

Bundesamt für Strassen ASTRA
Herr Cédric Pagani
Filiale Bellinzona
Via Pellandini 2
6500 Bellinzona

Amberg Engineering AG
Trockenloostrasse 21
CH-8105 Regensdorf-Watt

Tel. +41 44 870 91 11
information@amberg.ch
www.amberggroup.com
MwSt. Nr. CHE-116.289.290

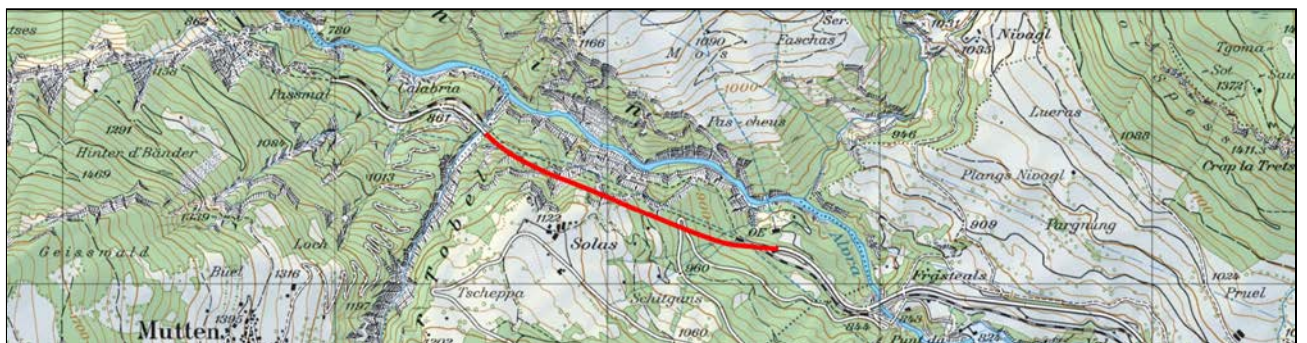
Julierpasstrasse N29

TUSI Tunnel Solis

Analyse und Ergebnisse

Bericht Nr. 10S00586-04

Regensdorf, 25. Oktober 2019



| 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 | 10 |
| 2.5. Verkehr | 10 |
| 3. Fluchtwege | 11 |
| 3.1. Istzustand | 11 |
| 3.2. Normative Anforderungen | 13 |
| 3.3. Normative Abweichungen | 14 |
| 3.4. Sanierungskonzept | 14 |
| 3.5. Kostenschätzung | 16 |
| 4. Lüftung | 17 |
| 4.1. Istzustand | 17 |
| 4.2. Normative Anforderungen | 17 |
| 4.3. Normative Abweichungen | 18 |
| 4.4. Sanierungskonzept | 18 |
| 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. Weiteren 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..... | 8 |
| Abbildung 4: Normalprofil bergmännischer Tunnel. | 9 |
| Abbildung 5: Ostportal mit technischem Raum (rechts) und RhB-Station (links oben). | 9 |
| Abbildung 6: Ausstellbucht mit Notausgang..... | 10 |
| Abbildung 7: Details Fluchtstollen..... | 11 |
| Abbildung 8: Situation mit bestehendem Notausgang..... | 12 |
| Abbildung 9: Detail Fluchtstollen (links Anfangsbereich tunnelseitig, rechts Portal bei alter Strasse)..... | 12 |
| Abbildung 10: Aussenbereich Notausgang (links Stollenmündung, rechts Übergang zur alten Strasse)..... | 13 |
| Abbildung 11: Ansicht vom Portal des Notausgangs Richtung Westen (links) bzw. Norden, mit teilweise eingestürzter alter Strasse (rechts). | 13 |
| Abbildung 12: Maximaler Abstand der Fluchtwege [2]. | 14 |
| Abbildung 13: Situation mit zwei zusätzlichen Stichstollen..... | 15 |
| Abbildung 14: Bestimmung der Hauptgruppe des Lüftungssystems nach sicherheitstechnischen Aspekten [13]..... | 18 |
| Abbildung 15: Mögliche Anordnung von Strahlventilatoren (Lafraddurchmesser max. 900 bis 1000 mm). | 19 |

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 Solis dokumentiert.

2. Grundlagen

2.1. Eigenschaften

Eigenschaften gemäss ASTRA-Infrastrukturobjekt-Heft:

- Nummer A17 031
- Name Tunnel Solis
- Typ 192 Tunnelanlage
- Funktion 33 Unterquert Natur
511 Schützt Strasse / Weg
- Baujahr 1970
- Gesteinsbeschreibung Fels: Kalke, Sandkalke, Breccien
- Querschnittstyp Hufeisen (mit- und ohne Sohle)
- Lichtraumprofil 7.00 m x 4.50 m
- Lichte Höhe 6.250 m

Lage:

- Landeskoordinaten X/Y 759040 / 172300
- Höhe ü. M. [m] 852.00
- RA Nummer N29
- Kilometer 7.30
- Standort (Gemeinde) 3506 Vaz/Obervaz

2.2. Situation



Abbildung 1: Situation.

2.3. Übersicht Tunnelanlage

- Länge: 1'162 m
 - Galerie West (Thusis): 16 m
 - Tagbaustrecke West (Thusis): 30 m
 - Bergmännischer Tunnel: 1'048 m
 - Tunnel Solis Station (Silvaplane): 68 m
- Längsneigung: 1.9%

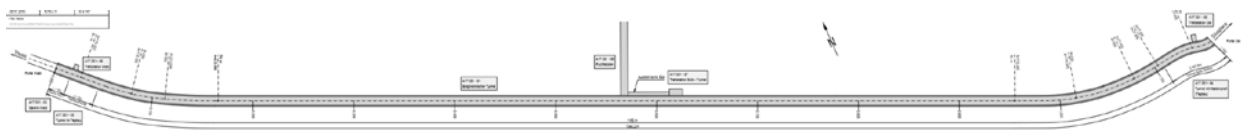


Abbildung 2: Grundriss.

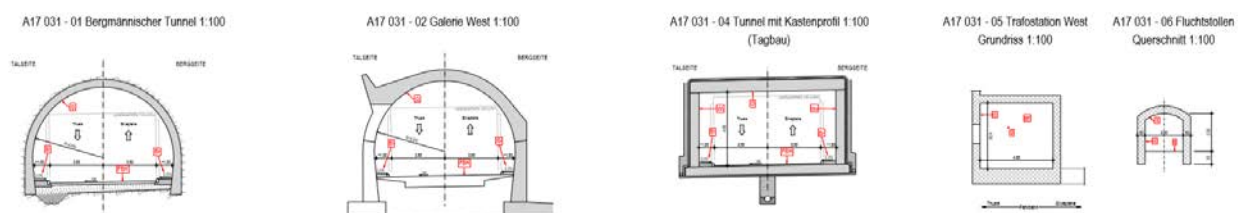


Abbildung 3: Normalprofile.

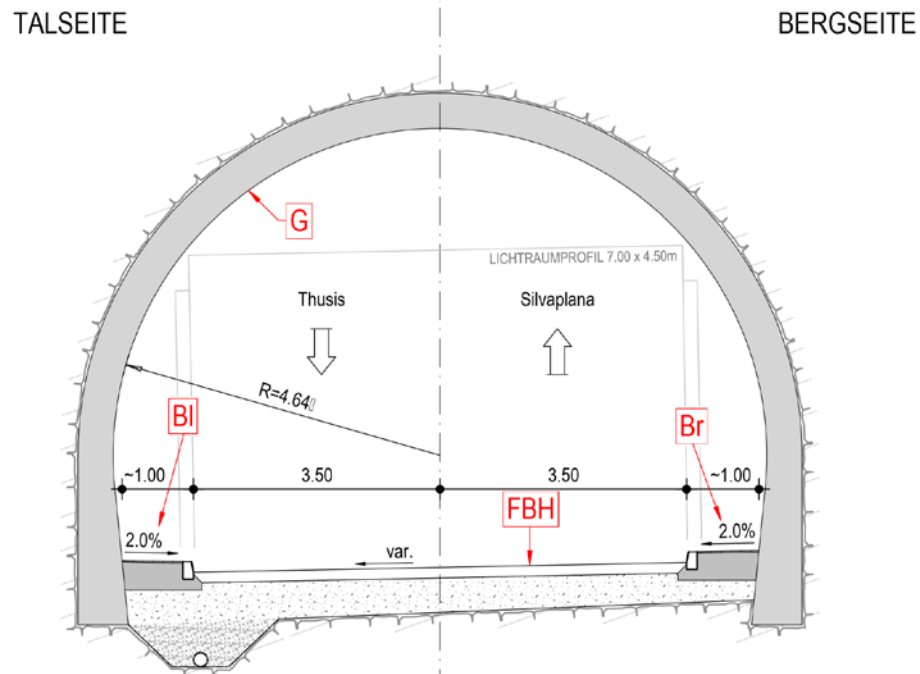


Abbildung 4: Normalprofil bergmännischer Tunnel.



Abbildung 5: Ostportal mit technischem Raum (rechts) und RhB-Station (links oben).



Abbildung 6: Ausstellbucht mit Notausgang.

2.4. Letzte Hauptinspektion

Letzte Hauptinspektion:

- | | |
|---|----------------------------|
| • Datum der Inspektion | 04.12.2013 |
| • Zustandsbeurteilung | 3 in schadhaftem Zustand |
| • Schlechtestes unter Infrastrukturobjekt (ZK: 4) | EL Elektroschächte |
| • 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 222, Crap Ses (TBA GR)

- DTV: 4'444
- Gesamt-Verkehrsaufkommen 2017: 1'621'976
- Gesamt-Verkehrsaufkommen 2012: 1'568'84
- Gesamt-Verkehrsaufkommen 2007: 1'565'197
- LKW-Anteil: 5%

3. Fluchtwege

3.1. Istzustand

Der Tunnel weist einen Notausgang im Bereich der Tunnelmitte auf. Somit resultieren folgende Abstände:

- Abstand zu Portal West (Thusis): ca. 575 m
- Abstand zu Portal Ost (Silvaplana): ca. 587 m

Die geometrischen Hauptdaten des Fluchtstollens sind:

- Länge ca. 80 m
- Längsneigung bis ca. 30% (Schätzung)

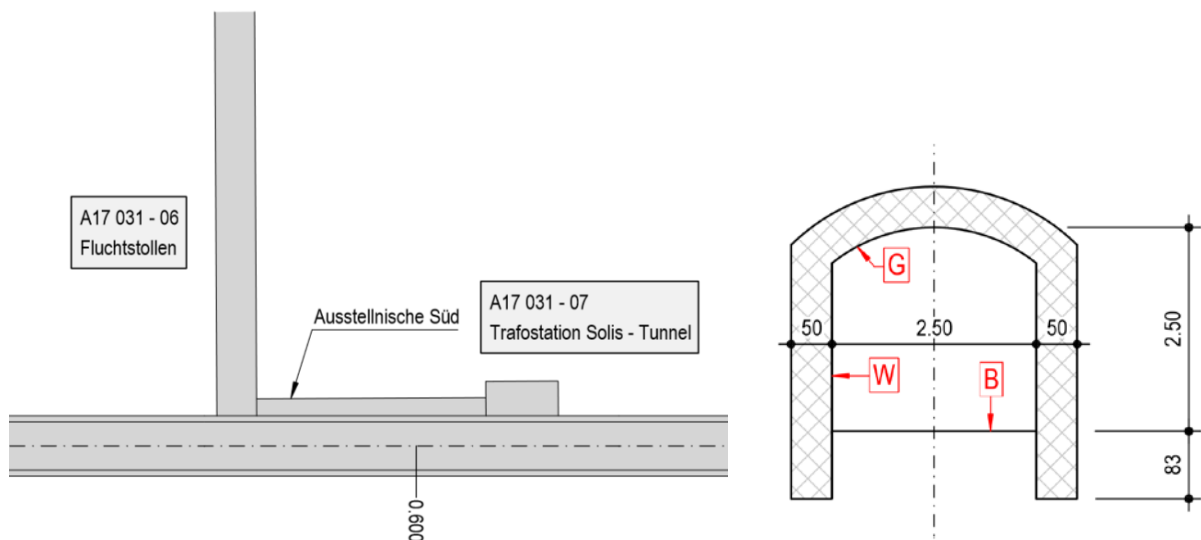


Abbildung 7: Details Fluchtstollen.

Der Notausgang führt auf die alte Strasse. Diese liegt in einem Bereich des Hanges, welcher stark von Steinschlag und Erdrutsch betroffen ist. Der Notausgang ist nicht rollstuhlgängig. Das Portal des Notausgangs ist nur über die alte Strasse erreichbar.



Abbildung 8: Situation mit bestehendem Notausgang.

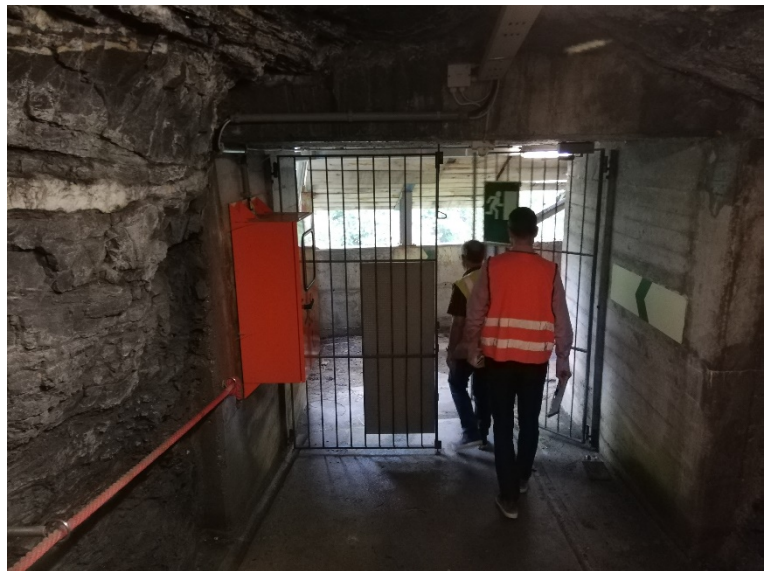


Abbildung 9: Detail Fluchtstollen (links Anfangsbereich tunnelseitig, rechts Portal bei alter Strasse).



Abbildung 10: Aussenbereich Notausgang (links Stollenmündung, rechts Übergang zur alten Strasse).



Abbildung 11: Ansicht vom Portal des Notausgangs Richtung Westen (links) bzw. Norden (rechts), mit teilweise eingestürzter alter Strasse (rechts).

3.2. Normative Anforderungen

Der maximale Abstand der Fluchtwege beträgt gemäss SIA 197/2 ca. 450 m (Abbildung 12). Für den Tunnel Solis sind nach SIA 197/2 insgesamt mindestens 2 Notausgänge erforderlich. Wird der aktuelle Notausgang aufrechterhalten, sind 2 zusätzliche Notausgänge erforderlich.

Figur 4 Maximaler Abstand der Fluchtwege

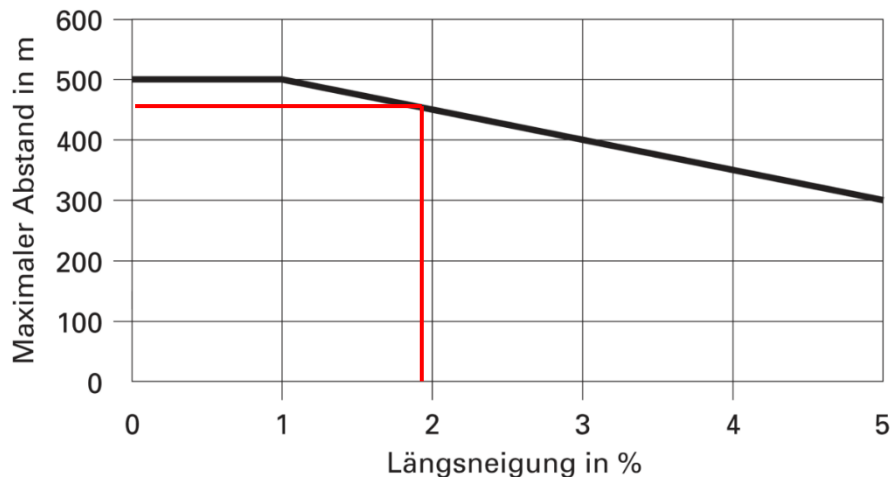


Abbildung 12: Maximaler Abstand der Fluchtwege [2].

3.3. Normative Abweichungen

Der Abstand der Notausgänge ist zu gross.

Der existierende Notausgang entspricht nicht den aktuellen Anforderungen:

- Es weist angeschlagene Türen auf (Abweichung von ASTRA 13011 [8]).
- Er ist unbelüftet (Abweichung von ASTRA 13002 [5]).
- Er ist nur bedingt rollstuhlgängig (Abweichung von ASTRA 13011 [8]).
- Der Personenschutz im Aussenbereich ist nicht gewährleistet (Sanierung erforderlich).

3.4. Sanierungskonzept

Der Ist-Zustand ist in Abbildung 8 dargestellt. Zusätzliche Notausgänge könnten auf die alte Strasse münden, welche aber nicht mehr durchgehend ist. Der gesamte Bereich ist stark steinschlag- und erdrutschgefährdet.

Es wird nachfolgendes Konzept zur Umsetzung empfohlen (Abbildung 13):

- Realisierung eines zusätzlichen Stichstollens zur Oberfläche zwischen Westportal und dem bestehenden Notausgang, Länge ca. 140 m.
- Sanierung und Weiterverwendung des bestehenden Notausgangs.
- Realisierung eines zusätzlichen Stichstollens zur Oberfläche zwischen dem bestehenden Notausgang und dem Ostportal, Länge ca. 154 m.

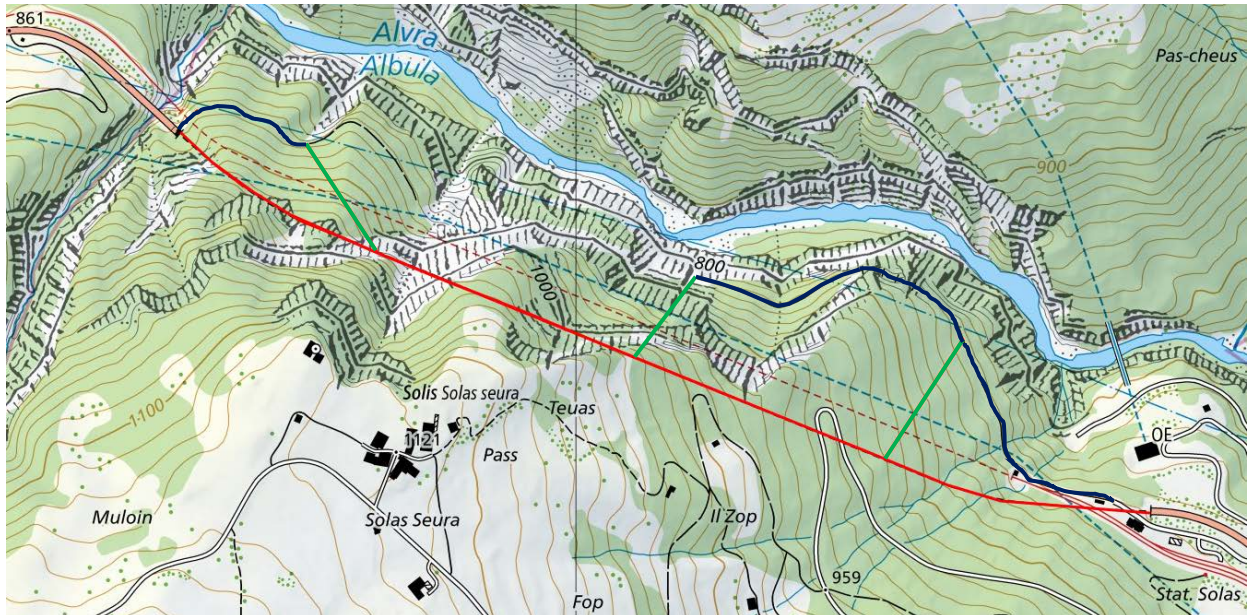


Abbildung 13: Situation mit zwei zusätzlichen Stichstollen.

Somit resultieren folgende Abstände:

- Abstand Portal West – Stichstollen 1: ca. 252 m
- Abstand Stichstollen 1 – Stichstollen 2 (bestehender Notausgang): ca. 321 m
- Abstand Stichstollen 2 (bestehender Notausgang) – Stichstollen 3: ca. 297 m
- Abstand Stichstollen 3 – Portal Ost: ca. 292 m

Alle drei Stichstollen führen auf die alte Strasse. Diese befindet sich in einem schlechten Zustand und muss zusätzlich gesichert und instandgesetzt werden. Die Einfahrt West auf der alten Strasse ist sehr unübersichtlich. Während des Baus ist hier zwingend eine Verkehrsregelung mit Lichtsignalanlage erforderlich.

Da die alte Strasse stark steinschlag- und erdbebengefährdet sowie nicht wintersicher ist, sind entsprechende Vorkehrungen zu treffen:

- Erstellung eines geschützten Bereichs bei den Portalen der Notausgänge (Steinschlag-schutz, Witterungsschutz), wo die geflüchteten Personen ggf. auf die Ereignisdienste warten können.
- Erstellung eines entsprechenden Selbst- und Fremdrettungskonzepts (Warten auf die Ereignisdienste versus Flucht über die alte Strasse; Evakuierung der Personen über den Strassentunnel nach Abschluss des Einsatzes, sofern die alte Strasse nicht passierbar ist).

3.5. Kostenschätzung

Die grobe Kostenschätzung basiert auf folgenden Grundlagen:

- Instandsetzung des existierenden Stichstollens;
- Länge und Kubatur der zwei neuen Stichstollen;
- Schleusen bei den Portalen der neuen Stichstollen und beim bestehenden Notausgang;
- Instandsetzung der alten Strasse als Zufahrt;
- Entsorgung des Ausbruchmaterials.

Unter Berücksichtigung von Honoraren und übrigen Kosten, BSA Bau sowie Reserven für Unvorhergesehenes ergeben sich Baukosten für die Fluchtwege von CHF 9.11 Mio. (ohne MWST).

4. Lüftung

4.1. Istzustand

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

- 4 Strahlventilatoren einzeln installiert
- Sichttrübungsmessgeräten
- 1 Windmessung
- 2 Rauchdetektoren
- Brandmeldeanlage

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] [13].

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 1.5 bis 3%: M (Mitte)

Resultierende Gesamtbewertung (U – U – M): C (Tief)

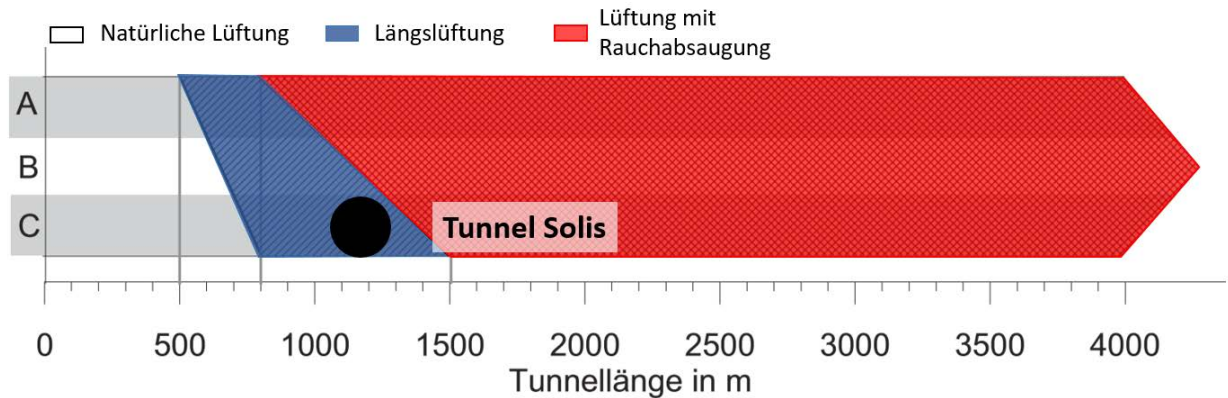


Abbildung 14: Bestimmung der Hauptgruppe des Lüftungssystems nach sicherheitstechnischen Aspekten [13].

Gemäss ASTRA-RL 13001 ist für den Tunnel Solis eine Längslüftung mit Strahlventilatoren erforderlich.

4.3. Normative Abweichungen

Die normativen Abweichungen sind wie folgt:

- Die Längslüftung ist nicht richtlinienkonform und wird im Ereignisfall nicht eingesetzt.
- Die Lüftungssensorik ist aus heutiger Sicht unzureichend.
- Keine richtlinienkonforme Ereignisdetektion.

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

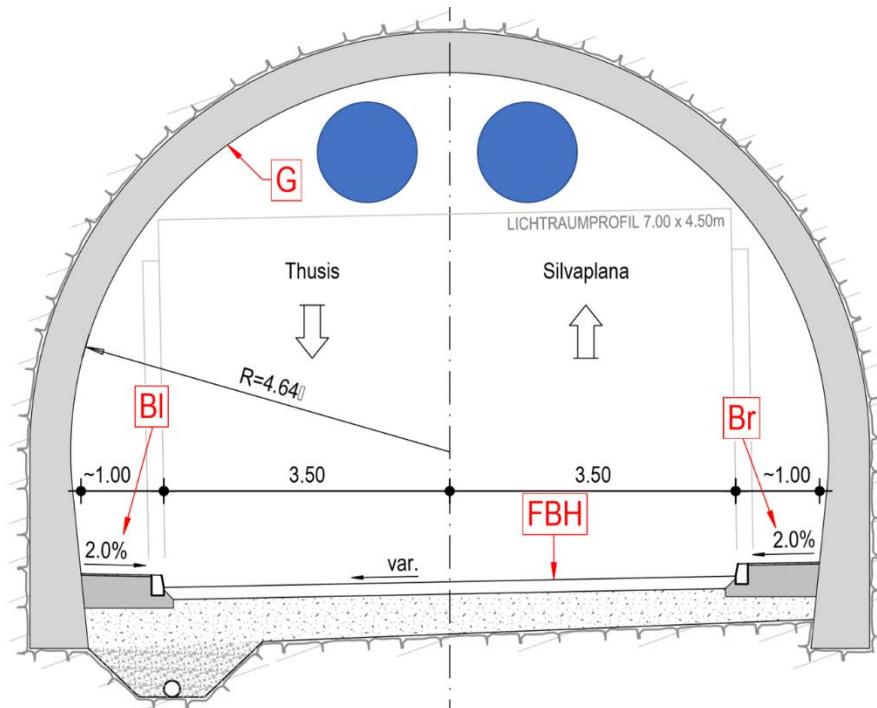


Abbildung 15: Mögliche Anordnung von Strahlventilatoren (Laufraddurchmesser max. 900 bis 1000 mm).

Der Tunnelquerschnitt bietet ausreichend Platz für Strahlventilatoren mit einem Laufraddurchmesser von 900 bis 1'000 mm. Es werden vorerst nachfolgende Richtwerte für die Strahlventilator kenndaten angenommen:

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

Diese vorsichtigen Kenndaten werden im Rahmen der Vorprojektierung voraussichtlich verbessert werden können.

Eine grobe Vordimensionierung nach ASTRA 13001 ergibt einen Bedarf von 10 Strahlventilatoren.

Hinzu kommen Anpassungen an nachfolgenden Anlagen:

- Stromversorgung
- Lüftungssteuerung
- Integration in die Gesamtsteuerung.

4.5. Kostenschätzung

Für die Lüftung werden die Gesamtkosten auf CHF 1.66 Mio. (ohne MWST) geschätzt.

5. Kennzeichnung der sicherheitstechnischen Einrichtungen

Alle sicherheitstechnischen Einrichtungen sind normgerecht gekennzeichnet.

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

6. Stromversorgung

6.1. Istzustand

Der Tunnel wird über eine Stichleitung von der Unterstation «EWZ Solis» zur Zentrale Mitte versorgt. Das Mittelspannungskabel und die Mittelspannungsanlage sind in einem guten Zustand und müssen nicht ersetzt werden.

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. Um den dafür notwendigen Platzbedarf zu schaffen, ist der Abgang zum Tunnel Passmal zurückzubauen.

Die Niederspannungsanlagen aller Zentralen sind ebenfalls zu erweitern.

Die Reserven auf Seite Energieversorgungsnetz sind zu prüfen.

7. Weiteren Anmerkungen

Die Beleuchtung im Tunnel Solis ist prekär.

Dieser Punkt ist nicht TUSI-relevant und wird im Rahmen der Projektgenerierung diskutiert.

8. Funktionelle Bedarfsanalyse und Bedarfsevaluation

Die für den Tunnel Solis 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 zweier zusätzlichen Notausgänge
- Instandsetzung des bestehenden Notausgangs

Lüftung:

- Mechanische Längslüftung mit Strahlventilatoren

Kennzeichnung der sicherheitstechnischen Einrichtungen:

- Zusätzliche Fluchtwegbeschilderung

Stromversorgung:

- Erweiterung der Mittel- und Niederspannungsanlagen

Die Kosten für den Tunnel Solis sind wie folgt:

- | | |
|------------------------------------|---------------|
| • Kosten T/G (ohne MWST): | 9.11 Mio. CHF |
| • Kosten Längslüftung (ohne MWST): | 1.66 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 Solis in der Höhe von CHF 13.12 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 Solis 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 Sés | 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 Sés | 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 Sés | 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