

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizer Ingenieur und Architekt
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	114 (1996)
<b>Heft:</b>	29
<b>Artikel:</b>	Vereinatunnel Nord: Baustelleneinrichtung, Logistik und ausgewählte Einzelfragen
<b>Autor:</b>	Schwarz, Oskar / Steffen, Pierre / Altmeyer, Rolf
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-79006">https://doi.org/10.5169/seals-79006</a>

### **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:** 04.02.2026

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

Oskar Schwarz, Pierre Steffen und Rolf Altmeyer, Klosters

# Vereinatunnel Nord

## Baustelleneinrichtung, Logistik und ausgewählte Einzelfragen

**Für eine erfolgreiche und speditive Tunnelauffahrung und -auskleidung sind leistungsfähige Installationen und eine gut organisierte Logistik von entscheidender Bedeutung. Bei einer Baustellengrösse bzw. Tunnellänge, wie sie der Vereinatunnel darstellt, vermögen nur beste Gerätschaften und gut organisierte Ver- und Entsorgungsabläufe zu genügen. Dass sie allerdings auch entsprechend gutes Führungs- und Bedienungspersonal erfordern, versteht sich von selbst.**

Die Einrichtungen und Installationen, die für einen reibungslosen Bauablauf und die Einhaltung der vertraglich zugesicherten Leistungen massgebend sind, wurden von der verantwortlichen Arbeitsgemeinschaft grosszügig konzipiert. Die wesentlichen Einrichtungen sind aus dem Situationsplan (1) ersichtlich. Die Baubetriebsinstallationen für den Bohrvortrieb im Vereinatunnel und den Tunnelausbau befinden sich innerhalb des Areals des zukünftigen Autoverladebahnhofs Selfranga. Die zur Verfügung stehende Fläche von 500×75 m wurde im Zuge der Ausbrucharbeiten der konventionell aufgefahrenen Drei- und Zweispurstrecken Vereinatunnel Los T2 auf das endgültige Niveau geschüttet.

Vorgängig sind im Zuge der Schüttarbeiten die Bauwerke für die Unterquerung der Umfahrungsstrasse Klosters im Bereich des Autoverladebahnhofs erstellt

worden. Dadurch können beide Projekte unabhängig voneinander ausgeführt werden. Zu Beginn der eigentlichen Bauarbeiten ist die 400 m lange Bauzufahrt ab Kantonstrasse Klosters-Davos bereits 1990 erstellt worden. Die Unterführung mit anschliessenden Brems- und Beschleunigungsspuren ermöglicht die kreuzungsfreie Zu- und Wegfahrt zur Baustelle ab der Kantonstrasse Klosters-Davos.

Die Stromversorgung der Baustelle basiert auf einem bauseits erstellten Unterwerk und einer Trafostation, die ihrerseits von einer nahegelegenen 50-kV-Freileitung gespeist werden. Ebenfalls vorgängig erstellt wurde eine zentrale Betonanlage innerhalb des Installationsareals zur Betonbelieferung aller Vereina-Baustellen.

Mit der Inbetriebnahme des Zugwaldtunnels im Oktober 1995 ist der Antransport aller für den Tunnelvortrieb und Ausbau benötigten Materialien sowie der Abtransport des Tunnelausbruchmaterials, für das die Baustelle selbst keine Verwendung findet, auf dem Schienennetz der RhB möglich.

Für die Materialanlieferung wurde auf dem Niveau des Installationsplatzes ein zweigleisiger Baubahnhof (mit einem Gleis innerhalb der Lagerhalle) angelegt, der allerdings nur mit Diesellokomotiven bedient werden kann. Bis zur Ausbruchmaterial-Verladeanlage, in der Zufahrtsrampe zum Baubahnhof, ist Elektrobetrieb möglich. Wagen- und Zugzustellung nach Selfranga erfolgen durch die RhB ab Bahnhof Klosters(2).

## Installationen im Freien

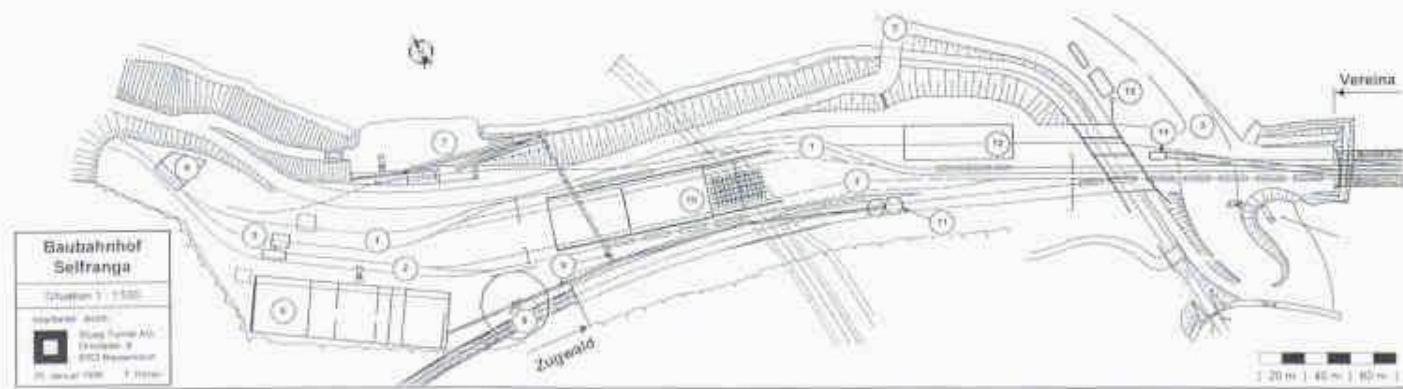
Die Installationen im Freien haben allen Ansprüchen der beiden Hauptbaustellen im Tunnel - einerseits der Baustelle Vortrieb mit Tunnelbohrmaschine und - andererseits der Baustelle Tunnelausbau (rund 2000 bis 3000 m hinter dem Vortrieb) zu genügen.

Es sind dies im wesentlichen folgende Installationen:

- Transportinstallation
- Ausbruchmaterialablad- und Sortierung
- Materialaufbereitung
- Materialversorgung - Lagerhalle
- Betonaufbereitung
- Wagenwaschanlage
- Reparaturwerkstatt - Meisselaufbereitung
- Elektro- und Wasserversorgung
- Abwasserbehandlung
- Ventilation
- Personalunterkünfte - Kantinen
- Baubüros

Als Hauptförderinstallion kam wegen Tunneldurchmesser und der Tunnellänge her nur Gleisförderung in Frage. Immerhin gestattete der Durchmesser (3) das Einbauen einer Doppelspur mit Spurweite 90 cm und einer Gleisbefestigung auf den Sohltübbings. Das Gleisförderungskonzept verlangte inner- und ausserhalb des Tunnels umfangreiche Gleisanlagen. Während im Tunnel auf der ganzen Länge, d.h. bis in die Nachlaufkonstruktion der Tunnelbohrmaschine, ein Doppelspurgleis mit Ausweichstellen angelegt wird, befindet sich im Portalbereich eine dritte Spur als wintersicherer Abstellplatz für Rollmaterial. Im Freien, also auf dem Installationsplatz Selfranga, führen die Gleise mehrspurig zur Betonanlage, zur Kipp-

1  
Situationsplan: 1 AVN-Gleise, 2 RhB-Gleise, 3 Zufahrtsstrasse, 4 Waschanlage, 5 Betonanlage, 6 Kiesaufbereitung, 7 Kippstelle, 8 Zwischendeponie, 9 Förderbänder, 10 Lagerhalle, 11 Siloanlage, 12 Werkstatt, 13 Absetzbecken, 14 Ventilation



stelle, zur Lagerhalle, zur Werkstatt und zur Waschanlage. Zusätzliche Gleise befinden sich innerhalb der überdeckten Lagerhalle zum Beladen der Züge mit Stahlbaumaterial, Armierungsnetzen, Trockenmörtel sowie Sohlüberbindungen. Die rund 2000 m Gleise und über 20 Weichen im Freien verlangen intensiven Unterhalt und insbesondere im Winter umfangreiche Schneeräumungsarbeiten.

Auf der Baustelle wird fast ausschließlich neues Rollmaterial eingesetzt. Der gleichzeitige Vortrieb und Fertigausbau des Tunnels bedeutet natürlich auch einen erhöhten Bedarf an Rollmaterial für die Ver- und Entsorgung aller Arbeitsstellen. Für den Vortrieb sind drei Schutterkompositionen im Einsatz, zusammengesetzt aus zwei 35-Tonnen-Dieselloks in Doppeltraktion, dazwischen acht 20 m<sup>3</sup>-Rotationskipper und ein Personenzugwagen. Stossend vor der ersten Lok ein Spritzbetontransportwagen, Plattformwagen (mit Netzen, Einbaubögen usw.) und Tübbingtransportwagen. Maximales Kompositionsgewicht ist rund 440 Tonnen.

Für den Gewölbeausbau sind vier Versorgungskompositionen im Einsatz. Mit zwei Loks auf dem Umschlagplatz werden die notwendigen Rangier- und Bereitstellungsarbeiten bewältigt. Aufgrund der Bestellmeldungen vom Vortrieb oder Ausbau belädt der Platzmeister die entsprechenden Versorgungswagen und stellt die Kompositionen für die nächste Einfahrt zusammen. Für die Bewältigung des zum Teil regen Besucherstroms ist zusätzlich ein Personenzug mit einer Kapazität für 50 Personen vorhanden.

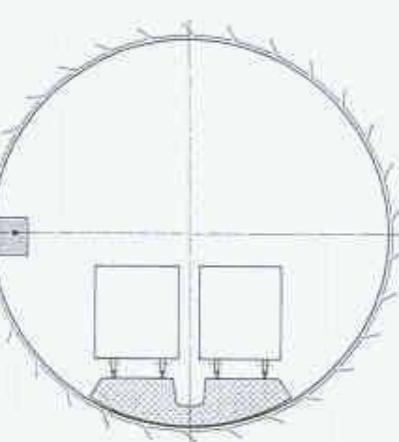
Der Ablad der Schutterwagen erfolgt auf einer Rotationskippanlage. Sie ist entlang des Stützbaches angelegt. Es können gleichzeitig zwei Schutterwagen zu 20 m<sup>3</sup> Inhalt entleert werden. Die Rotationskippe ist 17 m lang. Die Stahlkonstruktion hat ein Totalgewicht von 47 t und wird hydrostatisch angetrieben. Die Zeit für einen Kippvorgang eines kompletten Schutterzuges, bestehend aus 8 Kipperwagen, beträgt rund 15 Minuten. Der Kippvorgang ist ohne das Auseinanderkuppeln der Wagen möglich.

Über das Abzugband und die nachgeschaltete Siebanlage gelangt das nicht aufbereitungswürdige Material in Boxen innerhalb der Kippstelle, mit einem Fassungsvermögen von 4000 m<sup>3</sup>. Das aufbereitungswürdige Material wird zu Betonkieskomponenten und Kiessanden aufbereitet. Es gelangt über eine Bandanlage zur Aufbereitung. Nach dem Durchlaufen einer Prallmühle kommt das vorgebrochene Material auf eine lineare Siebmaschine. Der Brechsand wird direkt abgenommen und der Siloboxe zugeführt. Die

restlichen Komponenten durchlaufen eine Doppelwellen-Schwertwäsche und werden nachher mit einer linearen Siebmaschine mit Bebrausung in die einzelnen Komponenten getrennt. Die Komponenten 4-8, 8-16 und 16-32 mm können je nach Produktionsbedarf mit Rückführbändern dem Aufbereitungsprozess wieder zugegeben werden. Der anfallende Schlamm wird mit einer Kammerfilterpresse aufbereitet. Die Anlage muss im Einschichtbetrieb mindestens 400 m<sup>3</sup> aufbereitungswürdiges Ausbruchmaterial 16- $\times$  mm pro Arbeitstag aufbereiten können. Die Komponenten werden in einer

2

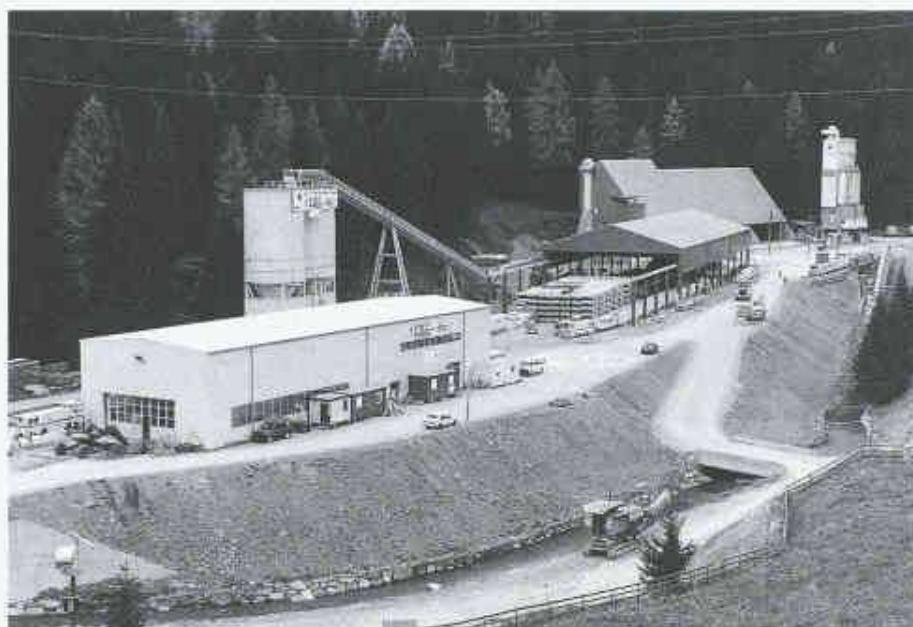
Verlad von Ausbruchmaterial ab Siloanlage auf RhB-Wagen



3

Tunnelquerschnitt mit Sohlüberbindung und Doppel-spurgleis





4  
Installationsplatz Selfrange: Werkstatt, RhB-Verladesilos, Lagerhalle, Aufbereitung, Betonanlage

gedeckten Halle zwischengelagert. Die Lagerhalle mit 70×25 m fasst rund 15 000 m<sup>3</sup> Komponentenmaterial.

Die Materialversorgung der Baustelle erfolgt weitgehend über Bahnzutransport durch die RhB. In einer gedeckten Lagerhalle mit einer Grösse von 72 m×24 m werden alle benötigten Baumaterialien wie Stahl einbaubögen, Armierungsnetze, Anker, Trockenmörtel und Beton Zusatzmittel sowie Installationsmaterial wie Keile, Schrauben, Bolzen, Laschen, Ventilationsluttten, Rohre, Schienen und Holz zwischengelagert. Anschliessend an die

Halle besteht Lagermöglichkeit für rund 200 Sohltübbings im Freien. Mit Laufkränen von 12 bzw. 6 t wird der Umschlag vom RhB-Wagen auf das Zwischenlager und anschliessend auf die Stollenbahn bewerkstelligt.

Eine moderne, wintersichere Betonaufbereitungsanlage mit zwei Zwangsmischern, vier gedeckten Komponentensilos und zwei Zementsilos gewährleistet Tag und Nacht die Baustellenversorgung. Zement und notfalls auch Kieskomponenten können direkt mit RhB-Wagen zugeführt werden.

Der auf der Anlage hergestellte Nassspritzbeton für Vortriebssicherung und Tunnelausbau wird mit speziellen Nachmischwagen in den Tunnel eingefahren. Eine in der Nähe der Betonanlage angeordnete Wagenwaschanlage mit Grobabsatzbecken und Wasserrezyklation gewährleistet eine einwandfreie Rollmaterialreinigung.

Der hohe Mechanisierungsgrad der Baustelle erfordert einen gut funktionierenden Reparaturservice. Die auf der Baustelle montierte Werkstatt in der Grösse von 48×15 m gestattet es, alle eingesetzten Geräte einwandfrei zu warten und zu reparieren. Ein 12-t-Hallenkran erleichtert sowohl die Reparaturarbeiten als auch die Bedienung der Zwischenböden für Ersatzteil- und Materiallagerung. In einem separaten Werkstattteil ist die Aufarbeitung der Meisselrollen der TBM untergebracht. Diese anspruchsvolle Arbeit bedingt neben Spezialwerkzeugen erfahrenes und geschultes Personal.

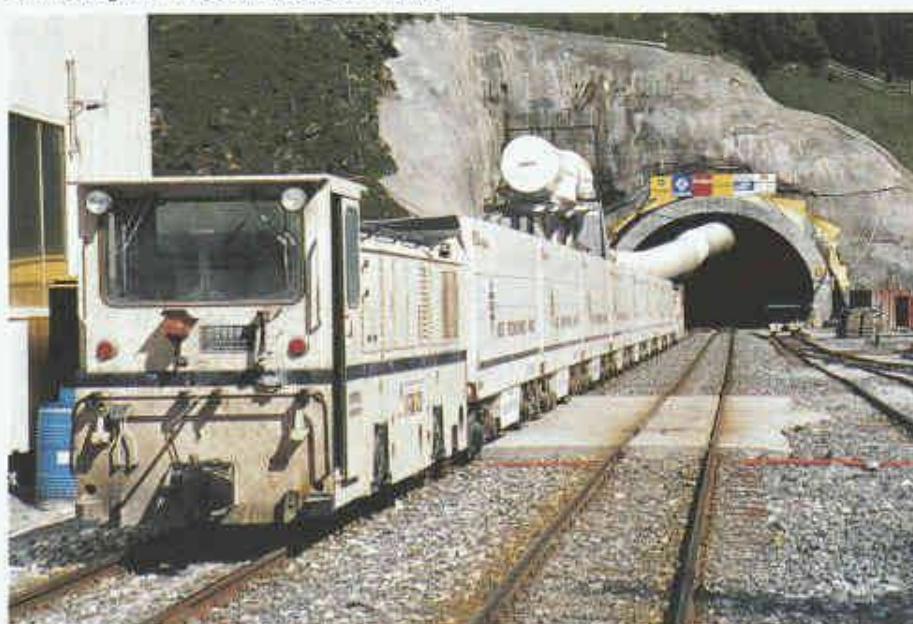
In Containern ausserhalb der Werkstatt sind WC-Anlagen für die Tunnelmannschaften sowie Büros für Werkstatt und Poliere angegliedert. Schienenseitig und innerhalb des Vorplatzes ist die Tankstelle für die Dieselloks und Pneufahrzeuge installiert.

Wie bereits erwähnt, erfolgt die Baustromversorgung ab einer am Rand des Installationsplatzes gelegenen Trafostation. Je nach Verwendungszweck werden verschiedene Spannungen transformiert: 380 Volt für den Installationsbereich, 6000 Volt für Rotationskippanlage, Kiesaufbereitung und Ventilation und 16 000 Volt für die Tunnelbohrmaschine und Gewölbeausbaustelle. Die elektrische Energie wird für die letzteren Verwendungsorte mit einem Kabel 4×95 mm<sup>2</sup> (16 kV) in den Tunnel geführt.

Die Wasserversorgung für Brauchwasser erfolgt ab einer Bachwasserfassung, diejenige für Trinkwasser ab dem Wasserleitungsnetz der Gemeinde. Ebenso wird das Abwasser von Schlafbaracken, Kantine und Büros dem Leitungsnetz der Gemeinde zugeführt und gelangt über die Kanalisation in die Kläranlage der Gemeinde. Das Tunnelabwasser und der Brauchwasserüberschuss wird über Absetzbecken, Neutralisations- und Flockungsanlage dem Vorfluter zugeführt.

Die Frischluftversorgung der Arbeitsstellen unter Tage, die Ventilation, ist von grosser Bedeutung. Die erforderliche Luftmenge, im Extremfall 70 m<sup>3</sup>/s am Portal, liefern drei frequenzgeregelte Lüfter. Auf der ganzen Tunnellänge werden Oldorf-Lutten mit einem Durchmesser von 2,40 m eingesetzt. Mit den gegebenen Luftmengen wird eine installierte Dieselleistung

5  
Schüttzug vor Tunnelportal (Dreispur-Strecke)



der Lokomotiven von 750 kW abgedeckt. Massgebend in der Bemessung der erforderlichen Lüftung auf 11500 m Länge (gemessen ab Portal) sind die Traktionsmittel der Schutterzüge. Ein Schutterzug besteht aus acht Kipperwagen zu 20 m<sup>3</sup> und je einem Personen-, Tübbing-, Beton- und Materialwagen, der mit zwei Dieselloks (Doppeltraktion) gefahren wird (5). Insgesamt sind drei Schutterzüge im Einsatz. Zusätzlich zu diesen Transporten muss die Versorgung der Baustelle - Tunnelausbau - mitberücksichtigt werden.

Wo von allen Mitarbeitern grosse Leistungen und strenge Arbeit vollbracht werden müssen, ist der Personalunterbringung und Bewirtung grosse Beachtung zu schenken. Das Barackenlager konnte 100 m nördlich des Installationsplatzes an guter Lage erstellt werden. Das Camp besteht aus einer Kantine von 55 m × 10 m. Nebst den 125 Kantineplätzen sind Kader-Essräume, Wohnräume für Kantinepersonal und Trocknungsräume darin integriert. Einstöckige Schlafbaracken bieten für 125 Personen Unterkunft.

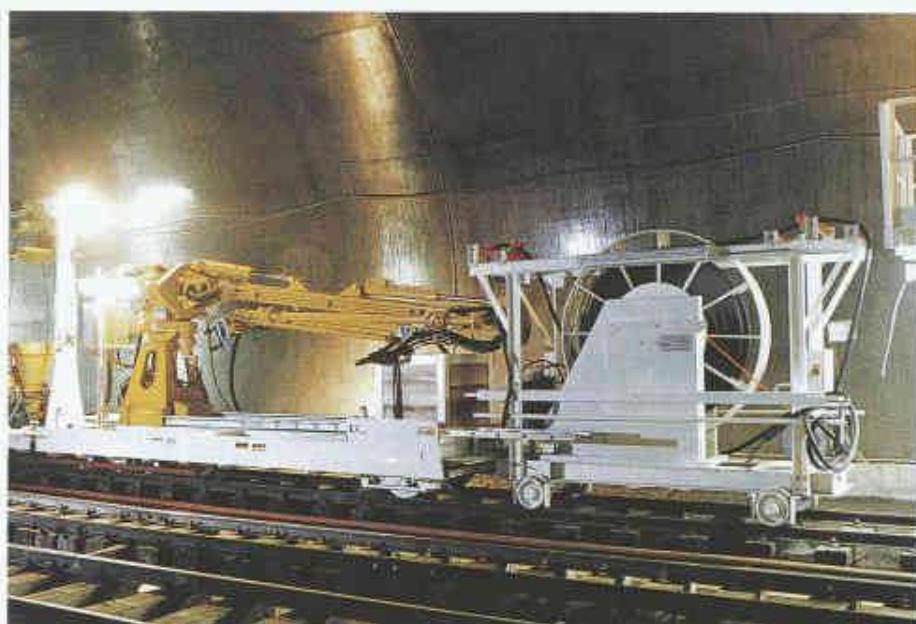
Das Baubüro der Unternehmung mit 35 m × 10 m ist ebenfalls zweistöckig mit Garagenunterständen konzipiert. Im 45 × 10 m grossen zweistöckigen Bauleitungsbüro sind ein Informationsraum und Umkleideraum für 50 Personen, ein Betonprüfabor sowie Autounterstände integriert.

#### Installationen unter Tage

Die Arbeiten im Tunnel lassen sich, wie bereits erwähnt, in zwei Hauptaufstellen - den Vortrieb und den Ausbau - unterteilen. Da über die Vortriebsinstallation bereits berichtet wurde (SI+A, Nr. 44/1994), soll hier auf eine Wiederholung verzichtet werden. Die nachfolgenden Ausführungen beschränken sich somit auf die Ausbauminstallation.

Parallel zum Vortrieb, in einem Abstand von rund zwei Kilometern hinter der Ortsbrust, erfolgt der Ausbau des Gewölbes in einschaliger Bauweise. Die Arbeiten werden im Wechsel halbseitig, innerhalb von Kreuzungsweichen am Anfang und Ende der rund 1000 m langen Abschnitte erstellt. Dieser Ausbaubereich ist für die passierenden Schutterzüge eine eingleisige Langsamfahrtstrecke. Die Bewetterungslüfte, die jeweils im auszubauenden Abschnitt umgelegt werden muss, muss für den Vortrieb stets in Betrieb sein.

Der Ausbau besteht aus einem 10 bis 45 cm starken, vollflächig armierten Spritzbetongewölbe, das an die im Vortrieb verlegten Sohltübbings anschliesst. Der



6

Blockzug II: Kabelspul- und Spritzwagen mit Düsenausleger

Spritzbeton wird im Nass-Spritzverfahren verarbeitet. Die für den Ausbau konzipierte Installation muss einer Vielzahl von einzelnen Arbeitsabläufen in einer eingleisigen Linienbaustelle gerecht werden. Die Arbeitsstellen werden in zwei selbständigen über 500 m verfahrbaren und bezüglich Energie und Wasser voneinander unabhängigen Arbeitsblöcken zusammengefasst. Sie sind wechselseitig links oder rechts einsetzbar. Die notwendige Druckluft wird in jedem Arbeitsblock erzeugt. Die Hochspannungseinspeisung erfolgt ab der Tunnelversorgung über eigene Hochspannungskabel. Den Längenausgleich übernehmen zwei auf der Installation platzierte Kabeltrommeln.

Installation Block-Zug I (Länge rund 85 m)

- Luttenwechselbrücke, Portalkonstruktion über zwei Gleise
- Sohlenreinigungsbagger und Muldenkipper für die Reinigung des Tübbinganschlusses
- Kabeltrommelwagen, Hsp.-Kabel 500 m
- Trafo-Wagen, Trafo 400 KVA, Hauptverteilung
- Wasserinstallationswagen, Wassertank, Druckerhöhung, Schlauchtrommel
- Kompressorwagen, Luftkompressor, Windkessel
- Ankerbohrwagen, Bohrlafette, Power Pack mit Personen-Hebelebühne und Anker-Materialwagen
- Kabelspulwagen, Kabeltrommel
- Vorabdichtungswagen, Kompressor, Big-Bag-Umschlag

- Vorabdichtungsbühnenwagen mit Treppenaufgang

Installation Block-Zug II (Länge rund 120 m, Bild 6)

- Netzwagen und Netztransportwagen, Netgrösse 5,30 × 2,30 m
- Netzverlegewagen mit Netzpantograph
- Kabelspulwagen, Kabeltrommel
- Spritzwagen mit Düsenausleger, Rückprall-Auffangvorrichtung und Rückprall-Austragförderband in Seitenentleerer
- Zusatzmittelwagen, Big-Bag-Umschlag,
- Windkessel / Werkstattwagen
- Kompressorwagen, Luftkompressor
- Wasserinstallationswagen, Wassertank, Druckerhöhung, Schlauchtrommel
- Trafo-Wagen, Trafo 400 KVA, Hauptverteilung
- Kabeltrommelwagen, Hsp.-Kabel 500 m
- Mannschaftswagen, WC
- Betonpumpenwagen, Cifa-Spritz-System PCS 209
- Vier Nachmischer Cifa Trainmix 9 m<sup>3</sup>

Der Gewölbeausbau ist seit Mitte Januar 1996 im Gange. Den auszuführenden Arbeiten wie Felsanker, Injektionen, Vorabdichtungen, Fahrdrahtaufhängungen, Umsetzen der Lutten und dem Einbringen des armierten Spritzbetons ist eine Leistung von 18 m<sup>2</sup>/AT fertigen Tunnelausbaus zugrunde gelegt.



7  
Servotheodolit auf Aluminium-Konsole

## Vortriebsvermessung

Im Los T4 des Vereinatunnels ist eine Gerade von rund 11,5 km Länge aufzufahren. Der Ausbruch erfolgt mechanisch mit einer Tunnelbohrmaschine (TBM) von 7,70 m Durchmesser. Der Ausbau besteht aus einem einschaligen Spritzbetongewölbe. Dem Konzept der Vortriebsvermessung lagen hauptsächlich folgende Eckdaten zugrunde:

Durchschnittliche tägliche Vortriebsleistung 25 bis 35 m bei Durchlaufbetrieb (Siebentagewoche, 24-Stunden-Tag). Auffahrtoleranz der TBM  $\pm 100$  mm, Einbautoleranz der vorgefertigten Sohlelemente (Tübbings)  $\pm 20$  mm, Länge der Nachlaufkonstruktion rund 200 m, Geologie z.T. druckhaft mit zu erwartenden Horizontalenkonvergenzen im Dezimeterbereich. Die Dimensionierung des Laserkorridors und die der Vermessung zur Verfügung stehende Zeit konnten als relativ günstig angenommen werden, da täglich eine Unterhaltsschicht und zwei Vortriebs-Tag- und Nachschichten eingeplant sind. Die Vermessung sollte, schon um die Vortriebsmannschaft nicht zu behindern und wegen der geringeren Refraktionseinflüsse durch Staub, Abwärme des abbindenden Spritzbetons und der Diesellokomotiven, nur während der Unterhaltsschicht ausgeführt werden.

Besondere Sorgfalt musste auf den Einbau der Tübbings gelegt werden, auf die direkt die Schienen der Baugleise befestigt werden. Die Geschwindigkeit und das Gewicht der Schutterzüge hätten An-

omalien in der Schienenverlegung durch Entgleisungen und erhöhten Verschleiss des Rollmaterials aufgezeigt.

Um auch unter harten Vortriebsbedingungen die Verfügbarkeit der Vortriebssteuerung immer garantieren zu können, entschloss man sich für die Installation von zwei voneinander unabhängigen Leitsystemen:

**T1-System:** Vollautomatische Positionsbestimmung durch computergesteuerten Theodoliten für TBM-Fahrt. Das TBM T1-System besteht aus einem Servotheodoliten und, mit einem Bussystem verbunden, Messsonden. Der Theodolit beobachtet ständig zwei auf der TBM befestigte Zielmarken. Deren Lagebestimmung erlaubt zusammen mit den Auslesungen der Neigungsmesser die Darstellung der Lage der TBM bezüglich der Sollachse auf dem Bildschirm des Leitcomputers.

Das System könnte bei Ausfall des Theodoliten auch mit Laser und Zieltafeln betrieben werden. Die Datenübertragung erfolgt über eine Funkbrücke. Wirksame Länge: Umsetzen rund alle 95 bis 125 m bei maximalen Zielweiten von rund 180 m, bei Kurvenfahrt in Abhängigkeit vom Kurvenradius wesentlich weniger. Alle Fahrtdata werden automatisch gespeichert und über eine integrierte Software für beliebige Darstellungen mittels handelsüblicher Tabellenkalkulationsprogramme aufbereitet.

**Rigolensystem:** Von Hand installierter Richtlaser für Sohlübbingeneinbau. Die Tübbing-Rigole bietet ausreichend Platz zur Installation eines Lasers, durch Lochblenden in Tu-Neigung und -Azimut gerichtet (TBM-Positionsbestimmung mit Umsetzen alle 160 m).

Beide Systeme werden bewusst mit zwei verschiedenen Computern und zwei verschiedenen Softwarepaketen gefahren, um völlige Unabhängigkeit und mindestens einmal pro Schicht eine Gegenkontrolle der Positionsbestimmung zu ermöglichen. Das T1-System dient als bequemes High-Tech-, der Laser als robustes Backup-System.

TBM-Fahrt und Tübbingverlegung können bei Ausfall des einen ohne Verlust an Genauigkeit durch das andere System übernommen werden. Dank der guten Unterstützung durch Baustellenleitung und Vortriebsmannschaft, durch die ausreichend zur Verfügung stehende Messzeit, das grosse Laserfenster, die Geradenfahrt und das erfreulich gut funktionierende Vermessungssystem kann man den Vereinatunnel als ausgesprochen vermessungsfreundlich bezeichnen.

## Tunnelfunkanlage mit Zug-sicherungssystem

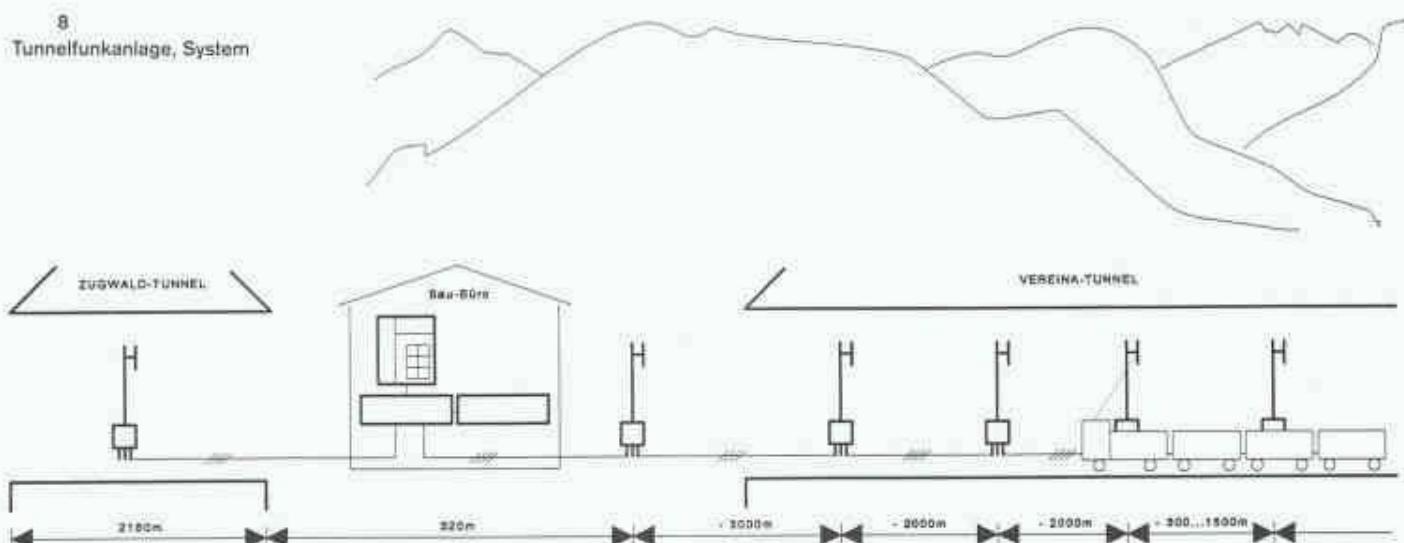
Für die Kommunikation auf Tunnelbaustellen setzt man vorwiegend auf drahtgebundene, daher nur stationär einstellbare Verbindungen. Durch das Aufsplitten in Teilbaustellen, wie Vortrieb und Gewölbeausbau, Infrastruktur im Bahnhof, Werkstatt, Betonanlage, Umschlagstationen, sowie der mit der Länge des Tunnels zunehmenden Anzahl verkehrender Zugskompositionen in teilweise einspurigen Abschnitten, wurde von der Arge ein Funksystem als effizientes und schnelles Kommunikationsmittel als sinnvoll erachtet.

Dabei wurden die folgenden Voraussetzungen an das Funksystem gestellt: Baustellentauglich und kostengünstig. Ferner musste das System einfach, aber absolut zuverlässig in feuchtem, staubigem und korrosivem Umfeld arbeiten und durch Baustellenpersonal jederzeit umgesetzt, erweitert und in Betrieb gehalten werden können. Weiter sollte es für den temporären Einsatz einer Tunnelbaustelle konzipiert sein, d.h. keine «feste» teure Installation. Verschiedene Systemlösungen, wie mittels «strahlendem» Kabel oder über Antennen arbeitend, wurden in Betracht gezogen und Feldversuche durchgeführt. Die Wahl fiel auf ein über Antennen arbeitendes Gleichwellen-Funksystem in Baukastenweise.

Die im 70-cm-Band arbeitenden Semiduplex-Relaisstationen (alle rund zwei km) sind in Vier-Drahttechnik untereinander verbunden und bilden eine vollkommene, homogene Funkabdeckung im Zugwald-, Vereinatunnel und Außenbereich für den ausschliesslichen Einsatz von Handfunkgeräten. Die wichtigsten Betriebsparameter der Relaisstationen werden dauernd überwacht. Allfällige Fehler werden sofort als «Wo-Was-Wann»-Meldung an das Funk-Bediengerät im Baubüro übermittelt und können dort abgerufen werden. Ein Diagnosesystem, in den einzelnen Relaisstationen integriert, gestattet den direkten Zugriff via Handadapter zu praktisch allen Gerätedaten und Zuständen vor Ort.

Mit den gewählten Handfunkgeräten ist sowohl ein selektiver Aufruf an eine gewünschte Person möglich (Bauführer, Polizist, Maschinenmeister usw.) als auch mittels Gruppenruf (z.B. alle im Vortrieb, Gewölbeausbau oder Unterhalt eingesetzten Funkgeräte). Da die Baustelle eine solche Baufunkanlage mit Erfolg in Betrieb hat, war es naheliegend, auf diesem System aufzubauen. Grundsätzlich gilt die Einspurstrecke ohne Fahrberechtigung für jegliche Durchfahrt als gesperrt. Der Zutritt in die

## 8 Tunnelfunkanlage, System



sen Abschnitt wird über ein Funkverkehrsleitsystem überwacht und arbeitet über die Baufunkanlage mit sämtlichen Status- und Betriebsmeldungen im Klartext.

Vor der Einfahrt in die Einspurstrecke muss der Lokführer über sein Funkgerät die Fahrberechtigung anfordern. Dem momentanen Status entsprechend wird ihm eine Fahrberechtigung erteilt oder - bei bereits besetzter Strecke - wird er in eine Warteschlange gesetzt. Bei wieder freier Strecke wird der vorderste in der Warteschlange automatisch aufgerufen. Die Freischaltung erfolgt durch den die Strecke verlassenden Lokführer. Das System überwacht zu diesem Zweck ein vorgegebenes Fahrzeitfenster. Nach Ablauf dieser Zeit wird der die Strecke belegende Lokführer durch das Leitsystem im Minutenraster gezielt aufgerufen und aufgefordert, die Strecke wieder freizuschalten. Eine jederzeit mögliche Statusabfrage meldet den sich im Streckenabschnitt befindenden Teilnehmer sowie die in die Warteschlange aufgenommenen Teilnehmer.

Dank diesem Zugsicherungssystem sind bis heute keinerlei Fiktionen im Einspurbereich aufgetreten, und durch die «Systemakzeptanz» des Baustellenpersonals ist die Funkdisziplin ausgezeichnet. Der Baustellenfunk ist nicht mehr wegzudenken (8).

### Verschub von TBM und Nachlaufinstallation

Nach dem Auffahren des Zugwaldtunnels musste die gesamte Vortriebsinstallation, d.h. Tunnelbohrmaschine und Nachlaufkonstruktion ( $L=210\text{ m}$ ,  $G=1200\text{ t}$ ), vom Durchschlagspunkt im Zugwaldtunnel bis zur rund 2,5 km entfernten Anbohrstation im Vereinatunnel verschoben werden. Die zu überwindende Strecke setzte sich aus

folgenden Teilstücken und Erschwernissen zusammen, die gemäss Programm zeitlich abgestuft bewältigt wurden:

- Die im Schutz eines Jetgewölbes aufgefahrene Lockermaterialstrecke,  $L=135\text{ m}$ ,  $R=500\text{ m}$ , Steigung 40%, Profilradius im engsten Querschnitt, Durchmesser = 8 m (TBM = 7 m)
- Tagbaustrecke und offene Strecke,  $L=310\text{ m}$ ,  $R=600\text{ m}$ , Steigung teilweise 40%. Innerhalb dieser Etappe mussten zwei Brückenbauwerke mit vorgegebenen Belastungskriterien überquert werden (Trogbrücke A28a für die Umfahrungsstrasse Klosters und Stützachbrücke der RhB)
- Ausgebauten Drei- und Zweispurstrecke im Vereinatunnel,  $L=2120\text{ m}$ , Steigung 14,8%.

Zusätzlich gelten folgende Vorgaben der Arge an die Vortriebsmethode:

- Verschub der Installation als eine Einheit
- Minimale Demontagearbeiten
- Sicherheit gegen Kippen
- Steuerbarkeit
- Minimaler Personalaufwand während Verschubarbeiten
- Maximale tägliche Verschubleistung, speziell in der 5. Etappe

Verschiedene mögliche Verschiebelösungen wurden in Betracht gezogen:

- Schreiten mit der TBM und angehängter NLK aus eigener Kraft
- Verschiebung auf Schienen mit Schwerlastadsitzen unter der TBM, wobei die eigentliche Bewegung mittels Seilzug und die Richtungsänderung über Umlenkrollen erfolgt
- TBM auf Gleithähnen abgestützt, wobei der Verschub mittels hydraulischen Zuggeräten ausgeführt wird

Die Arge entschied sich für die Verschiebemethode mittels Gleithähnen und hydraulischer Zugvorrichtung. Prinzip dieser Variante: Die TBM ist über bronze-

belegte Gleitschuhe (Lastverteilbalken) auf die Verschubbahnen abgestützt (Spurbreite 2,50 m, Längsabstand 16 m). Das Längsgleiten wird durch je ein, vorne an der Verschubbahn montiertes, Zuggerät ermöglicht. Für das Anheben der TBM sind vorne und hinten zwischen den Verschubbahnen Pressen angeordnet, die an der Maschine festgemacht sind. Der Längstransport der TBM erfolgt abwechselungsweise durch:

- Gleiten auf den Verschubbahnen
- Anheben der TBM, inklusive Verschubbahnen mit den Pressen
- Vorziehen und neu Ausrichten der Verschubbahnen
- Absenken der TBM auf die Gleitschuhe

Grundsätzlich bewährte sich diese Verschiebemethode, doch hatte jede Etappe ihre Tücken. Die Kontrollmaßnahmen vor, während und nach der Verschiebung, vorgenommen durch die Projektverfasser, Bauleitung und Arge, bestanden im wesentlichen aus visuellen Kontrollen vor und nach sowie ebenfalls visuellen und nivellierungsmaßigen Kontrollen während des Verschubs.

#### Adresse der Verfasser:

Oskar Schwarz, dipl. Ing. HTL, Pierre Steffeu, dipl. Ing. HTL, und Rolf Altmyer, dipl. Ing. FH, Arge Vereinatunnel Nord, Seilfangstrasse, 7250 Klosters

Gesamte Tunnellänge	19 000 m
Vortriebslänge von Norden	11 500 m
Ausbruchdurchmesser	7,70 m
Ausbruchmaterialmenge Nord	rund 500 000 m <sup>3</sup> lose
Stahlbetonbaumaterial	5000 t
Anker	20 000 Stück
Armierungsnetze	1000 t
Spritzbeton	40 000 m <sup>3</sup>