

### 3. Röhre Belchentunnel - Sanierungstunnel Belchen

#### Charakteristische Angaben

Länge Tunnelröhre:	3'200 m
Abstand zu best. Röhre:	min. 30 m
Tunneldurchmesser (innen):	11.34 m
Fahrbahnbreite:	7.75 m (2 x 3.87 m)
max. Überdeckung:	ca. 330 m
min. Überdeckung:	ca. 45 m
Geologie:	Tongestein (20%) Gipskeuper (40%) Kalk-/Mergelgestein (40%)

#### Erbrachte Leistungen

Projektierung (alle Phasen ab Phase 21)  
Bauleitung

Ausgeschriebene Vortriebsmethoden:

- Konventionell (KVT):  
Pilotstollen, Sprengvortrieb für Kalotte und Strosse,  
TSM-Vortrieb für Sohle
- Maschinell (TBM):  
TBM-Vortrieb

Gewählte Vortriebsmethode:

- Maschinell (TBM)

Auftraggeber:

Bundesamt für Strassen ASTRA,  
Filiale Zofingen

Projektverfasser und Bauleitung:

Ingenieurgemeinschaft  
Emch + Berger AG, Bern  
Aegerter & Bosshardt AG, Basel  
ILF AG, Zürich

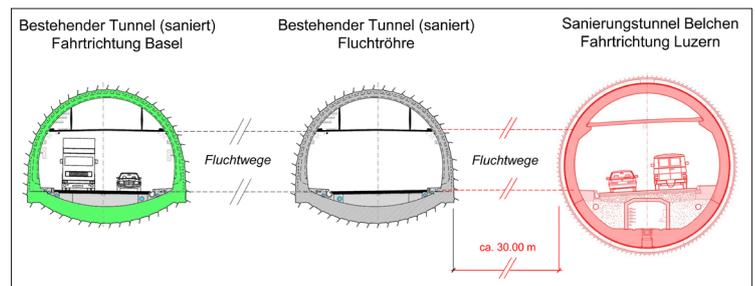
Geologie:

Geologengemeinschaft  
Pfirter, Nyfeler + Partner AG, MuttENZ  
Geotechnisches Institut AG, Basel

Baubeginn	2015
Bauzeit	ca. 7 Jahre
Inbetriebnahme	1.07.2022
Fertigstellung Restarbeiten	ca. Ende 2023
Projektkosten	ca. 500 Mio. CHF



3. Röhre im Rohbau



Zukünftiger Betrieb Tunnelsystem Belchen

#### Projektübersicht

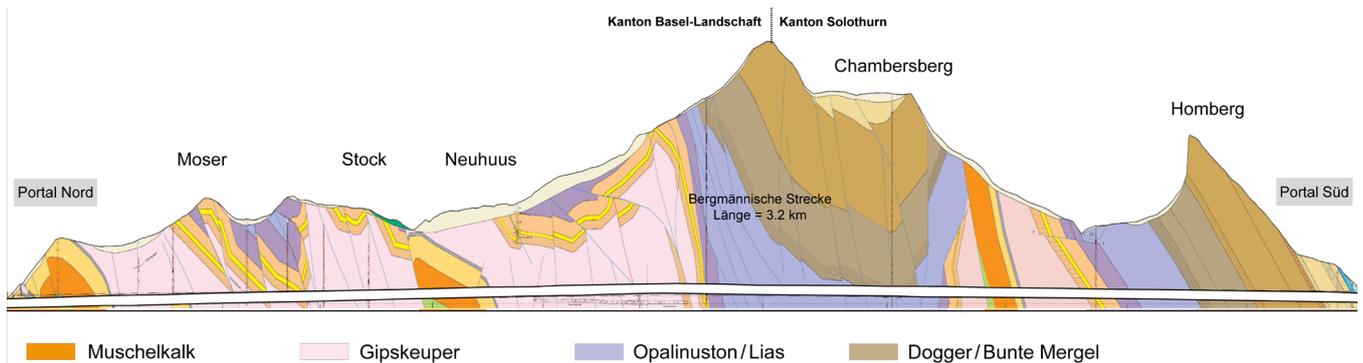
Die 3. Röhre Belchentunnel (Sanierungstunnel Belchen) liegt westlich der alten bestehenden zwei Tunnelröhren. Sie beginnt am Nordportal bei Eptingen (Kanton BL) und tritt beim Südportal auf Gemeindegebiet Hägendorf (Kanton SO) seitlich des heutigen mittleren Tunnels wieder zutage.

Die Gesamtlänge des Tunnels beträgt 3.2 km. Der Abstand zur bestehenden Tunnelröhre Mitte beträgt minimal 30 Meter. Das Längenprofil verläuft zumeist parallel zu den bestehenden alten Röhren; mit einem Hochpunkt in ca. Tunnelmitte.

#### Geologie

Der neue Tunnel durchquert auf seiner ganzen Länge die meist steil stehenden Gesteinsschichten des Faltenjuras. Das Gebirge ist einer intensiven Tektonik unterworfen, was sich in einer Zergliederung der Formationen in zahlreiche Schuppen und Falten bzw. mit Horsten und Gräben manifestiert.

Auf rund 80 % der Strecke verläuft der Tunnel in quellhaftem Gestein. Bestimmend für das Tunneldesign ist dabei die Strecke des Gipskeupers mit rund 40 % (ca. 1.2 km). Die Aufnahme von Wasser führt im Anhydrit des Gipskeupers zu einer chemischen Umwandlung in Gips und damit verbunden zu einer Volumenzunahme bis 60 %. Wird diese Volumenvergrößerung durch die Tunnelverkleidung behindert, so kann sich im Laufe der Jahre ein Quelldruck auf die Tunnelkonstruktion von mehreren MPa entwickeln. Im Tongestein führt die Aufnahme von Wasser bei behinderter Dehnung ebenfalls zu Quelldrücken, die aber deutlich kleiner sind als im Gipskeuper.



Geologischer Längsschnitt - schematisch

## Normalprofil

Die Wahl des Normalprofils der bergmännischen Tunnelstrecke richtet sich nach den Vorgaben der SIA-Normen und der ASTRA-Richtlinien.

Der verkehrstechnische Nutzraum beträgt 7.75 m x 5.20 m. Eine Zwischendecke trennt den Abluftkanal vom Fahrraum. Die Versorgungsleitungen (Elektroleitungen, Löschwasserleitung etc.) verlaufen in einem begehbaren Werkleitungskanal (WELK) unter der Fahrbahn.

Die Abdichtung verläuft rund um das Profil herum, jedoch nicht druckwasserhaltend. Alle 50 Meter wird das Bergwasser gefasst und in einer Längsleitung unter dem Werkleitungskanal zu den Portalen abgeführt. Damit soll verhindert werden, dass sich das Bergwasser um das Tunnelprofil aufstaut und in angrenzende quellhafte Gesteinszonen hineingedrückt wird. Das Ziel, möglichst wenig Wasser in quellhafte Zonen einzutragen, verfolgt man mit in der Sohle angeordneten Sickerschlitzten vor bzw. nach jeder quellfähigen Schicht. Bergwasser, das in Längsrichtung dem Tunnelprofil entlang läuft, wird so vor der quellhaften Gesteinsschicht gefasst und abgeführt.

Alle 150 m sind SOS- und Hydrantennischen vorgesehen. Im Ereignisfall dienen Querverbindungen, die alle 230 - 300 m die neue Tunnelröhre mit der bestehenden mittigen Röhre verbinden, als Fluchtweg. Die bestehende mittige Tunnelröhre dient im endgültigen Betriebszustand als Unterhalts- und Rettungsrohre.

## Quelldruck und sulfathaltiges Bergwasser

Die Realisierung der 3. Röhre Belchentunnel stellte diverse Projektherausforderungen. Das Durchfahren von quellhaften Gesteinszonen, insbesondere des anhydritführenden Gipskeupers, bestimmte die Linienführung und die Wahl des Normalprofils. Im Bereich des Nordportals beträgt die Überlagerung weniger als 50 m. Aufgrund der Erfahrungen beim Adlertunnel und beim Chienbergtunnel in ähnlicher Ausgangslage besteht das Risiko einer Anhebung der ganzen Tunnelröhre aufgrund Quelldruck in der Sohle bei kleiner Überlagerung. Um einen grösseren Widerstand gegen das Anheben zu erreichen, schwenkt der Tunnel nach dem Nordportal zuerst in Richtung Westen aus, um ca. 1'000 m vom Nordportal entfernt wieder parallel zu den bestehenden alten Röhren zu gelangen. Das Normalprofil wurde im Widerstandsprinzip auf einen Quelldruck von max. 4 MPa dimensioniert. Um die hohen Drücke aufnehmen zu können, ist ein Tunnelgewölbe mit entsprechender Stärke notwendig. Die Sohle weist im Gipskeuper eine Stärke von 1.15 m auf

und das Gewölbe im First ist 0.90 m stark. Für die Wahl des Betons wurden in der Planungsphase in Zusammenarbeit mit der TFB Wildegg verschiedene Versuche durchgeführt. Sie basieren zum Teil auch auf den Erfahrungen der verwendeten Betonrezepturen beim SBB Adlertunnel zwischen MuttENZ und Liestal. Die umfangreichen Versuche führten zur Wahl eines C55/67 mit einem tiefen w/z-Faktor. Der vorgesehene Beton zeichnet sich aus durch eine hohe Festigkeit und eine hohe Widerstandsfähigkeit gegen die vorhandenen Bergwässer mit einem hohen Sulfat- und Chloridgehalt. Das Tunnelgewölbe im Gipskeuper ist bewehrt. Die Bewehrung in der Sohle ist durchgehend, d.h. über die Blockfugen hinaus geführt.

## Vortriebsvarianten

Für den Tunnelausbruch kamen zwei Vortriebsmethoden in Frage: Konventioneller Vortrieb (KVT) oder der Vortrieb mit einer Tunnelbohrmaschine (TBM). Unter Berücksichtigung des grossen vorhandenen Quellpotentials ist der Tunnel möglichst schonend aufzufahren. Bei der Variante konventioneller Vortrieb bedingt dies einen Kalotten- und Strossenvortrieb mittels „schonendem Sprengen“ sowie für den Ausbruch der Sohle einen Vortrieb mit einer Teilschnittmaschine (TSM). Aus arbeitstechnischen Gründen wird vorgängig ein Pilotstollen innerhalb des zukünftigen Profils erstellt um damit den Staub beim TSM-Vortrieb direkt absaugen zu können. Bei der maschinellen Vortriebsvariante wird zuerst ein Tübbingring erstellt und anschliessend ein Ortsbetoninnengewölbe eingebaut. Die quellhaften Gesteinszonen verlangen einen raschen Ringschluss, damit dem sich entwickelnden Quelldruck möglichst schnell ein Widerstand entgegengebracht werden kann. So war vorgesehen, dass bereits rund 4 Monate nach dem Ausbruch und dem Einbau der ersten Sicherungsschale (Spritzbeton oder Tübbing) das definitive tragfähige Gewölbe erstellt ist. Zur Realisation kam der maschinelle Vortrieb mit einer TBM. Der rasche Ringschluss und das Arbeiten mit geringem Wassereinsatz erwiesen sich als äusserst positiv. Der Vortrieb eilte dem Bauprogramm voraus.

## Restarbeiten

Nach der Inbetriebnahme der neuen Röhre am 01.07.2023 gingen die Restarbeiten an mit den QV-Anschlüssen zur Röhre Mitte und den Vorzonen mit WELK-Anschluss, Rauchtrennwand und Werkleitungen. Die erfolgreiche Beendigung dieses Projekts markiert den Beginn der zweiten Instandsetzung der alten bestehenden Tunnelröhren.