlagen der beiden Konzeptbestandteile zusammengefasst. Für detailliertere Überlegungen und technische Details sei auf die Beilagen *Konzept Alarmanlagen Zentralbahn B3* und *Konzept Alarmanlagen Kantonsstrasse B4* verwiesen.

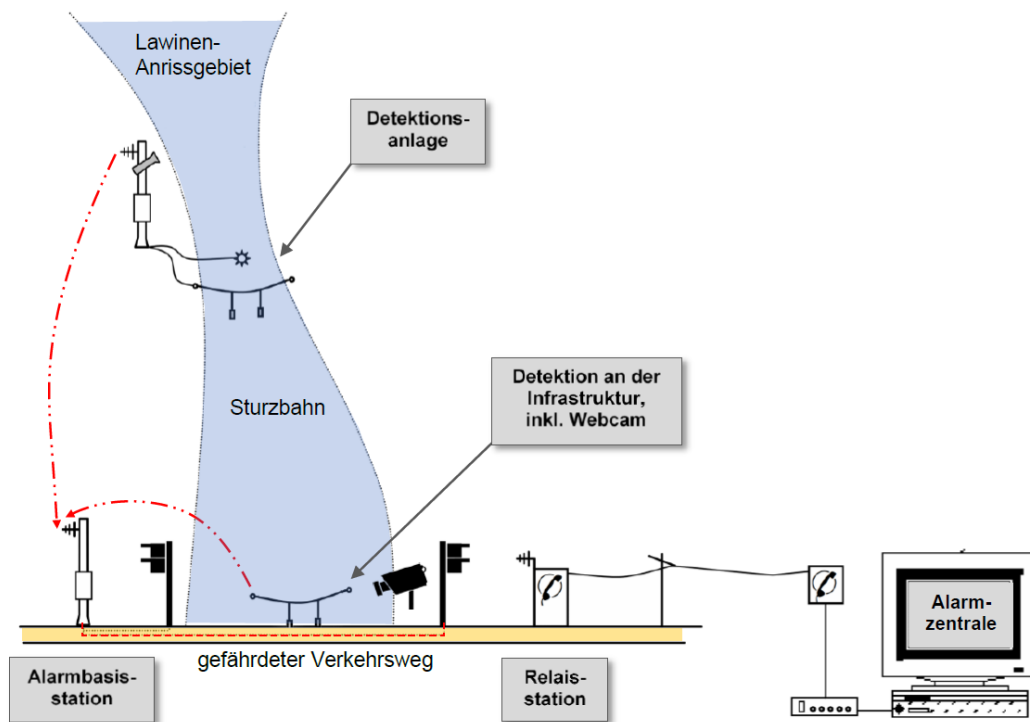
### 4.2.1 Alarm- und Detektionssystem

Das geplante Alarm- und Detektionssystem umfasst Anlagen in den sieben untenstehenden Lawinenzügen zwischen Brienz und Ringgenberg:

- > Fahrlai
- > Lauigraben
- > Hirscherengraben
- > Rothenfluh
- > Minachrilai
- > Unterweidligraben
- > Mattengrabenlailai

Alle anderen Lawinenzügen im Projektperimeter werden durch das Sicherheitskonzept abgedeckt (Kapitel 4.2.2).

Die geplanten Massnahmen in den Lawinenzügen stellen klassische **Lawinen- und Murgangalarmsysteme** dar, die im Falle eines detektierten Ereignisses die betroffenen Streckenabschnitte per Halte- oder Lichtsignale automatisch sperren (Abbildung 2).



*Abbildung 2*

*Schematische Darstellung des Alarm- und Detektionssystems (Zeichnung SensAlpin).*

Durch die Detektionsanlage oben im Lawinenzug wird das Auftreten eines Ereignisses möglichst früh erfasst und umgehend eine entsprechende Meldung per Funk an die Alarmbasisstation geschickt. Diese schaltet die entsprechenden Ampeln entlang der Fahrbahn der Strasse sofort auf Rot. Somit steht genügend Vorwarnzeit zur Verfügung, um einen Direkttreffer auf der Strasse zu vermeiden.

Die tiefergelegenen Detektionsstandorte an Fahrbahn und Bahngleis haben zweierlei Funktion: falls hier keine Detektion an der Fahrbahn erfolgt ist, d.h. die Fahrbahn nicht verschüttet wurde, wird der weiter oben ausgelöste Alarm für die Strasse aufgehoben und die Fahrbahn nach einer gewissen Zeitspanne automatisch wieder freigegeben. Im Falle der Bahn werden von den tiefergelegenen Detektionsstandorten am Gleis direkt die Ampeln auf Rot geschaltet und die Sperrung ausgelöst. Somit kann der Anprall der Bahn an eine Lawinenablagerung verhindert werden. Die Bahn ist nicht an die oberen Detektionsanlagen angeschlossen, da die Vorwarnzeit für die Bahn aufgrund ihres wesentlich längeren Bremsweges nicht ausreichend zur Vermeidung eines Direkttreffers wäre. Die Verifikation einer Gleisverschüttung, um die Strecke bei Bedarf direkt wieder freigegeben zu können erfolgt bei der Bahn manuell per Webcam.

Die Relaisstation koppelt die Funkkommunikation der Alarmbasisstation zur Datenübertragung, Alarmierung und Fernwartung ans Telefonnetz. Die Alarmzentrale dient der Überwachung und Steuerung des Alarmsystems. An den Detektionsanlagen und der Alarmbasisstation werden periodisch Selbsttests zur Kontrolle von Sensoren, Kabelverbindungen und

Signalisationen durchgeführt. Die Resultate der Überwachung werden in der Alarmzentrale protokolliert.

Weitere Details zu den konzeptuellen Überlegungen sowie die exakten Standorte der Anlagen sind den Beilagen B 3 *Konzept Alarmanlage Zentralbahn* und B 4 *Konzept Alarmanlage Kantonsstrasse* zu entnehmen. Die drei folgenden Kapitel geben einen Überblick über die zur Ereignisdetektion und -verifikation verwendete Sensorik, sowie eine Beschreibung der vorgesehenen Ampelanlagen.

#### 4.2.1.1 Ereignisdetektion und Alarmauslösung

Zur Auslösung eines Alarms können Lawinen und Murgänge mit verschiedenen Sensoren detektiert werden. Die Detektion kann dabei wie in Abbildung 2 dargestellt weiter oben im Lawinenzug oder direkt an Bahngleis oder Fahrbahn erfolgen, je nach spezifischen Anforderungen.

Zur Detektion im Lawinenzug werden im vorliegenden Projekt die folgenden Sensor-Systeme eingesetzt:

- > **Doppler-Radar:** Mittels Doppler-Radar erfolgt eine Messung der Lawinen- / Murgang-Geschwindigkeit. Diese Sensoren werden auf dem Trägermast installiert und in Richtung der Gräben ausgerichtet.
- > **Geophone:** Mittels Geophon erfolgt eine Messung der, durch ein Ereignis verursachten Erschütterungen des Bodens. Diese Sensoren werden je nach Gelände in einer Felskavität oder in einem im Boden eingegrabenen Betonschacht installiert.
- > **Neigungs-Sensor:** Tilt-Sensoren messen plötzliche Bewegungen oder Veränderungen ihrer Lage. Sie werden hier auf einem Pendel / Detektionsseil eingesetzt. Der Tilt-Sensor misst die Auslenkung des Pendels / Detektionsseil, welches von einer Lawine oder Murgang verursacht wurde.

Von diesen drei Sensortypen werden nur die Radarsysteme auf einem Masten installiert. Hier kommen je nach Anforderungen am Installations-Standort zwei verschiedene Masttypen zum Einsatz:

- > **IMIS-Mast verstärkt:** Ein Stahlmast von 219 mm Durchmesser und 6.5 m Länge wird auf drei Mikropfählen vom Typ Swiss Gewi 32 von 4–6 m Länge mit einer oberflächlichen Beton-Verbundplatte von ca. 1.5×1.5 m Fläche installiert
- > **Radar-Mast:** Ein Stahlmast von 114 mm Durchmesser und 4 m Länge wird auf einem Betonsockel von 0.6×0.6 m und 1 m Tiefe montiert.

Auf diesen Mastsystemen wird zusätzlich ein Elektronikschrank mit Datenerfassung, eine Solarspeisung sowie die Funk-Datenübermittlung montiert. Alle anderen Sensoren, welche nicht auf dem Mast, sondern direkt im Gelände installiert werden, werden durch ein im Boden vergrabenes, armiertes Kabel mit dem Mast verbunden.

Zur Detektion am Bahngleis kommen folgende Systeme zum Einsatz, welche direkt an der Infrastruktur der Bahn installiert werden können:

- > **Reissdraht:** Durch einen unter einer Brücke installierten Reissdraht wird der Durchfluss einer Lawine oder eines Murgangs detektiert.
- > **Neigungs-Sensor:** Ein Tilt-Sensor wird in einer Aufprallplatte integriert, welche an der bergseitigen Brückenbrüstung unter der Brücke montiert wird. Analog kann ein Tilt-Sensor auch im Gelände an der Fahrbahn oder einer Brücke montiert werden.

#### 4.2.1.2 Ereignisverifikation und Alarmaufhebung

Bei der Ereignisverifikation wird automatisch festgestellt, ob die weiter oben detektierte Lawine oder Murgang effektiv auch zu einer Verschüttung der Fahrbahn geführt hat. Falls nicht, kann der ausgelöste Alarm automatisch wieder aufgehoben werden. Zu diesem Zweck werden im vorliegenden Projekt folgende Sensor-Systeme eingesetzt:

- > **Neigungs-Sensor:** Ein Tilt-Sensor wird in einer Aufprallplatte integriert, welche an der bergseitigen Brückenbrüstung unter der Brücke montiert wird. Analog kann ein Tilt-Sensor auch im Gelände an der Fahrbahn oder einer Brücke montiert werden.
- > **Pegel-Messung:** Eine an der talseitigen Brückenbrüstung installierte Pegelsonde erlaubt zusätzlich auch die Erfassung von Lawinen oder Murgängen, welche im Graben unter den Brücken abfließen und die Fahrbahn nicht oder noch nicht erreichen.
- > **Reissdraht:** Durch einen unter oder an einer Brücke installierten Reissdraht wird der Durchfluss einer Lawine oder eines Murgangs detektiert.

Alle genannten Sensoren werden mit einer Kabelverbindung an die Signalanlagen beim jeweiligen Graben angeschlossen.

Im vorliegenden Fall erfolgt nur für die Kantonsstrasse eine Verifikation per Sensor. Die Bahn nimmt ihrerseits die Ereignisverifikation per Webcam vor. Die Webcams werden an den entsprechenden Fahrleitungsmasten montiert.

#### 4.2.1.3 Ampeln und Ampelsteuerung

Es kommen sowohl zweikammerige Strassenampeln (rot-orange, siehe B4) als auch einkammerige Bahnsignale (rot für Haltsignale und orange für Warnungssignale, siehe B3) zum Einsatz. Die Installation der Strassenampeln erfolgt auf einem Signalmast von 114 mm Durchmesser und 3.5 m Länge, welcher auf einem kleinen Betonsockel von 0.6x0.6 m und 1 m Tiefe montiert wird. In einigen Fällen erfolgt auch eine Konsolenmontage an eine seitliche Mauer oder unter eine Lehnkonstruktion. Die Bahnsignale werden auf bestehende Fahrleitungsmasten montiert.

Die Ampeln von Strasse und Bahn sind per Kabel an die Alarmbasisstation angeschlossen (Abbildung 2) und werden von dort gesteuert. Alarmbasisstationen sind Elektronikschränke, welche ausserhalb der gefährdeten Zone, aber so nahe wie möglich an den Lawinenzügen,

an Fahrleitungsmasten montiert sind und per Netzspeisung betrieben werden. Die Signalübermittlung von einer Detektionsanlage weiter oben im Lawinenzug zur Alarmbasisstation erfolgt per Funk auf vom BAKOM speziell ausgewiesenen Frequenzen. Dazu wird zusätzlich eine Funkantenne auf den Fahrleitungsmast montiert.

#### **4.2.2 Sicherheitskonzept**

Der integrale Charakter des geplanten Sicherheitskonzepts setzt sich aus zwei Teilen zusammen: der Einbindung der Daten Alarm- und Detektionssystems in die Lagebeurteilung, sowie der Möglichkeit der Sicherheitsdienste, sich gegenseitig abzustimmen und zu unterstützen. Somit wird nicht nur die Informationsgrundlage aller drei Sicherheitsdienste verbessert, sondern auch die Redundanz bei Lagebeurteilung und Massnahmenentscheid verbessert, was insgesamt die Sicherheit für Strasse, Bahn und Gemeinde erhöht.

Um dies zu ermöglichen, werden für den ersten Teil alle zur Einschätzung der Lawinengefahr relevanten Daten und Informationen des Alarm- und Detektionssystems auf einer benutzerfreundlichen digitalen Plattform zusammengeführt. Darauf wird den Lawinenwarndiensten von Bahn, Strasse und Gemeinde gemeinsam Zugriff gewährt. Damit soll den Lawinenwarndiensten die bestmögliche Informations- und Arbeitsgrundlage zur Veranlassung der vorsorglichen Sperrung, zu Evakuationen oder anderen Massnahmen gegeben werden.

Für den zweiten Teil wird das konkrete Vorgehen zu einem Massnahmenentscheid in einem Sicherheitskonzept geregelt. Für Strasse und Bahn ist im vorliegenden Projekt bereits ein gemeinsames Sicherheitskonzept vorgesehen und teilweise umgesetzt. Dabei ermöglicht die räumliche Nähe der beiden Verkehrsträger sowie ihr paralleler Linienverlauf eine gemeinsame Abstimmung und Unterstützung in der Beurteilung der Lawinenlage. Auch die Gemeinde, welche ebenfalls Zugriff auf die Informationen des Alarm- und Detektionssystems mittels digitaler Plattform hat, sollte Teil dieses integralen Sicherheitskonzept werden. Damit profitiert auch die Gemeinde von gegenseitiger Abstimmung und Unterstützung in der Lagebeurteilung für ihre Massnahmenentscheide und kann somit ihre Sicherheit erhöhen.

Die Plattform ermöglicht zudem eine vollautomatische Dokumentation, womit die Einhaltung der gesetzlichen Sorgfaltspflicht für alle drei Parteien gewährleistet werden kann.

### **4.3 Risikoreduktion**

Zur Berechnung der Risikoreduktion wurde die Wirksamkeit der Alarmanlagen gegenüber Lawinen auf 80% und gegenüber Murgang auf 60% gesetzt. Die Wirksamkeit wird in der Vorstudie ausführlich behandelt [1].

Die Wirksamkeit der geplanten Massnahmen gegenüber Lawinen ergibt sich einerseits durch das Alarm- und Detektionssystem, welches schwer vorhersehbare, aber häufigere Ereignisse

erfasst, und durch das Sicherheitskonzept, welches den Umgang mit selteneren sowie trockeneren Lawinen, durch eine vorsorgliche Sperrung abdeckt.

Gegenüber Murgängen ist die Wirksamkeit reduziert. Die Anlagen sind so geplant, dass Ereignisse detektiert und signalisiert werden. Allerdings sind die Alarmsysteme nicht spezifisch für Murgänge geplant, weshalb eine geringere Wirksamkeit veranschlagt wurde.

Mit der Umsetzung dieses **ganzheitlichen Massnahmenkonzeptes** über alle Lawinenzüge können die Personenrisiken stark reduziert und auf ein akzeptierbares Niveau gesenkt werden.

## 4.4 Systemsicherheit und Überlastfall

### 4.4.1 Systemsicherheit

Die geplanten Alarm- und Detektionssysteme der Firma SensAlpin stellen den state-of-the-art im Bereich Lawinenalarmsysteme dar und sind technologisch auf neuestem Stand. Die vorgeschlagenen Systeme verwenden modernste Sensorik und Software um ihren Zweck, die Risikoreduktion für die Verkehrsträger Bahn und Strasse bestmöglich zu erfüllen. Dabei sind folgenden Systemeigenschaften von besonderer Bedeutung:

- > **Hohe Systemredundanz.** Diese stellt sicher, dass der Ausfall eines einzelnen Sensors die Gesamtfunktion der Anlage nicht gefährdet. Die Verwendung unterschiedlicher Sensor-Systeme stellt zudem sicher, dass keine Ereignisse verpasst werden und dennoch möglichst wenig Fehl-Alarme auftreten.
- > **Autonomie:** Das System ist so ausgelegt, dass es für die sicherheits-relevanten Systemfunktionen nie von der Verfügbarkeit externer Dienste und Infrastrukturen abhängt. Dies betrifft die Energieversorgung (Solarversorgung) ebenso wie die Alarmübermittlung (proprietäre Funkstrecke mit kurzem, störungssicherem und dennoch codiertem und adressiertem Funksignal). Ausserdem erfolgt die laufende Analyse aller Sensorsignale sehr robust und hardwarenah. Damit kann die Alarmauslösung mit sehr geringer lokaler Rechenleistung und ohne die Notwendigkeit von grossen Bandbreiten für die Datenübermittlung realisiert werden, was die Ausfallsicherheit der Anlage enorm verbessert.
- > **Automatische Funktionsüberwachung:** Alle systemrelevanten Funktionen und Komponenten eines Alarmsystems werden laufend und automatisch überprüft und Fehler oder Ausfälle sofort detektiert und den Anlagen-Nutzern rapportiert. Damit können Ausfallzeiten minimiert und in heiklen Lawinensituationen allenfalls die Anlagen-Konfiguration oder weitere Sicherungsmassnahmen entsprechend angepasst werden.

Die Systeme der Firma SensAlpin haben sich bereits in zahlreichen Anwendungen schweizweit und international bewährt. So war in kumuliert mehreren hundert Betriebsjahren diverser

Anlagen bisher nie ein Totalausfall einer Anlage zu verzeichnen. Die Grundfunktion der Lawinen-Detektion und Strassen- / Bahn-Sperrung war auch beim Auftreten von technischen Störungen oder Ausfällen einzelner Komponenten jederzeit sichergestellt.

Das Sicherheitskonzept wird operationell nur von ausgewiesenen Lawinenspezialisten mit entsprechender Erfahrung und Lokalkennntnis umgesetzt. Der integrale Charakter des Sicherheitskonzepts sowie die digitale Plattform ermöglichen die direkte Zusammenarbeit und Abstimmung der Sicherheitsdienste von Bahn, Strasse und Gemeinde untereinander und erhöhen somit die Redundanz in der Lagebeurteilung. Bei Abwesenheiten greift die im Sicherheitskonzept enthaltene Stellvertreterregelung, bei unvorhergesehen Ausfällen kann auf die Sicherheitsdienste der Partner zurückgegriffen werden.

#### **4.4.2 Überlastfall**

Das Alarmsystem ist auf die Detektion von nassen Fliesslawinen bis zum 30-jährlichen Szenario ausgelegt. Trockene, wesentlich schneller fliessende Lawinen, welche vom Alarmsystem nicht mehr rechtzeitig erfasst werden können, sind in der Regel besser vorherzusehen als nasse und werden daher vom Sicherheitskonzept mittels vorsorglicher Sperrung abgedeckt.

Essenzielle Beschädigungen, welche den Komplettausfall des Alarmsystem zur Folge hätten, sind nur bei aussergewöhnlichen Ereignissen denkbar. Die Ausdehnung solcher Ereignisse ist aufgrund der Gefahrenbeurteilung bekannt und in den Intensitätskarten der Vorstudie [1] sowie den entsprechenden Lawinengefahrenkarten enthalten. In einem solchen Fall greift ebenso das Sicherheitskonzept, und der Sicherheitsdienst kann entsprechende Massnahmen wie vorsorgliche Sperrung, intensivere Überwachung, oder Evakuation veranlassen.

### **4.5 Unterhaltsorganisation und Instandhaltungskonzept**

Die Anlagen des Alarm- und Detektionssystems erfordern regelmässige Kontrollen und Unterhalt. Diese werden vom Hersteller SensAlpin GmbH, basierend auf einem Unterhaltsvertrag mit der zb Zentralbahn AG, durchgeführt.

Der Vertrag beinhaltet die jährliche Stationswartung und Funktionskontrolle, die Ersatzteilhaltung für rasche Reparaturen, Kontrollen während den operationellen Betriebsphasen sowie Datenanalysen im Alarmfall und gegebenenfalls Anpassungen der Systemparametrierung nach einem Ereignis.

## 5 Kosten

### 5.1 Kostenbasis

Die Kosten für das gesamte Projekt *Lawinenalarmsystem Brienzgrat* wurden mehrheitlich basierend auf verbindlichen Offerten und bestehenden Verträgen geschätzt. Die Kosten der zB Eigenleistungen wurden von der zB Zentralbahn AG auf Basis von Erfahrungswerten hergeleitet.

### 5.2 Detaillierter Kostenvorschlag und Kommentierung

Der detaillierte Kostenvoranschlag liegt dem Subventionsdossier bei (siehe Beilage Kostenvoranschlag). Die Gesamtprojektkosten belaufen sich auf CHF 3.19 Mio. inkl. Mehrwertsteuer. Die Kosten weisen eine Genauigkeit von  $\pm 10\%$  auf.

Die Kosten basieren primär auf abgeschlossenen Verträgen oder verbindlichen Angeboten, so dass die Kostengenauigkeit für diese Positionen sehr hoch ist. Unsicherheiten liegen vor allem noch in den Kosten der Bauarbeiten für die Kabel der Strassensignalisation, da allenfalls bestehende Kabelkanäle im Lauigraben mitgenützt werden können.

Neben den Gesamtkosten sind im *Kostenvoranschlag* auch die beitragsberechtigten Kosten inkl. Kommentierung aufgeführt. Diese belaufen sich auf CHF 2.36 Mio. inkl. MWST. Dabei ist zu beachten, dass auf die Eigenleistungen der zB keine MWST zu berücksichtigen ist.

### 5.3 Nachweis der Wirtschaftlichkeit

Basierend auf der jährlichen Risikoreduktion und den Investitionskosten kann die Wirtschaftlichkeit (Nutzen/Kosten-Verhältnis) der Schutzmassnahmen bestimmt werden (Tabelle 16). Für die Herleitung der jährlichen Risikoreduktion in CHF pro Lawinenzug wird auf die Vorstudie [1] verwiesen. Die Herleitung der jährlichen Investitionskosten basiert auf den je Lawinenzug aufgeteilten, gemeinsamen Projektkosten sowie den spezifischen Baukosten für die geplanten Anlagen pro Lawinenzug. Die Nutzungsdauer des Alarm- und Detektionssystems wurde auf 20 Jahre für die elektrotechnischen Anlagen und 50 Jahre für Bauteile, wie z.B. Fundamente, Kabelanlagen und Stahlmasten, bestimmt.

Weiter sind der Unterhalt der Anlagen sowie 2% Zins der Gesamtkosten in die Investitionskosten eingerechnet.

Über den **gesamten Korridor** betrachtet, weisen **alle Massnahmen** ein **positives Nutzen-Kosten-Verhältnis** von **1.49** auf. Zum Nutzen-Kosten-Verhältnis ist anzufügen, dass die gesamten Projektkosten sowie auch der jährliche Nutzen (Risikoreduktion) auf die sieben Lawinenzüge aufgeteilt wurden, in welchen Anlagen des Alarm- und Detektionssystems geplant sind. Die Massnahme Sicherheitskonzept des Projektes *Lawinenalarmsystem Brienzgrat* wirkt sich jedoch auf den gesamten Projektkorridor positiv aus. Das Nutzen-Kosten-Verhältnis

von 1.49 entspricht demnach eher dem Minimum und würde unter Berücksichtigung aller Lawinenzüge leicht höher liegen.

Die Rothenfluhlawi war schon in der Vorstudie nicht kostenwirksam, da sie eine zu geringe Gefährdung und somit ein zu geringes Risiko aufweist. Als Zeigerlawine liefert sie jedoch den Sicherheitsverantwortlichen essenzielle Informationen zur Einschätzung der Lawinengefahr vor Ort und somit zur Veranlassung der vorsorglichen Sperrung [1]. Eine Umsetzung der geplanten Massnahme in der Rothenfluh wird daher als unumgänglich erachtet.

Lawinenzug	Nutzen [CHF/Jahr]	Kosten [CHF/Jahr]	Nutzen/Kosten Verhältnis
Mattengraben	22'870	26'693	1.07
Unterweidligraben	23'924	27'747	1.51
Minachri	25'398	29'221	2.36
Rothenfluh	23'806	27'629	0.51
Hirscherengraben	22'177	26'000	1.40
Lauigraben	23'970	27'793	2.09
Fahlrui	23'561	27'384	1.43
<b>Alle 7 Lawinenzüge</b>	<b>165'707</b>	<b>192'467</b>	<b>1.49</b>

Table 5

*Wirtschaftlichkeit des gesamten Projektes Lawinalarmsystem Brienzgrat und aufgeteilt auf die einzelnen Lawinenzüge.*

## 6 Auswirkung der Massnahmen auf die Umwelt

Im folgenden Kapitel werden die Auswirkungen des geplanten Projektes *Lawinalarmsystem Brienzgrat* auf die Umwelt, basierend auf dem separaten Umweltbericht im Dossier des Plangenehmigungsverfahren Lawinalarmsystem Brienzgrat (Dokument A3), zusammengefasst.

In der folgenden Matrix sind die Auswirkungen des Projekts auf die Umweltbereiche zusammengefasst. Die Einwirkungen während der Bauphase sind insbesondere für die Umweltbereiche Natur und Landschaft, Wald, Abfälle und Materialbewirtschaftung, Boden und Ortsbildschutz sowie Lärm und Luft relevant.

Bereich	Natur und Landschaft, Wild	Licht	Wald	Grundwasser/Wasserversorgung	Entwässerung	Oberflächengewässer und aquatische Ökosysteme	Störfallvorsorge	Altlasten	Abfälle	Boden	Luft	Nichtionisierende Strahlen	Lärm	Erschütterungen/Körperschall	Langsamverkehr, Hist. Verkehrswege	Archäologie, Denkmalpflege und Ortsbildschutz	Naturgefahren
Ist-Zustand	v	-	-	v	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	v	v	v
Bauphase	●	x	●	●	x	●	x	x	●	●	●	x	●	x	x	●	●
Betriebsphase	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Legende	-	keine Vorbelastung oder keine Konflikte
	v	leichte/geringe Vorbelastung
	V	erhebliche bis starke Vorbelastung
	x	gesetzliche Vorgaben können ohne Massnahmen eingehalten werden
	●	gesetzliche Vorgaben können mit Standardmassnahmen eingehalten werden
	▲	gesetzliche Vorgaben können mit spezifischen Massnahmen eingehalten werden

Tabelle 6

## Umweltrelevanzmatrix

Im Bereich **Natur und Landschaft** sind folgende Aspekte hervorzuheben: die geplanten Installationen sind sehr kleinflächig und werden grösstenteils direkt an bestehender Infrastruktur (Strasse, Bahn, Brücken, Betonmauern) erstellt.

Bei den angrenzenden Flächen handelt es sich grösstenteils um bewirtschaftetes Grasland. Einzig das Kabel zum Reissdraht an der Strassenbrücke Hirscherengraben verläuft auf einigen Metern im Randbereich eines regionalen Trockenstandortes. Die Trockenstandorte im oberen Kegelbereich des Hirscherengraben sowie die Trockenstandorte der Minachri werden durch die nahegelegenen Anlagen nicht tangiert.

Der Kegelbereich des Hirscherengrabens ist ein kantonales Landschaftsschongebiet. Es handelt sich dabei um eine besonders intakte Kulturlandschaft. Die geplanten Installationen innerhalb des Landschaftsschongebietes sind standortgebunden und von öffentlichem Interesse, eine Verlegung der Standorte ausserhalb der Schutzzone ist nicht möglich. Die prägenden Objekte der Landschaft wie Hecken und Einzelbäume, Trockenmauern und traditionelle Bauten werden durch die geplanten Installationen nicht tangiert. Die Geophone und die Reissleine werden im Gerinne bzw. an der Brücke erstellt und tangieren das Landschaftsbild nicht. Die Standorte und Gestaltung der Anlagen wurden so gewählt, dass das Landschaftsbild möglichst nicht tangiert wird.

Während der Betriebsphase verursacht das Projekt keine negativen Einwirkungen auf Flora und Fauna. Die Beeinträchtigung des Landschaftsbildes ist als äusserst gering einzustufen. Die gesetzlichen Vorgaben können mit Standardmassnahmen eingehalten werden.

Nach Abschluss des Projektes sind die Flächen auf allfällige Vorkommen von invasiven Neophyten zu kontrollieren. Falls invasive Neophyten aufkommen, sind Massnahmen zu deren Bekämpfung zu treffen. Temporär genutzte Flächen werden nach Abschluss der Arbeiten mit standortgerechten Arten begrünt. Insbesondere bei der Verlegung des Kabels im Bereich des regionalen Trockenstandortes am Hirscherengraben ist darauf zu achten, dass umliegende Flächen möglichst nicht tangiert werden.

Die geplanten Anlagen liegen teilweise im **Wald** oder in Waldnähe. Der Radarstandort beim Lauigraben sowie drei Geophone des Minachrigrabens liegen innerhalb des kantonalen Waldnaturinventars.

Es handelt sich bei den geplanten Installationen um nichtforstliche Kleinbauten, welche nur Kleinstflächen von wenigen Quadratmetern beanspruchen. Es ist somit gemäss Rücksprache mit dem kantonalen Amt für Wald und Naturgefahren **keine Rodung notwendig**. Erhalt, Pflege und Nutzung des Waldes werden durch das Projekt nicht beeinträchtigt.

Folgende Standardmassnahmen sind zu berücksichtigen: Die Bauarbeiten werden unter Schonung des vorhandenen Waldareals durchgeführt. Insbesondere dürfen darin weder Baubaracken errichtet noch Aushub, Fahrzeuge und Materialien aller Art deponiert werden.

Der Bereich **Abfälle und Materialbewirtschaftung sowie Boden** sind während der Bauphase relevant.

Ein Entsorgungskonzept wird erstellt. Es wird erwartet, dass der anfallende Aushub nicht schadstoffbelastet ist. Dieser wird mehrheitlich vor Ort wiederverwendet, geringe Mengen werden fachgerecht entsorgt.

Der beim Aushub anfallende Ober- und Unterboden wird getrennt gelagert und vor Ort wiederverwendet. Die umliegenden Bereiche sind mit den üblichen Massnahmen vor Verschmutzung und Verdichtung zu schützen.

Das **Ortsbild** von Ebligen, Oberried und Derfli gelten als schützenswert mit kantonaler Bedeutung und die Eisenbahnbrücke über den Hirschergraben ist als erhaltenswerter Bau im kantonalen Kataster eingetragen. Das Erscheinungsbild der Brücke wird durch die Massnahmen nicht beeinträchtigt. Weiter sind in Ebligen zwei Ampelstandorte innerhalb des Ortsbildschutzgebietes geplant. Es handelt sich dabei um kleine Bauelemente, welche südlich des Weilers direkt an der Strasse zu stehen kommen und somit keine Beeinträchtigung des Ortsbildes darstellen.

Mit geeigneten Massnahmen lässt sich das Projekt umweltverträglich umsetzen. Auswirkungen auf die Umwelt sind in erster Linie während der Bauphase zu erwarten. Die Umweltauswirkungen während der Betriebsphase sind sehr gering und entsprechen dem Zustand vor der Umsetzung des Projektes.

## 7 Nutzniesser und deren Beteiligung

### 7.1 Bauherrschaft

Die Bauherrschaft übernimmt die zb Zentralbahn AG.

### 7.2 Angaben zu Nutzniessern

Die hauptsächlichen Nutzniesser der geplanten Massnahmen sind die zb Zentralbahn AG und die Kantonsstrasse (Tiefbauamt des Kantons Bern). Für die Restkosten, welche nach Abzug der Beiträge von Bund und Kanton und nach Abzug der jeweiligen eigenen Signalanlagen verbleiben, wurde ein Kostenteiler von 30% Bahn und 70% Kantonsstrasse definiert. Dieser ergibt sich basierend auf den Ausgangsrisiken der Bahn und Strasse für den Prozess Lawinen.

Die Gemeinde Oberried ist eine Nutzniesserin betreffend des Sicherheitskonzeptes. Die Sicherheitsverantwortlichen der Gemeinde erhalten Zugriff auf die digitale Plattform des Alarm- und Detektionssystem. Da das Konzept jedoch nur einen sehr geringen Teil der gesamten Kosten verursacht, wurde vereinbart, dass sich die Gemeinde nicht finanziell am Projekt beteiligt.

## 8 Zeitliche Planung

Der Zeitplan in Tabelle 7 gilt vorbehaltlich der Genehmigung durch die behördlichen Stellen. Ebenso ist anzufügen, dass wetterbedingte Verzögerungen den Fortschritt des Projektes beeinflussen können. Vor allem die höher gelegenen Detektionsanlagen wären von einem frühen Wintereinbruch aufgrund des anspruchsvollen Geländes betroffen.

Zeitpunkt	Geplante Arbeiten
Frühjahr und Sommer 2021	Programmierung und Konfiguration der Alarm- und Detektionsanlagen durch den Hersteller
Sommer 2021	Anpassung des Lawinensicherheitskonzeptes für Strasse und Bahn
September bis Oktober 2021	Installation der Alarm- und Detektionsanlage
Oktober bis November 2021	Tests der Anlage und Schulung der Lawinensicherheitsdienste sowie Übung mit Krisenstab
Ende November 2021	Inbetriebnahme der Anlage und des Konzeptes

Tabelle 7

*Zeitplan für die Umsetzung der Massnahmen.*

Kanton: Bern  
 Gemeinden: Oberried am Brienersee, Niederried bei Interlaken  
 Linie: 469  
 Strecke: Meiringen - Interlaken Ost  
 Km: 60.920 – 67.200



**Projektverfasser**

geoformer igp AG  
 Sebastiansplatz 1  
 3900 Brig-Glis



Damian Steffen, 18.12.2020

**Bauherrschaft**

zb Zentralbahn AG  
 Bahnhofstrasse 23  
 6362 Stansstad



Christoph Jeckelmann, 18.12.2020


Index	Art der Aenderung / Ergänzung	Datum	Gez.	Gep.
-------	-------------------------------	-------	------	------

# Kostenvoranschlag

**Bauprojekt**

Projektnr.: 1158896



Sebastiansplatz 1  
 CH-3900 Brig-Glis

info@geoformer.ch  
 www.geoformer.ch

Tel. +41 (0)27 552 15 00

Verfasst	dst, mpr, mwi
Geprüft	dst
Datum	11.12.2020

# Lawinenalarmsystem Brienzergrat



Pos	Beschreibung	Gesamt-kosten	Beitragsberechtigte Kosten	Bemerkungen
<b>1</b>	<b>Planung</b>	<b>724'000</b>	<b>464'000</b>	
1.1	Honorar Planer Vorstudien	105'000	105'000	Vorstudien geormer
1.2	Honorar Planer Vorprojekt	47'000	47'000	Modul 1 geormer und sensalpin
1.3	Honorar Planer Bauprojekt/Subventionsprojekt	80'000	80'000	Modul 2+3 geormer und sensalpin
1.4	Honorar Planer Auflageprojekt	15'000	-	nicht beitragsberechtigt von Punkt 1.3
1.5	Honorar Planer Beschaffung/Bauleitung/Inbetriebnahme	122'000	122'000	Modul 4-8 geormer und sensalpin
1.6	<i>zb Eigenleistung für die Fachplanung und Bauleitung</i>	<i>70'000</i>	<i>70'000</i>	max. 7% Fachplanung & max. 6% Bauleitung von Pos. 3.1 & 3.2
1.7	Honorar Spezialisten / Bauherrenunterstützung Projektierung	100'000	20'000	1% der Baukosten für Gesamtleitung Projektierung
1.8	<i>zb eigene Leistungen für die Oberbauleitung</i>	<i>150'000</i>	<i>20'000</i>	1% der Baukosten für Oberbauleitung
1.9	Honorar Dritte (UBB, Geologie)	35'000	-	nicht beitragsberechtigt
<b>2</b>	<b>Baubeberkosten</b>	<b>160'000</b>	<b>50'000</b>	
2.1	Landerwerb	50'000	50'000	
2.2	Vermessung	20'000	-	nicht beitragsberechtigt
2.3	Publikationen	10'000	-	nicht beitragsberechtigt
2.4	Gebühren	30'000	-	nicht beitragsberechtigt
2.5	Arbeitssicherheit	50'000	-	nicht beitragsberechtigt
<b>3</b>	<b>Baukosten</b>	<b>2'061'860</b>	<b>1'661'860</b>	
3.1	Niederspannung zb (Kameras, Lichtsignale, etc.)	350'000	100'000	Vorgezogene Massnahmen 2020 nicht beitragsberechtigt
3.2	Kabelanlage/Erdungen zb (Kabelzug (Strom und Daten) etc.)	300'000	150'000	Vorgezogene Massnahmen 2020 nicht beitragsberechtigt
3.3	Herstellung und Lieferung Alarmanlage sensalpin	942'360	942'360	subventionsberechtigte Leistung gemäss Offerte Sensalpin
3.4	Bauarbeiten Detektionen sensalpin	208'200	208'200	subventionsberechtigte Leistung gemäss Offerte Sensalpin
3.5	Installation Alarmanlage sensalpin	64'100	64'100	subventionsberechtigte Leistung gemäss Offerte Sensalpin
3.6	Kabelzug und Strassenampeln	34'200	34'200	subventionsberechtigte Leistung gemäss Offerte Sensalpin
3.7	Bauarbeiten Verkabelung der Lichtsignale Strasse exkl.	153'000	153'000	Zusammenstellung M&W
3.8	Signalisation Strasse	10'000	10'000	Angaben Kantonsstrasse, Ricarda Bender
<b>4</b>	<b>Kleinaufträge</b>	<b>20'000</b>	<b>20'000</b>	
4.1	Kleinaufträge (Forstdienst, digitale Plattform, etc.)	20'000	20'000	
<i>Total ohne MwSt.</i>		<i>2'965'860</i>	<i>2'195'860</i>	
<i>Zwischentotal Eigenleistungen zb (ohne MwSt)</i>		<i>90'000.00</i>		
<i>Zwischentotal Kosten exkl. Eigenleistungen zb</i>		<i>2'105'860.00</i>		
<i>Mwst 7.7 %</i>		<i>162'150.00</i>		
<b>Total gerundet</b>		<b>3'190'000.00</b>	<b>2'360'000.00</b>	



## Herleitung Subventionssatz nach Kreisschreiben KS 9.1/1 Subventionierung von Gefahrengrundlagen und Schutzbauten

Nach Ziffer 4.2 des Kreisschreibens KS 9.1/1 Subventionierung von Gefahrengrundlagen und Schutzbauten (Ausgabe 2012) bemisst sich der Subventionssatz nach der Bedeutung des Schadenpotentials, der Risikoorientierung der Trägerschaft, der Tragbarkeit der Projektkosten und dem Ausgangsrisiko.

Beilage 2a des Kreisschreibens KS 9.1/1 präzisiert die Anforderungen für die einzelnen Kriterien:

Kriterien		%-Korr.	Ausgangswert 80%
Bedeutung des Schadenpotentials aus Sicht der Öffentlichkeit; Objektkategorie	Dörfer, Siedlungen	+5	+3%
	Einzelgebäude dauerbewohnt	+3	
	Wichtigste Kantonsstrassen: Schweizerische Hauptstrassen, Versorgungsrouten	+3	
	Übrige Kantonsstr., Gemeindestrassen von grosser Bedeutung (z.B. einzige Erschliessung einer Ortschaft)	+2	
	Übrige Gemeindestrassen	0	
	Bahnen mit Fahrplanpflicht	+3	
	Übrige Bahnen mit Fahrplanpflicht	0	
	Wichtige landwirtsch. Gebäude	-5	
Risikoorientierung Bauherrschafft, Qualität des Projekts (Umsetzung integralen Risikomanagement, technische und ökologische Qualität, Partizipation)	Gemeinde/Projekt Bonität hoch	+3	0%
	Gemeinde/Projekt Bonität mittel	0	
	Gemeinde/Projekt Bonität tief	-3	
Tragbarkeit Projektkosten: • Gemeinden: Kosten pro Kopf • Bahnen: Kosten pro Umsatz • Private: steuerbares Vermögen und Einkommen	Relative Kosten sehr gross	+8	0%
	Gross	+4	
	Mittel	0	
	Klein	-4	
	Sehr klein	-8	
Ausgangsrisiko Wirtschaftlichkeit, N/K	Ausgangsrisiko gross ( <u>Personengefährdung, Individuelles Todesfallrisiko hoch, Objektrisiko hoch</u> ), N/K > 5	+4	0%
	Ausgangsrisiko mittel ( <u>Personengefährdung mittel, Individuelles Todesfallrisiko mittel, Objektrisiko mittel</u> ), N/K 2 bis 5	0	
	Ausgangsrisiko relativ klein (ohne Personengefährdung), N/K 1 bis 2	-4	
<b>Total Kanton brutto</b>		<b>+3</b>	<b>83%</b>

Die Berechnung der Tragbarkeit der Projektkosten ist in der nachfolgenden Tabelle zu sehen:

Maximum Projektkosten		CHF	2'360'000
Betriebsertrag Zentralbahn 2019 in Mio CHF <sup>1</sup>		CHF	130
<b>Belastung Kosten pro Umsatz</b>			<b>18'154</b>
<b>Bandbreiten</b>	in Worten	+/- Prozent	
> 100'000	Sehr gross	+ 8%	
20'000 - 99'999	gross	+ 4%	
2'000 – 19'999	Mittel	0%	<b>0%</b>
200 – 1999	Klein	- 4%	
< 200	Sehr klein	- 8%	

Interlaken, 02.12.2020  
Abteilung Naturgefahren, Christian Pfammatter


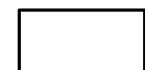

<sup>1</sup> Aus dem Geschäftsbericht der Zentralbahn AG für 2019 mit der Jahresrechnung ab Seite 22

Kanton: Bern  
 Gemeinden: Oberried am Brienzensee, Niederried bei Interlaken

Linie: 469  
 Strecke: Meiringen - Interlaken Ost  
 Km: 60.920 – 67.200



**Übersicht:**

-  Projektperimeter
-  Beurteilte Gerinne und Lawinenzüge
-  Lawinenzüge mit geplanten Detektions- und Alarmanlagen



**Projektverfasser**

geoformer igp AG  
 Sebastiansplatz 1  
 3900 Brig-Glis

*Steffen Doz*

Damian Steffen, 18.12.2020

**Bauherrschaft**

zb Zentralbahn AG  
 Bahnhofstrasse 23  
 6362 Stansstad

*Christoph Jeckelmann*

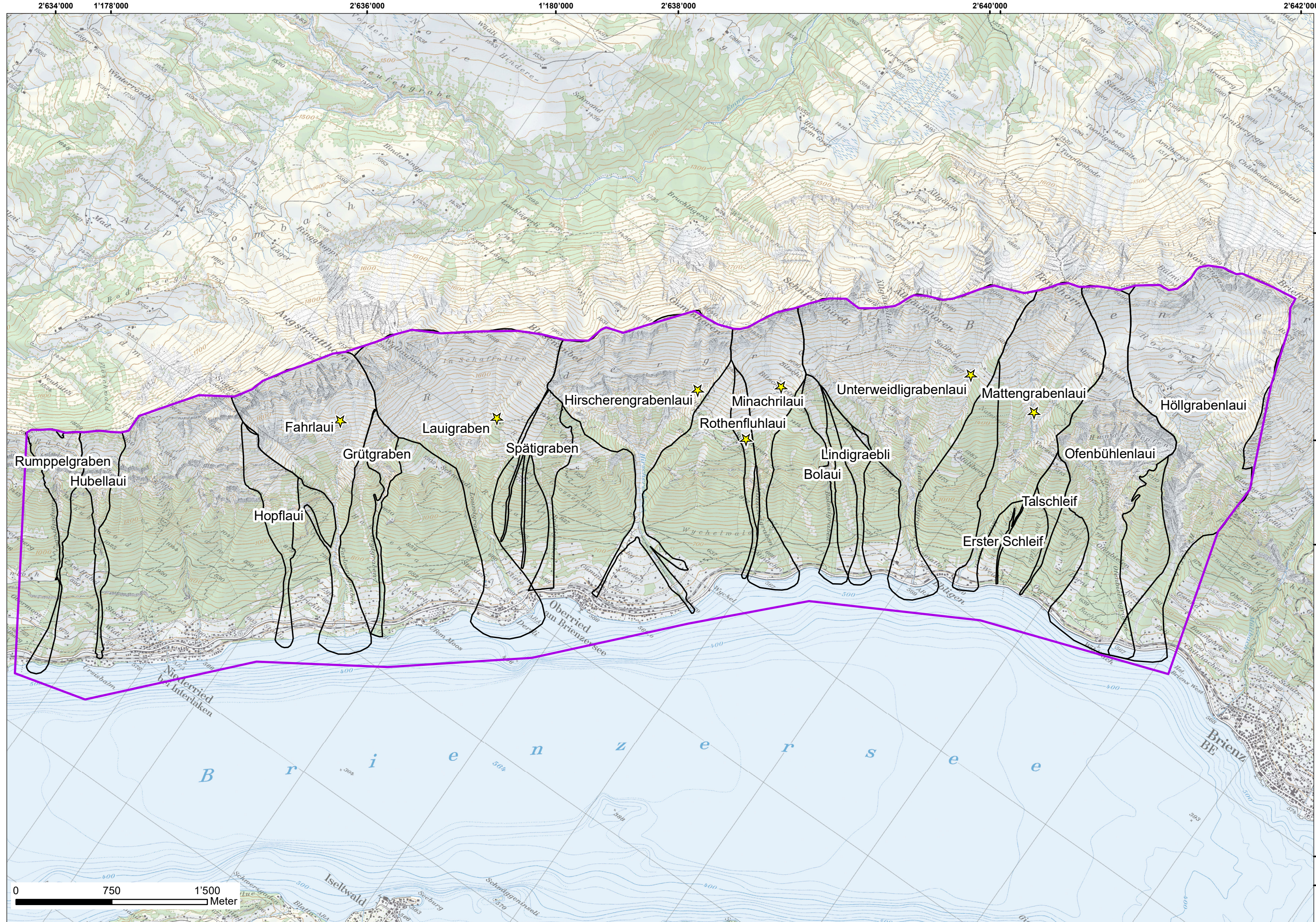
Christoph Jeckelmann, 18.12.2020

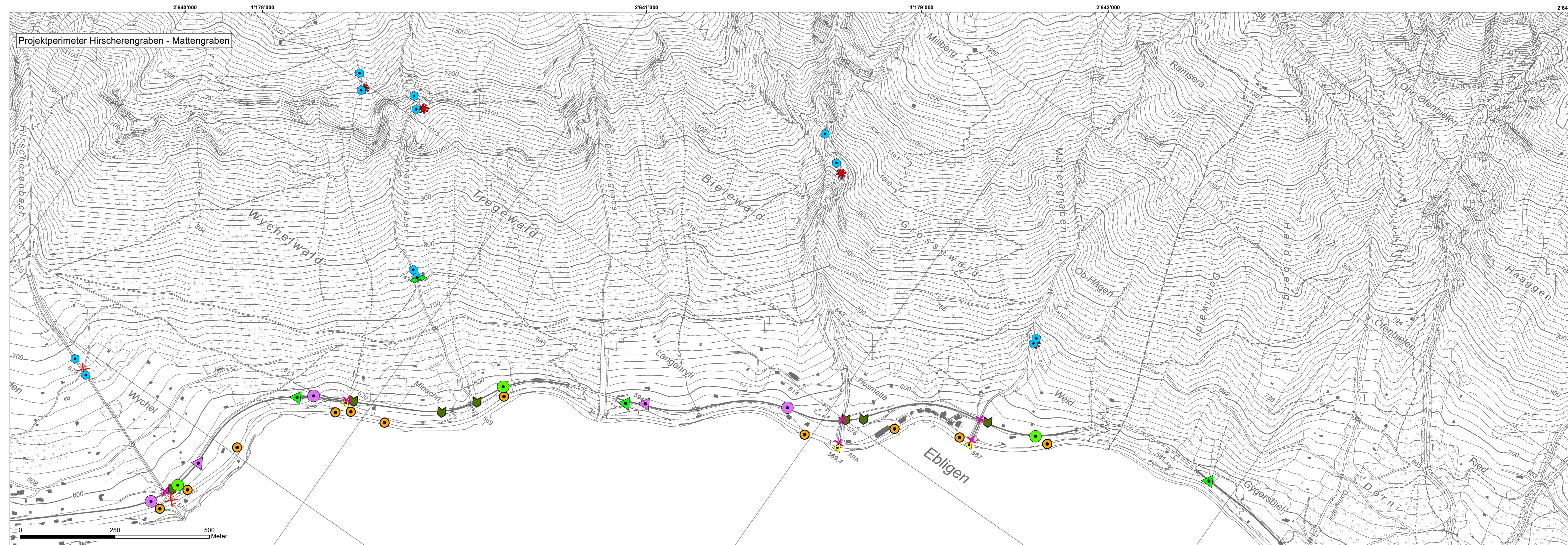
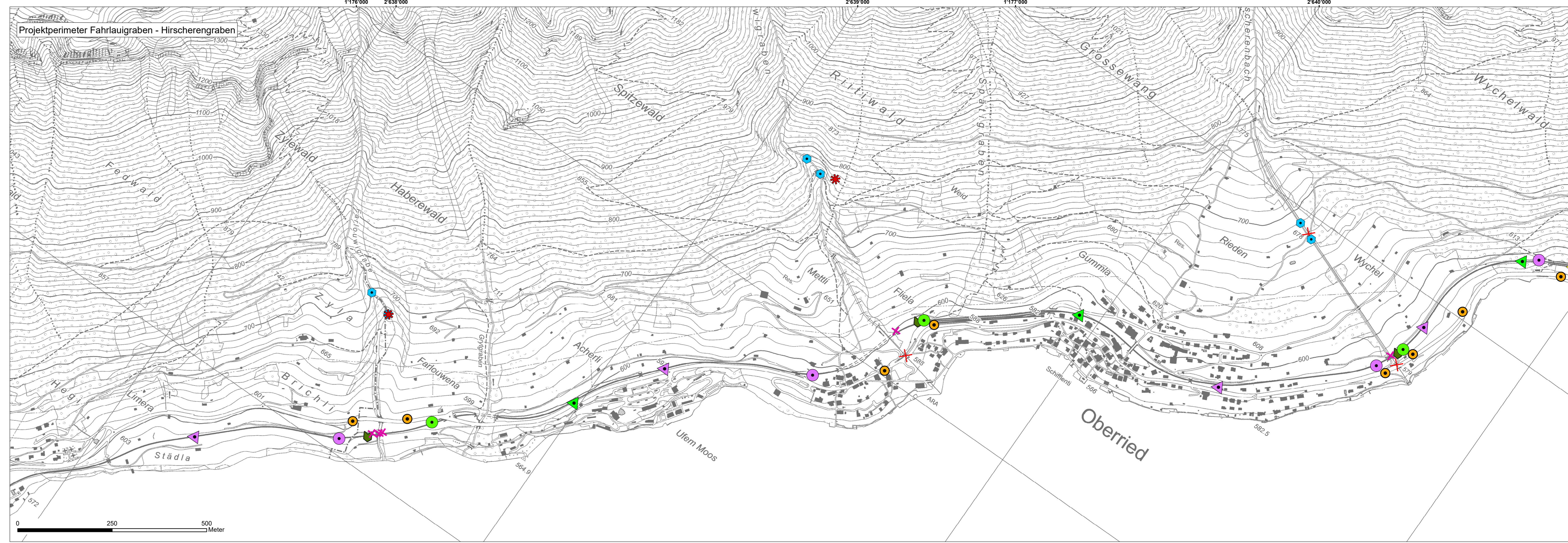
Index	Art der Aenderung / Ergänzung	Datum	Gez.	Gep.

**Übersicht Projektperimeter, beurteilte Gerinne und Lawinenzüge**


**Bauprojekt**













Projektnr.: 1158896





Lawinalarmsystem Brienzzergrat 

Kanton: Bern  
 Gemeinden: Oberried am Brienzsee, Niederried bei Interlaken   
 Linie: 469  
 Strecke: Meiringen - Interlaken Ost  
 Km: 60.920 – 67.200

- Übersicht Massnahmen:**
-  Detektionsseil mit Tilt-Sensor
  -  Ampelstandorte Kantonsstrasse
  -  Geophon
  -  Warnungssignal Ost
  -  Pegelsonde
  -  Warnungssignal West
  -  Radar
  -  Haltsignal Ost
  -  Reissdraht
  -  Haltsignal West
  -  Tilt-Sensor
  -  Webcam

**Projektverfasser**  
 geofomer igp AG  
 Sebastiansplatz 1  
 3900 Brig-Glis  
*Steph Dör*  
 Damian Steffen, 18.12.2020

**Bauherrschaft**  
 zb Zentralbahn AG  
 Bahnhofstrasse 23  
 6362 Stansstad  
*Christoph Jeckelmann*  
 Christoph Jeckelmann, 18.12.2020

Index	Art der Aenderung / Ergänzung	Datum	Gez.	Gep.
<b>Bauprojekt</b>				
Projektnr.: 1158896				
<b>Situation geplante Massnahmen</b>		Massstab 1:5'000	Gezeichnet mwi	Geprüft dst
		Datum 11.12.2020	Gesehen mpr	Format 59.4 x 105 cm
Sebastiansplatz 1 CH-3900 Brig-Glis info@geofomer.ch www.geofomer.ch Tel. +41 (0)27 562 15 00		Plan Nr.: A10158_1_6		