



Inhalt	Seite
Abkürzungsverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	5
1. Ausgangslage und Zielsetzung	6
2. Grundlagen	7
2.1. Eigenschaften	7
2.2. Situation	8
2.3. Übersicht Tunnelanlage	8
2.4. Letzte Hauptinspektion	11
2.5. Verkehr	11
3. Fluchtwege	13
3.1. Istzustand	13
3.2. Normative Anforderungen	13
3.3. Normative Abweichungen	13
3.4. Sanierungskonzept	13
3.4.1. Option 1 - Realisierung von 3 Stichstollen bergseitig	14
3.4.2. Option 2 - Realisierung von 3 Stichstollen talseitig	14
3.4.3. Option 3 - Realisierung eines SISTO mit 3 Querverbindungen bergseitig	15
3.4.4. Option 4 - Realisierung eines SISTO mit 3 Querverbindungen talseitig	16
3.4.5. Wahl des Sanierungskonzepts	16
3.5. Kostenschätzung	17
4. Lüftung	18
4.1. Istzustand	18
4.2. Normative Anforderungen	18
4.3. Normative Abweichungen	19
4.4. Sanierungskonzept	19
4.5. Kostenschätzung	20
5. Kennzeichnung der sicherheitstechnischen Einrichtungen	21
6. Stromversorgung	22
6.1. Istzustand	22
6.2. Normative Anforderungen	22
6.3. Normative Abweichungen	22

6.4.	Sanierungskonzept.....	22
7.	Weitere Anmerkungen	23
8.	Funktionelle Bedarfsanalyse und Bedarfsevaluation.....	24
9.	Sanierungskonzepte und grobe Kostenermittlung.....	25
10.	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	26
11.	Referenzdokumente	27

Abkürzungsverzeichnis

ASTRA	Bundesamt für Strassen
BSA	Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen
DTV	Durchschnittliches Tagesverkehrsaufkommen
FHB	Fachhandbuch
RL	Richtlinie
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
SISTO	Sicherheitsstollen
T/G	Tunnel/Geotechnik
TUSI	Tunnelsicherheit

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Situation.....	8
Abbildung 2: Grundriss.	8
Abbildung 3: Normalprofile.....	9
Abbildung 4: Normalprofil bergmännischer Tunnel.	9
Abbildung 5: Westportal mit technischem Raum (links).	10
Abbildung 6: Tunnel im Bereich der Zentrale.	10
Abbildung 7: Situation.....	11
Abbildung 8: Maximaler Abstand der Fluchtwege [2].	13
Abbildung 9: Option 2 – 3 Stichstollen talseitig.	14
Abbildung 10: Option 3 –SISTO mit 3 Querverbindungen bergseitig.....	15
Abbildung 11: Option 4 – SISTO mit 3 Querverbindungen talseitig.....	16
Abbildung 12: Bestimmung der möglichen Hauptgruppe des Lüftungssystems nach sicherheitstechnischen Aspekten [4].	18
Abbildung 13: Mögliche Anordnung von Strahlventilatoren (Laufreddurchmesser max. 900 bis 1000 mm).	20

1. Ausgangslage und Zielsetzung

Der vorliegende Bericht ist Teil der TUSI-Untersuchung der Tunnel der Julierpasstrasse. Die Studie besteht aus einem Kopfbericht und 6 Teilberichten:

- Kopfbericht
- TUSI Sils
- TUSI Passmal
- TUSI Solis
- **TUSI Alvaschein**
- TUSI Crap Ses
- TUSI Silvaplana

Die übergeordnete Methodologie und die Grundlagen sind im Kopfbericht dokumentiert.

Im vorliegenden Bericht wird die TUSI-Untersuchung des Tunnels Alvaschein dokumentiert.

2. Grundlagen

2.1. Eigenschaften

Eigenschaften gemäss ASTRA-Infrastrukturobjekt-Heft:

- Nummer A17 038
- Name Tunnel Alvaschein
- Typ 192 Tunnelanlage
- Funktion 33 Unterquert Natur
 511 Schützt Strasse / Weg
- Baujahr 1975
- Gesteinsbeschreibung unbekannt
- Querschnittstyp Hufeisenprofil offen/geschlossen
- Lichtraumprofil 7.00 m x 4.50 m
- Lichte Höhe 4.5 m

Lage:

- Landeskoordinaten X/Y 761340 / 171440
- Höhe ü. M. [m] 913.00
- RA Nummer N29
- Kilometer 9.94
- Standort (Gemeinde) 3501 Alvaschein

2.2. Situation



Abbildung 1: Situation.

2.3. Übersicht Tunnelanlage

- Länge: 957 m
 - Bergmännischer Tunnel: 931 m
 - Galerie Ost (Silvaplana): 26 m
- Längsneigung: 4.9%

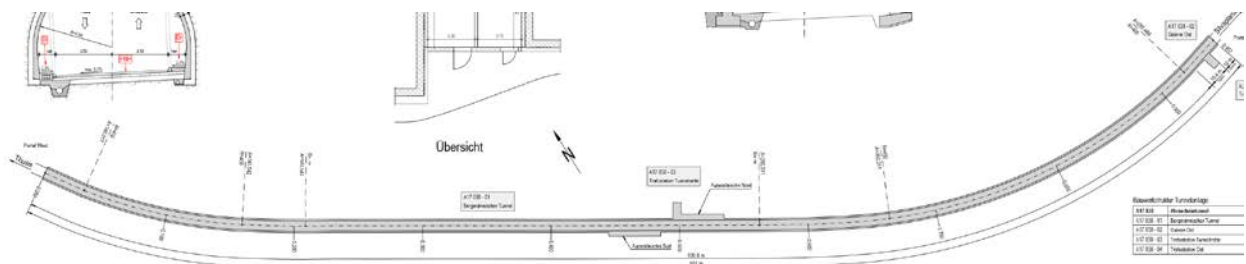


Abbildung 2: Grundriss.

A17 038 - 01 Bergmännischer Tunnel 1:100

A17 038 - 02 Galerie Ost 1:100

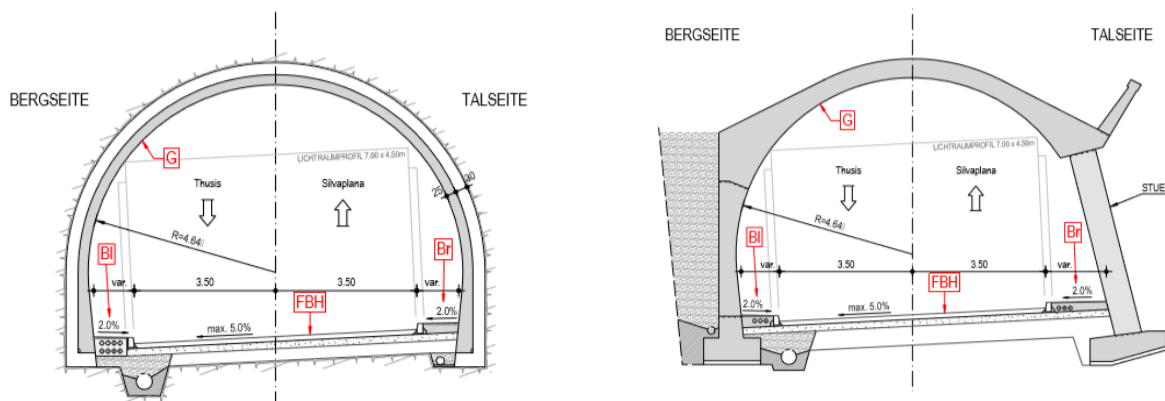


Abbildung 3: Normalprofile.

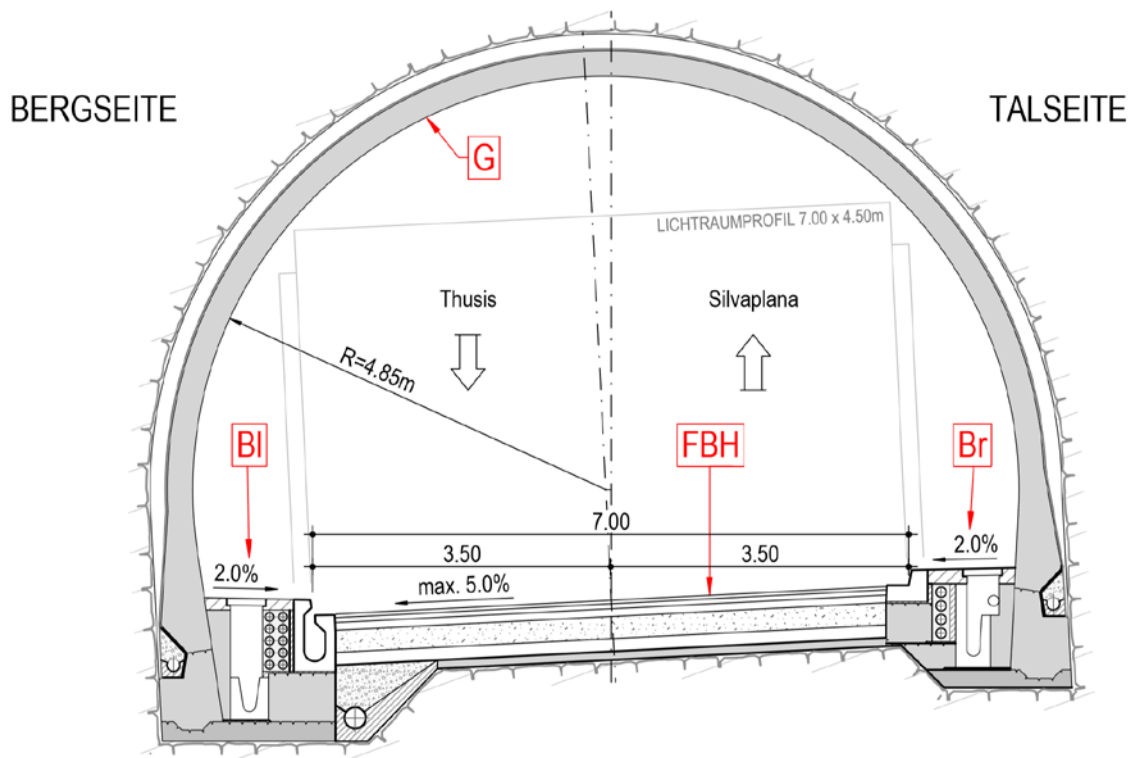


Abbildung 4: Normalprofil bergmännischer Tunnel.



Abbildung 5: Westportal mit technischem Raum (links).



Abbildung 6: Tunnel im Bereich der Zentrale.

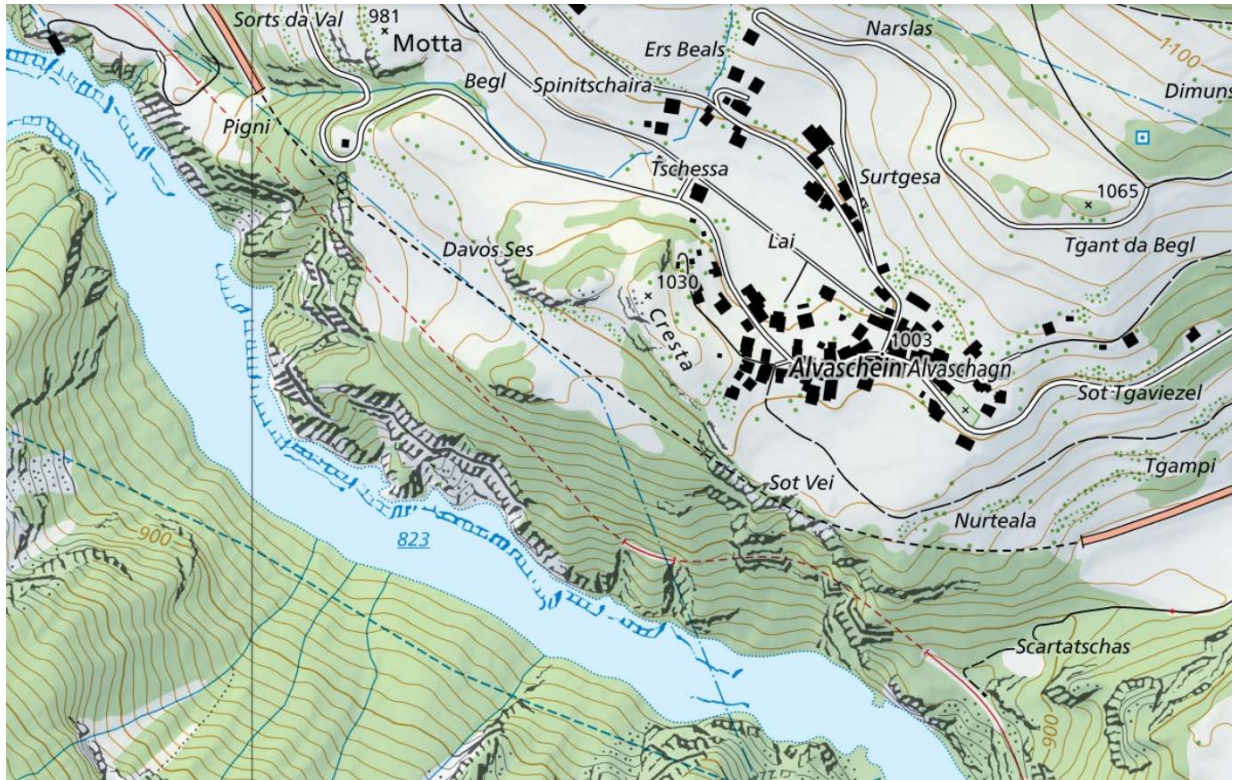


Abbildung 7: Situation.

Die Situation ist komplex. Sie ist bergseitig durch eine bedeutende Überdeckung und talseitig durch einen sehr steilen und nicht zugänglichen Hang charakterisiert (Abbildung 7). Ebenfalls im Bild sichtbar ist die RhB-Bahnlinie, welche in diesem Bereich mehrheitlich im Tunnel verläuft.

2.4. Letzte Hauptinspektion

Letzte Hauptinspektion:

- | | |
|---|----------------------------|
| • Datum der Inspektion | 08.10.2013 |
| • Zustandsbeurteilung | 3 in schadhaftem Zustand |
| • Schlechtestes unter Infrastrukturobjekt (ZK: 3) | W Wände |
| • Inspektionsbericht-Verfasser | CWZ Casutt Wyrsh Zwicky AG |

2.5. Verkehr

Die aktuellen Verkehrszahlen werden laufend vom Tiefbauamt des Kantons Graubünden zur Verfügung gestellt [14].

Die Hauptverkehrszahlen für das Jahr 2017 betreffen:

Zählstelle 157, Alvaschein (Bund)

- DTV 2017: 6'517
- Gesamt-Verkehrsaufkommen 2017: 2'378'705
- Gesamt-Verkehrsaufkommen 2012: 2'254'110
- Gesamt-Verkehrsaufkommen 2007: 2'215'793
- LKW-Anteil: 5%

3. Fluchtwege

3.1. Istzustand

Der Tunnel weist keine Notausgänge auf.

3.2. Normative Anforderungen

Der maximale Abstand der Fluchtwege bei einer Längsneigung von 4.9% beträgt gemäss SIA 197/2 300 m. Für den Tunnel Alvaschein sind nach SIA 197/2 somit mindestens 3 Notausgänge erforderlich.

Figur 4 Maximaler Abstand der Fluchtwege

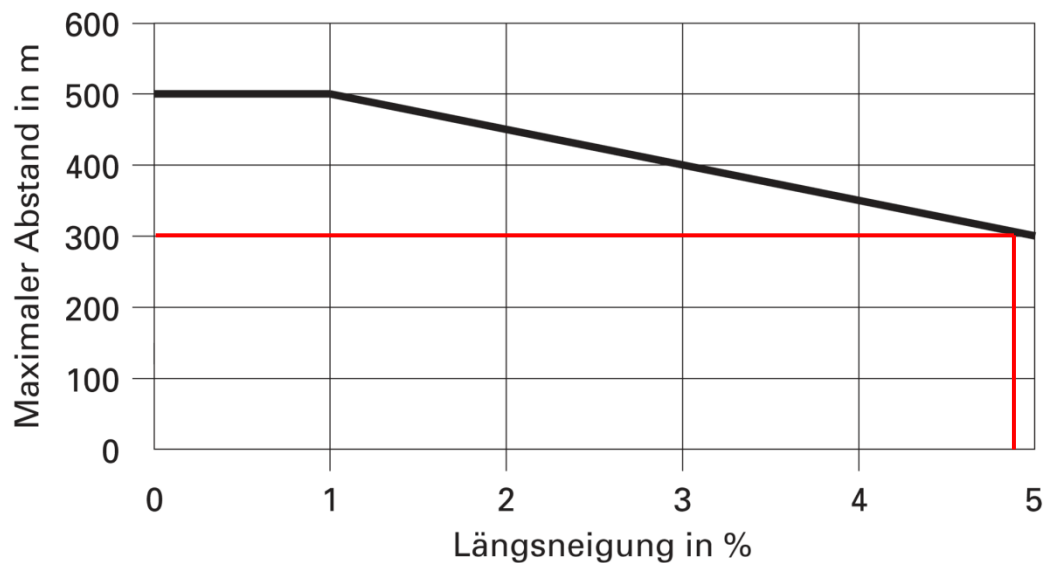


Abbildung 8: Maximaler Abstand der Fluchtwege [2].

3.3. Normative Abweichungen

Es sind 3 Notausgänge erforderlich, mit einem Maximalabstand von rund 300 m.

3.4. Sanierungskonzept

Es gibt vier Optionen für die Realisierung der Notausgänge:

- Realisierung von 3 Stichstollen zur Oberfläche (bergseitig),
- Realisierung von 3 Stichstollen zur Oberfläche (talseitig),

- Realisierung eines Sicherheitsstollens (SISTO) mit 3 Querverbindungen (bergseitig),
- Realisierung eines Sicherheitsstollens (SISTO) mit 3 Querverbindungen (talseitig).

3.4.1. Option 1 - Realisierung von 3 Stichstollen bergseitig

Die grosse Überdeckung führt zu sehr langen und steilen Notausgängen. Die Realisierung von Stichstollen bergseitig ist daher nicht zu empfehlen.

3.4.2. Option 2 - Realisierung von 3 Stichstollen talseitig

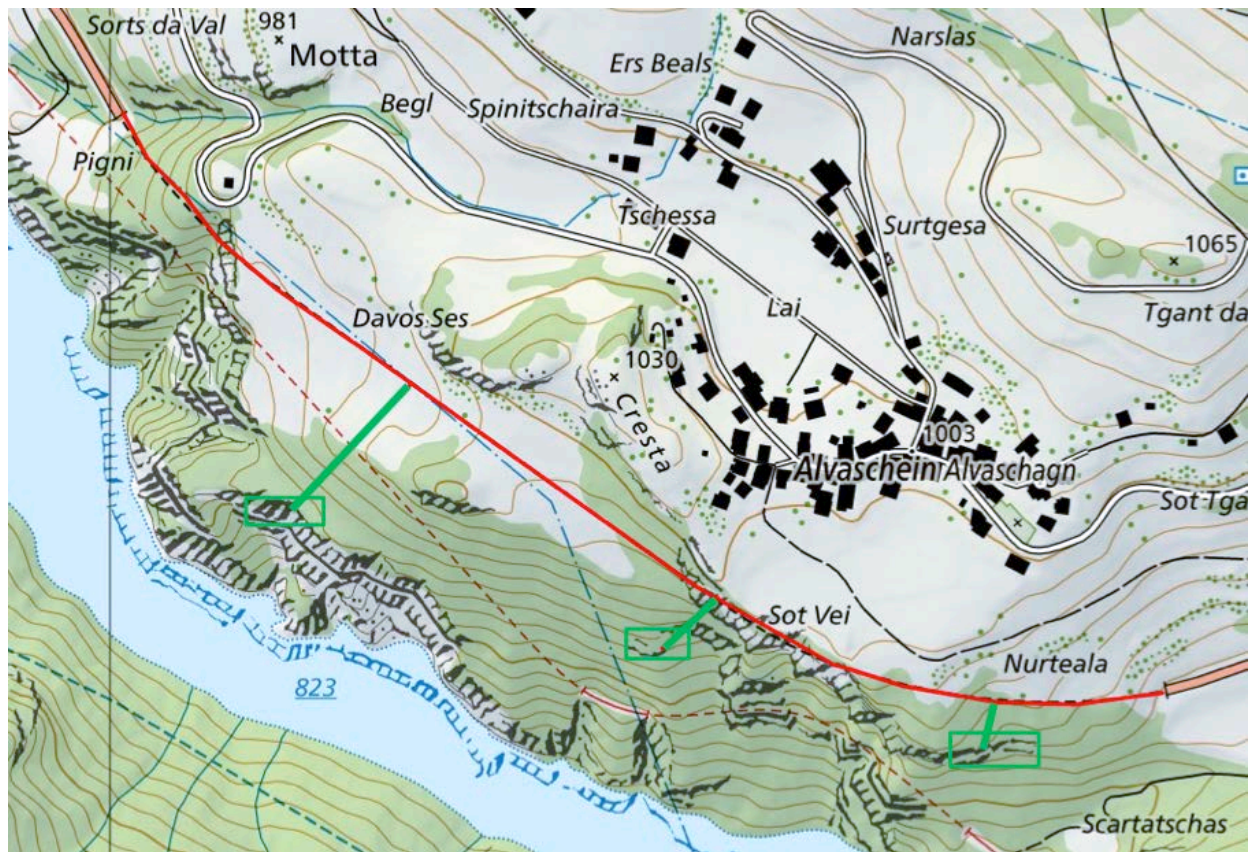


Abbildung 9: Option 2 – 3 Stichstollen talseitig.

Die 3 Stichstollen weisen folgende Längen auf (von West nach Ost):

- Stichstollen 1: ca. 128 m
- Stichstollen 2: ca. 58 m
- Stichstollen 3: ca. 32 m

Die Gesamtlänge der zu realisierenden Stollen beträgt ca. 218 m. Der Vortrieb der Stollen muss vom Tunnel her erfolgen. Dies bedingt Nachtarbeit und Tunnelsperrungen.

Mit der Realisierung der 3 Stichstollen talseitig ergeben sich folgende Abstände:

- Abstand Portal West – Stichstollen 1: ca. 245 m
- Abstand Stichstollen 1 – Stichstollen 2: ca. 245 m
- Abstand Stichstollen 2 – Stichstollen 3: ca. 245 m
- Abstand Stichstollen 3 – Portal Ost: ca. 220 m

Die Stichstollen führen nur bis zur Oberfläche. Bei dieser Option müssen die Personen auf einer Plattform ausharren, bis der Tunnel wieder sicher ist und sie über die Stichstollen und den Tunnel evakuiert werden können. Die Situation ist für Verletzte nicht optimal, weil die Rettung verzögert wird.

3.4.3. Option 3 - Realisierung eines SISTO mit 3 Querverbindungen bergseitig

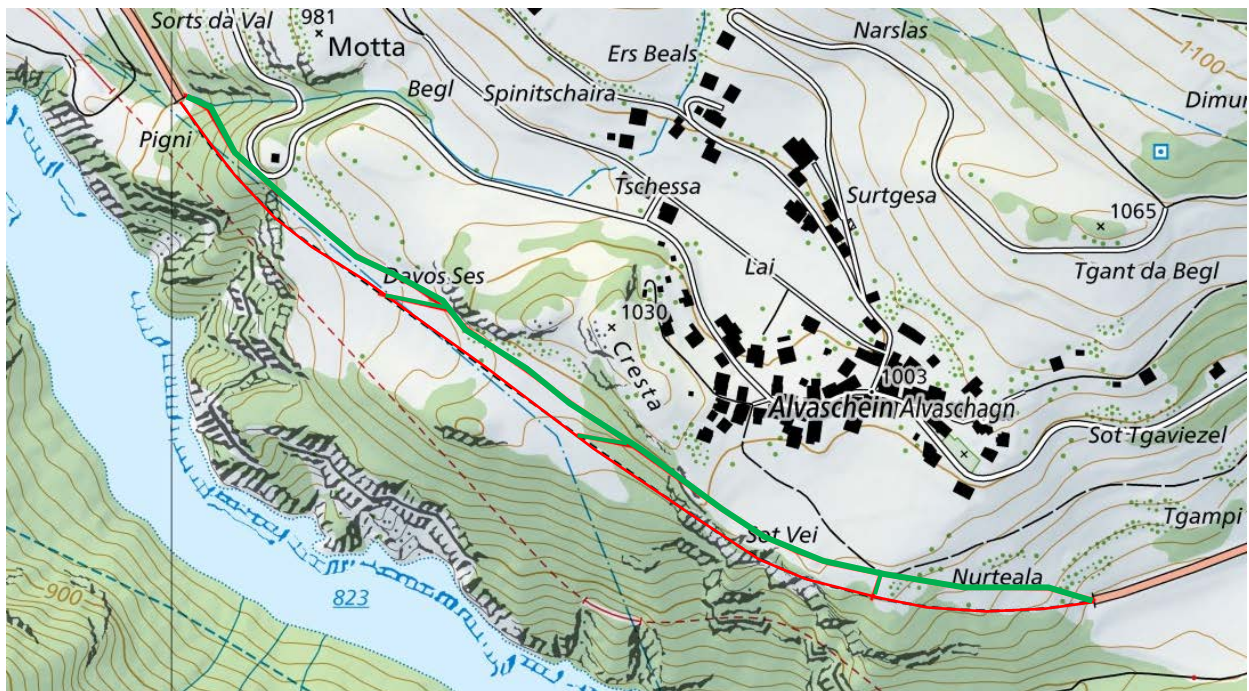


Abbildung 10: Option 3 –SISTO mit 3 Querverbindungen bergseitig

Mit der Realisierung eines SISTO mit 3 Querverbindungen bergseitig ergeben sich folgende Abstände:

- Abstand Portal West – Querverbindung 1: ca. 245 m
- Abstand Querverbindung 1 – Querverbindung 2: ca. 219 m
- Abstand Querverbindung 2 – Querverbindung 3: ca. 297 m
- Abstand Querverbindung 3 – Portal Ost: ca. 196 m

Die Gesamtlänge des SISTO beträgt ca. 942 m. Der Achsabstand des Tunnels und des SISTO betragen 25 m, somit beträgt die Länge der Querverbindungen ca. 20 m.

Die Erschliessung der Portale ist sehr ungünstig gegenüber Option 4.

3.4.4. Option 4 - Realisierung eines SISTO mit 3 Querverbindungen talseitig

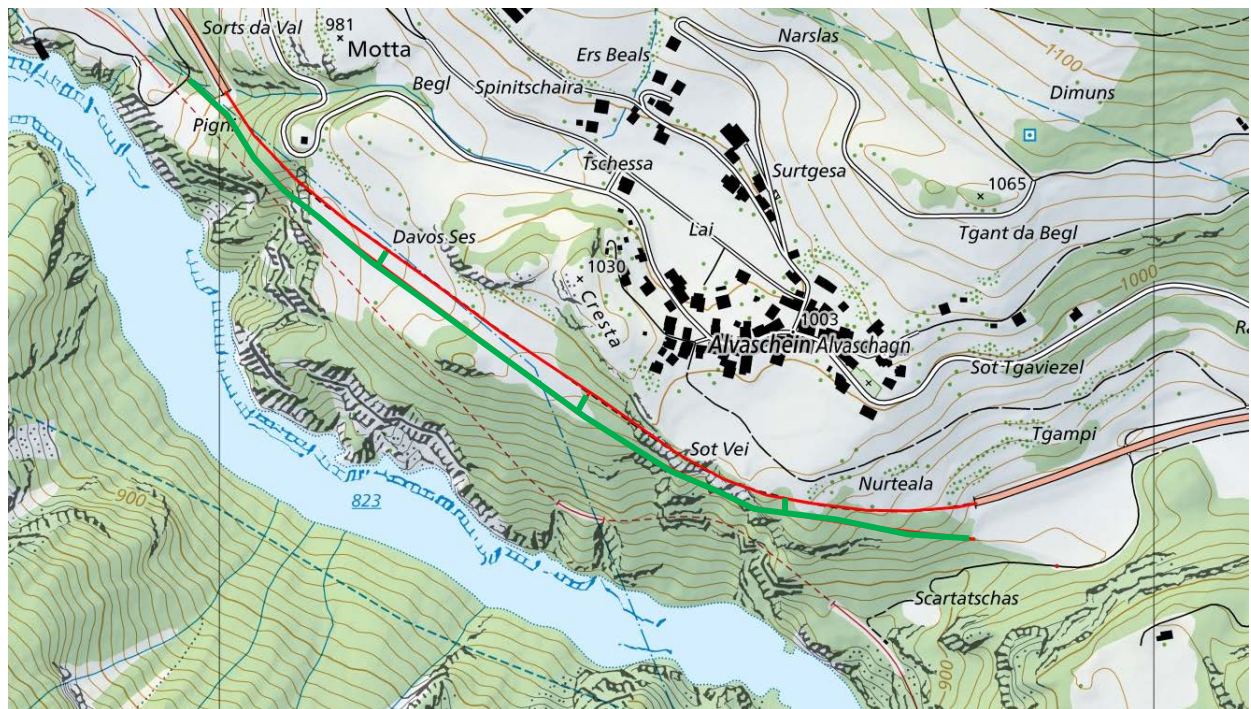


Abbildung 11: Option 4 – SISTO mit 3 Querverbindungen talseitig

Die Realisierung eines SISTO mit 3 Querverbindungen talseitig ist analog zu Option 3, jedoch ist die Erschliessung der Portale des SISTO viel einfacher realisierbar.

3.4.5. Wahl des Sanierungskonzepts

Die Option 1 (3 Stichstollen bergseitig) wird aufgrund der hohen Überdeckung und der damit verbundenen grossen Längsneigungen und Längen der Notausgänge verworfen.

Die Option 2 (3 Stichstollen talseitig) weist eine geringe Gesamtvortriebslänge auf, insgesamt nur etwa $\frac{1}{4}$ der Optionen mit SISTO. Dies hat einen grossen Einfluss auf die Realisierungskosten. Es ist aber zu beachten, dass der Vortrieb dieser Stollen vom Tunnel her erfolgen muss, da von aussen her keine Zugänglichkeit gegeben ist. Dies muss in der Nacht verbunden mit Tunnelsperrungen erfolgen. Zudem sind Massnahmen beim «Durchschlag» an der Geländeoberfläche erforderlich und die Schleusen (Portalbauwerke) sind bergmännisch zu erstellen. Aus Betrachtungen der Sicherheit ist Option 2 ungünstig, da die Notausgänge von aussen nicht zugänglich sind und die geflüchteten Personen auf Plattformen ausharren müssen, bis die Evakuierung über den Strassentunnel wieder möglich ist.

Die Optionen 3 und 4 (SISTO mit 3 Querverbindungen) weisen aus sicherheitstechnischer Sicht deutliche Vorteile auf. Die Evakuierung der Personen im Brandfall ist vollständig möglich und Verletzte können sofort behandelt werden. Aufgrund der grossen Gesamtvortriebslänge sind die Realisierungskosten jedoch relativ hoch. Aus Sicht der Realisierung sind die SISTO-basierten Lösungen vorteilhaft, weil die Arbeiten weitgehend mit moderaten Einschränkungen der Tunnelverfügbarkeit ausgeführt werden können und die Bauausführung wesentlich einfacher ist. Angemessene Installationsflächen an beiden Portalen sind vorhanden. Aufgrund der besseren Zugänglichkeit der Portalbereiche des SISTO ist Option 4 der Option 3 vorzuziehen.

Aufgrund der vorangehenden Überlegungen wird Option 4 zur Umsetzung empfohlen und der Kostenschätzung zugrunde gelegt.

3.5. Kostenschätzung

Die grobe Kostenschätzung basiert auf folgenden Grundlagen:

- Länge und Kubatur des SISTO und der Querverbindungen;
- Schleusen bei den Portalen des SISTO,
- Entsorgung Ausbruchmaterial.

Unter Berücksichtigung von Honoraren und übrigen Kosten, BSA Bau sowie Reserven für Unvorhergesehenes ergeben sich Baukosten für die Fluchtwege von CHF 19.33 Mio. (ohne MWST).

4. Lüftung

4.1. Istzustand

Es ist eine Lüftung ausschliesslich für den Normalbetrieb installiert. Sie besteht aus:

- 4 Strahlventilatoren einzeln installiert
- Windmessung
- Sichttrübungsmessgeräten
- BMA

Ein spezifisches Salzprogramm erhöht die zulässigen Sichttrübungsgrenzwerte, um die erhöhte Sichttrübung in den Wintermonaten aufgrund der hohen Salzkonzentration zu berücksichtigen.

Die Lüftung wird im Ereignisfall automatisch ausgeschaltet.

4.2. Normative Anforderungen

Die normativen Anforderungen resultieren aus der ASTRA-RL 13001 [4].

Die Wahl des Lüftungssystems ist in erster Linie von den nachfolgenden Parametern abhängig:

- Gesamtverkehr DTV < 8'000 pro Fahrstreifen: U (Unten)
- Lastwagenverkehr < 500 LW pro 24 h und Fahrstreifen): U (Unten)
- Längsneigung > 3%: O (Oben)

Resultierende Gesamtbewertung (U – U – O): B (Mittel)

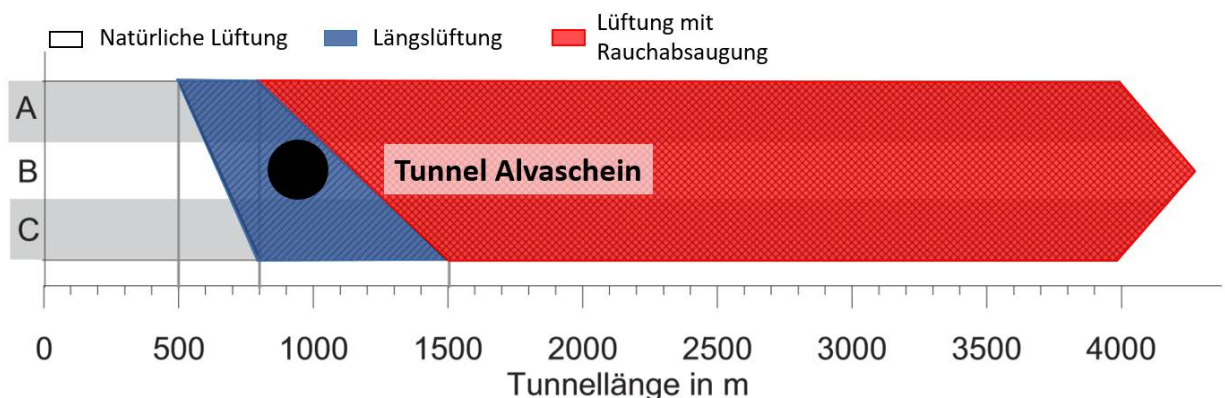


Abbildung 12: Bestimmung der möglichen Hauptgruppe des Lüftungssystems nach sicherheitstechnischen Aspekten [4].

Gemäss ASTRA-RL 13001 ist für den Tunnel Alvaschein eine Längslüftung mit Strahlventilatoren vorzusehen.

4.3. Normative Abweichungen

Es sind nachfolgende normative Abweichungen zu beheben:

- Neue, brandtaugliche Strahlventilatoren
- Neue Lüftungssensorik
- Richtlinienkonforme Ereignisdetektion
- Ersetzung Lüftungssteuerung

4.4. Sanierungskonzept

Es ist eine Längslüftung mit Strahlventilatoren mit den nachfolgenden Komponenten vorzusehen:

- Strahlventilatoren im Fahrraum
- Neue Lüftungssensorik
- Normenkonforme Ereignisdetektion, bestehend aus:
 - Linearer Brandmelder
 - Rauchdetektoren
- Neue Lüftungssteuerung
- Anpassung der Stromversorgung

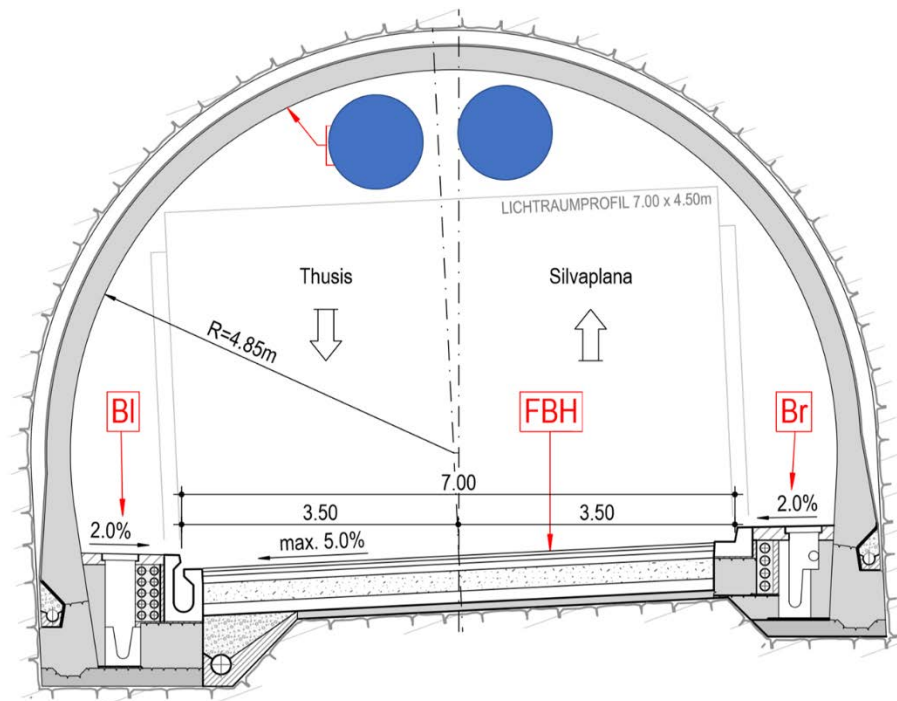


Abbildung 13: Mögliche Anordnung von Strahlventilatoren (Laufraddurchmesser max. 900 bis 1000 mm).

Der Tunnelquerschnitt bietet ausreichend Platz für Strahlventilatoren mit einem Laufraddurchmesser von 900 bis 1'000 mm.

Es werden nachfolgende Richtwerte für die Strahlventilator kenndaten angenommen:

- Standschub 860 N
- Durchfluss 21.9 m³/s
- Strahlgeschwindigkeit 34.4 m/s
- Motorleistung 22 kW

Es sind relativ vorsichtige Kenndaten, welche im Rahmen der Vorprojektierung voraussichtlich verbessert werden können.

Eine grobe Vordimensionierung nach ASTRA 13001 ergibt einen Bedarf von 14 Strahlventilatoren.

4.5. Kostenschätzung

Für die Lüftung werden die Gesamtkosten auf CHF 1.81 Mio. (ohne MWST) geschätzt.

5. Kennzeichnung der sicherheitstechnischen Einrichtungen

Alle sicherheitstechnischen Einrichtungen sind normgerecht kennzeichnet.

Mit dem Bau neuer Notausgänge sind die Fluchtwege entsprechend neu zu signalisieren.

6. Stromversorgung

6.1. Istzustand

Der Tunnel wird über eine Freileitung sowie Mittelspannungskabel kommend vom Unterwerk Tiefencastel versorgt.

Die Mittelspannungsanlage der Zentrale Mitte ist in einem guten Zustand und muss nicht ersetzt werden.

Die USV-Anlagen und die Akkumulatoren wurden im Jahr 2017 ersetzt und sind in einem guten Zustand.

6.2. Normative Anforderungen

Die normativen Anforderungen ergeben sich aus den technischen Merkblättern 23001-111xx .

6.3. Normative Abweichungen

Es sind keine normativen Abweichungen vorhanden.

6.4. Sanierungskonzept

Die für die zusätzlichen Strahlventilatoren notwendige Leistung kann durch den Ausbau der Mittelspannungsanlage ermöglicht werden. Der dazu notwendige Platz ist gegeben.

Die Niederspannungsanlagen aller Zentralen sind ebenfalls zu erweitern.

Die Reserven auf Seite Energieversorgungsnetz sind zu prüfen.

7. Weitere Anmerkungen

Keine.

8. Funktionelle Bedarfsanalyse und Bedarfsevaluation

Die für den Tunnel Alvaschein vorgeschlagenen Massnahmen entsprechen dem Bedarf gemäss den entsprechenden normativen Vorgaben. Es sind keine zusätzlichen Abklärungen notwendig.

9. Sanierungskonzepte und grobe Kostenermittlung

Aufgrund der Analyse werden gemäss den TUSI-Kriterien folgende Sanierungskonzepte identifiziert:

Fluchtwege:

- Realisierung eines SISTO mit drei Querverbindungen talseitig

Lüftung:

- Mechanische Längslüftung mit Strahlventilatoren

Kennzeichnung der sicherheitstechnischen Einrichtungen:

- Zusätzliche Fluchtwegbeschilderung

Stromversorgung:

- Erweiterung der Mittel- und Niederspannungsanlagen

Die Kosten für den Tunnel Alvaschein sind wie folgt:

- | | |
|------------------------------------|----------------|
| • Kosten T/G (ohne MWST): | 19.33 Mio. CHF |
| • Kosten Längslüftung (ohne MWST): | 1.81 Mio. CHF |

Für die – grösstenteils TUSI-unabhängigen – Sanierungsmassnahmen der übrigen BSA ist gemäss [16] zusätzlich mit Kosten von CHF 2.35 Mio. (ohne MWST) zu rechnen. Somit ergeben sich Gesamtkosten für den Tunnel Alvaschein in der Höhe von CHF 23.49 Mio. (ohne MWST).

Die Preisbasis ist Juli 2019. Die Kostengenauigkeit beträgt $\pm 30\%$. Alle Kostenangaben sind ohne MWST.

Die Parameter für die Kostenschätzung sind in den Kapiteln 3.5. und 4.5 näher erläutert. Die übergeordnete Erläuterung zur Kostenermittlung befindet sich im Kopfbericht Kapitel 6 [15].

10. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Mit der Realisierung der vorgeschlagenen TUSI-Sanierungskonzepte erfüllt der Tunnel Alvaschein die normativen Anforderungen der vier TUSI-Kriterien.

F	NS Nr.	Kanton	Objektname	Röhre(n)	Länge [m]	Tunnellüftung					Fluchtwege					Signalisation der Sicherheitseinrichtungen					Energieversorgung				
						Massnahme	KS Mio CHF	Priorität	Ausführung ab	Dauer in J.	Massnahme	KS Mio CHF	Priorität	Ausführung ab	Dauer in J.	Massnahme	KS Mio CHF	Priorität	Ausführung ab	Dauer in J.	Massnahme	KS Mio CHF	Priorität	Ausführung ab	Dauer in J.
5	N29	GR	NEB-Alvaschein	1	957	Längslüftung mit Strahlvent.	1.8	2	2025	1	SISTO mit 3 QV	19.3	2	2025	2	keine (RL erfüllt), Grün					keine (RL erfüllt), Grün				
5	N29	GR	NEB-Crap Säs	1	704	Längslüftung mit Strahlvent.	1.4	2	2030	1	1 Stichstollen zur Oberfläche	4.3	2	2030	1	keine (RL erfüllt), Grün					keine (RL erfüllt), Grün				
5	N29	GR	NEB-Passmal	1	503	keine (RL erfüllt), Grün					keine (RL erfüllt), Grün					keine (RL erfüllt), Grün					keine (RL erfüllt), Grün				
5	N29	GR	NEB-Sils	1	1625	Längslüftung mit Strahlvent.	1.8	2	2030	3	SISTO mit 6 QV	28.6	2	2030	3	keine (RL erfüllt), Grün					keine (RL erfüllt), Grün				
5	N29	GR	NEB-Silvapiana	1	749	keine (Norm erfüllt), Grün					keine (Norm erfüllt), Grün					keine (Norm erfüllt), Grün					keine (Norm erfüllt), Grün				
5	N29	GR	NEB-Solis	1	1162	Längslüftung mit Strahlvent.	1.7	2	2025	1	3 Stichstollen zur Oberfläche	9.1	2	2025	2	keine (Norm erfüllt), Grün					keine (Norm erfüllt), Grün				

Legende:

Feldfarbe	Text im Feld	Bedeutung
Rot	Beschreibung	Nicht in Arbeit
Orange	Beschreibung	In Projektierung bis und mit AP oder MK
Gelb	Beschreibung	In Projektierung von DP oder MP
Hellgrün	Beschreibung	In Ausführung (Bauteile) oder Submissionsphase
Grün	Nach RL / Norm	Entspricht den aktuellen Richtlinien und Normen

*Sämtliche in der Tabelle aufgeführten Angaben sind rein informativ und ohne Gewähr.
 Die Tabelle gibt einen Überblick über die Umsetzung der TUSI beim ASTRA*

Tabelle 1: Auszug aus der TUSI-Liste.

F	NS Nr.	Kanton	Objektname	Röhre(n)	Länge [m]	Tunnellüftung					Fluchtwege				
						Massnahme	KS Mio CHF	Priorität	Ausführung ab	Dauer in J.	Massnahme	KS Mio CHF	Priorität	Ausführung ab	Dauer in J.
5	N29	GR	NEB-Alvaschein	1	957	Längslüftung mit Strahlvent.	1.8	2	2025	1	SISTO mit 3 QV	19.3	2	2025	2
5	N29	GR	NEB-Crap Säs	1	704	Längslüftung mit Strahlvent.	1.4	2	2030	1	1 Stichstollen zur Oberfläche	4.3	2	2030	1
5	N29	GR	NEB-Passmal	1	503	keine (RL erfüllt), Grün					keine (RL erfüllt), Grün				
5	N29	GR	NEB-Sils	1	1625	Längslüftung mit Strahlvent.	1.8	2	2030	3	SISTO mit 6 QV	28.6	2	2030	3
5	N29	GR	NEB-Silvapiana	1	749	keine (Norm erfüllt), Grün					keine (Norm erfüllt), Grün				
5	N29	GR	NEB-Solis	1	1162	Längslüftung mit Strahlvent.	1.7	2	2025	1	3 Stichstollen zur Oberfläche	9.1	2	2025	2

F	NS Nr.	Kanton	Objektname	Röhre(n)	Länge [m]	Signalisation der Sicherheitseinrichtungen					Energieversorgung				
						Massnahme	KS Mio CHF	Priorität	Ausführung ab	Dauer in J.	Massnahme	KS Mio CHF	Priorität	Ausführung ab	Dauer in J.
5	N29	GR	NEB-Alvaschein	1	957	keine (RL erfüllt), Grün					keine (RL erfüllt), Grün				
5	N29	GR	NEB-Crap Säs	1	704	keine (RL erfüllt), Grün					keine (RL erfüllt), Grün				
5	N29	GR	NEB-Passmal	1	503	keine (RL erfüllt), Grün					keine (RL erfüllt), Grün				
5	N29	GR	NEB-Sils	1	1625	keine (RL erfüllt), Grün					keine (RL erfüllt), Grün				
5	N29	GR	NEB-Silvapiana	1	749	keine (Norm erfüllt), Grün					keine (Norm erfüllt), Grün				
5	N29	GR	NEB-Solis	1	1162	keine (Norm erfüllt), Grün					keine (Norm erfüllt), Grün				

Tabelle 2: Vergrösserter Auszug aus der TUSI-Liste.

11. Referenzdokumente

- [1] Bundesamt für Strassen ASTRA, Tunnelsicherheit bezüglich Selbstrettung TUSI 2018, Zwischenbilanz 30.06.2018, R315-0913, 09.10.2018.
- [2] SIA 197/2:2004, SN 5050 197/2, Projektierung Tunnel – Strassentunnel, 2004.
- [3] ASTRA 74001, Sicherheitsanforderungen an Tunnel im Nationalstrassennetz, Weisungen vom UVEK betreffend Sicherheitsanforderungen an Tunnel im Nationalstrassennetz Ausgabe 01.08.2010 V1.01.
- [4] ASTRA 13001, Lüftung der Strassentunnel – Systemwahl, Dimensionierung und Ausstattung, Ausgabe 2008 V2.02.
- [5] ASTRA 13002, Lüftung der Sicherheitsstollen von Strassentunneln, Ausgabe 2008 V1.06.
- [6] ASTRA 13004, Branddetektion in Strassentunneln, Ausgabe 2007 V2.10
- [7] ASTRA 13010, Signalisation der Sicherheitseinrichtungen in Strassentunneln, Ausgabe 2011 V2.06.
- [8] ASTRA 13011, Türen und Tore in Strassentunneln, Ausgabe 2009 V1.05.
- [9] ASTRA 16050, Operative Sicherheit Betrieb, Ausgabe 2018 V1.50
- [10] ASTRA 19004, Risikoanalyse für Tunnel der Nationalstrassen, Ausgabe 2014 V1.10
- [11] ASTRA 23001, Fachhandbuch Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen, Ausgabe 2019 Januar.
- [12] ASTRA 24001, Fachhandbuch Tunnel / Geotechnik, Ausgabe 2019, Januar.
- [13] ASTRA 86053, Minimale Anforderungen an den Betrieb – Strassentunnel, Leitfaden Operative Sicherheit Betrieb, Ausgabe 2013 V1.10.
- [14] Tiefbauamt des Kantons Graubünden,
<https://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/bvfd/tba/Strassennetz/Seiten/Verkehrsfrequenzen.aspx>
- [15] Amberg Engineering, Julierpasstrasse N29, TUSI NEB N29, Methodologie, Analyse und Ergebnisse, 25. Oktober 2019.
- [16] Kostenzusammenstellung, NEB Strecken – Hotspot, GR – N29 Thusis – Silvaplana, Version 3.0, 18.09.2019

Amberg Engineering AG



Dr. Marco Bettelini
Leiter Lüftung und Sicherheit



Christoph Rüegg
Projektleiter

Beilagen: Keine

Verteiler: ASTRA Bellinzona, Cédric Pagani