

## Hauptsponsoren • Main Sponsors



AFRY Schweiz AG, Zürich



Emch+Berger Gruppe, Bern



Amberg Engineering AG  
VersuchsStollen Hagerbach AG



Frutiger AG, Thun



Avesco AG, Langenthal



Gähler und Partner AG,  
Ennetbaden



B+S AG, Bern



Gasser Felstechnik AG,  
Lungern



Basler & Hofmann AG, Zürich



Heitkamp Construction  
Swiss GmbH, Dierikon



Bellini Personal AG, Zürich



Herrenknecht AG,  
Schwanau (DE)



Belloli SA, Grono  
Rowa Tunnelling Logistics AG,  
Wangen SZ



Holcim (Schweiz) AG, Zürich



csc costruzioni sa, Lugano



IM Maggia Engineering AG,  
Locarno  
IUB Engineering AG, Bern

## Sponsoren • Sponsors



Implenia Schweiz AG, Opfikon



PORR SUISSE AG, Altdorf



Lombardi AG,  
Bellinzona-Giubiasco,  
Rotkreuz, Fribourg



Renzo Tarchini  
Cantieri & Contratti SA,  
Lugano



Marti Technik AG, Moosseedorf



Robert Aebi AG, Regensdorf



Marti Tunnel AG, Moosseedorf



SABAG Biel/Bienne Stahlcenter



Master Builders Solutions  
Schweiz AG, Holderbank



Sika Schweiz AG, Zürich



Pini Group SA, Grono



WSP Ingénieurs Conseils SA,  
Lausanne

## Co-Sponsoren • Co-Sponsors

A. Aegerter & Dr. O. Bosshardt AG, Basel  
ACO AG, Netstal  
Bekaert (Schweiz) AG, Baden  
CSD INGENIEURE AG, Freiburg  
EBP Schweiz AG, Zürich  
GIPO AG, Seedorf

Gruner SA, Renens  
ILF Beratende Ingenieure AG, Zürich  
Infra Tunnel SA, Marin  
JAUSLIN STEBLER AG, Muttenz  
Liebherr-Baumaschinen AG, Reiden  
Locher Ingenieure AG, Zürich

MAPEI SUISSE SA, Sorens  
MARECHAL GmbH, Willstätt-Sand (DE)  
Promat AG, Münchwilen  
Rothpletz, Lienhard + Cie AG, Aarau  
Société Suisse des Explosifs (SSE), Brig  
VMT GmbH, Bruchsal (DE)

Michal Benovic, Dipl.-Ing., Frutiger AG, Thun/CH

Daniel Fanger, dipl. Bau-Ing. ETH, Tiefbauamt Kanton Obwalden, Kerns/CH

Jasmin Amberg, MSc ETH Bau.-Ing., Amberg Engineering AG, Regensdorf/CH

Daniel Kohler, dipl. Bau-Ing. ETH/SIA, Frutiger AG, Thun/CH

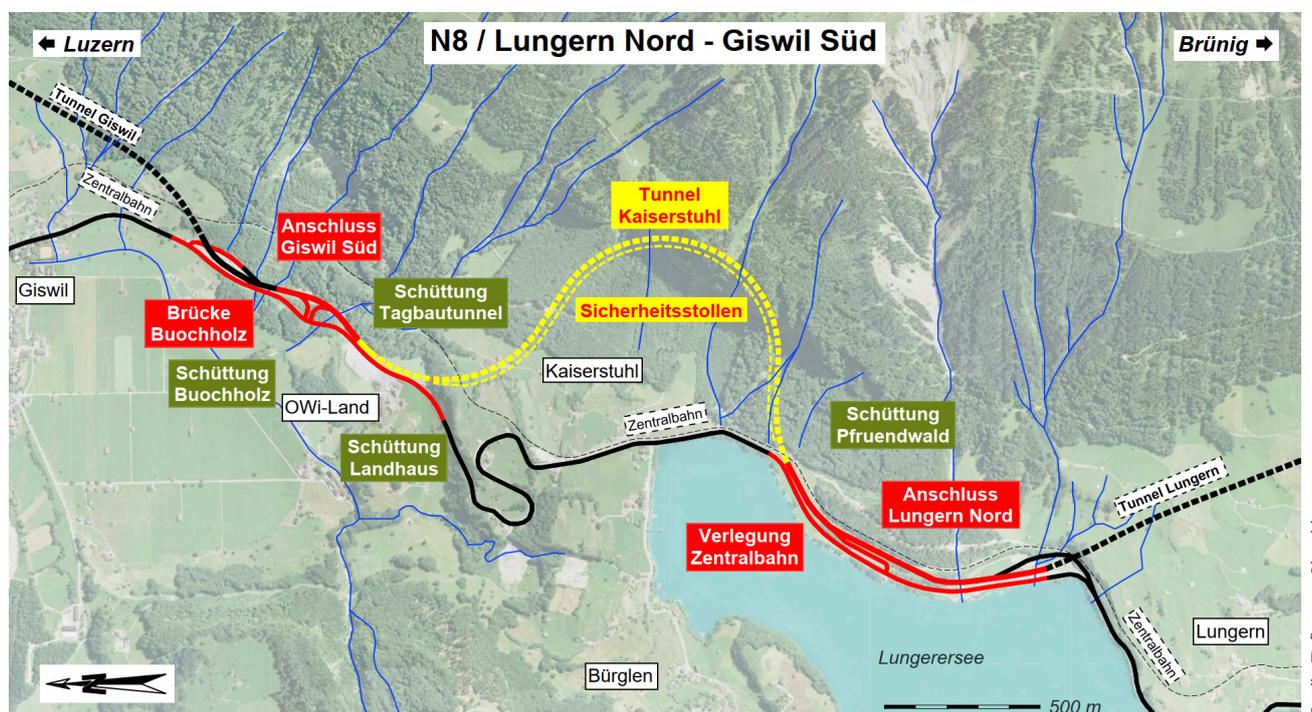
# Tunnel Kaiserstuhl

## Bautechnische Herausforderungen in der Lockergesteinsstrecke mit Jetting

Der Tunnel Kaiserstuhl schliesst die letzte Lücke der Nationalstrasse N8 im Kanton Obwalden. Eine grosse bautechnische Herausforderung ist der Abschnitt im Lockergestein, der aufgrund der Geologie besondere Massnahmen erfordert und hohe Anforderungen an Projektierung und Ausführung stellt. Massgebender Bestandteil des Vortriebskonzepts ist der Einsatz von Jetting. Die Fertigstellung ist für 2029 geplant.

### 1. Projektübersicht

Die N8 verbindet das Berner Oberland mit der Zentralschweiz und führt von Spiez nach Hergiswil. Für den Kanton Obwalden ist sie die Hauptschlagader vom Brünig in den Raum Luzern. Seit 1984 erfolgt der schrittweise Ausbau. Mit dem Projekt «N8 Lungern Nord / Giswil Süd mit Tunnel Kaiserstuhl» wird die letzte Lücke im Nationalstrassennetz des Kantons zwischen Giswil Süd und Lungern Nord geschlossen. Das Gesamtprojekt umfasst diverse Anpassungen am offenen Trassee sowie verschiedene Kunstbauten und Geländemodellierungen (Bild 1).



1 Übersicht Gesamtprojekt N8 / Lungern Nord – Giswil Süd mit Tunnel Kaiserstuhl

#### 1.1. Ziele des Projekts

Naturgefahrenereignisse im Abschnitt zwischen Giswil und Lungern unterbrechen wiederholt die Hauptverbindungsstrasse des Kantons. Mit dem Tunnel Kaiserstuhl wird dieses Risiko für die Nationalstrasse eliminiert. Ausserdem erhöht die Trennung von National- und Kantonsstrasse die Verkehrssicherheit und schafft eine redundante, leistungsfähige Verbindung. Das Projekt ermöglicht zahlreiche ökologische Massnahmen für den Amphibienschutz, die Wiederherstellung von Tierwanderkorridoren und

## Tunnel de Kaiserstuhl

### Défis de construction dans le tronçon en roche friable avec jet grouting

Le dernier segment manquant de la route nationale A8 dans le canton d'Obwald va être comblé par le tunnel de Kaiserstuhl, long de 2,1 km. L'avancement conventionnel au sud d'environ 190 m traverse le tronçon complexe en roche friable dans l'éboulis de ravine. L'emploi de jet grouting en tant que procédé de construction en amont forme la base du concept d'avancement. La méthode des éléments finis a été utilisée pour effectuer les mesures avec des superpositions jusqu'à environ 120 m. L'exécution des travaux est dominée par les questions de déroulement du travail, de gestion du reflux de jet grouting et de logistique dans un espace restreint.

## Galleria di Kaiserstuhl

### Sfide costruttive nella tratta in materiale sciolto con jet grouting

L'ultima tratta mancante della strada nazionale A8 nel Cantone di Obvaldo viene completata con la galleria di Kaiserstuhl, lunga 2,1 km. Al portale sud l'avanzamento in metodo convenzionale attraversa una zona molto impegnativa di 190 m nel materiale sciolto di un canalone detritico. L'impiego del jetting come provvedimento preventivo di stabilizzazione è l'elemento base del progetto di avanzamento. Il dimensionamento, considerata una copertura fino a circa 120 m, è stato effettuato con il metodo FEM. Il processo esecutivo dei lavori, la gestione del refluo di perforazione e la logistica in spazi ristretti sono state le tematiche principali della fase di realizzazione.

## Kaiserstuhl Tunnel

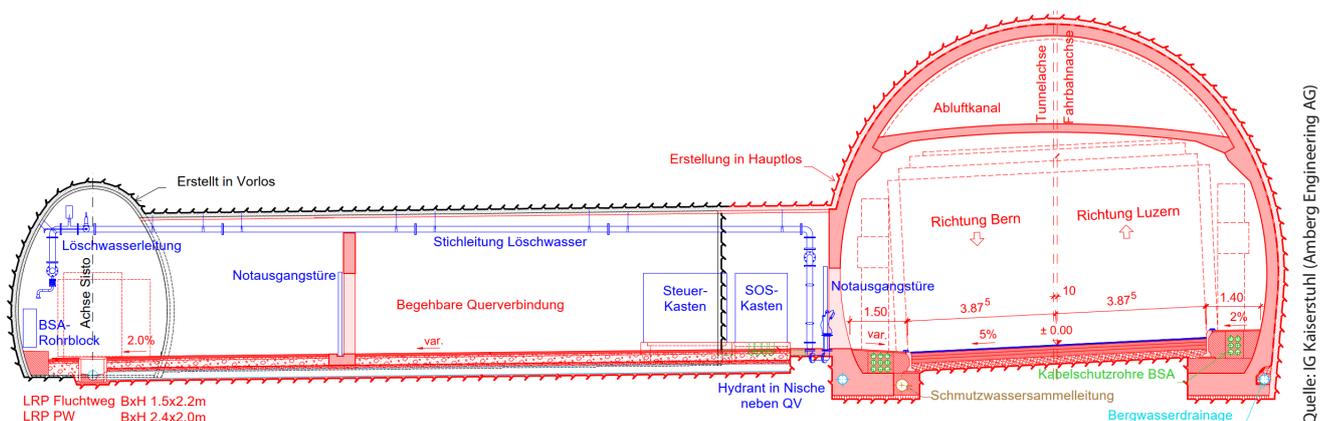
### Construction-related challenges in the loose rock section with jetting

The final gap in the A8 national road in the Canton of Obwalden is being closed by the 2.1 km long Kaiserstuhl Tunnel. The conventional advancing in the south, spanning a length of approximately 190 m, leads through the challenging loose rock section in the gully rubble. The use of jetting as a pre-emptive construction supporting measure is at the centre of the advancing concept. The Finite Element Method (FEM) has been used for dimensioning with overlying formations of up to 120 m. The work process, the handling of jetting backflow and logistics in confined spaces are at the forefront of execution.

Renaturierungen. Weiter wird die Löschwasserversorgung des Tunnels mit einem neuen Trinkwasserkraftwerk verbunden, das mehr Energie produziert, als der Tunnel verbraucht.

### 1.2. Tunnel Kaiserstuhl

Der Tunnel Kaiserstuhl (ca. 2.1 km) ist ein zweispuriger Tunnel im Gegenverkehr. In den Drittelpunkten befinden sich beidseitige Ausstellbuchten. Anschliessend an den bergmännisch erstellten Abschnitt (1776 m) befinden sich die Tagbaustrecken Nord (225 m) und Süd (88 m). Parallel zum Tunnel verläuft der Sicherheitsstollen. Aufgrund der Steigung von 6.5% sind die elf begehbaren Querverbindungen in einem reduzierten Abstand von ca. 155 m angeordnet. Der Tunnelquerschnitt ist zweiseitig aufgebaut mit einer Regenschirmabdichtung und seitlichen Drainagen. Der Tunnel verfügt über eine Zwischendecke. Für die Betriebsausrüstung sind zwei Zentralen an den Portalen und zwei unterirdische Zentralen vorhanden. Die Erschliessung im Tunnel erfolgt mittels Kabelrohrblöcken in den seitlichen Banketten sowie einem Kabelrohrblock im Sisto (Bild 2). Die Hydranten im Fahrraum werden über Stichleitungen von der Löschwasserleitung im Sicherheitsstollen erschlossen. Das Ausbruchmaterial des Tunnels wird mehrheitlich für



2 Querverbindung zwischen Tunnel Kaiserstuhl und Sicherheitsstollen

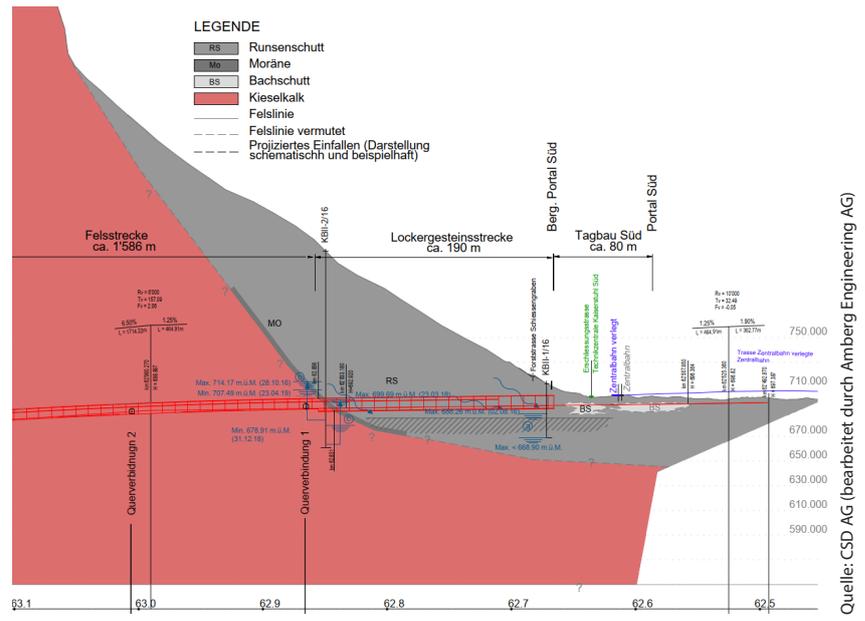
Quelle: IG Kaiserstuhl (Amberg Engineering AG)

Schüttungen und Geländemodellierungen im Gesamtprojektperimeter wiederverwendet.

## 2. Planung der Lockergesteinsstrecke

Der bergmännische Abschnitt des Tunnels wird konventionell, von beiden Portalen aus, ausgebrochen. Ab Norden wird er im Sprengvortrieb im Fels (1586 m) und ab Süden mit einem maschinenunterstützten Vortrieb im Lockergestein (190 m) aufgeföhren.

Die Überlagerung in der Lockergesteinsstrecke steigt ab dem Voreinschnitt von ca. 10 m auf ca. 120 m beim Übergang zum Fels an. Der Tunnel fällt in diesem Bereich mit 1.25% Richtung Norden.



Quelle: CSD AG (bearbeitet durch Amberg Engineering AG)

3 Übersicht Geologie Portal Süd Lockergesteinsabschnitt Tunnel Kaiserstuhl

### 2.1. Geologie

Im Lockergesteinsvortrieb Süd liegt hauptsächlich Runsenschutt vor, ein heterogenes Schuttmaterial (Bachschutt, z.T. Hangschutt- und Murgangmaterial), das sich im Bereich von nahezeitlichen Schuttkegeln angesammelt hat. Neben meist gut sortiertem, feinkornarmem Material tritt untergeordnet bindiges Kiesmaterial mit Zwischenlagen aus tonigem bis siltigem Sand auf (Bild 3).

Die Standfestigkeit im Ausbruch ist gering mit stark nachbrüchigem resp. rolligem Verhalten. Ungestörtes, trockenes bis erdfuchtes Material ist kurzfristig standfest, aber insbesondere feuchtes bis nasses, mit Feinkornanteil durchsetztes Material kann bei mechanischer Störung eine Art «fließenden» Zustand annehmen.

Die Durchlässigkeit ist sehr variabel ( $k = 1 \times 10^{-2}$  bis  $5 \times 10^{-5}$  m/s). Zusammen mit der Wechsellagerung führt dies zu präferenziellen Fließwegen und / oder Schichtwasser und dadurch zur Vernässung und Verbreitung des anstehenden Lockergesteins (v.a. bei Schichten mit hohem Feinkornanteil). Vernässende und aufgeweichte Schichten können zu lokalen Instabilitäten und damit verbundener Auflockerung mit Auswirkung auf darüberliegende Schichten führen (geringe ME-Werte trotz grosser Überlagerung).

### 2.2. Erkundungsstollen

Der Vortrieb des Sicherheitsstollens wurde zeitlich vorgezogen mit dem Ziel, den Stollen zur Erkundung der geologischen Verhältnisse (z.B. Übergang Lockergestein / Fels, Verhalten des Runsenschutts im Vortrieb) für den Hauptvortrieb zu nutzen.

Der Vortrieb im Lockergestein (Ausbruchquerschnitt 17–26 m<sup>2</sup>) erfolgte konventionell mit Rohrschirm und Sicherung mittels Stahlbögen, Netzen und Spritzbeton. Die Ortsbrust wurde mit Anker, Netzen und Spritzbeton gesichert. Die geologischen Verhältnisse führten mehrfach zu Einbrüchen zwischen den Rohrschirmrohren bis hin zum Tagbruch. Ebenfalls kam es zu lokalen und globalen Instabilitäten der Ortsbrust (Bild 4). Als Massnahme wurde der Rohrschirm verdichtet, die Überlappungslänge der Etappen vergrössert, die Ortsbrustsicherung verstärkt und nach Bedarf der Ausbruchquerschnitt unterteilt mit sofortiger Trockenspritzbetonsicherung. Der Vortrieb konnte nachfolgend kontrolliert bis in den Fels geführt werden.

Aufgrund der Erfahrungen wurde entschieden, für den Hauptvortrieb einen Jettingschirm zu prüfen, um gegenüber einem Rohrschirm ein geschlossenes Gewölbe zu erhalten und das Risiko eines Materialeintrags auf ein Minimum zu reduzieren. Die Machbarkeit wurde während des Erkundungsstollens mit Versuchen in der Ortsbrust bestätigt. Die freigelegten Säulen zeigten erreichbare, mittlere Durchmesser von > 80 cm.



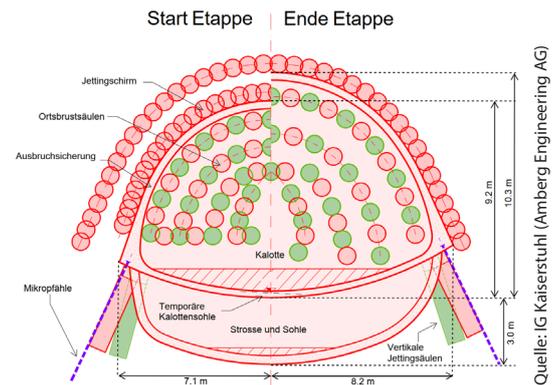
Quelle: IG Kaiserstuhl (Amberg Engineering AG)

4 Ortsbrustinstabilität beim Vortrieb des Erkundungsstollens (späterer Sicherheitsstollen)

Für die Bau- und Betriebsphase wird der Erkundungsstollen zum Sicherheitsstollen aufgerüstet.

## 2.3. Ausbruch- und Sicherungskonzept Hauptvortrieb

Der Ausbruch erfolgt im Schutz eines Jettingschirms (Länge 15 m, Überlappung 5 m). Zur Gewährleistung der Ortsbruststabilität werden in der Kalotte Ortsbrustpfähle erstellt. Die Sofortsicherung der 1 m langen Abschlüge erfolgt mit faserbewehrtem Spritzbeton. Die weitere Sicherung besteht aus Stahlbau, Netzen und Spritzbeton. Der Ausbruch erfolgt im Kalottenvortrieb mit einer temporären Kalottensohle mit Netzen und Spritzbeton, sowie Mikropfählen (Abstand 1 m) zur Sicherung des Kalottensohleausbaus, vertikalen Jettingsäulen gesichert.



Quelle: IG Kaiserstuhl (Amberg Engineering AG)

5 Profil Vortrieb und Sicherung Lockergesteinsstrecke Haupttunnel Kaiserstuhl

Die Sicherung konnte mittels detaillierter 3D-FE-Betrachtung in Abhängigkeit von der Überlagerung optimiert werden (Bild 6). Durch Versuche im Erkundungsstollen konnten die Längen der Mikropfähle (Dm 103 mm) sowie die erforderlichen Bohrdurchmesser (Dm 220 mm) festgelegt werden. Im Bereich mit einer Überlagerung > 90 m ist ein zusätzlicher, radial aussenliegender Jettingschirm im Paramentbereich erforderlich (doppeltes Jettinggewölbe).

Der Vortrieb wird messtechnisch eng mit horizontalen, automatisch messenden Inklinometern im First und geodätischen Konvergenzquerschnitten überwacht. Das Messintervall wird entsprechend den gemessenen Verformungsgeschwindigkeiten festgelegt.

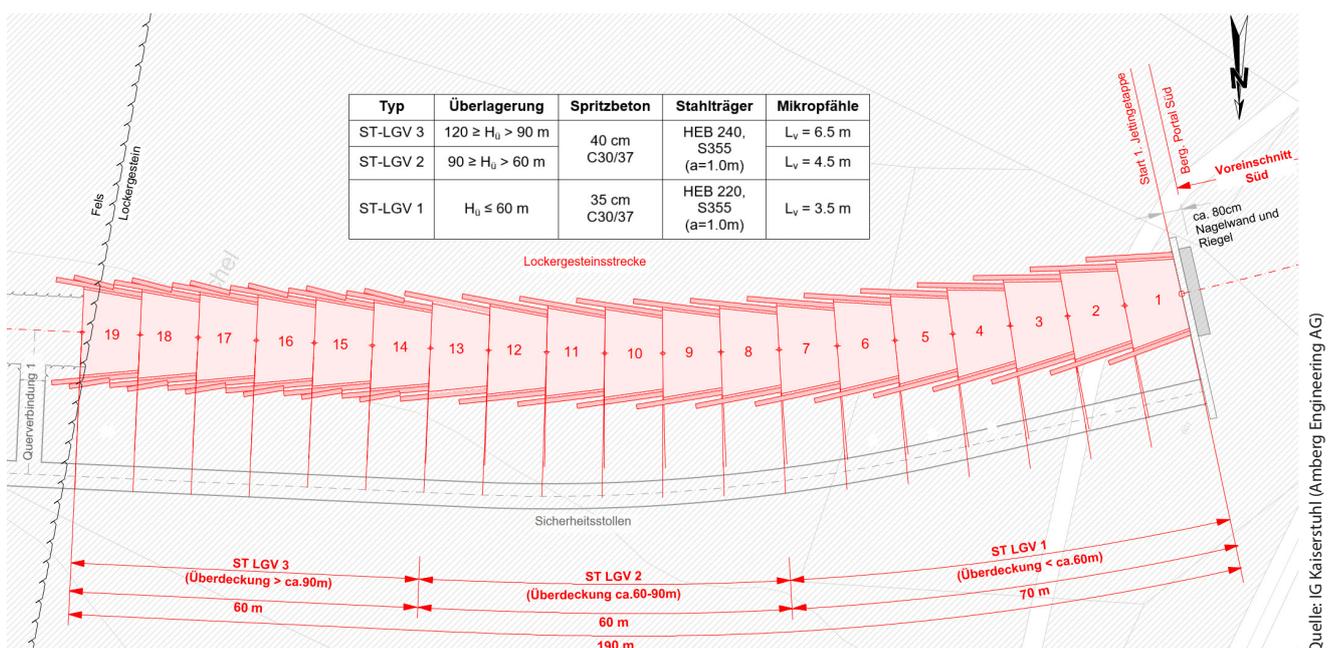
## 3. Ausführung der Lockergesteinsstrecke

Für den maschinenunterstützten Vortrieb im Lockergestein (MUL) wurden folgende Schlüsselstellen und Erfolgsfaktoren identifiziert:

- Kontinuierlicher Bauablauf für Arbeiten auf kritischem Pfad durch Optimierung der Logistik und Anzahl Arbeitsstellen
- Optimiertes Verarbeiten des Jettingrückflusses mit dem Ziel, das anfallende Filterkuchenmaterial und Bauabwasser schnell und effizient zu fassen, zu behandeln und zu entsorgen
- Einsatz von erfahrenen Fachpersonen

Um die Sicherheit, Qualität und Leistung effizient und effektiv abrufen zu können, wird auf folgende Erfolgsfaktoren gezählt:

- Jetting- und Mikropfahlarbeiten werden durch einen spezialisierten Subunternehmer ausgeführt (Züblin Spezialtiefbau)
- Einsatz von Stammpersonal
- Optimale und moderne Baustelleneinrichtungen und Gerätschaft



6 Übersicht Lockergesteinsstrecke und Sicherungstypen

Quelle: IG Kaiserstuhl (Amberg Engineering AG)

## 3.1. Ausführungskonzept und Dokumentation

Für die Voraussicherung kommen ein Jettinggerät PG185, welches auch zum Erstellen der Bohrungen für die Inklinometer verwendet wird sowie eine Suspensionsmischanlage zum Einsatz.

In einem ersten Schritt werden die Säulen des Schirms erstellt, im Anschluss jene in der Ortsbrust. Die Ansatzpunkte der einzelnen Jettingsäulen werden an der Ortsbrust abgesteckt. Nach dem Ansetzen der Lafette an der Ortsbrust, wird der hintere Teil der Lafette in die korrekte Position navigiert. Der Jettingdruck beträgt max. 400 bar.

Der theoretische Durchmesser der Jettingsäulen von 80 cm wird mittels Fotos und zusätzlich mit 3D-Scanaufnahmen dokumentiert. Um die Stärke des Jettingschirms zu bestätigen, wurden in den ersten Etappen Kernbohrungen durch die Sicherung durchgeführt.

Die Parameter jeder Jettingsäule werden mittels spezialisierter Software (Bestandteil Steuerung Jettinggerät PG185) dokumentiert:

- Bohrlänge
- Start- und Endzeit
- Suspensionsmenge
- Bohrfortschritt
- Anpressdruck
- Drehzahl
- Spüldruck und -Durchfluss
- Jettingdruck
- Haltezeit

Das Rückflussmaterial aus dem Jetting wird in einem Becken mit genügend Rückhaltevolumen an der Ortsbrust gesammelt. Anschliessend wird der Rückfluss mit einer Schlauchquetschpumpe bis zu den Puffersilos geführt und mit einer Kammerfilterpresse behandelt. Das Filtratwasser wird einer Wasseraufbereitungsanlage zugeführt und vorgeklärt. Durch die frühzeitige Einbindung der Frutiger Umwelttechnik konnte auf ein grosses Knowhow zurückgegriffen und damit auf den Baubetrieb abgestimmte und optimierte Lösungen erarbeitet werden.

Ausgebrochen wird standardmässig mit einem Tunnelbagger mit Anbaufräse (Bild 7). Die Schutterung erfolgt mittels Fahrlader von der Ortsbrust bis zur Zwischendeponie. Nach Abschluss der Vortriebsarbeiten einer Etappe wird die Ortsbrust zur Aufnahme des Jettingsdruckes mit 25–30 cm Spritzbeton inkl. Netz gesichert (Bild 8).

## 3.2. Start der Arbeiten

Die Planung des Portals basierte ursprünglich auf einem Rohrschirm. Der Wechsel auf einen Jettingschirm und Ortsbrustsäulen verursachte eine Kollision der geplanten Jettingbohrachsen mit den bestehenden Selbstbohr- und Litzenankern sowie einer Betonlongarine der Portalsicherung.

Neben den maschinentechnischen Herausforderungen stellten die vorgespannten Litzenanker zusätzlich ein Sicherheitsrisiko dar. Die möglichen Risikoszenarien durch das Anbohren oder Anjetten eines vorgespannten Litzenankers wurden von Bauherrschaft, Planer, Bauleitung und Unternehmer diskutiert und analysiert. Im Zuge der Risikoanalyse wurde ein 3D-Modell der bestehenden Portalsicherung erstellt und darin die Position der zukünftigen Bohrlöcher und Jettingsäulen ergänzt (Bild 9).



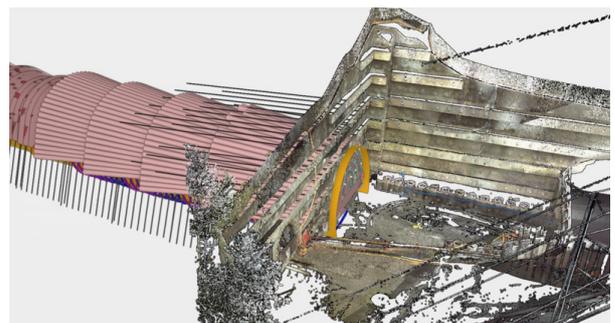
7 Tunnelausbruch

Quelle: Frutiger AG



8 Jettingortsbrust

Quelle: Frutiger AG



9 3D-Model inkl. Punktwolke des Portalbereiches

Quelle: 3D-Model des Unternehmers (erstellt durch Domatsch + Partner AG)

Auf Basis dieser Analyse wurde entschieden, zusätzliche Litzenanker zu entspannen, um das Risiko von schlagartiger Entspannung zu verhindern. Um die Stabilität der Portalwand weiterhin zu gewährleisten, wurden zusätzliche Selbstbohranker eingebaut. Die theoretischen Kollisionen mit den Litzenankern haben sich während der Arbeiten bestätigt (Bild 10), was zu einer Ausreizung der maschinentechnischen Limits geführt hat. Auch war das ganze Know-how des Teams gefordert. Aufgrund der getroffenen Massnahmen haben die Kollisionen zu keinem Sicherheitsrisiko geführt.

Aufgrund der Erfahrungen aus dem Erkundungsstollen hat das Projektteam dem Start der Vortriebsarbeiten grosse Aufmerksamkeit gewidmet. Folgende Massnahmen wurden umgesetzt:

- Ausbruch in Teilquerschnitten mit Sofortsicherung
- Belassen eines Brustkeils inkl. Selbstbohranker
- Vorhaltung von Spritzbeton und Schüttmaterial
- Installation einer automatischen Inklinometer-Messkette im Tunnelfirst
- Automatisierte trigonometrische Portalüberwachung

Die getroffenen planerischen, bautechnischen als auch organisatorischen Massnahmen haben zu einem erfolgreichen Vortriebstart geführt.

Die Litzen- und Selbstbohranker in der Ortsbrust erschwerten den Ausbruch. Sie mussten einzeln freigelegt und gekürzt werden. Durch die Länge der Anker waren die Jetting- und Vortriebsarbeiten bis in die dritte Etappe (ca. 25 m) beeinflusst.

### 3.3. Digitalisierung

Das engagierte Projektteam hat zusammen mit dem Ingenieurbüro Donatsch+Partner Ansätze der Digitalisierung und BIM angewendet. So wurde der Portalbereich gescannt und einzelne Bauteile des Tunnels in 3D modelliert. In der Ausführung wurde das Modell mit Ausführungsparametern ergänzt.

Das Modell wurde für die AVOR sehr effizient eingesetzt. So wurden z.B. die Freibereiche der Lafette des PG185 mitmodelliert, um die Platzverhältnisse zu überprüfen. Weiter wurde der Scan der bereits erstellten Kalotte zum Modellieren der vertikalen Jettingssäulen genutzt.

Die Grundparameter der Jettingarbeiten werden mittels BI-Software ausgewertet und analysiert. Durch Integration der Parameter über die Erstellung der einzelnen Bauteile, lässt sich auch der Baufortschritt sehr gut dokumentieren und visualisieren (Bild 11).

## 4. Fazit

Das Projekt zeigt, wie Erkenntnisse aus einem Erkundungsstollen in die Ausführung einfließen können. So wurde erkannt, dass die für den Haupttunnel ursprünglich geplante Voraussicherung mittels Rohrschirm ein Risiko für den Vortrieb darstellen. Der durchgeführte Jettingversuch bot eine gute Grundlage für die Planung, Ausschreibung und Ausführung.

Die bisherigen Erfahrungen aus dem Kalottenvortrieb der ersten Hälfte der Lockergesteinsstrecke haben die Entscheidung, die ursprünglich angedachte Voraussicherung mittels Rohrschirm auf Jettingssäulen zu ändern, bestätigt.

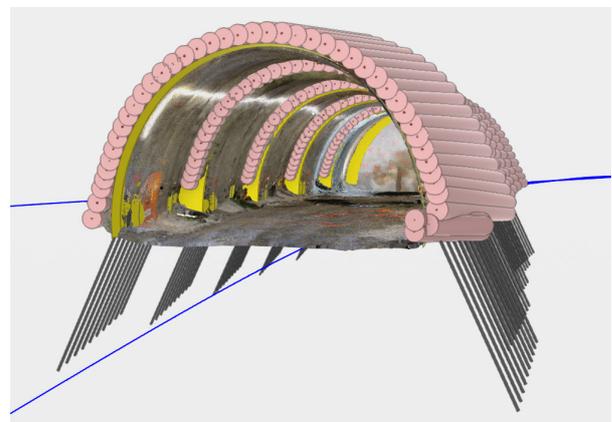
Die Arbeiten erfordern ein hohes Mass an Zusammenarbeit und Flexibilität aller Beteiligten. Das Projektteam ist sehr engagiert und durch offene Kommunikation ist es gelungen, gegenseitiges Vertrauen zu schaffen, was wesentlich zu einer erfolgreichen Ausführung beiträgt.

Glück Auf!



Quelle: Frutiger AG

10 Aufgewickelte Litzenanker



Quelle: 3D-Modell des Unternehmers (erstellt durch Donatsch + Partner AG)

11 3D Visualisierung vom Stand der Arbeiten

## Literatur

- [1] Projektübersicht - Ausbauprojekt A8 Obwalden; <https://a8-ow.ch/projekt/projektuebersicht/>
- [2] A8-Tunnel Kaiserstuhl: Durchschlag bei Erkundungsstollen erfolgt | Baublatt; <http://www.baublatt.ch/bauprojekte/a8-tunnel-kaiserstuhl-durchschlag-bei-erkundungsstollen-erfolgt-33026>

## PROJEKTDATEN

### Region

Gemeinden Giswil und Lungern, Kanton Obwalden

### Bauherr, Projekt- und Oberbauleitung

Kanton Obwalden, Bau- und Raumentwicklungsdepartement

### Planung und Bauleitung

IG Kaiserstuhl c/o Amberg Engineering AG

### Ausführung

Frutiger AG Untertagbau

### Kenndaten

Bauzeit:	Februar 2024–April 2028
Inbetriebnahme:	2029
Baukosten gesamt:	CHF 270 Mio.
Baukosten Tunnel:	CHF 95 Mio.
Projektlänge:	3.6 km
Tunnellänge:	2.1 km (1.8 km bergmännisch)
Fahrbahnbreite:	7.75 m, kein Pannestreifen
Max. Steigung Tunnel:	6.5%
Ausbruchquerschnitt:	Sprengvortrieb 95–185 m <sup>2</sup> ; Lockergesteinsvortrieb 95–122 m <sup>2</sup>

### Besondere Merkmale

Jetting in Runsenschutt, limitierte Platzverhältnisse für baubetriebliche Installationen; bestehende Litzen- und KSB-Anker im Jetting- und Ausbruchsprofil; Koordination der Jetting- und Vortriebsarbeiten auch in Bezug auf Personaleinsatz; Bearbeitung des Rückflusses aus den Jettingarbeiten