

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 114 (1996)
Heft: 29

Artikel: Untertagebauinstallationen: Konzept und Erfahrungen
Autor: Weber, Felix
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-79008>

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: 25.01.2026

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

Felix Weber, Lavin

Untertagebauinstallationen

Konzept und Erfahrungen

Das Bauvorhaben gliedert sich dem Bauablauf folgend zunächst in die Erstellung einer 2000 m langen Zweispurstrecke sowie der Abzweigung Susch und einer anschliessenden 5500 m langen Einspurstrecke, deren letzte 1000 m im fallenden Vortrieb aufzufahren sind. Das anfallende Ausbruchmaterial wird bei Eignung zu Betonzuschlagstoffen, Bahnschotter oder Kiessandgemischen verarbeitet. Dadurch wird der grösste Teil des Ausbruchmaterials zur Erstellung der Vereinalinie wieder verwendet.

Die gegebenen Randbedingungen sowie die extreme topographische (Hanglage) und klimatische (Engadin) Lage stellten die Arbeitsgemeinschaft bei den Installationskonzepten laufend vor grosse, jedoch nicht unlösbare Probleme. Grundsätzlich musste die optimale Installationsanordnung sowohl auf den Fall «Erstellung Zweispurstrecke» als auch auf den Fall «Erstellung Einspurstrecke» ausgerichtet werden. Insbesondere galt es, die Installationen der Aussenanlagen so zu plazieren und auszurichten, dass auch für die zweite Phase (Einspurstrecke), die erst rund zweieinhalb Jahre später zur Ausführung gelangt, optimale Verhältnisse bestehen. Somit mussten nebst der eigentlichen und vordringlichen Zweispurstreckeninstallation gleichzeitig das Installationskonzept für die Einspurstrecke (Gleisbetrieb) erarbeitet und beide aufeinander abgestimmt werden.

Ausseninstallationen

Die begrenzten Platzverhältnisse erschweren eine wirtschaftliche Anordnung der Installation äusserst stark. Auf dem stark abfallenden schmalen Gelände zwischen Tunnelportal und RhB-Trasse mussten die Infrastruktur für rund 150 Personen und die Ver- und Entsorgung des Tunnels installiert werden (1). Zudem musste noch

Platz für den RhB-Baubahnanschluss zum Tunnelportal geschaffen werden. Durch die äusserst schwierigen klimatischen Verhältnisse des Engadins in den Wintermonaten mussten sämtliche Installationen für einen störungsfreien Betrieb bei Temperaturen von unter minus 20°C ausgelegt werden. Diese Randbedingungen führten bei den Hauptinstallationen zum im folgenden vorgestellten Konzept.

Kieswerk

Beim Kieswerk sah man von Anfang an von einer wintersicheren Installation ab (Einfrieren des Waschwassers sowie der Komponenten). Somit werden in der Periode von April bis Oktober das in den Wintermonaten angefallene als auch das laufend anfallende Ausbruchmaterial aufbereitet. Der Wintervorrat an Betonkomponenten für die Periode November bis März wird in diesen Monaten ebenfalls mit entsprechenden Reserven hergestellt und zwischendeponiert. Somit musste das Kieswerk sowohl auf hohe Vortriebsleistungen (>12 m/AT) als auch auf den Abbau der Winterdepots ausgerichtet werden. Es zeigte sich bald, dass bei hohen Durchschnittsvortriebsleistungen nur mit einem 24-Stunden-Betrieb in der Aufbereitung sämtliches Material in der zur Ver-

fügung stehenden Zeit aufbereitet und in der notwendigen Menge hergestellt werden kann.

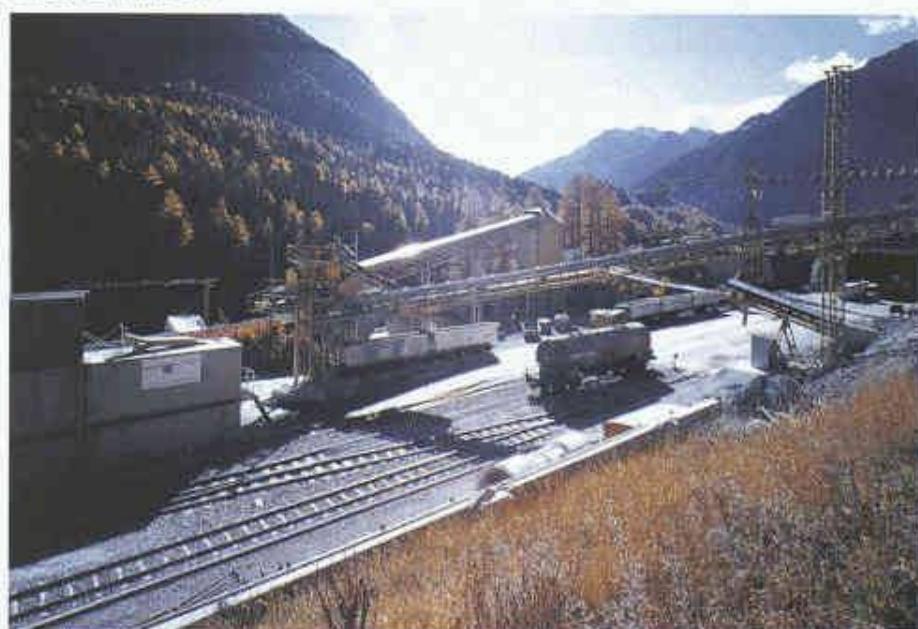
Betonanlage

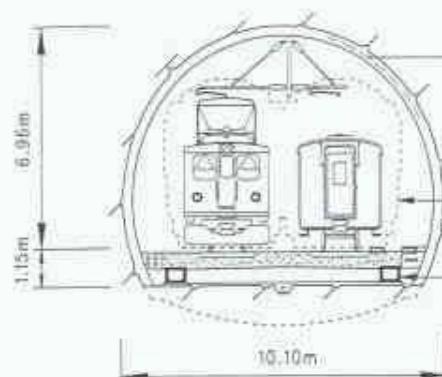
Die optimale Konzeption der Betonanlage erwies sich als äusserst schwierig. So mussten ein grosser Betonbezug innerhalb kurzer Zeit (bis 80 m³/h) sowie der gleichzeitige Bezug von Beton für verschiedene Verwender – da sämtlicher Beton für die Südbaustelle inkl. Verladebahnhof von dieser Anlage bezogen wird – möglich sein. Die extremen Temperaturverhältnisse in den Wintermonaten bedingten, dass die Temperatur der Zuschlagstoffe bis zur Verwendung konstant gehalten werden kann. Da die Verweilzeit der Zuschlagstoffe in der Betonanlage nur kurz ist, kann nicht von einem Aufwärmen der Zuschlagstoffe in der Betonanlage ausgegangen werden. Schliesslich erwies sich folgendes Konzept als das zweckmässigste:

- Einsatz eines Zweiwellenmixers für die Herstellung von 2 m³ Fertigbeton
- Vor- und Nachschaltung von Silos für die Vorfertigung der nächsten Mischung sowie der Übergabe an den Verwender
- Separater Abgang für die Beschickung der Tunnelbaustelle

Für die Wintermonate gilt insbesondere, dass die Zuschlagstoffe in einem 1000 m³ fassenden Vorsilo im Kieswerk vorgewärmt werden und die Betonanlage erst kurz vor Verwendung der Zuschlag-

1
Verladebahnhofbereich





2 Tunnelprofil Zweispurstrecke

stoffe mit ihnen beschickt wird. Dieser Ablauf bedingt eine komplette Einhausung der Betonanlage sowie die Verwendung der Abwärme der Traktionsmittel während der Beladephase für die Heizung.

Dank dieser Installationen und den nötigen betrieblichen Anpassungen konnte in den vergangenen Wintern ohne Störungen im 24-Stunden-Betrieb Beton hergestellt werden.

Installationen Untertagebau

Bei der Konzeption der Untertagebauinstallationen galt es insbesondere zu berücksichtigen, dass für die Zweispurstrecke und die nachfolgende Einspurstrecke unterschiedliche, konzeptionell anders gelagerte Installationen vorzusehen waren. Infolge der vorhanden Querschnittsabmessungen konnte in der Zweispurstrecke mit herkömmlichen, bekannten Geräten installiert werden, während für die Einspurstrecke nach unkonventionellen, neuen Wegen gesucht werden musste.

Installationen Zweispurstrecke

Die zunächst in den Jahren 1992/93 aufgefahrene rund 2000 m lange Doppelspurstrecke konnte infolge der grössten Teils günstigen Geologie mehrheitlich im Vollausbruch bewältigt werden. Die kritischen Portalzonen sowie das rund 400 m vom Portal entfernte Abzweigungsbauwerk von über 14 m Breite für den Anschluss ins Oberengadin wurden im Teilausbruch aufgefahrene. Beim Auftreten von geologischen Störzonen wurde umgehend auf Teilausbruch umgestellt.

Durch das einem Strassentunnel glechende Tunnelprofil (2) von 10 m Breite und rund 8 m Höhe konnte ein Bauvorgang, wie er für die Erstellung eines Stras-

tentunnels üblich ist, gewählt werden. Das Ausbruchsmaterial wurde mit Pneuladern auf Pneufahrzeuge verladen und zur Vorbrechanlage transportiert. Die eingesetzten Vortriebs- und Sicherungsgeräte entsprachen grösstenteils jenen der Einspurstrecke und sind im nachfolgenden Kapitel näher dargestellt. Dem Ausbruch in einem Abstand von rund 500 m folgend, wurde eine abwechslungsweise halbseitig unarmierte Betonsohle von rund 50 cm Stärke (Beton B 25/15) eingebaut.

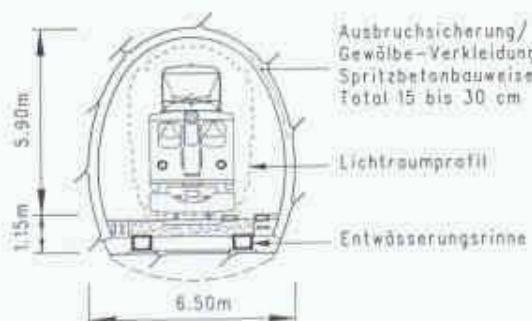
Die nachfolgende Erstellung des Gewölbeausbaus entspricht den Grundsätzen der einschaligen Bauweise. Die totale Ausbaustärke inkl. Felssicherung beträgt rund 30 cm. Der Spritzbeton wurde mit einem pneubetriebenen Spritzroboter appliziert.

Erfahrungen/Leistungen

Der von der Arge gewählte Bauvorgang hat sich für die Erstellung der Zweispurstrecke bestens bewährt. Insbesondere eigneten sich die Geräte für einen flexiblen Einsatz sowohl im Voll- als auch im Teilquerschnittsausbruch. Es zeigte sich, dass vorgängig genau definierte Einsatzarten und Möglichkeiten für die zum Einsatz gelangten Maschinen und Geräte unbedingt nötig sind. Insbesondere ist auch auf mögliche Unvorhersehbarkeiten (z.B. Vollprofil anstelle Teilquerschnitt) Rücksicht zu nehmen und in die Einsatzplanung mit einzubeziehen. Die erzielten Leistungen der Zweispurstrecke betrugen je nach herrschenden Felsverhältnissen im Vollprofil bis zu 16 m/Tag (3).

Weiterverarbeitung am Portal

Alles anfallende Ausbruchmaterial wird am Portal auf <200 mm vorgebrochen. Nebst hohen Brechleistungen mussten auch hier insbesondere die klimatischen Verhältnisse berücksichtigt werden. Das anfallende Ausbruchmaterial wird aus Seitenkippern (14 m³) über eine Kippbrücke direkt in die Vorbrechanlage gekippt. Diese Seitenkipplinstallation hat sich während des Betriebes als eine einfache störungsfreie und unproblematische Anlage erwiesen. Probleme traten bei tiefen Temperaturen nur beim Betrieb der Förderbandanlage, die das vorgebrochene Ausbruchmaterial in ein beheizbares Zwischensilo fördert, auf. (Anfrieren der Förderbänder an den Rollen usw.) Grundsätzlich wird in den Wintermonaten kein Rollmaterial im Freien abgestellt (Durchfrieren).



4 Tunnelprofil Einspurstrecke

Installationen Einspurstrecke

Die Arge hat den Auftrag, eine 5500 m lange, im Querschnitt rund 40 m² grosse Strecke konventionell aufzufahren. Davon sind 4500 m mit 0,5% Steigung und die letzten 1000 m bei 1,5% Gefälle aufzufahren.

Vortriebsinstallationen

Der zu erstellende Tunnelquerschnitt (4) ist infolge der späteren Nutzung äus-

sehr schmal (Breite an der Sohle rund 5,50 m), jedoch hoch (Höhe rund 7,40 m). Dadurch wird einerseits der Einsatz von Grossgeräten infolge der beschränkten Kreuzungsmöglichkeit sehr eingeschränkt, andererseits ist durch die relativ grosse Höhe der Einsatz von Grossgeräten wiederum gut möglich. Aus wirtschaftlichen Gründen musste nach Lösungen gesucht werden, die es ermöglichen, die für die Erstellung der Zweispurstrecke verwendeten Geräte ohne grössere Abänderungen einzusetzen zu können.

Die Schüttung des Ausbruchmateriales im Pneubetrieb auf einer Länge von bis zu 6,5 km wurde infolge des engen Querschnitts (Wende- und Kreuzungsprobleme, Erstellung von vielen Wendeschleifen usw.) sofort verworfen. Somit galt es folgende Randbedingungen erfüllen zu können:

- Multifunktionales Gerät mit einfacher Logistik
- Ungehindertes Erstellen des Sohlenausbaus
- Genügende Parkpositionen für die Vortriebsgeräte
- Reduktion des Personalaufwands durch Schaffung von Gleichzeitigkeitkeiten bei Vortrieb und Sohle
- Einfache Versorgung der Arbeitsstellen mit Energie, Wasser und Druckluft, die nicht laufend dem Vortriebsfortschritt entsprechend erweitert oder ergänzt werden müssen
- Schaffung von einfachen Voraussetzungen für die Erstellung des rund 1500 m hinter dem Vortrieb folgenden Endausbaus (Installationen von Strom- und Wasserabnahmestellen usw.)
- Optimale Bewetterung der Arbeitsstellen, ohne dass die Luttenführung für die einzelnen Arbeitsstellen aufwendig uminstalliert werden muss
- Einfache Gestaltung der Versorgung und Depoofierung von Verbrauchsmaterial im Vortriebs- und Sohlenausbaubereich

Durch eine horizontale Aufteilung des Querschnitts in einen Ver- und Entsorgungsteil wurde den Randbedingungen Rechnung getragen (5). Kernstück der Installation ist die 230 m lange, an GFK-Ankern aufgehängte Ver- und Entsorgungsbühne. Diese Konstruktion ist mit einer Nachlaufkonstruktion, wie sie bei TBM-Vortrieben eingesetzt wird, zu vergleichen. Sie ermöglichte zudem den Einsatz der in der Zweispurstrecke eingesetzten Vortriebsgeräte.

Der Bauablauf sieht vor, dem Vortrieb in einem Abstand von mehr als 1000 m folgend (Abklingen von Deformationen,

Konvergenzen usw.), den definitiven Gewölbeausbau zu erstellen.

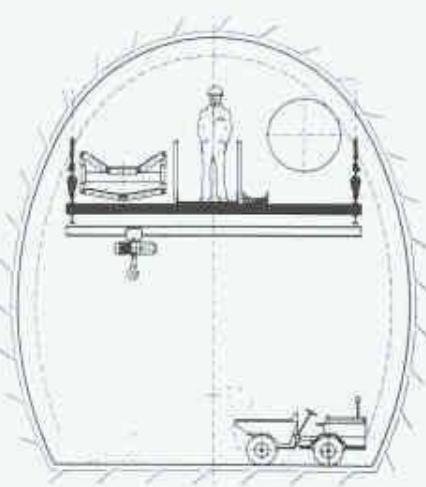
Gewähltes Installationskonzept

All die aufgeführten Bedingungen führten zum folgenden Installationskonzept:

- Verkehrs- und Transportwege: Gleisanlage mit Spurweite 900 mm, die bis rund 150 m hinter die Vortriebsbrust zweigleisig geführt wird. Im Bereich des Endausbaus erfolgt der Spurwechsel mittels laufend vor- bzw. nachgezogenen Schleppweichen.
- Bewetterung: In der Zweispurstrecke mittels Lutte des Durchmessers 2400 mm und 2000 mm auf der anschliessenden Einspurstrecke mit Zwischenventilator beim Übergang von der Zwei- auf die Einspurstrecke

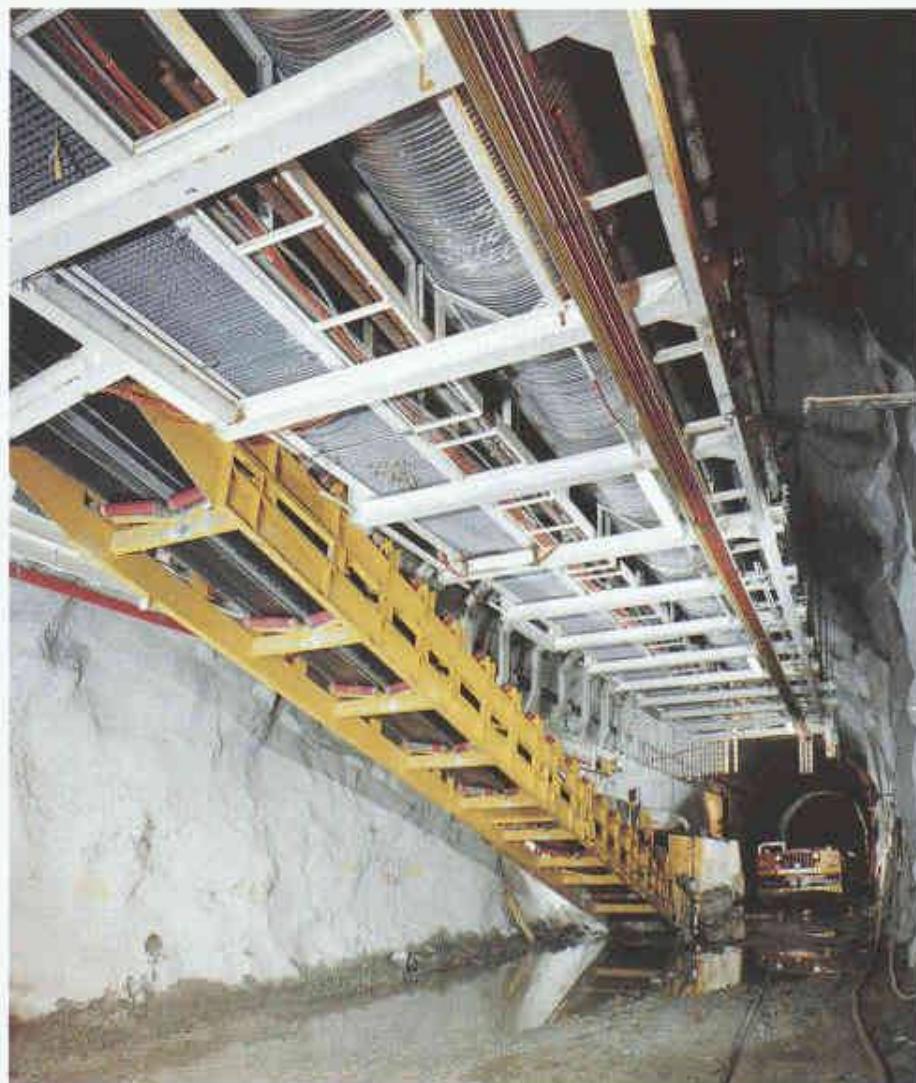
Vortriebsinstallationen

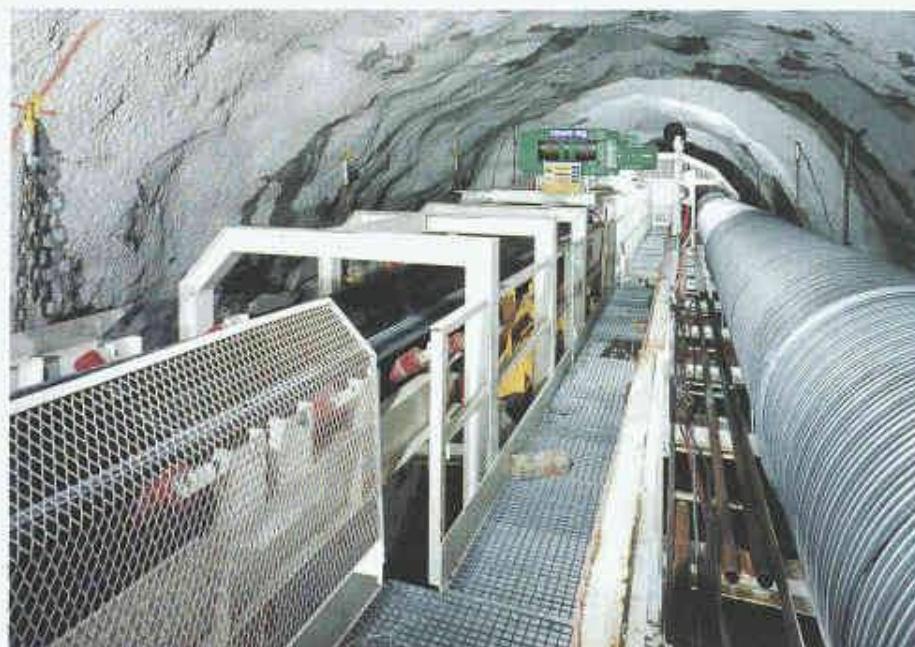
Die optimale Voraussetzung für hohe wirtschaftliche Vortriebsleistungen ist die Erarbeitung eines speziellen Ablaufkonzepts:



5 Horizontale Querschnittsaufteilung Baustelle

6 Schüttinstallations Vortrieb





7

Nachlaufkonstruktion

- Vortriebsbereich: konventioneller Pneubetrieb: Die Geräte der Zweispurstrecke wurden nach kleineren Umbauten auch für die Einspurstrecke eingesetzt. Insbesondere musste der Einsatz eines Dreiarmjumbos mit Ladekorb in derart beengten Verhältnissen von nur rund 40 m^2 Fläche eingehend studiert werden. Das anfallende Ausbruchmaterial wird mittels eines elektrisch betriebenen Fahraders in einen speziell umgebauten Hägglund (6) gekippt und von diesem über die auf dem Nachhänger installierte Förderbandanlage (7) auf die Schutt-

züge (8) verladen. Der Vorteil dieser Lösung besteht darin, dass in einer zweiten Ebene die Vortriebsstelle ohne Beeinträchtigung der Sohlenbaustelle sowohl ver- als auch entsorgt werden kann.

Der definitive Ausbau der Ortsbetonsohle kann somit auf der ganzen Breite rund 150 m hinter der Vortriebsbrust, ohne übermäßige Störung durch den Vortrieb, erstellt werden. Erstmals wurde ein Pneubetrieb im Vortriebsbereich mit einer nachgeschalteten, auf den Grundsätzen des mechanischen Vortriebs beruhenden Installation verknüpft.

- Nachlaufkonstruktion: Die eingesetzte Hängebühne kann zweifelsohne als Innovationschritt in bezug auf eine Leistungsteigerung verstanden werden. Durch den Einsatz einer solchen Konstruktion konnte eine Trennung der Vortriebs- und Sohlenbaustelle erreicht werden.
- Sohlenbaustelle: Die Sohle kann in einem Abstand von nur rund 150 m vom Vortrieb auf ihrer ganzen Breite vollständig fertiggestellt werden. Für die Erstellung werden nur Geräte eingesetzt, die sich im harten Baustelleneinsatz bewährt haben.
- Endausbau: Einsatz eines schienengebundenen Nassspritzgeräts. Für die Vorabdichtungsarbeiten werden zu dem zwei schienengebundene, hydraulisch betriebene Hebebühnen eingesetzt.

Erfahrungen/Leistungen

Das gewählte Installationskonzept hat sich, wie die erzielten Leistungen (9) zeigen, sehr gut bewährt. Die aufgetretenen Probleme konnten vor Ort laufend gelöst oder eliminiert werden.

Ver- und Entsorgung

Die anfänglichen Schwierigkeiten beim Einsatz des verwendeten Rollmaterials sowie der Umschulung des Personals wurden etwas unterschätzt. Nicht wie bei üblichen Gleisvortrieben normal, war bei Inbetriebnahme der Gleisanlage bereits eine Strecke von über 2000 m erstellt. Die übliche Anlernphase, bei der vom Portal her die Gleisanlage dem Vortrieb folgend laufend erweitert wird, fehlte vollkommen. So musste bei der Belegschaft zunächst ein Umdenken stattfinden. Das Versetzen des Gleises auf die definitive Ortsbetontunnelsohle hat sich sehr gut bewährt. Die anfänglichen Probleme mit der Dämpfung der Schienen haben sich durch den Einbau von selbst entwickelten Dämpfungselementen beheben lassen.

Durch das hohe spezifische Gewicht des Ausbruchmaterials ($>3.1\text{ t/m}^3$) wurden die Dämpfungssysteme der Schuttierzüge sehr stark beansprucht, und grössere Schäden im Federsystem waren die Folge. Durch den Umbau sämtlicher Schutterwagen auf ein selber entwickeltes Dämpfungssystem konnten auch diese Probleme gelöst werden. Das eingesetzte Wagenmaterial hat sich nach anfänglichen Problemen im Steuerungsbereich der Schutterzüge sehr gut bewährt. Die verwendete Kippbrücke mit Seitenkippern funktionierte auch bei extremen Tieftemperaturen ohne Probleme.

Die Problematik des Abtransport von Ausbruchmaterial eines Sprengvortriebs

8
Verladebahnhof

über eine Bandanlage führte anfänglich zu diversen Stillständen und Problemen. Diese konnten vor allem dadurch eliminiert werden, dass die Sprenglochzahl erhöht wurde, wodurch eine kleinere Stückigkeit resultierte, das Sprengschema laufend an die angetroffenen Felsverhältnisse angepasst, eine Zerkleinerungsmöglichkeit vor der Übergabe aufs Förderband montiert wurde und die Bandguttragstationen eine Reduktion erfuhren. Es zeigte sich, dass es möglich ist, ohne den Einsatz eines Vorbrechers das Ausbruchmaterial über eine Förderbandanlage abtransportieren zu können, dass eine mechanische Zerkleinerung von grossen Blöcken vor der Bandübergabe jedoch nötig ist.

Das gewählte Bewehrungs-System gab bis heute zu keinen Störungen oder Problemen Anlass. Insbesondere verhindert das einfache Verschiebesystem der Lutte im Endausbau Verzögerungen. Der Vortriebbereich wird in jeder Bauphase genügend mit Frischluft versorgt. Ebenso kann kurz nach einer Sprengung der Vortriebbereich wieder betreten werden. Laufende Kontrollmessungen durch die SUVA und die Baustelle werden gemacht. Grössere Luttenbeschädigungen, wie sie bei Sprengvortrieben üblich sind, sowie grosse Luftverluste auf den langen Lüftungsabschnitten traten bisher keine auf.

Zurzeit am Tunnelvortrieb Hauptbeteiligte:

Bauherr:

Projektleitung:

Projektierung und Oberbauleitung Tunnel:

Bauleitung Tunnel Nord:

Bauleitung Tunnel Süd:

Arge Vereinatunnel Nord, Los T4:

Arge Vereinatunnel Süd, Los T5:

TBM (Vortrieb Nord):

Nachlaufkonstruktion und Installationen:

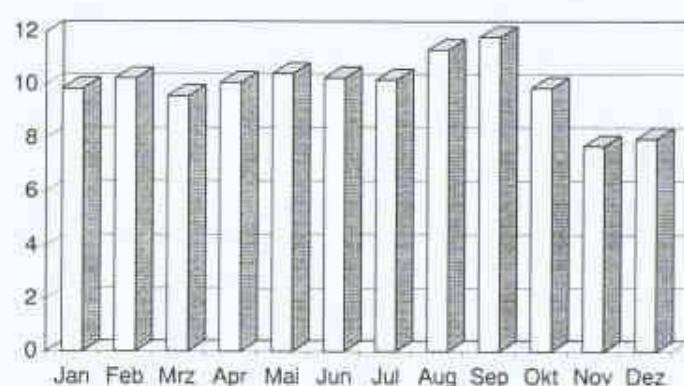
Gewölbeausbau (Vortrieb Nord):

Hängebühne (Vortrieb Süd):

Vermessung:

Geologie:

9
Durchschnittliche
Tagesvortriebs-
leistungen
Einspurstrecke,
1995



Vortriebs- und Sohlenbaustelle

Vortriebsgeräte

Die eingesetzten Geräte haben sich trotz anfänglicher Probleme (der Einsatz des dreiarmigen Bohrjumbos bereitete zu Beginn etwas Mühe) in deren Anwendung sehr gut geeignet.

Sohlenbaustelle

Die eingesetzten handelsüblichen Geräte verursachten keine nennenswerten Stillstände oder Ausfälle. Infolge der geringen Einsatzbreite waren die Verwendungsmöglichkeiten der Geräte aber beschränkt.

Nachhängekonstruktion

Der erstmalig in dieser Art eingesetzte Nachhänger hat sich gut bewährt. Die im Pflichtenheft definierten Aufgaben bzw. Bedingungen wurden allesamt erfüllt. Bei der Einführung des Systems zeigte es sich jedoch, dass das bisher im Sprengvortrieb eingesetzte Personal anfänglich mit einer derart komplexen Installation etwas Mühe bekundet. Die Einführung eines für alle neuen Systems bedarf einer vorgängigen umfassenden Orientierung sowie der Sensibilisierung der Belegschaft. Die Verschmelzung eines Sprengvortriebs mit seinen Randbedingungen (Erschütterungen, Staub usw.) mit einer Nachhängekonstruktion, die aus dem mechanischen Vortrieb stammt, bereitete an ihrer Schnittstelle anfänglich Schwierigkeiten. Die gewonnenen Erkenntnisse lassen für die Zukunft bei der Anwendung ähnlicher Systeme zweifelsfrei noch Verbesserungen zu.

Adresse des Verfassers:

Felix Weber, dipl. Bauing. HTL, Arge Vereinatunnel Süd, Baust. T5, 7543 Lavin

Rhätische Bahn
Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Zürich
Amberg Ingenieurbüro AG, Chur
Amberg Ingenieurbüro AG, Chur
Ratia Ingenieure AG, Chur

Stuag Tunnel AG, Chur
Ed. Züblin & Cie. AG, Zürich
Frutiger Bauunternehmung AG, Thun
Jäger Baugesellschaft GmbH, A-Schrüns
A. Vetsch Bauunternehmung, Klosters
M. Bordoli, Baugesellschaft Jenaz

Zschokke Chur AG, Chur
Lazzarini G. & Co. AG, Chur
Murer SA, Sedrun
CSC Bauunternehmung AG, Lugano
Torno Thusis SA, Thusis
Bezzola & Cie. AG, Scuol
Hch. Mettler Söhne, Chur

Wirth, D-Erkelenz

Rowa Engineering AG, Wangen
Rowa Engineering AG, Wangen

Ingenieurgemeinschaft Schneider + Joos
Schneider Ingenieure AG, Chur
Urs Darnuzer, vorm. Joos + Co., Davos

Geologengemeinschaft Vereinalinie
Dr. T. Locher, Zürich
Dr. M. Kobel + Partner AG, Sargans