







Tagungsprogramm 9. Juni 2011

<p>11.20</p> <p>Gotthard Basistunnel Gleichzeitigkeit von Ausbruch und Innenausbau – Technische und logistische Herausforderungen</p> <p>Luigi Reto Gruber, Dipl. Bauing. ETH/SIA Implenia Bau AG, Zürich</p>		<p>11.40</p> <p>Die Betriebslüftung des Gotthard Basistunnels</p> <p>Frank Pochop, Dipl. Bauing. HTL/SIA AlpTransit Gotthard AG, Luzern</p>		<p>12.00</p> <p>Ceneri Basistunnel Herausforderungen beim Gegenvortrieb Vezia</p> <p>Bruno Gugelmann, Dipl. Bauing. ETH/SIA CSC Impresa Costruzioni SA, Lugano</p>	
<p>12.20</p> <p>Durchmesserlinie Zürich Weinbergtunnel – Erfahrungen im Hydrovortrieb im Abschnitt Central bis Schacht Südtrakt beim Bahnhof Zürich</p> <p>Josef Bolliger, Dipl. Bauing. HTL Implenia Bau AG, Zürich</p>		<p>12.40</p> <p>Diskussion</p>	<p>13.00 – 14.30</p> <p>Mittagessen im KKL Luzern</p>		

Swiss Tunnel Congress 2011

<p>08.30</p> <p>Öffnung Tagungssekretariat (im Foyer vor dem Saal)</p>		<p>08.30</p> <p>Welcome Kaffee</p>	<p>09.30</p> <p>Begrüssung, Eröffnung</p> <p>Felix Amberg Präsident Fachgruppe für Untertagbau</p>	<p>09.40</p> <p>Einführungsreferat Tunnelland Schweiz - ein Land ohne Tunnelblick</p> <p>Peter Füglistaler, Dr. Direktor Bundesamt für Verkehr</p>	
<p>10.10</p> <p>Gotthard 2016: Alle Signale auf Grün?</p> <p>Renzo Simoni, Dr. sc. techn., Dipl. Bauing. ETH/SIA AlpTransit Gotthard AG, Luzern</p>		<p>10.30</p> <p>Ingenieurgeologische Erfahrungen von mehr als 150 km Vortrieb durch die Alpen</p> <p>Hans-Jakob Ziegler, Dr. phil. nat., Geologe Kellerhals + Haefeli AG, Bern</p>	<p>10.50 – 11.20</p> <p>Kaffeepause</p>	<p>Tagungsleiter Vormittag</p> <p>Gian Luca Lardi, Dipl. Bauing. ETH/SIA, MBA HSG</p>	
<p>REFERATE VORMITTAG</p>					

Peter Ruffer, Dipl. Masch. Ing. HTL, Marti Technik AG, Moosseedorf/CH

Materialtransport mit Förderbändern

Welche Grenzen gibt es?

Förderbänder ermöglichen bei längeren Transportwegen die wirtschaftliche und emissionsarme Förderung von Schüttgütern. Auf Baustellen sind sie meistens ein temporäres Hilfsmittel. Hinsichtlich Linienführung müssen sich die Förderbänder den Gegebenheiten und Bedürfnissen der Baustelle anpassen. Vieles ist möglich. Es gibt jedoch auch Grenzen. Förderanlagen sollten deshalb rechtzeitig im Baustellenkonzept berücksichtigt werden.

Belt Conveyors

What are the limits?

Belt conveyors permit the cost-efficient, low-emission conveyance of bulk materials across long distances. On construction sites, they serve mostly as a temporary aid. Belt conveyors are generally obliged to adapt to site circumstances and needs. Much is possible, but there are limits. Conveyor systems should therefore be planned into the site concept at the right stage.

1 Einleitung

Förderbänder gehören zur Familie der Stetigförderer und werden auch Bandförderer, Gurtbandförderer oder Gurtförderer genannt. Sie sind zuverlässige Transportsysteme, welche eine hohe Betriebssicherheit aufweisen und sich auf vielen Einsatzgebieten bewährt haben. Förderbänder werden deshalb seit Jahrzehnten auch im Untertagebau und in der Industrie für den Transport von Schüttgütern eingesetzt.

2 Wann ist der Einsatz von Förderanlagen sinnvoll?

Im Vergleich zu anderen Transportsystemen zeichnen sich Förderbänder durch einen geringen Energie- und Personalbedarf und eine hohe Verfügbarkeit aus. Die Bandantriebe arbeiten emissionsfrei, was insbesondere im Untertagebau ein grosser Vorteil ist. Dadurch können die Lüftungssysteme kleiner dimensioniert werden. Ebenfalls ein Vorteil sind die hohen Förderleistungen bei relativ geringem Platzbedarf. Üblich sind im Untertagebau Förderleistungen bis zu 2500 t/h. Möglich wäre jedoch auch wesentlich mehr.

Ein Nachteil ist die eingeschränkte Förderfähigkeit von stark klebrigem oder verflüssigtem Material. Ebenfalls sind die Investitionskosten eher hoch.

Bei grösseren Transportmengen sind Förderanlagen trotz der hohen Investitionskosten oft die wirtschaftlichste Trans-

Transport de matériel par convoyeurs à bande

Quelles sont les limites?

Sur les trajets assez longs, les convoyeurs à bande permettent un transport rentable et faible en émissions des produits en vrac. Sur les chantiers, ils sont généralement des instruments de travail temporaires. Pour ce qui concerne le tracé, les convoyeurs à bande doivent s'adapter aux conditions in situ et aux besoins du chantier. De nombreuses solutions sont possibles, mais il y a cependant des limites. C'est la raison pour laquelle il convient de tenir compte à temps des installations de manutention dans le concept du chantier.

portlösung. Sie eignen sich deshalb vor allem bei einer kontinuierlichen Förderung von Schüttgütern über eine längere Distanz oder wenn grosse Förderleistungen gefordert sind. Achsabstände von 2 bis 10 km und mehrere 100 m Höhen-differenz sind keine Seltenheit mehr. Aber auch bei kürzeren Transportdistanzen kommen oft Förderbänder zum Einsatz. Zum Beispiel wenn grosse Höhendifferenzen oder einzelne Hindernisse überwunden werden müssen. Seien

Nastri trasportatori per materiali sfusi

Quali sono i limiti?

Quando i percorsi sono lunghi, i nastri trasportatori permettono di spostare i materiali sfusi in modo economico, riducendo le emissioni. Nei cantieri solitamente sono uno strumento ausiliario temporaneo. Per quanto riguarda la disposizione, i nastri trasportatori devono adattarsi alle condizioni ed alle esigenze del cantiere. Sono molte le soluzioni possibili. Ma ci sono anche dei limiti. Per questo motivo, gli impianti di trasporto su nastro devono essere inseriti nelle prime fasi della progettazione del cantiere.

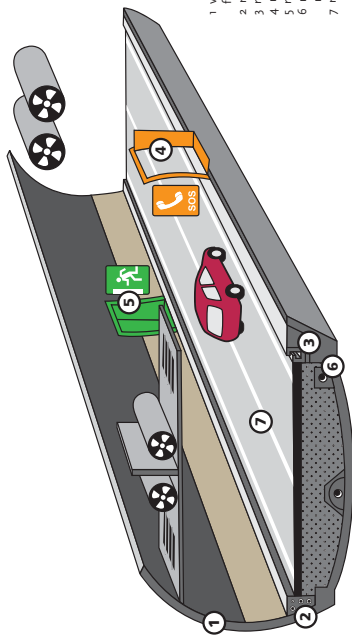
continuous conveyance of bulk materials across long distances, and where high conveying rates are needed. Distances of 2 to 10 km and height differences of several 100 m are no longer a rarity. Belt conveyors are also frequently used for shorter haulage distances, however, where great height differences and/or isolated obstructions need to be overcome, for example. These may take the form of chasms, rivers, roads and/or railway lines, as shown in Figure 1.



1 Deponieband Cavienna (CH)
The Cavienna landfill belt (CH)

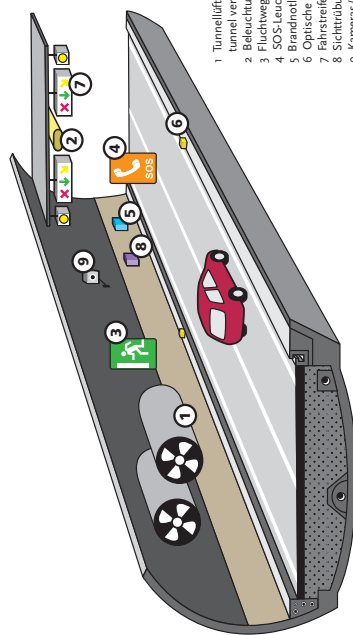
Gesamterneuerung Cityring Luzern •

Baustellenlogistik, Sicherheit und Kommunikation als wesentliche Erfolgsfaktoren



- 1 vollflächige Instandsetzung Gewölbeflächen/
full-surface repair of lining concrete
- 2 neue Bankette/new bench
- 3 neue Schlitzrinne/new slot drain
- 4 neue SOS-Nischen/new emergency lay-bys
- 5 neue Fluchtweg/new escape routes
- 6 neue Schmutzwasserableitung/
new contaminated-water drainage
- 7 neue Beläge/new road surfaces

2 Um die heutigen Standards zu erreichen, sind grosse bauliche Massnahmen erforderlich
Major civil engineering is necessary to achieve modern standards



- 1 Tunnelöffnung z.B. Strahlventilator/
tunnel ventilation, e.g. jet fan
- 2 Beleuchtung/lighting
- 3 Fluchtwegleuchten/escape-route lighting
- 4 SOS-Leuchten/emergency lighting
- 5 Brandmeldeleuchten/fire-emergency lighting
- 6 Optische Leiteinrichtungen/visual guidance systems
- 7 Fahrstreifen-Lichtsignale/carriageway traffic signals
- 8 Sichttrübungsmessung/visibility monitoring
- 9 Kameras/cameras

3 Auch die Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen werden komplett erneuert
The operating and safety equipment is also to be completely renewed

Verkehrsunfalls oder weil die Tunnelröhre, in der gearbeitet wird, aus Gründen der Sicherheit nicht rechtzeitig geöffnet werden kann. Auf die sicherheitstechnischen Vorkehrungen wird im Abschnitt 2 eingegangen.

1.2 Wichtigste Arbeiten

1.2.1 Reussport- und Sonnenbergtunnel

Das Kernstück der Hauptarbeiten ist die Instandsetzung des Reussport- und Sonnenbergtunnels. Abschnitt für Abschnitt werden verschiedenste Elemente überholt oder ersetzt. Die wichtigsten Arbeiten (Bild 2) werden im Folgenden erläutert.

Neben den baulichen Instandsetzungen werden auch die Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen ersetzt (Bild 3). Weiter wird der Reussporttunnel in Richtung Norden um 130 m

All-in Reconstruction, Cityring Lucerne •

Site logistics, safety and communication the essential factors in success

verlängert. Diese Tagbauverlängerung dient als Lärmschutzmassnahme für die Anwohner im Portalbereich.

1.2.2 Sentibrücken

Die Brücken zeigen typische Alterserscheinungen. Vor allem die Brückenkästen wurden durch Tausalz stark in Mitleiden-schaft gezogen. Undichte Fahrbahnübergänge haben auch bei den Widerlagern zu Betonabplatzungen und Korrosion geführt. Die Brückenlager, undichte Abdichtungen und Entwässerungen sowie der Strassenbelag werden erneuert.

1.2.3 Lehnenviadukt

Die Tragfähigkeit des Lehnenviadukts nördlich des Reussporttunnels wird verstärkt (Verbreiterung Querträger mit neuer Vorspannung, lokaler Einbau von Längsträgern). Weiter werden neue Lärmschutzwände, Leitschranken Entwässerungsleitungen, Kabelrohrblöcke und neue Beläge eingebaut. Damit der Verkehr auf dem Lehnenviadukt über die ganze Bauzeit zweimal dreispurig geführt werden kann, musste eine neue Zusatzspur gebaut werden. Um Platz für diese Zusatzspur zu erhalten, ist die bestehende Stützmauer schrittweise abgebrochen und zurückversetzt worden. Die Zusatzspur schafft Platz für die Baustellen auf dem Lehnenviadukt. Nach dem Ende der Bauzeit dient die Zusatzspur als neuer Rad- und Gehweg (Bild 4).

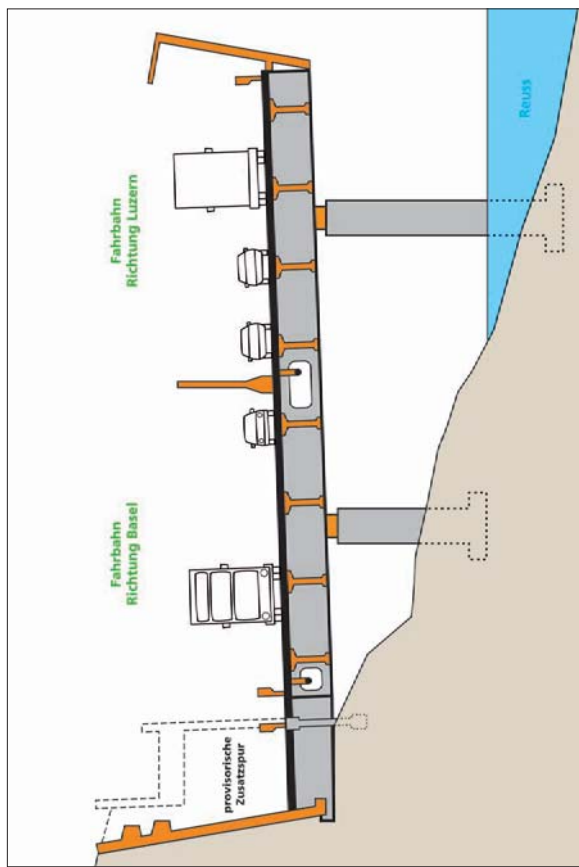
Tunnel is, in addition, to be lengthened to the north by 130 m; this cut-and-cover extension will serve to protect residents near the portal from noise.

1.2.2 The "Sentibrücken"

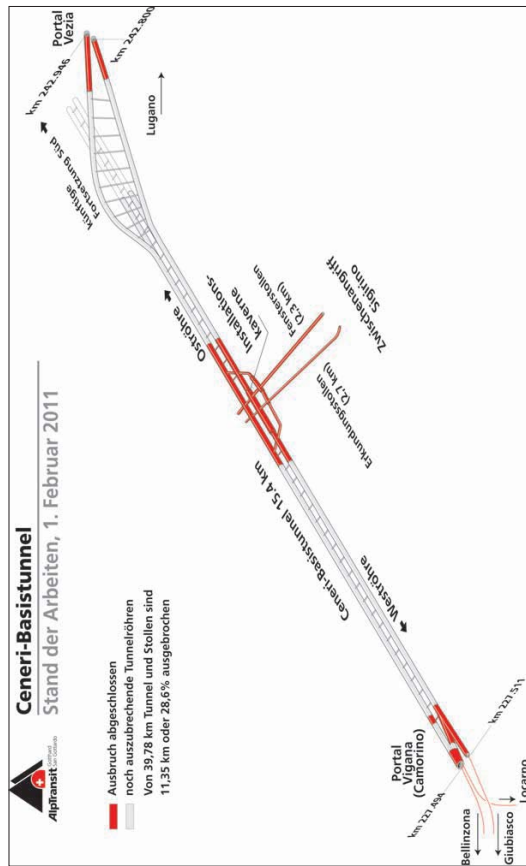
These bridges exhibit typical indications of ageing. The bridge boxes have, in particular, suffered severely from the effects of de-icing salt. Leaking carriageway joints have also resulted in concrete spalling and corrosion on the abutments. The bridge bearings, leaking seals and drainage systems require renewal, as does the road surface.

1.2.3 The Lehen Viaduct

The carrying capacity of the Lehen Viaduct, to the north of the Reussport Tunnel, is to be raised (widening of the transverse beams, with new pre-stressing, installation of longitudinal beams locally). New noise barriers, traffic guidance elements, drainage lines, cable-duct blocks and new surfaces are also to be installed. It was necessary to construct an additional new lane, in order that 3-lane traffic in both directions can be maintained on the Lehen Viaduct throughout the project period. The existing retaining wall was demolished step by step and set back, in order to provide space for this extra lane, which creates space for the worksites on the Lehen Viaduct, and will serve as a new cycle track and pedestrian walkway after completion of the project (Figure 4).



4 Lehnenviadukt mit provisorischer Zusatzspur und neuen Lärmschutzwänden
The Lehen Viaduct, showing temporary additional lane and noise barriers



9 Übersicht Ceneri
Overview of the Ceneri project

Zur logistischen Versorgung der Vortriebsbereiche wurden Hängebühnen montiert. Das Ausbruchmaterial wird mit Förderbändern aus dem Tunnel auf die Materialdeponie Sigrino abtransportiert (Bild 11).

2.2.4 Vezia

Seit Anfang 2010 war der Aushub der Baugrube bei der Villa Negroni beendet. Am 12. April 2010 begann beim künftigen Südportal des Ceneri-Basistunnels mit einer ersten Sprengung der bergmännische Gegenvortrieb Richtung Norden. Die Kreuzungsstelle mit dem Strassentunnel Vedeggio – Cassarate wurde im Juli 2010 vorzeitig erreicht. Bis Ende 2010 war der Vortrieb bereits ausserhalb des Einflussbereichs



10 Portal Vezia: Strossabbau in der Kaveme Ost
The Vezia portal: excavation of the bench in the East Cavern



11 Anker in der Weströhre Nord Sigrino
Rock bolting in the northern west bore, near Sigrino

dieser Kreuzungsstelle. Die Bauarbeiten für die südlich an-schliessende offene Strecke bis zum Massagnotunnel umfas-sen verschiedene Teilprojekte. Die Arbeiten wurden eng mit der SBB koordiniert und befinden sich auf Kurs (Bild 12).

3 Voraussichtliche Inbetriebnahme GBT 2016

Das Meilensteincontrolling ist Teil der Projektüberwachung der NEAT auf Behördenebene. Die AlpiTransit Gotthard AG rapportiert darin halbjährlich unter vielen anderen Kenn-zahlen jeweils auch über den mutmasslichen Zeitpunkt der Inbetriebnahme der beiden Basistunnel am Gotthard und am Ceneri. Unter „Meilenstein 8“ wird am Gotthard-Basis-tunnel jeweils der „Beginn kommerzieller fahrplanmässiger Betrieb“ prognostiziert. In der Phase des Vorprojektes war eine Inbetriebnahme 2007 vorgesehen. Über die Jahre hin-weg hat sich dieser Meilenstein in der Tendenz stetig zeit-lich nach hinten verschoben. In der Planungsphase waren es vor allem Verfahren, die länger als geplant gedauert haben. Dazu gehörten auch Einigungsverhandlungen mit betrof-fenen Bevölkerungsgruppen (Bild 13).

Im zweiten Halbjahr 2001, als die Arbeiten an den Haupt-loren begannen, wurden die Soll-Termine auf eine neue Basis gestellt. Die kommerzielle Inbetriebsetzung war damals per

Tunnel on April 12, 2010. The point of intersection with the Vedeggio-to-Cassarate road tunnel was reached, ahead of schedule, in July 2010, and tunnelling had progressed be-yond the "sensitivity zone" of this intersection by the end of the year. The engineering work on the surface section up to the Massagno Tunnel connecting to the south comprises a number of sub-projects; work here has been closely co-ordi-nated with the SBB, and is on schedule (Figure 12).

3 Planned commissioning of the GBT in 2016

Milestone monitoring is part of NRLA project supervision at official level. AlpiTransit Gotthard AG also reports in this context on the probable time of commissioning of the 2 (Gotthard and Ceneri) base tunnels, among many other in-dicators. "Start of scheduled revenue-earning operation" for the Gotthard Base Tunnel is forecast under "Milestone 8." Commissioning in 2007 was originally envisaged during the pre-project planning phase; this milestone has tended over the years to recede into the future, primarily due, during the planning phase, to procedures which consumed more time than envisaged. These included negotiations with groups of affected residents (Figure 13).

Target deadlines were then put on a new basis in the sec-ond half of 2001, when the work on the main lots began. The start of revenue-earning operation was then scheduled for 2014; delays have occurred since this time primarily as a consequence of civil-engineering realities, which have diverged, drastically in some cases, from the forecast. The most recent adjustment of this reporting took place be-tween mid-2006 and mid-2007, at which time commercial inauguration, in 2 stages, was postponed from late 2016 to early 2017. The principal reasons for this can be summarised as follows:

- engineering difficulties in the southern sector, particularly at the Faldo combined technical and rescue station,
- deadlocked start of work on the Erstfeld lot, due to repeat-ed appeals,
- deadlocked signature of the service contract for the prime contractor's rail-equipment lot, as the result of an appeal.



12 Portalbereich Vezia
The Vezia portal ensemble

Nachläuferkonstruktionen • Konzeption in TBM- und konventionellen Vortrieben



10 Teleskopierbare Ventilationsbühne für die optimale Frischluftzufuhr bis zur Ortsbrust und zur effizienten Spülung der Sprengschwaden (Ceneri-Basistunnel – Los Sigrino)
Telescopic ventilation platform for optimal fresh air supply up to the heading face and for efficient suction ventilation of blasting fumes (Ceneri Base Tunnel – Sigrino section)

Die Sohle wird auf der ganzen Breite gleichzeitig zum Vortrieb mit einer selbstschreitenden Schalung nachgezogen. Der Ortsbrust wird per Lkw ange liefert und mit einem 15-t-Schwerlastkran bis zur Einbaustelle transportiert. Schwere Ersatzteile für die Baugeräte können ebenfalls mit dem fahrbaren Kran über die Sohlbaustelle transportiert werden. Die 66 m lange Sohlbetonbühne hat einen relativen Verfahrweg von ca. 50 m zur Vortriebsbühne; dadurch werden die Abhängigkeiten bei der Baustellen wesentlich reduziert.

Die Versorgung des Vortriebes mit Sicherungsmaterialien, Spritzbeton in Mischcontainern, Betriebs- und Verschleißmaterialien sowie Sprengstoff wird durch eine Einschienenhängebahn sichergestellt, welche die Sohlbaustelle und die Vortriebsinstallation überbrückt.

4.2 Erhöhung der Arbeitssicherheit und Terminvorteil bei der Meisterung von druckhaftem Gebirge

Mit einem speziellen System der Ausbruchsicherung konnte der geotechnisch anspruchsvollste konventionell ausbrechende Abschnitt des Gotthard-Basistunnels mit druckhaften Zonen in den Nord-Vortrieben des Loses Sedrun durchfahren werden [7]. Der Ausbruch erfolgte unter Einsatz von Brust- und Radialankern, massivem Stahlribbau und Spritzbeton. Das gewählte Konzept des deformierbaren Stahlribbaus wurde in diesen Dimensionen zuvor noch nirgends eingesetzt. Mit einer massgeschneiderten Vortriebsinstallation bestehend aus Streckenausbaumaschine, Hängebühne und Versorgungszug konnte ein rascher Ringschluss unter effizienten, flexiblen und sicheren Arbeitsbedingungen erreicht werden.

Zuvorstand stand eine Streckenausbaumaschine mit Arbeitsköpfe, Versetzarmen und Spritzbetonmanipulator. Einbaubögen wurden paket- und segmentweise montiert (Bild 11). Der aufgebaute Spritzbetonmanipulator versiegelte das Profil. Mit 2 Ablängsscheren konnten die voraus-

ing rings could be joined under efficient, flexible and safe working conditions.

The special machine for rock support with working baskets, displacing arms and a shotcrete manipulator was positioned right at the front. Ring beams were placed by bundle and by segment (Figure 11). The installed shotcrete applicator sealed the profile. With 2 cutting pincers, the previously placed heading rockbolts could be trimmed efficiently and safely. Thanks to the suspended construction for ventilation, cooling and rail removal as well as the special machine for rock support, the tunnel constructors had a second working level and free floor space for working, manoeuvring and parking at their disposal. A 20 t heavy-duty crane was used to supply rock face and workplaces. Infrastructure and supply trains made sure that infrastructure and material arrived at the right time at the right place. The special machine for rock support, the heavy-duty crane and the suspension platform moved on the same suspension rail lines.

Thanks to the chosen installation plan, the challenges of this project could be successfully met and the average heading performance could be increased to 1,34 m/d [8]. Breakthrough took place 9 months before the contractual deadline. Total construction costs were also slightly lower than budgeted [7].

5 Summary

As could be illustrated with various projects, optimal logistics in the back-up area will increase productivity and heading performances, and lower total costs. Key factors for success are:

- continuous material flow for supply and removal,
- minimisation of interdependencies
- separation of working processes via different working levels,
- highest possible amount of mechanisation,
- more humane workplaces (for example, no heavy labour),
- increased work safety,
- robust, suitable tunnel installations with high availability, and supervisors,
- mental acceptance of industrialised processes by workers and supervisors,
- competency of operators and maintenance personnel, education.

In order to save construction time and costs, the level of mechanisation will continue to increase in the future. Additional work areas will move closer to the tunnel face, both with regard to time and location. Additional potential for performance increase with drill and blast headings in larger cross-sections could be found with simultaneous execution of working procedures in the heading area. Future logistics systems will include additional workplaces – including sealing and lining – or even rail, or end use technics.

Back-up Systems • Conceptual designs in TBM and conventional headings

eilenden Brustanker rational und sicher entfernt werden. Mit der Hängekonstruktion für Bewetterung, Kühlung und Schienendmontage und der Streckenausbaumaschine stand den Tunnelbauern eine zweite Arbeitsfläche und ein abstützungsfreier Arbeits-, Manövrier- und Parkraum auf der Sohle zur Verfügung. Mit dem 20-t-Schwerlastkran wurde die Versorgung der Ortsbrust und der Arbeitsstellen effizient bewerkstelligt. Die Infrastruktur- und Versorgungszüge sorgen dafür, dass Infrastruktur und Material zur richtigen Zeit in der richtigen Menge am richtigen Ort waren. Streckenausbaumaschine, Schwerlastkran und Hängebühne verfahren im gleichen Hängeschienenstrang.

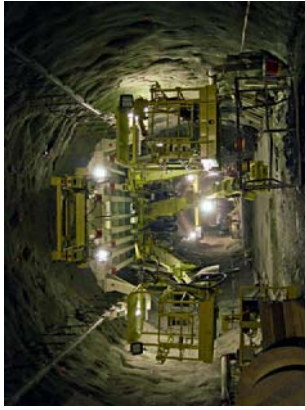
Dank des gewählten Anlagenkonzeptes konnte die Aufgabe erfolgreich gemeistert sowie die durchschnittliche Vortriebsleistung auf 1,34 m/Tag erhöht werden [8]. Der Durchschlag erfolgte 9 Monate vor dem vertraglichen Termin. Auch die Gesamtbaukosten fielen leicht niedriger als budgetiert aus [7].

5 Schlusswort

Wie anhand mehrerer Projekte beispielhaft dargestellt, steigert eine optimale Logistik im Nachläuferbereich die Produktivität und die Vortriebsleistungen und senkt die Gesamtkosten. Erfolgsfaktoren dabei sind

- kontinuierlicher Materialfluss für die Ver- und Entsorgung,
- Minimierung der Abhängigkeiten,
- Entflechtung von Arbeitsgängen durch verschiedene Ebenen,
- möglichst weitreichende Mechanisierung,
- Humanisierung der Arbeitsplätze (z.B. keine Schwerstarbeit),
- höhere Arbeitssicherheit,
- robuste, tunneltaugliche Anlagen mit hoher Verfügbarkeit, mentale Akzeptanz der industrialisierten Prozesse durch Mitarbeiter und Führungskräfte sowie
- Beherrschbarkeit durch das Bedienungs- und Unterhaltspersonal, Ausbildung.

Um Bauzeit und Baukosten einzusparen, wird der Mechanisierungsgrad in Zukunft weiter steigen. Die nachgeschalteten Arbeitsstellen werden örtlich und zeitlich näher zur Tunnelbrust verschoben. Weiteres Potenzial zur Leistungssteigerung bei Sprengvortrieben in grösseren Querschnitten liegt bei der parallelen Ausführung von Arbeitsvorgängen in der Vortriebszone. Das Logistiksystem wird in Zukunft weitere Arbeitsstellen – inklusive Abdichtung und Innenausbau – oder sogar Bahn- respektive Endnutzungstechnik einbeziehen.



11 Streckenausbaumaschine mit Arbeitsköpfe, Versetzarm und Spritzbetonmanipulator (Gotthard-Basistunnel – Los Sedrun)
Machine for rock support with working baskets, setting arm and shotcrete manipulator (Gotthard Base Tunnel – Sedrun section)

Literatur/References

[1] Girmscheid, G.: Hochleistungsvortrieb im Tunnelbau – Industrialisierungstendenz im Sprengvortrieb. Bauingenieur 77 (Juni 2002), S. 266–276
[2] Girmscheid, G.: Hochleistungsvortrieb im Tunnelbau – TBM-Logistiksysteme. Bauingenieur 77 (Mai 2002), S. 222–227
[3] Girmscheid, G.: Hochleistungsvortrieb im Tunnelbau – TBM-Systeme. Bauingenieur 77 (April 2002), S. 173–183
[4] Maidl, B.: Handbuch des Tunnel- und Stollenbaus. Essen: Verlag Glückauf GmbH (1984)
[5] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.): DIN EN 815 – Sicherheit von Tunnelbohrmaschinen ohne Schild und gestängelten Schachtbohrmaschinen zum Einsatz in Fels – Sicherheitsanforderungen; Deutsche Fassung EN 815:1996+A2:2008. Berlin: Beuth Verlag GmbH (2008)
[6] Jenni, H., Mayer, C. M.: Kraftwerk-Projekt Linthal 2015. Tunnel 8 (August 2010), S. 37–42
[7] Ehrbar, H.: Gotthard Base Tunnel, Switzerland. Experiences with different tunnelling methods. 2. Congresso Brasileiro de Túneis e Estruturas Subterráneas. Seminario Internacional „South American Tunneling“ 2008
[8] AlpTransit Gotthard AG (Hrsg.): Das Jahrhundertbauwerk entsteht. Gotthard-Basistunnel – der längste Tunnel der Welt. 1. Auflage. Bern: Stämpfli Verlag AG (2010)