

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)

Andreas Baumann, MSc ETH Bau-Ing., Frutiger AG, Thun/CH
Patrick Giovannini, MSc ETH Bau-Ing., Frutiger AG, Thun/CH

Zweite Röhre Gotthard Strassentunnel: Störzone Nord

Herausforderungen und Erkenntnisse aus Sicht des Unternehmers

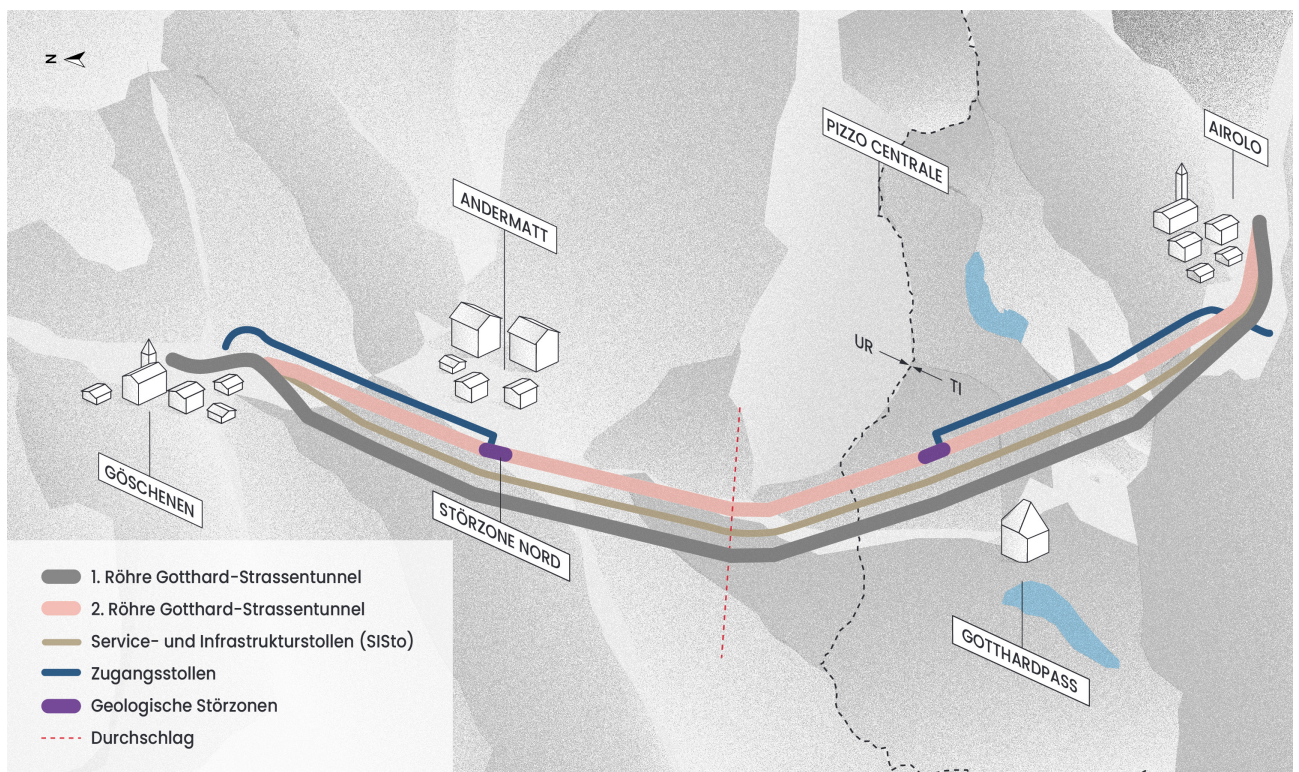
Im Nordlos liegt die Störzone innerhalb der Urseren-Zone am Übergang vom Mesozoikum ins Permo-karbon. Dieser bautechnisch anspruchsvolle Abschnitt wird vorgängig zum TBM- als MUL/MUF-Vortrieb aufgeföhren. Um dabei dem instabilen Querschnitt und den hohen Konvergenzen zu begegnen, erfolgt der Vortrieb in kurzen Abschlügen im Vollausbuch mit langen Brustankern und die Sicherung mit nachgiebigen TH-Bögen.

1. Projektbeschreibung

1.1. Gesamtprojekt Zweite Röhre Gotthard Strassentunnel

Der bestehende Gotthard-Strassentunnel (1TG) muss wegen sicherheitstechnischen Aspekten und schadhaftem Bauzustand spätestens 2035 saniert werden. Aufgrund des grossen Sanierungsumfanges ist eine Vollsperrung des 1TG zwingend. Am 27. Juni 2012 entschied sich der Bundesrat für die Variante «Bau einer zweiten Tunnelröhre mit anschliessender Sanierung der bestehenden Röhre (ohne Kapazitätserweiterung)» und somit zu Gunsten einer zweiten Röhre (2TG) [1]. Am 28. Februar 2016 stimmte das Schweizer Stimmvolk diesem Vorhaben mit 57% zu. Die Bauarbeiten wurden in verschiedenen Losen vergeben und haben 2020 begonnen (Bild 1).

Aktuell sind die Arbeiten in den Hauptvortrieben Nord und Süd, Los 241 resp. Los 341, am Laufen sowie die Materialbewirtschaftung Los 111.



1 Projektübersicht

Quelle: ASTRA Bellinzona

Deuxième tube du tunnel routier du Saint-Gotthard : Zone de perturbation au nord

Les défis et les conclusions du point de vue de l'entrepreneur

La roche de type kakirite est friable et limoneuse, entraînant une excavation instable et des rétrécissements des sections. L'excavation est réalisée en différentes coupes partielles, chacune étant sécurisée par du béton projeté et des filets au front de taille. Une fois la section complètement excavée, des arcs glissants souples et des ancrages radiaux sont mis en place. Cette fortification permet de soutenir sans dommages les convergences radiales de la pression réelle du massif. Des ancrages au front de taille et des piques systématiques peuvent être utilisés pour soutenir la construction.

Seconda galleria autostradale del San Gottardo: zona perturbata nord

Sfide e insegnamenti dal punto di vista dell'imprenditore

La presenza di roccia friabile, argillosa e a base di kakirite favorisce l'instabilità degli scavi e i restringimenti di sezioni. Lo scavo viene quindi eseguito in diversi segmenti che man mano vengono messi in sicurezza con calcestruzzo spruzzato e reti sul fronte di avanzamento. Una volta scavata l'intera sezione segue la posa in opera delle centine scorrevoli cedevoli e degli ancoraggi radiali. I dispositivi di sicurezza sono quindi in grado di assorbire senza danni le convergenze radiali dovute alla pressione dell'ammasso roccioso. Come misure costruttive ausiliarie si prevede l'uso sistematico di ancoranti e aste.

Second tube of the Gotthard Road Tunnel: Northern fault zone

Challenges and insights from the contractor's perspective

The friable, loamy and fault-gouge rock makes for unstable excavation and cross-sectional constrictions. Excavation is carried out in various subsections, each of which is secured with shotcrete and nets on the working face. Once the cross-section has been fully excavated, the yielding TH arches and radial anchors are then put in. Securing in this manner can absorb the radial convergences from the real rock pressure without any damage. Systematic face anchors and spiles are used as construction aids.

1.2. Los 241

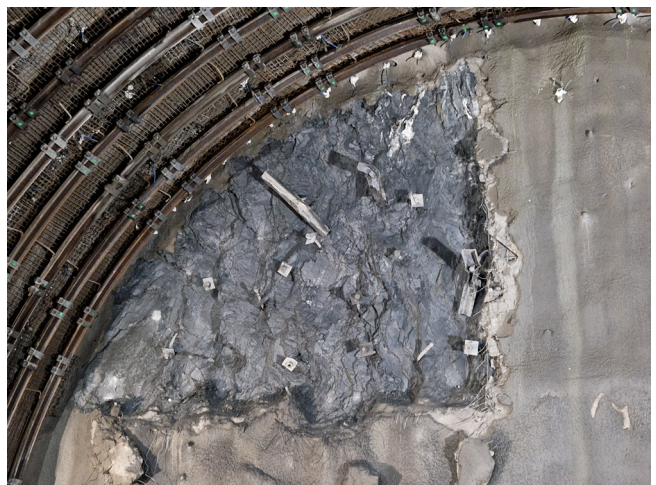
Der Zuschlag für das Los 241 fiel im August 2022 an die ARGE secondo tubo, bestehend aus Implenia Schweiz AG und Frutiger AG. Im Frühjahr 2023 starteten die Arbeiten.

Aufgrund der beschränkten Platzverhältnisse beim Portal Göschenen sowie zum Schutz vor Lawinen, wurde die Betonproduktion sowie die WELK- und Tübbing-Herstellung unterirdisch geplant. Dazu mussten vier Kavernen der Armee an die bereits vom Vorlos 243 ausgebrochene Betonkaverne angebunden werden.

Infolge der geologisch bedingten Verzögerung beim Bau des Voreinschnittes Göschenen, entschied sich der Bauherr auf Vorschlag der ARGE für das Auffahren eines rund 500 m langen Gegenvortriebs aus dem sogenannten Verzweigungsbauwerk Richtung Göschenen. Diese Massnahme dient der Sicherstellung des Gesamtterminprogramms und reduziert die Risiken der TBM-Kurvenfahrt mit minimalem Radius gleich zu Beginn des Vortriebs. Der Gegenvortrieb wurde konventionell mittels Kalotten-Strossenvortriebs aufgeföhren.

Vier Kilometer im Berg, direkt unter dem Golfplatz Andermatt lief gleichzeitig der Sprengvortrieb zur Erstellung der Logistikkavernen für den späteren Störzonenvortrieb. Der Zugangstollen zu den Logistikkavernen wurde im Rahmen von Los 243 mit einer Gripper-TBM (\varnothing 7 m) aufgeföhren.

Nach Abschluss der Arbeiten in der Logistikkaverne startete im Mai 2024 der Vortrieb der Störzone Nord. Parallel dazu begann im Sommer 2024 die Montage der TBM im Vorein-



2 Offenes Teilfenster mit Tonschiefer sowie Wechsellagerungen von Tonschiefer und Kalk

Quelle: ARGE secondo tubo

Zweite Röhre Gotthard Strassentunnel: Störzone Nord • Herausforderungen und Erkenntnisse aus Sicht des Unternehmers

schnitt und die Inbetriebnahme der Tübbing- und WELK-Produktion. Seit Februar 2025 ist die Schild-TBM (Ø 12.3 m) auf dem 4 km langen Weg bis zur Störzone.

2. Störzone

2.1. Erfahrungen aus 1TG und GBT

Beim Bau der ersten Röhre und des Service- und Infrastrukturstollens in den 1970er Jahre sind die Mineure im Norden und Süden auf je einen bautechnisch schwierigen Abschnitt gestossen [2]. Diese Zonen äusserten sich durch zermürbten Fels und hohe Konvergenzen, die die Sicherungseinbauten zerdrückten. Daher erhielten diese Abschnitte bei der Projektierung vom 2TG besondere Aufmerksamkeit. Das Projekt sieht vor, die Störzonen konventionell aufzufahren und die TBMs anschliessend durchzuschieben.

Die Sicherungsmittel sowie das Vortriebsverfahren sind stark an den Vortrieb im Tavetscher Zwischenmassiv im Teilabschnitt Sedrun des Gotthard Basistunnels angelehnt. Sowohl die Projektierenden wie auch die ausführenden Unternehmungen Implanja und Frutiger können auf die Erfahrungen aus dem Bau der Neat zurückgreifen.

2.2. Geologie

Von Norden nach Süden durchquert der Gotthard-Strassentunnel das Aar-Massiv, die Urseren-Zone und das Gotthardmassiv. Die Störzone Nord befindet sich innerhalb der Urseren-Zone am Übergang vom Mesozoikum (Jura, Trias) ins Permokarbon. Der Abschnitt im Jura besteht vorwiegend aus Tonschiefer sowie Wechsellagerungen von Tonschiefer und Kalk (Bild 2). Die Trias besteht hauptsächlich aus Gips und Dolomit. Im Permokarbon wird grünlich-grauer Serizit-Schiefer und -gneis angetroffen. Die geschieferten Bereiche sind teilweise stark verfaultet und verlehmt.

Die Lage der Störzone Nord ist aus dem Bau der ersten Röhre bekannt. Zur Bestimmung der genauen Ausdehnung auf Achse zweite Röhre wurden aus dem SiSto Erkundungsbohrungen erstellt. Die Analyse der Kerne zeigte einen teilweise sehr hohen Kakiritisierungsgrad. Für den 2TG liessen sich folgende Gefährdungsbilder [2] ableiten und die Störzone in neun Homogenbereiche unterteilen:

- Instabilität des Querschnittes (Kluftkörper/Niederbruch, Verbruch, Steinfall)
- Instabilität der Ortsbrust (Kippen/Knicken/Niederbruch, Verbruch, Steinfall)
- Querschnittsverengung (druckhaftes Gebirgsverhalten)
- Entfestigung Gestein durch Bergwasser (Nässe, Quellen)

2.3. Sicherungskonzept

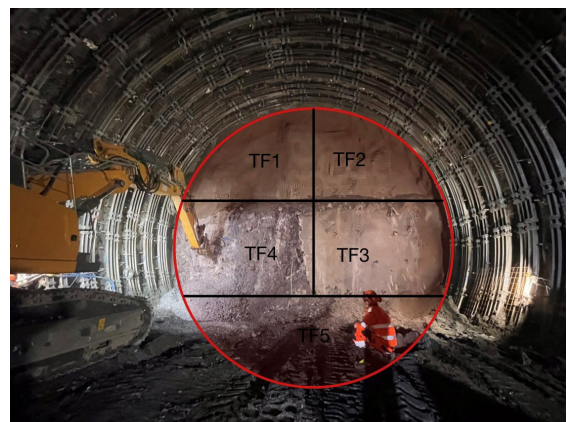
Basierend auf den Gefährdungsbildern sowie den Erfahrungen aus der Störzonen des GBT und der ersten Röhre wurde ein Vollausbruch (Ø 15 m) im MUL/MUF mit nachgiebigem Ausbau und späterem, starrem Ringschluss ausgeschrieben. Die Querschnittsverengungen sollen so kontrolliert aufgefangen werden.

Total sind sieben Ausbruchstypen definiert worden. Alle mit Stahlfaser-Spritzbetonversiegelung, Profilverbundmatten, Radial- und Ortsbrustanker, nachgiebigen TH-Bögen (Bild 3) sowie voraus-eilenden Drainagebohrungen. Die Variation der AST liegt im Bogenabstand sowie unterschiedlichen Längen der Radialanker und Überlappungslängen der Brustanker. Spiesse als Bauhilfsmassnahme sind abhängig von der Sicherungsklasse systematisch oder sporadisch vorgesehen. Max. ca. 30 m hinter der Ortsbrust werden die TH-Bögen mit faserbewehrtem Spritzbeton ausgekleidet und die innen-



Quelle: ARGE secondo tubo

3 Nachgiebige TH-Bögen in der Störzone



Quelle: ARGE secondo tubo

4 Prinzip der Teilfenster



Quelle: ARGE secondo tubo

5 Öffnen eines Teilfensters

Zweite Röhre Gotthard Strassentunnel: Störzone Nord • Herausforderungen und Erkenntnisse aus Sicht des Unternehmers

liegende Spritzbetonschale aufgespritzt. In Bereichen mit hohen Gebirgsdrücken ist der Einbau einer Netzbewehrung in der Spritzbetonschale vorgesehen.

2.4. Vortriebskonzept des Unternehmers

In der Ausschreibung des Unternehmers war vorgesehen, die TH-Bögen und Bauhilfsmassnahmen ab einer aufgehängten Streckenausbaumaschine einzubauen. Aufgrund der Erfahrungen aus Sedrun und der sehr grossen Anschaffungskosten, entschied sich die ARGE für die Ausführung der Arbeiten mit regulären Vortriebsgeräten. Dies bedingt, dass über ein Drittel der Ausbruchshöhe eine Baupiste geschüttet werden muss, um die limitierte Reichweite der Geräte zu kompensieren. Durch den Einsatz regulärer Vortriebsgeräte kann eine hohe Verfügbarkeit sowie Redundanz der Gerätschaften sichergestellt werden.

Die Ortsbrust wird in bis zu acht Teilfenster (Bilder 4 und 5) von Ost nach West und von oben nach unten aufgebrochen. Die Abschlagslänge beträgt 1.00–1.67 m. Nach erfolgreichem Ausbruch eines Teilfenster wird dieses sofort mit einer Spritzbetonversiegelung gesichert. Angepasst an die Geologie findet der Ausbruch mittels Spitzhammer und wenn erforderlich lokalen Lockerungssprengungen statt.

Nach Aufbringen der Sofortsicherung werden die langen Ortsbrustanker eingekürzt und die Ortsbrust systematisch mit einem an die örtlichen Gegebenheiten angepassten Raster aus Bewehrungsnetzen und kurzen UNP-Profilen gesichert. Die Netze werden eingespritzt und im Anschluss das nächste Teilfenster geöffnet.

Nach Fertigstellung des kompletten Ausbruchs wird der Sohlbogen versetzt und eingespritzt. Zur Gewährleistung der Deformierbarkeit wird im Bereich der Gleitschlösser ein Styroporblock eingelegt. Nach Aufschüttung der Baupiste folgt das Firstelement der TH-Bögen (Bild 6) und im Anschluss das Bohren und Vermörteln der Radialanker. Um die Radialanker effizient zu bohren, werden diese als Selbstbohranker ausgeführt mittels einem mit Ankermagazinen ausgerüsteten Bohrwagen (Bild 7).

In regelmässigen Abständen, abhängig vom AST, werden 15 m lange R51 – Selbstbohranker für die Stützung der Ortsbrust versetzt.

Die Spritzbetonschale im rückwertigen Bereich wird regelmässig, meist während den Brustankeretappen, erstellt.

2.5. Überwachung

Die Überwachung der Störzone erfolgt systematisch und besteht aus verschiedenen Messinstrumenten mit dem Ziel, das Verhalten des Gebirges zu dokumentieren und anhand der Parameter die Ausbruchsicherung zu definieren. Als Messinstrumente kommen zum Einsatz:

- Reversehead-Extensometer 30m entlang der Tunnelachse zum Erfassen der Verformungen in der Ortsbrust (Bild 8)
- Radial angeordnete vierfach Modular-Extensometer zur Aufzeichnung des Auflockerungsbereichs um den Ausbruch
- Porenwasserdruckgeber zum Messen des Bergwasserdrucks
- Eine engmaschige Messung der Verformungen im Ausweich- und Widerstandsbereich erfolgt durch:
 - Konvergenzmessungen zur Feststellung der Verformungen des Ausbruchs
 - Gleitschlössermessungen zum Feststellen wie stark sich die Bögen resp. das Gebirge zusammenschieben

Auch Vorauserkundungsbohrungen zum Aufschliessen des Gebirges und zur Bestimmung des Kakiritisierungsgrades wurden abgeteuft.



Quelle: ARGE secondo tubo

6 Einbau des Seitenelements des TH-Bogens



Quelle: ARGE secondo tubo

7 Bohren der Radialanker



Quelle: ARGE secondo tubo

8 Anpacken beim Einbau vom RH-Extensometer

Zweite Röhre Gotthard Strassentunnel: Störzone Nord • Herausforderungen und Erkenntnisse aus Sicht des Unternehmers

Zwei Bohrungen erfolgten vor dem Ausbruch sowie eine zum Ende der Störzone zur Feststellung der Übergänge von resp. in den stabilen Fels.

2.6. Abrechnungsmodell

Infolge des sehr langsamen Vortriebs mit einem sehr hohen Personal- und Inventaraufwand erfolgt die Vergütung weitgehend nach Aufwand. Die Leistungspositionen wurden ohne Lohnanteil kalkuliert. Die Vergütung der Lohnkosten erfolgt über Gruppenstunden. Die gemäss Sollbauzeitabelle berechnete Abrechnungsbauzeit gilt dabei als Obergrenze (Kostendach) für die abzurechnenden Gruppenstunden.

3. Herausforderungen

Mit 15 m Durchmesser ist das Normalprofil deutlich grösser als in Sedrun (bis 12.9 m Durchmesser). Auch mit einer höheren als in der Submission ausgeschriebenen Baupiste sind die Gerätschaften in Bezug auf Reichweite und Leistungsfähigkeit am Limit. Die enormen Dimensionen stellen auch hohe Ansprüche an das Personal. Die Montage der Profilverbundmatten in einer schwindel-erregenden Höhe von 15 m Höhe ist nichts für schwache Nerven.

Entgegen der Annahme in der Submission ist nicht die globale Stabilität der Ortsbrust das primäre Gefährdungsbild, sondern das Lösen von klein- bis mittelgrossen Ausbrüchen im unmittelbaren Arbeitsbereich. Nebst einer teilweise schlechten Haftung des Spritzbetons auf den Schieferungsflächen reicht bereits das Eigengewicht der gespritzten Versiegelung, um vergleichsweise grosse und tiefe Ausbrüche zu provozieren. Diese Ausbrüche können einzig durch eine systematische Anbringung von Bewehrungsnetzen und einer Zurückbindung jener mittels kurzen UNP-Profilen und Ankerplatten sowie einer zusätzlichen Lage Spritzbeton unter Kontrolle gehalten werden.

4. Erkenntnisse

Die Deformationen in den bisher aufgefahrenen Homogenbereichen liegen deutlich unter der Prognose. Im aktuellen Homogenbereich C3 treten nun deutlich grössere Deformationen auf. Die Sicherstellung der Ortsbruststabilität ist deutlich aufwändiger als angenommen. Sie ist jedoch der entscheidende Faktor für die Arbeitssicherheit des Vortriebspersonals. Durch das faire und transparente Abrechnungsmodell sind einvernehmlich Anpassungen und Optimierungen im Sinne des Projektes schnell umsetzbar.

Die bisher trockenen Verhältnisse wirken sich positiv auf den Vortrieb aus.

Obwohl im Nachgang stets Verbesserungspotential erkannt wird, hat sich das gewählte Vortriebskonzept als robust und anpassungsfähig erwiesen.

Literatur

- [1] IG Nuovo Gottardo, 2021, Los 241 – Haupttunnel Nord Kurzbericht des Projektverfassers, Bellinzona, Bundesamt für Strassen ASTRA
- [2] CSD Ingenieure, 2021, Los 241 – Haupttunnel Nord: Geologisch-hydrogeologisch-geotechnischer Bericht Störzone Nord, Bellinzona, Bundesamt für Strassen ASTRA.
- [3] IG G2 c/o Gruner AG, 2018, Bericht Nr. 120043-2-10-436 vom 29. März 2018: Secondo tubo San Gottardo, Durchörterung Störzone Süd «Guspis-Zone», Ausführungsprojekt.

Zweite Röhre Gotthard Strassentunnel: Störzone Nord • Herausforderungen und Erkenntnisse aus Sicht des Unternehmers

PROJEKTDATEN

Region

Gotthard, Göschenen-Airolo, Schweiz

Bauherr, Projekt- und Oberbauleitung

Bundesamt für Strassen ASTRA, Filiale Bellinzona

Planung und Bauleitung

- Planung und Fachbauleitung Tunnel: IG Nuovo Gottardo, c/o Lombardi SA, Bellinzona-Giubiasco; B+S AG, Bern; ILF Beratende Ingenieure AG, Zürich; Emch+Berger AG, Bern
- Bauherrenunterstützung: IG Duo, c/o EBP Schweiz AG, Zürich; Filippini & Partner Ingegneria SA, Biasca; Neuenschwander Consulting Engineers, Bellinzona; Bachofner & Partner AG, Zürich
- Örtliche Bauleitung Nord: IG 2G-BN, c/o IUB Engineering AG, Bern; Basler & Hofmann AG, Esslingen; Gähler und Partner AG, Ennetbaden; IM Maggia Engineering SA, Locarno; Studio Ingegneria Sciarini SA, Gambarogno
- Örtliche Bauleitung Süd: Consorzio DL-Bedrina, c/o Pini Group SA, Lugano; Renzo Tarchini Cantieri & Contratti SA, Lugano; Afry Schweiz AG, Zürich
- Umweltbaubegleitung: Consorzio ENV2TG, c/o IFEC Ingegneria SA, Rivera; Afry Schweiz AG, Zürich
- Projektgeologe: CSD Ingenieure AG, Altdorf

Ausführung

- Los 111 Materialbewirtschaftung und -logistik Nord + Süd: Consorzio Sasso Gottardo, c/o Otto Scerri SA, Arbedo-Castione; Marti Technik AG, Moosseedorf; Simatec Maschinenbau AG, Horw; Mancini & Marti SA, Bellinzona; Arnold & Co. AG, Flüelen
- Los 241 Haupttunnel Nord: ARGE secondo tubo, c/o Implenia Schweiz AG, Opfikon; Frutiger AG, Thun
- Lotto 341 Galleria principale Sud: Consorzio Marti 2TG Lotto 341, c/o Marti Tunnel AG, Moosseedorf; Mancini & Marti SA, Bellinzona; Ennio Ferrari SA, Lodrinoz

Kenndaten

Bauzeit:	2020–2030
Inbetriebnahme:	2030
Baukosten Tunnel:	CHF 2.14 Mrd.
Gesamtlänge:	16.9 km
Ausbruchquerschnitt:	Störzone D=15 m; TBM D=12.3 m

Kenndaten Los 241

Bauzeit:	2022–2029
Baukosten Los:	CHF 433 Mio.
Gesamtlänge:	7.8 km

Besondere Merkmale

Zweite Röhre Gotthard-Strassentunnel mit einer Gesamtlänge von 16.9 km, inkl. sieben neuen Betriebs- und Lüftungszentralen und 67 neuen Querverbindungen (z. T. mit zusätzlichen Unterstationen) zum bestehenden SiSto; zwei Zugangsstollen (Nord L=4.1 km, Süd L=5 km) für die vorgängige und unabhängige Erschliessung der konventionellen Vortriebe durch die druckhaften Störzonen Nord und Süd; Umlegung des bestehenden SiSto in den beiden Portalbereichen inkl. zwei neue Lüftungszentralen.

Besondere Merkmale Los 241

Vortrieb Haupttunnel Nord mit Tunnelbohrmaschine im Schild, Länge ca. 7'200 m. WELK und Tübbingproduktion vor Ort. Vortrieb Störzone Nord im Vollausbuch (D=15 m) mit nachgiebigem Ausbau, Ausbruch und Sicherung als kobinierter Maschinenunterstützter Vortrieb im Fels und Lockermaterial (kombinierter MUF/MUL mit Lockerungs-sprengungen).

Ausbruch und Sicherung diverser Logistikbauten und Querschlägen zum bestehenden SiSto im Sprengvortrieb. Sämtliche Arbeiten für die Abdichtung, Verkleidung, Zwischendecke, Innenausbau, Gussasphaltarbeiten, Oberflächenbeschichtung und Bemalung. Neubau Lüftungszentrale Göschenen, bauliche Massnahmen in best. Lüftungszentrale Göschenen in Zusammenhang mit Lüftungssystem GTG