

**Rhätische Bahn**

Ferrovia retica Viafier retica

Linie: Chur – Arosa  
Strecke: Haspelgrube – Arosa

05

# Arosertunnel, Instandsetzung

Km 25.216

Plangenehmigungsprojekt

## Bericht Plangenehmigung

<div><input checked="" type="checkbox"/></div> <div>FPREISIGAG</div> <div>BAUINGENIEURE UND PLANER SIA USIC SÄGENSTRASSE 4, CH-7000 CHUR, T 081 250 09 30 WWW.PREISIGAG.CH</div>	<div><input type="checkbox"/></div> <div><div><div></div><div>AMBERG ENGINEERING</div></div><div>Ringstrasse 18, Postfach 19 7000 Chur Tel:081 288 66 99 Fax:081 286 66 01</div></div>			Gezeichnet	Geprüft	Dateiname	-		
		30.06.2019		bai, boc	mgm				
		A				Bezug zu	-		
		B				Format	-		
		C				Massstab	-		
Infrastruktur Kunstbauten 7001 Chur		D				Task-Nr.	+KBL 16025		
		E				Plan-Nr. RhB:		Blatt-Nr.:	
		F				3463-005			

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>SITUATION UND AUSGANGSLAGE</b>	<b>3</b>
1.1	Standort	3
1.2	Beschrieb Arosertunnel	3
1.3	Zustand Arosertunnel	4
1.4	Geologie und Hydrologie	5
1.5	Denkmalpflege	6
<b>2</b>	<b>PROJEKT AROSERTUNNEL</b>	<b>6</b>
2.1	Projektbeschreibung	6
2.2	Konzeptionelle Überlegungen	6
2.3	Projektdaten	7
2.4	Lichtraumprofil	7
2.5	Längenprofil	8
2.6	Normalprofil	9
2.7	Tunnel (Hauptvortrieb)	11
2.8	Unterquerung «Haus am Wald»	14
2.9	Unterquerung Seeblickstrasse	16
2.10	Portale	18
2.11	Ausrüstung	19
2.12	Voreinschnitt Arosa	20
2.13	Bahntechnik	21
<b>3</b>	<b>NUTZUNGSVEREINBARUNG, PROJEKTBASIS, STATISCHE BERECHNUNGEN</b>	<b>23</b>
3.1	Nutzungsvereinbarung	23
3.2	Projektbasis	23
3.3	Statische Berechnungen	23
<b>4</b>	<b>REALISIERUNG UND BAUABLÄUFE</b>	<b>23</b>
4.1	Betriebliche Randbedingungen	23
4.2	Bauablauf	23
4.3	Spezielle Risiken	29
4.4	Bauprovisorien Bahntechnik	31
4.5	Baustellenerschliessung, Installationsplätze und Deponieflächen	32
4.6	Materialbewirtschaftung	34
<b>5</b>	<b>UMWELT</b>	<b>35</b>
5.1	Übersicht Umweltauswirkungen	35
5.2	Verkehr	35
5.3	Luftreinhaltung	36
5.4	Lärm	36
5.5	Erschütterungen, Körperschall	37
5.6	Grundwasser	38
5.7	Entwässerung	39
5.8	Boden	40
5.9	Abfälle	41
5.10	umweltgefährdende organismen	41
5.11	Wald	42
5.12	Natur und Landschaft, Wild	42
5.13	Denkmalpflege, Archäologie, Ortsbildschutz	42
5.14	Naturgefahren	44
5.15	Umweltbaubegleitung	44
<b>6</b>	<b>RAUMPLANUNG</b>	<b>44</b>

<b>7</b>	<b>LANDERWERB UND RODUNG</b>	<b>45</b>
7.1	Landerwerb	45
7.2	Rodung	46
<b>8</b>	<b>SICHERHEITSBERICHT</b>	<b>46</b>
8.1	Allgemeines	46
8.2	Schutznischen für das Personal	47
8.3	Fluchtwege und Sammelplätze	47
8.4	Approximatives Sicherheitsdispositiv Arosertunnel	47
8.5	Bericht des SachverständigeN	48
<b>9</b>	<b>AUSSTECKUNG (PROFILIERUNG) UND KOMMUNIKATION</b>	<b>48</b>
9.1	Aussteckung	48
9.2	Kommunikation	49
<b>10</b>	<b>TSI</b>	<b>49</b>
<b>11</b>	<b>TERMINE, BAUPROGRAMM</b>	<b>49</b>
11.1	Termine	49
11.2	Bauprogramm	49
<b>12</b>	<b>ÜBERWACHUNGSKONZEPT</b>	<b>49</b>
<b>13</b>	<b>KOSTEN</b>	<b>50</b>

# 1 SITUATION UND AUSGANGSLAGE

## 1.1 STANDORT

Am 12. Dezember 1914 wurde die Linie Chur – Arosa in Betrieb genommen. Sie führt von Chur durch das Schanfigg bis nach Arosa. Der Arosertunnel liegt direkt vor der Endstation Bahnhof Arosa mitten im Siedlungsgebiet der Gemeinde Arosa.

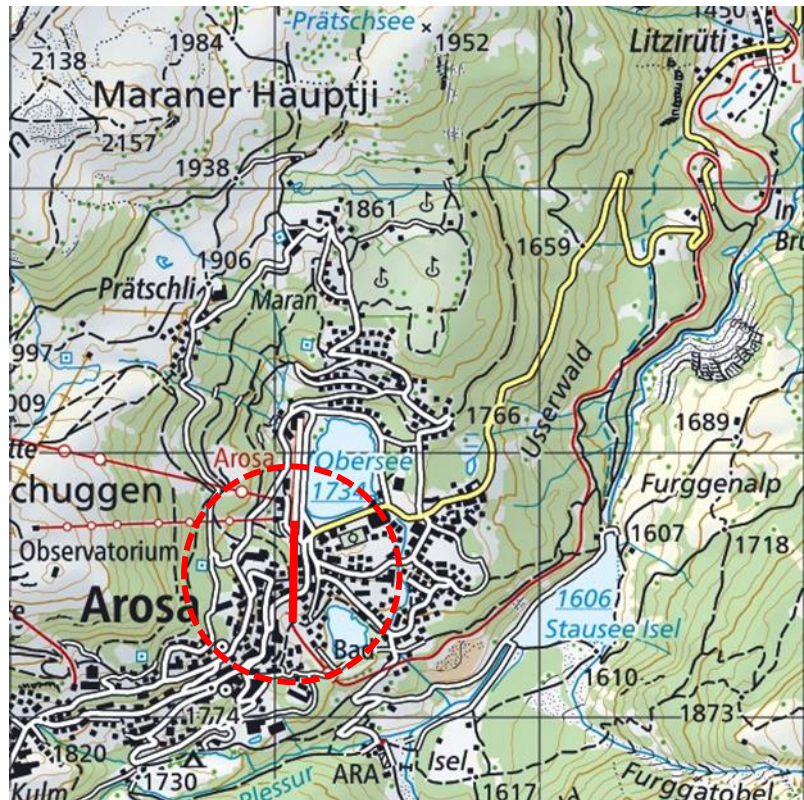


Abb. 1: Ausschnitt Landeskarte mit Lage Arosertunnel (rot) / geoadmin.ch

## 1.2 BESCHRIEB AROSERTUNNEL

Der Ausbruch und Ausbau des Arosertunnels erfolgte 1913/14. Er wurde als Verbindungstunnel zum Obersee auf Wunsch der Gemeinde Arosa erstellt. Das Portal Seite Chur liegt auf 1'716.69 m ü. M.

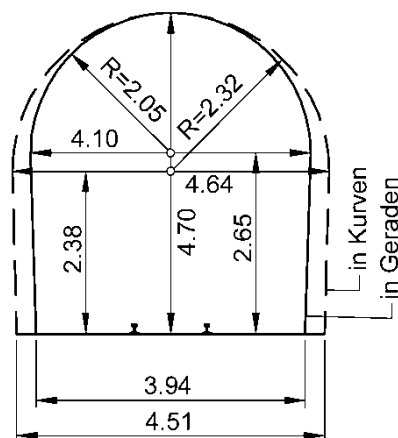


Abb. 2: Standardabmessungen der Tunnels der Arosalinie beim Bau 1913 / 14

Der 299 m lange Tunnel befindet bei Km 25.215 bis 25.514. Sein Profil entspricht dem Standardprofil der Arosalinie, ist hufeisenförmig und weist eine lichte Querschnittsfläche von circa 18 m<sup>2</sup> auf. Im Zuge der Umelektrifizierung 1996 wurde partiell eine Befestigung der Sohle eingeführt. Der Arosertunnel weist deshalb heute eine durchgehende Betonsohle auf.

Die Portale und auch das Tunnelgewölbe bestehen aus Natursteinmauerwerk. Letzteres wurde im Scheitel auf grösseren Abschnitten mit einer Spritzbetonschale versehen, zudem wurden im Verlauf der Betriebsjahre einzelne Gewölbepartien mit Ortbeton-Neumauerungen ersetzt.

Das Portal Seite Chur liegt im Landwirtschaftsgebiet, die nahe gelegene Poststrasse und die daran liegenden Gebäude werden mit ausreichend Abstand unterquert. Beim Portal Seite Arosa unterquert der Tunnel die Seeblickstrasse und die Liegenschaft «Haus am Wald» mit geringer Überdeckung. Das Haus wurde nach der Inbetriebnahme des Tunnels erstellt.



Abb. 3: Portal Seite Chur (links) / Portal Seite Arosa (rechts)

### 1.3 ZUSTAND AROSERTUNNEL

Anlässlich der letzten Hauptinspektion 2015 wurde der Tunnel der Zustandsklasse 3 bis 4 zugeordnet. Tunnel oder Bauteile mit dieser Klasseneinteilung sollen innerhalb von fünf Jahren instand gestellt werden. Hauptsächliche Schäden sind:

- Wassereintritte, Nass- und Feuchtstellen
- Leere und defekte Fugen
- Risse und Abplatzungen

Der Tunnel ist eng, das Lichtraumprofil teilweise verletzt, Sicherheitsräume nicht gewährleistet, Sicherheitsausrüstungen fehlen und die Fahrleitungshöhe ist minimal.

Der Arosertunnel ist am Ende seiner Lebensdauer angelangt und muss durch eine Instandsetzung erneuert werden.



Abb. 4: Natursteinauskleidung mit eingestürzter Schutznische für das Personal

## 1.4 GEOLOGIE UND HYDROLOGIE

### 1.4.1 Geologie

Für Details siehe Dossierbeilage 22.1.

**Sackungsmasse** Der Tunnel verläuft über die gesamte Länge in der Sackungsmasse von Arosa. Die Sackungsmasse besteht aus stark zerbrochenen Felspaketen der Aroser-Schuppenzone. In der Sackungsmasse werden keine grösseren zusammenhängende Felspakete erwartet. Die Felspakete selbst bestehen aus Dolomit, Serpentin, Radiolarit und Kristallin.

**Moräne** Auf der Sackungsmasse liegt eine versackte Moräne mit einer ähnlichen petrographischen Zusammensetzung wie die Sackungsmasse. Der Obersee wird im Süden durch diesen Moränenzug abgeschlossen, der vom Arosertunnel an der westlichen Flanke durchquert wird.

**Unklarheiten** Der genaue Verlauf der Grenze zwischen der Sackungsmasse und der Moräne ist nicht bekannt.

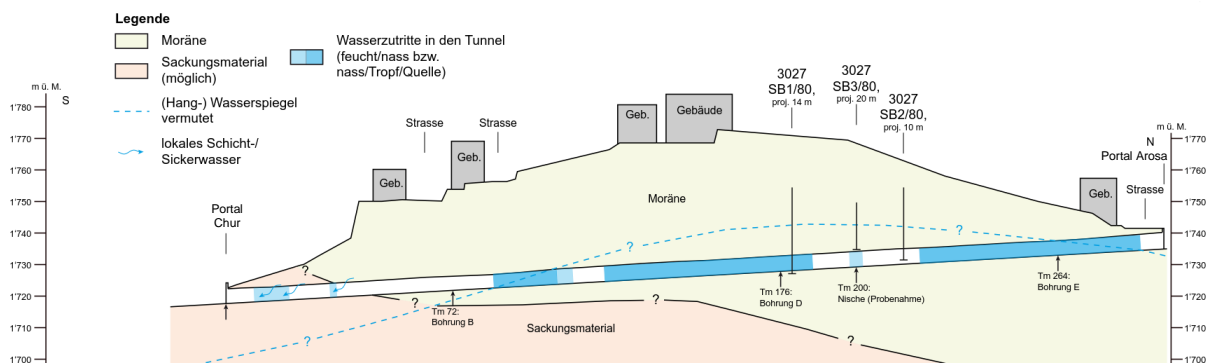


Abb. 5: Geologisches Längenprofil des Arosertunnels (Quelle: Geologischer-Geotechnischer Bericht; Dossierbeilage 22.1)



#### 1.4.2 Hydrologie

Das gesamte Projektgebiet befindet sich in einem Gewässerschutzbereich A<sub>u</sub> um die Aroser Seen.

Zur Lage des Grundwasserspiegels in unmittelbarer Nähe zum Tunnel sind keine genauen Angaben vorhanden. Zwar sind zahlreiche Wassereintritte im Tunnel zu verzeichnen, dabei handelt es sich aber eher um lokale Wasservorkommen denn um einen zusammenhängenden Grundwasserträger.

Eine hydraulische Abhängigkeit zum Obersee gilt als wahrscheinlich.

#### 1.5 DENKMALPFLEGE

Die Portale der Arosalinie unterstehen nicht dem Denkmalschutz. Dennoch soll ihre Gestaltung mit der kantonalen Denkmalpflege abgestimmt werden.

## 2 PROJEKT AROSERTUNNEL

### 2.1 PROJEKTBESCHRIEB

Der Arosertunnel wird gemäss «Normalbauweise Bernina- und Arosalinie» (NBW-BA) erneuert.

Das Projekt umfasst insbesondere folgende Elemente

- Instandsetzung Arosertunnel inklusive neue Portalbauwerke Seite Chur und Seite Arosa
- Anpassungen im Voreinschnitt Seite Arosa
- Sicherung / Unterfangung Hotel «Haus am Wald» und Ersatz Seeblickstrasse über Portalbereich Seite Arosa
- Provisorische Massnahmen Bahnhof Litzirüti (Dossierbeilagen 25.x)
- Installationsflächen «In da Brünscht»
- Erschliessungen

### 2.2 KONZEPTIONELLE ÜBERLEGUNGEN

Der Arosertunnel wird nach dem Konzept der Normalbauweise BA erneuert, wobei objektspezifische Anpassungen notwendig sind. Hauptgründe dafür sind einerseits der Baugrund, andererseits die Unterquerung des «Hauses am Wald», das mit minimalster Überdeckung direkt über dem Tunnel steht.

#### Unterschiede NBW Tunnel zu NBW Tunnel BA

Die NBW BA basiert auf den Überlegungen der NBW Tunnel. Unterschiede sind:

- Zweischaliger Spritzbetonausbau statt Fertigelemente
- Kleinere Radien bis 45 m (Berninalinie)
- Spritzfolienabdichtung (Membran)
- Einbau Feste Fahrbahn in guter Geologie

#### Baugrund

Die NBW-BA sieht eine Ausführung im Fels mit einschaliger Spritzbetonverkleidung vor. Der Arosertunnel liegt hingegen in Lockergestein, was einen anderen Vortrieb mit umfangreichen Bauhilfsmassnahmen

bedingt. Vorgesehen ist ein Vortrieb mit Jettingschirm und zweischaligem Spritzbetonausbau.

«Haus am Wald» Die NBW-BA sieht eine Beibehaltung des Längenprofils (SOK Projekt = SOK Bestand) vor. Beim Arosertunnel ist dies nicht möglich. Direkt über dem Portalbereich Seite Arosa steht das Hotel «Haus am Wald». Um dieses sicher zu unterqueren und den vergrösserten lichten Querschnitt nach NBW-BA unterzubringen, ist eine Gleisabsenkung nötig. Die Gleisabsenkung beträgt im Maximum gegen einen Meter und bedingt Anpassungen auch im Voreinschnitt Arosa bis hin zum Beginn der Perrons im Bahnhof Arosa.

## 2.3 PROJEKTDATEN

– Tunnellänge	299 m
– Trasse	km 25.215 – 25.514, Gerade
– Längsneigung	31-66 ‰
– Tunnelsystem	Einspur
– Fahrbahn	Gleise im Schotterbett
– Lichtraumprofil	EBV A, Sollwerte «BA neu»
– Fluchtweg	beidseits, 70 cm Breite
– Ausbruchquerschnitt	ca. 33 m <sup>2</sup>
– Nutzungsdauer	100 Jahre

## 2.4 LICHTRAUMPROFIL

Das Lichtraumprofil basiert auf dem Profil EBV A nach der R-RTE 20512, Ausgabe RhB vom 01.12.2016.

Das Lichtraumprofil ist wie folgt festgelegt:

– Bogenradius	R = 0
– Überhöhung	ü = 0
– Fahrleitungshöhe	h <sub>f</sub> = 4.47 m
– Fensterraum	0.30 m
– Schlupfweg	0.20 m
– Dienstweg	0.40 / 0.50 m
– Fluchtweg	0.70 m
– Gleishebungsreserve	0.12 m

Es werden Sollwerte angewendet.

Der bautechnische Nutzraum beträgt 50 mm.

Detaillierte Angaben sind dem Plan 3463-009.1 (vgl. Dossierbeilage 9.1) zu entnehmen.



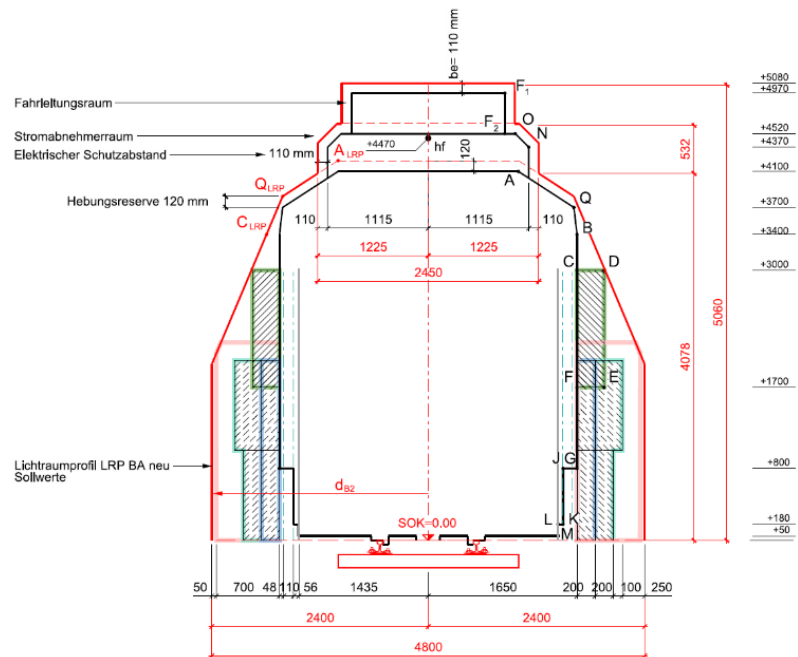


Abb. 6: Lichtraumprofil

## 2.5 LÄNGENPROFIL

### Endzustand

Zur Unterquerung des «Haus am Wald» wird das Gleis um bis zu 94 cm unter seine heutige Lage abgesenkt.

- Im Voreinschnitt Seite Arosa, d.h. zwischen Portal Seite Arosa und Bahnhof Arosa, wird das Gefälle von heute 51 ‰ auf neu rund 66 ‰ erhöht.
- Die entsprechende Rampe weist beim Portal Arosa eine Gleisabsenkung von rund 75 cm auf.
- Die Rampe wird mit gleichbleibendem Gefälle unter dem «Haus am Wald» durchgeführt und die Gleisabsenkung erreicht ein Maximum von 94 cm.
- Danach folgt ein vergleichsweise flacher Abschnitt mit knapp 32 ‰ Gefälle, an dessen Ende die Projektachse mit der heutigen Achse zusammenfällt.

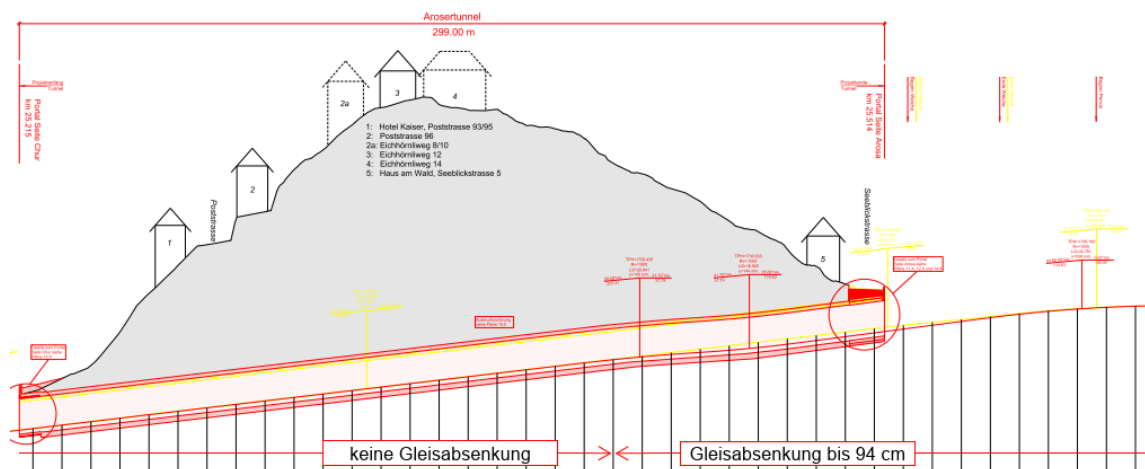


Abb. 7: Übersicht Gleisabsenkung (links Portal Seite Chur, rechts Voreinschnitt und Bahnhof Arosa)

## 2.6 NORMALPROFIL

**Hauptvortrieb**  
**km 25'215 – 25'489**  
**L = 274 m**

Die Innenabmessungen des Normalprofils (lichter Querschnitt) und der bautechnische Nutzraum entsprechen der Geometrie der NBW-BA.

Die Profilausweitung erfolgt mit einem Jettingschirmvortrieb, gesichert mit Stahlbögen, Stahlfaser-Spritzbeton. Der Profilausgleich des entstehenden «Sägezahns» erfolgt in Spritzbeton. Der Ausbau ist zweischalig – auf die Ausbruchsicherung folgt eine mehrlagige Abdichtung und die tragende Innenschale aus Stahlfaser-Spritzbeton.

Für den Ringschluss wird ein Ortbeton-Sohlgewölbe erstellt. Beidseitig angeordnete Bankette dienen als Dienst- und Fluchtweg und nehmen die Kabelanlagen auf.

Die Gewölbedrainage erfolgt mit beidseitig angeordneten Drainagen, die Fahrraumentwässerung mit einer unter in der Sohlplatte angeordneten Längsleitung.

Der Schotter-Oberbau besteht aus einem Betonschwellengleis mit regelkonformem Schotterbett.

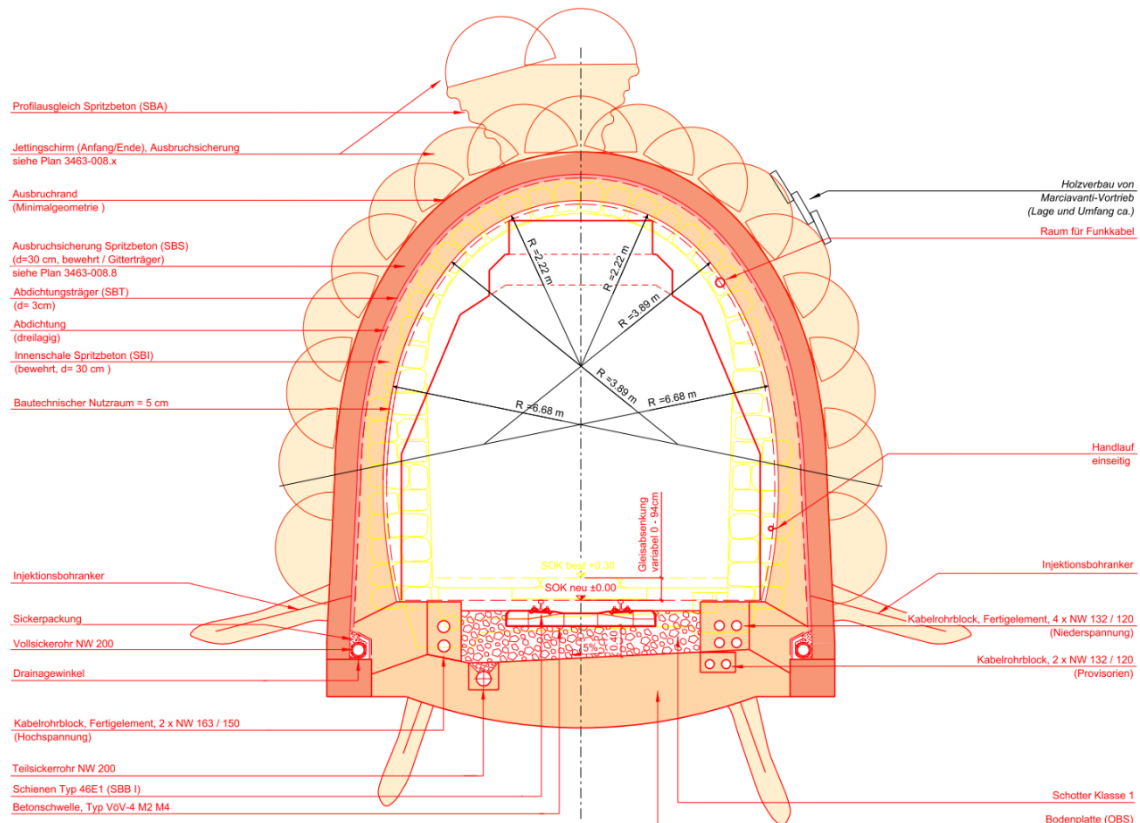


Abb. 8: Normalprofil (Hauptvortrieb mit Jettingschirm; Darstellung bei Gleisabsenkung 30 cm)

Zum Vergleich:

Lichter Querschnitt (H / B / Fläche über SOK)	Ausbruchquerschnitt	
Bestand: 4.5 – 5.1 m / 4 m / 18.5 m <sup>2</sup>	Etappenanfang:	45 m <sup>2</sup>
Projekt: 5.35 m / 4.9 m / 24.0 m <sup>2</sup>	Etappenende:	68 m <sup>2</sup>

**Unterquerung**  
**«Haus am Wald»**  
**km 25'489 – 25'504**  
**L = 15 m**

Das Normalprofil unter dem «Haus am Wald» unterscheidet sich von jenem im Hauptvortrieb nur in der Ausbruchsicherung, während der Innenausbau identisch ausgebildet ist.

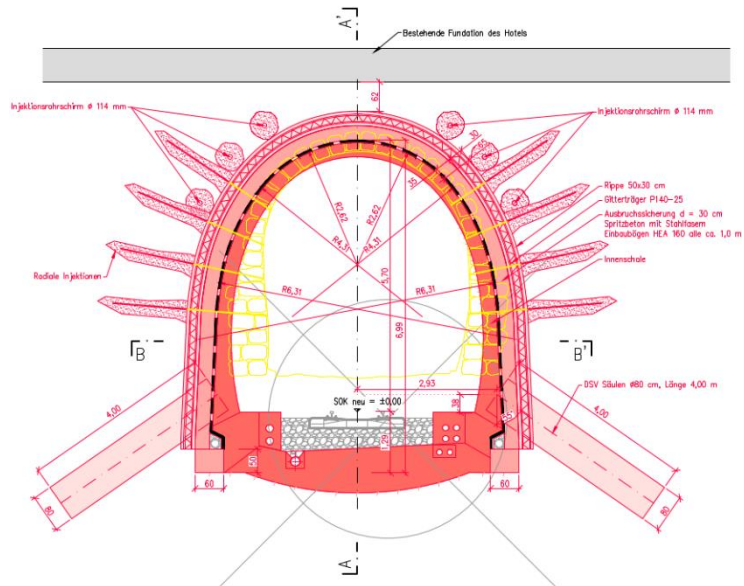


Abb. 9: Normalprofil im Bereich der Unterquerung «Haus am Wald»



## Jettingschirm

Der Jettingschirm wird gebildet aus 17 Halbsäulen, d.h. der Bodenersatz mit dem Düsenstrahl erfolgt nur auf 180° statt auf 360°. Damit wird vermieden, dass bei der Herstellung der Jetting-Säulen zu hohe Drücke auf die bestehende Tunnelauskleidung und die Hinterfüllung wirken.

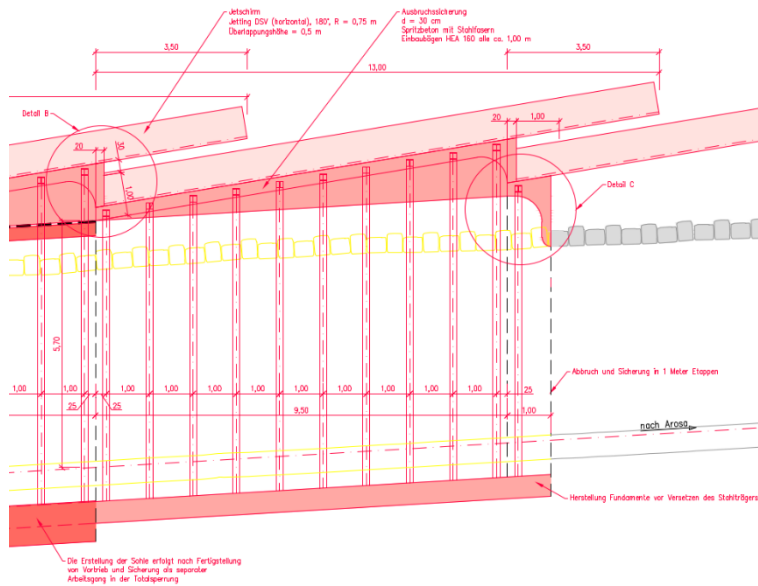


Abb. 11: Jettingschirm (Etappe im Längsschnitt)

### Geometrie

– Säulen-Durchmesser	150 cm
– Achsabstand	80 – 120 cm
– Überlappung	50 cm
– Anordnung der Jet-Säulen	mit 6° zur Tunnelachse
– Bohrlänge	ca. 13 m
– Überlappung	ca. 3.50 m
– Etappenlänge	ca. 9.50 m

### Sicherung

- Spalten zwischen den Jet-Säulen werden bei Bedarf mit PUR-Injektionen verfüllt
- Abstützung mit HEB-Stahlprofilen auf Einzelfundamenten
- stahlfaserbewehrte Spritzbetonschale, mit D = 30 cm

Der Jetting-Vortrieb erfolgt steigend und parallel an zwei Arbeitsstellen. Der Vortrieb der ersten Arbeitsstelle startet beim bergmännischen Portal Seite Chur. Dazu wird das bestehende Portal abgebrochen und eine Startgrube, gesichert mit Nagelwänden (vgl. auch 2.10), erstellt. Für die zweite Arbeitsstelle wird ca. in Tunnelmitte eine Startnische erstellt.

Im unteren Bereich der Paramente wird der Baugrund mit Injektionen verfestigt. Der Ausbruch erfolgt in kleinen Etappen, die sofort mit stahlfaserbewehrtem Spritzbeton gesichert werden.

Zur Aufnahme der Horizontalkräfte im Bauzustand dienen seitliche Anker und/oder Verspriessungen im Bereich der heutigen Tunnelsohle.

Der Profilausgleich des «Sägezahns» erfolgt durch die Applikation von Spritzbeton.

### 2.7.2 Abdichtung

#### 4-lagige Abdichtung

Die mehrlagige Abdichtung besteht aus Drainagematte, Abdichtungsfolie und Schutzbahn:

- Drainagematte: Sikaplan W Tundrain Typ A oder gleichwertig (mit Sikaplan WP Discs auf Untergrund befestigt)
- Abdichtungsfolie: Sikaplan WP 2110-21HL, PVC, d = 2 mm oder gleichwertig
- Schutzbahn: Sikaplan WP protection sheet – 31H, PVC, d = 3 mm oder gleichwertig

#### Untergrund

Als Untergrund für die Abdichtung dient ein feinkörniger Spritzbeton, der als Trägermaterial auf die Ausbruchsicherung aufgetragen wird (vgl. auch Projektbasis, Dossierbeilage 04).

#### Spritzbetonauftrag

Zur Vereinfachung des Spritzbetons der Innenschale auf der Abdichtung wird ein konstruktives Bewehrungsnetz mit einem feinen Gitter (Maschenweite 5 mm) verlegt.

#### Durchdringungen

Ein spezielles Augenmerk wird auf die Durchdringungen gelegt, die für die Fahrleitungstragwerke nötig sind (Montage mit SikaAnchor, Sikaplan WP Trumpet Flange oder gleichwertig).

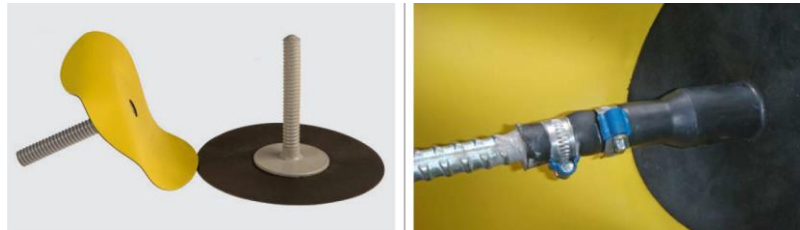


Abb. 12: Produktbeispiele: Links SikaAnchor (für Netzbefestigung); rechts Trumpet Flange für durchdringende Ankerstangen.

### 2.7.3 Innenschale

#### Innengewölbe

Die 30 cm dicke Innenschale wird mit stahlfaserarmiertem Spritzbeton ausgeführt.

### 2.7.4 Entwässerung

#### Gewölbeentwässerung

Wasser aus dem Baugrund wird über die Drainagematte (hinterste Lage der Abdichtung) zu den Widerlagern und dort in die beidseits verlaufenden Gewölbedrainagen abgeleitet.

Die Sickerpackungen werden mit Kunststoffwinkeln gehalten. Sie können bei Bedarf mit Depotsteinen zur Härtestabilisation des Wassers bestückt werden.

Die Gewölbedrainagen werden im Tunnel ohne Schacht ausgeführt. Am Portal Seite Chur wird das Wasser in die Hauptdrainage abgeleitet.

**Fahrbahntwässerung** Die Betonsohle weist neben dem recht grossen Längs- auch ein Quer-  
gefälle von 5 % auf.

Die Fahrbahntwässerung (Teilsickerrohr DN 200 mm) liegt links in der Sohlplatte und weist in Tunnelmitte, ca. km 25'360, einen Kontrollschacht auf. Am Portal Seite Chur wird die Leitung an die bestehende Trasseentwässerung angeschlossen.

#### **2.7.5 Sohlgewölbe**

Aus statischen Gründen wird ein Sohlgewölbe in Ortbetonbauweise nötig. Seine statisch wirksame Dicke beträgt 30 cm.

#### **2.7.6 Bankette**

Die Bankette sind auf SOK + 12 cm angeordnet. Damit liegen die Schwellen nach der maximalen Gleisregulierung von 12 cm auf gleicher Höhe wie der Fluchtweg.

Das rechte Bankett wird mit Handlauf und integrierter Beleuchtung ausgerüstet (vgl. auch 2.13.4).

#### **2.7.7 Oberbau**

Der Oberbau ist wie folgt definiert

– Schotter	Klasse 1
– Schotterstärke UK Schwelle	40 cm
– Schotterbettbreite	3.20 m
– Schwelle	Betonschwelle Typ VöV-4 M2, M4
– Schiene	Typ 46E1
– Gleishebungsreserve	12 cm

Die Instandsetzung des Arosertunnels entspricht technisch einem Neubau. Gemäss Norm wird deshalb bei Betonschwellen auf festem Untergrund eine Übergangsschicht von 10 cm eingebaut, was zusammen mit der Regeldicke von 30 cm die massgebende Schotterstärke von 40 cm ergibt.

Wo aus Gründen des Schutzes gegen Körperschall eine Unterschottermatte eingebaut wird, wird die Schotterstärke um die Dicke der Unterschottermatte reduziert. Weitere Details dazu siehe 5.5.

#### **2.7.8 Bahntechnische Ausrüstung**

Siehe 2.13.

### **2.8 UNTERQUERUNG «HAUS AM WALD»**

#### **2.8.1 Abbruch, Ausbruch und Sicherungsmassnahmen**

Das Hotel «Haus am Wald» wurde lokal praktisch direkt auf dem Gewölbe des Arosertunnels fundiert. Die Arbeiten am Tunnel bedingen daher umfangreiche Sicherungsmassnahmen des Gebäudes.



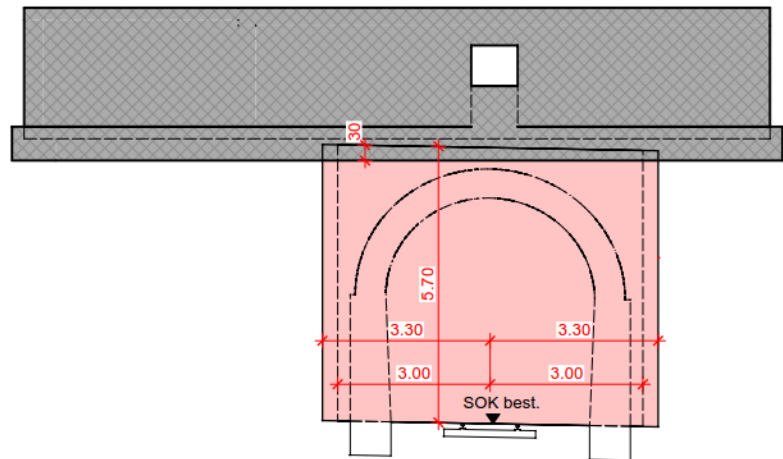


Abb. 13: Nordfassade «Haus am Wald». Die Fassade ist praktisch direkt auf dem Mauerwerksgewölbe des Tunnels fundiert. Rot eingetragen: Vertraglich vereinbarter Interessenraum der RhB.

Ein Jettingschirm kann aufgrund der Platzverhältnisse nicht ausgeführt werden. Deshalb erfolgt die Unterfangung mit etappenweise eingebauten Stützrippen (Darstellung siehe Dossierbeilage 12.1).

#### Ablauf:

- Vorab werden um das Tunnelprofil radiale Injektionen zur Verfestigung des anstehenden Materials ausgeführt (teilweise Hinterfüllung, teilweise Untergrund). Damit wird das Nachbrechen des Untergrunds in den später auszuführenden Schlitten verhindert.
- Weiter werden von der bestehenden Tunnelsohle aus schräg angeordnet Jettingsäulen dort ausgeführt, wo später die Stützrippen erstellt werden. Die Jettingsäulen dienen dann als deren Fundation und reichen mit einer Länge von ca. 4 m bis unter die Aushubkote, wo sie die Lasten in den Untergrund abgeben.
- Anschliessend werden schmale Schlitz im Tunnelgewölbe respektive im Untergrund erstellt, in welche später die Gitterträger der Stützrippen eingebaut werden. Jeder Schlitz wird etappiert ausgeführt. Er wird wo möglich gesägt, und seine tiefreichenden Flanken sind je nach Untergrundverhältnissen mit Spritzbeton oder einem flächigen Holz-/Stahlverbau zu sichern.
- Pro Schlitz werden jeweils zwei Gitterträger versetzt und vollständig eingespritzt. Die so entstehenden Stützrippen fangen einerseits die Fundamentriegel des Gebäudes ab und stützen andererseits den Untergrund in den Zwischenbereichen.
- Nach Fertigstellung der Stützrippen wird das zwischenliegende Tunnelgewölbe sorgfältig und in Etappen ausgebaut, der Querschnitt ausgeweitet und eine äussere Spritzbetonschale als Sicherung eingebaut – analog zum Hauptvortrieb.

Tunnelabdichtung und Innenschale werden analog dem Hauptvortrieb ausgebildet und ausgeführt.

Betreffend spezieller Risiken siehe 4.3.

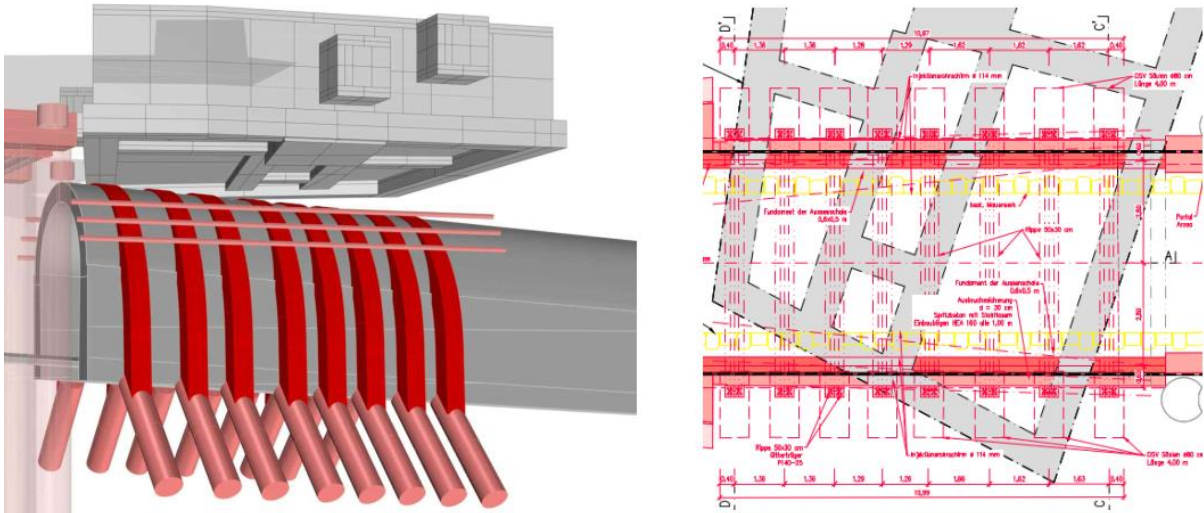


Abb. 14: Sicherungsmassnahmen im Bereich der Unterquerung «Haus am Wald» (Ansicht und Draufsicht)

## 2.8.2 Rohbau / Innenausbau

Der Innenausbau entspricht in Geometrie und Materialien derjenigen des Hauptvortriebs gemäss 2.7.2 bis 2.7.8.

## 2.9 UNTERQUERUNG SEEBLICKSTRASSE

### 2.9.1 Abbruch, Ausbruch und Sicherungsmassnahmen

Der Tunnelabschnitt im Bereich der Seeblickstrasse wird im Tagbau erneuert:

- Als Baugrubensicherung dienen beidseits des Tunnels angeordnete, überschchnittene Bohrpfehlwände. Sie erfüllen keine statische Funktion im Endzustand.
- Sie werden im Bauzustand abgespriesst, und der bestehende Tunnel kann in ihrem Schutz abgebrochen werden.

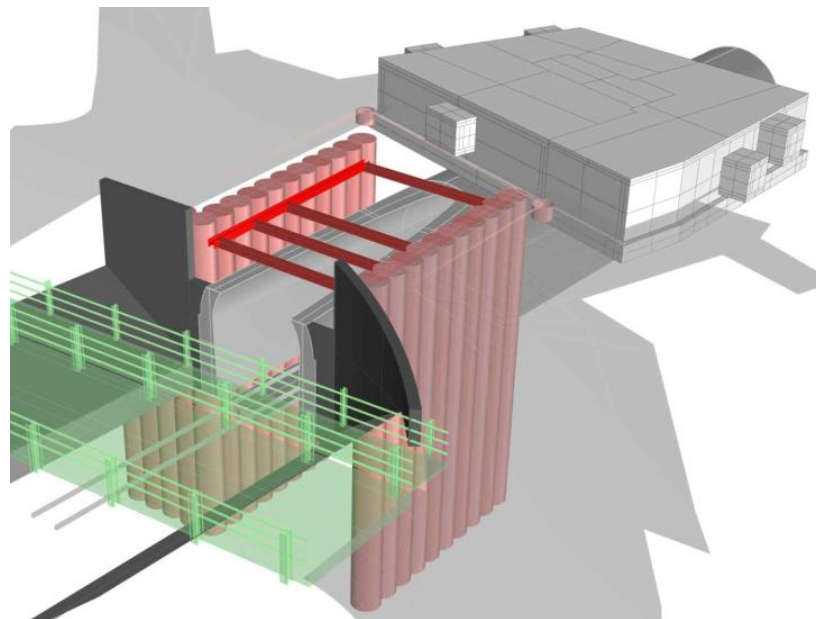


Abb. 15: Bohrpfehlwand im Bereich Seeblickstrasse

Bohrpfehlwände:

- Pfahldurchmesser 1.20 m
- Pfahllänge ca. 15 m
- Achsabstand / Überschnitt 1.00 m / 0.20 m

#### **2.9.2 Abdichtung**

Die Abdichtung liegt zwischen Bohrpfahlwand und Innenausbau und wird im gleichen 3-lagigen System ausgeführt wie der Rest des Tunnels (siehe 2.7.2). Vor der Montage der Drainagematte (1. Lage) wird die Oberfläche der Bohrpfähle mit feinkörnigem Spritzbeton ausgeglichen.

#### **2.9.3 Innenschale / Tunneltragwerk**

Die Innenschale wird als Rechteckquerschnitt in Ortbetonbauweise erstellt. Sie übernimmt im Endzustand die tragende Funktion.

#### **2.9.4 Entwässerung**

Wasser, das von oben auf die Tunneldecke gelangt, fliesst auf dieser in Tunnellängsrichtung ab. Die Tunneldecke weist kein seitliches Gefälle auf. Beim Übergang auf das Querprofil unter dem «Haus am Wald» gelangt das Wasser in die seitliche Gewölbedrainage.

Wasser, das seitlich durch die Pfahlwände dringt, wird hinter der Abdichtung nach unten und dort in Drainageleitungen abgeführt.

#### **2.9.5 Sohlplatte**

Anstelle des Sohlgewölbes wird im Abschnitt unter der Seeblickstrasse eine Ortbeton-Spriessplatte eingebaut.

#### **2.9.6 Bankette, Oberbau und bahntechnische Ausrüstung**

Diese Elemente werden analog zum Hauptvortrieb ausgebildet (siehe 2.7.6 bis 2.7.8).

#### **2.9.7 Provisorien**

Damit die Arbeiten im Bereich der Seeblickstrasse ausgeführt werden können, muss letztere vollständig gesperrt werden. Um die Zufahrt zum hinteren Teil der Seeblickstrasse dennoch zu gewährleisten (u.a. Hotels, Bergbahnen), wird unmittelbar vor dem Portal Seite Arosa eine Hilfsbrücke eingebaut:

- Fahrbahn, B = 5.0 m
- Gehweg, B = 2.0 m
- Trassen für Werkleitungsprovisorien



**Portal Seite Chur**

Technical drawing of a building facade showing a central arched window and two side windows. The drawing includes detailed dimensions for the facade elements, such as window heights, widths, and distances between them. It also shows the profile of the roof and the location of the facade elements relative to the ground level. The drawing is labeled "Fassade" and "Dach".

Das Portalbauwerk wird in Ortbetonbauweise erstellt, wobei die Portalwand und die Innenseite des Tunnelgewölbes mit einer Vormauerung aus Naturstein verkleidet werden. Diese Bauweise entspricht dem mittlerweile etablierten Vorgehen bei den Tunnels auf der UNESCO-geschützten Albulastrecke.



Abb. 18: Typische Verhältnisse beim Neubau eines NBW-Portals auf der UNESCO-Strecke Albulalinie

#### **Portal Seite Arosa**

Im Portalbereich Seite Arosa wird aufgrund der Unterquerung der Seeblickstrasse das Normalprofil komplett verändert: Im Schutz der seitlichen Bohrpfahlwände wird neu ein rechteckiges Kastenprofil erstellt.

Die Portalwand wird analog zum Portal Seite Chur mit gleicher Geometrie und als Stahlbetonwand mit Naturstein-Verkleidung erstellt. Auf die Ausbildung eines Gewölbes inklusiv Verkleidung mit Naturstein im Bereich unter der Seeblickstrasse wird verzichtet (siehe auch Kapitel 5.13.2).

### **2.11 AUSRÜSTUNG**

#### **Schutznischen für das Personal**

Es werden keine Schutznischen für das Personal erstellt.

#### **Randweg**

Der Randweg befindet sich beidseits auf Höhe Schwelle und weist eine Breite von 83 cm auf. Er deckt die Funktionen des Schlupfweges, Dienstweges und Fluchtweges ab.

Die Oberfläche ist durch die Kabelrohrblöcke als Fertigelement und die seitliche Ergänzung in Ortbeton eben und weist keine Stolperfallen auf.

#### **Fluchtweg**

Der Fluchtweg ist beidseits auf den Banketten über die gesamte Tunnellänge angeordnet. Es weist eine Breite von 70 cm und eine Höhe von 2.20 m auf.

#### **Handlauf**

Der beleuchtete Handlauf wird einseitig rechts der Bahn auf einer Höhe von 1.10 m über der Gehfläche geführt.

#### **Fluchtwegmarkierung**

Es werden nachleuchtende und reflektierende Fluchtwegschilder montiert.

#### **Kommunikation**

Die heutige Funkanlage, bestehend aus einem strahlenden Kabel für den Streckenfunk und einer Aussenantenne für den Rangierfunk wird wieder installiert.

## 2.12 VOREINSCHNITT AROSA

Die erforderliche Gleisabsenkung unter dem «Haus am Wald» bedingt Höhenanpassungen am Gleis im Voreinschnitt. Der bestehende Perron beim Bahnhof Arosa wird nicht angepasst.

## Oberbau / Unterbau

Der Unter- und Oberbau muss für die Absenkung erneuert werden:

- Fundationsschicht Kiesgemisch, 25 cm
  - Mineralische Sperrschicht 0/16, 5 cm
  - Gefälle nach IdB
  - Entwässerung Typ 4a: Ableitung, Teilsickerrohr
  - Schotter Klasse 1
- Schotterbettstärke Betonschwellen 33.5 cm
- Schotterbettstärke unter der Weiche 41.2 cm
- Betonschwelle VöV M2 M4
- Schienen 46E1

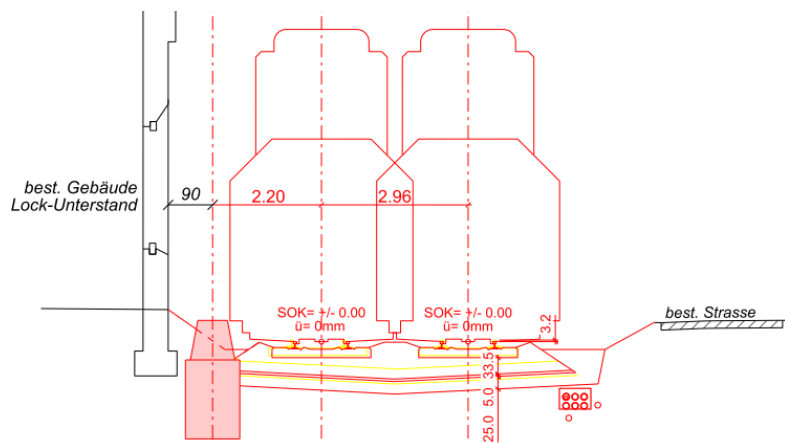


Abb. 19: Querprofil im Bereich der neuen Weiche

## Entwässerung

Das anfallende Meteorwasser aus dem Voreinschnitt Arosa wird durch den Tunnel abgeleitet.

## Sicherungsanlagen

Das Zwergsignal 31A wird 15 m in den Tunnel hinein verschoben und wird unter dem «Haus am Wald» zu stehen kommen. Es wird an der Tunnelwand in einer Höhe von 2.60 m installiert. So können die Sichtweiten eingehalten werden und es bestehen keine Eintragungen in das Lichtraumprofil.

## Kabelanlagen

Die Schächte, Leitungen und Querungen der Kabelanlagen werden zwischen dem Tunnelportal und km 25.535 abgebrochen und an gleicher Lage in angepasster Höhe neu erstellt.

Die vorhandenen Kabel werden während der Totalsperre 2021, wenn der Voreinschnitt umgebaut wird, geschützt und entlang der Stützmauer rechts der Fahrbahn geführt.

## Fahrleitungsmasten

Mast Nr. 106 wird infolge der Gleisabsenkung von 40 cm abgebrochen und an gleicher Lage neu erstellt.

Mast Nr. 107 und der Signalmasten bei km 25.535 können bestehen bleiben, da die Höhenanpassungen weniger als 20 cm betragen.



## **2.13 BAHNTECHNIK**

In den nachfolgenden Abschnitten wird die Bahntechnik im Endzustand beschrieben. Für Provisorien siehe 4.4.

### **2.13.1 Gleisanlage**

#### **Gleisgeometrie**

Infolge Gleisabsenkung unter dem «Haus am Wald» ändert sich das Längenprofil zwischen Bahnhof Arosa und ca. Mitte Tunnel (vgl. 2.5).

#### **Weiche im Voreinschnitt Arosa**

Damit die Weiche im Voreinschnitt nicht in der Vertikalausrundung zu liegen kommt, muss sie durch eine W 350-G ersetzt und rund 5 m in Richtung Portal verschoben werden.

#### **Oberbau**

Vgl. 2.7.7

Schienen und Schwellen werden vollständig ersetzt. Der Schotter im Voreinschnitt Arosa wurde mit dem Bahnhofumbau 2014 neu eingebaut. Er wird deshalb ausgebaut, im Bahnhof Arosa zwischengelagert und bei Projektende wieder eingebaut. Der Schotter im Tunnel hingegen wird vollständig rückgebaut und ersetzt.

### **2.13.2 Fahrleitung, Rückleitung, Erdung**

Die Fahrleitung wird wie bestehend wieder als Kettentragwerk ausgeführt. Die Fahrdrathöhe ist bei 4.47 m festgelegt, die maximale Spannweite des Kettenwerkes zwischen den Fahrleitungstragwerken beträgt 25 m.

Die Rückleitung wird durch die längs verbundenen Fahrschienen sowie durch Rückleiterseile gewährleistet. Bei beiden Tunnelportalen sind die Rückleiterseile untereinander und mit den Fahrschienen zu verbinden. Im ganzen Tunnel sollen beide Fahrschienen für die Rückleitung zur Verfügung stehen.

Fahrleitungstragwerke, Handläufe etc. können auf dem Stammnetz ohne besondere Isolation an den Fertigteil-Elementen befestigt werden. Über dem Portal Seite Arosa wird ein Berührungsschutz in Form eines Geländers angebracht.

### **2.13.3 Kabelanlage**

#### **Kabelrohrblöcke**

Beidseits der Bahn werden Kabelrohrblöcke in Fertigteilen erstellt:

- Links der Bahn:  
KRB mit 2 Rohren 162/150mm für Hochspannung  
(bleiben vorderhand unbelegt)
- Rechts der Bahn:  
KRB mit 4 Rohren 132/120mm für Niederspannung

#### **Kabelschächte**

Alle 50 m werden im Niederspannungstrasse Kabelschächte erstellt (Fertigteilelemente mit Deckel).

#### **Kabelquerungen**

Kabelquerungen werden auf Seite Chur im Bereich der Tagbaustrecke und auf Seite Arosa im Voreinschnitt, an gleicher Stelle wie bisher, erstellt.



#### **2.13.4 Niederspannung, Telecom, Sicherheitsausrüstung**

##### **Stromversorgung Handläufe und Sammelplatzbeleuchtung**

Die Stromversorgung für die beleuchteten Handläufe erfolgt im Grundsatz nach dem SBB Regelwerk I-20036 (Selbstrettungsmassnahmen in Tunnel vom 01.05.2015) ab dem Ortsnetz (EVU) im Aufnahmegebäude Arosa ab dem NT Raum im UG. Sofern keine weiteren Versorgungen notwendig sind, können diese direkt versorgt werden. Ansonsten wird ein Aussenkasten am Portal Seite Chur vorgesehen, welcher über eine 990V-Verbindung ab dem Aufnahmegebäude Arosa versorgt wird.

Die Sammelplatzbeleuchtung am Portal Seite Chur muss komplett neu erstellt werden. Für die Sammelplatzbeleuchtung am Portal Seite Arosa, wird die bestehende Gleisbeleuchtung des Bahnhofs Arosa ergänzt und in das Alarmierungskonzept des Arosertunnels integriert. Die Steuerung im Bahnhof Arosa muss entsprechend angepasst werden. (siehe Beilage 24)

##### **Fluchtwegbeschilderung und Notbeleuchtung**

Die Fluchtwegbeschilderung (600 x 300 mm) wird als nachleuchtende, reflektierende Beschriftung mit Hintergrund auf der Höhe  $H = 60$  cm ab Oberkannte Fluchtweg montiert. Die normierte Beschilderung erfüllt die Anforderungen der SBB-RL I-20036. Die LED Beleuchtung der Fluchtwegbeschilderung befindet sich ebenfalls im Handlauf und wird separat verkabelt. Diese Beleuchtung wird nur in der Nacht während der Zugspazierpausen ausgeschaltet. Somit ist die Funktion des Nachleuchtens der Schilder sichergestellt.

##### **Nottaster und Alarmauslösung**

Die Alarmierungseinheiten (Nottaster und Alarmauslösung) werden gemäss SBB Regelwerk I-20036 alle 100 m auf der rechten Seite über dem Handlauf installiert. Bei einer Tunnellänge von knapp 300 m ergeben sich somit die Positionen der Alarmierungseinheiten bei 50, 150 und 250 m ab Portal. Die Alarmierung und Alarmquittierung erfolgt via RhB Leittechnik. Die Einschaltung der Fluchtwegbeleuchtung erfolgt im Ruhestromprinzip bei einer Auslösung ab Nottaster automatisch, kann aber auch von Fern ab der Leitstelle erfolgen. Eine Rückstellung ist nur ab der Leittechnik möglich.

##### **Strecken- und Rangierfunk**

Die bestehende Funkanlage (Strecken- und Rangierfunk) bleibt bestehen. Sie besteht aus einem strahlenden Kabel im Tunnel und einer zusätzlichen Aussenantenne für den Rangierfunk. Massnahmen während der Sanierungsphase siehe 4.3 Bauprovisorien Bahntechnik. Beim Abschluss der Arbeiten werden die Funkinstallationen im Tunnel komplett erneuert.

#### **2.13.5 Sicherungsanlagen**

Die Erweiterung des Arosertunnels tangiert die Sicherungsanlage nur geringfügig. Die Weiche 1 wird ersetzt und der Zwerg 31A ca. 15 m in den Arosertunnel versetzt. Dadurch wird die Sichtbarkeit des Zwerges verbessert. Alle Aussenanlageelemente (Gleisfreimelder, Weiche, Zwergsignal) werden 1:1 übernommen. An der Stellwerklogik und der Funktion des Domino67 werden keine Anpassungen vorgenommen.

### **3 NUTZUNGSVEREINBARUNG, PROJEKTBASIS, STATISCHE BERECHNUNGEN**

#### **3.1 NUTZUNGSVEREINBARUNG**

Die Nutzungsvereinbarung für das Projekt Arosertunnel orientiert sich an den Konzepten der Normalbauweise BA.

Siehe Dossierbeilage 03.

#### **3.2 PROJEKTBASIS**

Siehe Dossierbeilage 04.

#### **3.3 STATISCHE BERECHNUNGEN**

Siehe Dossierbeilage 20.

### **4 REALISIERUNG UND BAUABLÄUFE**

#### **4.1 BETRIEBLICHE RANDBEDINGUNGEN**

##### **Verlängerte Nachtintervalle**

Verlängerte Nachtintervalle gelten während folgenden Zeiträumen jeweils in den Nächten SO/MO bis DO/FR von 21.20 – 05.50 Uhr:

- SO 14.04.2020 bis FR 28.08.2020 (Vorbereitungsarbeiten)
- SO 19.04.2022 bis FR 25.11.2022 (Innenausbau, Bahntechnik)

##### **Totalsperren**

Es gelten folgende Termine:

- MO 31.08.2020 bis SO 29.11.2020
- MO 12.04.2021 bis SO 28.11.2021

In der Totalsperre erfolgt die Bauausführung im Zweischicht-Durchlaufbetrieb, voraussichtlich von 06.00 – 22.00 Uhr. An den Wochenenden ist kein Baubetrieb vorgesehen.

##### **Bahnbetrieb ohne Einschränkung**

In den Wintermonaten erfolgt der Bahnbetrieb ohne Einschränkungen.

#### **4.1.1 Bahnersatz**

Während der Totalsperren wird ein Ersatzbetrieb eingerichtet:

- Kein fahrplanmässiger Verkehr zwischen Litzirüti und Arosa
- Leistungsfähiger Bahnersatz für den Personenverkehr mit Bussen zwischen Litzirüti und Arosa
- Versorgung des Betonwerks «Isel» (Arosa) per Bahn (elektrisch)
- Bahnersatz auf der Strasse für den übrigen Güterverkehr ab Chur

Für den Bahnersatz sind in Litzirüti umfangreiche Massnahmen notwendig. Siehe dazu Dossierbeilagen 25.1 bis 25.5.

#### **4.2 BAUABLAUF**

##### **4.2.1 Bauphasen**

Einen Überblick über die Bauphasen gibt das Bauprogramm in Dossierbeilage 17.1 sowie der Bauphasenplan des Hauptvortriebs in Dossierbeilage 17.2.

Die folgende Tabelle zeigt zudem eine grobe Zuordnung von Bauphasen und Hauptarbeiten:

Betriebsphase	Hauptvortrieb Tunnel	Weitere Arbeiten
Nachtintervalle 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Injektionen im Widerlagerbereich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ HaW: Injektionen</li> <li>▪ SBS: Hilfsbrücke</li> <li>▪ POC: Baugrube</li> </ul>
Totalsperre 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fachdienstprovisorien</li> <li>▪ Ausweitung mit Jettingschirm, Ausbruchssicherung</li> <li>▪ Fahrbahrmachung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ HaW: Stützrippen</li> <li>▪ SBS: Bohrpfehlwände</li> <li>▪ SBS: Tunnelabbruch, Tunneldecke</li> </ul>
Winterbetrieb 2020/21	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Keine Bauarbeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Keine Bauarbeiten</li> </ul>
Totalsperre 2021	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vollständige Demontage Bahntechnik (FL, FB, KAB)</li> <li>▪ Ausweitung mit Jettingschirm</li> <li>▪ Absenkung Sohle</li> <li>▪ Sohlgewölbe</li> <li>▪ Fahrbahrmachung und Provisorien Bahntechnik (FB, FL; KAB; SA, NT)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ HaW: Fertigstellung Stützrippen</li> <li>▪ HaW: Ausbruch Gewölbe und Sohle</li> <li>▪ HaW: Abdichtung, Verkleidung</li> <li>▪ SBS: Innenausbau</li> <li>▪ POA: Portalwand</li> <li>▪ POC: Tagbau, Portalwand</li> <li>▪ Umbau Voreinschnitt Arosa</li> </ul>
Winterbetrieb 2021/22	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Keine Bauarbeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Keine Bauarbeiten</li> </ul>
Nachtintervalle 2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Profilausgleich («Sägezahn»)</li> <li>▪ Abdichtung, Gewölbeentwässerung</li> <li>▪ Bankette</li> <li>▪ Innenschale</li> <li>▪ Definitive Bahntechnikanlagen (FB, FL, KAB, SA, NT)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ POC: Geländemodellierung</li> </ul>

**HaW:** Unterquerung Haus am Wald / **POA:** Portal Seite Arosa / **POC:** Portal Seite Chur / **SBS:** Unterquerung Seeblickstrasse

Tab. 1: Übersicht Bauphasen

#### 4.2.2 Vorbereitungsarbeiten

Die Vorbereitungsarbeiten umfassen:

- Arbeiten ab Bauzug im Tunnel zur Vorbereitung des Hauptvortriebs
- Arbeiten über Tag zur Vorbereitung der Hauptarbeiten

##### Arbeiten ab Bauzug

Die Arbeiten ab Bauzug starten im April 2020 (sobald es die Witterung zulässt) und dauern bis Ende August 2020.

Es werden insbesondere folgende Arbeiten ausgeführt:

- Installationsplatz Bahnhof / Einrichten Bauzug
- Injektionen im Bereich des heutigen Gewölbewiderlagers
- Injektionen im Bereich der Fundation des «Hauses am Wald»
- Erstellen der Fundamente für die Hilfsbrücke im Portalbereich Seite Arosa

##### Arbeiten über Tag

Die Arbeiten über Tag beginnen Anfang Juli 2020 und dauern bis Ende August 2020.

Es werden insbesondere folgende Arbeiten ausgeführt:

- Portalbereich Seite Chur
  - Hauptinstallationen, Installationen für Hauptvortrieb
  - Zufahrt und Baupiste
  - Wasserbehandlungsanlage
  - Vortunnel für Lüftung, Entstaubung und Lärmschutz
  - Zwischenlagerflächen
  - Baugrube Portal Seite Chur mit Nagelwänden

- Portalbereich Seite Arosa
  - Installationen für Bohrpfahlarbeiten
  - Ersatzparkplätze
  - Montage Hilfsbrücke als provisorischer Zugang zur Seeblickstrasse
- «In da Brünscht»
  - Einrichtung Zwischendeponie
  - Zufahrt und Eingleisstelle
  - Installationen zur Behandlung des Jetting-Schlamms

#### 4.2.3 Hauptvortrieb und Innenausbau

Der Hauptvortrieb mit Jettingschirm erfolgt in 2 Bausaisons:

Bausaison	Dauer	Hauptarbeit
Totalsperre 2020	Ca. 3 Monate	▪ Ausweitung und Sicherung Gewölbe (1 Arbeitsstelle)
Totalsperre 2021	Ca. 7.5 Monate	▪ Ausweitung und Sicherung Gewölbe (2 Arbeitsstellen) ▪ Sohlenausbruch und Sohlengewölbe

Tab. 2: Hauptvortrieb in 3 Bausaisons

Der Innenausbau folgt anschliessend in 1 Bausaison:

Bausaison	Dauer	Hauptarbeit
Nachtintervalle 2022	Ca. 5.5 Monate	▪ Profilausgleich («Sägezahn») ▪ Bankette ▪ Innenschale

Tab. 3: Innenausbau in 1 Bausaison

#### Ausweitung Gewölbe (Totalsperren 2020 und 2021)

Haupttätigkeiten:

- Vortrieb mit Jettingschirm
- Ausbruch Gewölbe und Sohle in Etappen
- Ausbruchsicherung mit Stahlbögen
- Einbau einer provisorischen Regenschirm-Abdichtung
- Einbau einer provisorischen Deckenstromschienen-Fahrleitung

Spezielle Hinweise:

- 2020 verbleibt das bestehende Gleis im Tunnel, der Arbeitshorizont liegt deshalb auf SOK IST; links und rechts ist ein tiefer Aushub nötig, um die Stützbögen zu fundieren. Es werden beidseits Schotterhalterungen nötig.
- 2021 wird das Gleis zu Beginn der Totalsperre ausgebaut und die Sohle kann gleichzeitig mit dem seitlichen Aushub abgesenkt werden. Der Arbeitshorizont kann vom Unternehmer gewählt werden.
- Die äussere Schale folgt den konisch verlaufenden Jettingschirmen und bildet einen «Sägezahn».
- Es sind mindestens 2 Arbeitsstellen gleichzeitig nötig, um die geforderte Leistung zu erreichen. Die Startkaverne für die 2. Vortriebsstelle liegt ca. in Tunnelmitte.
- Zum Ende der Totalsperren hin sind die ausgeweiteten Bereiche im Scheitelpunkt provisorisch abzudichten (Eisbildung während der Betriebsphase im Winter vermeiden).

- Zum Ende der Totalsperre 2021 wird die provisorische Deckenstromschiene auf der ganzen Tunnellänge eingebaut. Die Aufhängungspunkte bestehen aus Anker und einer Durchdringung, an die später die Tunnelabdichtung angeschlossen wird.

**Sohlenabsenkung**  
(Totalsperre 2021)

Haupttätigkeiten:

- Einzelfundamente für Stahlbögen (für Vortrieb Jettingschirm)
- Neues Sohlgewölbe in Ortbeton
- Längsentwässerung
- Einbau provisorisches Gleis

Spezielle Hinweise:

- Zum Ende der Totalsperre 2021 werden die bestehenden Gleisroste als provisorische Fahrbahn in einem Schottertrogl mit 15 cm Schotterbettstärke eingebaut.

**Abdichtung und Innenausbau**  
(Nachtintervalle 2022)

Haupttätigkeiten:

- Profilausgleich des «Sägezahns» mit Spritzbeton
- Aufbringen eines feinkörnigen Spritzbetons als Träger für die Abdichtung
- Montage der Drainage- und Abdichtungsbahnen:
  - Drainagematte / äussere Schutzlage
  - Abdichtungsmembran
  - Innere Schutzmatte
  - «Hühnergitter» zur Vereinfachung des Spritzbetonauftrags
- Verlegen der Gewölbedrainage und Erstellung Sickerpackung mit Montagewinkel
- Verschweissen von Tunnelabdichtung und Montagewinkel
- Einbau der Kabelrohrblöcke (Fertigteile-Elemente)
- Erstellen der übrigen Bankette in Ortbeton
- Erstellung der Innenschale in faserarmiertem Spritzbeton

Spezielle Hinweise:

- Die Deckenstromschiene kann bei Bedarf im Arbeitsbereich für die Dauer der Nachtbetriebssperre demontiert werden.
- Die Verankerungen der Deckenstromschienen werden direkt eingespritzt und verbleiben in der Innenschale.

**Einbau Bahntechnik**

Haupttätigkeiten:

- Etappenweises Anheben des Gleises auf Endhöhe
- Anpassung der Fahrleitung abgestimmt auf definitive Gleislage
- Einzug Kabel
- Einbau Funkanlage und Sicherheitsausrüstung
- Einbau übriger Bahntechnikkomponenten

#### 4.2.4 Unterquerung Seeblickstrasse

Die Erstellung des Kastenprofils zur Unterquerung der Seeblickstrasse wird hauptsächlich in der Totalsperre im September bis November 2020 erfolgen – der Innenausbau und Fertigstellungsarbeiten im Strassenbereich werden 2021 ausgeführt. Vorgängig ist eine provisorische Hilfsbrücke über den Voreinschnitt Arosa zu erstellen, um den Zugang zu

Liegenschaften im hinteren Teil der Seeblickstrasse gewährleisten zu können (Sackgasse).

**Erstellung Kastenprofil**  
(Arbeiten 2020)

Haupttätigkeiten:

- Erstellen von Werkleitungsprovisorien: Führung entlang der Hilfsbrücke über den Voreinschnitt Seite Arosa
- Erstellen von überschnittenen Bohrpfahlwänden längs der Tunnelwände im Bereich zwischen Portalwand und Fassade des «Hauses am Wald»
- Abbruch Strasse mit Koffer und Aushub bis zum bestehenden Gewölbe
- Einbau Baugrubenspriessung
- Abbruch Gewölbe und Sohlensaubau
- Einbau der Bodenplatte
- Herstellen einer (provisorischen) Fahrbahn

Spezielle Hinweise:

- Für die Wintersaison 2020/21, d.h. ab Ende November 2020 muss die Seeblickstrasse zumindest provisorisch befahrbar sein und der Front-Zugang zum «Haus am Wald» zumindest provisorisch wiederhergestellt sein.

**Innenausbau  
und Strassenanpassung**  
(Arbeiten 2021)

Haupttätigkeiten:

- Profilausgleich zwischen den Bohrpfählen (Spritzbeton)
- Aufbringen eines feinkörnigen Spritzbetons als Träger für die Abdichtung
- Montage der Drainage- und Abdichtungsbahnen:
  - Drainagematte / äussere Schutzlage
  - Abdichtungsmembran
  - Innere Schutzmatte
- Montage Gewölbefussdrainage
- Erstellung tragender Querschnitt / Innenschale (Ortbeton)
- Tunnelsohle wie 4.2.3
- Rückverlegung der Werkleitungen in den Strassenbereich
- Erstellung der (definitiven) Fahrbahn

Spezielle Hinweise:

- Die Seeblickstrasse kann für die Arbeiten 2021 erneut gesperrt und der Verkehr auf der provisorischen Hilfsbrücke abgewickelt werden. Letztere wird spätestens Ende August 2021 abgebrochen.
- Auch der Front-Zugang zum «Haus am Wald» kann – insbesondere für die Rückverlegung der Werkleitungen – nochmals entfernt werden.

**4.2.5 Unterquerung «Haus am Wald»**

Im Anschluss an die Vorbereitungsarbeiten gemäss 4.2.2 erfolgen die Arbeiten zur Unterquerung des «Hauses am Wald» in der Zeit vom September bis November 2020 und vom April bis November 2021 in den beiden Totsperrungen.

<b>Ausweitung</b>	<b>Haupttätigkeiten:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– Erstellen von halbseitigen Stützrippen: Schneiden des Mauerwerkgewölbes; Schlitz ausbrechen und Sichern; Einzelfundament erstellen; Bogen einbauen</li><li>– Abbruch des bestehenden Gewölbes und Ausweitung zwischen den Stützrippen in kleinen Etappen</li><li>– Fertigstellung der Aussenschale in Spritzbeton</li></ul>
<b>Abdichtung, Sohle und Innenausbau</b>	Abdichtung, Sohle und Innenausbau werden gleich ausgeführt wie im Hauptvortrieb (siehe 4.2.3).

#### **4.2.6 Portal Seite Chur**

Das Portal Chur wird im Tagbau erstellt. Die Baugrube und der Abbruch des bestehenden Portalbereichs erfolgt 2020. Das neue Portal wird in der 2. Hälfte 2021 gebaut, d.h. nach Abschluss der Spritzbetonarbeiten für die Aussenschale im Tunnel.

**Haupttätigkeiten:**

- Teilweise Demontage Vortunnel
- Aushub Baugrube und Erstellen Baugrubensicherung (Nagelwände) in Etappen bis auf ca. Kämpferhöhe des bestehenden Tunnels
- Abbruch Tunnelgewölbe
- Fertigstellung Baugrube und Baugrubensicherung
- Erstellen Sohlenplatte mit Entwässerung
- Gleichzeitiges Erstellen von Tunnelgewölbe und Portalmauer: Schichtenweises Aufmauern in Naturstein und vergiessen in Beton
- Aufbringen der aussenliegenden Abdichtung inkl. Anschlüsse an Startetappe des Hauptvortriebs
- Etappenweises Hinterfüllen der Baugrube
- Anker und Spritzbeton verbleiben im Boden mit Ausnahme des obersten Meters.

#### **4.2.7 Portal Seite Arosa**

Die Portalwand Arosa wird 2021 zusammen mit den Arbeiten unter der Seeblickstrasse ausgeführt.

**Haupttätigkeiten:**

- Baugrubenabschluss (Bohrpfahlwand) erstellen
- Bestehende Portalwand abbrechen
- Neue Portalwand: Schichtenweises Aufmauern in Naturstein und Vergiessen in Beton

#### **4.2.8 Voreinschnitt Arosa**

Der Umbau im Voreinschnitt Arosa, d.h. die Anpassung und Absenkung der Rampe zwischen dem Tunnelportal und dem Perronbeginn, erfolgt vorwiegend in der Totalsperre 2021. Ende der Totalsperre 2022 wird das Gleis auf die definitive Lage angehoben.

#### **Arbeiten 2021**

**Haupttätigkeiten:**

- Demontage Fahrleitung (inklusive Masten)
- Demontage Fahrbahn (bis UK Schotter) inklusive Weiche



- Ausziehen der Kabel (eventuell Verlegen in Kabelschutzrohr entlang der Stützmauer im Voreinschnitt)
- Abbruch von Fundamenten, Kabelrohrblöcken, Schächten und dgl.
- Neubau von Fundamenten, Kabelrohrblöcken, Schächten und dgl. in abgesenkter Lage
- Sohlenabsenkung und neue Entwässerung
- Foundations- und Sperrschicht
- Einbau Schotter und Gleisrost auf provisorischer Höhe für Winter 2021/22 und Bausaison 2022.
- Einbau Fahrleitung
- Einbau Kabel
- Anpassungen übrige Bahntechnik

- Arbeiten 2022**      Haupttätigkeiten
- Etappenweises Anheben der Gleise auf Endhöhe
  - Anpassung Fahrleitung

#### **4.3      SPEZIELLE RISIKEN**

##### **Unterquerung «Haus am Wald»**

Die Arbeiten zur Abfangung und Sicherung des «Hauses am Wald» weist erhöhte Risiken auf. Nachfolgend werden einige Aspekte dargestellt, welche in der weiteren Projektbearbeitung vertieft und detailliert werden sollen (vgl. auch 2.8.1).

##### **Vorgängige Injektionen und Rohrschirmbohrungen**

Die Unterfangung des Hotels "Haus am Wald" erfolgt mittels Stützrippen aus jeweils 2 Gitterträgern und einer Spritzbetonverfüllung.

Vor deren Herstellung werden radiale Injektionen aus dem bestehenden Mauerwerk heraus und über den gesamten Querschnitt ausgeführt, um den Baugrund zu konsolidieren. Zudem werden Rohrschirmrohre zwischen den Fundamenten des «Hauses am Wald» und dem Firstbereich der Stützrippen vorgetrieben, um den ungestützten Bereich des Bodens in Längsrichtung zu sichern. Die Ausrichtung dieser Rohrschirmbohrungen erfolgt ab Voreinschnitt Arosa horizontal.

##### **Injizierbarkeit**

Direkt hinter dem bestehenden Mauerwerksgewölbe ist – bis zum alten Marciavanti-Verbau – Hinterfüllungsmaterial zu erwarten, das erfahrungsgemäss gut injizierbar ist. Bestimmung der Injizierbarkeit des dahinter anstehenden Untergrundes werden im 2. Halbjahr 2019 Injektionsversuche durchgeführt (vgl. 2.7.1).

Sollte sich herausstellen, dass die Injizierbarkeit insgesamt ungenügend ist, werden die Rohrschirmrohre als reine Längstragelemente entlang des Firstbereichs der Betonrippen (in Richtung des Längsgefälles) in engem Abstand angeordnet.

Bei nicht injizierbaren Bodenverhältnissen kann von einer "günstigen", dichten Lagerung des Korngerüstes – mit Kohäsion – ausgegangen werden, welche bei kleinräumigem Ausbruch eine Gewölbewirkung ermöglicht. Der Ausbruch darf in diesem Zusammenhang nicht bei gleichzeitigem Auftreten von Wasser stattfinden.

<b>DSV-Säulen als Fundamente der Stützrippen</b>	Am Übergang Parament-Sohle des bestehenden Mauerwerks werden Jetting beziehungsweise DSV-Säulen mit einer Länge von ca. 4 m so angeordnet, dass die Lasten aus dem Fundament über die Betonrippen und die DSV-Säulen bis unterhalb der neuen Ausbruchskote in den anstehenden Untergrund abgetragen werden können.
<b>Ausbruch-Schlitze für Stützrippen</b>	Der Ausbruchquerschnitt für die Herstellung der Betonrippen beträgt 50 cm und sollte vorgängig mittels geradem Schnitt (Fräsen) vom verbleibenden Gewölbe getrennt werden. Sollte sich im Zuge der Ausführung zeigen, dass die anliegenden Bereiche im verbleibenden Mauerwerk brüchig und wenig standhaft sind (Schädigung infolge der Ausbrucharbeiten), wird die Unterstützung der Mauerwerksflanken (Stahlkonstruktion mit Injektionsschlauch zur Kontaktübertragung Mauerwerk- Stahlkonstruktion) empfohlen. Dies gilt insbesondere für die Betonrippen welche direkt unterhalb der Fundamente vorgesehen sind.
<b>Stützrippen</b>	<p>Die Herstellung der bewehrten Betonrippen erfolgt etappenweise. Nach den schrittweisen Ausbrucharbeiten im alten Mauerwerk wird der offene Bereich des anstehenden Untergrunds sofort mit Spritzbeton gesichert. Anschliessend werden die Gitterträger versetzt und eingespritzt.</p> <p>Der kritischste Zeitpunkt des ganzen Vorgangs dürfte nach dem Ausbruch der Rippen und vor dem Einbau resp. dem Einspritzen der Gitterträger liegen. Für die Standfestigkeit der ausgebrochenen Partien ist der Erfolg der Injektionen respektive die bodeneigene Kohäsion massgebend – wie weiter oben dargestellt.</p>
<b>Überbrüche</b>	<p>Allfällige lokale Überbrüche beim Öffnen der Rippen werden sofort mit Spritzbeton / Spritzmörtel gesichert.</p> <p>Unterhalb des nördlichsten Fundaments (in unmittelbarer Nähe zum Voreinschnitt Arosa) wird die Betonrippe kraftschlüssig an das bestehende Fundament angeschlossen. Das grösste Überbruchpotential liegt bei der Herstellung der Betonrippen unterhalb der Bodenplatte. Da aber zuerst die Betonrippen unterhalb der Fundamente hergestellt werden, bleibt für die Herstellung der restlichen Betonrippen (zwischen den Fundamenten) im Zuge der Ausführung respektive des Bauablaufs genügend Zeit, um adäquate Massnahmen für die effektiven Baugrundverhältnisse zu ergreifen.</p>
<b>Setzungen</b>	Setzungen können nicht ausgeschlossen werden. Diese können – insbesondere, wenn sie bei der Foundation der Nordfassade auftreten – zum Verkippen der Hausfassade und zu Schäden führen. Hier werden präventive Massnahmen an der Fassade geprüft (Aussteifung; Ableitung der Fassadenkräfte seitlich des Tunnels, ...) und bei Bedarf umgesetzt.
<b>Überwachung</b>	Das Hotel muss ausreichend überwacht werden, um mögliche Setzungen frühzeitig zu erkennen (siehe Kapitel 12).

#### **4.4 BAUPROVISORIEN BAHNTECHNIK**

##### **4.4.1 Gleisanlage**

Zu Beginn der Nachtintervalle 2020 wird die Baupiste Seite Chur erstellt – auf dem Trasse wird Belag eingebracht. Die Schienen werden frei gehalten, da der Bahnbetrieb bis im September 2020 aufrechterhalten wird.

Für die Totalsperre 2020 wird im Tunnel eine Schotterhalterung eingebracht und die bestehende Fahrbahn geschützt, sodass eine Baupiste für den pneumgestützten Baustellenverkehr entsteht. Für den Winterbetrieb 2020 / 21 werden die Schienen frei gelegt.

Nach Abbruch der Fahrbahn in der Totalsperre 2021 werden für den Bahnbetrieb ab Winter 2021 bis Ende Bausaison 2022 die alten Gleisjoche in einem Schottertrog provisorisch verlegt. Der Schottertrog hat eine Breite von 2.20 m und die Schotterbettstärke beträgt 15 cm. Die provisorische Gleislage liegt 25 cm tiefer als die definitive.

Im Voreinschnitt Seite Arosa müssen damit zwischen Perronanfang und Portal Seite Arosa für das Provisorium 25 cm zusätzlich überwunden werden. Damit keine Perronanpassungen notwendig werden, wird im Bauzustand das Gefälle provisorisch auf maximale 70 ‰ erhöht.

##### **4.4.2 Fahrleitung, Rückleitung, Erdung**

Beim Start der Totalsperre wird das bestehende Kettenwerk vollständig demontiert. Am Ende der Totalsperre wird eine provisorische Deckenstromschiene (DSS) montiert. Während der Totalsperre 2021 wird die DSS wiederum demontiert und am Ende erneut montiert.

Während der Arbeiten in den Betriebspausen kann die DSS für jedes Arbeitsintervall rasch und einfach demontiert und bei Schichtende wieder montiert werden.

Die Fahrdrathöhe variiert je nach Bauphase und beträgt minimal 4.10 m, der Stützpunktstand maximal 12.0 m. Nach dem Ausbau der DSS bei Abschluss der Instandsetzung können die Bauteile bei weiteren Tunnelinstandsetzungen eingesetzt werden.

Das im bestehenden Tunnel vorhandene Rückleiterseil wird bei Baubeginn zusammen mit der bestehenden Fahrleitung zurückgebaut.

Die provisorischen Tragwerke der DSS werden an ein provisorisch verlegtes Rückleiterseil anschlossen.

##### **4.4.3 Kabelanlage**

Zu Beginn der Bauphase 2020 werden die Kabel geschützt und auf Höhe Schwelle ins Schotterbett verlegt, wo sie auch im Winter 2020 / 21 den Betrieb sicherstellen.

In der Totalsperre 2021 wird die gesamte Kabelanlage ausgezogen. Das LWL-Kabel, das trotz Totalsperre in Betrieb bleiben muss, wird ausserhalb des Tunnels provisorisch umgelegt.

Im Sohlgewölbe des Tunnels ist ein provisorischer Kabelrohrblock vorgesehen, in den die Kabel nach der Totalsperre 2021 verlegt werden.

Ende Bausaison 2022 werden die Kabel in die definitiven Kabelrohrblöcke umgelegt.

#### **4.4.4 Niederspannung, Telecom**

Die neuen Sicherheitsausrüstungen wie beleuchteter Handlauf und Fluchtwegbeschilderung werden im Anschluss an die baulichen Sanierungsarbeiten ausgeführt. Somit sind für die Sicherheitseinrichtungen keine Provisorien notwendig.

Die bestehenden Funkanlagen im Tunnel müssen für die Totalsperren komplett ausgebaut werden und sind in dieser Zeit nicht in Betrieb. Für den Winterfahrbetrieb werden die Funkinstallationen jeweils provisorisch montiert und in Betrieb genommen.

#### **4.4.5 Sicherungsanlagen**

Durch die Erweiterung des Arosertunnels werden verschiedene Stammkabel der Aussenanlage, welche durch den Tunnel führen, neu verlegt und angeschlossen. Dies hat zur Folge, dass die Aussenanlageelemente Richtung Haspelgrube komplett neu geprüft und auf ihre Sicherheit kontrolliert werden müssen.

### **4.5 BAUSTELLENER SCHLISSUNG, INSTALLATIONSPLÄTZE UND DEPONIEFLÄCHEN**

#### **4.5.1 Baustellenerschliessung**

Der Baustellenperimeter wird wie folgt erschlossen (siehe auch Dossierbeilagen 18.1, 18.2 und 18.3)

#### **Portal Seite Chur**

Während Totalsperren

- Pneu: ab Iselstrasse via Seewald- und Seegrubabweg bis ans Bahntrasse, von dort auf Bahntrasse mit Baupiste
- Schiene: ab «Isel» bis zum Portal Seite Chur

Während Phasen mit Nachtintervallen

- Schiene: ab Bahnhof Arosa
- Pneu (für Arbeiten, die ausserhalb des Gleisbereichs tagsüber ausgeführt werden können – z.B. Baugrube am Portal Seite Chur): ab Iselstrasse via Seewald- und Seegrubabweg bis ans Bahntrasse, von dort auf Bahntrasse mit Baupiste (Durchfahrt in Zugspausen; Betrieb mit Sicherheitswärter)

Spezielle Hinweise:

- Entlang dem Seewald- und Seegrubabweg werden Ausstellbuchten erstellt, die das sichere Kreuzen von Fussgängern und Zweiradfahrern mit dem Baustellenverkehr erlauben. Die Geschwindigkeit für den Baustellenverkehr wird auf 30 km/h limitiert.
- Der Zugang für Pneufahrzeuge zum Installationsplatz Chur ist zweitweise auch tagsüber bei Bahnbetrieb vorgesehen. Dazu wird das Gleis jeweils zwischen Zügen gesperrt.

#### **Portal Seite Arosa**

Während Totalsperren

- Pneu: ab Post- und Seeblickstrasse (oberhalb Portal); und mit Baupiste auf Bahntrasse ab Bahnhof Arosa

Während Phasen mit Nachtintervallen

- Pneu: ab Post- und Seeblickstrasse (oberhalb Portal); und allenfalls mit Baupiste auf Bahntrasse ab Bahnhof Arosa
- Schiene: ab Bahnhof Arosa

Spezielle Hinweise:

- Damit trotz Baustellenverkehr der allgemeine Zugang zum hinteren Teil der Seeblickstrasse gewährleistet ist, wird über dem Voreinschnitt Arosa eine provisorische Hilfsbrücke erstellt (vgl. 2.9.7)

«In da Brünscht»

Während gesamter Nutzungszeit

- Pneu: ab Kantonsstrasse via Waldstrasse
- Schiene: direkt ab Strecke Litzirüti – Arosa erschlossen

#### 4.5.2 Installationsplätze

Es werden folgende Installationsflächen eingerichtet (siehe auch Dossierbeilagen 18.1, 18.2).

**Portal Seite Chur**

Hauptinstallationsfläche mit Flächen direkt am Portal Seite Chur, links der Bahn für:

- Zwischendeponie
- Umschlag Baumaterialien
- Baumaschinen
- Vortunnel (Belüftung, Entstaubung, Lärmschutz)
- Wasserbehandlung
- Container (Bauleitung, Bauführung, Magazin, Werkstatt)

Auf einem Teil dieser Installationsflächen wird bei Projektabschluss eine Geländemodellierung zur landwirtschaftlichen Bodenverbesserung vorgenommen (s. auch 7.1.3).

**Portal Seite Arosa**

Installationsfläche beim Portal Seite Arosa für:

- Umschlag Baumaterialien
- Ersatzparkplätze
- Container (Magazin, Werkstatt)

**Bahnhof Arosa**

Installationsflächen im Bereich des Freiverlads für:

- Umschlag auf Bauzug

#### 4.5.3 Zwischendeponien

**Seite Chur**

Flächen kombiniert mit Installationsplätzen im Portalbereich:

- Humus-Deponie
- Fläche für Zwischendeponie

Auf einem Teil dieser Flächen wird bei Projektabschluss eine Geländemodellierung zur landwirtschaftlichen Bodenverbesserung vorgenommen (s. auch 7.1.3).

**Seite Arosa**

Keine wesentlichen Flächen für Baumeister:

- Abtransporte müssen laufend erfolgen
- Für den beim Gleisbau nötigen Schotter wird im Bereich des Freiverlads des Bahnhofs ein Schotterdepot eingerichtet

- «In da Brünscht»** Hauptfläche für Zwischendeponie (v.a. Ausbruch-/Abbruchmaterial)
- Fläche auf einem Lagerplatz der Firma Brunold AG von ca. 4'000 m<sup>2</sup>
  - direkt an der Bahnstrecke Litzirüti-Arosa (ca. Km 21.6)
  - strassengängig gut erreichbar

#### **4.6 MATERIALBEWIRTSCHAFTUNG**

##### **4.6.1 Antransport**

- Seite Chur und Arosa**
- Der Antransport von Materialien erfolgt grundsätzlich per LKW (vgl. Kap. 4.5.1)

- Betonwerk «Isel»**
- Die für die Betonherstellung nötigen Materialien werden per Bahn zum Betonwerk «Isel» in Arosa transportiert

##### **4.6.2 Abtransport**

- Randbedingungen**
- Aus dem Vortrieb mit Jettingschirm und der umfangreichen Querschnittsvergrößerung inklusive Sohlenabsenkung ergeben sich ca. 30'000 m<sup>3</sup> an abzuführendem Material, davon grosse Mengen «Schlamm» aus dem Jetting-Vortrieb, der vor der Deponierung entwässert und gegebenenfalls gepresst wird (siehe auch Kapitel 5.9).
  - Der grösste Teil des abzuführenden Materials ist als Inertstoff zu deklarieren und muss ausserhalb des Schanfigg deponiert werden.
  - Der grösste Teil an Aushub- und Ausbruchmaterial – ca. 90% – fällt auf Seite Chur an, nur ca. 10% stammen aus dem Voreinschnitt und dem Portalbereich Arosa.
  - Die Gemeinde Arosa kennt eine «Aushubsperr»e. Gemäss Polizeigesetz ist es untersagt, in der Zeit von Mitte Juli bis Ende August Aushub auf den Gemeindestrassen abzutransportieren.
  - Entsprechend ist entweder ein Abtransport auf Schiene oder die Bereitstellung genügender Zwischendeponieflächen vorzusehen.
- Seite Chur**
- Transport mit Zweiwegfahrzeugen auf dem Bahntrasse zur ca. 3.6 km entfernten Zwischendeponie «In da Brünscht». Das gilt auch für den Schlamm aus dem Jetting-Vortrieb, der in geschlossenen Behältern abtransportiert und erst «In da Brünscht» entwässert, gefiltert und gepresst wird.
  - Unverschmutzter Mauerwerks- und Betonabbruch wird mit Zweiwegfahrzeugen bis zur Aroser Deponie «Bruchhalde» geführt.
  - Transport mit LKW ab Zwischendeponie «In da Brünscht» zum Entsorgungsort.
  - Mit dieser Lösung wird der Flächenbedarf am Portal Chur minimiert und die Aushubsperr»e der Gemeinde Arosa eingehalten.
- Seite Arosa**
- Transport per LKW direkt zur Zwischendeponie oder zum Entsorgungsort.
  - Die Aushub- und Ausbrucharbeiten sind so terminiert, dass die Aushubsperr»e der Gemeinde Arosa eingehalten werden kann.

##### **4.6.3 Deponieflächen**

- Projektspezifische Deponie**
- Es ist keine projektspezifische Deponie vorgesehen.

## Geländeauffüllungen

Unverschmutztes Aushubmaterial – insbesondere aus der Sohlenabsenkung – wird verwendet, um bei Bauende Geländemulden im Portalbereich Seite Chur, links der Bahn, aufzufüllen. Die Auffüllung dient der einfacheren Bewirtschaftung und der Verbesserung der Hangstabilität im Fussbereich.

Das entsprechende Bewilligungsverfahren zur «landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsverbesserung» wird vom Tiefbauamt des Kantons Graubünden im Rahmen eines Projektes zur Verbreiterung der Poststrasse («Lehnenviadukt Untersee») geführt, da auch Bodenmaterial aus diesem Projekt gleichenorts deponiert werden soll (vgl. auch Kapitel 5.8).

## 5 UMWELT

Das Thema Umwelt wurde vom Büro «K + D Landschaftsplanung AG» aus Vaz / Obervaz bearbeitet.

### 5.1 ÜBERSICHT UMWELTAUSWIRKUNGEN

Die Umweltrelevanzmatrix (Tab. 1) zeigt, auf welche Umweltbereiche das vorliegende Projekt potenziell Auswirkungen hat. Diese relevanten Umweltbereiche werden im vorliegenden Bericht abgehandelt.

Umweltbereich/Projektphase	Bauphase	Betriebsphase
Verkehr		
Luftreinhaltung		
Lärm		
Erschütterungen/abgestrahlter Körperschall		
Nichtionisierende Strahlung		
Grundwasser		
Oberflächengewässer		
Entwässerung		
Boden		
Altlasten		
Abfälle, umweltgefährdende Stoffe		
Umweltgefährdende Organismen		
Störfallvorsorge/Katastrophenschutz		
Wald		
Flora, Fauna, Lebensräume		
Landschaft und Ortsbild (inkl. Lichtimmissionen)		
Kulturdenkmäler, archäologische Stätten		
Langsamverkehr, historische Verkehrswege		
Naturgefahren		

Tab. 1: Matrix Umweltrelevanz

### 5.2 VERKEHR

Der Betrieb des sanierten Arosertunnels führt zu keinem Mehrverkehr auf den Strassen zu und in Arosa. Während der Bauzeit ist allerdings mit Mehrverkehr zu rechnen. Während der gut 2.5 Jahren Bauzeit wird

mit insgesamt ca. 6'500 Lastwagen-Fahrten (inkl. Leerfahrten) für den An- und Abtransport von Baumaterialien gerechnet.

Zudem müssen während der beiden Totalsperren (2020 ca. 3 Monate, 2021 ca. 7.5 Monate) ca. 2'400 Bahn-Güterwagen durch Transporte auf der Strasse ersetzt werden. Unter der Annahme, dass je Bahn-Güterwagen ca. 4 LW benötigt werden, ist im Zeitraum der beiden Totalsperren mit zusätzlichen 10'000 LW-Fahrten zu rechnen.

Während der Totalsperren werden die Personenzüge in Litzirüti gewendet und die Zugsreisenden mit Bussen nach und von Arosa transportiert. Zwischen Arosa und Chur verkehren Personenzüge normal im Stundentakt, in jede Richtung fahren pro Tag rund 20 Züge, also insgesamt für die Strecke ca. 40 Personenzüge/Tag, mit durchschnittlich rund 50 Personen/Zug (täglich ca. 2'000 Personen). Da auf der Strecke Litzirüti – Arosa keine grossen Busse eingesetzt werden können, müssen pro Zug mindestens zwei Busse fahren. Dies entspricht täglich ca. 80 Busfahrten (560 Fahrten/Woche) zwischen Litzirüti und Arosa.

### **5.3 LUFTREINHALTUNG**

#### **5.3.1 Bauphase**

Während der Bauphase kommen diverse dieselbetriebene Geräte und Maschinen zum Einsatz. Zudem ist mit einer erheblichen Anzahl an Bautransporten mit Lastwagen zu rechnen. Die Baurichtlinie Luft des BAFU regelt – in Abhängigkeit von der Grösse der Baustelle – welche Massnahmen zur Reduktion der Luftschadstoff-Emissionen während der Bauphase zu treffen sind. Die «Baurichtlinie Luft: Ostschweizer Vollzugshilfe» basiert auf der Baurichtlinie des BAFU und legt mittels eines vereinfachten Schemas fest, welche Massnahmenstufe gemäss Baurichtlinie Luft des BAFU anzuwenden ist. Dazu sind die folgenden Eckwerte massgebend:

- Lage der Baustelle: Die Baustelle liegt im ländlichen Gebiet.
- Dauer des Bauvorhabens: Das Bauvorhaben dauert mehr als 1.5 Jahre.

Für die geplante Sanierung gelten auf der Baustelle somit die Basis- und die Zusatzmassnahmen (Massnahmenstufen A und B).

#### **5.3.2 Endzustand**

Gegenüber dem heutigen Fahrplan sind zurzeit keine Anpassungen vorgesehen. Daher ist auch in Zukunft während des Betriebes mit keinen zusätzlichen Luftschadstoff-Emissionen zu rechnen.

### **5.4 LÄRM**

#### **5.4.1 Bauphase**

Während der Bauphase kommen auf der Baustelle diverse Geräte und Maschinen zum Einsatz, welche temporär zu erhöhten Lärmbelastungen in der Umgebung führen werden. Die Baulärm-Richtlinie des BAFU regelt, welche Massnahmen – in Abhängigkeit der zu erwartenden Lärmemissionen der Baustelle – während der Bauphase umzusetzen sind. Vereinfacht zeigt die «Baulärm-Richtlinie: Schema zur Festlegung der Massnahmenstufe» des Amtes für Natur und Umwelt des Kantons



Graubünden auf, welche Massnahmenstufe gemäss Baulärm-Richtlinie gilt. Dazu sind die nachfolgenden Eckwerte massgebend:

- Distanz zu Räumen mit empfindlicher Nutzung: < 300 m.
- Dauer lärmige Bauphase: > 9 Wochen.
- Tage mit > 1h lärmintensiver Arbeiten: < 1 Jahr.

Aufgrund obiger Eckwerte müssen während der Bauphase auf der Baustelle die Massnahmen der Massnahmenstufe B gemäss Baulärm-Richtlinie umgesetzt werden.

Über die gesamte Bauzeit wird mit ca. 6'500 LW-Fahrten (inkl. Leerfahrten) gerechnet. Nominell, d.h. über die gesamte Bauzeit von März 2020 bis November 2022 (33 Monate oder ca. 150 Wochen), ergeben sich 45 LW-Fahrten pro Woche. Werden die Bauunterbrüche (2 x Winterpause) abgezogen und zudem berücksichtigt, dass in den Vortriebsphasen ein höheres Transportaufkommen zu erwarten ist, ist insbesondere während der beiden Totalsperren eher von einem Mittelwert von 80 LW-Fahrten/Woche auszugehen. Ein Teil dieser Transporte wird in der Nacht erfolgen.

Unabhängig davon, ob die Transporte über Erschliessungs-, Sammel- oder Hauptstrassen führen, sind für die Bautransporte die Massnahmen der Massnahmenstufe B gemäss Baulärm-Richtlinie umzusetzen.

#### 5.4.2 Endzustand

Gegenüber dem heutigen Fahrplan sind zurzeit keine Anpassungen vorgesehen. Daher ist auch in Zukunft während des Betriebes mit keinen zusätzlichen Lärm-Emissionen zu rechnen.

### 5.5 ERSCHÜTTERUNGEN, KÖRPERSCHALL

#### Analyse und In-situ-Messungen

Um die Erschütterungs- und Körperschallimmissionen im Ist- und im Projekt-Zustand abzuschätzen, wurde für 19 Gebäude im 50 m-Korridor entlang des Arosertunnels eine Analyse mit VIBRA-1 durchgeführt, die wiederum mit In-situ-Messungen in drei Gebäuden in den beiden Portalbereichen verifiziert wurden. (vgl. Dossierbeilage 26)

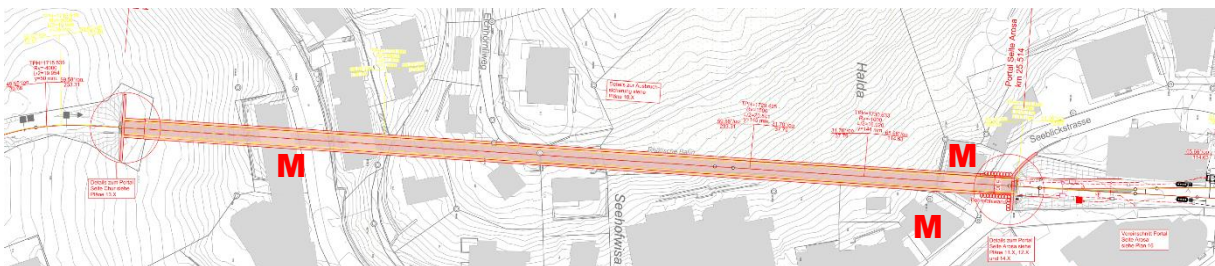


Abb. 20: Erschütterungsmessungen (M)

#### Beurteilungsgrundlagen

Die Beurteilung erfolgte anhand der «Weisung für die Beurteilung von Erschütterungen und Körperschall bei Schienenverkehrsanlagen «BEKS» (BAFU, 1999), wobei zusätzlich die vom BAFU üblicherweise angewendete «Sicherheitsmarge» ebenfalls berücksichtigt wurde.

#### Ergebnisse

Die Untersuchung ergab:

- Der Ersatz des bestehenden gemauerten Tunnelbauwerks durch ein Betongewölbe mit Betonsohle (jeweils mit Schotterfahrbahn) wird die Erschütterungsimmisionen kaum wesentlich verändern.

Bei den Körperschallimmissionen kann eine geringe Zunahme nicht ausgeschlossen werden

- Die Richtwerte für Erschütterungen und Körperschall werden ohne Zusatzmassnahmen eingehalten, sofern das «Haus am Wald» nicht monolithisch mit dem neuen Tunnelbauwerk verbunden wird.
- Die Erschütterungsimmissionen sind sehr gering und werden – wenn überhaupt – kaum als störend wahrgenommen.
- Die Körperschallimmissionen dürften in allen Gebäuden im Perimeter hörbar sein. Vor allem im «Haus am Wald» können diese als störend wahrgenommen werden.
- Im Bereich des «Hauses am Wald» sind immissionsreduzierende Massnahmen dringend zu empfehlen, auch wenn die Richtwerte eingehalten sein dürften.

**Umsetzung** Vermeiden einer monolithischen Verbindung zwischen neuem Tunneltragwerk und Gebäude:

- Eine direkte Verbindung zwischen neuem Tunnelgewölbe und dem «Haus am Wald» wird nicht geschaffen.
- Die für die Unterquerung notwendigen Sicherungsinjektionen führen zu einer Versteifung des Bodens zwischen Tunnelgewölbe und Gebäudefundation; gleichzeitig wird auch der Abstand der Bauwerke verringert. Dies verstärkt die Schwingungsübertragung.
- Die mehrlagige Abdichtung des zweischaligen Tunnelausbaus führt zu einer weitgehenden Entkoppelung zwischen Fahrraum und Aussenschale und reduziert so die Schwingungsübertragung.

Einsatz einer Unterschottermatte zwischen Betonsohle und Gleisschotter.

- Das Normalprofil sieht ein Schotterbett mit einer Stärke von 40 cm vor. Im Bereich der Unterschottermatte wird es um die Stärke der Matte reduziert, wobei das normgemässe Minimum von 30 cm nicht unterschritten wird.
- Abstimmungsfrequenz (ca. 25 Hz), Mattentyp, Länge des Einbauabschnitts und Verlegedetails) werden im Ausführungsprojekt mit einem entsprechenden Spezialisten festgelegt.

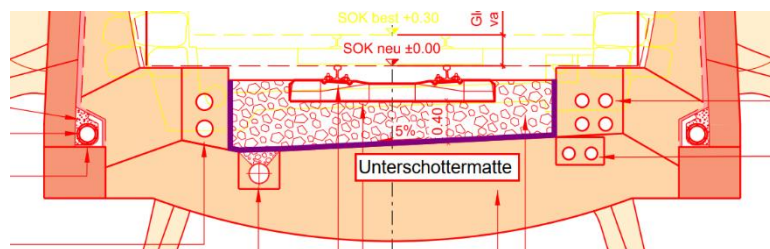


Abb. 21: Lage der Unterschottermatte (im Bereich der Entwässerung ist die Matte zu perforieren).

## 5.6 GRUNDWASSER

Das Projektgebiet um den Arosertunnel befindet sich in einem Gewässerschutzbereich A<sub>u</sub> um die Aroser Seen. Eingriffe in Gewässerschutzbereiche A<sub>u</sub> bedürfen einer kantonalen Bewilligung.

### 5.6.1 Bauphase

#### Bauperimeter/Installationsflächen

Der Untergrund des Arosertunnels ist heute befestigt, die Betonsohle wird aber ab Baubeginn im Sommer 2020 bis im Sommer 2021 abschnittsweise entfernt, bevor im Jahr 2021 die neue Betonsohle erstellt wird. Die Baustelleninstallationen im Portalbereich Bahnhof Arosa liegen auf befestigten Flächen; der Platz für Installationen, Zwischendepot und Aufbereitung «In da Brünscht» liegt ausserhalb von Gewässerschutzbereichen/-zonen, und ist teilweise befestigt (Rest Kies-Koffer). Im Portalbereich Seite Chur (A<sub>u</sub>) werden Flächen für Installationen, Depots, Sortierung und Aufbereitung genutzt, die heute bewachsen sind und landwirtschaftlich genutzt werden (Mähwiese). Park- und Waschplätze für Baumaschinen sowie Flächen, die als Zwischendeponie für verschmutztes Material (Aushub, Ausbruch etc.) dienen sollen, werden abhumusiert, befestigt und kontrolliert entwässert. Baumaschinen und Fahrzeuge werden ausschliesslich auf befestigten Flächen parkiert, gewartet, repariert und betankt (einschliesslich Park- und Wendeplatz am Seegrubaweg).

#### Abwasser

Während der gesamten Bauausführung wird das im Tunnel, sowie auf sämtlichen befestigten Flächen anfallende Hang-, Meteor- und Baustellenabwasser aufgefangen und vor der Abgabe in die ARA resp. Vorfluter behandelt. (s. Kapitel 5.7). Der gesamte Jettingschlamm wird ebenfalls im Tunnel aufgefangen (Blache oder Beton-Graben), in verschlossenen Behältern zum Installationsplatz «In da Brünscht» transportiert und im befestigten Bereich entwässert. Auch das Wasser aus der Entwässerung wird behandelt (s. Kapitel 5.7). Beim Jetting wird chromat- armer Zement verwendet.

#### Bahnersatz Kehrplatz Litzirüti

Während der Totalsperren werden die Personenzüge in Litzirüti gewendet und ein Bahnersatz mit Bussen nach und von Arosa betrieben. Damit die Busse beim Bahnhof Litzirüti wenden können, muss auf der Parzelle 10419 (heute Mähwiese) ein Kehrplatz eingerichtet werden. Dieser liegt ausserhalb von Gewässerschutzbereichen/-zonen und wird mit Vlies und Koffer direkt auf der Grasnarbe erstellt, sodass die das Grundwasser schützende Deckschicht nicht beeinträchtigt wird. Zudem dient der Bereich nur als Kehrplatz, es werden dort keine Fahrzeuge parkiert, gewartet oder betankt. Nach Bauende werden Koffer und Vlies wieder entfernt und abtransportiert.

### 5.6.2 Endzustand

Sämtliche beanspruchte Flächen werden nach Bauabschluss wiederhergestellt und wieder befestigt (Arosertunnel innen) bzw. wieder begrünt. Im Betrieb besteht keine Gefährdung des Grundwassers (s. auch geologischer Bericht, Dossierbeilage 22.1).

## 5.7 ENTWÄSSERUNG

Der Arosertunnel wird heute vom anfallenden Hangwasser durch eine Leitung in den Untersee entwässert.

### 5.7.1 Bauphase

Die Baustellenentwässerung richtet sich nach der SIA-Norm 431. Sämtliches Baustellenabwasser, Hang- und Meteorwasser aus dem Tunnel (inklusive reguläre Entwässerung), sowie von sämtlichen befestigten Flächen wird während der gesamten Bauzeit aufgefangen und über Absetzbecken mit Neutralisation in die ARA (beide Portalbereiche) bzw. in den Vorfluter und die Plessur («In da Brünscht») abgeleitet. Die Grenzwerte von pH und Trübung werden eingehalten.

Der gesamte Jettingschlamm wird im Tunnelinnern aufgefangen (Blache oder befestigter Graben), in verschlossenen Behältern zum Installationsplatz «In da Brünscht» transportiert und im befestigten Bereich entwässert. Das Abwasser daraus wird behandelt wie oben beschrieben und unter Einhaltung der Grenzwerte in die Plessur abgeleitet. Beim Jetting wird chromatarmer Zement verwendet.

### 5.7.2 Endzustand

Die Neutralisation und Ableitung der Tunnelentwässerung in die ARA wird auch nach Bauabschluss weitergeführt, bis sich der pH-Wert normalisiert hat (6.5 – 9.0), danach erfolgt die Tunnelentwässerung wieder über die bestehende Ableitung in den Untersee.

## 5.8 BODEN

### Installationsflächen

Im Portalbereich Seite Chur werden Flächen für Zwischendepots von verschmutztem Material (Aushub, Ausbruch etc.), Park- und Waschplätze abhumusiert und befestigt. Im Rahmen der bodenkundlichen Baubegleitung wird noch im Detail definiert, welche Flächen abhumusiert werden müssen. Sie sollen auf das notwendige Minimum beschränkt werden (VVEA-konform). Unverschmutzter Boden und Aushub etc. soll direkt auf der Grasnarbe zwischengelagert werden.

Die restlichen Baustelleninstallationen liegen auf befestigten Plätzen (bzw. Teilbereich «In da Brünscht» Kies-Koffer, aber kein Boden).

### Erschliessung/Zufahrten

Die Erschliessung der Baustelle erfolgt über den Seewaldweg, den Seegrubaweg und das Bahntrasse. Am Übergang vom Strassennetz auf das Bahntrasse muss für die Strassenfahrzeuge ein Wende- und Parkplatz erstellt werden. Zudem braucht es am Seewaldweg zwei Ausstellplätze. Der Wende-/Parkplatz wird vor Baubeginn abhumusiert und befestigt.

### Abhumusierung

Von sämtlichen vorgängig zur Abhumusierung (und Befestigung) bestimmten Flächen wird der gesamte A- und B-Boden separat abgezogen und sachgerecht separat zwischengelagert. Nach Bauabschluss wird der Boden sorgfältig und korrekt wiederhergestellt, sodass die Bodenfruchtbarkeit des Ausgangszustandes rasch wieder gewährleistet ist.

Die Mächtigkeiten von A- und B-Boden wurden im Portalbereich Seite Chur durch Bohrungen erhoben. Demnach ist der A-Horizont ca. 20 cm mächtig, der B-Horizont 40-45 cm.

Abklärungen betreffend chemischer Bodenbelastung entlang der Bahn-  
gleise und betreffend Körnung sind im Gange.

#### **Bahnersatz Kehrplatz Litzirüti**

Für den Betrieb des Bahnersatzes während der Totalsperren wird beim Bahnhof Litzirüti auf der Parzelle 10419 ein Kehrplatz eingerichtet. Der Standort ist heute eine landwirtschaftliche Intensivwiese in einer flachen Mulde und relativ tiefgründig. Der Kehrplatz wird mit Vlies und Koffer direkt auf der Grasnarbe erstellt; es fallen keine Bodenverschiebungen an. Nach Bauende werden Koffer und Vlies wieder entfernt und abtransportiert.

### **5.9 ABFÄLLE**

Beim Ausbau/Sanierung des Arosertunnels fällt Abbruchmaterial (Natursteinmauerwerk, Beton), Ausbruchmaterial (teilweise vermörtelte Hinterfüllung und Lockergestein) sowie Jettingschlamm an.

Zwischen dem Haus am Wald und dem Bahnhof Arosa ist eine Absenkung der Geleise vorgesehen, von dort fällt Aushubmaterial an.

Der Gleisschotter aus dem Voreinschnitt Seite Arosa (Portal Seite Arosa bis Beginn der Perrons, neu erstellt 2014/2015) wird zwischengelagert und wieder eingebaut, der Schotter im Arosertunnel wird ersetzt.

Sämtliches Material wird beprobt und gemäss Gleisaushubrichtlinie (BUWAL, 2002) bzw. VVEA verwertet oder entsorgt:

- Unverschmutzter Mauerwerks- und Betonabbruch kann auf die Arosener Inertstoff Deponie „Bruchhalde“ mit Bauschuttzubereitung gebracht werden.
- Unverschmutzter Aushub wird evtl. als Schüttmaterial für eine Muldenauffüllung zur Bewirtschaftungsverbesserung im Portalbereich Seite Chur verwertet (Voraussetzung hierfür ist die Bewilligung dieser Geländeanpassung, welche über das Tiefbauamt Graubünden innerhalb seines Projektes zur Verbreiterung der Poststrasse («Lehennenviadukt Untersee») erfolgt.).
- Das restliche Material wird abtransportiert und aufgrund der Analyseresultate auf entsprechende Deponien ausserhalb des Schanfigg gebracht. Der Jettingschlamm wird vorgängig auf der befestigten Installationsfläche «In da Brünscht» entwässert, gefiltert und evtl. gepresst (Antransport in geschlossenen Behältern). Beim Jetting wird chromatarmer Zement verwendet.

Die bestehenden Bruchstein-Mauer-Portale (Seite Bahnhof Arosa und Seite Chur) müssen in der Bauphase abgebrochen werden, sollen aber nach Bauende wieder aufgebaut werden. Die Steine werden dabei möglichst wiederverwendet, ansonsten ebenfalls VVEA-konform entsorgt.

### **5.10 UMWELTGEFÄHRDENDE ORGANISMEN**

Aus dem Gebiet Arosa ist das Vorkommen von Lupinen und Riesenbärenklau bekannt.

Bei einer Begehung im Mai bzw. Juni 2019 haben wir im Projektgebiet keine Neophyten festgestellt. Der Projektperimeter wird während der Bauphase weiter auf Neophytenvorkommen kontrolliert, allenfalls werden die nötigen Massnahmen ergriffen oder veranlasst.

#### **5.11 WALD**

Im Bereich um den Arosertunnel wird kein Waldareal tangiert. Für die Baustellenzufahrt müssen am Seegrubaweg ein Wende- und Parkplatz und am Seewaldweg zwei Ausstellplätze erstellt werden. Alle drei liegen in Waldgebiet. Das Vorhaben ist mit dem zuständigen Regionalforstingenieur, Christoph Messmer, abgesprochen und wurde gutgeheissen. Das Rodungsgesuch liegt den Projektunterlagen bei.

#### **5.12 NATUR UND LANDSCHAFT, WILD**

Beim Bahnhof Arosa liegt das Projektgebiet auf versiegelten Flächen, der Platz «In da Brünscht» ist ebenfalls nicht bewachsen; der Baustellenperimeter im Portalbereich Seite Chur und der Kehrplatz für den Bahnersatz beim Bahnhof Litzirüti liegen beide in landwirtschaftlichen Intensiv-Mähwiesen (Goldhaferwiesen). Die betroffene Vegetation ist dementsprechend trivial. Die Baustellenzufahrt führt über bestehende Strassen durch Wladgebiet (s. Kapitel 5.11). Das Vorhaben tangiert keine Naturschutzgebiete oder Objekte aus dem Natur- und Landschaftsschutzinventar. Nach Bauabschluss werden sämtliche beanspruchten Flächen wiederhergestellt wie im Ausgangszustand: aufgebrachte Befestigungen oder Koffer werden rückgebaut und entfernt, abgezogene Bodenschichten werden wieder aufgebracht und alle heute bewachsenen Bereiche werden wieder begrünt. Dadurch haben Ausbau/Sanierung des Arosertunnels auch landschaftlich keine bleibenden Auswirkungen.

Das Projektgebiet um den Arosertunnel befindet sich innerhalb eines grossräumigen Hasenasyls Tschuggen/Maran (Wildschutzgebiet 1216). Nach Angaben des zuständigen Wildhüters Martin Michael wird der betroffene Bereich von Rehen und Hirschen als Nachtweide genutzt. Südlich des Projektgebietes, zwischen dem Haus Seegrube (Seegrubaweg, Parz. 102) und dem Bahntunnel unter dem Seewaldweg besteht ein Wildwechsel, solange dieser sichergestellt ist, sollten keine Konflikte mit dem Wild entstehen.

#### **5.13 DENKMALPFLEGE, ARCHÄOLOGIE, ORTSBILDSCHUTZ**

Die Gestaltung der beiden Portale erfolgt in Absprache mit der kantonalen Denkmalpflege. Dabei wird auch auf den bisherigen Umgang mit den denkmalgeschützten Portalen an der Albulastrecke (Normalbauweise) abgestützt.

##### **5.13.1 Portal Seite Chur**

Um die Optik des Portals bestmöglich zu erhalten, wird die neue Geometrie des Portals wie folgt aus der alten erzeugt:

- Paramente werden mit heutiger Neigung bis auf eine Breite von 4.70 m nach aussen geschoben, die für die Anordnung der Fluchtwege ausreichend ist.



- Das Gewölbe wird im Radius so vergrössert und nach oben verschoben, dass mit dem Anschluss an die Paramente ein voller Halbkreis entsteht. Es ergibt sich ein Halbkreis mit Radius 2.43 m und Mittelpunkt 2.92 m über SOK.
- Die Portalwand wird in Stahlbeton mit Naturstein-Verkleidung («nass in nass») in bisheriger Optik erstellt. Die bisherigen Mauerwerksteine werden bestmöglich wiederverwendet. Der Portalkranz wird aus passendem Naturstein neu erstellt.



Abb. 22: Portal Seite Chur, Zustand heute (links) und Projekt (Fotomontage)

- Die Tunnelauskleidung wird auf 7 m zudem mit Natursteinmauerwerk verkleidet, damit bei einem Blick in den Tunnel der Eindruck eines gemauerten Tunnels erhalten bleibt.

#### 5.13.2 Portal Seite Arosa

Im Portalbereich Seite Arosa wird aufgrund der Unterquerung der Seeblickstrasse das Normalprofil komplett verändert: Die seitlichen Bohrpfehlwände und eine Stahlbetondecke bilden ein rechteckiges Kastenprofil. In der Abwägung verschiedener Varianten wurde die Ausbildung des Portals in komplett neuer «Beton-Optik» verworfen und folgender Ansatz gewählt:

- Die Portalwand wird analog zum Portal Seite Chur mit gleicher Geometrie und als Stahlbetonwand mit Naturstein-Verkleidung erstellt.
- Auf die Ausbildung eines Gewölbes inkl. Verkleidung mit Naturstein im Bereich unter der Seeblickstrasse wird hingegen verzichtet.



Abb. 23: Portal Seite Arosa, Zustand heute (links) und Projekt (Fotomontage)

Hinweis: Der Eigentümer des Hotel Vetter beabsichtigt einen Ausbau, in dessen Rahmen die Bahnlinie direkt nach dem Portal Seite Arosa auf eine Länge von ca. 30 m überdeckt würde, um eine Art Begegnungszone zu schaffen. Wird dieses Projekt umgesetzt, ist das Tunnelportal nicht mehr einsehbar.

#### **5.14 NATURGEFAHREN**

Gemäss der Naturgefahrenkarte des Kantons liegt für den Perimeter um den Arosertunnel (beide Portale) eine geringe Gefährdung und für den Platz «In da Brünscht» eine mittlere Gefährdung in Bezug auf Rutschungen vor. Im Bereich Seegrube besteht ausserdem eine Restgefährdung für Wasser-Prozesse und eine mittlere Gefährdung bezüglich Lawinen. Der vorgesehene Kehrplatz beim Bahnhof Litzirüti liegt ausserhalb jeglicher Gefahrenbereiche.

Für das Gebiet Arosertunnel liegen geologische Erhebungen und Beurteilungen vor, welche die RhB, sowie das Tiefbauamt Graubünden (in Zusammenhang mit dem Projekt zur Verbreiterung der Poststrasse) in Auftrag gegeben haben. Beide geologische Berichte wurden vom Büro für Technische Geologie AG (BTG), Sargans verfasst (s. auch Dossierbeilage 22.1). Den Berichten ist zu entnehmen, dass der Arosertunnel und seine Portale in der grossräumigen Arosen Felssackung liegen, welche die gesamte westliche Talflanke zwischen Prätsch und Tschuggen bis zur Plessur umfasst. Aufgrund von geodätischen Messungen und Insar-Daten konnte bestimmt werden, dass die Felssackung mit 2 – 3 mm pro Jahr in Bewegung ist. Die Bewegungen würden gleichmässig verlaufen und darum im Allgemeinen nicht zu Schäden an Bauwerken führen.

Schneerutschungen ab dem Steilhang unter der Lehnengrube kommen vor, davon wäre in der Bauzeit aber nur das Aushubdepot betroffen, welches wiederum die restlichen Installationsflächen abschirmen und schützen würde. Im Endzustand stellen solche kleinen Schneerutschungen wie bisher kein Problem dar.

#### **5.15 UMWELTBAUBEGLEITUNG**

Bereits in der Projektierungsphase wurden verschiedene Umwelt-Spezialisten und -Spezialistinnen beigezogen. Für die Ausführungsphase ist eine Umweltbaubegleitung inklusiv bodenkundliche Baubegleitung vorgesehen, für die Begleitung, Überwachung und zur Sicherstellung der Umsetzung der nötigen Massnahmen zum Schutz der Umwelt.

## **6 RAUMPLANUNG**

Das vorliegende Projekt hat keinen Einfluss auf die räumliche Entwicklung.







**Konformität** Das Projekt entspricht den Vorschriften AB-EBV und dem Reglement R RTE 20512 «Lichtraumprofil Meterspur».

## **8.2 SCHUTZNISCHEN FÜR DAS PERSONAL**

**Keine Nischen** Gemäss Konzept «Normalbauweise Tunnel» der Rhätischen Bahn wird auf die Anordnung von Schutznischen für das Personal verzichtet.

**Andere Massnahmen** Gemäss AB-EBV Art. 28 gewährleistet die Rhätische Bahn die Sicherheit für das beschäftigte Personal mit folgenden technischen, betrieblichen und organisatorischen Massnahmen:

- Zwischen Gleis und Tunnelwand ist beidseits durch die Anordnung je eines Dienst- und Fluchtwegs ein genügender Sicherheitsraum vorhanden.
- Unterhaltsarbeiten werden so organisiert, dass sie bei gesperrtem Gleis durchgeführt werden können.
- Das Betreten des Tunnels für Kontrollen und Kleinunterhalt ist nur bei gesperrtem Gleis zulässig. Die Verfügbarkeit wird nur unwesentlich respektive nicht eingeschränkt.
- Bei jedem Tunnelzugang wird ein Schild mit den Informationen zu den Abweichungen von den Vorschriften betreffend Schutznischen angebracht.

## **8.3 FLUCHTWEGE UND SAMMELPLÄTZE**

Fluchtwege sind beidseits der Fahrbahn auf den Banketten vorhanden. Sammelplätze sind jeweils im Portalbereich vorhanden. Betreffend Geometrie und Ausrüstung siehe Kapitel 2.11 und 2.13.4.

## **8.4 APPROXIMATIVES SICHERHEITSDISPOSITIV AROSERTUNNEL**

**Grundsatz** Die Sicherheitsleitung der Rhätischen Bahn erstellt und instruiert vor Beginn jeder Bauphase ein Sicherheitsdispositiv, das von der Unternehmung gegengezeichnet wird. Das Dispositiv regelt die Baustellenorganisation und definiert alle Sicherheitsvorschriften und Massnahmen für die sichere Arbeitsausführung und den störungsfreien Bahnbetrieb.

**Bauphase mit Arbeiten in Nachbetriebspausen** Es gilt:

- Während der gesamten Arbeitszeit ist ein Sicherheitschef SC der Unternehmung auf der Baustelle anwesend.
- Tagsüber volle Aufrechterhaltung des Bahnbetriebes mit reduzierter Streckengeschwindigkeit  $V = 30 \text{ km/h}$  und je nach Bauphase variabler Fahrdrahthöhe.
- Bei Arbeiten in der Nachbetriebspause bei gesperrtem Gleis ist kein Sicherheitswärter erforderlich.
- Die Streckensperrung und Freimeldung sowie das Aus-/Einschalten und Erden der Fahrleitung erfolgen nach erfolgter Instruktion durch den Sicherheitschef SC der Unternehmung.
- Für Arbeiten tagsüber im Gleisbereich und im Bereich der Portale ist ein Sicherheitswärter (SiWä) erforderlich. Der SiWä wird von der Unternehmung gestellt. Er beteiligt sich nicht an den Bauarbeiten. Situationsbedingt ist der Einsatz einer Minimet 90/95 Zugswarnanlage vorzusehen.

- Alle Installationsbereiche und alle Arbeitsbereiche ausserhalb des Gleisbereichs müssen durch Schutzzäune vom Gleisbereich getrennt werden. Grundlage bildet die Weisung RhB «Baustellenabschränkung».
- Der Personenzugang zur Arbeitsstelle erfolgt hauptsächlich mit dem Bauzug. Zugänge, die bei Bahnbetrieb benützt werden, sind gegenüber dem Gefahrenbereich abzuschränken (2.50 m ab Gleisachse). Dort, wo sie den Gefahrenbereich der Fahrleitung tangieren, sind vollwandige, 1.80 m hohe Schutzwände einzurichten. Das Ende des Personenzuganges wird mit der Tafel «Achtung Zug» markiert.
- Die Montage und Demontage von Arbeits- und Schutzgerüsten hat in der Nachtbetriebspause bei ausgeschalteter und geerdeter Fahrleitung und gesperrter Strecke stattfinden.
- Schutzgerüste sind bewilligungspflichtig und müssen vom Fachbereich Fahrleitung der RhB abgenommen werden.
- Bei zeitweiligen Einbauten, die den Fensterraum verletzen, ist ein Besenprofil gemäss R RTE 20512 einzurichten.
- Transporte mit gleisgängigen Maschinen des Unternehmers ab Bahnhof Arosa oder Eingleisstelle sind dem Unternehmer in der Nachtzugspause bei gesperrter Strecke und geschalteter und geerdeter Fahrleitung gestattet. (typenspezifische Zulassung von Lokführer und Begleiter vorausgesetzt).
- Abbruch- und Sicherungsarbeiten im Tunnel dürfen nur in der Nachtbetriebspause nach erfolgter Sperrung, Schaltung und Erdung durchgeführt werden.
- Arbeiten in den Portalbereichen sind unter Aufsicht eines SiWä tagsüber gestattet.
- Arbeiten an der Fahrleitung werden vom Fahrleitungsdienst der RhB oder von einem geschulten Fahrleitungsspezialisten ausgeführt.
- Bahntechnische Anlagen im Arbeitsbereich sind vom Unternehmer gegen Beschädigung und Verschmutzung zu schützen und vor Fahrbarmeldung in betriebsbereiten Zustand zu bringen und ggf. zu reinigen.

## **8.5 BERICHT DES SACHVERSTÄNDIGEN**

Die Rhätische Bahn hat als Sachverständigen beauftragt:

Ulrich Sennhauser, Dipl. Bau-Ing ETH/SIA, Bächtold & Moor AG, Bern.  
Sein Bericht ist Dossierbeilage 06.1.

Der Bericht sowie die zugehörige Stellungnahme der RhB wird dem BAV sobald vorliegend zugestellt.

# **9 AUSSTECKUNG (PROFILIERUNG) UND KOMMUNIKATION**

## **9.1 AUSSTECKUNG**

Im Rahmen der Planaufgabe werden die Portalerhöhung am Portal Seite Chur und die Geländemodellierungen ebenfalls im Portalbereich Seite Chur ausgesteckt.

## 9.2 KOMMUNIKATION

Die Gemeinde Arosa sowie die vom Projekt direkt betroffenen Grundeigentümer und Anwohner wurden über das Projekt und seine Auswirkungen vororientiert. Am «Leistungsträgertreffen» der Gemeinde Arosa vom 24. Juni 2019 wurde zudem die Öffentlichkeit über das Projekt und die bevorstehende Planaufgabe informiert.

Im weiteren Projektverlauf werden die vom Projekt Betroffenen – insbesondere auch die Bahnkunden – regelmässig über Stand, Planung und Auswirkungen des Projektes orientiert.

## 10 TSI

Die Strecke Chur-Arosa ist nicht-operabel. Anforderungen gemäss TSI sind deshalb keine zur berücksichtigen.

## 11 TERMINE, BAUPROGRAMM

### 11.1 TERMINE

Es gelten folgende Ecktermine

- |   |            |
|---|------------|
| – Baubeginn (Vorarbeiten):                        | 14.04.2020 |
| – Baubeginn (Hauptarbeiten):                      | 29.06.2020 |
| – Inbetriebnahme (Abschluss Bahntechnikarbeiten): | 25.11.2022 |

Betreffend Termine der Bahnbetriebseinschränkungen siehe Dossierbeilage 17.1

### 11.2 BAUPROGRAMM

Siehe Dossierbeilage 17.1.

Hinweise:

- Der effektive Baubeginn 2020 wird sich nach den klimatischen Verhältnissen richten, soll aber so früh wie möglich erfolgen, um möglichst viel Vorarbeiten ausführen zu können.
- Der Beginn der Arbeiten in den Bausaisons 2021 und 2022 liegt jeweils eine Woche nach Ostern.
- Die «Aushubsperrung» und die Beschränkung lärmiger Arbeiten in der Sommersaison gemäss Polizeigesetz der Gemeinde Arosa werden bestmöglich eingehalten.

## 12 ÜBERWACHUNGSKONZEPT

Das Überwachungskonzept umfasst Massnahmen:

- zur Beweissicherung
- zur Gewährleistung der Betriebssicherheit
- zur Gewährleistung der strukturellen Sicherheit des Bauwerks und bestehender Bauten in der Nähe.

Zur Überwachung in den Bauphasen sind insbesondere vorgesehen:

- Geodätische Überwachung bestehender Bauten
- Geodätische Überwachung Tunnel und Portale

- Geodätische Überwachung Baugruben / Bauzustände
  - Erschütterungsmessungen in besonders exponierten Gebäuden.
- Details gemäss Dossierbeilage 21.

Betreffend Überwachungsmessungen im Zusammenhang mit Umweltaspekten siehe auch Kapitel 5.

## 13 KOSTEN

Der Kostenvorschlag geht von Investitionskosten von CHF 30.6 Mio. (Preisbasis Juni 2020, +/-20%, exkl. MWSt.) aus.

Position	Kosten	Bemerkung
	CHF, +/- 20%, Mai 2019	
Allgemeiner Tiefbau, Kunstbauten und Ausbau	22'600'000	
Bahntechnik	1'650'000	
Land + Rechte	200'000	
Sicherungsanlagen	50'000	
Honorare	2'700'000	
Diverses	3'400'000	
<b>Total</b>	<b>30'600'000</b>	<b>exkl. MWSt.</b>