Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe

Band: 58 (1980)

Heft: 12

Artikel: Projekt und Bauausführung

Autor: Schatzmann, Arturo

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-875911

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: 10.08.2025

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

Projekt und Bauausführung

Arturo SCHATZMANN, Göschenen

624.19(494):624.196.035.2(494)

Zusammenfassung. *Nachdem der Autor kurz auf das Projekt zum Gotthard-Strassentunnel eingegangen ist, beschreibt er einige Baubesonderheiten. Weiter behandelt er Fragen und Probleme, die bei der Ausführung zu lösen waren.*

Projet et exécution des travaux
Résumé. *L'auteur parle brièvement du projet. Il décrit ensuite quelques particularités de la construction et aborde des questions et problèmes qui durent être résolus pendant les travaux.*

Progetto ed esecuzione dei lavori
Riassunto. *L'autore descrive alcuni aspetti particolari della costruzione, dopo aver accennato al progetto stesso della galleria stradale del San Gottardo. Tratta in seguito questioni e problemi che dovettero essere risolti durante l'esecuzione dei lavori.*

«Der Gotthard nun ist in vollkommenerem Sinne ein Pass als jeder andere Pass; darauf beruht sein Ruhm, darin liegt sein entscheidender Vorzug. Er ist zentral, in das Herz der Völker führend, und Länder und Berge teilend . . .»
«Gibt es doch in dem weiten Reiche des Geistes und der Natur kaum ein Gebiet, das der Gotthard nicht trennte. Sprache, Sitte, Rasse, Politik, Geschichte und Kultur, Pflanzen- und Steinwelt, Klima, Farbe und Licht, alles ist drüben anders als hüben . . .»

Mit diesen Worten beschreibt *Karl Spitteler* in der Einleitung seines Buches von 1897 über den Gotthard die Bedeutung dieses Alpenüberganges. Er schreibt ferner:

«Je schärfer aber die Gegensätze, je deutlicher und je näher sie nebeneinandertreten, um so genussreicher wird ihre Überbrückung mittels des Passes. Darum verspüren wir die gehobene Stimmung, die sich in schwächerem Grade bei jedem Pass einfindet, so unvergleichlich lebhaft auf dem Gotthard. Man weiss sich hier mehr in Europa als überall sonst.»

Mit der am 5. September dieses Jahres erfolgten feierlichen Eröffnung des Gotthard-Strassentunnels wurden die erwähnten Gegensätze mit einem zweiten Tunnel, diesmal für die Strasse, miteinander verbunden. Diese Verbindung hat der Bundesrat aufgrund des Vorschlages der Studiengruppe für eine *wintersichere Strassenverbindung durch den Gotthard* den eidgenössischen Räten zur Ausführung beantragt. Sie wurde am 15. Juni 1965 nachträglich als Verbindung der beiden Nationalstrassenabschnitte, die im Norden bis Göschenen und im Süden bis Airolo führen, in das Nationalstrassennetz aufgenommen.

Nach erfolgter Submission konnte man im Juni 1969 die Bauarbeiten vergeben. Im gleichen Sommer wurden auf beiden Seiten die Baustellen eingerichtet und noch im Herbst mit den Vortriebsarbeiten begonnen. Der Ausschreibung lag ein Projekt mit vier Lüftungsschächten (zwei Vertikal- und zwei Schrägschächte) zugrunde. Zur Erhöhung der Sicherheit wurde die Ausführung eines parallel zum Strassentunnel verlaufenden Sicherheitsstollens beschlossen.

Die topographischen und geologisch bautechnischen Gegebenheiten haben zu einer im Grundriss nach Westen ausholenden Trassierung des Strassentunnels geführt. Der Vortrieb konnte damit bei den gegebenen Verhältnissen unter den bestmöglichen bautechnischen Bedingungen ausgeführt werden, und die Voraussetzungen waren somit geschaffen, möglichst kurze und von der Passstrasse gut zugängliche Lüftungsschächte zu erstellen.

Durch den Einbau der am Verlauf des Beleuchtungsbandes gut sichtbaren Kurven war man ferner der Auffassung, die Monotonie einer 17 km langen Tunneldurchfahrt etwas zu unterbrechen, dies im Sinne eines Beitrages zur Erhöhung der Verkehrssicherheit.

Beim Tunnelportal Göschenen ging es zuerst darum, durch Umleitung der Reuss und deren Überdeckung den Zugang zum Tunnelportal zu ermöglichen und ein Minimum an Installationsplatz für die Unternehmung bereitzustellen. Danach konnten die Installations- und Bauarbeiten beginnen. Bei deren Ausführung stiess man auf verschiedene technische Schwierigkeiten. Im Los Nord waren es:

- Die im Teilausbruch geschehene Durchörterung der Deponie des alten SBB-Tunnels sowie von lockerem Gehängeschutt auf einer Strecke von rund 160 m. Nach Erreichen gesunder Felsformationen fand der Vortrieb im Vollausbruch, unter Einsatz von zwei fahrbaren Gerüsten (Bohrjumbos) mit insgesamt 10 Bohrlafetten und bestückt mit pneumatisch angetriebenen Bohrmaschinen, statt.
- Nach rund 1 km Vortrieb musste eine weitere Schwierigkeit überwunden werden. Unter einem sehr spitzen Winkel kreuzte das Trassee des Strassentunnels jenes des Eisenbahntunnels, in dem zwischen den beiden Profilen eine Felsbrücke von lediglich etwa 5 m übrigblieb. In diesem Bereich ging es darum, ein Bauvorgehen zu wählen, das jegliche Störung im bestehenden Eisenbahntunnel a priori ausschloss. Aufgrund der sehr hohen Zugsfrequenzen auf der Schiene (bis zu 250 Züge je Tag) war an einen Unterbruch des Verkehrs überhaupt nicht zu denken. Das gewählte Vorgehen ist in *Figur 1* schematisch dargestellt, wobei zu erwähnen ist, dass die Erschütterungen an den Paramenten und in der Kalotte des Eisenbahntunnels während der Vortriebsarbeiten im Stassentunnel dauernd kontrolliert wurden, da sie ein Mass von 20 mm/s nicht überschreiten durften.
- Schliesslich ging es zwischen Kilometer 4 und Kilometer 4,3 um die Durchörterung der Sedimentformationen aus Jura und Trias des Mesozoikums. Diese tektonisch stark beanspruchten Gesteinsformationen waren, weil mit Wasser durchsetzt, praktisch kohäsionslos und erforderten im Teilausbruch eine arbeitsintensive, zeitraubende und kostspielige Vortriebsmethode nach der «deutschen Bauweise».

Nach dem Durchstich der zwei ersten Kilometer beschloss die Unternehmung, aus Sicherheitsgründen

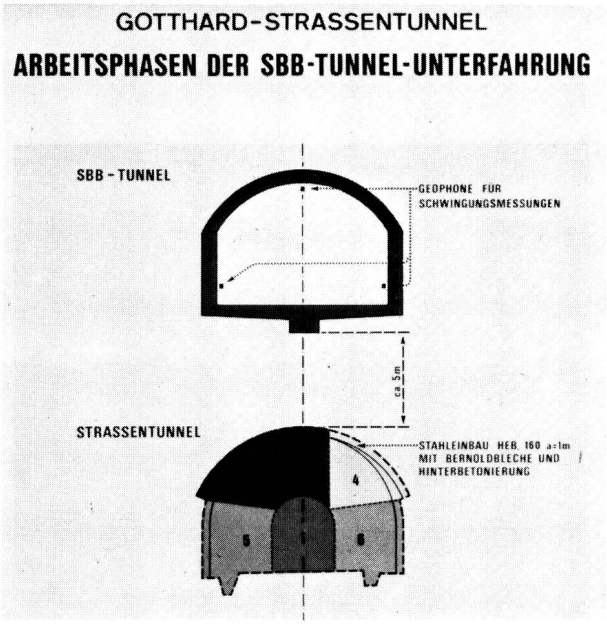

Fig. 1
Arbeitsphasen der SBB-Tunnelunterfahrung

für die weiteren Vortriebsarbeiten im Teilausbruch mit Vortrieb der Kalotte in einer ersten Phase und nachträglichem etappenweisem Abbau der Strosse (unterer Teil des Profiles) in einer zweiten Phase vorzugehen.

Abgesehen von den unzähligen technischen und organisatorischen Problemen, die sich beim Vortrieb eines Strassentunnelprofils im Gebirge stellen, traten auch im Los Süd besondere technische Schwierigkeiten auf:

- Beim Portal musste das Profil im Bereich eines Triasbandes auf etwa 200 m Länge nach erfolgtem Abtrag des bautechnisch denkbar ungünstigen Materials im Tagbau erstellt werden.
- Im Berginnern mussten die Formationen der Paragneise auf einer Strecke von etwa 300 m im Teilausbruch aufgefahren werden. Dort traten nachträglich Deformationen des Hohlraumes auf, die umfangreiche Felssicherungsmassnahmen im Bereich der Paramente erforderten.

Auf der Nordseite wählte die Unternehmung für den Betrieb der Baustelle Pneufahrzeuge. Allein um den Materialtransport sicherzustellen, standen bis zu 12 schwere Fahrzeuge mit einem Fassungsvermögen von je 18 m³ losem Felsmaterial im Einsatz. Auf der Südseite entschied sich die Unternehmung für den Gleisbetrieb, womit es möglich war, mit einer einzigen Zugkomposition das Material aus einem Abschlag in einem Male abzutransportieren.

Für jeden Abschlag wurden rund 210 Löcher auf einer Länge von 3 m gebohrt; total wurden 2,8 Mio kg Sprengstoff benötigt. Nach jeder Sprengung wurden die Felsverhältnisse beurteilt und je nach Situation die erforderlichen Sicherungsmassnahmen beschlossen. Ein durchgehender Kopfschutz in Form eines Maschendrahtnetzes war vorgeschrieben, das nötigenfalls mit Beton eingespritzt wurde.

Während einer gewissen Zeit setzte die Unternehmung für den Vortrieb Laserstrahlen ein, die im Norden am Umfang des Tunnelprofiles angeordnet waren und gleichzeitig zur Profilkontrolle nach jedem Abschlag dienten. Dank ihnen konnte die Vortriebsrichtung unmittelbar an der Vortriebsbrust sichtbar gemacht werden, was die Ausführung der Arbeiten wesentlich erleichterte.

Hinter dem Vortrieb verteilten sich die einzelnen Baustellen des Tunnelrohbaus in einer vernünftigen Staffelung. Die wichtigste Arbeit bestand in der Auskleidung des Felsens mit einem Betonring. Im Portalbereich wurde vorgängig auf einer Strecke von etwa 1 km der Hohlraum vollständig mit einer wasserdichten Isolation versehen, damit das Eindringen von Wasser und die Bildung von verkehrsgefährdenden Eiszapfen verhindert werden konnten, weil erfahrungsgemäss die tiefen Temperaturen im Winter auch im Portalbereich des Tunnels spürbar sind.

Beträchtliche Verspätungen auf das Bauprogramm bewogen die Bauherrschaft zur Installation einer Schachtförderanlage im 320 m hohen Vertikalschacht Hospental. Dank dieser konnte eine weitere Angriffsstelle für den Vortrieb des Tunnels in Richtung Süden in Betrieb genommen werden. Am 26. März 1976 konnte mit einer Abweichung von der theoretischen Achse von 5 cm in der Richtung und 6 cm in der Höhe der Durchschlag im Sicherheitsstollen gefeiert werden, und bereits am 3. Dezember des gleichen Jahres fand der Durchschlag in der Kalotte (oberer Teil des Profils) im Haupttunnel statt.

Für die Ventilation des Strassentunnels wird über vier Lüftungsschächte und durch Portale Frischluft angesaugt und Abluft ausgestossen. Die Frischluft wird von den Lüftungszentralen am Fusse der Lüftungsschächte und bei den Tunnelportalen im Zuluftkanal in der Kalotte des Tunnelprofiles längs des Fahrraumes verteilt und als Abluft über Öffnungen in der Zwischendecke und über den Abluftkanal in der Tunnelkalotte sowie den Schacht ins Freie abgegeben. Bei dieser Belüftungsart des Fahrraumes entstehen keine Längsströmungen, weil die eingeblasene Frischluft und die abgesaugte Abluft mengengleich sind. Man spricht demzufolge von einer Querlüftung.

Von den insgesamt vier Lüftungsschächten sind zwei vertikal und zwei als Schrägschächte vorgesehen. Diese wurden unter Einsatz von Schachtvortriebsmaschinen erstellt. Dabei wurde in einer ersten Phase eine Pilotbohrung von unten nach oben im Durchmesser von etwa 3 m ausgeführt. Dazu stand die in *Figur 2* abgebildete Maschine mit einem drehbaren Bohrkopf im Einsatz, bestückt mit insgesamt 26 Warzenmeisseln. Durch den hohen Anpressdruck splitterte jede Meisselspitze beim Abrollen auf dem Felsen einen kleinen Teil ab, so dass das Ausbruchmaterial in Form von feinem Kies an den Schachtfuss geschwemmt werden konnte. Der Einsatz der Vortriebsmaschine war technisch — weil nur ein einziger Maschinist erforderlich war — und während Zeiten galoppierender Teuerung auch wirtschaftlich ein voller Erfolg. Die insgesamt 26 Meissel (jeder Meissel kostete etwa Fr. 7000.—) mussten im Durchschnitt nach 80 m Vortriebsarbeit ersetzt werden. Einzelne davon konnten etwas länger auf dem Bohrkopf belassen werden.

Nach der Erstellung der Pilotbohrung fand die Ausweitung auf den Enddurchmesser von etwa 7 m statt, wiederum unter Einsatz einer Ausweitungsmaschine von oben nach unten. Dabei ergab sich im Falle des Lüf-

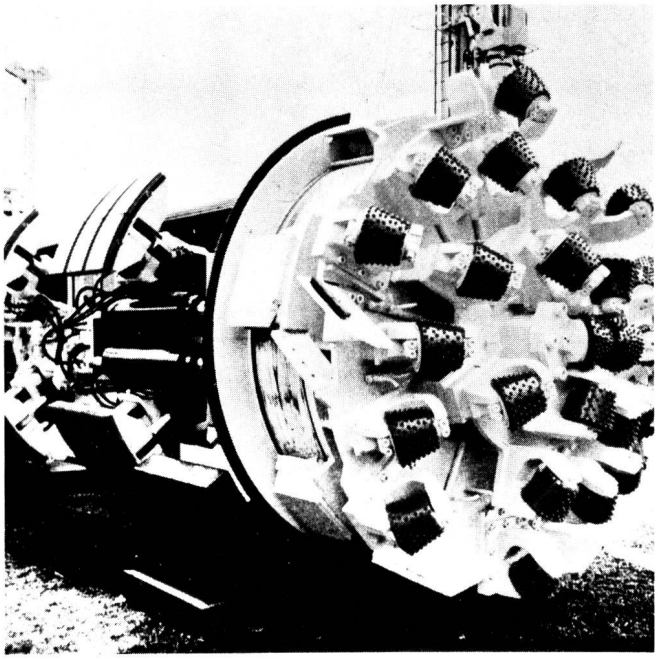

Fig. 2
Bohrmaschinenkopf mit Meisseln

tungsschachtes Bäzberg in den Formationen des Aaregranites eine glatte, saubere Felsoberfläche, die praktisch ohne Felssicherungsmassnahmen über längere Zeit belassen werden konnte. Bei der Schachtmündung galt es, bei den vorliegenden Höhen über Meer (bis zu 1700 m im Falle des Lüftungsschachtes Guspisbach), die Sicherstellung einer schneefreien Frischluftansaugung zu gewährleisten. Dazu mussten besondere Ansaugbauwerke konzipiert werden wie jenes des Schachtes Bäzberg *(Fig. 3)*, damit die Luftgeschwindigkeit bei der Ansaugkante in der Vertikalen kleiner als 1 m/s bleibt.

Im Gegensatz zu den Schrägschächten wurden Vertikalschächte grundsätzlich von oben nach unten abgeteuft. Zu diesem Zweck wurden an der Schachtmündung Winden zum Heben des Ausbruchmaterials aus der Schachtsohle zur Oberfläche angebracht. Auf dieser konnte das Material nach der Sprengung mit einem Greifer in die Förderkübel geladen und mit der Winde nach oben befördert werden. Jeder Kübel wies einen Inhalt von 2,5 m^3 auf und diente ebenfalls zur Verschiebung der Belegschaft im Schacht selber. Im Falle des Lüftungsschachtes Hospental konnte für die Gestaltung des Mündungsbauwerkes eine Lösung gefunden werden, die sich verhältnismässig gut dem vorhandenen Hang entlang der Reuss anpasst. Im Falle des Schachtes Guspisbach wurde das Frischluftbauwerk im Freien so erstellt, dass keine Schneeablagerung stattfinden kann, die den Ansaugquerschnitt beeinträchtigen könnte.

Am Fusse eines jeden Lüftungsschachtes sowie bei den beiden Tunnelportalen sind Ventilationsstationen angeordnet, bei denen die Ventilatoren und die dazugehörigen elektromechanischen Installationen untergebracht sind. Für die Lüftung des Tunnels sind insgesamt 22 Ventilatoren mit einer Leistung von maximal 2900 kW je Ventilator installiert. Dank verstellbarer Ventilatorschaufeln auch während des Betriebs kann die Luftmenge stufenlos reguliert werden, wobei die Zuluft der gesamten Anlage auf maximal 3160 m^3/s ausgelegt ist. Der gesamte elektrische Leistungsbedarf beträgt 26 000 kW.

Zur Montage und Demontage der Ventilatoren wurde ein Gerät konstruiert, mit dem die etwa 30 t schweren Geräte direkt vom Fahrraum aus in ihre Auflager 5 m höher gehieft werden konnten. Das Gerät dient auch für den Transport der Ventilatoren und wird auch am Seelisbergtunnel für den gleichen Zweck eingesetzt werden können.

Nach dem Einbau der Ventilatoren (sie haben einen Durchmesser von bis zu 4 m) wurde die Montageöffnung mit einem Montagedeckel brand- und explosionssicher abgedeckt. Selbstverständlich sind Zu- und Abluftkanäle, die im Bereich bewohnter Gebiete ins Freie münden, mit Schalldämpfanlagen versehen, so dass keine Lärmbelästigung für die Anwohner entsteht.

Die 1968 auf 302 Mio Franken veranschlagten Kosten betragen heute etwa 690 Mio. Der Löwenanteil an der Kostenüberschreitung geht zu Lasten der in dieser Zeitspanne massiv eingetretenen Lohnteuerung.

Selbstverständlich galt es während der Ausführung der Bauarbeiten nicht nur technische Schwierigkeiten zu meistern. Gerade was die Entwicklung der Lohnteuerung Anfang der 70er Jahre anbelangt, sind für die Unternehmung Probleme im Zusammenhang mit dem ständigen und regen Wechsel (bis zu sechsmal je Jahr) der Belegschaft entstanden. Auf diesem Gebiet sind in Zukunft für länger dauernde Grossbaustellen die Voraussetzungen zu schaffen, damit die eingesetzten Gastarbeiter mit ihren Familien auf der Baustelle leben können. Nur unter dieser Voraussetzung wird es möglich sein, qualifiziertes Personal in eingespielten Equipen über eine längere Zeit auf der Baustelle zu behalten. Bei den heute immer stärker technisierten und mechanisierten Vortriebsinstallationen ist dies eine Bedingung, ohne deren Erfüllung keine Leistungen erzielt werden können und ein unverhältnismässig hoher Materialverschleiss verursacht wird.

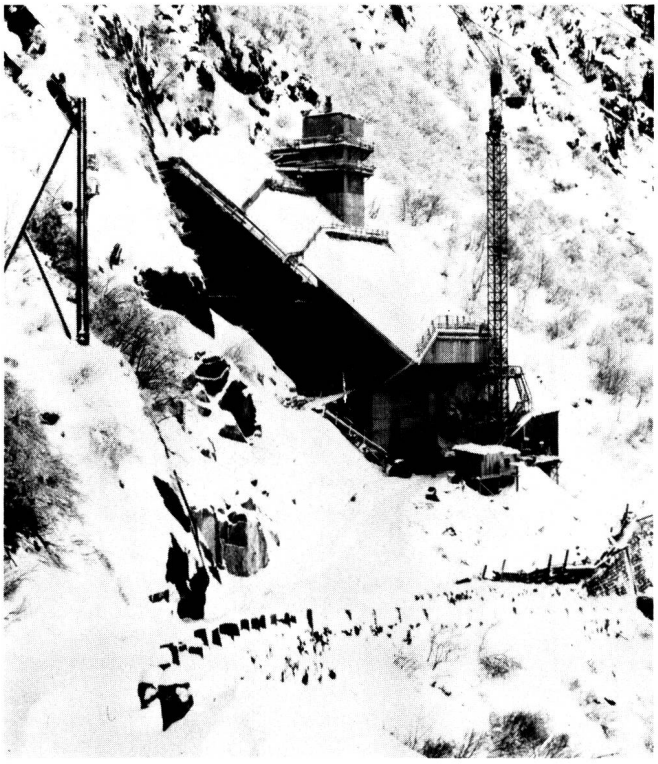

Fig. 3
Aussenbauwerk des Lüftungsschachtes Bäzberg

Vergleicht man die 11jährige Bauzeit für die Erstellung des Strassentunnels mit der 10jährigen Bauzeit für den 1882 eröffneten Eisenbahntunnel, so sei darauf hingewiesen, dass sowohl die eingesetzte Belegschaft als auch die Ausbruchkubatur stark verschieden sind. Vor 100 Jahren standen für jedes Tunnelportal 2500 bis maximal 3000 Arbeiter im Einsatz, während es beim Bau des Strassentunnels zu Spitzenzeiten etwa 350 waren. Die gesamte Ausbruchkubatur beim Strassentunnel beträgt 1,6 Mio m^3, im Vergleich mit dem Eisenbahntunnel etwa das Dreifache. Es wird sich im ersten Betriebsjahr, besonders nach der auf den 12. Dezember dieses Jahres vorgesehenen Eröffnung des Seelisbergtunnels, zeigen, ob das geschätzte Verkehrsaufkommen der Realität entspricht. Danach wurden die Kosten für Betrieb und Unterhalt, einschliesslich Energiekosten für die Gesamtanlage, auf rund 6 Mio Franken jährlich geschätzt, die zusätzlich das Budget der Kantone Uri und Tessin belasten werden.

Adresse des Autors: Schatzmann Arturo, c/o Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, 6487 Göschenen.

Die nächste Nummer bringt unter anderem
Vous pourrez lire dans le prochain numéro

1/81

R. Burkhard	Die neuen Linienwähler LW 700 Les nouveaux sélecteurs de lignes LW 700
P. Breu	Neuer Fernmeldesatellit Intelsat V Nouveau satellite de télécommunications Intelsat V
J. Schürmann	Mustererkennung und ihre Anwendungen