



Gemeinden Cham und Hünenberg

Umfahrung Cham - Hünenberg (UCH)

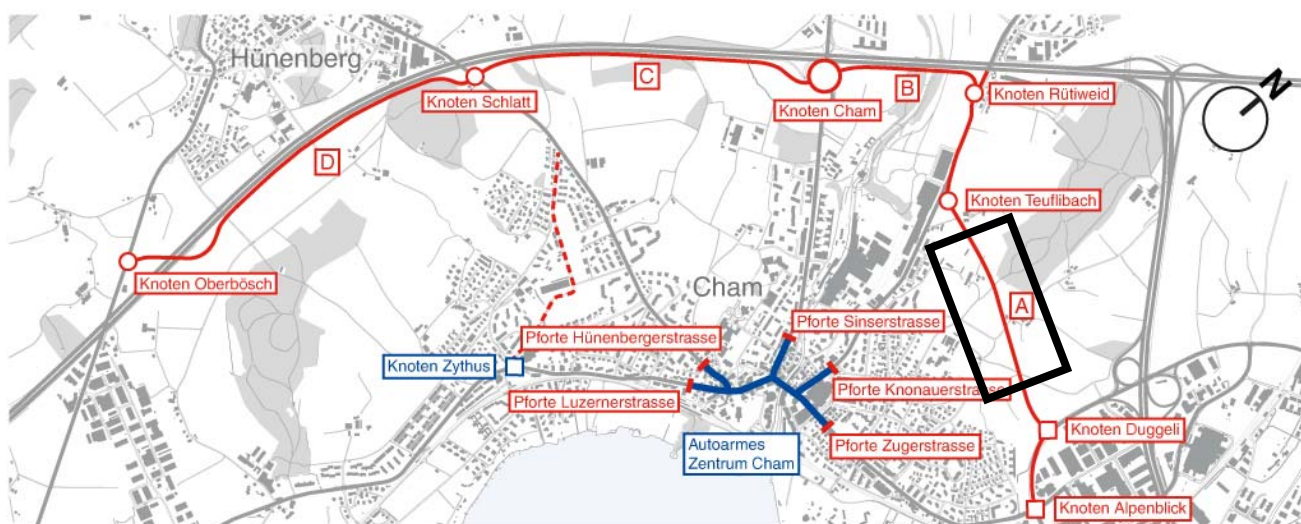
Abschnitt: A (Knoten Teuflibach – Knoten Alpenblick)

Teilstrecke: Tunnel Städtlerwald

BW Nr. 442.01

Bau- und Auflageprojekt

Technischer Bericht



Der Kantonsingenieur:

Dok. Nr. TU.001
Datum: 30.09.2014 / MFue
Rev.:
Visum: 30.09.2014 / MFue

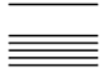
Auftrags-Nr.: 10N00089

Planer:



Amberg Engineering AG, Rheinstrasse 4, 7320 Sargans

Bauherr: Tiefbauamt des Kantons Zug, Aabachstrasse 5, 6300 Zug, Tel. 041 / 728 53 30



Änderungsverzeichnis Version

Nr.	Datum	Inhalt	Visum Bauherrschaft
1.	19.07.2012	SISTO angepasst von „Süd“ nach „Nord“	
2.	31.07.2012	Projektänderung zusätzliche Druckleitungen (Pumpleitungen) im Tunnel	
3.	10.07.2014	Löschwasserleitung in SISTO, Portalstation SISTO anpassen	
4.	25.08.2014	Löschwasserleitung Tunnel, SISTO Durchmesser ändern von 150 auf 125 mm	
5.	30.12.2014	Anpassung gem. Vernehmlassung, Sitzung 02.10.2014, Prüfbericht	
6.			

Inhalt	Seite
1. ZUSAMMENFASSUNG	5
2. EINLEITUNG	6
2.1. Übersicht Projekt Umfahrung Cham - Hünenberg	6
2.2. Übersicht Tunnel Städtlerwald	6
2.3. Projektorganisation, Auftrag und Ziel	6
2.4. Projektbestandteile und Abgrenzung	6
3. GRUNDLAGEN	7
3.1. Normen	7
3.2. Richtlinien und Merkblätter	7
3.3. Projektgrundlagen	8
3.4. Baustoffe	9
4. GEOLOGIE, HYDROGEOLOGIE	10
5. PROJEKTBESCHRIEB	11
5.1. Tunnel	11
5.1.1. Linienführung	11
5.1.2. Bergmännischer Tunnel	11
5.1.3. Tagbautunnel	11
5.1.4. Normalprofil	12
5.1.5. Abdichtung und Entwässerung	16
5.1.6. Verkleidung (Innengewölbe)	19
5.1.7. Bankettausbau	20
5.1.8. Sohlensausbau	21
5.1.9. Wasserversorgung	21
5.2. Fluchtweg	22
5.2.1. Sicherheitsstollen (SISTO)	22
5.2.2. Portalstation SISTO	25
5.2.3. Überdrucklüftung	26
5.2.4. Betriebszentrale Stumpen (Ost)	27
5.2.5. Stapelbecken	27
6. BAUAUSFÜHRUNG	28
6.1. Baustelleneinrichtungen und Installationsflächen	28
6.1.1. Erschliessung	28
6.1.2. Verkehrsführung in der Bauphase	28
6.1.3. Installationsflächen	28
6.1.4. Baustelleneinrichtungen	28
6.1.5. Bauwerksüberwachung	29
6.2. Vortriebskonzept	29
6.2.1. Bauablauf	29
6.3. Sicherungsmittel	31
6.4. Voreinschnitte	32
6.4.1. Voreinschnitt Stumpen (Ost)	32
6.4.2. Voreinschnitt Spiess (West)	32
6.4.3. Baugrube Betriebszentrale Stumpen	32
6.4.4. Voreinschnitt Sicherheitsstollen	33
6.5. Abbau- und Sprengvorschriften	33
6.6. Materialbewirtschaftung, Transport und Deponie	35
7. LANDERWERB, ENTEIGNUNG, RODUNG	37
8. TERMINE	38
8.1. Ausführung	38

9. KOSTEN

39

Anhang

Anhang A Generelles Bauprogramm

Beilage

-

1. ZUSAMMENFASSUNG

Eine ausführliche Beschreibung des Verkehrskonzeptes der einzelnen Abschnitte für die Umfahrung Cham – Hünenberg (UCH) ist in der übergeordneten Nutzungsvereinbarung für das Gesamtprojekt der Umfahrung enthalten.

Der Abschnitt A ist rund 1800 m lang und beinhaltet die neue Verbindungsstrasse zwischen der Knonauerstrasse (Knoten Teuflibach) und den Knoten Duggeli und Alpenblick.

Der Tunnel Städtlerwald ist zentrales Element des Abschnitts A und Gegenstand dieses Technischen Berichtes. Er wird im Gegenverkehr betrieben.

Das Längsgefälle des Tunnels beträgt konstant 1.0% und das Quergefälle 4.0%. Der 543 m lange Tunnel wird auf einer Länge von 400 m bergmännisch erstellt. Am Ost- und Westportal werden 143 m als Tagbautunnel gebaut.

Nach Aufbringen der Ausbruchsicherung wird der Tunnel mit einer Abdichtungsfolie (partielle Abdichtung) versehen. Als Innenausbau ist ein geschaltes Innengewölbe aus Beton vorgesehen. Die beiden Portalbereiche werden im Tagbau erstellt werden und ebenfalls abgedichtet. Beim Portal Stumpen (Ost) wird zudem nördlich der Strasse eine eingeschossige Betriebszentrale Stumpen vorgesehen.

Eine Tunnellüftung mittels Strahlventilatoren ist nicht geplant, da sie weder für den Normalfall noch für den Brandfall erforderlich ist. Zu den Sicherheitseinrichtungen gehört in baulicher Hinsicht nebst den SOS-Nischen und Hydrantennischen auch ein Sicherheitsstollen (SISTO), welcher in Tunnelmitte angeordnet ist. Der Sicherheitsstollen ist 186 m lang und wird teilweise bergmännisch, teilweise im Tagbau erstellt. Der Ausbau des Sicherheitsstollens erfolgt mit Spritzbeton. Eine Abdichtung ist nicht vorgesehen. Am Ende des Sicherheitsstollens ist eine Portalstation angeordnet, die die nötige Sicherheitsausrüstung beherbergt.

Der vorliegende Technische Bericht bezieht sich auf den Tunnel Städtlerwald zwischen km 410'296 und km 410'839, den Sicherheitsstollen mit Portalstation sowie die Betriebszentrale am Tunnelportal Stumpen (Ost).

2. EINLEITUNG

2.1. Übersicht Projekt Umfahrung Cham - Hünenberg

Die Beschreibung des gesamten Projektes Umfahrung Cham – Hünenberg ist dem übergeordneten Bericht zu entnehmen.

Der vorliegenden Bericht beschreibt den Tunnel Städtlerwald als Bestandteil von Abschnitt A, Knoten Teuflibach – Knoten Alpenblick (Fachbereich Bau).

2.2. Übersicht Tunnel Städtlerwald

Schlüsselobjekt im Abschnitt A und Gegenstand dieses Technischen Berichtes ist der neu zu erstellende Tunnel Städtlerwald (BW Nr. 442.01) mit einer Gesamtlänge von ca. 543 m, welcher im Gegenverkehr betrieben werden soll. Die Ausbaugeschwindigkeit im Tunnel beträgt 80 km/h. Für Fussgänger, Rad- und Mofafahrer ist der Tunnel gesperrt. Die Horizontalradien des Tunnels wurden dabei auf die Anhaltesichtweiten ausgelegt. Im Tunnel sind auf beiden Seiten Bankette vorgesehen, deren Breite den Anforderungen an die Sichtweiten genügen.

Der Tunnel verläuft ausserhalb des Siedlungsgebietes ist ost-westlicher Richtung und unterquert überwiegend Wald- und Landwirtschaftsflächen. Er besteht aus zwei kurzen Tagbaustrecken von 143 m und einem bergmännisch aufgefahrener Abschnitt von 400 m Länge. Die beiden Tunnelportale (Ost und West) liegen im Einschnitt der, gegenüber dem anstehenden Gelände, abgesenkten Umfahrungsstrasse.

2.3. Projektorganisation, Auftrag und Ziel

Das Tiefbauamt des Kantons Zug als Bauherrschaft hat die Firma Amberg Engineering AG als Projektverfasser mit der Optimierung des Bauprojektes für den Tunnel Städtlerwald, den Sicherheitsstollen und die Betriebszentrale beauftragt.

Ziel ist die Erstellung des Bauprojektes für bezeichnete Objekte zur Erlangung der Bewilligung des Baugesuches.

2.4. Projektbestandteile und Abgrenzung

Bestandteil dieses Dokumentes ist die technische Beschreibung des Bauverfahrens und des Bauwerkes des Tunnel Städtlerwald, des Sicherheitsstollens und der Betriebszentrale Stumpen (Ost).

Nicht enthalten in diesem Bericht sind die Beschreibung der offenen Strecke ausserhalb des Tunnels sowie die Beschreibung der Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen.

3. GRUNDLAGEN

3.1. Normen

SIA-Normen, insbesondere:

- SIA-Normen, insbesondere:
- SIA 197 (2004) Projektierung Tunnel, Grundlagen
- SIA 197/2 (2004) Projektierung Tunnel, Strassentunnel
- SIA 118/198 (2007) Allgemeine Bedingungen für Untertagbau
- SIA 260 (2003) Grundlagen der Projektierung von Tragwerken
- SIA 261 (2003) Einwirkungen auf Tragwerke
- SIA 262 (2003) Betonbau
- SIA 118/262 (2004) Allgemeine Bedingungen für Betonbau
- SIA 267 (2003) Geotechnik
- SIA 118/267 (2004) Allgemeine Bedingungen für Geotechnik
- SIA 272 (1980) Abdichtung und Entwässerung von Bauten unter Terrain und im Untertagbau
- SIA 118/272 (2009) Allgemeine Bedingungen für Abdichtung und Entwässerung von Bauten unter Terrain und im Untertagbau

VSS-Normen

3.2. Richtlinien und Merkblätter

ASTRA-Richtlinien, insbesondere:

- 11001, Normalprofile die Rastplätze und die Raststätten der Nationalstrassen, 2002
- 11002, Berücksichtigung des Unterhalts bei der Projektierung und dem Bau der Nationalstrassen, 2002
- 12001, Projektierung und Ausführung von Kunstbauten der Nationalstrassen, 2005
- 12004, Konstruktive Einzelheiten von Brücken, 2008
- 12005, Boden und Felsanker, 2007 V3.10
- 13001, Lüftung der Strassentunnel, Ausgabe 2008 V2.01
- 13002, Lüftung der Sicherheitsstollen von Strassentunneln, Ausgabe 2008 V1.02
- 13004, Branddetektion in Strassentunneln, Ausgabe 2007 V2.10

- 13006, Funksysteme in Strassentunneln, Ausgabe 2007 V3.02
- 13011, Türen und Tore in Strassentunneln, Ausgabe 2009 V1.00
- 13012, Verkehrszähler, Ausgabe 2009 V1.02
- 13012, Anlagenkennzeichnungssysteme Schweiz, Ausgabe 2009 V1.00
- Entwurf 13010; Signalisation der Sicherheitseinricht. in Tunneln, Ausgabe 2009 V1.99b
- Entwurf 13005; Verkehrsfernsehen, Ausgabe 2005
- Entwurf 13007, Notruftelefonanlagen, Ausgabe 2005

3.3. Projektgrundlagen

- Nutzungsvereinbarung
- Projektbasis
- Beschlüsse der Projektierungssitzungen

3.4. Baustoffe

Bauteil	Baustoffe
Tunnelaussenschale resp. Ausbruchsicherung	Spritzbeton SC 2 und SC 3 (C25/30, X0 bzw. XA1, XD1) Bewehrungsstahl B500B, Netzte B500A Gitterträgereinbau S 235 Felsanker falls erforderlich: Reibrohranker, vollvermörtelt, definitive Festlegung der Korrosionsschutzstufen in den Ausschreibungsunterlagen.
Sicherheitsstollen Verkleidung	Spritzbeton SC 6 (C30/37, XA1, XD1, XC3, XF3) Bewehrungsstahl B500B, Netzte B500A
Ortbeton des Tunnelausbaus (Sohlen- und Innenbeton)	Beton C30/37 für Wände und Decken XC4, XD3, XF4 für Sohlgewölbe XC3, XD1 Bewehrungsstahl B500B, Netzte B500A
Konstruktionsbeton Tagbautunnel (Sohle, Wände, Decke)	Beton C30/37 für Wände und Decken XC4, XD3, XF4 für Sohlgewölbe XC3, XD1 Bewehrungsstahl B500B
Konstruktionsbeton Zentralen (Elektro- und Lüftungszentrale)	Beton C30/37, XC3, XD3, XF4 Bewehrungsstahl B500B
Abdichtung bergmännischer Tunnel	PE, FPO, PVC o.ä. Folien auf Ausgleichsschicht oder Schutzfolie gem. SN Norm SIA 272 Die Detailfestlegungen werden in den Ausschreibungsunterlagen getroffen (Schichtaufbau, Folien = Stärke, Schutz- und Ausgleichsschichten, Drainagemassnahmen und weitere Zusatzmassnahmen).
Abdichtung Tagbautunnel, Zentralen	PBD-Abdichtung, vollflächig aufgeflammt, darüber 10 cm Schutzmörtel, in der Schräge mit Schutzschicht. Die Detailfestlegungen werden in den Ausschreibungsunterlagen getroffen.
Sickerrohre	HDPE-Sickerrohre
Entwässerungsleitungen	HDPE-Rohre
Leerrohranlagen (Kabelschutzrohre)	Kabelschutzrohre Polyethylen
Hydrantenleitung	HDPE oder duktiler Guss

4. GEOLOGIE, HYDROGEOLOGIE

Die Dr. von Moos AG wurde in den Jahren 2002, 2008 und 2011 mit der Durchführung von Baugrunduntersuchungen im Projektgebiet beauftragt.

Die Auswertung dieser zeitlich versetzten Untersuchungen sind im Bericht „Umfahrung Cham – Hünenberg, Abschnitt A: Tunnel Städtlerwald, Geologischen Bericht Nr. 9433A“ vom 03. November 2011 der Dr. von Moos AG zusammengefasst.

Die für die statischen und geotechnischen Berechnungen herangezogenen Kennwerte sind auch in der Projektbasis für den Tunnel aufgeführt.

5. PROJEKTDESCRIB

5.1. Tunnel

5.1.1. Linienführung

Der Tunnel Städtlerwald weist von Portal zu Portal eine Länge von insgesamt 543 m auf verläuft in einer leichten Kurve mit anschliessender Gerade (siehe Abbildung 1).

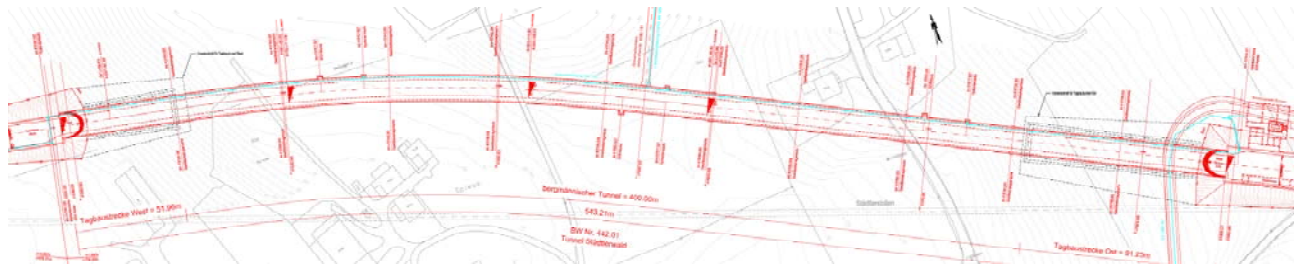


Abbildung 1: Skizze Linienführung Abschnitt A (siehe auch Plan TU.131)

Die Steigung des Tunnels von Ost nach West beträgt konstante 1.0% und das Quergefälle durchgehend 4.0%. Die Überdeckung des Tunnels aus Lockergestein respektive Fels variiert und beträgt in Tunnelmitte maximal 15 m.

5.1.2. Bergmännischer Tunnel

Die Länge des bergmännisch aufgefahrenen Tunnels Städtlerwald beträgt 400 m. Der Tunnel wird von Ost nach West steigend ausgebrochen. Der Vortrieb ist mit einer Unterteilung des Ausbruchsquerschnitts in Kalotte – Strosse – Sohle vorgesehen.

Die Abbauart und die geplanten Ausbruchssicherungsklassen für den bergmännisch vorgetriebenen Tunnel werden in den Kapiteln 6.2 und 6.3 näher beschrieben.

5.1.3. Tagbautunnel

Die Länge der Tagbaustrecke Ost (Stumpen) des Tunnels beträgt rund 91 m und die der Tagbaustrecke West (Spiess) rund 52 m. Beide Tagbautunnel werden in einer offenen, geböschten Baugrube erstellt. Die Einschnitte der Tagbautunnel liegen zu 50% – 70% im Molassefels, sodass auf eine aufwendige Baugrubensicherungen grösstenteils verzichtet werden kann. Die maximale Einschnitttiefe beträgt ca. 17 m.

Die Vorgehensweise des Aushubs, die Böschungsneigung und die geplanten Sicherungsmittel der Tagbaustrecken werden im Kapitel 6.4 näher beschrieben.

5.1.4. Normalprofil

Sowohl für die Tagbaustrecke wie auch für den bergmännischen Teil des Tunnels wurde das gleiche Tunnelnormalprofil verwendet. Die Koten der massgebenden Elemente, wie Bankette, Randstein, Schlitzrinne, Entwässerungsleitung und Werkleitungen, befinden sich in beiden Tunnelabschnitten jeweils in gleicher Lage und Höhe (siehe Plan Normalprofile TU.101). Durch diese klare konzeptionelle Anordnung wird eine einfache Linienführung der Werkleitung erreicht.

Im Tunnel an sich ist keine Standspur vorgesehen. Die Anforderungen an das geometrische Normalprofil (GNP) für die Ausnahmetransportroute Typ II a werden eingehalten.

Die Tunnelparameter beider Profile werden zum Schutz des Betons und zur Verbesserung der Lichtreflexion beschichtet.

Das **Normalprofil des bergmännischen Tunnel** (siehe Abbildung 2) weist folgende charakteristischen Merkmale auf, die in den nachfolgenden Kapitel noch näher beschrieben werden:

- Ausbruchquerschnitt 97.65 m².
- Zweischaliger Ausbau, bestehend aus Ausbruchsicherung, Schutz- und Drainagematte, Abdichtungsfolie und Innengewölbe.
- Sohlgewölbe.
- Ableitung von möglichem Bergwasser mittels Gewölbedrainageleitung NW 200 mm.
- Strassenentwässerungsleitung HDPE NW 400 mm
- Je ein Kabelrohrblock mit 8 Rohren NW 120/132 mm in den Banketten.
- Eine Hydrantenleitung NW 125 mm im Bankett Nord.
- Durchgehende Schlitzrinne Südseite.
- Durchgehende Sickerleitung zentral auf dem Sohlgewölbe. (Sohlendrainageleitung)
- Druckleitung (Pumpleitung) HDPE NW 250 für Abwasser der Strassenentwässerungsleitung
- Druckleitung (Pumpleitung) HDPE NW 250 für Sauberwasser der Drainageleitungen (Sicker- und Bergwasser, Sohlendrainage)



Abbildung 2: Skizze Normalprofil bergmännischer Tunnel (siehe auch Plan TU.101)

Das **Normalprofil des Tagbautunnel** (siehe Abbildung 3) weist folgende charakteristischen Merkmale auf, die ebenfalls in den nachfolgenden Kapitel noch näher beschrieben werden:

- Kreisförmiger Querschnitt mit gleichen Innenmassen wie der bergmännische Tunnel.
- Aussenliegende Abdichtung mit PBD und Schutz- und Drainagematte.
- Sohlgewölbe.
- Sickerleitung NW 200 mm beidseitig auf der Gewölbeaussenseite.
- Strassenentwässerungsleitung HDPE NW 400 mm
- Je ein Kabelrohrblock mit 8 Rohren NW 120/132 mm in den Banketten.
- Eine Hydrantenleitung NW 125 mm im Bankett Nord.
- Durchgehende Schlitzrinne Südseite.
- Durchgehende Sickerleitung zentral auf dem Sohlgewölbe. Druckleitung (Pumpleitung) HDPE NW 250 für Abwasser der Strassenentwässerungsleitung
- Druckleitung (Pumpleitung) HDPE NW 250 für Sauberwasser der Drainageleitungen (Sicker- und Bergwasser, Sohlendrainage)

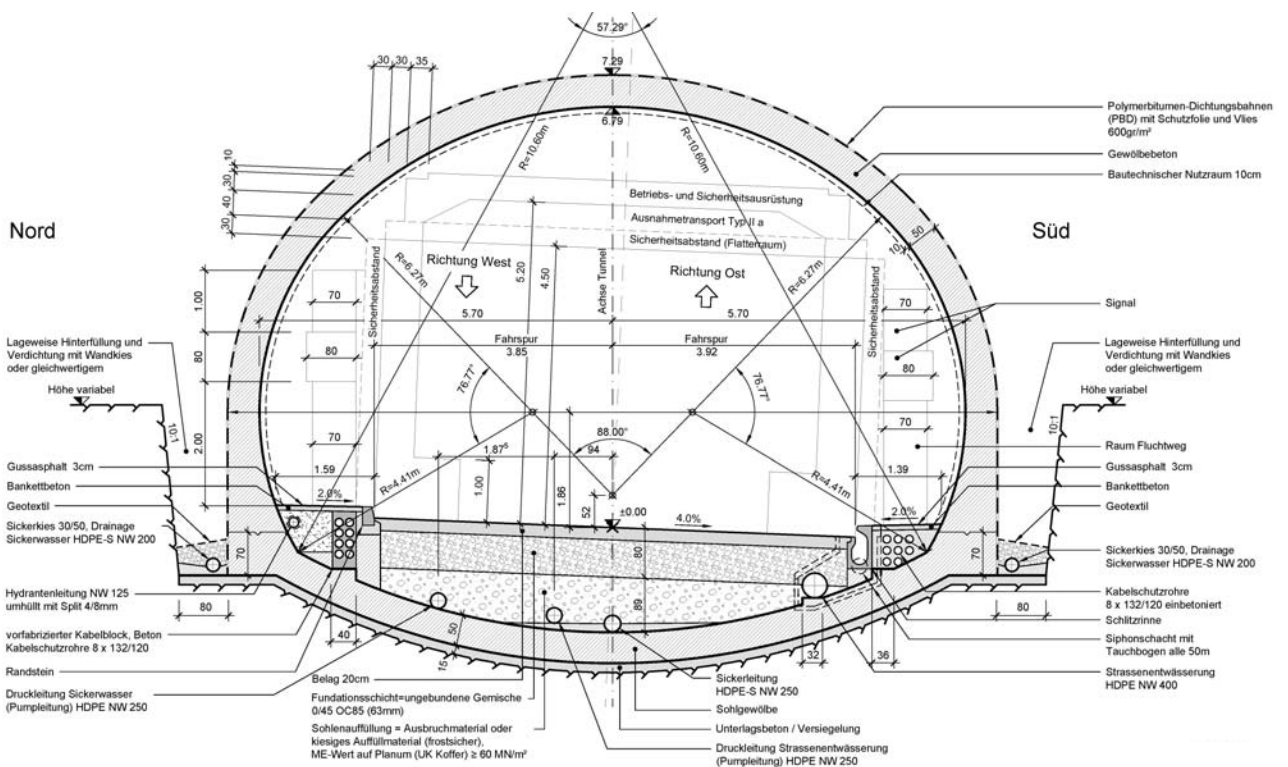


Abbildung 3: Skizze Normalprofil Tagbautunnel (siehe auch Plan TU.101)

Für Sicherheits- und Unterhaltseinrichtungen wird das Normalprofil des bergmännisch aufgefahre-
nen Tunnels mit einer Nische ergänzt werden.

Zu den Sicherheitselementen gehören zum einen die insgesamt drei SOS-Nischen, die wechsel-
seitig angeordnet werden (eine auf der Südseite und zwei auf der Nordseite). Die Abstände betra-
gen von Ostportal zu Westportal 141.6 m – 140 m – 140 m – 121.6 m. Der nach Norm SIA 197/2
vorgeschriebene Abstand von maximal 150 m ist somit eingehalten.

Ein weiteres Sicherheitselement sind die drei Hydranten-Nischen im Tunnelbereich, die sich auf
der Nordseite befinden. Die Abstände betragen von Ostportal zu Westportal 121.4 m – 140 m –
140 m – 141.6 m. Auch hier wird der nach Norm geforderte maximale Abstand von 150 m gewähr-
leistet.

Der Notausgang zum Sicherheitsstollen befindet sich in Tunnelmitte (km 410'567.627) auf der
Nordseite, d.h. der Sicherheitsstollen ist jeweils 271 m vom Portal entfernt.

Für den Unterhalt der Gewölbedrainage werden in einem Abstand von ca. 50 m auf beiden Seiten
des Gewölbes Gewölbedrainagenischen angeordnet, in denen der Spülschacht der Drainagelei-
tung angeordnet wird. Im Block mit den Gewölbedrainageschächte wird jeweils auch der Siphon-
Schacht der Strassenentwässerung angeordnet.

Von den insgesamt 53 Blöcken mit einer Länge von 10 m werden 17 Blöcke mit einer Nische oder
einem Notausgang ausgeführt. Die Blöcke am Portal der beiden Tagbautunnel haben eine Länge
von 6.60 m.

Sollten vom Tunnelverkehr im Betriebszustand Lärmemissionen von den Portalzonen ausgehen,
können in den Tagbautunnels in Portalnähe allfällige Lärmschutzverkleidungen angebracht wer-
den.

Entwässerung Strassenabwasser und Tunnelabwasser

Alle Fahrbahnabwässer (Meteorwasser aus der Vorzone West, in den Tunnel eingetragenes Schleppwasser, Waschwasser bei der Tunnelreinigung, Löschwasser und Havarieflüssigkeit) müssen rasch aus dem Fahrraum abgeleitet werden können. Hierfür sind neben der Fahrbahn Schlitzrinnen vorgesehen.

Im Tunnelbereich wird zur Fassung der anfallenden Wassermengen am Fahrbahnrand eine Schlitzrinne angeordnet. Da das Quergefälle des Tunnels nicht wechselt, reicht eine Schlitzrinne auf der tiefer liegenden Strassenseite (Süd) aus. Die Schlitzrinne mündet in regelmässigen Abständen in Siphonschächten, welche alle ca. 50 m ebenfalls auf der tiefer liegenden Fahrbahnseite im Bankettbereich angeordnet sind. Siphonierte Abläufe sollen die Rückführung von explosiven Gasen in den Fahrraum verhindern. In diesem Fall wird das mit einem Tauchbogen gewährleistet.

Das System der Siphonschächte ist in der Abbildung 5 und Abbildung 6 beispielhaft dargestellt. (Beispiel aus anderem Projekt mit anderem Rohrdurchmesser) Die Schachtabdeckung erfolgt mit einer Stufenabdeckung (z.B. BGS Bauguss AG, Typ 2124). Die Siphonschächte sind so ausgebildet, dass sowohl der Unterhalt der Schlitzrinne wie auch derjenige der Hauptentwässerung über diese erfolgen kann.

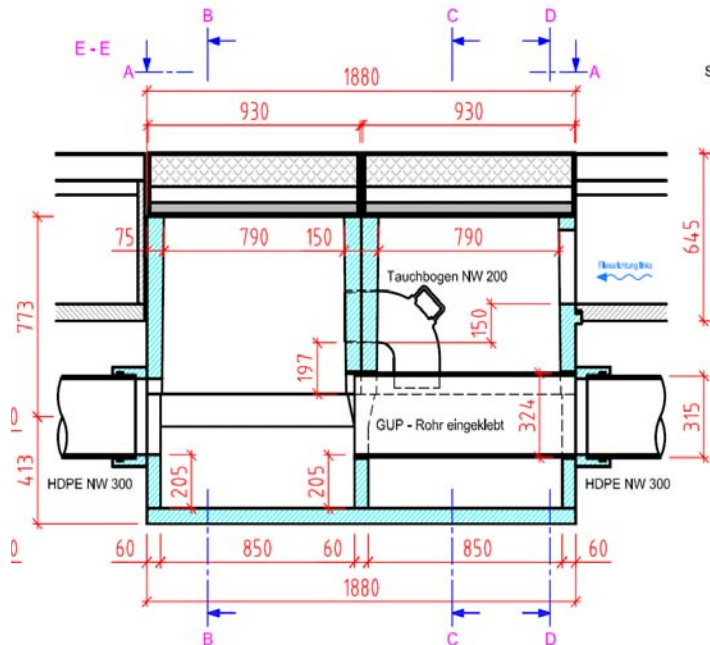


Abbildung 5: Systemskizze Längsschnitt durch Siphonschacht, Schnitt durch Schlitzrinne (Beispiel aus anderem Projekt)

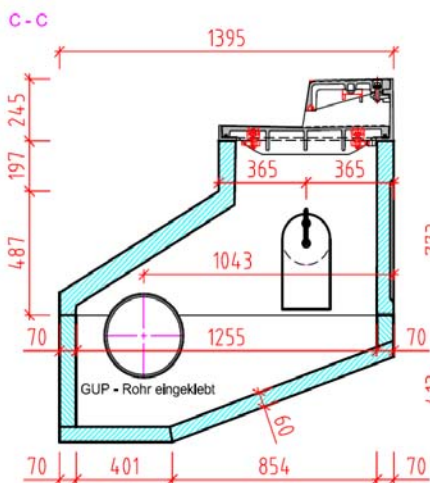


Abbildung 6: Systemskizze Querschnitt durch Siphonschacht (Beispiel aus anderem Projekt)

Die Hauptsammelleitung (HDPE, NW 400 mm) befindet sich im Sohlenbereich auf der tiefer liegenden Fahrbahnseite neben der Schlitzrinne (siehe Abbildung 7) und folgt dem Längsgefälle des Tunnels von 1.0%. Die Leitung läuft durch den Schacht hindurch (als Halbschale in zweiter Kammer des Schachtes).

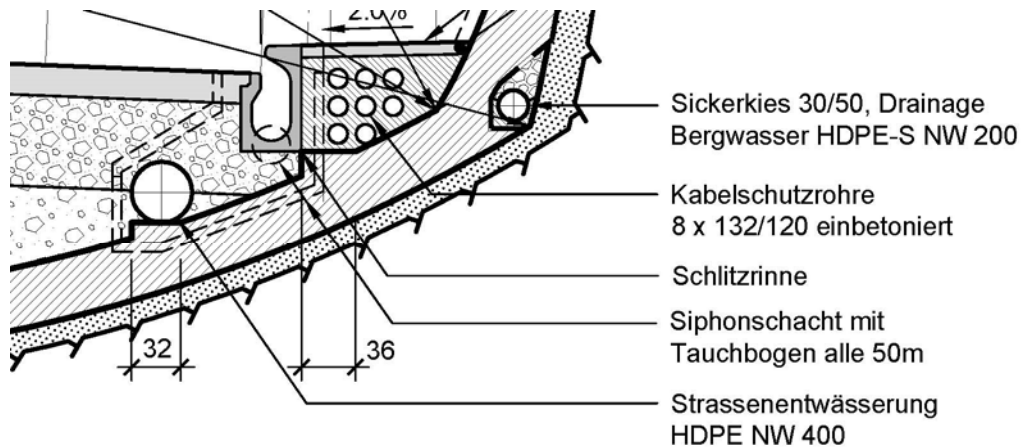


Abbildung 7: Skizze Hauptsammelleitung (siehe auch Plan TU.101)

Dass mehrere der Lastfälle Meteorwasser aus der Vorzone West, in den Tunnel eingetragenes Schleppwasser, Waschwasser bei der Tunnelreinigung, Löschwasser und Havarieflüssigkeit zeitgleich auftreten ist sehr unwahrscheinlich. Deshalb wird bei der Dimensionierung der Fahrbahnenentwässerung jeweils nur der massgebende Einzelfall berücksichtigt. Die Hauptsammelleitung wird für eine Menge von 100 l/s im freien Abfluss bemessen. Kurzzeitig kann sie eine Spitze von 200 l/s ableiten. Die Ableitung des gesamten Wassers erfolgt zum Tiefpunkt beim Ostportal.

Die anfallenden Wässer der Entwässerungen des Tunnels werden gesammelt und an das Tunnelportal Stumpen (Ost) geleitet und dort an das Entwässerungssystem der offenen Strecke übergeben.

Das Abwasser aus der Strassenentwässerungsleitung aus dem Tunnel wird ab dem Portal Stumpen (Ost) in einer Druckleitung (HDPE NW 250 mm) auf dem Sohlgewölbe an das Portal West gepumpt. Für diese Leitung sind Schächte alle 50 bis 75 angeordnet.

5.1.6. Verkleidung (Innengewölbe)

Die Blocklänge beträgt normalerweise 10 m, mit Ausnahme der Ausgleichsblöcke an den Portalen, die 6.60 m lang sind.

Das Innengewölbe des Tunnels besteht aus einer vor Ort betonierten Innenschale mit einer Stärke von umlaufend mind. 30 cm im Gewölbebereich und von 40 cm im Sohlbereich für den bergmännischen Tunnel. Im Tagbaubereich beträgt die Innenschalenstärke 50 cm für das Gewölbe und die Sohle.

Das Gewölbe wird in den Normalblöcken unbewehrt ausgeführt. In Blöcken mit Nischen (Hydrant-, SOS- oder Gewölbedrainagenische) wird das Gewölbe mit einer Nische mit maximaler Länge von 1.60 m versehen und daher aus statischen Gründen bewehrt ausgeführt.

5.1.7. Bankettausbau

Auf beiden Seiten des Tunnels ist je ein Bankett angeordnet, welche 2% Neigung zur Fahrbahn aufweisen. Die Breite des Bankettes auf der Kurvenaussenseite (Nordseite) beträgt 1.59 m und auf der Kurveninnenseite (Südseite) 1.39 m (siehe Abbildung 8).

Im Bankette auf der Kurvenaussenseite werden 8 Kabelschutzrohre (NW 132/120 mm) in einem Kabelrohrblock vorgesehen. Zudem enthält das Bankett eine eingesplittete Hydrantenleitung (NW 125 mm). Der Abschluss des Banketts gegenüber der Strasse erfolgt mittels einem Randstein mit 18 cm Anschlag als vorfabriziertes Betonelement.

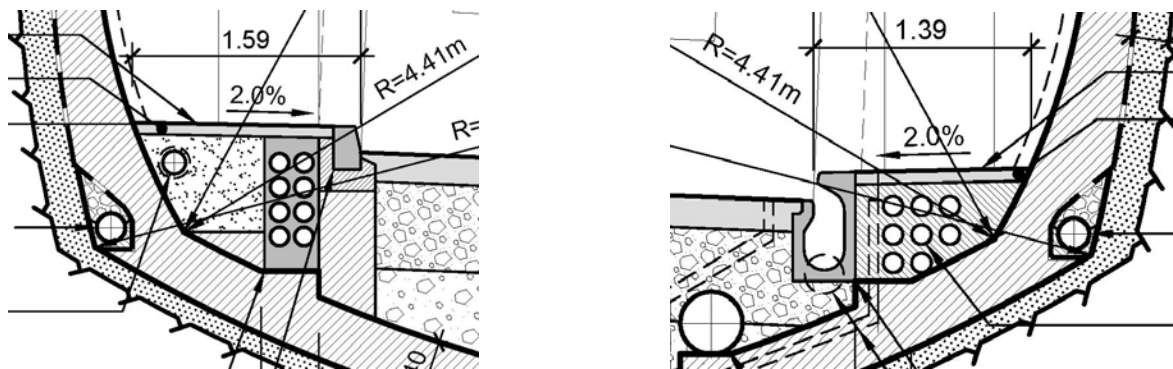


Abbildung 8: Skizze Bankett Nord (links) und Bankett Süd (rechts) (siehe auch Plan TU.101)

Auf der Kurveninnenseite werden im Bankett ebenfalls 8 Kabelschutzrohre (NW 132/120mm) vorgesehen. Der Kabelblock kann als vorfabriziertes Betonelement oder in Ortbeton erstellt werden. Der Abschluss zur Strasse erfolgt hier mit der Schlitzrinne und ebenfalls einem Anschlag von 18 cm.

Die Kabelschächte in den Banketten sind 2.0 m lang und 0.80 m breit. Die Kabelschächte werden in die Sohlenauffüllung entwässert. Die Erschliessung von elektromechanischen Komponenten im Fahrraum erfolgt über in der Innenschale einbetonierte Kabelrundschräge (4 KSR NW 80 mm), die in den Schächten beginnen respektive enden.

Grundsätzlich ist in jedem fünften Block beidseitig ein Kabelschacht angeordnet. Zusätzlich ist vor jeder SOS-Nische ein Kabelschacht angeordnet. Die genaue Lage der Kabelschächte mit Kabelrundschrägen ist durch den Projektverfasser BSA definiert. Insgesamt sind 27 Kabelschächte vorgesehen.

5.1.8. Sohlenausbau

Das Sohlgewölbe wird mit einem Radius von ca. 10.60 m erstellt und weist im Tagbaubereich eine Stärke von 50 cm und im Bereich des bergmännisch aufgefahrenen Tunnels von 40 cm auf (siehe Abbildung 9). Das Sohlgewölbe muss teilweise bewehrt ausgeführt werden, um einen möglichen Quelldruck aufnehmen zu können.

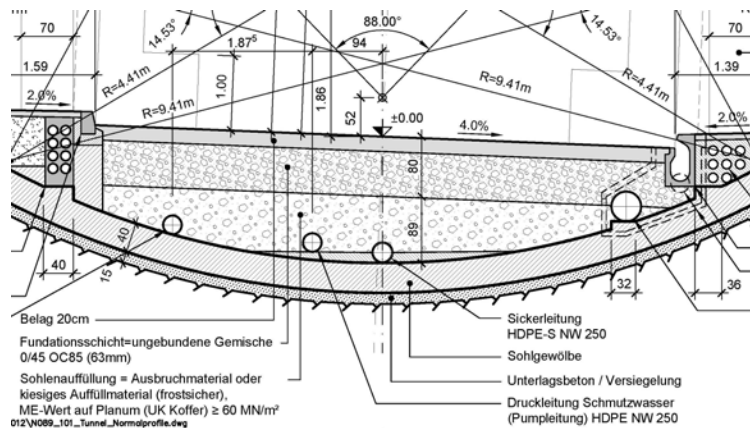


Abbildung 9: Skizze Sohlenausbau (bergmännischer Tunnelbereich, siehe Plan TU.101)

Der Sohlbereich des Tunnels wird nach Herstellung des Betonsohlgewölbes bis auf eine Höhe von ca. 89 cm mit kiesigem Auffüllmaterial (frostsicher) aufgefüllt. Danach folgt eine Fundamentalschicht mit ungebundenen Gemischen und der eigentliche Fahrbahnaufbau mit einer Stärke von insgesamt 80 cm.

Am tiefsten Punkt des Sohlgewölbes wird zur Fassung des Kluftwasser, welches aus den Gewölbedrainageschächten in die Auffüllung abgeleitet wurde (siehe 5.1.5, Abbildung 4), eine Sickerleitung (HDPE-S NW 250 mm) verlegt.

Zudem werden auf dem Sohlgewölbe in der Auffüllung zwei Druckleitungen (Pumpleitungen) verlegt. Durch diese Leitungen werden das Abwasser der Strassenentwässerung und das Sickerwasser ab dem Portal Ost an das Portal West gepumpt und an die offene Strecke übergeben.

5.1.9. Wasserversorgung

Die im nördlichen Bankett verlegte Hydrantenleitung wird ringsum eingesplittet, um den Unterhalt und ein eventuelles Austauschen der Leitung zu vereinfachen. Die Leitung wird so angeordnet, dass sie auch im Bereich der Kabelschächte nicht verzogen werden muss. Die drei Hydranten-Nischen befinden sich daher auch ausschliesslich auf der Nordseite des Tunnels. Ihr Abstand zum Portal und untereinander beträgt unter 150 m.

Vor den beiden Tunnelportalen ist jeweils ein Hydrant auf der Seite der Einfahrtsspur angeordnet; ein zusätzlicher auf der Nordseite am Westportal.

Ebenfalls eine Löschwasserleitung wird am Parament des SISTO geführt. Diese wird an die Hydrantenleitung des Tunnels und an die bestehende Leitung in der Strasse vor der Portalstation SISTO angeschlossen. Unmittelbar nach der Notausgangstüre vom Tunnel in den SISTO wird im SISTO eine Wasserbezugsstelle (Storz-Kupplung) vorgesehen.

Die Löschwasserleitung und die Hydranten müssen über die gesamte Länge mittels Rohrbegleitheizung beheizt werden, damit bei Frost, keine Schäden entstehen. Die Schaltung der Löschwas-

serheizung erfolgt temperaturabhängig mittels selbstregulierenden Kabeln, der Anschluss erfolgt ab einer Normalnetz-Unterverteilung.

5.2. Fluchtweg

5.2.1. Sicherheitsstollen (SISTO)

Die Länge des Tunnels Städtlerwald beträgt 543 m bei einer Längsneigung von 1.0%, so dass nach Norm SIA 197/2 ein Fluchtweg anzuordnen ist. Aus diesem Grund wird ein Sicherheitsstollen als Fluchtweg vorgesehen, welcher mit einer Länge von insgesamt 186 m in nord-südlicher Richtung verläuft und bis an die Geländeoberfläche nördlich des Tunnels ins Freie führt (siehe Abbildung 10). Der Notausgang zum Sicherheitsstollen befindet sich in Tunnelmitte. Zwischen den horizontal ausgebildeten Anfangs- und Endbereichen weist der Stollen eine Steigung von 7% auf.

Der Sicherheitsstollen wird auf einer Länge von 152.82 m vom Tunnel aus bergmännisch aufgeföhren. Auf einer Strecke von 19.58 m wird der Sicherheitsstollen hingegen als Tagbautunnel erstellt werden, an dessen südlichen Ende die Portalstation mit einer Länge von 11.60 m anschliesst. Das Soll-Profil des Stollens entspricht mit 2.00 m Breite und 2.50 m Höhe den Anforderungen gemäss Norm.

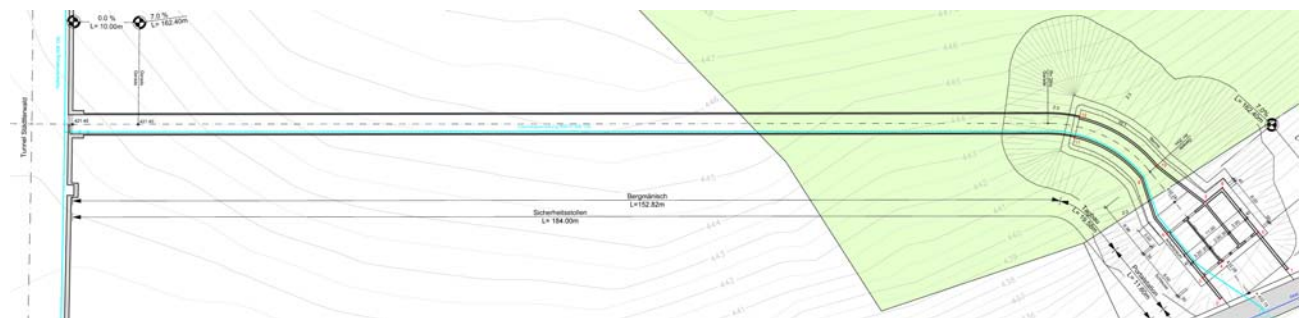


Abbildung 10: Skizze Situation Sicherheitsstollen (siehe auch Plan TU.111)

Normalprofil bergmännischer Sicherheitsstollen

Die geplante Stärke der Ausbruchsicherung und Verkleidung beträgt zwischen 13 und 18 cm. Eine Abdichtung sowie eine Drainageleitung für das Bergwasser sind nicht vorgesehen. Als Innenausbau des Sicherheitsstollens in diesem Bereich wird eine 5 cm starke Schicht aus Verkleidungsspritzbeton ausgeführt. Zudem erhält der Sicherheitsstollen eine Ortbetonsohle, die die nötigen Kabelschutzrohre (6 x KSR 120/132 mm) und Entwässerungs- und Kabelschächte aufnimmt (siehe Abbildung 11). Die Sohle hat ein Dachgefälle von 2% und seitliche Entwässerungsrinnen, mit denen das im SISTO anfallende Wasser gefasst und in die Hauptsammelleitung der Strassenabwasser im Tunnel abgeleitet wird. Am Parament wird eine Löschwasserleitung NW 125 mm geführt, die an der Hydrantenleitung im Tunnel und an der bestehenden Leitung in der Strasse vor der Portalstation SISTO angeschlossen wird.

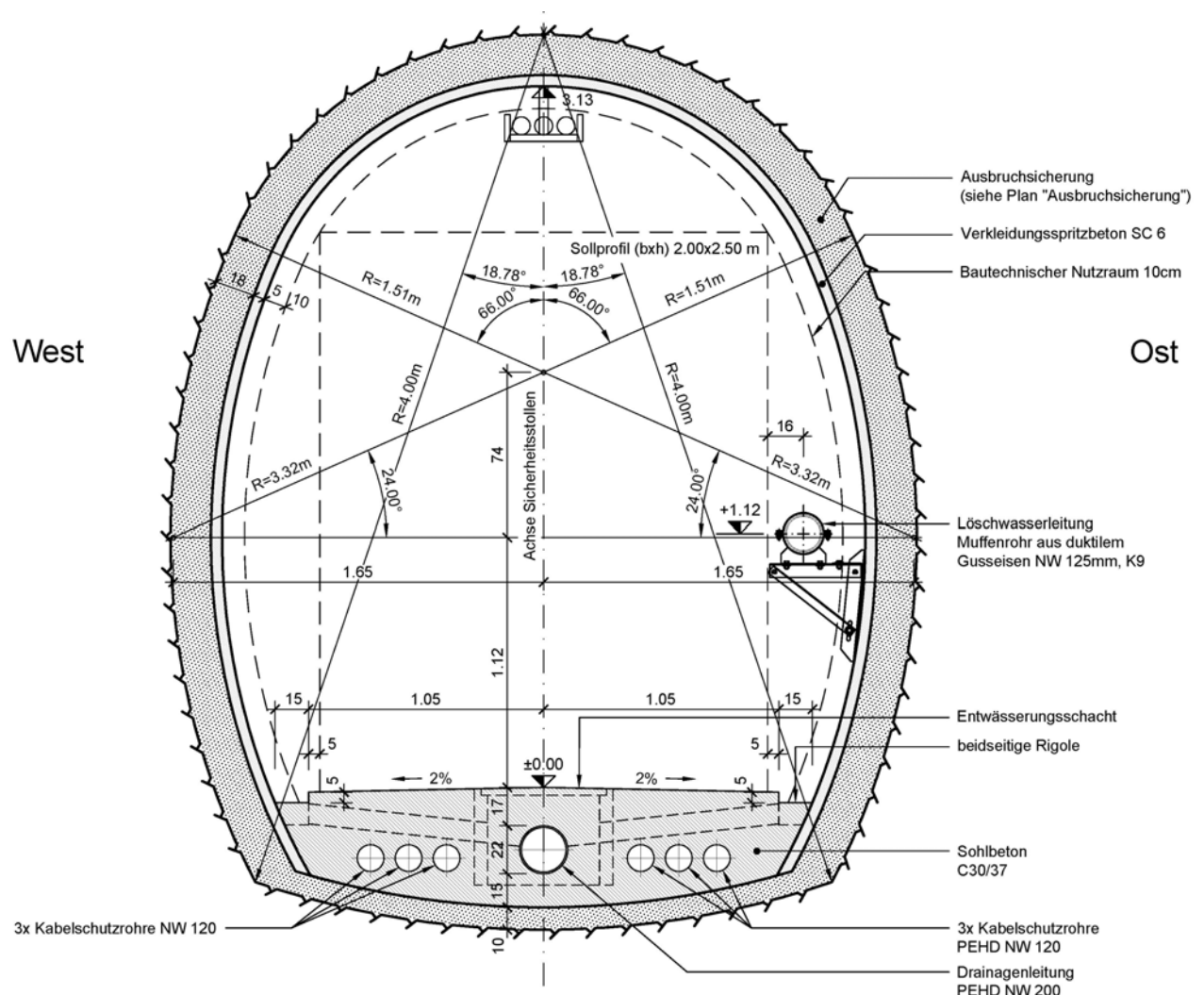


Abbildung 11: Skizze Normalprofil Sisto bergmännischer Teil (siehe auch Plan TU.113)

Normalprofil Bereich Tagbau Sicherheitsstollen

Der Sicherheitsstollen im Bereich des Tagbaus wird in einer geböschten Baugrube erstellt und erhält eine rechteckige Geometrie mit einer Wand-/Deckenstärke von 30 cm (siehe Abbildung 12). Die Sohle mit einer Stärke von 50 cm wird aus Ortbeton erstellt und weist ebenfalls ein Dachgefälle (2%) und seitliche Entwässerungsrinnen auf. Der Tagbautunnel wird auf der Aussenseite mit Polymerbitumen-Dichtungsbahnen (Schutzfolie und Vlies) gegen Meteorwasser abgedichtet. Ausserhalb des Normalprofils wird im Sohlbereich auf jeder Seite ein Sickerrohr (NW 200 mm, HDPE) angeordnet.

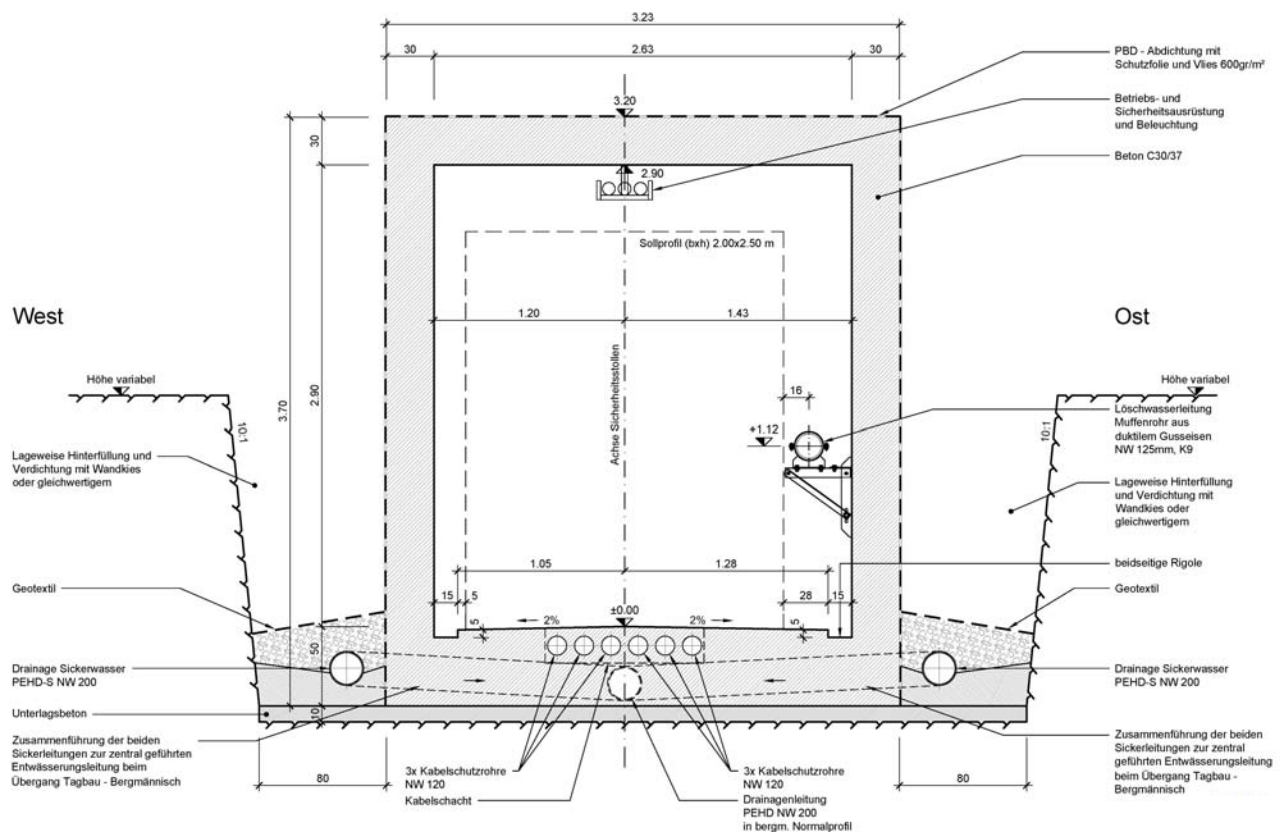


Abbildung 12: Skizze Normalprofil Sisto Tagbautunnel (siehe auch Plan TU.113)

5.2.2. Portalstation SISTO

Am nördlichen Ende des Sicherheitsstollens befindet sich die 17.56 m lange und 11.00 m breite Portalstation, in der die betrieblichen Sicherheitsausrüstungen untergebracht sind (siehe Abbildung 13). Die Raumhöhe des Rohbaus beträgt 3.20 m respektive 4.10 m.

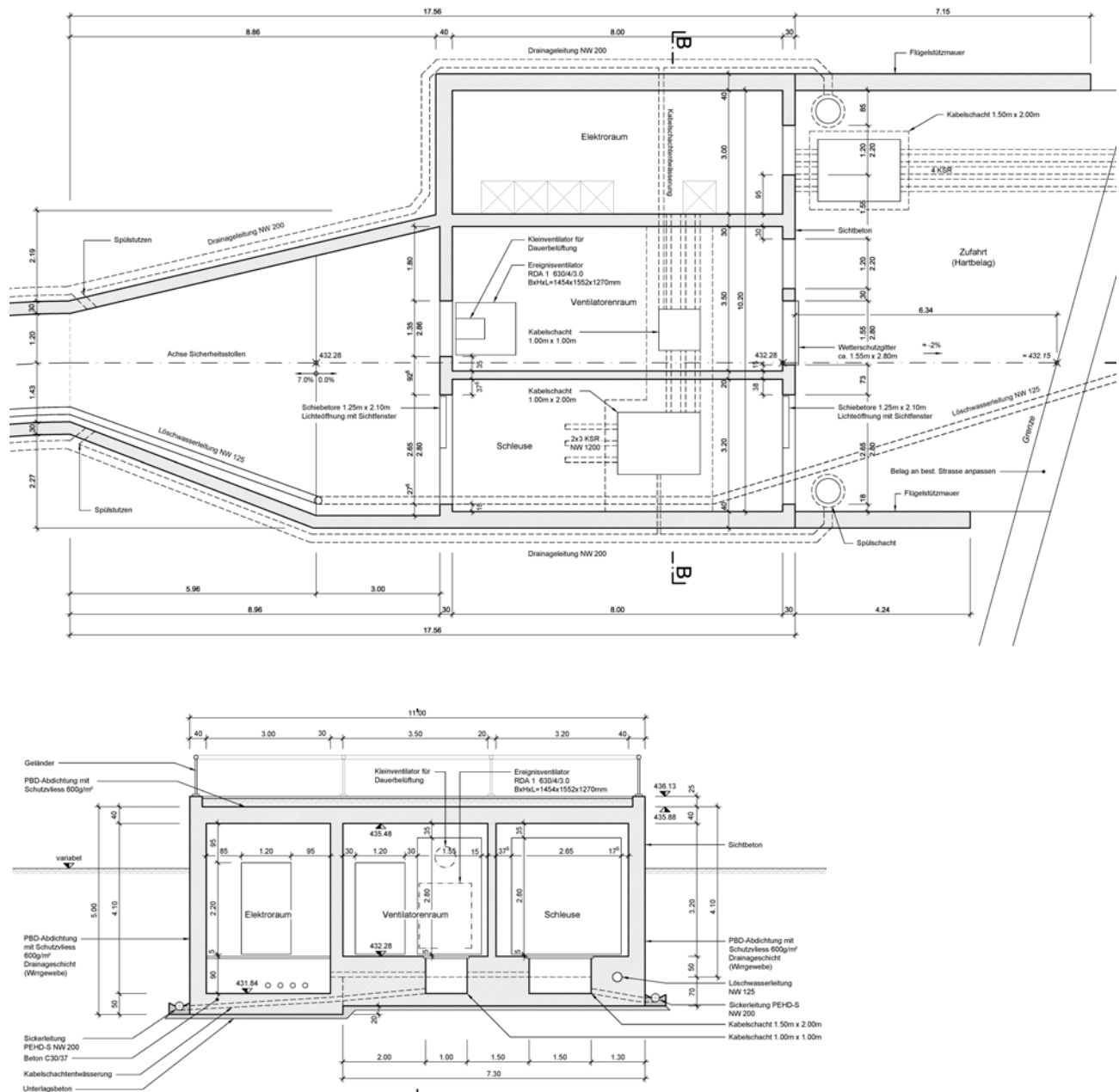


Abbildung 13: Skizze Grundriss und Querschnitt Portalstation SISTO (siehe auch Plan TU.115)

Der Elektroraum wird mit einem Doppelboden ausgestattet, die übrigen Räume werden ohne Doppelboden ausgeführt.

Die Tagbauwerke werden teilweise eingeschüttet um sie besser in das bestehende Gelände einzugliedern. Der Teil der Dachfläche, welche nicht eingeschüttet ist wird begrünt. Der nicht eingeschüttet vertikale Bereich der Portalstation wird mit Sichtbeton gestaltet. Die Dachfläche ist nicht begehbar und ist mit einem Geländer abgegrenzt.

5.2.3. Überdrucklüftung

Um die Sicherheit der flüchtenden Personen im Brandfall zu gewährleisten, ist die Portalstation des Sicherheitsstollens mit einer Ereignislüftung und einer Schleuse auszurüsten. Die Überdruckbelüftung wird automatisch eingeschaltet, sobald einer der definierten Tunnelreflexe (z.B. Brandalarm, Entnahme Feuerlöscher, Öffnen Notausgangstüre etc.) ausgelöst wird. Dadurch wird im Ereignisfall der Sicherheitsstollen über die Schleuse in der Portalstation mit Überdruck rauchfrei gehalten.

Für den Aufbau des Ereignisventilators (RDA1) und des Kleinventilators für die Dauerbelüftung ist ein separater Raum in der Portalstation des Sicherheitsstollens vorgesehen. Die Schleuse wird durch diesen separierten Raum, dessen aussenliegenden Seite mit einer Öffnung und Wetterschutzgitter für die Frischluftansaugung ausgerüstet wird, überbrückt.

5.2.4. Betriebszentrale Stumpen (Ost)

Beim Ostportal befinden sich die Betriebszentrale Stumpen und eine Ausstellbucht (Nordseite).

Die Betriebszentrale wird in analoger Weise wie der Tagbautunnel, in einer offenen Baugrube erstellt überschüttet und anschliessend zusammen mit dem Tunnel ausgebaut.

Die Zentrale liegt daher unterirdisch und hat Abmessungen von 19.40 m x 19.15 m und eine Raumhöhe von 4.0 m (Rohbau). Der Rohbau wird ausschliesslich in Stahlbetonbauweise erstellt werden. Die Decke und die Wände werden auf der Aussenseite gegen Meteorwasser mit Polymerbitumen-Dichtungsbahnen mit Schutzfolie und Vlies abgedichtet. Ausserhalb der Zentrale wird ringsum im Sohlbereich ein Sickerrohr angeordnet, um die Hinterfüllung entwässern zu können.

Alle Technikräume und Korridore werden mit Ausnahme der Traföräume, des Batterieraums und des Raumlüftungsraumes mit einem 80 cm hohen Doppelboden ausgerüstet, was einfachere Kabelführungen und optimale Voraussetzungen für spätere Ausbauten und Erneuerungen schafft. Der Zugang zur Zentrale, insbesondere für die Anlieferung von neuen Anlageteilen wie Transformatoren u.ä. erfolgt über die neue Umfahrungsstrasse. Ein Service-Zugang mit einem Parkplatz ist auch von ausserhalb der UCH über den neu zu verlegenden Rad- und Fussweg bzw. den Landwirtschaftsweg möglich.

Der Rückkühler ist auf der Decke der Betriebszentrale platziert und mit einer Betonbrüstung eingefasst. Der Kamin der Raumlüftung für Ansaugen und Ausstossen von Luft ist unmittelbar neben dem Rückkühler platziert.

Neben dem Rückkühler und Kamin befindet sich ein Parkplatz für Servicefahrzeuge.

Sowohl die beiden Portalbereiche Ost und West, als auch die Betriebszentrale werden mit einem Zaun bzw. Geländer abgegrenzt, sodass keine Absturzgefährdung besteht und Unbefugte nicht ungehindert das Gelände betreten.

5.2.5. Stapelbecken

Das Stapelbecken ist vor dem Portal Stumpen (Ost) im Einschnitt der offenen Strecke angeordnet. Es nimmt das im Tunnel gesammelte Strassenwasser aus der Strassenentwässerungsleitung HDPE NW 400 mm auf.

Das Stapelbecken dient dem Ölrückhalt im Störfall mit Auslaufen von Flüssigkeit und dem Rückhalt von Tunnelwaschwasser bei Reinigung. Das Stapelbecken hat ein Stapelvolumen von 150 m³.

6. BAUAUSFÜHRUNG

6.1. Baustelleneinrichtungen und Installationsflächen

6.1.1. Erschliessung

Die Erschliessung der Baustelle für die Voreinschnitte und die Betriebszentrale Stumpen erfolgen über die bereits für die offenen Strecken erstellten Zufahrten Knoten Duggeli im Osten und Knoten Teuflibach im Westen. Die Baustellenerschliessung für die Vortriebsarbeiten erfolgt ausschliesslich über den Knoten Duggeli im Osten.

Die Erschliessung der Baustelle für den Tagbau und die Portalstation SISTO erfolgt über die Städtlistrasse.

Die Baustellenzufahrten zum Portal Ost werden mit Belag (Heissmischfundationsschicht) versehen und regelmässig gereinigt, sodass die Staubentwicklung gering gehalten wird.

6.1.2. Verkehrsführung in der Bauphase

Die Baustellenerschliessung erfolgt primär über die vorgängig erstellen Knoten Duggeli und Teuflibach sowie über das Trasse der UCH.

Somit ist eine geregelte Zu- und Wegfahrt zur Baustelle sichergestellt und der normale Verkehrsfluss kann weitgehend ungestört ablaufen.

6.1.3. Installationsflächen

Die temporär beanspruchten Landflächen für den Tunnelbau werden für die Baustelleneinrichtungen der Baustellen in den Bereichen Portal Stumpen und Spiess sowie Portalstation SISTO genutzt. Zudem werden diese Flächen für die Deponierung von Unter- und Oberboden sowie Ausbruchmaterial beansprucht, welches später für die Hinterfüllung der Tagbauwerke und die Rekultivierung wieder verwendet werden.

Im Bereich Stumpen (Ost) wird von der Tunnelbaustelle insgesamt eine Fläche von 12'800 m² temporär beansprucht. Im Bereich Spiess (West) sind dies 7'930 m² und bei der Portalstation SISTO 720 m².

6.1.4. Baustelleneinrichtungen

Die folgenden Baustelleneinrichtungen sind vorgesehen:

- Büro, Sanitäre Einrichtungen, Sitzungszimmer, Aufenthaltsraum
- Werkstatt, Magazine, Lagerflächen Material, Tankstelle, Einrichtungen für Baustrom
- Absetzbecken, Abwasserbehandlungsanlage (Neutralisation), Radwaschanlage
- Zwischendeponie Ausbruchmaterial für 1 - 2 Tage Vortrieb
- Abstellplätze für Baumaschinen, Parkplätze für am Bau Beteiligte, Strassen und Wege

6.1.5. Bauwerksüberwachung

Nebst den spezifischen Massnahmen zur Überwachung der Erschütterung während dem Sprengvortrieb werden an über dem Tunnel liegenden Gebäuden und Infrastrukturen Beweissicherungs-massnahmen vorgenommen. Diese sind vorgängig zu den Bauarbeiten auszuführen. Dabei handelt es sich um Erschütterungsmessungen, Setzungsmessungen, Deformationsmessungen und Rissiegel.

6.2. Vortriebskonzept

6.2.1. Bauablauf

Der Bauarbeiten laufen werktags (5 Tage pro Woche) zwischen 06:00 und 22:00 Uhr. Während der Nacht dürfen keine lärm- und erschütterungsintensiven Arbeiten ausgeführt werden.

Arbeitszeiten für erschütterungsintensive und lärmintensive Arbeiten sind von 07:00 – 12:00 und von 13:00 – 19:00 Uhr.

Bau- und Betriebsweise, Lösemethode

Lockergesteinsstrecke Tunnel:

Die gesamte Lockergesteinsstrecke wird im Tagbau hergestellt. Die portalnahen verwitterten Festgesteinsbereiche werden im Schutze eines Rohrschirms (SK 5) aufgefahren.

Felsstrecke Tunnel:

Der Vortrieb in der Felsstrecke erfolgt vom Portal Stumpfen (Ost) aus Richtung Westportal als Teilausbruch in Kalotte und Strosse/Sohle. Der Kalottenvortrieb wird durchgehend bis zum Portal West (Spiess) hergestellt. Im Anschluss daran erfolgt das Nachziehen der Strosse/Sohle, wobei diese Ausbruchsschritte in einem hergestellt werden. Die Ausbruchsfläche der Kalotte beträgt rund 50 m². Der Ausbruch der Kalotte in der Felsstrecke erfolgt generell im Sprengvortrieb. Der Ausbruch der Strosse/Sohle kann neben dem Sprengvortrieb auch mit Unterstützung durch mechanischem Abbau mit Abbauhammer und Reisszahn erfolgen. In Bereichen, wo es die geologisch/geotechnischen Verhältnisse erlauben, kann auch nur mit Tunnelbagger ausgebrochen werden.

Für die Sicherstellung eines ausreichenden Fahrbetriebes im Zuge des Kalottenausbruchs – Aufweichen der Fahrsohle aufgrund weicher Untergrundverhältnisse in Kombination mit Wasser - wird die Sohle mit einer mittigen Betonfahrbahn ausgestattet, die genügend breit für die gefahrlose Kreuzung der eingesetzten Transportfahrzeuge sein muss. Sie dient als temporäre Fahrbahn und muss vorgängig zum Auffahren der Strosse/Sohle ausgebaut und entsorgt werden.

Im Anschluss an den Kalottenvortrieb (nach Kalottendurchschlag) wird die Strosse/Sohle ebenfalls im Sprengvortrieb aufgefahren und ggf. maschinell unterstützt.

Sicherheitsstollen:

Der Sicherheitsstollen (SISTO) wird im Bereich der Lockergesteinsstrecke auf einer Länge von ca. 23 m im Tagbau als Rechteckprofil (inkl. 6 m konisch) hergestellt. Der restliche Abschnitt erfolgt bergmännisch im Sprengvortrieb vom Tunnel aus, als Vollausbruch mit permanenter Sofortsicherung aus Spritzbeton.

Bauhilfs- und Sicherungsmassnahmen

Bergmännischer Tunnel:

Für die Sofortsicherung des bergmännischen Ausbruchs sind 3 Ausbruchsicherungsklassen (SK3, SK4, SK5) vorgesehen, welche je nach anstehenden Baugrundverhältnissen zur Anwendung kommen.

SK 3 (ca. 81%) und SK4 (ca. 13%) werden als Ausbruchsicherung im Regelbetrieb vorgesehen, wobei SK 3 einen leichten Ausbau ohne Gitterträger darstellt, welche für den Grossteil des Vortriebs zur Anwendung kommt. Die Wahl zwischen SK 3 und SK 4 ist aufgrund der angetroffenen Geologie vor Ort festzulegen.

SK 5 (ca. 6%) kommt in den Portalbereichen mit lokal verwitterten Zonen zum Einsatz. Als voraus-eilende Bauhilfsmassnahme wird beim Kalottenvortrieb systematisch ein Rohrschirm, bestehend aus Stahlrohren mit einem Durchmesser von $\varnothing=114$ mm, einer Länge von 15 m und einer Überlappung von 4 m im Kalottenbereich ausgeführt (Achsabstand 40 cm). Die Stahlrohre werden alle 11 m Vortrieb mit einer Neigung von 4.0° radial nach aussen ausgeführt und dienen als voraus-eilende Sicherungen gegen Niederbruch.

Sicherheitsstollen (SISTO):

Für den Sicherheitsstollen sind 2 Sicherungsklassen (SK 3 und SK 4) vorgesehen. Beide Sicherungsklassen werden als Permanentsicherung ausgeführt. Beide Sicherungsklassen sind zu je 50% der Vortriebsstrecke vorgesehen.

Sowohl die Sicherungsklassen für den Tunnel als auch für den SISTO entsprechen nicht der Definition gem. Ziffer 11.1.2 der Norm SIA 118/198.

6.3. Sicherungsmittel

In den nachfolgenden Tabellen sind die Sicherungsmittel der definierten Sicherungsklassen für den Tunnel und den Sicherheitsstollen dargestellt.

Tabelle 1: Ausbruchsicherung, Bergmännischer Tunnel, Sicherungsklassen SK 3, SK 4 und SK 5

Bezeichnung Sicherungs- klasse	Sicherungsmittel	
	Kalotte	Strosse/Sohle
SK 3	<ul style="list-style-type: none"> – Spritzbeton SC 2, 5 cm – Bewehrungsnetz 150/150/8/8mm – Anker, a/e = 1.50 m, L=4.00m – Spritzbeton SC 3, 10 cm – Spritzbeton SC 3, 5 cm 	<ul style="list-style-type: none"> – Spritzbeton SC 2, 5 cm – Bewehrungsnetz 150/150/8/8mm – Spritzbeton SC 3, 10 cm
SK 4	<ul style="list-style-type: none"> – Spritzbeton SC 2, 5 cm – Bewehrungsnetz 150/150/8/8mm – Gitterträger 3G-174-220, e =1.20m – Anker, a/e = 1.20 m, L=4.00m – Bewehrungsnetz 150/150/8/8mm – Spritzbeton SC 3, 15 cm – Spritzbeton SC 3, 5 cm 	<ul style="list-style-type: none"> – Spritzbeton SC 2, 5 cm – Bewehrungsnetz 150/150/8/8mm – Spritzbeton SC 3, 10 cm
SK 5	<ul style="list-style-type: none"> – Rohrschirm L=15.0m, Ø=114 mm, d=0.4m, Überlappung=4.0m – Spritzbeton SC 2, 5 cm – Bewehrungsnetz 150/150/8/8mm – Gitterträger 3G-174-220, e =1.00m – Bewehrungsnetz 150/150/8/8mm – Spritzbeton SC 3, 15 cm – Ausgleichsspritzbeton SC 3 – Spritzbeton SC 3, 5 cm 	<ul style="list-style-type: none"> – Spritzbeton SC 2, 5 cm – Bewehrungsnetz 150/150/8/8mm – Spritzbeton SC 3, 10 cm – Ortsbrustsicherung nach Bedarf Spritzbeton SC 2, 5 cm und Anker

Tabelle 2: Ausbruchsicherung, SISTO, Sicherungsklassen SK 3 und SK 4

Bezeichnung	Sicherungsmittel	
Sicherungsklasse	Kalotte	Sohle
SK 3	<ul style="list-style-type: none"> – Spritzbeton SC 2, 3 cm – Bewehrungsnetz 100/100/5/5mm – Anker, 3 Stk., e = 1.00 m, L=2.00m – Spritzbeton SC 6, 10 cm – Spritzbeton SC 6, 5 cm 	<ul style="list-style-type: none"> – Bewehrungsnetz 100/100/5/5mm – Spritzbeton SC 6, 10 cm
SK 4	<ul style="list-style-type: none"> – Spiesssicherung, $\varnothing=20$ mm, L=4.00m, a=0.20m, e=2.00m – Spritzbeton SC 2, 3cm – Bewehrungsnetz 100/100/5/5mm – Gitterträger 3G, e =1.00m – Bewehrungsnetz 100/100/5/5mm – Spritzbeton SC 6, 15cm – Spritzbeton SC 6, 5 cm 	<ul style="list-style-type: none"> – Bewehrungsnetz 100/100/5/5mm – Spritzbeton SC 6, 10 cm

6.4. Voreinschnitte

6.4.1. Voreinschnitt Stumpen (Ost)

Für die Herstellung des Tagbauabschnittes Ost wird der Voreinschnitt Stumpen hergestellt. Der anstehende Baugrund von Sohle Tagbautunnel bis Oberkante Fels (obere Süsswassermolasse) wird im Verhältnis 10:1 geböscht und mit Spritzbeton und Bodennägeln gesichert. Auf der Oberkante der Felslinie wird eine Berme, ca. 1 m breit, vorgesehen. Das darüber liegende Lockergestein wird im Verhältnis 2:3 geböscht und mit einem temporären Oberflächenschutz ausgeführt. Seitlich des Tagbautunnels ist jeweils ein Arbeitsraum von 0.8 m Breite auf Höhe der Aushubsohle vorgesehen. Nach Ende der Bauarbeiten wird der gesamte Tagbautunnel eingeschüttet. Die so entstehenden neun Böschungen werden begrünt.

6.4.2. Voreinschnitt Spiess (West)

Der Voreinschnitt am Portal Spiess (West) wird analog zum Voreinschnitt Stumpen (Ost) ausgeführt. Im Unterscheid zum Voreinschnitt Stumpen ist hier die Wasserhaltung mit Pumpen zu gewährleisten.

6.4.3. Baugrube Betriebszentrale Stumpen

Die etwa 6 m tiefe Baugrube der Betriebszentrale Stumpen wird mit einer Neigung von 2:3 geböscht und temporär oberflächlich gegen Erosion geschützt. Nach Ende der Bauarbeiten wird das Bauwerk zur Gänze eingeschüttet. Ein Arbeitsraum von 0.8 m auf Höhe der Aushubsohle ist vorgesehen.

6.4.4. Voreinschnitt Sicherheitsstollen

Der Voreinschnitt und die Tagbaustrecke am Portal des Sicherheitsstollens werden analog den Voreinschnitten und Tagbaustrecken am Portal Stumpen und Portal Spiess ausgeführt.

Es ist eine temporäre und permanente Rodung erforderlich.

6.5. Abbau- und Sprengvorschriften

Kalottenvortrieb im Tunnel und Vollvortrieb im SISTO

Der Ausbruch der Kalotte erfolgt durchgehend im Sprengvortrieb. Erfahrungen zu dieser Ausbruchsmethode, inklusive der erforderlichen Kenntnisse des Einbaus der zugehörigen Ausbruchsicherung, sind bei den Bauunternehmungen, die im Tunnelbau tätig sind, in genügendem Mass vorhanden.

Die Oberflächennähe und die vorhandenen Bauwerke entlang des aufzufahrenden Tunnels erfordern hingegen Einschränkungen des Sprengvortriebs, die bereits in der Planungsphase festzulegen sind und die Grundlage für die Ausschreibung bilden. Die max. Lademenge / Zündstufe, die die Regelgrösse für die Steuerung der Erschütterungen darstellt, wird auf 4 kg/Zündstufe beschränkt. Zur Einhaltung dieser Forderung ist für den Einsatz eines leistungsfähigen und wirtschaftlich sinnvollen Bauablaufs die Anwendung des erstmals im Lopper-Überwurfstunnel der A2/A8 eingesetzten Sektorzündsystems zwingend. Das Sektorzündsystem basiert auf dem Einsatz von Schlauchzündern und nutzt die vorhandenen Zündstufenreihen analog den herkömmlichen Zündsystemen, die zum Einsatz kommen, wenn keine Erschütterungsbegrenzung erforderlich ist. Durch die Einschaltung einer zweiten Zündebene an der Ortsbrust zur Zündung der einzelnen Sektoren sind ausreichend Zündstufen für die Zündung von grösseren Tunnelquerschnittsflächen unter Berücksichtigung der Tatsache vorhanden, dass jedem Bohrloch ein eigener Zündzeitpunkt zugeordnet wird. Sind keine Einschränkungen der Lademengen erforderlich, werden normalerweise mehrere Bohrlöcher mit der gleichen Zeitzündstufe abgetan (15 – 20 kg/Zündstufe ist dabei die Regel). Ausnahme bilden die Kranzschüsse, wo die Zündung mehrerer (3-5) Bohrlöcher erwünscht ist. Das Sektorzündsystem ist auf dem Markt gut eingeführt und wird im Ceneri Basistunnel in allen 3 Losen eingesetzt.

Mit der Annäherung an die bestehenden Bauwerke wird die Lademenge / Zündstufe aufgrund der Erschütterungsmessungen am Bauwerk laufend angepasst. Dies erfordert die Installation von Geophonen zur Aufnahme der durch die Sprengung erzeugten Erschütterungen an den gefährdeten Bauwerken in einem permanenten Überwachungssystem. Im Überwachungssystem sind nicht nur die Normwerte sondern auch die zulässigen Erschütterungsgrenzen (meist 60% oder 80% des Normwertes) festgelegt, die ein Einschreiten erfordern. Zudem sind alle Massnahmen wie Lademengenreduktion oder Abschlagslängenverkürzung zur Verringerung der Erschütterungen sowie Anpassungen am Sprengplan wie Änderung der Lage des Einbruchs oder Verringerung der Vorgabe festgelegt und können durch die Bauleitung sofort angeordnet werden, so dass sie bereits beim nächsten Abschlag greifen.

Nach dem gleichen System wurde die unter Betrieb stehende Autobahn A2 bei Vigana durch den Vortrieb des Ceneri-Basistunnels mit einer Felsüberdeckung von nur knapp 10 m unterfahren. Die Lademengen lagen bei min. 600 g/Zündstufe, die zugehörigen Erschütterungswerte erreichten knapp 5 – 20 mm/s.

Kürzlich im Gubristtunnel durchgeführte Sprengversuche zeigen, dass in entsprechend kompakter Geologie (obere Süsswassermolasse mit hohem Sandsteinanteil) bei eingeschlossenen Ladungen mit nur einem Freiheitsgrad, wie sie im Einbruch vorkommen mit relativ grossen Erschütterungen zu rechnen ist.

Deshalb sind neben der reinen Sprengtechnik im Bereich der gefährdeten Bauten (Häuser und Städtlerstollen) noch zusätzliche Massnahmen vorzusehen wie das Öffnen des Einbruchs in kleinen Sprengetappen oder mit mechanischen Mitteln (z.B. Kernbohrungen).

Die bei Sprengungen auftretende immer relativ grosse Streuung erfordert eine enge Betreuung des in Ausführung stehenden Vortriebs durch einen unabhängigen Sprengexperten, der über ausreichende Kenntnisse des modernen Tunnelvortriebs verfügen muss, um die Auswirkung seiner Anordnungen bei der praktischen Umsetzung im Vortrieb vorausszusehen.

Für die Festlegung der zulässigen Erschütterungswerte kann einerseits die SN Norm 640 312a zugezogen werden, die ein generelles Bild aus den gemachten Erfahrungen früherer Sprengungen vermittelt. Wichtiger hingegen ist die vertiefte Zustandsaufnahme der umliegenden Bauwerke. Erst aufgrund des effektiv angetroffenen Bauwerkszustands können die zulässigen Erschütterungswerte festgelegt werden. So ist zum Beispiel ein Stollen mit Betonverkleidung relativ unempfindlich, falls aber die Restwasserrinne mit Steingut ausgekleidet ist, sind die zulässigen Erschütterungen stark zu reduzieren. Die Zustandsaufnahme sollte mit genügend Vorlauf zur Ausschreibung erfolgen, dass die nötigen Massnahmen zur Einhaltung der zulässigen Erschütterungen rechtzeitig geplant werden können. Die Aufnahme der gefährdeten Gebäude hat durch einen Architekten zu erfolgen. Für die Aufnahme des Zustands des Städtlerstollens schlagen wir die Methode des georeferenzierten Oberflächenscans vor, mit der neben dem Bauzustand auch Verschiebungen festgehalten werden können (zur Beweissicherung nach Vortriebsende). Die geodätische/geomechanische Überwachung der Verschiebungen des aufgefahrenen Tunnels/Stollens bleibt aber nach wie vor der wichtigste Kontrollfaktor für den Massnahmenentscheid zur Verhinderung von Setzungen. Aus Erfahrung von ähnlichen Baustellen kann davon ausgegangen werden, dass Nutztieren durch Sprengerschütterungen kaum gestört werden.

Strossen-/Sohlenabbau im Tunnel

Strosse/Sohle können ebenfalls mittels Sprengvortrieb abgebaut werden. Die Erfahrung aus anderen Tunnelvortrieben hat gezeigt, dass nach dem Kalottenausbruch die Verspannung in der Strosse/Sohle durch den überlagernden Fels stark abnimmt. Zudem sind immer mindestens 2 Freiheitsgrade für den Materialauswurf vorhanden. Der Sprengstoffverbrauch pro m³ Fels sinkt und damit auch die Erschütterungen. Trotzdem muss die Überwachung der gefährdeten Bauwerke in vollem Umfang weiterbetrieben werden, um rechtzeitig eingreifen zu können.

6.6. Materialbewirtschaftung, Transport und Deponie

Das Ausbruchmaterial im Regelquerschnitt (zusammengefasst als oberer Süsswassermolasse) besteht aus einer Mischung aus eher massigem Standstein und Wechsellagerung aus schwach bis stark angewittertem Molassefels. Diese ist als Betonzuschlagstoff oder für anspruchsvolle Schüttungen (Materialklasse 2, gemäss SIA 199) nicht geeignet. Das Ausbruchmaterial kann ohne entsprechende Aufbereitung höchstens für anspruchslose Schüttungen verwendet werden und fällt somit in die Materialklasse 3 (geeignet für anspruchslose Schüttungen, für Hinterfüllungen oder Auffüllungen). Die in den Portalbereichen anzutreffenden Moräne und Gehängeschutt kann ebenfalls der Materialklasse 3 zugeordnet werden, womit zusammenfassend für den gesamten Aushub eine Materialklasse 3 angenommen werden kann.

Der Umgang mit verunreinigtem Aushub- oder Ausbruchmaterial ist in den geltenden Gesetzen, insbesondere in der Technischen Verordnung über Abfälle (TVA) vom 10.12.1990, Stand 01.07.2011 (SR 814.600) geregelt. Projektspezifische Vorgaben sind dem Umweltverträglichkeitsbericht Hauptuntersuchung (Dok. Nr. SB.1001, 30.09.2014), insbesondere Kap. 13 und 18 zu entnehmen.

In folgender Tabelle sind die Kubaturen (m³ fest) für Ausbruch, Aushub und Hinterfüllung sowie Unter- und Oberboden aufgeführt. Diese fallen in 3 Gebieten an: Portal Ost, Portal West und Portalstation SISTO.

Tabelle 3: Zusammenstellung Kubaturen m³ fest

Ort	Oberboden Abtrag	Unterboden Abtrag	Aushub- und Ausbruchmaterial inkl. ÜP (Materialklasse 3)	Hinterfüllmaterial	Oberboden Auftrag	Unterboden Auftrag
Total Ostseite inkl. bergm. SISTO, inkl. Betriebszentrale	1'287	2'574	73'645	15'976	1'287	2'574
Total Westseite (VE West)	421	843	10'707	5'449	421	843
Total SISTO Voreinschnitt (VE)	351	702	1'572	1'778	351	702
Total m³ fest	2'059	4'119	85'924	23'203	2'059	4'118

Die Stärken von Ober- und Unterboden sind im Umweltverträglichkeitsbericht mit 20 cm bzw. 40 cm vorgegeben.

Der Auflockerungsfaktoren und der Verdichtungsfaktor betragen 1.7 bzw. 1.2.

Die Materialbewirtschaftung der gesamten Umfahrung Cham – Hünenberg wird übergeordnet betrachtet und entsprechend in den übergeordneten Berichten abgehandelt. Der Anfall an Aushub- und Ausbruchmaterial beim Bau des Tunnels, des SISTO und der Betriebszentrale, sowie der Bedarf an Hinterfüllmaterial sind hier ausgewiesen und finden Eingang in die übergeordnete Materialbewirtschaftung. Für die Kubaturen werden berücksichtigt: Tunnel und Voreinschnitte für Tagbautunnel zwischen km 410'296.020 und km 410'839.231, Betriebszentrale innerhalb der Baugrube, SISTO mit Voreinschnitt und Portalstation.

7. LANDERWERB, ENTEIGNUNG, RODUNG

Landerwerb (Enteignung) und Rodung werden übergeordnet für das gesamte Projekt Umfahrung Cham – Hünenberg betrachtet und sind hier nicht ausgewiesen.

8. TERMINE

8.1. Ausführung

Der Sprengvortrieb ab dem Osten kann zeitgleich mit der Erstellung des Voreinschnittes West erfolgen.

Sobald der Stross bis Tunnelhälfte ausgebrochen ist, kann der steigende Vortrieb des SISTO vorgenommen werden.

Die Schalungs-, Bewehrungs- und Betonierarbeiten für den Tagbautunnel werden parallel mit dem Innenausbau des Tunnel (gleiche Innengeometrie) in der offenen Baugrube erstellt. Das Bauwerk wird nach dem Aufbringen der Abdichtung schichtweise hinterfüllt und das heutige Terrain wieder hergestellt. Es ist noch genauer zu prüfen, in wie weit das Ausbruchmaterial für die Hinterfüllung wieder verwendet werden kann (Verdichtbarkeit, Durchlässigkeit usw.).

Die Betriebszentrale Stumpen (Ost) und die Portalstation SISTO können zeitgleich und unabhängig vom Tunnel gebaut werden.

Das Generelle Bauprogramm ist im Anhang A dargestellt.

9. KOSTEN

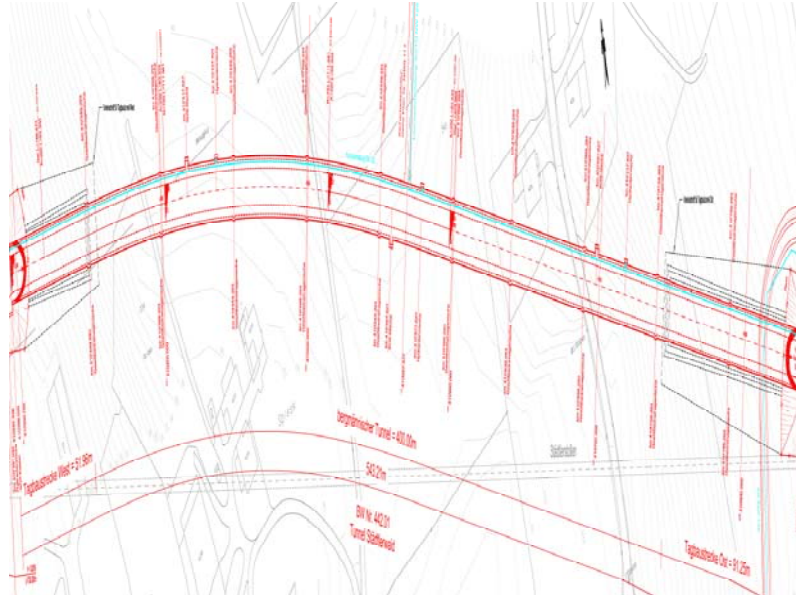
Die Kostenermittlung und die abgeschätzten Endkosten des Tunnels sind im Bericht Kostenvoranschlag TU.005 zu finden.

Sargans, 30.09.2014

Amberg Engineering AG

Anhang 1

Generelles Bauprogramm – Bau Tunnel Städtlerwald



1. Jahr	1. Quartal	Baustelleneinrichtungen und Vorzonen						Baustelleneinrichtungen und Vorzonen						
	2. Quartal								Voreinschnitt Ost					
	3. Quartal				Voreinschnitt West					Kalottenvortrieb				
	4. Quartal													
2. Jahr	1. Quartal								Vortrieb Strosse/Sohle					
	2. Quartal													
	3. Quartal				Tagbau West			Tunnelgewölbe	SISTO und Portalstation				Betriebszentrale Ost und Stapelbecken	
	4. Quartal	Bankette, Werkleitungen, Fahrbahn												
3. Jahr	1. Quartal													
	2. Quartal										Tagbau Ost			
	3. Quartal				Technische Betriebseinrichtungen									
	4. Quartal													
4. Jahr	1. Quartal	Inbetriebnahme												
	2. Quartal													
	3. Quartal													
	4. Quartal													