

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

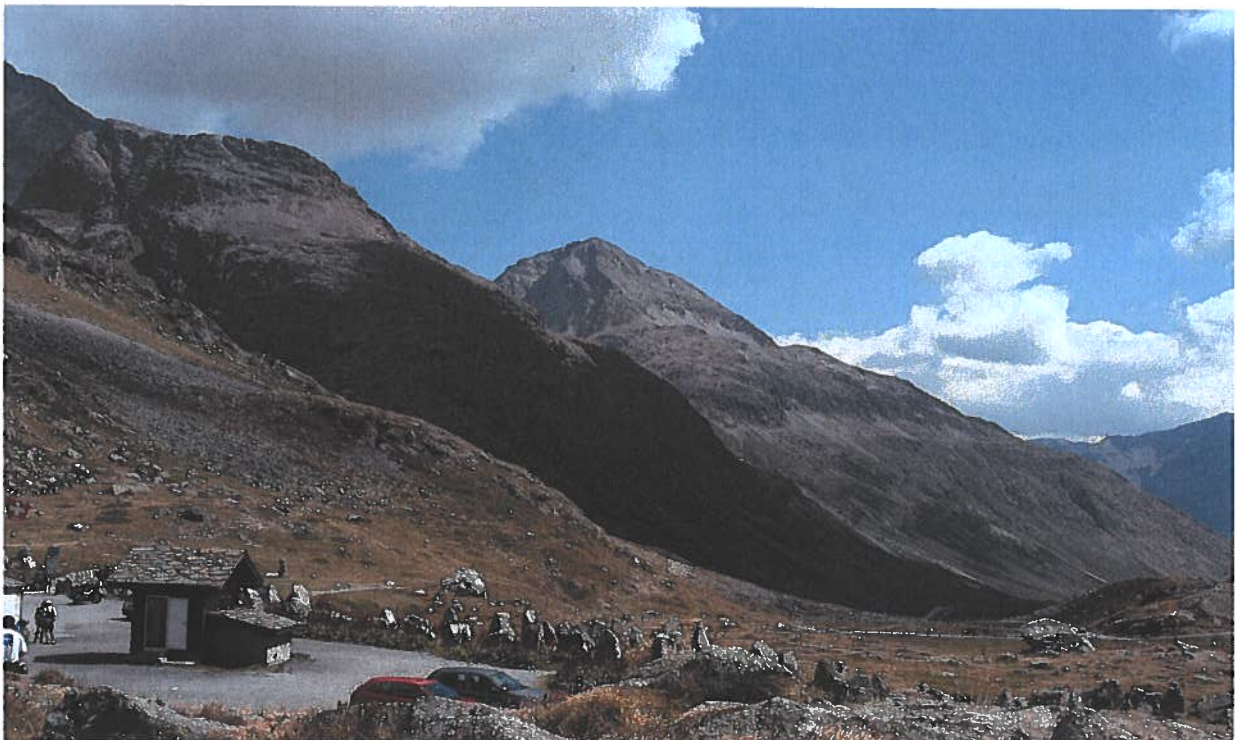
Julierpasstrasse N29

TUSI NEB N29

Methodologie, Analyse und Ergebnisse

Bericht Nr. 10S00586-01

Regensdorf, 25. Oktober 2019



Inhalt	Seite
Abkürzungsverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	5
1. Ausgangslage und Zielsetzung	6
1.1. Strategie des Bundes und Ziele	6
1.2. Untersuchte Strecke	6
1.3. Struktur und Inhalt	7
2. Methodologie	9
2.1. Zieldefinition	9
2.2. Projektgrundlagen	9
2.2.1. Beschaffung der Dokumentation	9
2.2.2. Aktenstudie	9
2.2.3. Begehungen	9
2.3. Anforderungen und Normativer Vergleich	10
2.4. Funktionelle Bedarfsanalyse und Bedarfsevaluation	10
2.5. Aufstellung von Sanierungskonzepten und grobe Kostenermittlung	10
2.6. Schlussfolgerungen und Empfehlungen	11
2.7. Dokumentation	11
3. Projektgrundlagen	12
3.1. Übersicht	12
3.2. Tunnelanlagen	12
3.3. Verkehr	13
4. Anforderungen und normativer Vergleich	15
4.1. Übergeordnete Vorgaben	15
4.2. TUSI-Relevante Vorgaben	16
4.3. Fluchtwege	17
4.4. Signalisation der Sicherheitseinrichtungen	20
4.5. Lüftung	21
4.6. Redundante Energieversorgung	22
4.6.1. SIA 197/2	22
4.6.2. Fachhandbuch BSA	22
4.6.3. Weitere Anforderungen	23

5.	Funktionelle Bedarfsanalyse und Bedarfsevaluation.....	24
6.	Sanierungskonzepte und grobe Kostenermittlung.....	25
7.	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	27
8.	Referenzdokumente	28

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
TBA	Tiefbauamt
TUSI	Tunnelsicherheit

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Strecke N29 Thusis – Silvaplana mit den 6 untersuchten Tunnel.	7
Abbildung 2: Strecke N29 Thusis – Silvaplana mit den 6 untersuchten Tunnel.	12
Abbildung 3: Verkehrszahlen 2017 [15].	13
Abbildung 4: Hierarchie der Standards.	15
Abbildung 5: Maximaler Abstand der Fluchtwege in Funktion der Längsneigung [2].	18
Abbildung 6: Begehbare Querverbindung Normalprofil [13].	19
Abbildung 7: Eignung des Öffnungsprinzips für Türen auf Fluchtwegen [9].	19
Abbildung 8: Bestimmung der Hauptgruppe des Lüftungssystems nach sicherheitstechnischen Aspekten (für Tunnel mit Längsneigungen bis 5%) [5].	21

1. Ausgangslage und Zielsetzung

1.1. Strategie des Bundes und Ziele

Der Bund hat eine Strategie für die Verbesserung des Sicherheitsniveaus der Tunnelanlagen auf den Nationalstrassen festgelegt. Die Sicherheit der Tunnelbenützer soll evaluiert und verbessert werden. Vorgehensweise und Prioritäten sind gemäss [1] wie folgt:

- «Auf Antrag des Bundesrates, die Tunnel der Nationalstrassen bezüglich Selbstrettung regelkonform auszurüsten, wurde zwischen UVEK und ASTRA eine Leistungsvereinbarung abgeschlossen. Gemäss dieser Leistungsvereinbarung erhebt das ASTRA die Sicherheit der Tunnelanlagen mittels ausgewählten Anforderungskriterien. Das Ergebnis dieser Erhebung ist der vorliegende Bericht mit der TUSI-Liste.»
- «In der jährlich aktualisierten TUSI-Liste sind diejenigen Anforderungen aufgeführt, die die Selbstrettung der Verkehrsteilnehmer ermöglichen. Diese Kriterien sind: Tunnellüftung, Fluchtwege, Signalisation der Sicherheitseinrichtungen und eine redundante Energieversorgung.»

In der vorliegenden Studie soll die TUSI-Analyse für die Strecke N29 Thusis – Silvaplana zur Identifikation der prioritären Sanierungsmassnahmen durchgeführt werden.

1.2. Untersuchte Strecke

Die Strecke N29 Thusis – Silvaplana umfasst insgesamt 6 Tunnel:

- Sils
- Passmal
- Solis
- Alvaschein
- Crap Ses
- Silvaplana

Die Tunnel weisen unterschiedliche Längen und Längsneigungen auf. Sie wurden in unterschiedlichen Perioden und auf der Basis unterschiedlichen Regelwerke gebaut. Sie weisen deswegen ein sehr heterogenes Sicherheitsniveau auf.

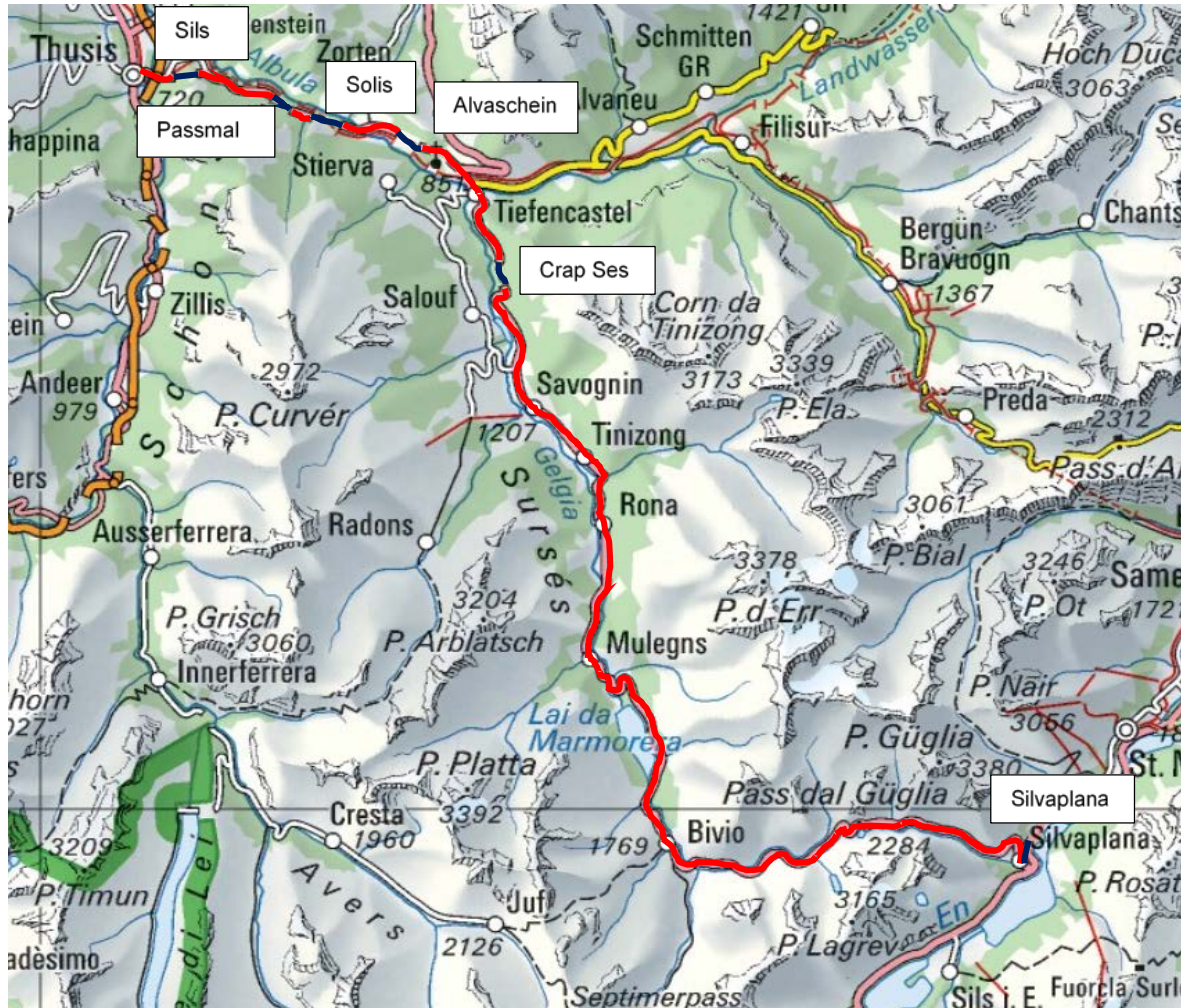


Abbildung 1: Strecke N29 Thusis – Silvaplana mit den 6 untersuchten Tunnel.

1.3. Struktur und Inhalt

Die vorliegende Studie besteht aus einem Kopfbericht und 6 Teilberichten:

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

- TUSI Silvaplana

Im vorliegenden Dokument, dem Kopfbericht, werden nachfolgende Themen behandelt:

- Relevante Tunnelinformationen
- Methodologie
- TUSI-relevante Sanierungsbedürfnisse
- Zusammenstellung der Sanierungskonzepte, Kosten und Anforderungen
- Zusammenstellung der Ergebnisse im Sinne der TUSI-Liste

In den einzelnen Teilberichten werden der TUSI-Vorgehensweise entsprechend nachfolgende Aspekte untersucht und dokumentiert:

- Fluchtwege
- Signalisation der Sicherheitseinrichtungen
- Lüftung
- Redundante Energieversorgung.

2. Methodologie

2.1. Zieldefinition

Die Ziele der vorliegenden Untersuchung wurden mit der ASTRA-Filiale Bellinzona festgelegt. Sie basieren auf der aktuellen TUSI-Liste [1].

2.2. Projektgrundlagen

2.2.1. Beschaffung der Dokumentation

Die grundlegende Dokumentation wurde von der ASTRA-Filiale Bellinzona zur Verfügung gestellt. Sie umfasst insbesondere:

- Unterlagen aus der Bauzeit
- Infrastrukturobjekt-Hefte («IO»)
- Aktuelle Inspektionsberichte

Weitergehende Informationen wurden auf Anfrage vom TBA des Kantons Graubünden zur Verfügung gestellt.

Spezifische Grundlagen wurden im Rahmen von Begehungen direkt ermittelt.

2.2.2. Aktenstudie

Die Studie der Dokumentation wurde vor den Begehungen vorgenommen. Die Analyse wurde daraufhin gezielt vertieft.

2.2.3. Begehungen

Begehung aller Tunnel am 6. Juni 2019 mit Werner Battaglia (Sektion Technik TBA) und Cédric Pagani (ASTRA Bellinzona):

- Allgemeine Tunnelbesichtigung
- Besichtigung aller Portalbereiche
- Begehung der technischen Räumlichkeiten
- Technische Besprechungen

Eine zweite Begehung mit speziellem Fokus auf die Notausgänge hat am 12. Juni 2019 stattgefunden.

2.3. Anforderungen und Normativer Vergleich

Mit einem normativen Vergleich wird ermittelt, inwieweit die Anforderungen der massgebenden Regelwerke mit den bestehenden Massnahmen erfüllt werden. Als Grundlage für den normativen Vergleich dienen die nachfolgend aufgeführten massgebenden Regelwerke.

TUSI-Kriterium	Regelwerk	Version	Themen
Fluchtwege	SIA 197/2	1. Auflage, 2004	Abstand, Abmessungen und Gestaltung der Fluchtwege
	ASTRA 13011	Ausgabe 2009, V1.05	Türen und Tore in Strassentunneln
Signalisation der Sicherheitseinrichtungen	ASTRA 13010	Ausgabe 2011, V1.06	Signalisation der Sicherheitseinrichtungen in Strassentunnel
Lüftung	ASTRA 13001	Ausgabe 2008, V2.03	Lüftung Strassentunnel
	ASTRA 13002	Ausgabe 2008, V1.06	Lüftung Notausgänge
Energieversorgung	SIA 197/2	1. Auflage, 2004	Grundlegende Anforderungen
	ASTRA 24001	2019, Januar	Fachhandbuch Tunnel / Geotechnik

Tabelle 1: Massgebende Regelwerke.

2.4. Funktionelle Bedarfsanalyse und Bedarfsevaluation

Die Anforderungen, welche aus dem normativen Vergleich resultieren, werden kritisch bewertet. Massgebend dabei sind die Verhältnismässigkeit der Massnahmen sowie mögliche Ersatzmassnahmen.

Die funktionelle Bedarfsanalyse berücksichtigt insbesondere:

- Die Vorgaben für die betrieblichen Sicherheitsanforderungen aus der ASTRA-RL 16050 [10] und der ASTRA Weisung 76001 [4].
- Die Vorgaben der ASTRA-RL 86053 betreffend minimale Anforderungen an den Betrieb (Operative Sicherheit Betrieb).

Wo auf rein qualitativer Basis keine abschliessende Beurteilung möglich ist, wird eine Risikoanalyse nach ASTRA 19004 [11] vorgeschlagen.

2.5. Aufstellung von Sanierungskonzepten und grobe Kostenermittlung

Mögliche Lösungskonzepte werden entwickelt und auf qualitativer Basis verglichen. Eine mögliche Optimallösung wird dann als Grundlage für die Kostenschätzung verwendet. Wo relevant, insbesondere in Bezug auf Lüftung und Fluchtwege, werden allfällige Beeinträchtigungen des Verkehrs identifiziert und grob eingeschätzt.

2.6. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die resultierenden Schlussfolgerungen und Empfehlungen sind in Kapitel 7 zusammengestellt.

2.7. Dokumentation

Wie im Kapitel 1 erläutert, besteht die vorliegende Dokumentation aus

- einem Kopfbericht (das vorliegende Dokument) und
- je einem spezifischen Teilbericht für jeden Tunnel.

Jeder spezifische Teilbericht ist in sich ausreichend geschlossen und selbsttragend.

3. Projektgrundlagen

3.1. Übersicht

Die betrachtete Strecke ist in Abbildung 2 dargestellt.

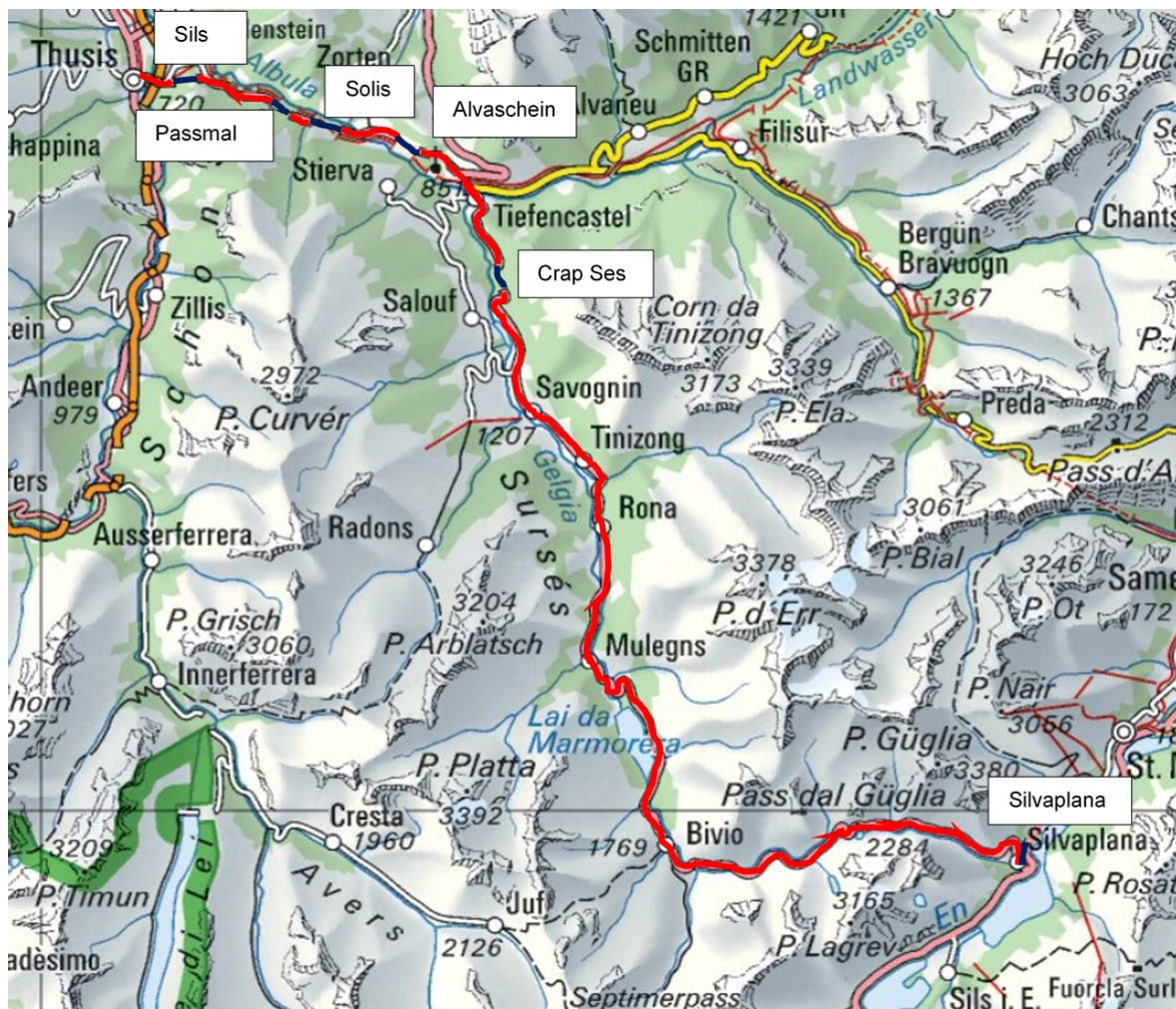


Abbildung 2: Strecke N29 Thusis – Silvaplana mit den 6 untersuchten Tunnel.

3.2. Tunnelanlagen

Alle Tunnel auf der Strecke weisen Gegenverkehr auf.

Länge und Längsneigung der Tunnelanlagen der Julierpasstrasse sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Tunnel	Länge [m]	Längsneigung [%]
Sils	1'625	5.94
Passmal	503	1.00
Solis	1'162	1.90
Alvaschein	957	4.90
Crap Ses	706	1.80
Silvaplana	749	8.50

Tabelle 2: Übersicht Tunnelanlagen.

3.3. Verkehr

Die aktuellen Verkehrszahlen sind online verfügbar [15].

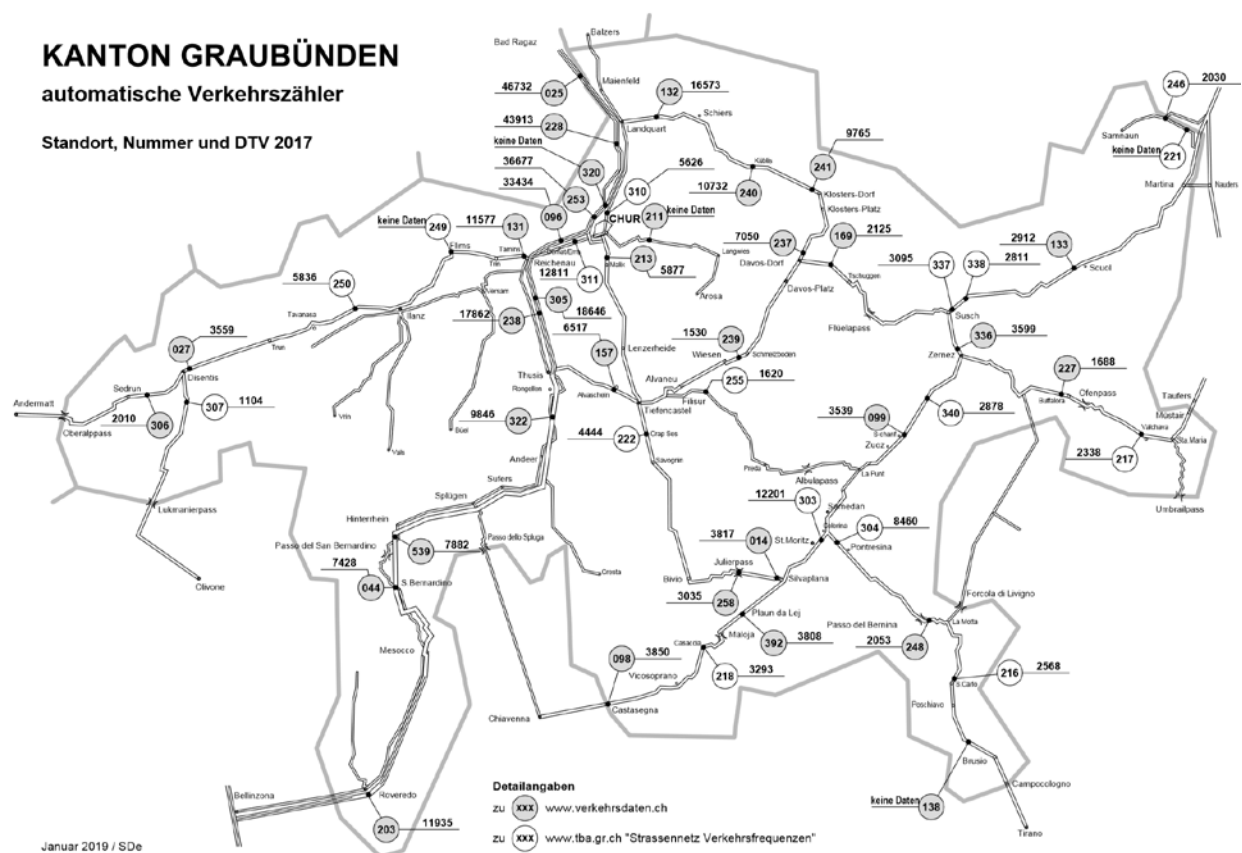


Abbildung 3: Verkehrszahlen 2017 [15].

Die für die vorliegende Studie massgebenden Verkehrszählstellen sind:

- Nr. 157, Alvschein, Strecke Thusis-Tiefencastel (Bund)
- Nr. 222, Crap Ses, Strecke Tiefencastel-Savognin (TBA GR)
- Nr. 258, Julierpass, Strecke Bivio-Silvaplana (Bund)
- Nr. 014, Silvaplana, Strecke Bivio-Silvaplana (Bund).

Tabelle 3 zeigt die Daten der massgebenden Zählstellen:

Strasse	Zählstelle	Standort	Total [Fz]		DTV [Fz]	Spitze [Fz]	Anteil LKW [%]
			2017	2007	2017	2017	2017
H417a	157	Alvaschein / Solis-Tunnel	2'378'705	2'215'793	6'517		5
H3 a	222 / 700	Riom / Crap Ses Tunnel	1'621'976	1'565'197	4'444	10'358	5
H3 a	222 / 258	Julier / La Veduta	1'107'775	1'107'557	3'305		5
H3 a	222 / 014	Julier / Silvaplana	1'393'205	1'287'704	3'817		5

Tabelle 3: Daten der relevanten Verkehrszählstellen [15].

4. Anforderungen und normativer Vergleich

4.1. Übergeordnete Vorgaben

Die Weisung ASTRA 74001 [3] legt die Grundlagen zur «Sicherstellung eines optimalen und einheitlichen Sicherheitsniveaus für Strassennutzer in Tunneln des Nationalstrassennetzes» fest. Im Anhang definiert sie die Bestimmungen bezüglich Sicherheitsanforderungen an Tunnel im Nationalstrassennetz und deren Hierarchie wie folgt:

1. Gesetzliche Grundlagen
2. ASTRA-Weisungen und -Richtlinien
3. SIA-Normen
4. Weitere ASTRA-Dokumentationen

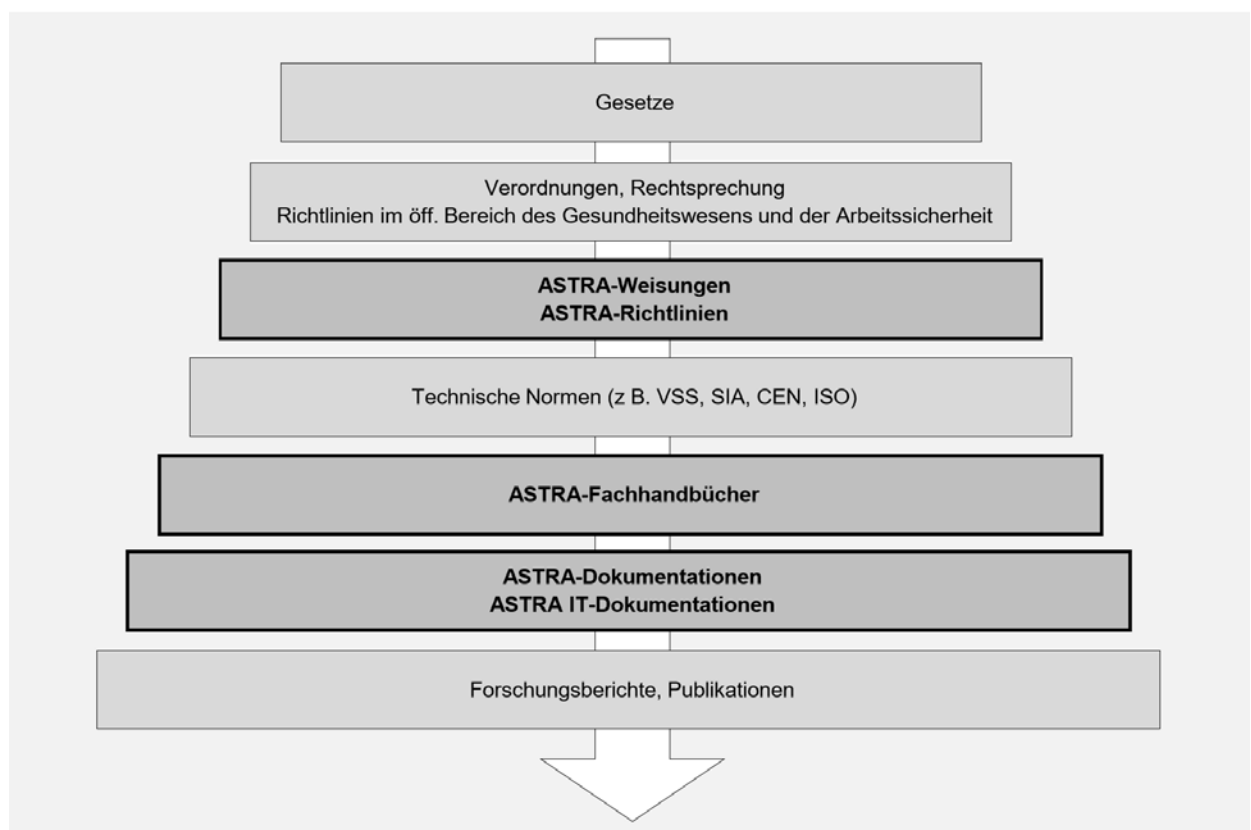


Abbildung 4: Hierarchie der Standards.

Zulässige Abweichungen sind wie folgt geregelt [3]:

«Abweichungen von diesen Bestimmungen sind auf Antrag des Tunnelmanagers in folgenden Fällen zulässig:

- Wenn geforderte bauliche Anforderungen nicht eingehalten werden können oder mit unverhältnismässig hohen Kosten verbunden sind. In diesem Fall sind risikomindernde Massnahmen vorzusehen, die zu einem gleichwertigen oder höheren Schutzniveau führen. Die Wirksamkeit dieser Massnahmen ist anhand einer Risikoanalyse gemäss Ziffer 8 zu belegen;
- Um den Einbau bzw. die Verwendung innovativer Sicherheitseinrichtungen oder Sicherheitsverfahren zu ermöglichen, die im Vergleich zu den Weisungen zugrunde liegenden Stand der Technik ein gleichwertiges oder höheres Schutzniveau bieten. Der entsprechende Antrag auf Abweichung muss ordnungsgemäss dokumentiert sein.

Die zuständige Behörde für die Bewilligung solcher Abweichungen ist die Verwaltungsbehörde.»

Die Weisung legt weiter nachfolgendes Abweichungsverbot fest [3]:

«Keine Abweichungen werden bei den Sicherheitseinrichtungen für die Verkehrsteilnehmenden (SOS-Nischen, Ausstellbuchten, Notausgänge und Signalisation der Sicherheitsausrüstungen) gestattet. Zur Wahrung eines einheitlichen Erscheinungsbildes gelten für diese Einrichtungen die Bestimmungen in diesen Weisungen und in den im Anhang aufgeführten Dokumenten.»

Die ASTRA-RL 16050 Operative Sicherheit Betrieb enthält die Vorgaben für die betrieblichen Sicherheitsanforderungen, die sich aus [3] ergeben.

4.2. TUSI-Relevante Vorgaben

Folgende Vorgaben, welche im Sinne der TUSI-Analyse relevant sind, sind in [1] wie erwähnt:

DEFINITION TUNNEL

- *IT-Dokumentation ASTRA 62014 Fachapplikation Kunstbauten und Tunnel Datenerfassungshandbuch 2012 v1.00*
- *Weisungen ASTRA 74001 Sicherheitsanforderungen an Tunnel im Nationalstrassennetz 2010 v1.02*

ANFORDERUNGEN TUNNELLÜFTUNG

- *Richtlinie ASTRA 13001 Lüftung der Strassentunnel 2008 v2.03*
- *Richtlinie ASTRA 13002 Lüftung der Sicherheitsstollen von Strassentunneln 2008 v1.06*

ANFORDERUNGEN SIGNALISATION DER SICHERHEITSEINRICHTUNGEN

- *Richtlinie ASTRA 13010 Signalisation der Sicherheitseinrichtungen in Strassentunneln 2011 v2.06*

ANFORDERUNGEN FLUCHTWEGE

- *Norm SIA 197/2 Projektierung Strassentunnel 2004*

ANFORDERUNGEN ENERGIEVERSORGUNG

- *Norm SIA 197/2 Projektierung Strassentunnel 2004*

RISIKOANALYSE (RA)

Mit «RA» gekennzeichnete Massnahmen beruhen auf einer, spezifisch für das Tunnelbauwerk durchgeführten quantitativen Risikoanalyse.

- *Richtlinie ASTRA 19004 Risikoanalyse für Tunnel der Nationalstrassen 2014 v1.01*
- *Dokumentation ASTRA 89005 Risikokonzept für Tunnel der Nationalstrassen - Methodik zur Ermittlung und Bewertung der Risiken in Tunneln 2014 v1.00*
- *Dokumentation ASTRA 89007 Anwendungsbeispiel 2014 v1.10*

SICHERHEITSUNTERLAGEN

- *Weisungen ASTRA 74001 Sicherheitsanforderungen an Tunnel im Nationalstrassennetz 2010 v1.02*
- *Richtlinie ASTRA 16050 Operative Sicherheit Betrieb 2011 v1.02*

4.3. Fluchtwege

Die Anforderungen an die Fluchtwege ergeben sich in erster Linie aus den nachfolgenden Regelwerken:

- SIA 197/2 [2]
- ASTRA Fachhandbuch Tunnel / Geotechnik [13]
- ASTRA Richtlinie 13010 Signalisation der Sicherheitseinrichtungen in Strassentunneln [8]
- ASTRA Richtlinie 13011 Türen und Tore im Strassentunnel [9]

Relevante Anforderungen an die Fluchtwege aus der SIA 197/2 [2] sind nachfolgend aufgeführt.

Tagbautunnel	Bergmännischer Tunnel
Max. Abstand: 300 m	Max. Abstand: abhängig von Längsneigung (Abb. 5)
Fluchtwege in regelmässigen Abständen auf einer Seite	
Mögliche Fluchtwege führen: <ul style="list-style-type: none"> • direkt ins Freie bei Tunneln mit geringer Überdeckung (z.B. Tagbautunnel) oder mit geeigneter Topographie (Tunnel nahe der Bergflanke) • zu einem parallelen Stollen (Sicherheitsstollen, der ins Freie führt) • zu einem Kanal, der im Tunnelquerschnitt ausserhalb des Fahrraums liegt (z.B. Werkleitungskanal unter der Fahrbahn) und ins Freie führt. 	
Nicht zulässig: <ul style="list-style-type: none"> • Fluchtwege in Räume ohne Ausgang ins Freie • Fluchtwege in einen über der Fahrbahn liegenden Raum (z.B. durch Zwischendecke abgetrennt) 	

Tabelle 4: Allgemeine Anforderungen an die Fluchtwege für einröhrige Tunnel ab 300 m Länge [2].

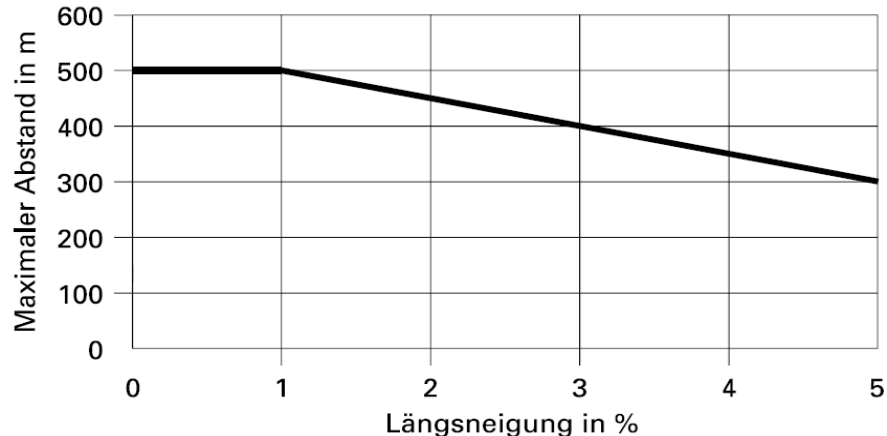


Abbildung 5: Maximaler Abstand der Fluchtwege in Funktion der Längsneigung [2].

Für begehbare Querverbindungen als Verbindung zu einem Sicherheitsstollen gelten folgende Anforderungen [2]:

- **Soll-Profil:** Breite mindestens 2.00 m, Höhe mindestens 2.50 m
- **Türen:** Breite mind. 1.00 m, Höhe mind. 2.00 m, Brandwiderstand T30, in der Regel sind Flügeltüren vorzusehen
- **Ausgestaltung als Rampe** mit geringer Längsneigung (max. 15%), beleuchtet und mit einer Türe gegen den Fahrraum abgetrennt

Weitere Vorgaben für begehbare Querverbindungen liefert das Fachhandbuch Tunnel / Geotechnik [13]:

- Lichtraumprofil: Breite mind. 1.50 m, Höhe mind. 2.20 m

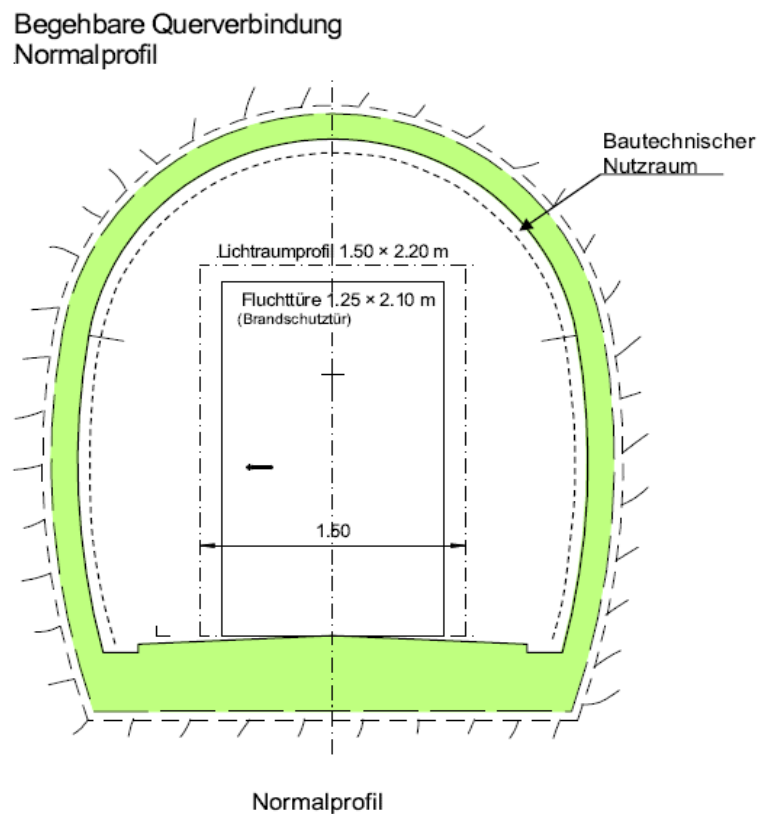


Abbildung 6: Begehbare Querverbindung Normalprofil [13].

Gemäss ASTRA-RL 13011 sind auf Fluchtwegen in Strassentunneln sowohl Schiebe- wie auch Flügeltüren zulässig.

Die Wahl des Türtyps hängt von der Beschaffenheit des Tunnels ab.

Tunneltyp	Eignung	
	Schiebetür	Flügeltür
1-röhrige Tunnel		
Mit parallelem Sicherheitsstollen ³ (druckbelüftet)	Ja	Nein
Mit Fluchtstollen ⁴ (druckbelüftet)	Ja	Nein
Mit Fluchtstollen (nicht druckbelüftet)	Ja	Ja ¹⁾
Tür direkt nach aussen	Ja	Ja ¹⁾

Abbildung 7: Eignung des Öffnungsprinzips für Türen auf Fluchtwegen [9].

4.4. Signalisation der Sicherheitseinrichtungen

Die Anforderungen an die Signalisation der sicherheitstechnischen Einrichtungen ergeben sich in erster Linie aus der ASTRA-RL 13010 [8]: «Die Richtlinie legt die Grundsätze und die Elemente der Signalisation von Sicherheitseinrichtungen fest, die bei Ereignissen (Stau, Panne, Unfall, Brand, Freisetzung von gefährlichen Gütern) die Sicherheit und die Selbstrettung der Verkehrsteilnehmer gewährleisten. Sie bezweckt die Kohärenz und Vereinheitlichung der Signalisation, damit der Verkehrsteilnehmer diese Sicherheitseinrichtungen klar erkennen und verstehen kann.»

Die für den Verkehrsteilnehmer massgebenden Sicherheitseinrichtungen oder Teile des Bauwerks, welche angemessen signalisiert werden müssen, sind:

- die Abstellplätze für Pannenfahrzeuge (Ausstellbuchten)
- die SOS-Nischen mit SOS-Alarmkasten (Notfalltelefon und Feuerlöschern)
- die Notausgänge, die direkt ins Freie, in eine Nachbarröhre oder in einen Sicherheitsstollen führen
- die Verkehrsinformation (Radiodurchsagen an die Verkehrsteilnehmer).

Zentrale Anforderung an die Signalisation sind die Sichtbarkeit und die Verständlichkeit [8]:

«Die Signalisation muss dauernd beleuchtet, klar erkennbar und leicht verständlich sein. Sie muss für sämtliche Tunnel einheitlich sein, da bei Ereignissen das Erfassen der Sicherheitseinrichtungen durch den Verkehrsteilnehmer entscheidend ist. Die Verwechslung mit anderen Einrichtungen muss verhindert werden.»

Spezifische Anforderungen an Leittafeln und Signalisation sind die Folgenden:

- Permanente Markierung an Tunnelwand
- Die nächstgelegenen Notausgänge und entsprechende Distanzen werden in beide Richtungen angegeben
- Nachleuchtende Ausbildung
- Alle 25 m in einer Höhe von 0.80 – 1.20 m über dem Bankett
- Leittafeln werden auf Seite der Notausgänge angebracht
- Im nachfolgenden Stollen ist ebenfalls eine Markierung anzubringen, um die Verkehrsteilnehmer bis zum sicheren Bereich zu leiten.

4.5. Lüftung

Die lüftungstechnischen Anforderungen ergeben sich in erster Linie aus den nachfolgenden Regelwerken:

- ASTRA-RL 13001: Lüftung des Tunnelfahrtraums
- ASTRA-RL 13002: Lüftung der Fluchtwege
- FHB BSA: Vorgaben zur Ausführung.

Die Wahl des Lüftungssystems für die Tunnel erfolgt gemäss Abbildung 8.

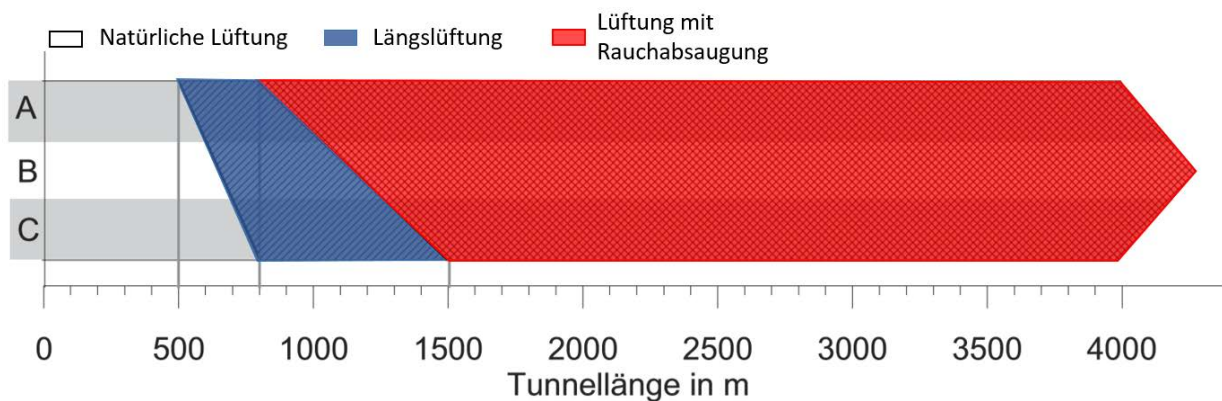


Abbildung 8: Bestimmung der Hauptgruppe des Lüftungssystems nach sicherheitstechnischen Aspekten (für Tunnel mit Längsneigungen bis 5%) [5].

Falls aufgrund der Verkehrsart und der Tunnellänge die Hauptgruppe des Lüftungssystems nicht eindeutig zugeordnet werden kann, sind die nachfolgend genannten weiteren Einflussgrößen in die Beurteilung einzubeziehen:

- Gesamtverkehrsaufkommen (DTV)
- Lastwagenverkehr
- Längsneigung im Tunnel

Daraus resultiert eine Gesamtbewertung mit Einteilung in die Kategorien A, B oder C (Abbildung 8), welche eine genauere Festlegung der Hauptgruppen ermöglicht.

Längsneigungen über 5% erfordern im Hinblick auf die Beherrschung eines Brandfalles vertiefte Abklärungen unter Berücksichtigung der zeitlichen Abläufe entsprechend Kap. 7.2 von [5].

4.6. Redundante Energieversorgung

4.6.1. SIA 197/2

Relevant für die TUSI-Liste sind in erster Linie die Vorgaben der Norm SIA 197/2:

«9.8.1. Der Tunnel soll von zwei unabhängigen, lokalen Netzen gespeist werden. Zusätzlich ist eine unterbrechungsfreie Notstromversorgung (USV-Anlage) vorzusehen.

9.8.2. Die Energieversorgung besteht aus: – Hochspannungs- und Niederspannungs-Schaltanlagen – Transformatoren – Niederspannungsverteilungen (Normalnetz und USV) – Mess-, Schutz- und Steuereinrichtungen – Notstromanlagen inkl. Batterien (USV-Anlage) – Kompensationsanlage.

9.8.3. Die Notstromversorgung muss den unterbrechungsfreien Betrieb der folgenden Anlagen gewährleisten: – Leiteinrichtungen – Notbeleuchtung – Brandnotbeleuchtung – Signalisation – Verkehrsfernsehen – Notruftelefon.

9.8.4. Die Versorgungsautonomie muss eine Stunde betragen. Die mit zunehmendem Alter abnehmende Leistungsfähigkeit der Batterien ist bei der Planung zu berücksichtigen.

9.8.5. Die Verordnungen über elektrische Anlagen der verschiedenen Spannungsniveaus sind zu berücksichtigen (siehe Norm SIA 197, Anhang A).»

Die zentralen Anforderungen sind somit:

- Redundante Stromversorgung durch zwei unabhängige, lokale Netze
- unterbrechungsfreie Notstromversorgung (USV-Anlage).

4.6.2. Fachhandbuch BSA

Weitere Beurteilungsgrundlagen, obwohl strikte gesehen nicht Bestandteil der TUSI-Anforderungen, sind im «Fachhandbuch Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen» ASTRA 23001 [12] enthalten. Die in diesem Zusammenhang wichtigsten Vorgaben sind:

- 23 001-11100 Energieversorgung (Version 1.30)
- 23 001-11110 Leittechnik Energieversorgung (Version 1.20)
- 23 001-11130 Mittelspannung (1 kV bis 20 kV) (Version 1.10)
- 23 001-11140 Niederspannung (Version 1.20)
- 23 001-11150 Kleinspannung (Version 1.00)
- 23 001-11160 Notstrom (Version 1.40)

4.6.3. Weitere Anforderungen

Weitere Anforderungen an die Energieversorgung ergeben sich teilweise aus der Anpassung anderer Komponenten, insbesondere der Lüftungsanlage.

5. Funktionelle Bedarfsanalyse und Bedarfsevaluation

Die ASTRA_RL 16050 Operative Sicherheit Betrieb enthält die Vorgaben für die betrieblichen Sicherheitsanforderungen, die sich aus den ASTRA Weisungen 76001 Sicherheit Betrieb Nationalstrasse [4] ergeben.

Wo auf rein qualitativer Basis keine abschliessende Beurteilung möglich ist, wird eine Risikoanalyse nach ASTRA 19004 [11] vorgeschlagen.

6. Sanierungskonzepte und grobe Kostenermittlung

Aufgrund der durchgeführten Analysen werden für die einzelnen Tunnel folgende Massnahmen empfohlen:

Tunnel	Empfohlene Massnahme
Sils	Sicherheitsstollen mit 6 Querverbindungen Längslüftung mit Strahlventilatoren Anpassung der Signalisation der Sicherheitseirichtungen Anpassung der Energieversorgung und der Steuerung
Passmal	Keine Massnahmen erforderlich
Solis	Sanierung des bestehenden Notausgangs Zwei zusätzliche Stichstollen zur Oberfläche Längslüftung mit Strahlventilatoren Anpassung der Signalisation der Sicherheitseirichtungen Anpassung der Energieversorgung und der Steuerung
Alvaschein	Sicherheitsstollen mit drei Querverbindungen talseitig Längslüftung mit Strahlventilatoren Anpassung der Signalisation der Sicherheitseirichtungen Anpassung der Energieversorgung und der Steuerung
Crap Ses	Sicherheitsstollen zum Tunnel der alten Strasse Längslüftung mit Strahlventilatoren Anpassung der Signalisation der Sicherheitseirichtungen Anpassung der Energieversorgung und der Steuerung
Silvaplane	Keine Massnahmen erforderlich

Tabelle 5: Übersicht über die empfohlenen Massnahmen.

Für die Ermittlung der Kosten T/G der einzelnen Tunnel wurden folgende Aspekte betrachtet:

- Länge und Querschnitt des Sicherheitsstollens inkl. Ortsbrustverkleidung und Zwischendecke (falls vorhanden)
- Portale Sicherheitsstollen / Portal Stichstollen inkl. Schleuse
- Querverbindungen Fluchtweg (Länge und Anzahl) und Anschluss an den bestehenden Tunnel

- Querverbindungen Lüftung (Länge und Anzahl) und Anschluss an den bestehenden Tunnel
- Entsorgung Ausbruchsmaterial
- Instandsetzung Erschliessungsstrassen zu den Portalen des Sicherheitsstollens

Diese Faktoren bestimmen die reinen Baukosten. Zuzüglich werden für die Kosten T/G 20% der Baukosten für die Honorare und für übrige Kosten sowie 20% der Baukosten für die BSA Bau hinzuaddiert. Hinzu kommt schliesslich noch die Reserve für Unvorhergesehenes (10% der obigen Summe).

Die Kosten für mechanische Lüftungsmassnahmen (Längslüftung mit Strahlventilatoren) sind separat ausgewiesen.

Ebenfalls separat ausgewiesen sind die Kosten für die Sanierungsmassnahmen der übrigen BSA gemäss [16].

Somit ergibt sich die folgende Kostenübersicht für die einzelnen Tunnel. Die Kostengenauigkeit der Preisbasis von Juli 2019 beträgt $\pm 30\%$. Alle Kostenangaben sind ohne MWST.

Tunnel	Kosten T/G [Mio. CHF]	Kosten Lüftung [Mio. CHF]	Kosten Sanierung übrige BSA [Mio. CHF]	Gesamtkosten [Mio. CHF]
Sils	28.57	1.82	0.55	30.94
Passmal	0.00	0.00	2.30	2.30
Solis	9.11	1.66	2.35	13.12
Alvaschein	19.33	1.81	2.35	23.49
Crap Ses	4.32	1.36	2.35	8.03
Silvaplana	0.00	0.00	0.00	0.00
Gesamte Strecke	61.33	6.65	9.90	77.88

Tabelle 6: Kostenübersicht, Preisbasis Juli 2019 (Kostengenauigkeit $\pm 30\%$), alle Angaben ohne MWST.

7. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die TUSI-Analyse der Strecke NEB29 Julierpass zeigt Handlungsbedarf insbesondere im Bereich Notausgänge und Lüftung. Weiter sind allgemeine, nicht TUSI-relevante Sanierungsmassnahmen der übrigen BSA notwendig.

Mit der Umsetzung der empfohlenen Massnahmen gemäss Kap. 6 entsprechen die Tunnel auf der betrachteten Strecke wieder den gültigen Vorgaben und Normen betreffend Tunnelsicherheit.

Die Umsetzung der Massnahmen wird empfohlen.

						Tunnellüftung					Fluchtwege					Signalisation der Sicherheitseinrichtungen					Energieversorgung				
F	NS Nr.	Kanton	Objektname	Röhre(n)	Länge [m]	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:

Massnahme zur Erfüllung der aktuellen Richtlinien und Normen		
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 (Baustelle) 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 7: Auszug aus der TUSI-Liste.

						Tunnellüftung					Fluchtwege				
F	NS Nr.	Kanton	Objektname	Röhre(n)	Länge [m]	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 Sès	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

						Signalisation der Sicherheitseinrichtungen					Energieversorgung				
F	NS Nr.	Kanton	Objektname	Röhre(n)	Länge [m]	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 Sès	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 8: Vergrösserter Auszug aus der TUSI-Liste.

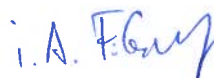
8. Referenzdokumente

- [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 76001, SICHERHEIT BETRIEB NATIONALSTRASSEN, Ausgabe 2018 V1.00.
- [5] ASTRA 13001, Lüftung der Strassentunnel – Systemwahl, Dimensionierung und Ausstattung, Ausgabe 2008 V2.02.
- [6] ASTRA 13002, Lüftung der Sicherheitsstollen von Strassentunneln, Ausgabe 2008 V1.06.
- [7] ASTRA 13004, Branddetektion in Strassentunneln, Ausgabe 2007 V2.10
- [8] ASTRA 13010, Signalisation der Sicherheitseinrichtungen in Strassentunneln, Ausgabe 2011 V2.06.
- [9] ASTRA 13011, Türen und Tore in Strassentunneln, Ausgabe 2009 V1.05.
- [10] ASTRA 16050, Operative Sicherheit Betrieb, Ausgabe 2018 V1.50
- [11] ASTRA 19004, Risikoanalyse für Tunnel der Nationalstrassen, Ausgabe 2014 V1.10
- [12] ASTRA 23001, Fachhandbuch Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen, Ausgabe 2019 Januar.
- [13] ASTRA 24001, Fachhandbuch Tunnel / Geotechnik, Ausgabe 2019, Januar.
- [14] ASTRA 86053, Minimale Anforderungen an den Betrieb – Strassentunnel, Leitfaden Operative Sicherheit Betrieb, Ausgabe 2013 V1.10.
- [15] Tiefbauamt des Kantons Graubünden,
<https://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/bvfd/tba/Strassennetz/Seiten/Verkehrsfrequenzen.aspx>
- [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 Lanz
Projektleiter

Beilagen: Keine

Verteiler: ASTRA Bellinzona, Cédric Pagani