



Str. Nr.

Nat. Str. II. Kl.

N4

Abschnitt:	Teilstrecke:	km	Bereinigte km	Kantone:
Kt. Grenze ZG/SZ	Ingenbohl	105.010		SZ
Flüelen Süd	Gumpisch	126.370		UR
		135.270		
		141.150		

Effektive Baulänge: ca. 8.9 km

N4 Neue Axenstrasse

Fachbericht

Galerie Gumpisch

Neue Situation infolge Naturgefahren im Gumpischtal

Kantonale Behörde:	Eingangsstempel:	Verfasser:
Baudepartement Schwyz Baudirektion Uri		INGE Axen
Projekt vom: 05. Februar 2021		   
Index:		Dokument Nr. 10166.01-RN2010
1.0	05.02.2021	Erstellt: Btgr
		Geprüft: Stau / Imph
		Freigabe:

INGE AXEN c/o Lombardi AG Winkelriedstrasse 37 CH-6003 Luzern Tel. 041 226 40 50 / Fax. 041 226 40 56				
Index:	Datum:	Erstellt:	Geprüft:	Art der Änderung:
1.0	05.02.2021	Btgr	Stau / Imph	Erstfassung

Inhaltsverzeichnis

0. Zusammenfassung	1
1. Überblick, Ausgangslage, Grundlagen	2
1.1 Überblick	2
1.2 Ausgangslage	2
1.3 Grundlagen	4
2. Naturgefahren im Gumpischtal	5
2.1 Grundlegende Bemerkungen zu Naturgefahrenanalysen	5
2.2 Bisherige Gefährdung	6
2.3 Neue Situation Naturgefahren	6
2.4 Massgebende Veränderungen	7
3. Betrieb der bestehenden Axenstrasse	8
3.1 Neue Situation nach dem Felssturz vom Januar 2019	8
3.2 Umgesetzte Massnahmen zum Betrieb der Axenstrasse	8
4. Massnahmen für die N4 Neue Axenstrasse	10
4.1 Neue Situation nach dem Felssturz vom 7. Januar 2019	10
4.2 Ziele für den dauerhaften Betrieb (Endzustand)	11
4.3 Geplante Schutzmassnahmen gegen Naturgefahren für den Endzustand	11
4.3.1 Leitdämme und Ausbildung Gerinne über die Galerie	12
4.3.2 Schutznetze und Netzabdeckungen	13
4.3.3 Nachweis der Wirksamkeit der Massnahmen	15
4.4 Auswirkungen auf das Bauwerkskonzept der Galerie Gumpisch	15
4.5 Betrachtungen zum Bauzustand	16
4.5.1 Übergeordnetes Bauablaufkonzept	17
4.5.2 Sicherheit während dem Bauzustand	17
4.5.3 Auswirkungen auf die Verkehrsführung	18
5. Fazit	19

0. Zusammenfassung

Nachdem sich am 7. Januar 2019 aus den Felswänden über dem Gumpischtal ein Felssturz mit einem Volumen von ca. 80'000 m³ gelöst hat, wurde durch die abgelagerten Schuttmassen und die darin eingebetteten Grossblöcke die Gefährdung der bestehenden Axenstrasse durch Naturgefahren erhöht. Dies zeigte sich deutlich ab Sommer 2019, nachdem mehrere Blockschläge und Murgänge dazu führten, dass die Axenstrasse während mehreren Wochen gesperrt werden musste. Weitere Ereignisse von Murgängen und Blockschlägen mit nachfolgenden Sperrungen folgten und dauern an (letzter Grossblockschlag Mai 2020).

Für den sicheren Betrieb der Axenstrasse hat die Erhaltungsplanung des ASTRA eine automatische Überwachungseinrichtung eingerichtet sowie einen Leitdamm oberhalb der Strasse erstellt. Durch die Umsetzung dieser Massnahmen kann die bestehende Axenstrasse unter dauerhafter Überwachung sicher betrieben werden. Wenn durch die Überwachungsanlage Ereignisse detektiert werden, wird die Strasse automatisch gesperrt. Die anschliessende Freigabe erfolgt automatisch, wenn die Ereignisse sich nur auf den oberen Bereich des Gumpischtals beschränken. Wird das Ereignis innert zwei Minuten auch im unteren Bereich detektiert, muss das Gebiet durch Fachleute begangen und anschliessend wieder freigegeben werden. Die Verfügbarkeit dieser wichtigen Nord-Süd-Verbindung wird durch diese Massnahmen eingeschränkt.

Die veränderte Situation durch Naturgefahren hat auch Einfluss auf das Projekt N4 Neue Axenstrasse. Als Basis zur Ermittlung der erforderlichen Projektanpassungen wurde per 5. Februar 2021 eine aktualisierte Gefahrenbeurteilung Naturgefahren mit Vorschlägen für Massnahmen erarbeitet. Die Wirksamkeit der Massnahmen wurde mittels Simulationen und Modellierungen nachgewiesen.

Da sich die Ereignisgrössen von Sturz- und Rutschprozessen vergrössert haben, müssen die Massnahmen gegen Naturgefahren den aktuellen Verhältnissen angepasst und die Galerie Gumpisch in Teilbereichen verstärkt werden. So sieht das neue Konzept oberhalb der Galerie neue Leitdämme sowie die Ausbildung eines Gerinnes im Bereich Gumpischbach für den Bauzustand wie auch für den Betriebszustand vor. Mittels Vordimensionierungen wurde nachgewiesen, dass die Bauwerke auf die neu ermittelten Ereignisse, ausgelegt werden können.

Die Auswirkungen auf den Bauzustand wurden ebenfalls untersucht. Durch eine frühzeitige Kanalisierung mittels den Leitdämmen und dem Gerinne können sichere Bereiche für einen Grossteil der auszuführenden Arbeiten geschaffen werden. Während den Arbeiten in kritischen, durch Naturgefahren gefährdeten Bereichen sind organisatorische Massnahmen zu ergreifen, um die Sicherheit für das Baustellenpersonal bestmöglich zu gewährleisten.

Der Bericht zeigt auf, dass mit den aufgezeigten Massnahmen die geforderte dauerhafte Verfügbarkeit, Funktionsfähigkeit und Verkehrssicherheit für vor allem den Endzustand der N4 Neue Axenstrasse, aber auch für die Bauphase, sichergestellt werden kann.

1. Überblick, Ausgangslage, Grundlagen

1.1 Überblick

Mit der N4 Neue Axenstrasse sollen die Verfügbarkeit, Funktionsfähigkeit und Verkehrssicherheit der Nord-Süd Transitachse zwischen Brunnen und Flüelen besser gewährleistet und das Dorf Sisikon nachhaltig vom Durchgangsverkehr entlastet werden. Mit der Realisierung der N4 Neue Axenstrasse soll zudem die bestehende Axenstrasse für den Langsamverkehr wieder attraktiv werden.

Die N4 Neue Axenstrasse wird in Ingenbohl und Gumpisch an die bestehende Nationalstrasse N4 angeschlossen. Dazwischen liegt die Neubaustrecke mit dem 2'891 m langen Morschacher Tunnel, dem 4'442 m langen Sisikoner Tunnel und dem kurzen Abschnitt der offenen Strecke Ort.



Abbildung 1.1: Übersicht N4 Neue Axenstrasse

Der vorliegende Bericht befasst sich mit der nach dem Felssturz vom 07. Januar 2019 neuen Situation im Gumpischtal und zeigt auf, wie der Anschluss Gumpisch der N4 Neuen Axenstrasse optimiert und im Sinne der Projektziele umgesetzt werden kann.

1.2 Ausgangslage

Am 12. Februar 2002 hat das Bundesamt für Strassen ASTRA das Baudepartement des Kantons Schwyz federführend mit der Ausarbeitung eines Generellen Projekts (GP) für die Etappen 1 und 3 von Ingenbohl bis Gumpisch beauftragt. Das anschliessend ausgearbeitete GP [1] wurde inklusive Ergänzungsbericht und Zusatzabklärungen im Jahr 2007 zur Genehmigung eingereicht. Im GP wurden die Linienführung sowie die Lage der Anschlüsse abschliessend definiert.

Auf Basis des GP erarbeitete die INGE Axen bis im April 2014 das Ausführungsprojekt Etappen 1 und 3 (AP) [2], welches in der Folge öffentlich aufgelegt wurde. Im Rahmen von vertieften Analysen erfolgte eine umfassende Beurteilung der Naturgefahren mit Gefahrenerkennung, Wirkungsanalyse, Risikoanalyse und Zusammenstellung von Massnahmenvarianten. Im AP wurde die als Bestvariante ermittelte Galerie mit Überleitung der Wasser- und Murgangprozesse sowie von Lawinen aufgelegt. Zum Schutz gegen Sturzprozesse (Stein- und Blockschlag) wurden bergseitig Steinschlagschutznetze vorgesehen.

Mit der Ausarbeitung des Detailprojekts werden die geplanten Massnahmen weiterentwickelt und vertieft. Für den Anschluss Gumpisch werden folgende Detailprojekte (DP) ausgearbeitet:

- DP 102 Voreinschnitte Ort, Dorni, Buggi, Gumpisch
- DP 204 Galerie Gumpisch
- DP 206 Hilfsbrücke Gumpisch
- DP 207 Naturgefahren Ort, Dorni, Buggi, Gumpisch

Die Grundlagen zu den Naturgefahren werden vertieft und für das zu erstellende DP aufgearbeitet.

Am 7. Januar 2019 ereignete sich aus den Felswänden über dem Gumpischtal ein Felssturz mit einem Volumen von ca. 80'000 m³. Die Sturzmasse wurde im Gumpischtal oberhalb der Axenstrasse in mehreren Schuttdepots abgelagert. Am 28. Juli sowie am 12. August 2019 kam es aus den Felssturzablagerungen nach Regenfällen zu murgangartigen Ausbrüchen. Dabei schlug ein Block an die Gumpischbachbrücke und stürzte weiter unter der Brücke durch, bis fast zur Brücke der Bahnlinie. In der Folge musste die Axenstrasse während mehrerer Wochen gesperrt und Massnahmen zum sicheren Betrieb der Strasse definiert und ausgeführt werden. Im Bericht N4 Axenstrasse, Gumpischtal, Murgang- und Sturzereignisse Sommer 2019 [3] sind die Gefahren- und Risikobeurteilung für Murgang- und Sturzprozesse sowie der erforderlichen Massnahmen und das Überwachungskonzept für den sicheren Betrieb der Axenstrasse zusammengestellt.

Nach dem Bau eines Schutzdamms und dem Einrichten einer Überwachungsanlage wurde die Axenstrasse wieder für den motorisierten Individualverkehr eröffnet. Die Überwachungsanlage detektierte in der Folge weitere Ereignisse, welche das temporäre Schliessen der Axenstrasse erforderten. Das bisher grösste Grossblockschlag-Ereignis erfolgte am 05. Mai 2020 bei welchem ein Grossblock von 55 m³ (ca. 150 t) den Schutzdamm lokal beschädigte und unter der Gumpischbachbrücke weiter in Richtung See rollte. Das Ereignis ist im Bericht Axenstrasse, ASTRA, Murgänge und Blockschläge Gumpischtal [4] erfasst und beschrieben.

Da sich durch den Felssturz vom Januar 2019 und die nachfolgenden Ereignisse eine zu überprüfende Gefährdungssituation einstellte, wurde die CSD Ingenieure AG beauftragt, in Zusammenarbeit mit der Geotest AG die neue Situation infolge Naturgefahren zu analysieren und Massnahmenkonzepte für die N4 Neue Axenstrasse im Bereich Gumpisch zu definieren. Die Resultate sind im Bericht Anschluss Gumpisch, Aktualisierte Gefahrenbeurteilung Naturgefahren [5] zusammengestellt. Die INGE Axen untersuchte parallel dazu, wie die Massnahmenkonzepte umgesetzt werden können und wies rechnerisch die erforderlichen Kapazitäten der geplanten Bauwerke nach, um den gemäss aktuellen Erkenntnissen grösseren Einwirkungen aus den Naturgefahren standzuhalten.

1.3 Grundlagen

- [1] IG Pro Axen, c/o Locher AG Zürich, Abgabedossier GP 2007 inkl. Ergänzungsbericht und Zusatzabklärungen vom 27. April 2007
- [2] INGE Axen, c/o Lombardi AG Luzern, Abgabedossier N4 Neue Axenstrasse, Ausführungsprojekt Etappen 1 und 3 vom 01.09.2014 Änderungen gegenüber dem Ausführungsprojekt (AP)
- [3] Geotest AG, N4 Axenstrasse, Gumpischtal, Murgang und Sturzereignisse Sommer 2019, Bericht Nr. 2318261.9 vom 06.09.2019 ergänzt am 09.10.2019
- [4] Geotest AG, Axenstrasse, ASTRA, Murgänge und Blockschläge Gumpischtal, Grossblock-Ereignis vom 05. Mai 2020, Bericht vom 15.05.2020
- [5] CSD Ingenieure AG, N4 Neue Axenstrasse, Detailprojekt Etappen 1 und 3, Anschluss Gumpisch, Aktualisierte Gefahrenbeurteilung Naturgefahren vom 05.02.2021

2. Naturgefahren im Gumpischtal

2.1 Grundlegende Bemerkungen zu Naturgefahrenanalysen

Als Ausgangslage für Naturgefahrenanalysen werden zuerst verschiedene Szenarien gebildet, welche anschliessend im Detail analysiert und daraus Massnahmenkonzepte für den Umgang mit der Gefährdung ermittelt werden. Für die Sturzprozesse werden Blockgrössen ermittelt und den massgebenden Jährlichkeiten zugeordnet. Bei Murgängen sind es die Abflussmengen sowie die Geschiebefracht Kubaturen (Massenstrom), welche ermittelt und in Jährlichkeiten eingeordnet werden.

Als Basis für die Naturgefahrenanalyse bezüglich Sturzprozessen werden historische Ereignisse ausgewertet, weiter dienen "stumme Zeugen" dazu, mögliche Blockgrössen zu ermitteln und diese in Jährlichkeiten zu unterteilen. Konkret heisst das, dass das Gebiet begangen wird, herumliegende Blöcke kartiert und ausgemessen werden. Anhand von Moosbewuchs sowie weiteren Hinweisen (bspw. Einschlagspuren an Bäumen) werden die Häufigkeit und die Sturzgrössen von Ereignissen abgeschätzt.



Abbildung 2.1: Beispiel aus mit hauptsächlich älteren Sturzkörpern vom Felssturz 1932 und darüberliegenden frischeren Sturzkörpern

Ebenfalls werden die Prozessquellen untersucht. Felswände werden visuell beurteilt und nach Bedarf auch am Seil begangen. Dabei werden Klüfte gesucht, es wird beurteilt, wie kompakt die Wände sind und daraus versucht, eine generelle Aussage zur Stabilität und der Möglichkeit von Ausbrüchen zu machen. Auf dieser Basis werden die Blockgrössen den Jährlichkeiten zugeordnet.

Auch bei Murgangprozessen werden historische Ereignisse ausgewertet, und stumme Zeugen wie Ablagerungsfächer von früheren Murgängen dienen dazu, die Grösse und Häufigkeit von Murgangereignissen zu klassieren. Im Gebiet werden die klassischen Faktoren für die Entstehung von Murgängen wie ein Bachgefälle von ca. 25-30%, Vorhandensein von sättigungsfähigem Lockermaterial und Hinweise auf mögliche Rutschungen gesucht, die sich im Gerinne zum Murgang entwickeln können.

Basierend auf den Analysen von historischen Ereignissen und den Resultaten der Begehungen erfolgt die Bildung der Szenarien. Diese bilden die Grundlage für Simulationen von Steinschlägen und Modellierungen von Murgängen zur Erarbeitung der Wirkungsanalysen, mit welcher die zu erwartenden Ereignisse und Ereignisgrössen nach Jährlichkeiten zu erwarten sind.

Die Resultate aus dem oben beschriebenen, empirischen Vorgehen zeigen auf, dass sich in Bezug auf die Naturgefahren nach dem Felssturz vom 7. Januar 2019 eine neue Ausgangslage eingestellt hat. Es haben sich im vormals vielerorts praktisch "leergeräumten" Gumpischthal grosse Schuttdepots mit eingelagerten, teilweise sehr grossen neuen Blöcken abgelagert. Diese Situation musste neu beurteilt werden. Aufgrund der Erfahrung des Felssturzes im Januar 2019 wurden auch andere Liefergebiete nochmals neu beurteilt und die bisher den Jährlichkeiten zugrunde gelegten Ereignisgrössen erneut analysiert. Das Resultat ist eine höhere Gefährdung der N4 Neue Axenstrasse durch gleichzeitig grössere Ereignisse (Blockschlag und Murgang).

2.2 Bisherige Gefährdung

Gemäss dem Ausführungsprojekt Naturgefahren ist vorgesehen, den Abschnitt Gumpisch so vor Naturgefahren zu schützen, dass die Sicherheit von Personen und Sachwerten im Wirkungsbereich von Sturz-, Rutsch-, Murgang- und Lawinenprozessen während der Bauzeit sowie der Betriebsphase gewährleistet ist. Die Schutzziele und Wiederkehrperioden für die einzelnen Prozesse sind für die Betriebsphase folgendermassen definiert:

Prozess	Schutzziel	Wiederkehrperiode
Sturz (Stein- und Blockschläge)	Seltenes Ereignis	100 Jahre
Rutsch (Hangmuren, Murgänge)	Sehr seltenes Ereignis	300 Jahre
Lawinen	Sehr seltenes Ereignis	300 Jahre

Tabelle 2.1: Bisherige Schutzziele für den Abschnitt Gumpisch (vor Felssturz 2019)

Die Ereignisgrösse von Murgängen mit Wiederkehrperioden von 100 und 300 Jahren war bei der Beurteilung der Naturgefahren vor dem Felssturz vom Januar 2019 relativ gering. Deshalb wurde das Schutzziel für Murgänge für sehr seltene Ereignisse mit einer Wiederkehrperiode von 300 Jahren festgelegt.

Die massgebende Ereignisgrösse wurden mit folgenden Ereignisgrössen definiert (nur maximales Ereignis für das jeweilige Schutzziel angegeben):

- Sturz (Stein- und Blockschläge) Volumen massgebender Block 2.4 m³
Kinetische Energie 2'000 kJ
- Rutsch (Hangmuren, Murgänge) Q-max 95 m³/s für 100-jährliche Ereignisse
Q-max 125 m³/s für 300-jährliche Ereignisse
- Lawinen Mächtigkeit der Lawinenablagerung max. 4 m
gemittelt 2 m

2.3 Neue Situation Naturgefahren

Nach dem Felssturz vom Januar 2019 hat sich die Situation der Gefährdung der bestehenden wie auch der N4 Neue Axenstrasse verändert. Im Gumpischthal haben sich ca. 80'000 m³ Schutt in mehreren Schuttdepots oberhalb der Axenstrasse abgelagert. Im Schutt eingebettet befinden sich auch Grossblöcke mit Volumen von bis zu 200 m³. Die aktuelle Situation wurde von der CSD Ingenieure AG für die Prozesse Sturz und Rutsch (Murgänge) neu beurteilt und im Bericht Anschluss Gumpisch, Aktualisierte Gefahrenbeurteilung Naturgefahren [5] dokumentiert.

Es ist weiterhin geplant, den Abschnitt Gumpisch so vor Naturgefahren zu schützen, dass die Sicherheit von Personen und Sachwerten im Wirkungsbereich von Sturz-, Rutsch-, Murgang- und Lawinenprozessen sowie die Verfügbarkeit des Strassenabschnittes während der Betriebsphase gewährleistet ist. Während der Bauphase bestehen, abhängig von den Arbeiten, Bautätigkeiten und Arbeitsbereichen, Gefährdungen, welche durch organisatorische Massnahmen soweit als möglich reduziert werden müssen, sodass Sachschäden während dem Bau an Geräten und bereits erstellten Bauwerksteilen nahezu ausgeschlossen werden können.

Die Wiederkehrperiode für die einzelnen Prozesse wurden für die Betriebsphase neu folgendermassen definiert:

Prozess	Schutzziel	Wiederkehrperiode
Sturz (Stein- und Blockschläge)	Seltenes Ereignis	100 Jahre
Rutsch (Hangmuren, Murgänge)	Sehr seltenes Ereignis	100 Jahre
Lawinen	Sehr seltenes Ereignis	300 Jahre

Tabelle 2.2: Neue Wiederkehrperioden für den Abschnitt Gumpisch

Die massgebende Ereignisgrösse wurden neu mit folgenden Ereignisgrössen definiert (nur maximales Ereignis für das jeweilige Schutzziel angegeben):

- Sturz (Stein- und Blockschläge) Volumen massgebender Block 55 m³
Kinetische Energie 50'000 - 180'000 kJ
- Rutsch (Hangmuren, Murgänge) Q-max 300 m³/s für 100-jährliche Ereignisse
- Lawinen Mächtigkeit der Lawinenablagerung max. 4 m
gemittelt 2 m

2.4 Massgebende Veränderungen

Massgebende Veränderungen der Gefährdung ergeben sich wie vorab aufgezeigt für die Sturz- und Rutschprozesse, bei Letzteren insbesondere für Murgänge. Hier ist mit grösseren Ereignissen und Eintretenswahrscheinlichkeiten zu rechnen. Für Lawinen und Hangmuren ergeben sich keine Veränderungen der Gefährdung.

Die Veränderungen betreffen sowohl die Bauphase wie auch den späteren Betrieb der N4 Neue Axenstrasse.

3. Betrieb der bestehenden Axenstrasse

3.1 Neue Situation nach dem Felssturz vom Januar 2019

Die nach dem Felssturz vom 7. Januar 2019 und ab 28. Juli 2019 eingetretenen Murgang- und Blockschlagereignisse haben aufgezeigt, dass der sichere Betrieb und die Verfügbarkeit der bestehenden Axenstrasse nicht mehr gewährleistet sind. Die Strasse wurde in der Folge für mehrere Wochen gesperrt und es wurden die nachfolgend beschriebenen Massnahmen ergriffen, um den sicheren Betrieb der Strasse wiederherzustellen.

3.2 Umgesetzte Massnahmen zum Betrieb der Axenstrasse

Zur Wiederherstellung des sicheren Betriebs der bestehenden Axenstrasse hat die Erhaltungsplanung des ASTRA nach den Ereignissen vom 28. Juli und 12. August 2019 Sofortmassnahmen umgesetzt (Sprengungen diverser absturzgefährdeter Blöcke sowie provisorische Steinschlagschutznetze ca. 50 m oberhalb der Axenstrasse). Gleichzeitig startete ein Geologenteam mit der Beurteilung der neuen Situation sowie der Definition von weiteren Massnahmen für einen sicheren Betrieb der bestehenden Axenstrasse. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind im Bericht N4 Axenstrasse, Gumpischtal, Murgang und Sturzereignisse Sommer 2019 [3] zusammengestellt. Es wurde vorgeschlagen, ein Überwachungssystem mit automatischer Ereignisdetektion und Sperrung der Axenstrasse einzurichten sowie einen Ablenkdammbau zu erstellen.

Das Überwachungssystem im Gumpischtal wurde von der Geopraevent AG im Auftrag des ASTRA eingerichtet. Es besteht aus unterschiedlichen Sensoren und Kameras, die an verschiedenen Orten positioniert sind. Das Herzstück der Anlage bilden zwei Steinschlagradare auf dem Buggistäfeli, etwa 400 Höhenmeter oberhalb der Axenstrasse. Sie überwachen permanent die Schuttdepots und erkennen sich bewegende Gesteinsmassen in Echtzeit. Gleichzeitig messen am selben Standort drei seismische Sen-

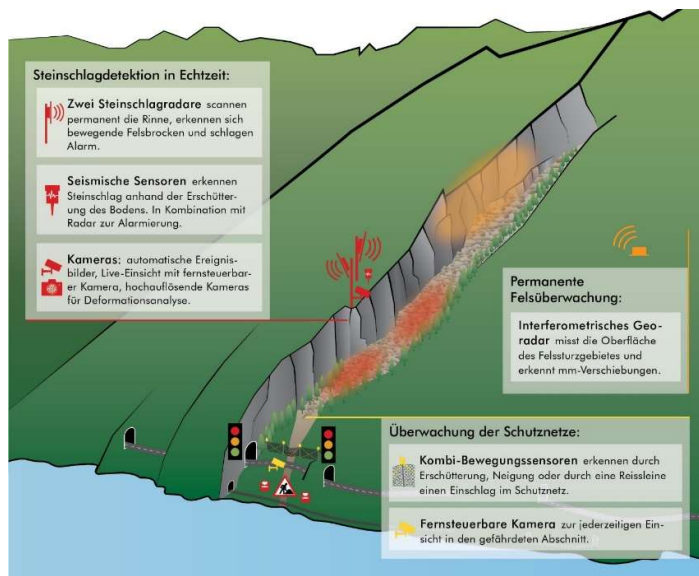


Abbildung 3.1: Überwachungseinrichtung im Gumpischtal

soren die Erschütterungen im Boden und erkennen so ebenfalls Steinschlag oder einen Murgang. Wird ein Ereignis durch eine in Echtzeit berechnete Kombination beider Überwachungseinrichtungen erkannt, schaltet das System Ampeln an der Axenstrasse automatisch auf Rot. Die oberhalb der Strasse eingerichteten Steinschlag- und Murgangsschutznetze wurden mit Bewegungssensoren ausgestattet. Wenn nach einer Ereignisdetektion im oberen Bereich die Sensoren der Schutznetze ebenfalls ein Ereignis detektieren, bleiben die Ampeln auf Rot und ein Geologe muss die Situation vor Ort beurteilen. Die Strasse wird je nach

Resultat der Beurteilung danach wieder für den Verkehr freigegeben. Falls bei den Schutznetzen kein Ereignis detektiert wird, schalten die Ampeln nach zwei Minuten automatisch wieder auf Grün und die Strasse wird wieder für den Verkehr freigegeben. Seit dem 1. April 2020 kann die Überwachungseinrichtung vollautomatisch ohne Verkehrsdienst gesteuert werden. Davor war sie manuell bzw. teilautomatisch mit der Unterstützung des Verkehrsdiensts in Betrieb.

Der Ablenkdamm wurde im Januar 2020 fertiggestellt. Er dient in Kombination mit den Schutznetzen der Umleitung grosser Blöcke und deren Umlenkung unter der Gumpischbachbrücke hindurch. Der Damm wurde durch den Grossblockschlag vom 5. Mai 2020 am unteren Ende beschädigt, schaffte es aber dennoch, den Block zurück ins Gerinne des Gumpischbachs zu lenken. Durch Steinsplitter entstanden zudem Schäden an der Leitschranke der Gumpischbachbrücke. Die Schäden am Damm und dem Leitsystem wurden danach wieder behoben. Das Ereignis ist im Bericht Murgänge und Blockschläge Gumpischtal, Grossblock-Ereignis vom 5. Mai 2020 [4] dokumentiert.

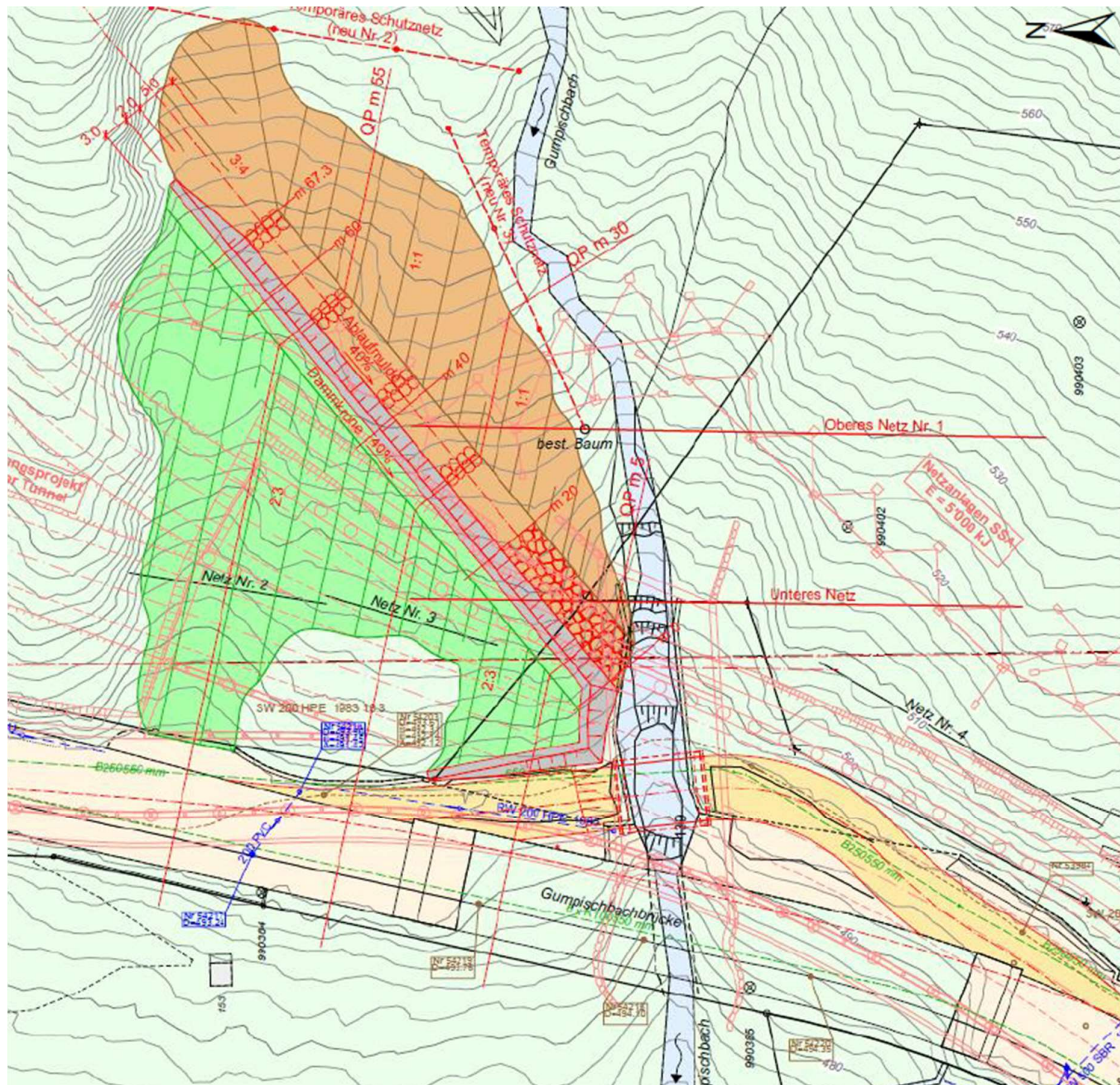


Abbildung 3.2: Situation Ablenkdamm und Lage Schutznetze

4. Massnahmen für die N4 Neue Axenstrasse

4.1 Neue Situation nach dem Felssturz vom 7. Januar 2019

Wie den vorangehenden Kapiteln 2.2 bis 2.4 zu entnehmen ist, hat sich die Gefährdungssituation im Gumpischtal für die Prozesse Sturz und Rutsch erheblich verschlechtert. Bei den Rutschprozessen betrifft dies vor allem Murgänge, welche infolge der grossen neuen Schuttablagerung an Mächtigkeit gewonnen haben. Bei den Prozessen Lawinen und Hangmuren haben sich keine Veränderungen ergeben, weshalb diese Prozesse nicht weiter betrachtet werden.

Das bestehende Naturgefahrenkonzept sieht vor, Sturzprozesse beidseitig des Gerinnes des Gumpischbachs oberhalb der Galerie mit Steinschlagschutznetzen aufzunehmen. Oberhalb der Galerie ist aufgrund einer Auflage der SBB im Rahmen des PGV eine Gerinnekorrektur des Gumpischbachs geplant, mit welcher das Ausbrechen von Murgängen aus dem Gumpischbachgerinne verhindert wird. Das Gerinne wurde im Bereich der Galerie über das Bauwerk verlängert, um Murgänge und auch Lawinen über die Galerie zu leiten.

Die aktualisierten Gefährdungsszenarien und die darauf basierenden Sturzmodellierungen zeigen auf, dass die bisher geplanten Massnahmen gegen Naturgefahren nicht mehr ausreichen. Mit neuen Massnahmen (Leitdämme) müssen insbesondere Grossblockschläge so kanalisiert werden, dass diese die neue Galerie im Bereich des Gerinnes des Gumpischbachs queren. Der Bereich mit der Gerinnequerung über die Galerie muss hierfür entsprechend verstärkt werden.

Südlich des Gumpischbachs ergeben sich praktisch keine Veränderungen. Die bisher geplanten Steinschlagschutznetze ergeben einen genügenden Schutz für die N4 Neue Axenstrasse und die Galerie Gumpisch.

Nördlich des Gumpischbachs werden die Einwirkungen aus Sturzprozessen grösser eingestuft. In diesem Bereich sind die Schutznetze mit höheren Energieklassen auszubilden, zudem sollen Netzaufdeckungen auf Felswänden nördlich der neuen Tunnelportale vorgesehen werden. Da die Häufigkeit von Blockschlägen ebenfalls höher eingestuft wird, muss die Galleriedecke nördlich des Gumpischbachs zur Aufnahme von Mehrfachblockschlag verstärkt werden.

Die bisher geplante Gerinnekorrektur für den Gumpischbach vermag die deutlich grösseren Murgänge im Bereich des Gumpischbachgerinnes nicht über die Galerie zu leiten. Mit den neuen Massnahmen für die Sturzprozesse (Leitdämme) können die Murgänge umgelenkt und wie bisher geplant im neu dimensionierten Gerinne für den Gumpischbach über die Galerie geleitet werden.

Auch die Bauphasen für die N4 Neue Axenstrasse sind durch die neue Situation der Naturgefahren betroffen. Wie die Ereignisse seit dem Felssturz eindrücklich aufzeigen, ist nicht nur die Ereignisgrösse von Sturz- und Rutschprozessen grösser geworden, gleichzeitig ist auch die Häufigkeit, auch von grösseren Ereignissen, angestiegen. Vor allem für grössere Blockschläge und Murgänge besteht dabei ein Zusammenhang mit der Witterung. Dies ist für die Planung des Bauablaufs und der Bauphasen entsprechend zu berücksichtigen. Die Bauabläufe sind so zu gestalten, dass die Gefährdung auf ein Minimum reduziert werden kann. Ein Meteowarndienst ist vorzusehen, Arbeitsunterbrüche infolge schlechten Wetters

sind einzuplanen und es muss bei spezifischen Bauphasen auch damit gerechnet werden, dass sich Blöcke und Murgänge in der Baustelle ablagern.

4.2 Ziele für den dauerhaften Betrieb (Endzustand)

Für den Betrieb der N4 Neue Axenstrasse im Endzustand sind durch die Massnahmen gegen Naturgefahren die Verfügbarkeit, Funktionsfähigkeit und Verkehrssicherheit, letztere ohne künftige automatische Überwachungseinrichtung, dauerhaft zu gewährleisten. Aufgrund der vorliegenden Situation sind hingegen Unterhaltsarbeiten (Räumen von abgelagertem Material, Instandsetzung von Verschleisstteilen, z.B. Gerinne zur Überleitung des Gumpischbachs über die Galerie und Opferschicht des Leitdamms) erforderlich. Im Sinne einer frühen Ereignisdetektion von grösseren Felsstürzen sollen periodische Überwachungen der Felswände durch interferometrisches Georadar durchgeführt werden.

Die neuen Schutzziele beim Anschluss Gumpisch sind im Kapitel 2.3 beschrieben.

4.3 Geplante Schutzmassnahmen gegen Naturgefahren für den Endzustand

Für den Schutz der geplanten Galerie Gumpisch im Betriebszustand und der weiter unten liegenden Bahnlinie der SBB-Gotthardlinie ist eine Kombination von Leitdämmen zur Kanalisierung von Grossereignissen (Grossblöcke und Murgänge) mit Steinschlagschutznetzen und Netzabdeckungen erforderlich.

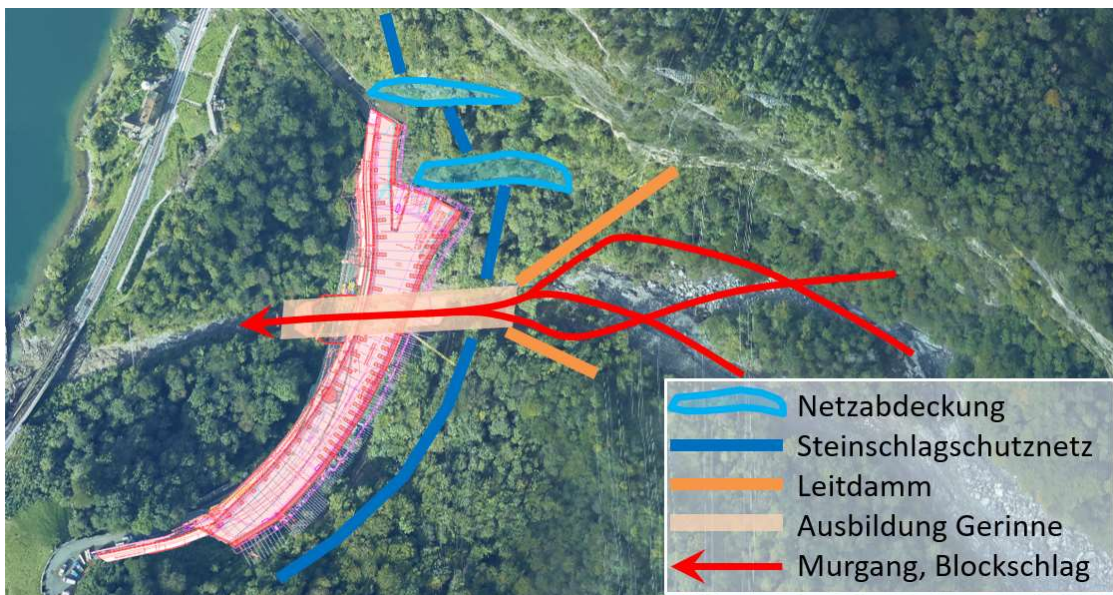


Abbildung 4.1: Übersicht über die Massnahmen für den Endzustand

4.3.1 Leitdämme und Ausbildung Gerinne über die Galerie

Mit den Leitdämmen oberhalb der Galerie und dem daran anschliessenden Gerinne werden Grossblockschläge und Murgänge umgeleitet und in einem klar definierten Bereich über die Galerie geleitet. Durch diese Massnahmen wird die Galerie vor grossen strukturellen Schäden durch Blockschläge geschützt. Gleichzeitig wird sichergestellt, dass Grossblöcke und Murgänge unterhalb der Galerie weiter im Gerinne des Gumpischbachs verbleiben und dadurch keine Gefährdung der Bahnlinie entsteht.

Der orografisch rechts des Gumpischbachs geplante Leitdamm muss eine Höhe von ca. 12 m aufweisen, da die Grossblöcke gemäss Simulationen 8 bis 10 m hoch springen können. Die Standsicherheit des Damms wird durch einen Aufbau mit bewehrter Erde sichergestellt. Gleichzeitig ist die Lage so zu planen, dass die Rinne bergseitig des Damms ein genügendes Gefälle aufweist, sodass Murgänge ohne grosse Ablagerungen abfliessen können.

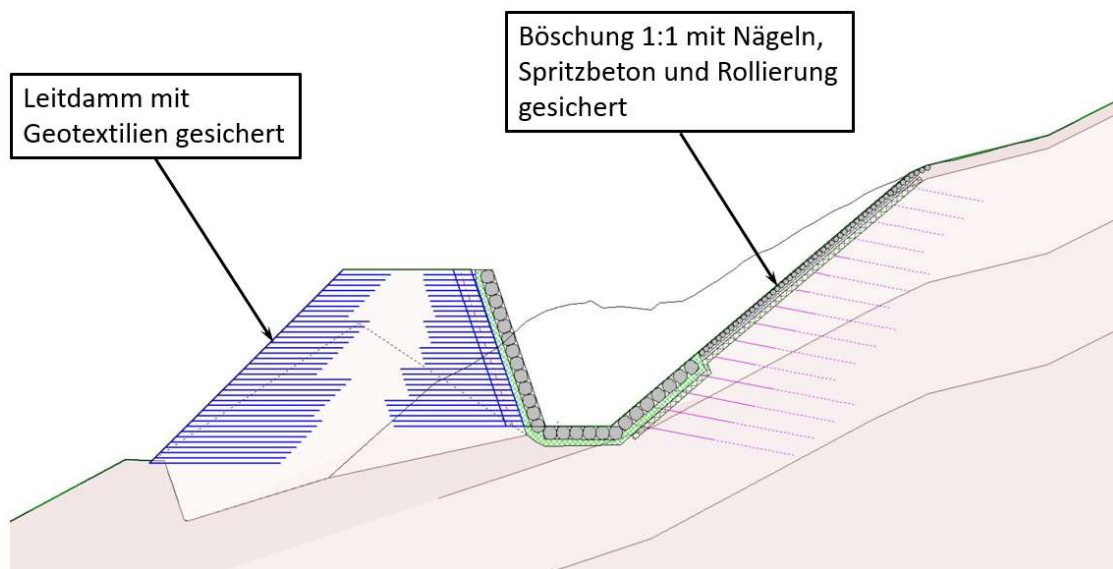
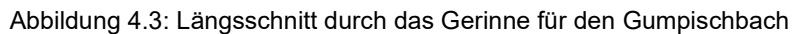


Abbildung 4.2: Schnitt durch den Leitdamm

Da Grossblöcke (Dimensionierungsereignis ist das 100-jährliche Ereignis) durch den Damm um- und anschliessend durch das Betongerinne über die Galerie geleitet werden, muss das Gerinne zur Dissipation der zu erwartenden Energien genügend weich auf der Galeriedecke gelagert werden. Das Gerinne kann demzufolge bei Grossereignissen beschädigt werden. Die darunterliegende Galerie wird dabei durch eine Dämmschicht so geschützt, dass sie nicht in ihrer Funktion beeinträchtigt wird. Weiter ist das Gerinne geometrisch so ausgelegt, dass Murgänge (Dimensionierungsereignis ist das 100-jährliche Ereignis) über die Galerie geleitet werden. Am Ende des Gerinnes stürzen Blöcke und Murgänge in das Tosbecken, in welchem deren Energie abgebaut und der weitere Abfluss durch das Gerinne des Gumpischbachs in Richtung Urnersee ermöglicht wird.



Eine Kombination von Schutznetzen und Netzabdeckungen schützt einerseits die Galerie sowie die weiter unten liegende SBB Bahnlinie vor Blockschlägen in den Bereichen nördlich und südlich des Gumpischbachgerinnes.

Die bisher vorgesehenen Steinschlagschutznetze werden auf die neuen Anforderungen angepasst und durch ein zusätzliches Netz oberhalb des Portals des Stützegg隧nns ergänzt (Werkreihe 3).

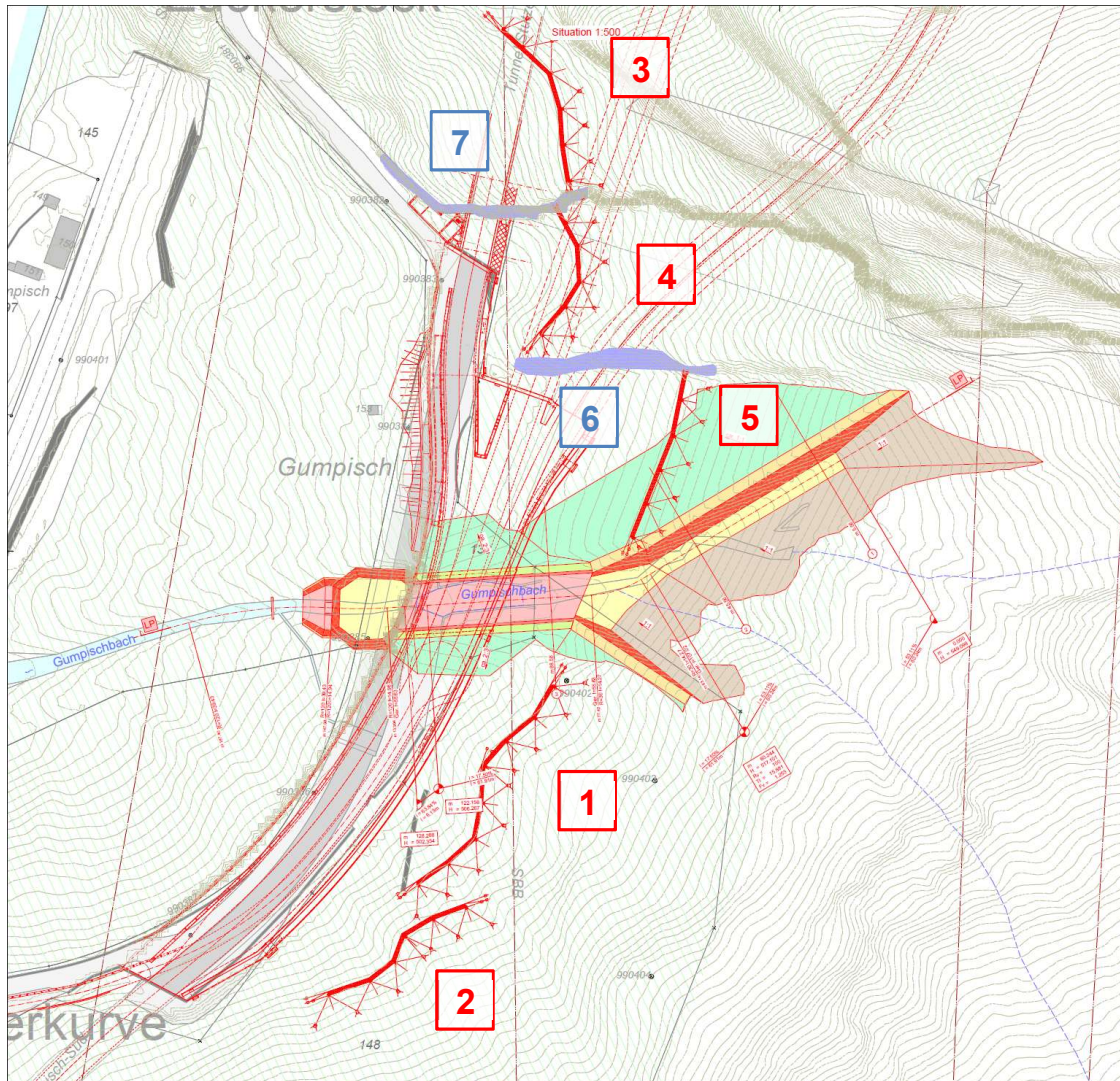


Abbildung 4.4: Anordnung Netzabdeckungen und Steinschlagschutznetze

Werk- reihe Nr.	Art	Länge [m] bisher	Höhe [m] Fläche [m ²] bisher	Länge [m] neu	Höhe [m] Fläche [m ²] neu
1	Steinschlagschutznetz	69	4	69	5
2	Steinschlagschutznetz	47	4	47	5
3	Steinschlagschutznetz	-	-	40	5
4	Steinschlagschutznetz	40	4	40	5
5	Steinschlagschutznetz	38	4	35	5
6	Netzabdeckung	-	-	-	800
7	Netzabdeckung	-	-	-	1'500

Tabelle 4.1: Zusammenstellung der Dimensionierungsparameter für die vorgesehenen Netze

Zwischen dem Tunnelportal des Stutzegg tunnels und den neuen Tunnelportalen für den Sikoner Tunnel und den Ausfahrtstunnel wird das bisher geplante Steinschlagschutznetz (Werkreihe 4) aufgrund der Neubeurteilung der Gefahr von Ausbrüchen aus den Felswänden nach dem Felssturz vom Januar 2019, nach welcher tendenziell grössere Blöcke zu erwarten sind, mit einer Energieklasse von 3'000 kJ und einer Höhe von 5 m geplant. Bisher war das Netz mit einer Energieklasse von 2'000 kJ und einer Höhe von 4 m vorgesehen.

Das Steinschlagschutznetz zwischen den Tunnelportalen der neuen Tunnel und dem Gerinne des Gumpischbachs (Werkreihe 5) wird aufgrund der Neubeurteilung der Gefahr von Ausbrüchen aus den Felswänden nach dem Felssturz vom Januar 2019, nach welcher tendenziell grössere Blöcke zu erwarten sind, mit einer Energieklasse von 3'000 kJ und einer Höhe von 5 m geplant. Bisher war das Netz mit einer Energieklasse von 2'000 kJ und einer Höhe von 4 m vorgesehen.

4.3.3 Nachweis der Wirksamkeit der Massnahmen

Die neu geplanten Massnahmen wurden in Rücksprache mit der Bauherrschaft durch die Geologen / Naturgefahrenspezialisten und die INGE Axen erarbeitet. Die Wirksamkeit der Massnahmen wurde ermittelt und ist im Bericht Anschluss Gumpisch, Aktualisierte Gefahrenbeurteilung Naturgefahren [5] ausgewiesen.

4.4 Auswirkungen auf das Bauwerkskonzept der Galerie Gumpisch

Die gemäss aktuellen Erkenntnissen grösseren Einwirkungen aus den Naturgefahren erfordern Verstärkungsmassnahmen und punktuelle Anpassungen am Bauwerkskonzept der geplanten Galerie Gumpisch. Diese wurden im Zuge der Wirksamkeitsanalyse der Massnahmen gegen Naturgefahren mittels Vordimensionierungen auf die Machbarkeit überprüft. Die nachfolgende Darstellung zeigt die Bereiche mit erforderlichen Verstärkungsmassnahmen an der Galeriedecke auf.

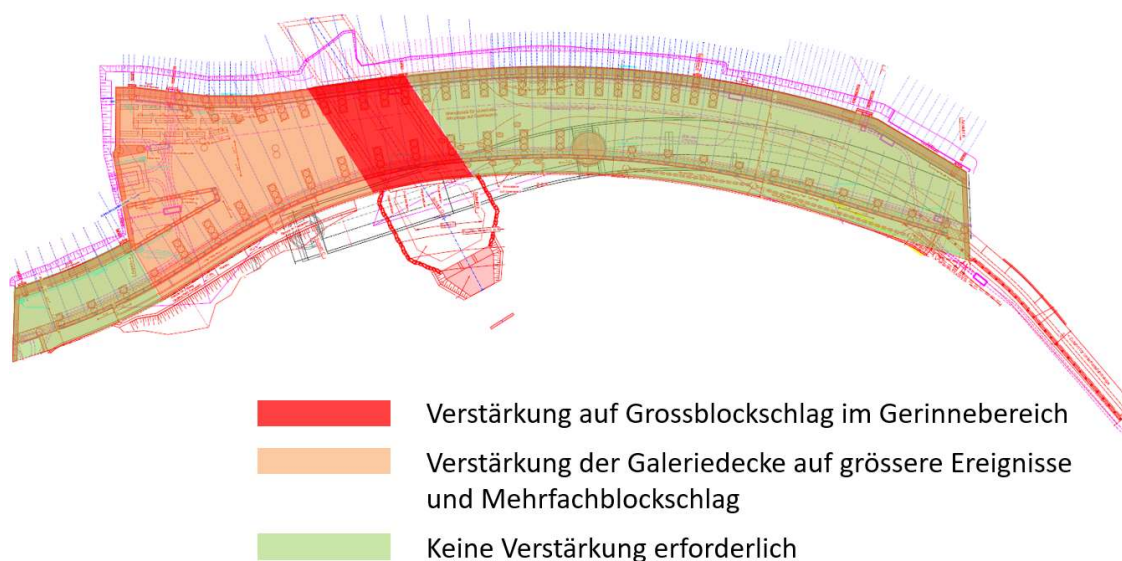


Abbildung 4.5: Erforderliche Verstärkungsmassnahmen an der Galeriedecke

Aufgrund der neuen Bauphasen zur Minimierung der Gefährdung der Baustelle können die bisher geplanten Pfahlreihen im Bereich des Gumpischbachgerinnes nicht ausgeführt werden. Anstelle der Pfahlreihen sollen beidseitig des Gerinnes je zwei Schachtfundationen bis

in den Felsen abgeteuft werden. Weiter ist zur Sicherstellung der Krafteinleitung aus der Decke teilweise der Ersatz der Stützenreihen durch geschlossene Wände erforderlich.

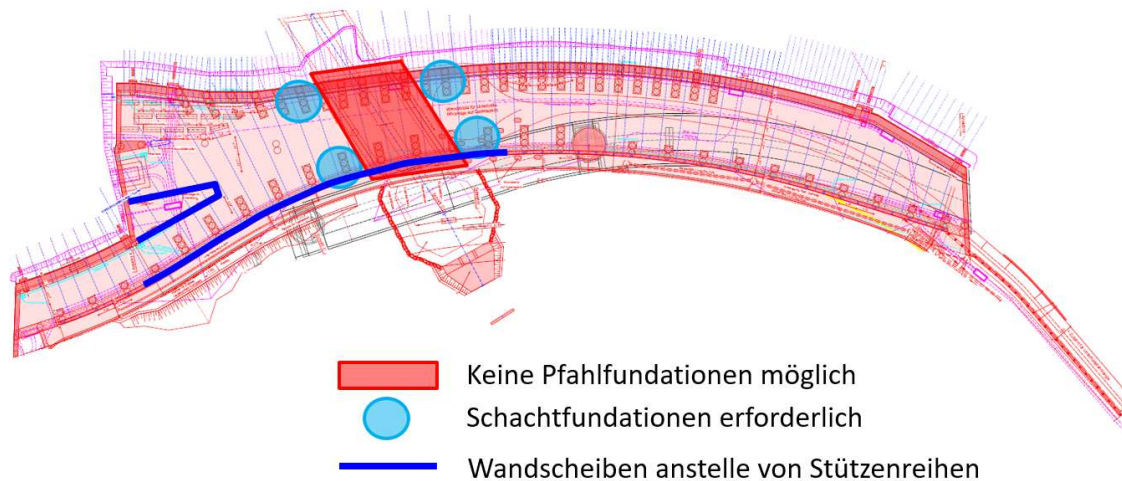


Abbildung 4.6: Erforderliche Anpassungen am Bauwerkskonzept

Die Auswirkungen des Schliessens von Stützenreihen mit Wänden wurde mit dem Fachplaner für die Lüftung abgeklärt.

Aus den Verstärkungsmassnahmen ergeben sich insgesamt keine grösseren Veränderungen und / oder Verschlechterungen in Bezug auf die Lüftung der Galerie Gumpisch.

4.5 Betrachtungen zum Bauzustand

Die Situation der Gefährdung durch die Naturgefahren hat sich auch für den Bauzustand erheblich verändert und verschärft. Insbesondere ist dabei zu beachten, dass die Vorwarnzeiten von Blockschlägen und Murgängen nur sehr gering sind. Häufig sind künftige Ereignisse Witterungsabhängig, so treten insbesondere Murgänge und Grossblockschläge von Blöcken, welche aus den Schuttmassen remobilisiert werden, vor allem im Zusammenhang mit Niederschlägen auf. Blöcke können zudem auch durch starke Winde in Bewegung versetzt werden. Für die Umsetzung der Schutzbauten, welche für den Betrieb der bestehenden Axenstrasse erstellt wurden, sind strenge Grenzwerte bei Regenfällen definiert worden. Bei Überschreiten dieser Grenzwerte wurden die Bauarbeiten eingestellt.

Für die Bauarbeiten an der N4 Neue Axenstrasse ist die neue Gefährdung zu beachten. Es ist ein Bauablauf anzustreben, bei welchem möglichst viele Arbeiten in gesicherten Baustellenbereichen ausgeführt werden können. Für Arbeiten in gefährdetem Gebiet sind strenge organisatorische Massnahmen zu definieren, diese stellen eine besondere Herausforderung dar. Einerseits soll das bestehende Überwachungs- und Alarmierungssystem gegebenenfalls ausgebaut und bis Bauabschluss weiter betrieben werden. Andererseits ist ein Wettermonitoring inklusive einer Alarmierungsorganisation einzurichten. Bei Überschreiten von vorab festgesetzten Grenzwerten für Niederschläge und Wind sind die Bauarbeiten in gefährdeten Bereichen einzustellen und die Baustelle ist zu räumen.

Die Schutzmassnahmen, welche für den Bauzustand ausgelegt werden, erfolgen auf 30-jährliche Ereignisse.

4.5.1 Übergeordnetes Bauablaufkonzept

Das Konzept vom Bauablauf sieht vor, dass der Verkehrsträger verlegt wird. Dadurch wird die Verfügbarkeit des Strassenraumes erhöht und Bauplatz für die nachfolgenden Arbeiten geschaffen. Das übergeordnete Bauablaufkonzept ist wie folgt geplant:

1. Erstellen der Hilfsbrücke Gumpisch
 2. Umsetzung der Massnahmen zum Schutz gegen Naturgefahren
 3. Erstellen Voreinschnitt (nördlich und südlich des temporären Gerinnes)
 4. Rückbau Gumpischbachbrücke
 5. Erstellung der Galerie Gumpisch in 4 Etappen inkl. etappierter Rückbau der Hilfsbrücke
- Sobald die Massnahmen zum Schutz gegen Naturgefahren umgesetzt sind, können für die Baustelle sichere Baustellenperimeter ausgeschieden werden. In diesen Bereichen kann anschliessend ohne Einschränkungen infolge Witterung und Naturgefahrenereignissen gearbeitet werden. Diese Abschnitte sind durch die definitiven Massnahmen bis zu 100-jährlichen Ereignissen gegen Naturgefahren geschützt.

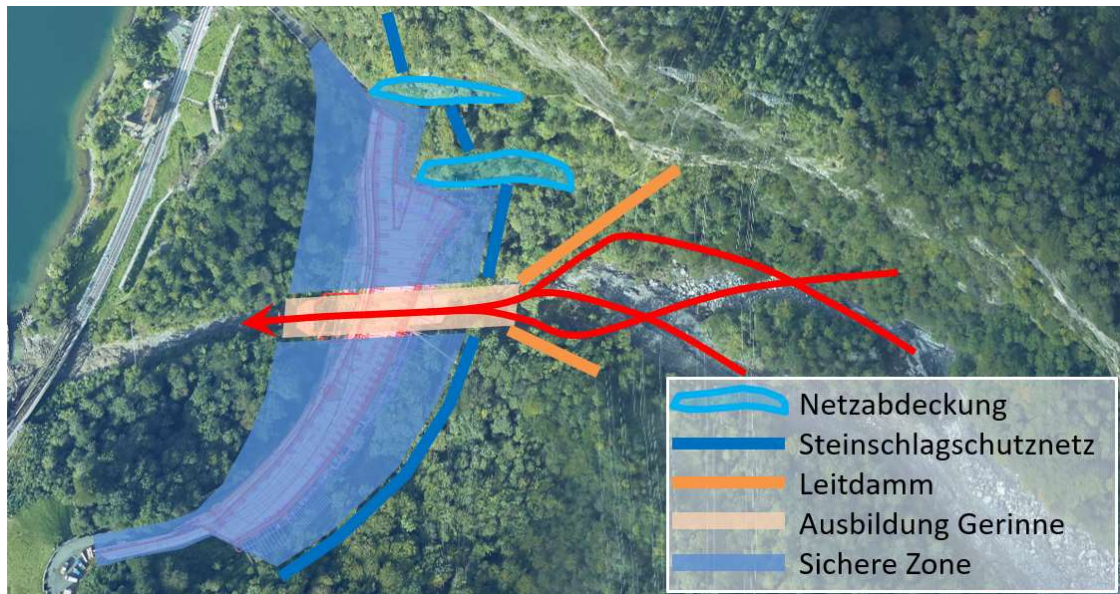


Abbildung 4.7: Perimeterbildung mit sicheren Zonen für den Bauzustand

Beim "Fugenschluss" in der Mitte der Galerie erfolgen die Arbeiten im durch Naturgefahren gefährdeten Bereich. Im Verhältnis zum gesamten Bauablauf ist die Dauer dieser Arbeiten relativ kurz. Nach dem Fugenschluss und der Ausbildung des Tosbeckens talseitig der Galerie sind mit Ausnahme des Rückbaus der Hilfsbrücke keine umfangreicheren Bauarbeiten in gefährdeten Bereichen mehr erforderlich.

4.5.2 Sicherheit während dem Bauzustand

Von den im Kapitel 4.5.1 aufgeführten Bauarbeiten sind sämtliche Rodungsarbeiten, die Erstellung der Hilfsbrücke, die Erstellung der Massnahmen gegen Naturgefahren sowie der Fugenschluss bei der Galerie Gumpisch in Bezug auf das Auftreten von Naturgefahren kritisch.

Die talseitigen Rodungsarbeiten sowie der Bau der Hilfsbrücke erfolgen im Schutz des bereits erstellten Ablenkdamms. Dieser ist in Bezug auf die Dammhöhe für grosse Blockschlagereignisse eventuell nicht ganz ausreichend (die bestehende Axenstrasse wird bei solchen

Ereignissen durch die Überwachungsanlage automatisch gesperrt). Wie gross die Gefährdung für die Baustelle ist, ist momentan noch in Abklärung. Es ist davon auszugehen, dass auch für die Rodungsarbeiten und den Bau der Hilfsbrücke die Warneinrichtung in Betrieb sein muss und dass ein Wettermonitoring durchgeführt wird. Bei zu grossen Regenmengen und zu starken Winden müssen die Bauarbeiten unterbrochen und die gefährdeten Bereiche der Baustelle geräumt werden. Im Extremfall kann die Hilfsbrücke lokal beschädigt bis zerstört werden. Alternativ kann dann der Verkehr immer noch über die bestehende Gumpischbachbrücke geleitet werden.

Die kritischste Phase in Bezug auf die Sicherheit ist die anschliessende Rodung bergseitig der Axenstrasse und die Erstellung der Leitdämme. Hier erfolgen die Arbeiten bergseitig der bestehenden Axenstrasse, also näher an den Liefergebieten für Sturz- und Rutschprozesse. Zudem wird beim Bau des orographisch rechts des Gumpischbachs zu erstellendem Damm der bestehende Ablenkdammbauwerk aufgefüllt. Hieraus resultiert auch eine temporär grössere Gefährdung der Axenstrasse. Diese Arbeiten erfordern deshalb den dauerhaften Betrieb der Überwachungseinrichtung sowie das Wettermonitoring. Nach kritischen Regenmengen und bei starken Winden sind die Bauarbeiten einzustellen und die Baustelle ist zu räumen.

Die anschliessenden Arbeiten für den Voreinschnitt, sowie die erste Etappe der Galerie Gumpisch benötigen mehrere Jahre Bauzeit. Während dieser Zeit können die Bauarbeiten in den sicheren Zonen ausgeführt werden. Mit der weiter talseitig liegenden Hilfsbrücke ist auch die Verfügbarkeit der alten Axenstrasse gewährleistet.

Die letzte kritische Phase betrifft den Fugenschluss in der Mitte der Galerie Gumpisch. Hier erfolgen die Arbeiten unmittelbar im Bereich, durch welchen Sturz- und Rutschprozesse durchgeleitet werden. Entsprechend müssen die Überwachungseinrichtung für die Baustelle sowie die organisatorischen Massnahmen mit dem Wettermonitoring umgesetzt werden. Wie bereits vorab erwähnt, besteht auch die Gefahr, dass sich Blöcke und Murgänge im Baustellenbereich ablagern können.

Der aktuelle Stand in Bezug auf die Gefährdungen infolge der neuen Situation der Naturgefahren ist in der aktualisierten Gefahrenbeurteilung Naturgefahren [5] beschrieben.

Bis zum Baustart (erste Rodungsarbeiten) vergeht sicher noch ca. ein Jahr. Dies soll als Chance genutzt werden, mit Hilfe der Überwachungseinrichtung weitere Erfahrungen zur Situation im Gumpischtal zu erhalten (v.a. Einfluss von Witterung auf Blockschlag / Murgang). Die erforderlichen Massnahmen müssen während der weiteren Projektierung in der Phase Detailprojekt (DP) noch weiter vertieft und konkretisiert werden. Oberstes Ziel ist dabei die bestmögliche Sicherheit des auf der Baustelle eingesetzten Personals.

4.5.3 Auswirkungen auf die Verkehrsführung

Durch die neue Gefährdungssituation nach dem Felssturz vom 7. Januar 2019 wird aufgrund der Gefährdung und der geänderten Bauabläufe die temporäre Verkehrsführung generell komplexer. Es ist grundsätzlich mit mehr Verkehrsbehinderungen auf der alten Axenstrasse zu rechnen. Zusätzlich zu bereits definierten Sperrungen der Axenstrasse mit Umleitung des Verkehrs über den Seelisbergtunnel sind auch wetterabhängige Umleitungen nicht auszuschliessen. In der weiteren Detailprojektierung werden die aktuellen Kenntnisse noch weiter vertieft und die bestmöglichen Abläufe und Massnahmen gesucht, um den Verkehr auf der Axenstrasse bestmöglich zu gewährleisten.

5. Fazit

Mit den im Bericht aufgezeigten Massnahmen als Reaktion auf die neue Situation in Bezug auf die Naturgefahren kann das Ziel der dauerhaften Verfügbarkeit, Funktionsfähigkeit und Verkehrssicherheit für den Endzustand der N4 Neue Axenstrasse klar erfüllt werden. Für den Betrieb nach Abschluss der Bauarbeiten ist auch keine permanente Überwachung des Gumpischtals mehr erforderlich. Die fertiggestellte N4 Neue Axenstrasse erfordert aber wie jede Infrastrukturbaute periodische Überwachungs- und Unterhaltsarbeiten. So sind insbesondere die Bauwerke zum Schutz gegen Naturgefahren regelmässig zu begehen und Unterhaltsarbeiten durchzuführen.

Die Situation der Gefährdung durch die Naturgefahren hat sich für den Bauzustand verändert und auch verschärft. Mit geeigneten Bauabläufen und Bauphasen kann aber auf die neue Situation reagiert werden. Weiter ist die bereits bestehende Überwachungseinrichtung während der Bauarbeiten eventuell noch auszubauen und weiter zu betreiben. Mit detailliert vorbereiteten organisatorischen Massnahmen kann die Sicherheit der Baustelle bestmöglich gewährleistet werden.