

Spritzbeton, der bedeutendste Bauteil bei der Überfirstung des Patscher Tunnels der ÖBB

Shotcrete – The Most Important Structural Element For The Widening Of The Patscher Tunnel Of The Austrian Federal Railways

Dir. Dipl.-Ing. Peter Göbl, Universale-Bau, Wien

Die 1867 erbaute Brenner-Bahn wird für den Huckepack-Verkehr ausgebaut. Beim Patscher Tunnel, der durch den Widerlagerhang der Europabrücke führt, wurde die Vergrößerung durch einen kompletten neuen Vortrieb über dem alten Tunnelgewölbe, bei Aufrechterhaltung des Bahnbetriebes, durchgeführt. Tunnelbautechnisch waren total zerriebene Phyllite und die Hinterpackung des alten Tunnelvortriebes zu durchhörtern. Diese Arbeiten wurden nach der NÖT mit den zusätzlichen Erschwernissen des äußerst begrenzten Arbeitsraumes, den Erschütterungen durch den laufenden Bahnbetrieb, bei kohäsionslosem Gebirge mit Schwerpunkt der Spritzbetonarbeiten und unter Einhaltung der höchsten Sicherheitsvorschriften für den Zugverkehr durchgeführt.

The Brenner Railway Line, built in 1867, is being adapted to the requirements of piggy-back transport. For the widening of the Patscher Tunnel, which is situated in close vicinity of one abutment of the Europe Bridge, a new heading was driven above the old tunnel arch. Traffic had to be maintained during construction operations.

The new heading had to be driven through detrital phyllites and the backfill behind the old tunnel arch. Tunnelling in friable rock was carried out according to the New Austrian Tunnelling Method, the application of shotcrete playing a very important part. In addition to the above-mentioned problems, two other difficulties, namely the extremely limited working space and the vibrations due to railway traffic, had to be coped with. During construction operations, the strictest safety rules were observed for the railway traffic.

1. Grundlagen

1867 wurde die Brennerbahn von Innsbruck auf der Ostseite des Wipptales mit einer Steigung bis zu 25 ‰ angelegt. Dabei wurde ein Ausläufer des Patscherkofels durchhörtert, auf dem beim Bau der Europabrücke der Brennerautobahn auch das östliche Widerlager und 2 Pfeiler fundiert wurden. Abb. 1

Geologisch ist das Wipptal, wie die Brennerfurche heißt, eine Trennungslinie zwischen zwei geologischen Großeinheiten. Im Westen die Masse der Stubai und Ötztaler Alpen, im wesentlichen Zentralalpengneis, im Osten, wo auch der Tunnel liegt, stehen die Innsbrucker Quarzphyllite an.

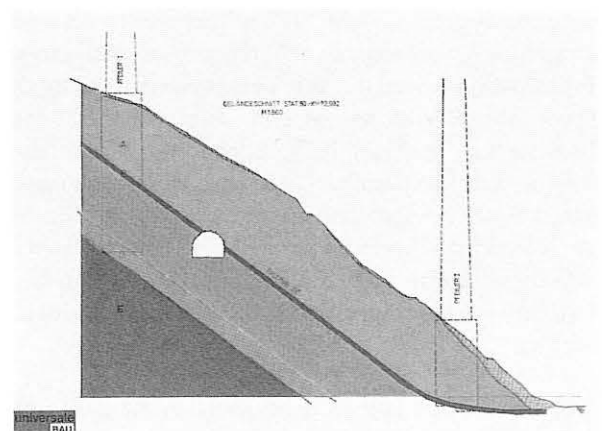


Abb. 1: Hang Querschnitt

Diese Trennungslinie ist eine heute noch seismisch aktive Störungslinie. Die Quarzphyllite sind dünnblättrige, feinschichtige Gesteine, die vorwiegend aus Quarz und Glimmer bestehen. Durch die tektonische Beanspruchung sind die Glimmer zum Teil in Serizit umgewandelt, wodurch in den Trennflächen glatte Zwischenschichten entstanden sind. Damit ist eine unangenehme Teilbeweglichkeit vorhanden. Zum Teil sind die Quarzphyllite später wieder verheilt und sind dann sehr kompakte, standfeste Formationen.

Beim Bau der Europabrücke wurden insbesondere bei der Gründung des Pfeilers 1 in situ Großversuche zur Feststellung der Gesteinsfestigkeiten durchgeführt. So wurden hier E-Moduli mit den Extremwerten von 5.000 bis 44.000 kp/cm², Winkel der inneren Reibung zwischen 29 und 40° und eine Kohäsion von 0,34 kp/cm² bis 1,06 kp/cm² festgestellt. Diese Werte weisen auf die großen Unterschiede der Qualität des vorhin beschriebenen Quarzphyllites hin.

Der Patscher Tunnel wurde über eine Länge von ca. 100 m mit Quadermauerwerk aus Granitgneis und 76 m mit Quadern einer Breccie, an wenigen Stellen mit Quadern aus Kalkstein, ausgemauert. Vom alten Tunnelbau existierten noch Abrechnungsquerprofile der einzelnen Ringe, aus denen der aufgefahrene Ausbruchsquerschnitt und die geometrische Form des seinerzeit fertiggestellten Gewölbes ersichtlich waren. Die Stärke des eingebauten Mauerwerkes betrug in der Firste 60 bis 80 cm und in der Sohle bis zu 1,20 m. Das Mauerwerksgewölbe wurde auf dem vorhandenen Fels gegründet. Aus den Profilen war außerdem ersichtlich, daß überall eine Hinterfüllung vorhanden ist, die von 50 cm bis zu 1,80 m in der Firste beträgt.

Der Erhaltungszustand des Tunnels war sehr unterschiedlich. Die 176 m bestanden aus 56 Ringen, von denen nur 17 Ringe ohne deutliche Zerstörungen waren. Die Zerstörungen zeigten sich als Abplatzungen und Abschaltungen vom Mauerwerk, starken Rißbildern und Verschiebungen der Ringfugen. Bei den Verschiebungen waren von 55 Fugen mit einem Maß bis zu 22 cm 20 deutlich verschoben. Weiters war bekannt, daß in späterer Zeit - Dokumentationen darüber fehlten - Ringe ausgewechselt und nachgemauert wurden.

Die Österreichischen Bundesbahnen führen auf der Brennerstrecke in einem großen Programm die Aufweitung des Lichtraumprofils für den

Huckepackverkehr durch. Bei den vielen anderen Tunneln dieser Strecke erfolgt die Profilvergrößerung durch Abtragung der durchwegs sehr großen Steinstärke der Ausmauerungen und durch Absenkung der derzeitigen Gleisoberkante. Auf Grund des sehr schlechten Zustandes des Gewölbes im Patscher Tunnel und der gleichzeitig an dieser Stelle bereits vorhandenen Maximalsteigung von 25 ‰ wurde der Beschluß gefaßt, das gesamte Gewölbe abzutragen und durch ein neues vergrößertes Tunnelgewölbe zu ersetzen. Der Tunnelvortrieb sollte nach der Neuen Österreichischen Tunnelbauweise bei voller Aufrechterhaltung des Bahnbetriebes durchgeführt werden, wobei während der Bauarbeiten der zweigleisige Betrieb auf einen eingleisigen Betrieb reduziert wurde.

Diese Strecke hat im Nord-Süd-Verkehr Europas eine zentrale Funktion, ist sie doch eine der wichtigsten Verbindungsstrecken zwischen der Bundesrepublik Deutschland und Italien.

Daraus ergibt sich eine Zugsdichte von 110 bis 140 Zügen pro Tag, wobei zur Kapazitätserhöhung viele davon als Doppelgarnituren geführt werden mußten. Es standen somit kaum länger zusammenhängende Zugspausen zur Verfügung, um Baumaßnahmen mit größerem Gerät von der Tunnelmitte aus durchzuführen.

2. Baudurchführung

Der Arbeitsablauf war wie folgt vorgegeben:

- a) Sicherung des Betriebsgeleises durch eine Schutzeinhausung.
- b) Provisorische Stützung der bestehenden Ausmauerung, nachdem diese bereits sichtbare Schäden aufzuweisen hatte.
- c) Abbruch der bestehenden Ausmauerung, wobei die Abbruchsabschnitte abhängig von der Standfestigkeit des freigelegten Gebirges festzulegen waren.
- d) Sichern der Felsleibung, wobei parallel mit dem Abbruch der Ausmauerung die Hinterpackung auszuräumen ist. Einbau eines Spritzbetongewölbes, das mit Ankern, Stahlbögen und Baustahlgitter verstärkt wird.
- e) Herstellen der Streifenfundamente und
- f) Einbau der Ortbetoninnenschale.

zu a) Schutzeinhausung

Zu Beginn der Arbeiten wurde ein Gleis entfernt und das andere in Achslage verlegt. Für die Durchführung der Vortriebsarbeiten wurden ein Arbeitsgerüst mit 10,2 m und anschließende Schutzgerüste mit je 4,5 m Länge, gleisfahrbare, über dem Bahngleis installiert. Dieses Arbeitsgerüst diente als Arbeitsfläche, auf dem die für den Vortrieb erforderlichen Geräte, wie ein Bohrraum mit hydraulischem Bohrhämmer, zwei hydraulische Steinkeilgeräte, Bohr- und Schrämmwerkzeug, eine hydraulische Bohrmaschine für verrohrte Bohrungen und hydraulische Pressen für den Vorsteckblecheinbau und die Spritzbetonausrüstung installiert waren. Das Gerüst hatte außerdem die Aufgabe, den Bahnbetrieb, der ohne Reduktion der Fahrgeschwindigkeit aufrecht erhalten wurde, absolut sicher vor den Tunnelvortriebsarbeiten mit allen seinen dabei möglichen Vorkommnissen zu schützen. Daher wurde das Gerüst auf die Last der Installationen und auch eventuell niederbrechende Gebirgstelle dimensioniert und absolut dicht ausgeführt.

Das Schutzgerüst wurde so konstruiert, daß folgende geometrische Bedingungen eingehalten werden:

- die Garantie des Bahnlichtraumes plus eines Sicherheitsabstandes
- die Gängigkeit des Gerüsts im alten Bahntunnel
- die Erreichbarkeit aller Flächen des Tunnelprofils vom Arbeitsgerüst aus.

zu b) Stützung der bestehenden Ausmauerung

Da der Erhaltungszustand des Gewölbes zum Teil sehr schlecht war, mußte befürchtet werden, daß mit beginnendem Abbau des Gewölbes dieses komplett kollabieren könnte. Es wurden daher im bestehenden Tunnel Aussteifungen mit TH-Bögen vorseilend zwischen Schutzeinhausung und Gewölbe gestellt.

zu c) und d) Abbau der Ausmauerung und Vortrieb mit Sicherung

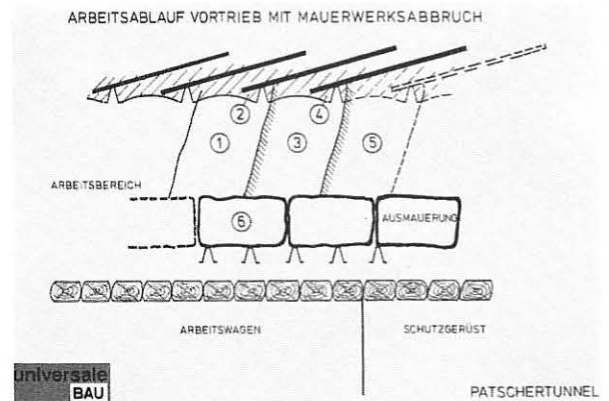


Abb. 2: Arbeitsablauf - Abbruch

Diese beiden Arbeitstakte mußten gegenüber den Vorstellungen zu Beginn der Arbeit wesentlich geändert ausgeführt werden (Abb. 2). Ein vorsichtiger Abbruch des Steingewölbes in kleinen Abschnitten mit gleichzeitigem Ausräumen der Hinterpackung bis zum anstehenden Gebirge zeigte sich als nicht möglich. Es war erforderlich, über Stahlbögen Vorsteckbleche in die Brust einzutreiben, unter deren Schutz die Hinterpackung ausgeräumt werden konnte. Wegen des seinerzeitigen gewaltigen Mehrausbruches, der meist größer war als der neue vergrößerte Tunnelquerschnitt, mußte die Vorsteckarbeit in der Hinterpackung ausgeführt werden. Da die Hinterpackung großteils aus den Steinen bestand, die beim Behauen der Granitgewölbesteine abfielen, konnten die Vorsteckbleche kaum eingeschlagen werden, sondern mußten um die einzelnen Steine herum eingefädelt werden. Gleichzeitig war auch im Vortrieb der Einbau von Ankern wegen der Unmöglichkeit, Bohrlöcher durch die Hinterpackung in das Gebirge einzubringen, äußerst schwierig. Der erforderliche Ausbauwiderstand wurde durch die Ankerung, Spritzbeton mit Baustahlgitter und Stahlbogen erreicht.

Bereits bei Station 32 ereignete sich ein Verbruch, bei dem feinkörniges phyllitisches Zerreibsel einfloß und den Arbeitsraum zwischen Schutzgerüst und Tunnelgewölbe komplett verfüllte. Das Schutzgerüst widerstand dieser ihm zugedachten Belastung und es gab keine Beeinträchtigung des Bahnlichtraumes. Durch Umlagerung von Spannungen im umgebenden Gebirge traten in den folgenden 12 Stunden Zerstörungen des Spritzbetons und Verformungen des Gewölbes bis fast zum Portal hin ein. Der Bahnbetrieb mußte drei Tage eingestellt werden, hauptsächlich um vom Hauptgleis aus die Sanierung des Verbruches durch Injektionen und Ankerungen mit einem leistungsstarken Verroh-

geschwindigkeit mit dem Entfernen des darunter fortschreitenden Vortriebes kleiner wurde, traf man keine zusätzlichen Maßnahmen. Es bestätigte sich auch nach Ende des Vortriebes, daß sich die Konvergenzen nicht mehr veränderten und sich der Hang konsolidierte.

Die graphische Darstellung (Abb. 6) des Verhältnisses zwischen Deformation und Ausbauwiderstand zeigt, daß an Stellen mit hoher Ankerdichte geringe Gesamtdeformationen entstanden sind.

Die Sensibilität des Hanges trat beim Aushub der Widerlager und Bankette für die Innenbetonschale wieder zu Tage. Es trat sofort wieder ein kurzfristiges Anspringen der Deformationen auf, die sich aber kurzfristig wieder beruhigten (Abb. 7).

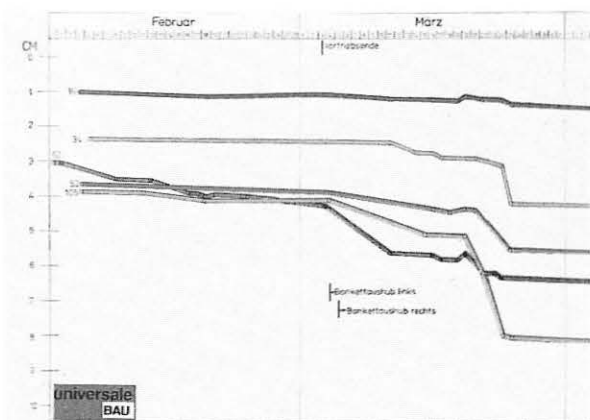


Abb. 7: Setzungsdiagramm Konvergenzen

Man konnte somit erkennen, daß die Scherfestigkeit im Hang bereits bei geringsten Einflüssen überschritten wurde. Diese Erkenntnisse gaben den letzten Ausschlag für den zusätzlichen Einbau eines Sohlgewölbes über größte Teile des Tunnels.

3. Bauzeitliche Entwicklung

Es war geplant, diesen 167 m "kurzen" Tunnel nach 9 Monaten wieder im zweigleisigen Betrieb führen zu können. Auftraggeber, Planer und Auftragnehmer sahen in diesen 9 Monaten kein besonderes Risiko, nachdem teilweise alte Aufzeichnungen vorhanden waren und die Aufschlüsse beim Bau der Europabrücke vor 25 Jahren sehr gewissenhaft und wissenschaftlich betrieben wurden. Aus diesen konnte man schließen, daß dieser Tunnel zwar kein besonders trivialer Fall war, aber es sich doch um ein in 9 Monaten realisierbares Vorhaben handelt. Tatsächlich betrug die Bauzeit 16 Monate

und enthielt außerdem ein Ereignis auf Station 34, durch das der Bahnbetrieb 3 Tage komplett eingestellt werden mußte. Die für Auftraggeber und Auftragnehmer äußerst unangenehme zeitliche Entwicklung hatte als Hauptfaktoren:

die Massenmehrungen; besonders für Leistungen, die am zeitlich kritischen Weg lagen,

den spezifischen Zeitmehrbedarf für die Ankerung durch die Hinterpackung und

die allgemeine Fehleinschätzung über das Standvermögen, die Standzeit und die Druckhaftigkeit des aufzufahrenden Gebirges.

In diesem Punkt war der Verbruch bei Station 34 im Erfahrungszuwachs über das Gebirgsverhalten eine große Unstetigkeit. Die Aufrechterhaltung der neuralgischsten Nord-Süd-Strecke im Ostalpenbereich - sowohl für Bahn als auch der darüber liegenden Europabrücke - hatte bei Garantie der absoluten Sicherheit für den laufenden Bahnbetrieb bei allem Denken und Handeln eindeutigen Vorrang. Unter diesen Voraussetzungen führten, bei den äußerst beschränkten Platzverhältnissen, die Arbeitsabläufe der NÖT, die größtenteils nur mehr linear hintereinander durchgeführt werden konnten, zu wesentlichem Zeitmehrbedarf.

4. Zusammenfassung

Der Vortrieb des Tunnels über dem laufenden Bahnbetrieb mit den schwierigen Randbedingungen und den zusätzlichen geotechnischen Erschwernissen konnte nach der NÖT erfolgreich durchgeführt werden. Allerdings mußte alles unternommen werden, um Deformationen bzw. Deformationsgeschwindigkeiten möglichst klein zu halten. Assoziationen an viele Gespräche mit Prof. Rabcewicz am Tauerntunnel über den optimalen Bereich der Pacher-Fenner-Kurve wurden hier wach. Prof. Rabcewicz konnten Deformationen nie zu groß sein, um sicher zu gehen, daß vorhandene Spannungen weitgehendst abgebaut waren und nicht mit dem Ausbauwiderstand am Berg fixiert werden. Am Patscher Tunnel mußte das NATM-Wechselspiel zwischen Ausbauwiderstand und Deformation mit einem zusätzlichen Mehraufwand beim Ausbauwiderstand durchgeführt werden.

Denn beim laufenden Bahnbetrieb heißt es

"Die absolute Sicherheit kommt zuerst".