

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)

Marco Cortesi, MSc ETH Umwelt-Natw. / MAS in Wirtschaftsingenieurwesen, Repower AG, Landquart/CH
Marco Püntener, Dipl. Bauingenieur ETH, AFRY Schweiz AG, Zürich/CH

Wasserkraftprojekt Chlus

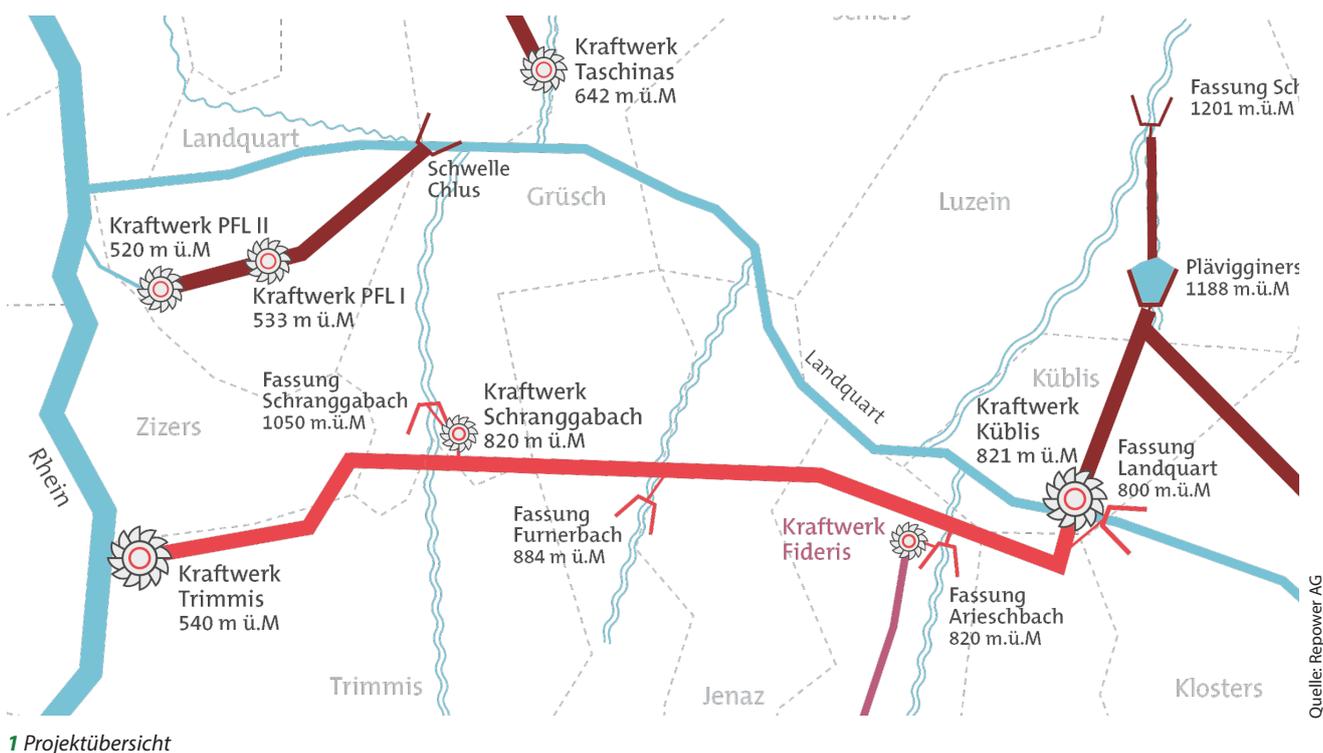
Projektentwicklung aus den Perspektiven Bauherrschaft und Projektverfasser

In der Region Landquart/Prättigau plant die Repower AG die Erweiterung der bestehenden Wasserkraftwerksanlagen. Mit dem Projekt Chlus soll die Kraftwerkskaskade zwischen dem Davosersee und dem Kraftwerk Küblis bis in den Rhein bei Trimmis um eine weitere Stufe erweitert werden. Kern der geplanten Anlage ist der 16 km lange Druckstollen durch das Prättigau hinaus ins Bündner Rheintal.

1. Einleitung

Die Repower AG plant im Prättigau/Bündner Rheintal den Bau eines Wasserkraftwerks mit einer installierten Gesamtleistung von ca. 62 Megawatt und einer Jahresproduktion von ca. 215 Gigawattstunden. Das entspricht dem Verbrauch von rund 50'000 durchschnittlichen Schweizer Haushalten. Die neue Anlage ergänzt die bestehende Kraftwerkskaskade Davos – Klosters/Schlapin – Küblis um eine weitere Stufe. So sieht das Projekt Chlus vor, das Gefälle der Landquart zwischen Küblis und dem Rhein von ca. 283 m ebenfalls zur Stromproduktion zu nutzen. Dabei wird das turbinierete Wasser aus dem bestehenden Kraftwerk in Küblis gefasst und über einen Druckstollen und eine Druckleitung talauswärts zur neuen Kraftwerkszentrale in Trimmis geführt. Weiteres Wasser kommt aus der Landquart bei Küblis sowie den drei Seitenbächen Ariesch-, Furner- und Schranggabach dazu. Am Schranggabach kann die Fallhöhe zusätzlich mittels eines Kleinwasserkraftwerks genutzt werden. Insgesamt können die Turbinen in Trimmis bei Volllast ca. 25 m³/s zu Strom verarbeiten. Für die Erstellung der im Projekt Chlus geplanten Anlagen wird mit einer Bauzeit von 5 Jahren und einem gesamten Investitionsvolumen von über CHF 400 Mio. (Kostenschätzung Vorprojekt) gerechnet.

Das Projekt Chlus zählt zu den 16 Wasserkraftprojekten, welchen mit der Annahme des neuen Bundesgesetzes über eine sichere Stromversorgung (StromVG) nationale Bedeutung zugesprochen wurde. Dadurch profitiert das Projekt einerseits von Vorteilen im Genehmigungsverfahren, andererseits sind dadurch auch zusätzliche Ausgleichsmassnahmen zu Gunsten der Umwelt erforderlich.



Projet hydroélectrique Chlus

Développement du projet du point de vue du maître d'ouvrage et du concepteur du projet

Repower prévoit une extension des aménagements de la centrale hydroélectrique existante dans la région de Prättigau/Landquart. Le projet Chlus vise à étendre d'un niveau la cascade de centrales électriques entre le lac de Davos et la centrale électrique de Küblis jusqu'au Rhin à Trimmis. La galerie d'amenée souterraine de 16 km de long, qui traverse le Prättigau pour rejoindre la vallée du Rhin près de Trimmis, constitue le cœur de la centrale prévue. Le développement du projet est diversifié et complexe, aussi bien du point de vue des procédés que de l'aspect technique.

Progetto idroelettrico Chlus

Sviluppo del progetto dal punto di vista della committenza e del progettista

Nella regione Prättigovia/Landquart, Repower progetta l'impianti d'ampliamento della centrale idroelettrica esistente. Il progetto Chlus prevede di ampliare la cascata di centrali tra il Lago di Davos e la centrale di Küblis sfruttando il dislivello fino al Reno nei pressi di Trimmis. Il cuore dell'impianto previsto è costituito da una galleria in pressione lunga 16 km che da Prättigovia giunge fino alla Valle del Reno vicino Trimmis. Lo sviluppo del progetto si presenta sfaccettato e impegnativo sia sul piano procedurale che sul piano tecnico.

Chlus hydropower project

Project development from the perspectives of the client and project author

Repower is planning to expand the existing hydropower plants in the Prättigau/Landquart region. The Chlus project is intended to extend the power plant cascade between Lake Davos and the Küblis power plant to include a further stage that stretches to the Rhine near Trimmis. The core of the planned facility is a 16 km long pressure tunnel through Prättigau and into the Rhine Valley near Trimmis. Project development is multifaceted and challenging from both a procedural and technical point of view.

Aktuell wird das Bauprojekt erarbeitet und das Projektgenehmigungsverfahren vorbereitet. Die Projekteingabe ist noch in der ersten Hälfte des laufenden Jahres vorgesehen. Im Falle eines positiven Investitionsentscheids der Bauherrschaft kann das neue Kraftwerk frühestens 2032 in Betrieb genommen werden.

Das Projekt durchlief bereits einen langen und komplexen Entwicklungsprozess. Die Planung begann 2007, wurde jedoch mehrfach aus wirtschaftlichen Gründen unterbrochen. Seit Ende 2022 wird das Projekt wieder aktiv vorangetrieben. Der langwierige Verfahrens- und Projektentwicklungsprozess bringt sowohl aus Perspektive des Projektverfassers als auch der Bauherrschaft diverse Herausforderungen mit sich. Unter anderem muss eine zweistufige Umweltverträglichkeitsprüfung durchgeführt werden.

2. Projektentwicklung im Rückblick

Die Kraftwerksnutzung im Prättigau hatte ihren Anfang zu Beginn des letzten Jahrhunderts. So leisten die bestehenden Kraftwerke Küblis und Klosters im oberen Prättigau bereits seit über 100 Jahren ihren Anteil zur nachhaltigen Stromversorgung der Schweiz. Die Nutzung des unteren Abschnitts der Landquart war ebenfalls schon im Verlauf des letzten Jahrhunderts immer wieder ein Thema.

Die Entwicklung des heutigen Projekts nahm seinen Anfang im Jahr 2007. Zwischen damals und heute wurden diverse Varianten geprüft und weiterentwickelt. Während zu Beginn des Projekts eine zweistufige Variante mit zwei Zentralen entlang der Landquart im Vordergrund stand, sieht das aktuelle Projekt eine einzige Stufe zwischen Küblis und Trimmis vor.

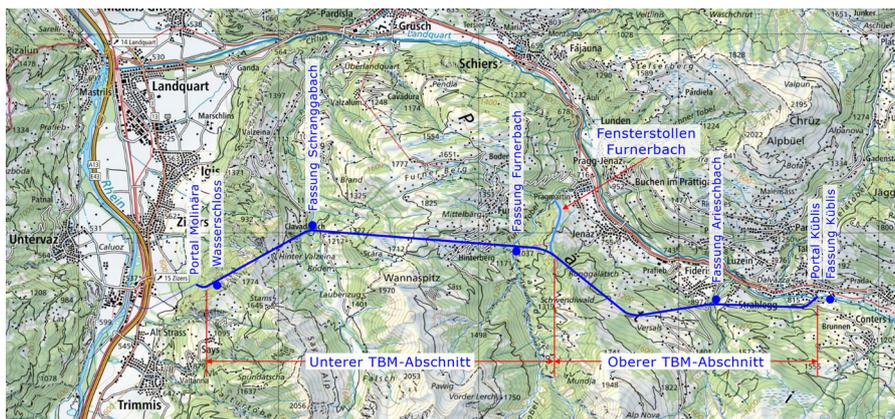
Bei grossen Kraftwerksprojekten sind lange Planungs- und Verfahrensphasen üblich. Neben den komplexen Genehmigungsverfahren (im Kanton Graubünden Konzessions- und Projektgenehmigungsverfahren) beeinflussen auch wirtschaftliche Veränderungen das Projekt erheblich. Anders als beispielsweise bei grossen Verkehrsinfrastrukturprojekten werden Vorhaben im Bereich der Stromproduktion marktwirtschaftlich bewertet und entsprechend beurteilt. Es versteht sich von selbst, dass die Projektbewertungen über Konzessionszeiträume von bis zu 80 Jahren äusserst anspruchsvoll und mit grossen Unsicherheiten behaftet sind. In Kombination mit den langwierigen Planungs- und Verfahrensdauern können sich Veränderungen der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen so hemmend auf den Projektentwicklungsprozess auswirken. In der zweiten Hälfte des letzten

Jahrzehnts führten niedrige Strompreise dazu, dass das Projekt Chlus vorübergehend gestoppt wurde. Erst nachdem sich die Lage an den Strommärkten wieder etwas entspannte sowie Massnahmen zur Förderung von Erneuerbaren Energien eingeführt wurden, entschied sich die Bauherrschaft im Jahr 2022 mit der Weiterführung der Projektierungsarbeiten, welche zuvor auf Stufe Vorprojekt unterbrochen wurden.

3. Triebwassersystem KW Chlus

3.1. Übersicht

Der untertägige Triebwassersweg zwischen Küblis im Prättigau und Molinära bei Trimmis umfasst ein komplexes Stollen- und Schachtsystem, bestehend aus einem über 16 km langen Druckstollen, vier Vertikalschächten mit bis 290 m Tiefe, einem Wasserschlosssystem sowie diversen Anschluss- und Zugangstollen. Neben langen TBM-Vortrieben werden kürzere Abschnitte konventionell im Sprengverfahren erstellt. Der Ausbruch der Vertikalschächte mit Tiefen von rund 70–290 m ist im Raise-Drill-Verfahren geplant mit konventioneller Aufweitung wo erforderlich. Die technische Projektentwicklung erfolgte kollaborativ mit Fachspezialisten aus den Disziplinen Untertagbau, Geologie, Hydraulik, Wasserbau, resp. Stahlwasserbau und in ständiger und enger Abstimmung mit der Bauherrschaft.



Quelle: swisstopo / AFRY Schweiz AG

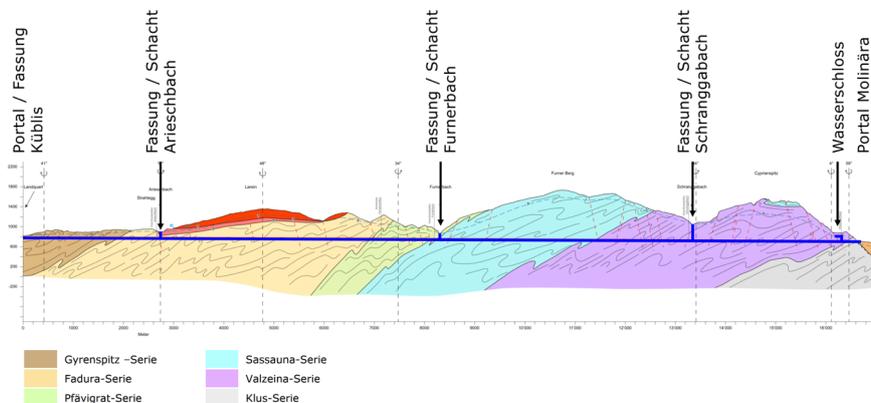
2 Situation Triebwassersystem KW Chlus

3.2. Linienführung

Die definierte Linienführung resultierte als Bestvariante aus einer Vielzahl von Varianten, welche technisch und wirtschaftlich analysiert wurden. Mit lediglich einem Angriffsort ist ein langer Druckstollenabschnitt aufgrund der langen Bauzeit und den hohen Anforderungen an die Arbeitssicherheit kaum realisierbar. Deshalb wird die Erstellung des Druckstollens unterteilt in zwei kürzere Abschnitte, welche zeitgleich und unabhängig voneinander ausgeführt werden. Bei der Wahl der Linienführung ist die Festlegung der Hauptangriffspunkte für die TBM-Vortriebe von zentraler Bedeutung. Hierfür bieten sowohl die Region Molinära wie auch das Furnerbachtal bei Pragg-Jenaz gute Voraussetzungen. Beide Standorte sind bereits heute erschlossen und lassen einen temporären Ausbau der Erschliessungswege für die Bauphase zu.

3.3. Geologie und Hydrogeologie

Der Druckstollen durchörtert insgesamt sechs geologische Serien der nordpenninischen Schiefer- und Flysch-Decke. Die Serien sind charakterisiert durch Wechsellagerungen aus Kalken, Mergeln und Tonschiefern mit variierenden Anteilen von Serie zu Serie. Als Störzonen gibt es zum einen stark zerscherte Bereiche, welche aus ausgewalzten Tonschiefern und teilweise zerbrochenen, plattigen Sandkalk- bzw. Kalksandsteinen bestehen und zum anderen die Valzeina-Formation, welche vorwiegend aus Tonschieferlagen besteht. Generell gilt das Gebirge entlang des Druckstollens infolge der Tonanteile als mehrheitlich dicht.



3 Geologisches Längsprofil Druckstollen

Quelle: BTG Büro für Technische Geologie AG / AFRY Schweiz AG

4. Druckstollen

4.1. Innendurchmesser Druckstollen

Der TBM-Ausbruchdurchmesser beim Triebwasserstollen wird definiert durch die hydraulischen Anforderungen der späteren Nutzung als Druckstollen sowie durch die baulogistischen Bedürfnisse während der Bauphase. Die hydraulischen Mindestanforderungen an den Innendurchmesser des Stollens betragen 3.0–3.5 m. Diese Grössenordnung ist für einen effizienten und sicheren Stollenvortrieb nicht auskömmlich. Eine leistungsfähige Baulogistik erfordert eine Stollenbahn sowie die Installation eines Förderbandes. Zur

Frischluchtversorgung sind zwei Lutten mit je einem Durchmesser von 1.5m notwendig. Somit werden die baubetrieblichen Anforderungen zum treibenden Faktor bei der Wahl des minimalen Stollendurchmessers. Unabhängig des TBM-Typs wurde ein minimaler Innendurchmesser von 4.4m definiert.

4.2. Oberer Druckstollenabschnitt

Der obere TBM-Abschnitt hat eine Länge von 8'380m und erstreckt sich anfangs als «Fensterstollen Furnerbach» und ab dem Zusammenschluss mit dem unteren Abschnitt als «Druckstollen Furnerbach-Küblis» bis nach Küblis. Als Vortriebsmethode ist eine Gripper-TBM vorgesehen. Mit diesem Vortriebskonzept lassen sich die baulichen Massnahmen flexibel den örtlichen Bedingungen anpassen, der Einbau der Felssicherung sowie der Verkleidung richtet sich nach dem effektiven Bedarf und variiert entlang der Stollenlänge. Die Gripper-TBM ist mit einem Ausbruchdurchmesser von 4.8m geplant. Der Ausbruch erfolgt steigend mit 0.3%, was eine gravitäre Entwässerung bis zum Portal Fensterstollen ermöglicht.

Als Sicherungs- und Verkleidungsmassnahmen sind Anker, Netze, Spritzbeton sowie ein Sohlübbing vorgesehen. Falls erforderlich werden lokal Gitterträger und Spiesse eingesetzt. Die permanente Verkleidung besteht aus einer zusätzlichen, bewehrten Spritzbetonschale. Die gesamte Gewölbstärke variiert in Abhängigkeit der Sicherungsklassen und reicht 12–20 cm. Die Stollenverkleidung ist als drainiertes System konzipiert. Durch eine systematische Perforation wird der Aussenwasserdruck im entleerten Zustand entspannt.

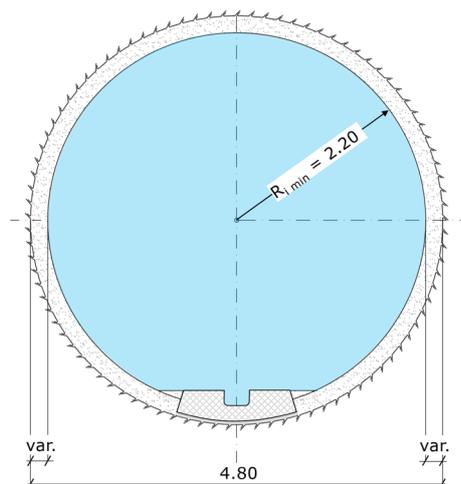
4.3. Unterer Druckstollenabschnitt

Die geologischen Bedingungen im 8'990m langen Abschnitt «Molinära-Furnerbach» sind infolge der dominant vorkommenden Valzeina-Serie mit hohem Anteil Tonschiefer, tiefen Gebirgsfestigkeiten und hohem Sicherungsaufwand weniger günstig, verglichen mit dem oberen Abschnitt. Die anstehenden geologischen Bedingungen verlangen auf dem 5'000m langen Streckenabschnitt in der Valzeina-Serie eine Ortbetonverkleidung oder ein Tübbingausbau. Aus Risikoüberlegungen sowie aus terminlicher und wirtschaftlicher Sicht wird ein TBM-Vortrieb mittels Schildmaschine mit komplettem Tübbingausbau als die bevorzugte Vortriebsmethode vorgesehen.

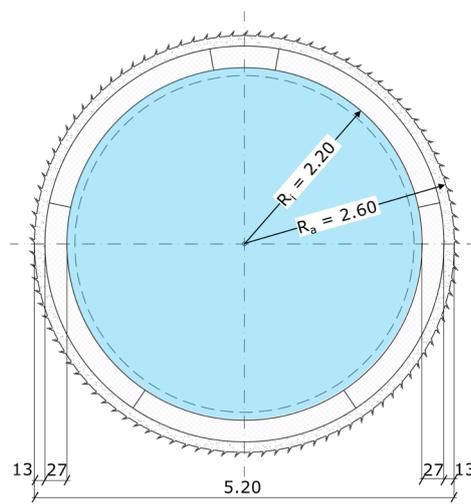
Der Ausbruchdurchmesser der Schild-TBM beträgt 5.2m. Über den gesamten Stollenabschnitt werden Tübbingelemente von 27 cm Stärke eingebaut. Der Ringspalt wird kraftschlüssig mit Mörtel verpresst. Der Ausbruch erfolgt steigend ab Molinära mit 0.55%. Das Verkleidungssystem ist als drainiertes System konzipiert ohne Anspruch auf Dichtheit der Fugen zwischen den Tübbing-Segmenten. Ringspalt wird kraftschlüssig mit Mörtel verpresst. Der Ausbruch erfolgt steigend ab Molinära mit 0.55%. Das Verkleidungssystem ist als drainiertes System konzipiert ohne Anspruch auf Dichtheit der Fugen zwischen den Tübbing-Segmenten.

5. Ausblick

Das Projekt befindet sich aktuell in der entscheidenden Phase bezüglich des noch offenen Bauentscheids der Bauherrschaft. Mit Abschluss des Bauprojekts wird die inzwischen mehrere Jahre alte Kostenschätzung aus dem Vorprojekt durch den neuen Kostenvoranschlag ersetzt. Basierend auf der Weiterentwicklung des Projekts wird die Wirtschaftlichkeit neu beurteilt während gleichzeitig die kommenden Projektphasen vorbereitet werden können.



4 Normalprofil Gripper-TBM, oberer Druckstollen



5 Normalprofil Schild-TBM, unterer Druckstollen

Quelle: AFRY Schweiz AG

Quelle: AFRY Schweiz AG

PROJEKTDATEN

Region

Prättigau/Landquart, Kanton Graubünden

Bauherr, Projektleitung

Repower AG

Planung

AFRY Schweiz AG

Ausführung

offen

Kenndaten

Bauzeit: 5 Jahre

Inbetriebnahme: frühestens 2032

Baukosten Tunnel: über CHF 200 Mio.

Gesamtlänge: ca. 19 km

Ausbruchquerschnitt: 4.8 m (oberer Abschnitt) / 5.2 m (unterer Abschnitt)

Besondere Merkmale

2 Druckstollenabschnitte mit unterschiedlicher Vortriebsart (Gripper-, bzw. Schild-TBM)