Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 116 (1998)

Heft: 19

Artikel: Gotschnatunnel: Planung unter den Aspekten Geologie, Hydrologie, Betrieb und Umwelt

Autor: Fasani, Luciano / Stalder, Ernst

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-79496

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 24.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Luciano Fasani und Ernst Stalder, Chur

Gotschnatunnel

Planung unter den Aspekten Geologie, Hydrologie, Betrieb und Umwelt

Die Regierung des Kt. Graubünden genehmigte 1993 das Strassenprojekt der Umfahrung Klosters (Auflageprojekt AP 91) und beurteilte es als umweltverträglich. Nach der Aufnahme der Umfahrung Klosters ins Hauptstrassen-Finanzierungsprogramm des Bundes für die Jahre 1996–1999 konnte mit der Realisierung begonnen werden. Das Herzstück der Umfahrung Klosters bildet der Gotschnatunnel. Am 3. Oktober 1997 erfolgte mit der ersten Sprengung der Startschuss für die Bauarbeiten am Gotschnatunnel.

Der Gotschnatunnel des AP 91 war das Resultat eines umfangreichen Variantenstudiums. Es zeigte sich, dass die gewählte Linienführung die geologischen und topographischen Randbedingungen am besten erfüllt.

Geologie/Hydrogeologie

Der Gotschnatunnel durchfährt verschiedene Einheiten penninischer Bündnerschiefer (Bild 1). Diese können massig bis schiefrig ausgebildet oder eng verfaltet bis völlig zerschert sein. Bautechnisch relevant sind vor allem die in Anzahl und Mächtigkeit unbekannten Kakiritzonen. Das Risiko von möglicherweise mächtigen Kakiritzonen ist vor allem im östlichsten Abschnitt (Bereich Wijer) vorhanden. Diese als «Mélange» bezeichnete Zone besteht aus Gesteinen verschiedenster Herkunft, die wild ineinander verschuppt sind. Überdeckt wird das gesamte Gebirge von einer bis zu 100 m mächtigen, grösstenteils noch aktiven Rutschmasse.

Der Bergwasserspiegel erreicht eine maximale Höhe von 100 bis 200 m über dem Tunnelniveau. Mit teilweise stark betonaggressivem Bergwasser (hohe Sulfatkonzentrationen) ist besonders im Ostteil des Gotschnatunnels zu rechnen.

Linienführung AP 91

Die Linienführung des Tunnels und die Portalzonen im Drostobel und in Selfranga wurden von folgende Randbedingungen massgeblich beeinflusst:

- Keine Durchfahrung der etwa 100 m mächtigen, aktiven Gotschna-Rutschmasse im Bereich Drostobel, deren Bewegungen in einem Jahrzehnt bis zu 75 cm erreichen
- Möglichst kurze und bautechnisch einfache Lockergesteinsabschnitte
- Anschluss in Selfranga an die bestehende A28 und an die RhB-Autoverladeanlage der Vereinalinie

Der Abschnitt Gotschnatunnel ist 4530 m lang und umfasst folgende Projektteile:

- Tagbaustrecke Drostobel mit Lüftungszentrale Drostobel, Portalbauwerk und Tagbautunnel
- Bergmännischer Tunnel mit Pilotstollen ab Portal Drostobel bis Portal Selfranga, steigender Vortrieb ab Portal Drostobel und fallender Vortrieb ab Portal Selfranga
- Voreinschnitt Selfranga
- Unterquerung der RhB-Anlagen in Selfranga
- Tagbaustrecke Selfranga mit Lüftungszentrale Selfranga und Portalbauwerk

Die Länge des bergmännisch aufzufahrenden Tunnels beträgt 4190 m.

Bergmännischer Tunnel AP 91

Das Vortriebskonzept des AP 91 enthält einen seitlich des Hauptquerschnitts angeordneten, maschinell vorgetriebenen Pilotstollen mit einem Durchmesser von 3,8 m.

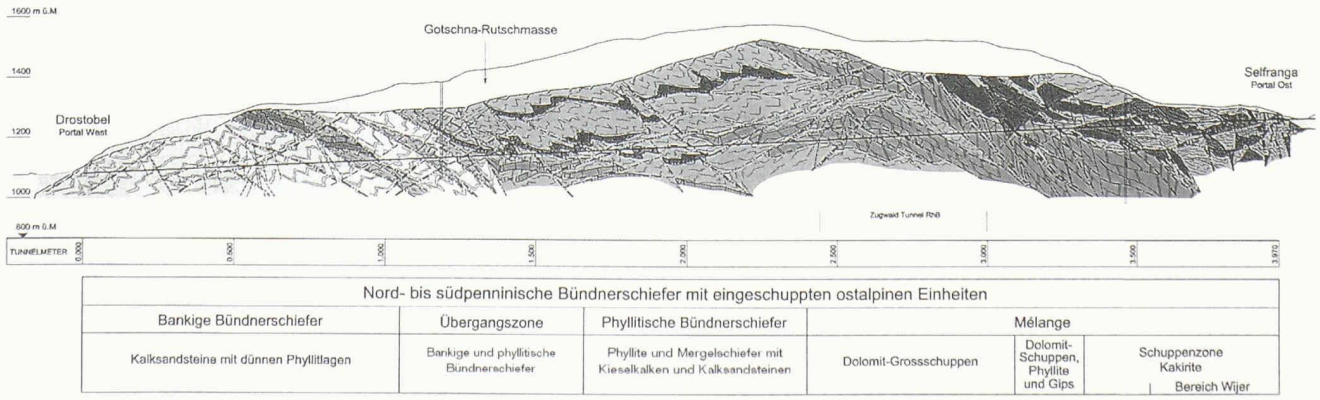
Der Stollen dient in der Bauphase neben der Baulüftung hauptsächlich der Vorauserkundung, Verfestigung und Entwässerung der zahlreich prognostizierten, aber in Lage, Mächtigkeit und Zusammensetzung unbekannten Störzonen. Im Betriebszustand versorgt der Seitenstollen den Tunnel mit Frischluft. Der Querschnitt des Haupttunnels wird konventionell mit einem steigendem (L=3790 m) und einem fallendem (L=400 m) Kalottenvortrieb aufgefahren.

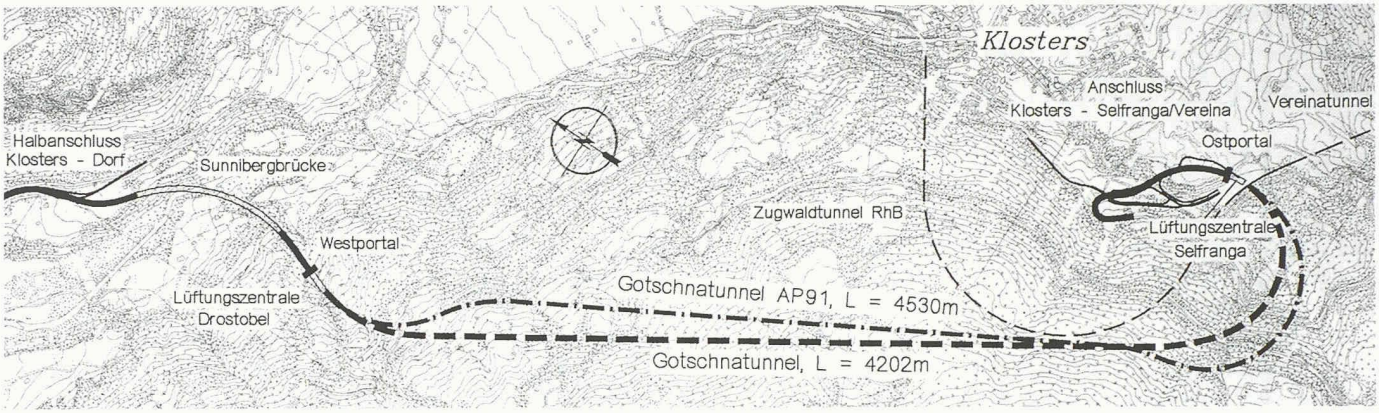
Lüftungskonzept AP 91

Als Lüftungssystem wird eine Halbquer-/Querlüftung eingesetzt. Im Normalbetrieb wird die Frischluft durch den Luftkanal über der Zwischendecke im Haupttunnel und durch den Seitenstollen via Decken- und Wandschlitze in den Fahrraum eingeblasen. Die Tunnelabluft strömt in Richtung der Portale, wo sie bei Bedarf über grosse Deckenöffnungen abgesaugt und über Kamine ausgeblasen wird. Im Brandfall wird der Rauch über die Deckenschlitze abgesaugt, während der Fahrraum mit Frischluft vom Seitenstollen aus versorgt wird.

Die an beiden Portalen angeordneten Lüftungszentralen sind für je 225 m^3/s Frisch- und bis zu 250 m^3/s Abluft ausgelegt.

1
Gotschnatunnel. Geologischer Längsschnitt





2
Situation Umfahrung Klosters

Projektbearbeitung und Optimierung

Eine der ersten Aufgaben der Gesamtprojektleitung bestand darin, zusammen mit den neuen Projektverfassern und Spezialisten die Grundlagen und Annahmen des AP 91 auf deren aktuelle Gültigkeit hin zu überprüfen. Gleichzeitig mussten alle relevanten neuen Erkenntnisse in der weiteren Planung berücksichtigt werden, beispielsweise

- die Resultate der Sondierkampagne Wijer
- Erkenntnisse aus dem Zugwaldtunnel der RhB
- die neuberechnete Schadstoffmenge aufgrund der geänderten Emissionsfaktoren des Buwal und der Reduktion der Emissionsfaktoren durch die Einführung neuer Abgasvorschriften (Euro 2).
- die Vorgaben des Kantonalen Tiefbauamts für die Projektierung, den Bau und Betrieb des Gotschnatunnels.

Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf die wesentlichsten Projektoptimierungen des Gotschnatunnels.

Linienführung

Die Lage der Tunnelportale ist einerseits durch die Ausdehnung der Gotschna-Rutschmasse und anderseits durch die bereits in Selfanga getätigten Vorinvestitionen für die Unterquerung der RhB-Autoverladeanlage gegeben. Die Auswertungen der 1995 im Bereich Wijer abgeteuften Sondierbohrungen ergaben, dass die geologischen und hydrologischen Verhältnisse sich in nordöstlicher Richtung tendenziell verbessern. Eine Verschiebung der Linienführung in die geologisch günstigere Richtung ermöglicht eine Verkürzung des bautechnisch schwierigsten Abschnitts um mehr als 200 m (Bild 2). Mit dieser Verschiebung der Linie im Bereich Wijer sowie durch den Verzicht auf die beiden im AP 91 vorgesehenen Gegenbogen an den Enden der langen Geraden resultieren Kosteneinsparungen von über 10 Mio. Franken und eine Bauzeitverkürzung von rund einem Jahr. Dank einer Neubeurteilung der Gefährdungen durch Elementarereignisse (Lawinen, Murgang) war es möglich, den Tagbautunnel Drostobel von ursprünglich 120 m um 90 m auf 30 m Länge zu verkürzen.

Baumethode

Die Resultate der Sondierkampagne Wijer zeigten, dass auf einer Länge von etwa 150 m ab dem Portal Selfranga mit zahlreichen, zum Teil mächtigen Störungszonen (Kakirite) zu rechnen ist.

Die Notwendigkeit eines Pilotstollens wurde im Rahmen von Risikoanalysen untersucht, die davon ausgingen, dass im steigenden Vortrieb neben dem konventionellen auch ein TBM-Vortrieb (Vollschnittmaschine mit Schild und Tübbingeinbau) zum Einsatz kommen könnte. Die Risikobetrachtungen kamen zu folgenden Schlussfolgerungen:

- Beim konventionellen Vortrieb ist genügend Flexibilität vorhanden, um auch bei sehr schwierigen geologischen Verhältnissen mit Massnahmen aus dem Vortriebsbereich die Hohlraumstabilität gewährleisten zu können. Ein Pilotstollen ist deshalb nicht erforderlich und wirtschaftlich nicht vertretbar.
- Für den Fall eines TBM-Vortriebs wird die Ausführung eines Pilotstollens als notwendig erachtet, damit das unvorbereitete Anfahren von nicht auszuschliessenden kritischen Störungszonen vermieden werden kann.

Ein Vergleich bezüglich Baukosten und Bauzeit ergab klare Vorteile für den konventionellen Vortrieb ohne Pilotstollen. Der Bauherr entschied deshalb, für den steigenden Vortrieb einen Kalottenvortrieb mit nachträglichem Strossenabbau auszuschreiben und Unternehmervarianten mit TBM-Vortrieb nicht zuzulassen.

Beim fallenden Vortrieb ist auf den ersten rund 150 m mit stark kakiritisiertem Gestein zu rechnen. Die vorgesehenen Sicherungsmittel beim Kalottenvortrieb für den steigenden Vortrieb reichen nicht mehr aus, um den Hohlraum genügend zu stabilisieren. Beim Vergleich der ausführbaren Baumethoden in diesen extrem schwierigen geologischen Verhältnissen überzeugte die «deutsche Bauweise» mit Ulmstollenvortrieb und systematisch angeordneten Drainagebohrungen vor allem bezüglich der Beherrschbarkeit der Vortriebsrisiken. Besonders kritische Verhältnisse werden beim Tunnelportal infolge geringer Überdeckung und Auflockerungen erwartet. Zur Reduktion der Restrisiken wird deshalb von der Portalwand aus im Kalottenbereich ein rund 18 m langer Rohrschirm erstellt.

Auf den verbleibenden 450 m des fallenden Vortriebs kann bei verbesserten geologischen Verhältnissen relativ einfach von der «deutschen Bauweise» auf den konventionellen Kalottenvortrieb mit nachträglichem Strossenabbau analog dem steigendem Vortrieb umgestellt werden.

Abdichtung

Die Wasseranalysen verschiedener Bohrungen und die Erkenntnisse aus dem Bau des Zugwaldtunnels zeigen, dass im Bergwasser der Sulfat-Gehalt teilweise hohe Werte erreicht. Darum wurden für den Beton besondere Schutzmassnahmen vorgesehen. Aufgrund der hydrogeologischen Prognose wurden drei Aggressivitätsbereiche definiert:

- Bereich 1, L = 1050 m (Sulfatgehalt unter 200 mg/l): keine Betonagressivität
- Bereich 2, L = 980 m (Sulfatgehalt 200 bis 1000 mg/l): mittlere Betonagressivität
- Bereich 3, L = 1940 m (Sulfatgehalt über 1000 mg/l): starke Betonagressivität

In allen Bereichen wird für Spritzbeton und Hinterfüllbeton im Aussengewölbe sulfatresistenter Zement verwendet. In den Bereichen 1 und 2 ist eine «Regenschirm»-Abdichtung, im Bereich 3 eine Vollabdichtung vorgesehen.

Lüftung

Ziel der Überprüfung des Lüftungskonzepts war es, ein umweltgerechtes System mit niedrigem Energie- und Betriebskostenaufwand zu konzipieren. Eine 1995 durchgeführte Evaluation der Lüftungssysteme, mit den reduzierten, neu berechneten Frischluftmengen von 140 m^3/s (450 m^3/s im AP 91), kam zum Ergebnis, dass der Gotschnatunnel mit einer Querlüftung mit kontinuierlicher Rauchabsaugung und je einer Lüftungszentrale an den Portalen ausgerüstet werden sollte. Die Länge eines Lüftungsabschnitts entspricht damit der halben Tunnellänge.

In der Tunnelkalotte über der Zwischendecke verlaufen zwei parallele Lüftungskanäle mit einer totalen Fläche von 10,25 m^2. Der kleinere der beiden Lüftungskanäle dient als Verteilkanal für die Zuluft, der grössere als Abluftkanal. Im Normalbetrieb wird die Lüftung als Querlüftung betrieben, mit gleich viel Ab- wie Zuluft. Durch Luftpfeifen im Innengewölbe wird die Zuluft von der Zwischendecke nach unten geleitet und über dem Gehweg in den Fahrraum geblasen. Die Abluft gelangt durch Lüftungsschlitze in der Zwischendecke in den Abluftkanal. Im Brandfall wird der Rauch über die Lüftungsschlitze in der Zwischendecke durch einen der beiden Lüftungsabschnitte abgesaugt.

Im Jahre 1996 wurde das Projekt «Optimiertes Lüftungssystem» von der Regierung genehmigt. Gegenüber dem AP 91 hatten sich folgende Grundlagen geändert:

- Neue Schadstoffmenge, berechnet nach der neuen Methode des Buwal mit aktualisierten Verkehrsbelastungen, wodurch sich die erforderliche Frischluftmenge auf rund 140 m^3/s reduzierte
- Verkürzung des Gotschnatunnels von 4530 m auf 4202 m durch den reduzierten Tagbautunnel Drostobel und die optimierte Linienführung des Tunnels
- Redimensionierung der Lüftungszentralen Drostobel und Selfranga
- Änderung des Lüftungssystems von einer kombinierten Halbquer-Querlüftung in eine reine Querlüftung
- Reduktion des gesamten Leistungsbedarfs für die elektromechanischen Anlagen in den beiden Lüftungszentralen von 1800 kW auf 720 kW

Mit der Querlüftung wird ein massgebender Anteil der im Tunnel anfallenden Schadstoffemissionen von der Abluftanlage erfasst und zur Entlastung der Portale über den Abluftkamin abgeleitet. Damit sind in der Umgebung der Portalbereiche keine Überschreitungen der LRV-Immissionsgrenzen zu erwarten, und auf die zusätzlichen Portalluftabsaugeanlagen kann verzichtet werden, was zu beachtlichen Einsparungen führt.

Schlussbemerkungen

Das Ziel der Projektbeteiligten, einen den baulichen und betrieblichen Bedürfnissen angepassten, umweltgerechten und kostengünstigen Gotschnatunnel zu realisieren, rückt in greifbare Nähe. Die kritische Hinterfragung des AP 91 sowie die durchgeführten Optimierungen ermöglichen Einsparungen von über 50 Mio. Franken. Damit verbunden sind auch Bauzeitverkürzungen, die auf eine etwas früher als geplante Eröffnung des Tunnels hoffen lassen.

Adresse der Verfasser:
Luciano Fasani, dipl. Ing. ETH SIA, und *Ernst Stalder*, dipl. Ing. UNIV., Edy Toscano AG, Rätusstrasse 12, 7000 Chur