

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 112 (1994)  
**Heft:** 44

**Artikel:** Projekt und Bauausführung des Vereinatunnels Süd  
**Autor:** Schmid, Hans C. / Brunold, R. / Paly, Duri  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-78551>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 05.02.2025

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

bruch Kalotte/Stross, danach im Vollprofil. Die Begründung für den Wechsel von Teilausbruch auf Vollprofil-Vortrieb ergibt sich aus den geologischen Verhältnissen: Zwischen Tm 300 und Tm 1500 wurden vorerst 700 m Flysch und anschliessend 500 m Serpentin durchfahren. Erstere erwiesen sich mehrheitlich als standfest bis nachbrüchig. Zur Ausbruchsicherung wurden vor allem Anker, Netze und Spritzbeton eingesetzt. Der Serpentin war durchwegs sehr gebräuch und teilweise druckhaft. Die ausserordentlich schwierigen Vortriebsverhältnisse im Serpentin sind in einem separaten Aufsatz beschrieben, weshalb hier nicht näher darauf eingetreten wird.

Seit Tm 1500 befindet sich der Vortrieb im Dorfberg-Kristallin. Es handelt sich dabei um standfesten Gneis. Zur Leistungssteigerung wurde deshalb bei Tm 1550 auf Vollprofilvortrieb und vom Zwei- auf Dreischichtbetrieb umgestellt. Die Ausbruchsicherung erfolgt mehrheitlich mit Felsankern und stahlfaserverstärktem Nassspritzbeton.

Bezogen auf den jeweiligen Gesamtquerschnitt inklusive Sohlgewölbe wur-

den bisher die folgenden durchschnittlichen Tages-Vortriebsleistungen erreicht:

- 1,8 m in der Dreispurstrecke
- 3,9 m in der Zweispurstrecke im Flysch
- 2,0 m in der Zweispurstrecke im Serpentin
- 6,0 m im Vollprofilvortrieb im Gneis

Unter der Voraussetzung, dass die derzeit günstigen Felsverhältnisse weiterhin anhalten, kann davon ausgegangen werden, dass der Vortrieb die Losgrenze bei Tm 2100 Ende 1994 erreichen wird.

#### Verwendung des Ausbruchmaterials

Zwischen dem Portal Stützbach des Zugwaldtunnels und dem Portal des Vereinatunnels kommt der Autoverladebahnhof Vereinatunnel Nord in eine Geländemulde zu liegen. Das gewachsene Terrain muss dazu um 5 bis 12 m<sup>3</sup> aufgenommen werden. Mit 330 000 m<sup>3</sup> Ausbruchmaterial aus der Drei- und Zweispurstrecke kann diese Schüttung diesen Herbst abgeschlossen werden.

Das für die Auffüllung verwendete Ausbruchmaterial – vorwiegend Flysch und Serpentin – ist qualitativ minderwertig (das heisst für eine Aufbereitung ungeeignet), aber für die Schüttung durchaus in Ordnung.

Der seit Tm 1570 anfallende Gneis ist demgegenüber qualitativ sehr gut. Er wird deshalb mit einer mobilen Brechanlage zu Betonkies 0 – 50 mm für den Sohlenbeton im Tunnel, zu Kiessand I und II für den Strassenbau, zu Sickerkies sowie zu Bahnschotter für den Baubahnhof aufbereitet.

Das überschüssige beziehungsweise für Aufbereitung ungeeignete Ausbruchmaterial aus dem Baulos T2 sowie ein Teil des Ausbruchs der Tunnelbohrmaschine im Vereinatunnel muss noch zwischen dem Autoverladebahnhof und der Kantonsstrasse aufgeschüttet werden. Diese Schüttung dient sowohl der Anschlussstrasse des Verladebahnhofes als auch der zukünftigen Umfahrungsstrasse Klosters.

Adressen der Verfasser: *H.C. Schmid*, dipl. Ing. HTL, Amberg Ingenieurbüro AG, Sargans, *B. Röthlisberger*, dipl. Ing. HTL, Amberg Ingenieurbüro AG, Chur

## Projekt und Bauausführung des Vereinatunnels Süd

**Das Baulos Vereinatunnel Süd (Baulos T5) umfasst die Erstellung von 6,5 km des Vereinatunnels sowie den Bau des knapp 0,3 km langen Verbindungstunnels Susch. Ab Portal Sagliains sind vorerst 2 km Zweispurstunnel und nachfolgend 4,5 km Einspurtunnel aufzufahren. Der einspurige Verbindungstunnel Susch zweigt ungefähr 0,4 km vor dem Portal Sagliains aus dem Vereinatunnel Richtung Oberengadin ab. Der Vereinatunnel steigt bis zur Losgrenze (6,5 km ab Portal Sagliains) um 0,5 Prozent an. Die Überdeckung erreicht im Maximum rund 1500 m.**

### Projekt

### Geologie

Das Baulos Vereinatunnel Süd liegt vollständig im Kristallin der Silvretta-decke. Auf den ersten 2 km durchquert

VON HANS C. SCHMID, CHUR,  
R. BRUNOLD, CHUR,  
DURI PALY, CHUR

er mehrheitlich Paragneise – vor allem Zweiglimmer-Plagioklasgneis – und untergeordnet Glimmerschiefer. Die Schieferung ist meist steilstehend. Sie

verläuft über lange Strecken nahezu parallel zur Tunnelachse. Bei km 0,9 durchquert der Tunnel eine längere, zum Teil vollständig mylonitisierte Störungszone. Bei km 2,3 fand ein Wechsel in Bänderamphibolit statt. Seither durchquert der Tunnel verschiedene Varietäten von Plagioklas-Amphiboliten.

Die bisher durchörterte Gebirgsstrecke hat die geologische Prognose weitgehend bestätigt. Die angetroffenen Gebirgsverhältnisse waren abgesehen von der obenerwähnten Störungszone für den Tunnelbau mehrheitlich günstig. Auf den verbleibenden 3,3 km Vortrieb wird noch eine rund 1,4 km lange

Strecke mit feinkörnigen Zweiglimmergneisen erwartet. Zudem wird die Überdeckung von derzeit 1000 m bis zum Maximalwert von rund 1500 m ansteigen. Selbstverständlich können auch weitere Störungen nicht ausgeschlossen werden, doch wird auf der Vortriebs-Reststrecke überwiegend mit günstigen Gebirgsverhältnissen gerechnet.

### Tunnel-Normalprofile

Die Grösse und Form der Tunnel-Normalprofile wurde vor allem aufgrund der vorgegebenen Bahnlichtraumprofile und der Vorbemessung der Sicherungs- und Ausbaumassnahmen festgelegt.

Unter Berücksichtigung der erwarteten Gebirgsverhältnisse, aus wirtschaftlichen Gründen, aber auch aus anderen Überlegungen wurde für die ganze von Süden aufzufahrende Tunnelstrecke die einschalige Spritzbetonbauweise gewählt (vgl. Beitrag von R. Amberg, «Die einschalige Bauweise»). Die Bilder 2 und 3 zeigen die Normalprofile für die Ein- und Zweispurstrecken des Vereinatunnels Süd. Die Ausbruchquerschnitte betragen 39 bis 42 m<sup>2</sup> beim Einspurtunnel beziehungsweise 70 bis 86 m<sup>2</sup> beim Zweispurtunnel.

Neben den beiden Normalprofilen sind im Portalbereich und im Übergang vom Zwei- auf den Einspurtunnel noch fünf Übergangsprofile vorgesehen. Als besondere tunnelbautechnische Herausforderung ist die Kaverne zu erwähnen, welche bei der Abzweigung des Verbindungstunnels aus dem zweisepurigen Vereinatunnel zu erstellen war. Das grösste Ausbruchprofil dieser «Trompete» (Bild 4) misst 194 m<sup>2</sup>. Das Normalprofil des Verbindungstunnels Susch unterscheidet sich vom Normalprofil des Vereinatunnels vor allem durch andere Bankette.

### Ausbruchart, Vortriebsmethode und Ausbruchsicherung

Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Tunnelprofile, der Loslänge, der Gebirgsverhältnisse und der maximalen Überdeckung sowie der Tatsache, dass aus dem Ausbruchmaterial 50 000 m<sup>3</sup> Bahnschotter aufzubereiten sind, wurde von den Projektverfassern Sprengvortrieb vorgeschrieben. Für die Zweisepurstrecke wurde Teilvortrieb Kalotte/Stross vorgeschlagen, für den Einspurtunnel und den Verbindungstunnel Susch Vollprofilvortrieb.

Nach den Grundsätzen der einschaligen Spritzbetonbauweise muss die Ausbruchsicherung eine permanent tragende Funktion erfüllen. Demzufolge werden nur dauerhafte Sicherungsmittel eingesetzt. Beim Vereinatunnel Süd sind vor allem vollhaftende GFK-Stab- und Injektionsanker, Spritzbeton B 40/30 wasserdicht (in der Portalzone auch frostbeständig) und Bewehrungsnetze vorgesehen. Wo die Gebirgsverhältnisse den Einsatz von Stahleinbau verlangen, werden TH-Profile in Verbindung mit Bewehrungs- oder Verzugsnetzen und Spritzbeton verwendet.

### Sohlensanbau, Abdichtung und Entwässerung

In der Regel wird eine gerade Sohle mit aufgelegten, vorgefertigten Entwässerungsrinnen erstellt. Zwischen und ausserhalb den Rinnen wird auf der Ausbruchsohle eine Drainageschicht und darüber eine Sohlenplatte aus Beton B 20/15 mit Zuschlagstoffen 0-50 mm aus Tunnelausbruchmaterial eingebracht. Für druckhafte oder abriegelfährdete Felsverhältnisse ist ein Sohlengewölbe aus Beton B 40/30 vorgesehen. Konzentrierte Wassereintritte werden mittels flexiblen Drainagerinnen gefasst und der Entwässerungsrinne in der Sohle zugeleitet. Eine eigentliche Abdichtung des Gewölbes ist nicht vorgesehen. Das verlangte tropffreie Tunnelgewölbe wird durch die Drains und durch wasserdichten Spritzbeton hergestellt.



Bild 1. Übersicht über das Installationsgelände und den Portalbereich

### Gewölbeverkleidung und Spritzbeton

Die definitive Gewölbeverkleidung wird durch die Ergänzung der Ausbruchsicherung erstellt. Dies beinhaltet zumeist leichte Bewehrungsnetze und 8 bis 12 cm wasserdichten Spritzbeton B 40/30. Bei Bedarf können selbstverständlich zusätzliche Massnahmen wie beispielsweise GFK-Injektionsanker eingesetzt werden.

Beim Vereinatunnel wird moderne, leistungsfähige und qualitativ hochstehende Spritzbetontechnologie eingesetzt: Die Applikation erfolgt im Nass-Spritzverfahren mit Dichtstromförderung bis

zur Düse. Die zurzeit optimale Rezeptur pro m<sup>3</sup> Beton besteht aus rund 1900 kg selbst aufbereiteten Zuschlagstoffen 0-8 mm, 450 kg BTC und 1 Prozent Hochleistungsverflüssiger. Der BTC (Bündner Tunnel-Cement) ist ein neu entwickelter Microsilica-Cement der BCU mit spezieller Formulierung für hohe Dichtigkeit und Festigkeit. Bei Anforderung an Frühfestigkeit wird ein Abbindebeschleuniger beigegeben; aus applikationstechnischen Gründen ist dies aber nicht erforderlich. Die bisherigen Erfahrungen sind sehr gut. Die Anforderung B 40/30 und Wasserdichtigkeit werden mit oder ohne Abbindebeschleuniger mit Reserve erreicht.

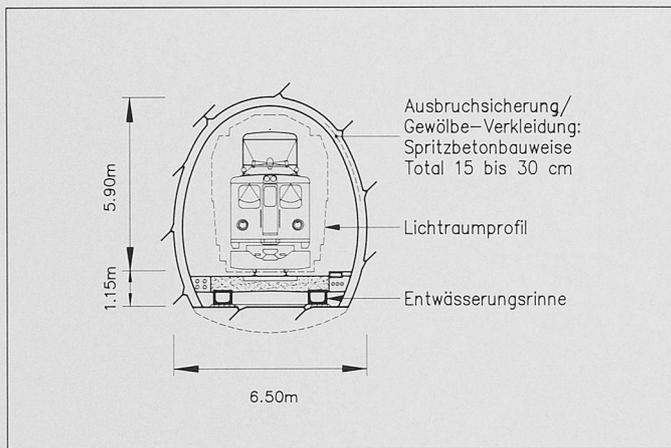


Bild 2. Normalprofil 1-Spur-Tunnel

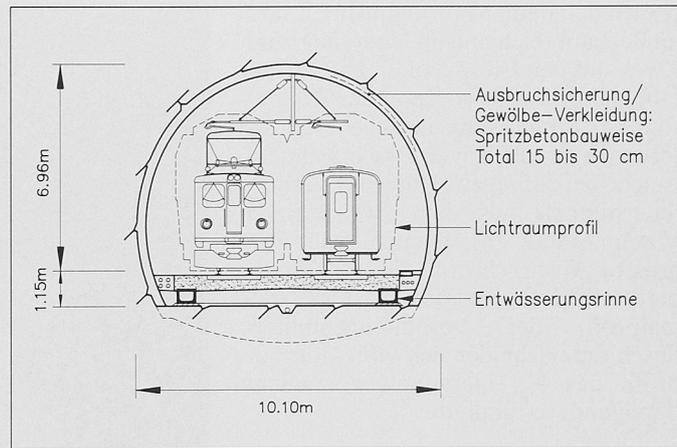


Bild 3. Normalprofil 2-Spur-Tunnel

### Bauaufschreibung und Kostenkontrolle

Die Bauaufschreibung und die Kostenkontrolle werden wie beim Zugwald-Tunnel ausgeführt. Es wird deshalb auf den entsprechenden Abschnitt im Beitrag «TBM-Vortrieb im Zugwald-Tunnel» verwiesen.

### Randbedingungen und Besonderheiten

#### Erschliessung der Baustellen, Installationsplätze und Deponien

Um die Tunnelbaustelle beim Südportal zu erschliessen, musste ab der Kantonsstrasse eine Zufahrtsstrasse in das unwegsame Gelände oberhalb der Rhätischen Bahn (RhB) gebaut werden. Die Deponie Craviz Sot und das Kieswerkgelände auf der rechten Talseite wurden durch eine Brücke über den Inn und einer anschliessenden Strasse erschlossen (Bild 1).

Mit den Bauarbeiten an den Erschliessungsbauwerken wurde am 4. März 1991 begonnen. Am 1. Oktober 1991 erfolgte der Anschlag des Vereintunnels Süd.

Die allgemeinen Installationen mussten auf dem schmalen und steilen Gelände zwischen dem Tunnelportal und dem Trasse der RhB plziert werden. Da die Arbeiten für die Erstellung des Autoverladebahnhofs gleichzeitig mit den Vortriebsarbeiten liefen, konnte auf dem Planum für den Verladebahnhof nur gerade die Betonanlage erstellt werden.

#### Bewirtschaftung des Ausbruchmaterials

Qualitativ gutes Material wird soweit als möglich zu Beton-Zuschlagstoffen, Kies-Sand I und II und zu Bahnschotter aufbereitet.

Nicht direkt auf der Baustelle verwendetes Material wird an Dritte für die Weiterverwendung abgegeben.

Qualitativ minderwertiges Material wird in Schüttungen und Deponien eingebracht. Die beschränkten Platzverhältnisse im Raume Susch-Lavin bedingten die Bereitstellung von zusätzlichem Deponieraum auf Gebiet der Gemeinde Zernez. Per Bahn wird Tunnelausbruch- und Aushubmaterial in eine alte Kiesgrube nach Zernez transportiert.

Die Bereitstellung von genügend Material mit der erforderlichen Qualität für die verschiedenen Verwendungszwecke, möglichst ohne Anlegen von Zwischendeponien, bedingt eine detaillierte, vorausplanende Materialbewirtschaftung.

#### Besonderheiten Vortrieb Sagliains

##### Baubahnhof

Der vorgesehene Abtransport von Ausbruchmaterial und der vorgeschriebene Antransport von Baumaterialien per Bahn bedingten einen frühzeitigen Gleisanschluss der Baustelle an die Stammlinie der RhB nach Scuol. Die Plattform des späteren Autoverladebahnhofs Susch-Lavin wurde zunächst als Baubahnhof ausgebaut. Nebeneinander wurden provisorische Bahnhofgleise der RhB und Baugleise des Unternehmers für den Tunnel erstellt. Zement, Fertigelemente und Armierungseisen sind die Hauptumschlaggüter. Beim Materialabtransport nach Zernez wurden Spitzen von 1000 m<sup>3</sup>/AT erreicht.

#### Abzweigung Tunnel Susch («Trompete»)

Im Bereich zwischen Tm 350 bis Tm 450 wurde die Abzweigung, die sogenannte Trompete, für den Verbindungstunnel Susch an den Haupttunnel erstellt.

Der Ausbruch der Trompete mit einem maximalen Querschnitt von 194 m<sup>2</sup>, einer Firsthöhe von 11,30 m und einer Sohlenbreite von 20,95 m wurde in mehreren Teilquerschnitten ausgebrochen. Eine mit Bewehrungsnetzen armierte, im Mittel rund 40 cm starke Spritzbetonschale, sowie eine Systemankerung mit GFK-Klebeankern, Länge 3,60 m, sowie GFK-Injektionsanker, Länge 5,00 m, bilden die dauerhafte Sicherung des Hohlraumes. Zwei Messquerschnitte mit elektronischen Extensometern erlauben, langfristig

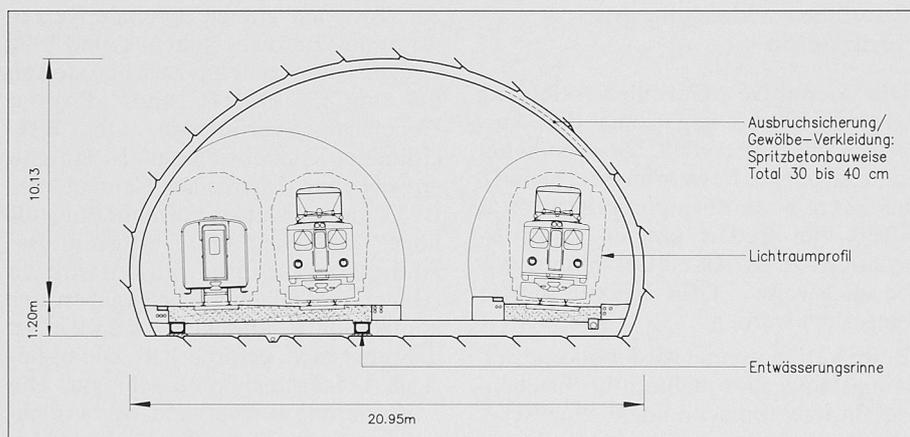


Bild 4. Maximalquerschnitt «Trompete»

eventuelle Felsbewegungen zu überwachen.

**Störzone von Tm 887 bis Tm 927**

Ab Tm 500 verschlechterten sich die Felsverhältnisse zusehends. Im Vortriebsbereich wurde die Ausbruchssicherung mit GFK-Klebeankern, Länge 3,60 m, Netzen und Spritzbeton bis zu einer Stärke von maximal 30 cm ausgeführt. Der Ausbruch im Vollprofil konnte mit Ausnahme einer kurzen Strecke von rund 50 m bis Tm 890 beibehalten werden. Ab Tm 790 mussten jedoch nach jedem Abschlag Einbau-bogen, zunächst aus HEB-Profilen, ab Tm 852 aus TH-Profilen, gestellt und eingespritzt werden. Ab Tm 825 musste zusätzlich auch ein Sohlgewölbe einge-zogen werden.

Über Weihnachten und Neujahr 1992/1993 wurden das Sohlgewölbe, die Brustsicherung sowie der Einbau am rechten Parament eingedrückt. Es zeigte sich aus Sondierbohrungen, dass sich von rechts eine mehrere Meter mächtige Lehmschicht dem Tunnelprofil näherte. Hinter der Lehmschicht staute sich Wasser. Das Gebirge hinter der Lehmschicht, eine Paragneisformation, wurde zunächst mit verrohrten Drainagebohrungen entwässert. Die Lehmschicht hatte eine Mächtigkeit von 6–7 m. Sie durchquerte den Tunnel schleifend. Bei Tm 887 trat sie zuerst von rechts ins Profil ein und verschwand links bei Tm 927 aus dem Tunnelprofil. Die Lehmstrecke wurde in einem Kreisprofil (Querschnitt 97,9 m<sup>2</sup>) in vier Teilausbrüchen aufzufahren.

Zur Sicherung der Kalotte wurden alle 80 cm zwei konzentrische TH-Einbau-bogen gestellt, Bewehrungsnetze montiert und mit Spritzbeton eingespritzt. Der innere Bogen wurde als geschlossener Ring ausgebildet. Den äusseren, gespreizten Bogen stützte man in der Kalotte. Das Auflager wurde längs-armiert und mit Injektionsankern bis zu 8 m Länge in den Paragneis zurückge-bunden.

Die Kalotte wurde auf diese Weise bis Tm 927 ausgebrochen und gesichert. Der Abbau der Strosse mit Unterfangung der Kalottenbogen erfolgte in Etappen von 2 m. Der Ringschluss folgte dem Strossenabbau in einem Ab-stand von maximal 2 m ebenfalls in Etappen zu 2 m. Ab Tm 940 wurde der Tunnel wieder im Vollprofil vorgetrie-ben.

**Bauausführung**

Die folgenden Ausführungen befassen sich im wesentlichen mit den unternehmerischen Problemen des Vereinatunnels Süd. Dabei wird die eigentliche Baumethode mit den entsprechenden

Abschlagslänge: 4 m	Uhrzeit	Zeitbedarf h											
		7	9	11	13	15	17	19	21	23	1	3	5
<b>Erster Abschlag</b>													
Bohren und Sprengen	3		■	■									
Schüttern	3			■	■								
Felssicherung	1 (plus 2)					■	■						
Total Zeitbedarf	7 Stunden												
<b>Zweiter Abschlag</b>													
<b>Dritter Abschlag</b>													
<b>Reserve</b>													■

Bild 5. Tagesprogramm Vortrieb 2-Spur-Strecke

Installationen bei der einschaligen Bauweise im Zwei- und ganz besonders im Einspurstunnel erläutert. Da es sich bei der Vortriebsausrüstung für die Einspurstrecke um eine unkonventionelle, bisher vermutlich noch nie in dieser Art erstellte Installation handelt, wird diese hier eingehend behandelt und auf Bild 8 grafisch dargestellt.

Der Umfang der Arbeiten lässt sich wie folgt kurz zusammenfassen:

- Zum Untertagbau gehören eine 2 km lange Zweispurstrecke, eine 4,5 km lange Einspurstrecke und die ebenfalls einspurige Abzweigung Susch/Oberengadin mit 270 m. Die totale Ausbruch-kubatur beträgt 360 000 m<sup>3</sup>, wovon 45 Prozent zur Zwei- und 55 Prozent zur Einspurstrecke gehören. Eine Verschiebung der Losgrenze Richtung Nord aus geologischen oder bauprogrammlichen Gründen ist ausdrücklich vorbehalten.
- Zu den Aussenarbeiten gehören verschiedene Arbeiten beim Bahnhof Sagliains sowie eine Kiesaufbereitung. Diese soll etwa 170 000 m<sup>3</sup> Kies und Sand für Beton und etwa 50 000 m<sup>3</sup>

Bahnschotter aus dem Ausbruchmaterial produzieren.

**Baumethoden und Installationen im Vereinatunnel Süd**

Die Baumethode wird im Tunnelbau ganz besonders durch das Tunnelprofil und durch die Ausbruchart beziehungsweise durch die Felsverhältnisse beeinflusst. Aus diesem Grund und um das gute Gestein nutzbringend aufbereiten zu können, war gemäss Submission ein sprengtechnischer Ausbruch gegeben. Zudem war vorgesehen, die Zweispur-strecke mit einer Unterteilung Kalotte und Strosse aufzufahren.

Die Unternehmung tendierte bei der Ausführung nun auch in der Zweispur-strecke auf einen Ausbruch im Vollprofil und unterteilte das Profil in Kalotte und Strosse nur im Ausnahmefall und bei Bedarf. Dabei war auch bei der flexiblen Lösung Sicherheit das oberste Gebot. Die Baumethode und die Organisation der Transporte bei der Zwei- und Einspurstrecke sind derart verschieden, dass sie gesondert dargestellt und behandelt werden müssen.

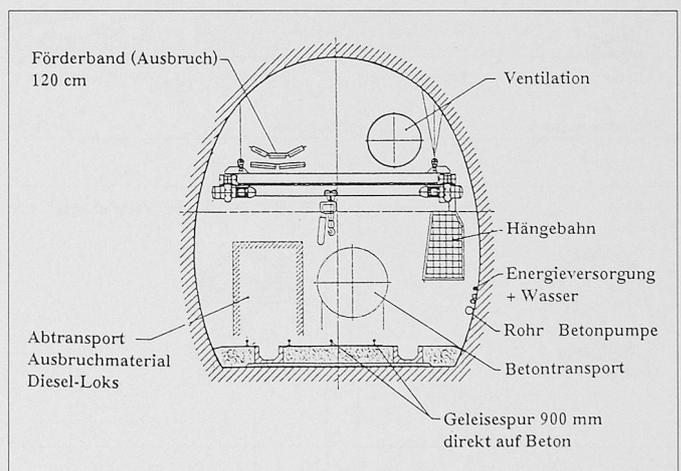


Bild 6. Tunnelquerschnitt 1-Spur-Strecke mit Hängebühne

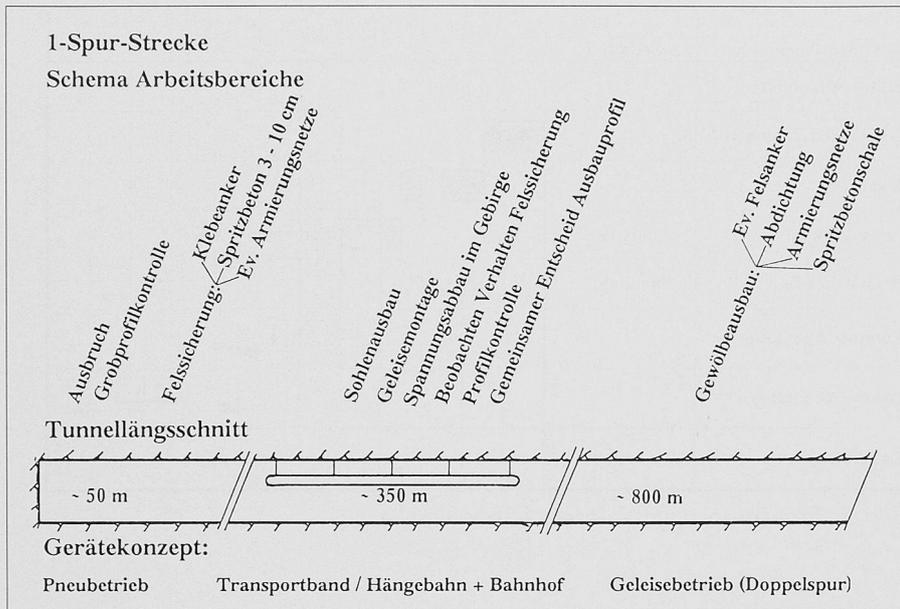


Bild 7. Schema Arbeitsbereiche 1-Spur-Strecke

**Baumethode in der Zweispurstrucke**

Das typische Tunnelprofil der Zweispurstrucke (Bild 3) ist mit seinen Hauptabmessungen von rund 10 m Breite und rund 8 m Höhe ohne weiteres vergleichbar mit dem Profil eines Hauptstrassentunnels.

Bei diesen Gegebenheiten wählte die Arbeitsgemeinschaft Vereina Süd bei der Zweispurstrucke einen analogen Bauvorgang mit den entsprechenden Pneufahrzeugen wie in einem Strassentunnel. Die Darstellung in Bild 5 zeigt den idealen zeitlichen Verlauf der Arbeiten im Vortrieb der Doppelspurstrucke. Bei

einer rationalen Arbeitsweise und bei etwas «Glück auf» in der Geologie wurden jeweils drei Abschlüge pro Tag erzielt, das heisst im Idealfall 12 m pro Tag. Bei aufwendiger Felsicherung ergaben sich Vortriebsleistungen von etwa zwei Abschlügen und weniger pro Tag. Die mittlere Monatsleistung im Zweispurstrucke lag dann, bedingt durch die zum Teil grösseren Aufwendungen in der Felsicherung und durch die Vortriebseinstellung am Freitagmittag, etwa bei 8 m pro Tag. Mit den gleichen Monatsleistungen folgten im rückwärtigen Bereich parallel die Ausbauarbeiten der verschiedenen Profile.

Die Tunnelsohle bildet eine unarmierte, 48 cm dicke Betonplatte. Diese wird rund 400 m hinter dem Vortrieb im jeweils halbseitigen Takt betoniert. Dahinter folgt der Gewölbeausbau mit der einschaligen Bauweise im Nass-Spritzbetonverfahren. Die totale maximale Ausbaudicke – inklusive Anteil Felsicherung im Vortrieb – betrug 30 cm. Dabei wurde sowohl im Vortrieb wie auch beim Gewölbeausbau jeweils ein Normet-Spritzmobil mit eingebauter Schwingbetonpumpe verwendet. Der Bauvorgang in der Zweispurstrucke hat sich bestens bewährt, so dass die Ausbruchequipe noch vor Ende 1993 die Grenze zur Einspurstrucke erreichen konnte.

Bauvorgang 1-Spur-Tunnel: Schematische Darstellung Vortrieb, Ausbruchssicherung und Sohlensanbau mit Hängebühne

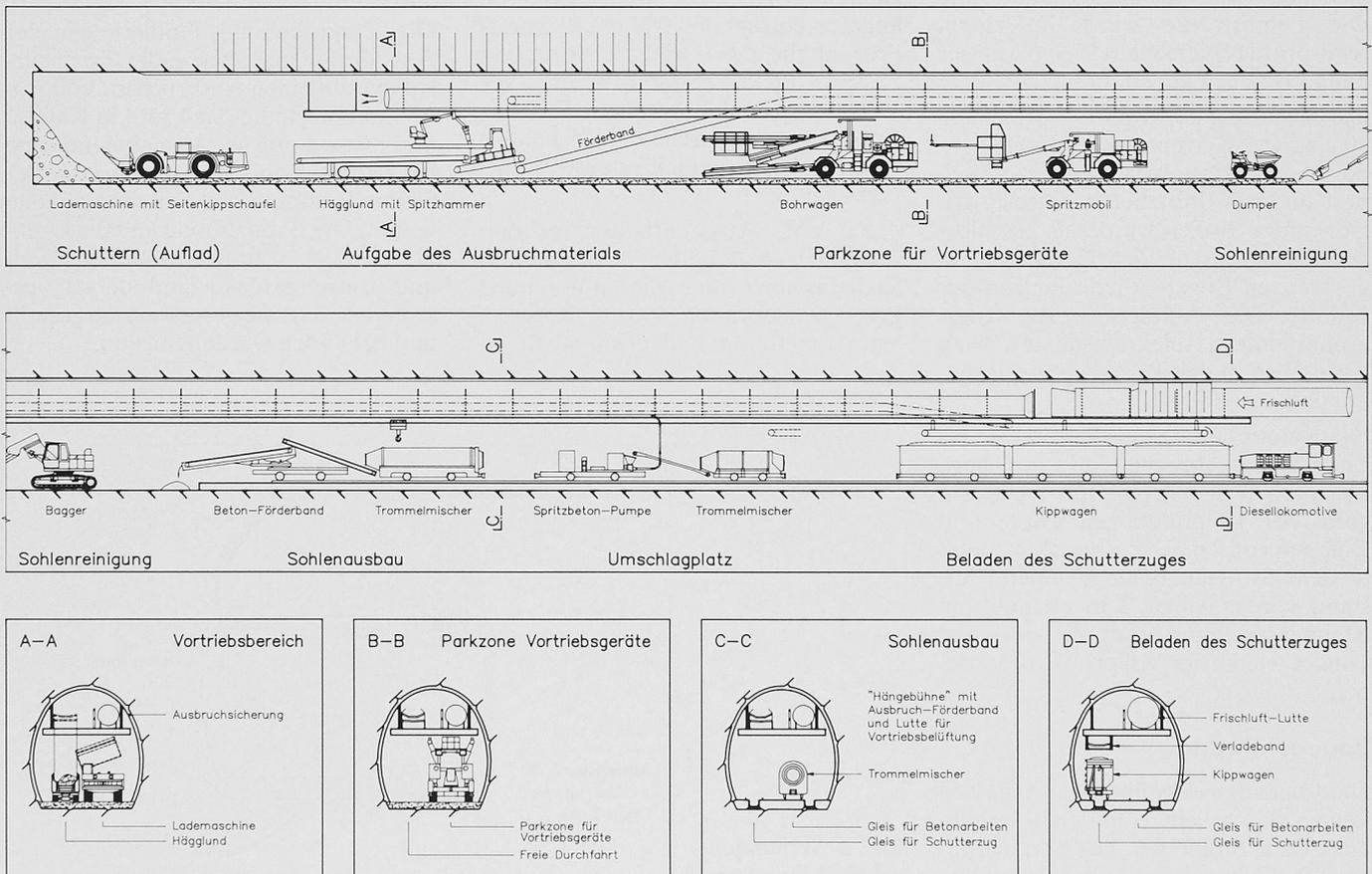


Bild 8. Vortriebsausrüstung für die 1-Spur-Strecke

## Baumethode in der Einspurstrecke

Das Tunnelprofil der Einspurstrecke (Bild 2) ist mit dem Ausbruchquerschnitt von 39 m<sup>2</sup> und mit den mittleren Abmessungen von 6,50 bis 7 m vergleichbar mit einem grossen Druckstollenprofil, wie beispielsweise Engadiner Kraftwerke, untere Stufe Pradella-Martina.

Daher wählte die Arbeitsgemeinschaft Vereina Süd für das Auffahren dieser 4,5 km langen Strecke einen Bauvorgang und eine Vortriebsinstallation analog wie in einem Druckstollen mit mechanischem Vortrieb. Das Kernstück dieser Installation ist eine 230 m lange Hängebühne mit eingebautem Förderband und mit einem 3-t-Hängekran.

Diese an GFK-Stabankern aufgehängte zweite Ebene übernimmt gleiche Aufgaben der Ver- und Entsorgung wie eine Nachläuferinstallation in einem mechanischen Vortrieb. Die prinzipielle Idee dieser Installation ist im Bild 6 und in der schematischen Darstellung des Bauvorganges (Bild 8) ersichtlich.

Mit dieser Sekundärbühne können verschiedene Arbeiten wie Vortrieb und Sohlenausbau im vordersten Arbeitsbereich gleichzeitig, ohne dass sich diese gegenseitig behindern, ausgeführt werden. Der vorderste, rund 50 m lange Tunnelbereich ist dem Vortrieb vorbehalten. Hier blieb man beim Pneubetrieb, und verschiedene Geräte der Zweispurstrecke wie Bohrjumbo und Spritzbetonmobil konnten nach kleinen Modifikationen weiterverwendet werden. Die Schutterung übernimmt ein Fahrlader mit Seitenkippschaufel, welcher das Schuttgut über ein Aufgabegerät (Hägglund) an das Förderband weitergibt, wobei der grösste Durchmesser der anfallenden Steine 40 cm nicht übersteigen darf. Die Baustelle

versucht, dies durch Anpassen des Bohrschemas sowie durch eine geeignete Tempierung der Zünder zu erreichen. Zudem wurde auf dem Hägglund ein Auslegerarm mit einem hydraulischen Spitzhammer montiert. Der dort plazierte Maschinist kann damit das Fördergut zum Band hin besser dotieren und die anfallenden grösseren Steine laufend zerkleinern. Diese Disposition funktioniert sehr gut, nachdem die auch in Betracht gezogene Brecherlösung in diesem schmalen Tunnelprofil keinen Platz hatte.

Unter der Hängebühne erfolgt der Ausbau der Sohle und die Montage der definitiven zweispurigen Baugleisanlage. Zum Sohlenausbau gehören das Ausräumen des losen Materials, das Verlegen der beidseitigen U-Rinnen und das Einbringen des Sohlenbetons. Der Beton wird mit Transportmischern unter die Hängebahn transportiert und mit Kurzförderbändern bis zur Einbaustelle gebracht. Die vorgefertigten Entwässerungsrinnen werden mit Plattformwagen in den Stollen eingefahren, mit der Hängebahn bis zur Einbaustelle weitertransportiert und direkt gesetzt.

Am Ende der Bandkonstruktion übernehmen die bereitstehenden Muldenwagen das Schuttgut für den Abtransport. Die doppelspurige Gleisanlage mit den entsprechenden Kreuzungsweichen dient zur Sicherstellung der ausreichenden Transportkapazität sowie des reibungslosen Gewölbeausbaues im hinteren Tunnelbereich, wobei halbseitig ab dem rechten Geleise gearbeitet wird. In Bild 7 werden die verschiedenen Arbeitsbereiche schematisch dargestellt, und aus Bild 8 ist die Auslegung der verschiedenen Bereiche der Hängebühne ersichtlich.

### Bauausführung

ARGE Vereinatunnel Süd  
 – Zschokke Chur AG, Chur  
 – G. Lazzarini & Co. AG, Chur  
 – Murer SA, Sedrun  
 – CSC Bauunter. AG, Zuoz  
 – Torno Thusis SA, Thusis  
 – Bezzola & Cie. AG, Scuol  
 – Hch. Mettler Söhne, Chur

### Hängebühne

Engineering und Ausführung  
 –Rowa AG, Wangen  
 in Zusammenarbeit mit der technischen Kommission Zschokke, Murer, CSC

### Schlussbemerkungen

Mit dieser vom Unternehmer konzipierten speziellen Baustelleneinrichtung in der Einspurstrecke wird der mittlere Leistungsfortschritt des Vortriebes inklusive Sohlenausbau bei einer entsprechenden Felsqualität etwa bei 10 m pro Arbeitstag liegen.

Einmal mehr hat der Unternehmer, in Zusammenarbeit mit der Bauleitung, durch eine aufwendige Neukonzeption eine Leistungssteigerung herbeigeführt und das zum Nutzen aller Beteiligten. Solche wirtschaftlichen Lösungen sind in Zukunft noch mehr anzustreben und «Billigstanbietern», welche vielfach nicht in der Lage sind, wirtschaftliche Konzepte zu erarbeiten, vorzuziehen.

Adressen der Verfasser: *H.C. Schmid*, dipl. Ing. HTL, Amberg Ingenieurbüro AG, Chur, *R. Brunold*, dipl. Ing. ETH, Rätia Ingenieure AG, Chur, *D. Paly*, dipl. Ing. ETH/SIA, AG Conrad Zschokke, Chur