
Instandstellung der Centovallibahn-Tunnel

REMEDIAL MEASURE OF THE TUNNELS OF THE CENTOVALLI-RAILWAY

DIRK MEYER, PIETRO TEICHERT

Die 1923 eröffnete Schmalspurbahn Locarno-Domodossola, die sogenannte Centovallibahn, zählt auf ihrem Schweizer Abschnitt 22 Tunnel mit einer Gesamtlänge von fast 5 km. Geologische Gegebenheiten und die Verwitterung infolge Frost- und Wassereinwirkung hatten an vielen Bauwerken Schäden verursacht, die von 1969 bis 1974 und 1987 bis 1999 im wesentlichen mit Trockenspritzbeton behoben worden sind. Die Instandsetzung der Tunnel umfasste Vorabdichtungen, die Konsolidierung von Fels und Natursteinmauerwerk, Profilkorrekturen und Aussteifungen. Der Erfolg dieser Arbeiten beruht auf dem zweckmässigen Vorgehen und auf der Qualität des Spritzbetons.

The narrow-gauge railway line Locarno - Domodossola, the so-called Centovalli Railway opened in 1923, comprises 22 tunnels with a total length of almost 5 km along its Swiss section. As a result of the geological conditions and weathering due to the action of frost and water, over the years many of the structures showed major defects that were repaired from 1969 to 1974 and between 1987 and 1999, essentially by applying dry-mix shotcrete. The repair work included pre-sealing measures, the consolidation of rock mass and natural stone masonry, reprofiling and reinforcement. The successful completion of the work can be ascribed both to the expedient action and the quality of the sprayed concrete.

1. Einleitung

Die Schmalspur-Eisenbahnlinie Locarno-Domodossola ist, über den Simplon, die kürzeste Bahnverbindung zwischen dem Kanton Tessin, der Westschweiz und Bern. Durchschnittlich beläuft sich der jährliche Personenverkehr auf 0,8 Mio Reisende, wovon rund 40 Prozent auf den Transit und 60 Prozent auf den Lokalverkehr entfallen. Der Güterverkehr ist 1988 eingestellt worden.

Von Francesco Balli, Bürgermeister von Locarno, angeregt und unter der Leitung des Zürcher Ingenieurs Jakob Suter verwirklicht, begann der Bau der Strecke im Jahre 1911. Die Betriebsaufnahme erfolgte nach kriegsbedingten Verzögerungen am 25. November 1923.

Die Bahnstrecke misst insgesamt 51,250 km. Davon entfallen 19,015 km auf den Schweizer Teil Locarno-Camedo (Landesgrenze), der von der

FART SA (Ferrovie Autolinee Regionali Ticinesi) in Locarno betrieben wird und unter dem Namen "Ferrovie delle Centovalli" ("Eisenbahn der hundert Täler") oder "Centovallina" bekannt ist. Der 32,235 km lange Abschnitt zwischen Camedo und Domodossola, die "Ferrovie Vigezzina", gehört der italienischen SSIF (Società Subalpina di Imprese Ferroviarie) in Domodossola.

Die von Anfang an elektrifizierte Linie beginnt unterirdisch auf 198 m ü.M. beim SBB-Bahnhof Locarno-Muralto. (Der Bahnhof Locarno befindet sich auf dem Boden der Gemeinde Muralto.) Der Scheitelpunkt liegt auf 830 m in Santa Maria Maggiore im italienischen Vigizzo-Tal. Die Strecke endet auf 266 m Höhe unter dem Bahnhof Domodossola der italienischen Staatsbahn.

Das Trasse der Bahn (höchste Steigung 60%, kleinster Kurvenradius 60 m) ist kühn angelegt und weist wegen der vielen Seitentäler in den steilen Hängen des Haupttales unzählige Kunstbauten auf (Bild 1). Neben vielen Brücken und Viadukten zählt der Abschnitt Locarno-Camedo 22 Tunnel mit einer Gesamtlänge von 4'777,8 m, entsprechend etwa 25 Prozent der Strecke. Längster Tunnel ist der

1'607,6 m lange Durchstich zwischen der Endstation Locarno und der Haltestelle Sant'Antonio, welcher grösstenteils einschalig mit Spritzbeton ausgebaut ist (Bild 2) und mit dem anschliessenden Tagbautunnel bis Solduno den 2'589,6 m langen unterirdischen Abschnitt bildet, der seit Ende 1990 die ebenerdige Durchquerung der Agglomeration Locarno ersetzt.



Bild 2: Tunnel Muralto - Sant'Antonio, Doppelspurstrecke; einschaliger Ausbau mit Spritzbeton, 1991



Bild 1: Zug der Centovallibahn auf der Ruinacci-Brücke bei Camedo; im Hintergrund der Tunnel Ruinacci, ganz oben links die Kantonsstrasse, 1993

Die restlichen 21 Tunnel, deren Länge von 15 m bis 342 m (im Mittel 104,2 m) reicht, sind seit 1969 in zwei Etappen instandgesetzt worden. Davon soll die Rede sein (Tabelle 1).

Früher oder später stellt sich wohl jeder Bahn das Problem des systematischen Unterhaltes und der Erneuerung ihrer Kunstbauten, vor allem der Tunnel. Heutzutage, im Zeitalter der Kosten-Nutzen-Analysen, geht es dabei nicht mehr allein um reine Substanzerhaltung, sondern mindestens so sehr um Massnahmen zur Rationalisierung des Unterhalts und des Betriebs, letztlich also um die Verringerung der Betriebskosten.

Wird etwa bei einer Tunnelinstandsetzung die brüchige Ausmauerung verfestigt und gleichzeitig auch abgedichtet, ergibt sich eine gewichtige Betriebskostensenkung, weil im Winter kein Personal mehr für Kontrollgänge und zur Entfernung von Eis eingesetzt werden muss.

2. Geologie und Geotechnik

In den Centovalli verläuft die Bahnlinie auf der linken, nördlichen Talseite, die in der Tessiner Wurzel-

zone der südlichen Abdachung der Alpen liegt. Das Gestein besteht vorwiegend aus Zweiglimmergneisen (Ortho- und Paragneise). Die Gneise sind oft von Pegmatiten durchsetzt, mit zahlreichen Neubildungen an den Klufflächen. Die Gesteinsschichten fallen allgemein sehr steil bis senkrecht und sind tektonisch stark beansprucht worden, teilweise bis zur Bildung von Myloniten. Die Schichten streichen im grossen und ganzen von Westen nach Osten, also parallel zur Grosstalbildung.

Die Entstehungsart lässt sofort auf sehr viele und vielfältige geotechnische Gegebenheiten schliessen. Allgemein können festgestellt werden:

- o zahlreiche Rutschungen und Bergstürze
- o Ruschelzonen und Verwerfungen
- o Kriechbewegungen ganzer Felspartien (Talzus Schub)
- o örtliche Zerrüttungen, vor allem in mylonitisierten Felspartien.

3. Zustand der Tunnel vor der Sanierung

Die Schäden an den Tunnelbauten sind grösstenteils den genannten geologischen und geotechnischen

| | | | | |
|--------------------|-----------|---|-----------|-----------|
| Locarno-Solduno | km 0,201 | – | km 2,791 | 2'589,6 m |
| Sass Got | km 2,410 | – | km 2,429 | 19,5 m |
| Güra | km 4,245 | – | km 4,278 | 33,0 m |
| Dirinei | km 6,260 | – | km 6,571 | 311,0 m |
| Frana di Corcapolo | km 7,471 | – | km 7,813 | 342,5 m |
| Valascia | km 8,070 | – | km 8,085 | 15,0 m |
| Val d'Ingiustria | km 8,225 | – | km 8,277 | 52,5 m |
| Monda di fuori | km 8,350 | – | km 8,367 | 17,0 m |
| Monda di dentro | km 8,487 | – | km 8,556 | 69,5 m |
| Sassalto di fuori | km 8,633 | – | km 8,667 | 34,5 m |
| Sassalto di dentro | km 8,860 | – | km 8,904 | 44,5 m |
| Val Chiara | km 9,070 | – | km 9,104 | 34,5 m |
| Verguno | km 9,215 | – | km 9,325 | 110,5 m |
| Riale della Segna | km 9,695 | – | km 9,741 | 46,0 m |
| Gaggetto di fuori | km 9,960 | – | km 9,995 | 35,5 m |
| Gaggetto di dentro | km 10,066 | – | km 10,373 | 307,0 m |
| Riale Verdasio | km 10,679 | – | km 10,885 | 206,0 m |
| Vignascia | km 11,398 | – | km 11,583 | 185,0 m |
| Cadanza | km 11,678 | – | km 11,878 | 200,0 m |
| Mött da Varda | km 12,127 | – | km 12,183 | 56,5 m |
| Tries | km 12,486 | – | km 12,519 | 33,0 m |
| Ruinacci | km 12,583 | – | km 12,618 | 35,2 m |
| TOTAL | | | | 4'777,8 m |

Tab. 1: Tunnel der Strecke Locarno-Camedo

Gegebenheiten zuzuschreiben und lassen sich grundsätzlich in vier Kategorien einteilen.

3.1 Tunnel in einem Rutschgebiet

Es handelt sich um den 35 m langen Tunnel Ruinacci bei Camedo (Bilder 1 und 3). Dieser Lehnentunnel liegt hart unterhalb der Kantonsstrasse und durchsticht die steile Rippe einer Bergflanke, die auf einer Breite von 400 bis 600 m und auf einer Höhe von etwa 600 m zu Tale gleitet. Die Rutschung, die auch die Stahlbrücke Ruinacci (Bild 1) in Mitleidenschaft gezogen hat, wird seit Jahren genau gemessen. Die Bewegungen schwanken jährlich zwischen 2 und 8 cm; sie haben den Tunnel zusehends stär-

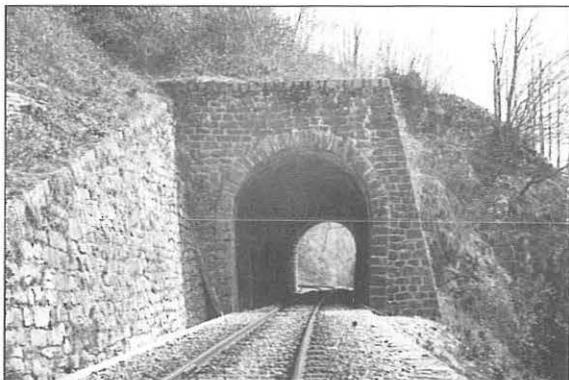


Bild 3: Tunnel Ruinacci vor der Instandstellung, 1970

ker verformt. Tiefe Längsrisse in der Kalotte und an den Kämpfern hatten seinen Bestand in Frage gestellt, wobei auch die Kantonsstrasse unmittelbar gefährdet war.

3.2 Tunnel in einer Zone mit Talzuschub

Auch hier handelt es sich um Lehnentunnel. Durch die langsame, aber stetige Zu-Tal-Bewegung der Gesteinsmasse traten je nach Lage der Tunnelachse Risse senkrecht zur Bewegungsrichtung (meist in der Kalotte) auf, desgleichen Druckgelenke im Scheitel als Folge von Deformationen der Tunnelverkleidung sowie Abscherungen in Kämpfer- und Scheitelpartien.

3.3 Unverkleidete Tunnelstrecken

In einigen Tunneln fehlte abschnittsweise eine Verkleidung. Vor allem infolge der Verwitterung im Zusammenhang mit Schichtung, Ruschelzonen, Pegmatiten und Querlüftung mussten immer wieder heruntergefallene Felsteile vom Gleis entfernt werden. Die versteckte Gefahr grösserer Niederbrüche war vor allem in einem Streckenteil des Tunnels Dirinei besonders gross.

3.4 Vernässte Tunnelstrecken, örtliche Verrottungen der Verkleidung

Die meisten Tunnel sind mit Natursteinen und Kalkmörtel ausgemauert. Sie waren auf längeren

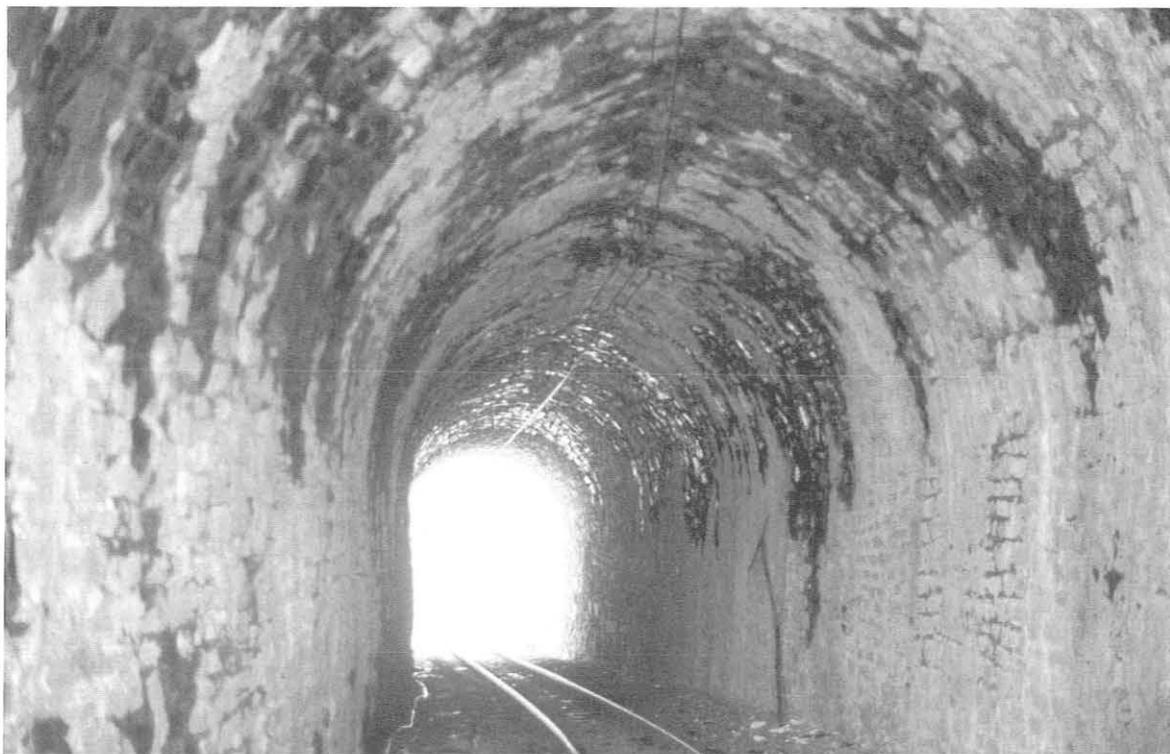


Bild 4: Mit Natursteinmauerwerk ausgekleideter Tunnel Val d'Ingiustria, 1996

oder kürzeren Strecken mehr oder weniger stark ver­nässt (Bild 4). An Schienen und Schwellen traten durch Tropfwasser Schäden auf. Bei Eisbildung entstanden Einengungen im Tunnelprofil sowie Störungen an den Tragwerken der Fahrleitung. Die Verwitterung, der Frost und Ausführungsmängel hatten örtliche Verrottungen des Mauerwerks bewirkt (Bild 5).

4. Sanierungsprojekte

Fast alle Schäden an den Tunnels waren irreversibel und ernst. Deshalb kam mittel- und langfristig nur eine gründliche und fachgerechte Instandsetzung in Betracht.

Die Arbeiten sind in zwei Abschnitten ausgeführt worden: der erste umfasste die Jahre 1969 bis 1974, der zweite dauerte von 1987 bis 1999.

Grundlage beider Sanierungsetappen war die gründliche Begutachtung des Zustandes der Bahnbauten, im Jahre 1968 für die erste Etappe und im Jahr 1986 für die zweite.

Bei der ersten Begehung 1968 hatte man Dringlichkeiten der Instandstellung erster und zweiter Priorität unterschieden und sich dann mangels ausreichender

Mittel auf die Ausführung der Arbeiten erster Dringlichkeit beschränken müssen.

Die zweite Beurteilung der Bausubstanz im Jahre 1986, achtzehn Jahre nach der ersten, zeigte, dass sich der Zustand fast aller Tunnel der zweiten Reparaturdringlichkeit augenfällig verschlechtert hatte, weshalb eine zweite Instandsetzungsphase spätestens binnen eines Jahrzehnts dringend erforderlich wurde. Dieser Befund führte zur Entscheid, in einer neuerlichen Sanierungsetappe systematisch alle Tunnel sowie bestimmte Kunstbauten zwischen Camedo und Intragna instandzusetzen. Das ursprünglich zehnjährige Bauprogramm sah jährliche Tranchen von vier bis sechs Monaten vor. Zusätzlich notwendige Arbeiten verlängerten die Dauer der Etappe um drei Jahre bis 1999.

Bei der ersten Sanierungsphase war das damalige Ingenieurbüro Aldo Golta in Zürich für die Projektierung und die Bauleitung besorgt, während das Vorgehen bei der zweiten Instandsetzungsetappe vom technischen Dienst der Bahn zusammen mit der ausführenden Firma bestimmt wurde.

5. Die Instandsetzungsarbeiten

Die Arbeiten in den Tunnels sind fast ausnahmslos "unter Verkehr" ausgeführt worden, das heisst



Bild 5: Schadhafte Natursteinmauerwerk im Gewölbe des Tunnels Val d'Ingeniustria, 1996

während der nächtlichen Verkehrspause ungefähr zwischen 21 Uhr und 6 Uhr.

Die Instandsetzungen wurden vorwiegend mit (Trocken-)Spritzbeton ausgeführt und umfassten im wesentlichen folgende Bauarbeiten oberhalb der Gleisebene:

- o Konsolidierung von Fels bei gleichzeitiger Abdichtung wasserführender Flächen
- o Abdichtung gemauerter Strecken und gleichzeitige Verstärkung schadhaften Mauerwerks
- o Profilkorrekturen in ausgemauerten Abschnitten und gleichzeitige Abdichtung und/oder Verstärkung des Mauerwerks
- o Aussteifung verformter Tunnelabschnitte bei gleichzeitiger Abdichtung und Verstärkung des Mauerwerks.

5.1 Konsolidierung von Fels

Die unverkleideten Strecken der Tunnel (zum Beispiel des Tunnels Dirinei) erforderten in erster Linie die Verfestigung des brüchigen Gesteins. Gleichzeitig waren die bearbeiteten Flächen dauerhaft abzudichten. Zu diesem Zweck wurde eine angemessen bewehrte Spritzbetonauskleidung aufgetragen ("einschaliger Ausbau", Bild 6).



Bild 6: Einschaliger Ausbau mit Spritzbeton im Tunnel Dirinei, 1988 (ausgeführt 1969)

Die Stärke der Spritzbetonverkleidung variierte je nach Felsbeschaffenheit und Wasserandrang zwischen 6 und 15 cm. Abgesehen von einem 56 m langen Abschnitt des Dirinei-Tunnels, der mit einer doppelten Lage Stahldrahtnetz 100/100/5/5 mm armiert ist, sind sämtliche Felsstrecken nur mit einer Baustahlmatte bewehrt worden. Die Armierung ist nicht mit dem Untergrund verankert. Beschaffenheit und Schichtung des Felsens liessen eigentliche Felsanker als wenig sinnvoll erscheinen. Statt dessen wurde der Spritzbeton dicker aufgetragen.

5.2 Abdichtung von Mauerwerk

Dazu dient in allen Fällen eine Spritzbetonschicht. Sie ist in der Regel etwa 8 cm stark und stets mit einem Stahldrahtnetz bewehrt. Vor dem Auftrag des Spritzbetons war das Natursteinmauerwerk gründlich vorzubereiten, um die bestmögliche Haftung des Spritzbetons und dessen Verzahnung mit dem Steinverband zu gewährleisten. Das erforderte ausser der Vorabdichtung drei Arbeitsgänge.

Mit leichten Abbauhämmern und anderen Werkzeugen entfernte man zuerst Vormauerungen und Mörtelanwürfe, verwitterte Steine und den ausgelagten Mörtel der Fugen, und zwar je nach Zustand des Mauerwerks bis zu einer Tiefe von etwa 5 cm. Anschliessend säuberte man die Mauerwerkflächen durch Sandstrahlen mit quarzfreiem Sand sorgfältig von mineralischen Ausscheidungen, Mörtelresten, organischen Substanzen, Moos und anderen Verunreinigungen. Die pulverförmigen Rückstände der mechanischen Bearbeitung und des Sandstrahlens wurden zuletzt durch Waschen mit Druckluft und Wasser entfernt.

Das Armierungsnetz ist in der Regel nicht mit dem Mauerwerk verbunden; darauf hat man wegen der guten Verzahnung zwischen Mauerwerk und



Bild 7: Zur Abdichtung ausgekleideter Tunnel Verguno, 1995

Spritzbeton und dank der Gewölbewirkung der Verkleidung verzichten können (Bild 7). Kraftschlüssige Verankerungen sind nur bei den auf das Gewölbe begrenzten Verkleidungen ausgeführt



Bild 8: Nur im Gewölbe zur Abdichtung ausgekleideter Abschnitt des Tunnels Frana di Corcapolo, 1998 (ausgeführt 1971)

worden, und auch dort nur, wenn der Spritzbeton wegen örtlich konzentrierter Drains nicht direkt am Mauerwerk haftete (Bild 8).

5.3 Konsolidierung von Mauerwerk

Auf einem kurzen Abschnitt des Tunnels Dirinei (und örtlich auch in anderen Tunneln) wurde vor allem

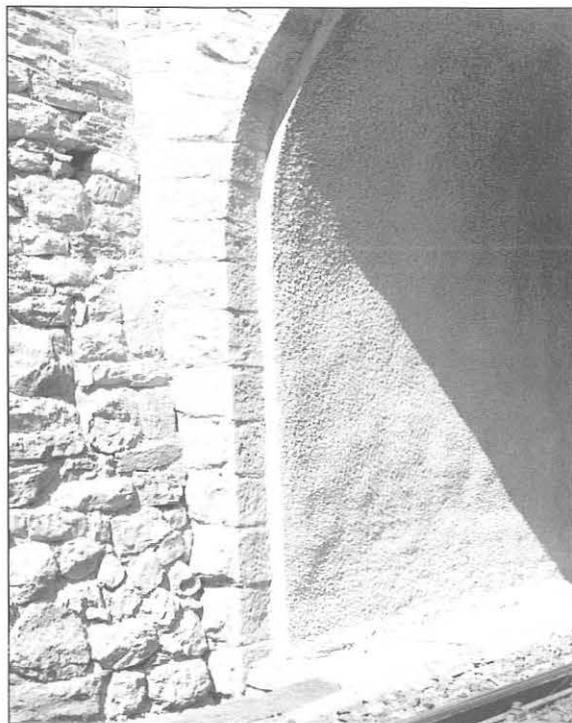


Bild 9: Spritzbetonschale zur Verfestigung von Natursteinmauerwerk, Begrenzung am Portal des Tunnels Sassalto di fuori, 1995

eine Verfestigung des schadhaften Mauerwerks bezweckt (Bild 9). Dabei ist man gleich vorgegangen wie bei der Abdichtung, mit dem Unterschied allerdings, dass zuvor die Schadstellen im Steinverband auszubessern waren.

Das besonders stark verwitterte und zerstörte Mauerwerk erforderte im erwähnten Tunnelabschnitt das Entfernen ganzer Steine. Die Lücken mussten vor dem Auftrag der Verkleidung mit Spritzbeton gefüllt werden. An ausgewählten Stellen im Tunnelprofil sind überdies sogenannte Stützplomben eingefügt worden. Das sind mit Spritzbeton gefüllte Öffnungen im Mauerwerk, welche die Verkleidung auf den Fels abstützen.

5.4 Profilkorrekturen

In den Tunneln Dirinei und Frana di Corcapolo hatte der Bergdruck im Laufe von fünfzig Jahren zu Verformungen der Tunnelausmauerung geführt, die als mehr oder weniger starke Einbuchtungen der Widerlager in Erscheinung traten. Die entsprechende Verengung des Lichtraumprofils erforderte die Zurückversetzung der unzulässig vorstehenden Widerlagerflucht. Diese Korrekturen erreichten im Tunnel Frana di Corcapolo stellenweise bis 25 cm.

Um den fahrplanmässigen Bahnverkehr und dessen Sicherheit zu gewährleisten, musste man bei der Zurückversetzung der störenden Widerlagereinbuchtungen aussergewöhnlich behutsam vorgehen. Die Lösung bestand darin, in ausreichend tiefen, im Mauerwerk geöffneten Schlitzen zuerst ein Gerippe aus armierten Spritzbeton-Pfeilern und -Längsrippen zur Stützung des Gewölbes zu schaffen und anschliessend die so eingefassten Wandfelder abzubauen und - zurückversetzt - mit Spritzbeton zu

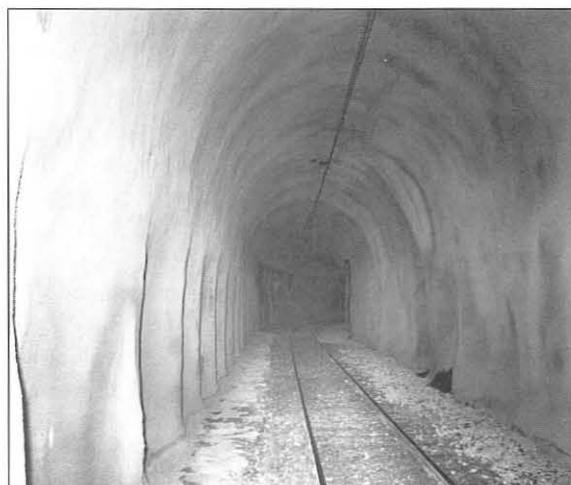


Bild 10: Zurückversetzte Widerlagerpartie im Tunnel Frana di Corcapolo, 1972

rekonstruieren. Am Ende erschien die korrigierte Widerlagerstelle als eine Folge aneinandergereihter Schalensegmente (Bild 10).

5.5 Aussteifungen

Die beschriebenen Profilkorrekturen bestanden in der Zurückversetzung des einen Widerlagers; deshalb genügte es, die senkrechten Pfeiler der Stützkonstruktion einfach auf der Tunnelsohle zu fundieren, ohne eine horizontale Verspreissung mit dem gegenüberliegenden Widerlager. Anders waren die Verhältnisse im Tunnel Ruinacci, der als Ganzes von der Hangbewegung erfasst und dessen gesamtes Profil stark verformt ist (Bild 3). Hier bezweckte das Skelett aus Pfeilern, Gewölbekbögen und Längsträgern aus armiertem Spritzbeton eine dreidimensionale Versteifung der Tunnelmauerung. Deshalb sind die senkrechten Stützen in den Widerlagern mit waagrechten Rippen (aus Ortsbeton) unter dem Schotterbett gegeneinander versteift worden.

Im Ruinacci-Tunnel sind die vom Gerippe umschlossenen Mauerwerkfelder mit einer besonders armierten Spritzbetonverkleidung zusätzlich verfestigt. Die Armierung dieser Verkleidung ist mit der Bewehrung des Gerippes statisch verbunden.

6. Ausführung

Der Spritzbeton ist nach dem Trockenspritzverfahren hergestellt worden. Die Ausgangsmischung hat man an Ort und Stelle aufbereitet ("Baustellengemisch"), und zwar durchwegs mit Kiessand der Körnungen 0 - 8 mm und 0 - 16 mm aus dem Fluss Maggia in Avegno. Die Dosierung betrug zwischen 350 und 400 kg Portland-Zement auf 1'000 Liter Zuschlagstoff. Insgesamt sind von 1969 bis 1998 rund 6'200 m³ Trockengemisch verarbeitet worden.

6.1 Vorabdichtung

Spritzbeton kann bekanntlich nur fachgerecht aufgetragen werden und erhärten, wenn aus dem Untergrund kein Wasser drückt. Die Trockenlegung der Auftragsfläche, gemeinhin als Vorabdichtung bezeichnet, ist ganz besonders wichtig, wenn es auf die Dichtigkeit des Spritzbetons ankommt.

Bei der ersten Instandsetzung der Centovallibahn-Tunnel sind alle Felsstrecken und ein Teil der mit Natursteinen ausgemauerten Abschnitte mit den üblichen "Drains" (Wasserableitungen) vorabgedichtet worden. Während der zweiten Sanierungsetappe hingegen hat man die meisten ausgekleideten Tunnels nicht mehr mit Drains, sondern nach einer an-

deren Methode trockengelegt. Wieviel besser man den Umgang mit dem Bergwasser heute beherrscht, zeigt sich in einer beträchtlichen Kostensenkung bei der Vorabdichtung: während von 1969 bis 1974 je Quadratmeter instandgesetzter Tunnelleibungsfläche noch 0,62 Laufmeter Drain verlegt worden waren, beläuft sich diese Kennzahl bei der zweiten Sanierungsetappe auf nur noch 0,17 m/m².

6.2 Einrichtungen

Zwischen den zeitlichen Schwerpunkten der beiden Instandsetzungsetappen liegen ungefähr zwanzig Jahre. Während dieser Zeitspanne sind die Beteiligten an Erfahrung reicher geworden, gleichzeitig haben sich auch die Arbeitstechniken weiter entwickelt.

Dieser Fortschritt offenbart sich unter anderem im Vorgehen bei der Ausführung und bei den dafür nötigen Einrichtungen.

So sind die Arbeiten der ersten Etappe ausnahmslos mit einem Bauzug aus drei bis vier Bahnwagen ausgeführt worden, wobei Kompressor und Generator in der Regel neben dem Gleis im Freien standen. Der Bauzug befand sich tagsüber auf der Station Ponte Brolla, wo er gewartet und mit Baumaterial beschickt wurde.

Das Verschieben zu den durchschnittlich 9,4 km entfernten Baustellen auf der Strecke und zurück verursachte beträchtliche Kosten und verkürzte die Nettoarbeitszeit in den Tunneln. Diese Nachteile sind bei der zweiten Etappe von 1987 bis 1999 entfallen, weil man alle Arbeiten mit stationären Einrichtungen an oder bei den Tunnelportalen ausgeführt hat. Das war unter anderem nur möglich, weil man es wagte, das Spritzgut bis zu 400 m weit zu fördern.

6.3 Personalbestand und Dauer

Die Belegschaft zählte gewöhnlich vier bis sechs Mann. Während der ersten Etappe war zusätzlich ein Bahnangestellter für die Bedienung des Zugfahrzeuges und für Sicherheits- und Überwachungsaufgaben eingesetzt. Die Arbeiten begannen jeweils im Frühjahr und erstreckten sich, je nach Witterung und Objektgrösse, mehr oder weniger bis weit in den Herbst hinein.

Von 1969 bis 1974 waren rund 40'000 Arbeitsstunden (ohne Bahnpersonal) nötig, während von 1987 bis 1998 annähernd 33'000 Stunden geleistet worden sind.

7. Erkenntnisse

Die umfangreichen und schwierigen Instandstellungsarbeiten in den Tunneln der Centovallibahn haben einmal mehr deutlich gezeigt, wie vorteilhaft das anpassungsfähige Spritzbetonverfahren besonders für derartige Bauvorhaben ist. Während Spritzbeton zur Konsolidierung von Fels in Untertagebauten aller Art längst allgemein gebräuchlich ist, war seine Verwendung bei den beschriebenen Sanierungsmaßnahmen wenigstens in Teilbereichen neu.

Das Verfahren zur Dichtung des Mauerwerks hat sich sehr gut bewährt. Die sanierten Tunnelstrecken sind auch nach vielen Jahren, von wenigen Sickerungen abgesehen, noch dicht. Feuchtstellen erscheinen da und dort als längliche, weisse Flecken. Sie befinden sich zumeist längs der feinen Risse, die im Spritzbeton wegen des unvermeidlichen Schwindens oder zufolge Bewegungen des Gebirges entstehen. An solchen Stellen sickert Wasser durch die Verkleidung und befördert wasserlösliche Betonbestandteile (mehrheitlich anorganische Salze) an die Oberfläche. Hier verdunstet das Wasser; zurück bleiben die Salze in Form weisser Ausscheidungen. Dieser Vorgang beeinträchtigt die Qualität und Festigkeit des Spritzbetons kaum.

Erwiesen hat sich auch, wie gut sich Spritzbeton für gewölbestützende Skelette und zur Rekonstruktion von Tunnelwiderlagern eignet, weil er die kompakte und kraftschlüssige Ausfüllung von Hohlräumen gestattet, was eine ideale Unterfangung ermöglicht. Zusammenfassend ist festzuhalten, dass das Ziel der Instandsetzungen, nämlich eine gründliche, dauerhafte und wirtschaftliche Lösung der Tunnelprobleme, erreicht worden ist. Die 22 Tunnel der Centovallibahn sind eine weit und breit einzigartige Reihe von Beispielen zweckmässiger und fachgerechter

Anwendung von Spritzbeton. Viele dieser Instandsetzungen sind unterdessen Jahrzehnte alt, die älteste heuer gar dreissig Jahre. Ihr Zustand ist der beste Beweis für die Richtigkeit der getroffenen Wahl und für die Dauerhaftigkeit guten Spritzbetons.

Bildnachweis:

Bild 1: FART SA, Locarno

Bild 2: H. Germond, Lusanne

Bild 10: Foto Pancaldi, Ascona

andere Bilder: Laich SA, Avegno



Bild 11: *Fachkundiger Besuch aus Innsbruck: (von links) Dr. Wolfgang Kusterle, Dirk Meyer, Prof. Dr. Walter Lukas und Dipl.-Ing. Walter Pichler am 27. April 1994 in Minusio, am Vortag der Tunnelbesichtigung*