

Hohe Mechanisierung für die konventionellen Hauptvortriebe des Ceneri-Basistunnels

Die Hauptvortriebe des Ceneri-Basistunnels werden konventionell vom Zwischenangriff Sigirino aufgeföhren. Bauherr und Arbeitsgemeinschaft haben sich für eine hohe Mechanisierung des Sprengvortriebes entschieden. Die eingesetzten Anlagen führen zu einer Rationalisierung der Arbeitsabläufe und somit zu einer bemerkenswerten Produktivitätssteigerung. Außerdem profitieren alle Beteiligten von einer Humanisierung der Arbeitsplätze sowie einer gleichzeitigen Erhöhung der Arbeitssicherheit.

Der Ceneri-Basistunnel

Der Ceneri-Basistunnel ist die logische Fortsetzung des Gotthard-Basistunnels Richtung Süden und macht die neue Gotthardbahn zu einer durchgehenden Flachbahn durch die Alpen. Dank der flachen, gestreckten Trassierung werden Güterzüge von bis zu 4.000 t Anhängelast mit bis zu 160 km/h ohne Halt und ohne Zwischenoder Schiebeloks durch die Schweiz fahren können. Im Personenverkehr wird mit dem Ceneri-Basistunnel zukünftig die Fahrzeitreduktion erreicht, um den Reisenden in Zürich und Mailand optimale Anschlüsse zu gewährleisten [1].

Wie beim Gotthard-Basistunnel besteht das Tunnelsystem des Ceneri-Basistunnels aus 2 Einspurröhren, welche sich vom Nordportal Vigana/Camorino bis zum Südportal Vezia erstrecken und durch Querschläge miteinander ver-

Alberto Belloli, Geschäftsführer Rowa Tunnelling Logistics AG, Wangen/CH
Heinz Jenni, Gesamtprojektleiter Rowa Tunnelling Logistics AG, Wangen/CH
www.rowa-ag.ch

bunden sind. Nebst kürzeren konventionellen Vortrieben an den beiden Portalen erfolgen die Hauptvortriebe aus einer unterirdischen Kaverne (Caverna Operativa), welche durch einen 2,3 km langen und mit 5 % geneigten Fensterstollen von Sigirino aus erschlossen wurde. Unter Berücksichtigung der verschiedenen Gesteinsschichten, die entlang der Strecke durchquert werden müssen, entschied sich das für das Hauptlos 852 beauftragte Consorzio Condotte Cossi ausschließlich für den Sprengvortrieb, obwohl gemäß Ausschreibung auf je 4 km Länge auch ein TBM-Vortrieb möglich gewesen wäre.

Dabei setzten die Bauherrschaft Alptransit Gotthard AG und das Consorzio Condotte Cossi auf eine hohe Mecha-

Substantial Mechanization for Conventional Main Headings at the Ceneri Base Tunnel

The main headings of the Ceneri Base Tunnel are conventionally carried out starting from the intermediate access Sigirino. The owner and the joint venture have mutually decided to use a highly mechanized drill and blast heading method. The applied installations lead to rationalized work flows and, therefore, to significant productivity increase. Moreover, all participants will benefit from more human work places as well as increased work safety.

The Ceneri Base Tunnel

The Ceneri Base Tunnel is the logical continuation of the Gotthard Base Tunnel towards the South, and it creates a continuous flat rail link through the Alps with the New Gotthard Rail Link. As a result of the flat and straight route, freight trains with up to 4,000 t trailing load can be driven non-stop through Switzerland at up to 160 km/h, and without mid-train or pushing engine. The Ceneri Base Tunnel will enable travel time reduction of passenger traffic and secure optimal connections for passengers in Zurich and Milan in the future [1].

Similar to the Gotthard Base Tunnel, the Ceneri Base Tunnel system consists of 2 single track tubes which lead from the Northern portal Vigana/Camorino to the Southern portal Vezia, and which are connected with cross passages. Besides some shorter, conventional headings at the 2 portals, the main headings are carried out from an underground cavern (Caverna Operativa), which was accessed from Sigirino through a 2,3 km long access tunnel with 5 % incline. Taking into consideration the different rock formations which had to be traversed, the Consorzio Condotte Cossi which was awarded the main section 852, had decided for



sierung des Sprengvortriebs und beauftragten die Rowa Tunnelling Logistics AG mit der Entwicklung, Herstellung, Lieferung, Montageleitung und Inbetriebnahme von 4 schraubengleichen Vortriebsinstallationen.

Konzept der Vortriebs-einrichtungen

Bei der Auslegung der Vortriebsinstallationen in enger Zusammenarbeit mit dem Kunden konnte Rowa ihre bei der Vortriebsmechanisierung anderer Untertagbauwerke gewonnenen Erkenntnisse einbringen. So flossen in die Vortriebsinstallationen für den Ceneri-Basistunnel insbesondere die Erfahrungen mit den aufgehängten Arbeits- und Vortriebsbühnen vom Baulos Mitholz des Lötschberg-Basistunnels sowie von den Baulosen Sedrun und Amsteg des Gotthard-Basistunnels ein [2].

Jede Anlage besteht im Wesentlichen aus Ventilationsbühne, Vortriebsbühne, Sohlbetonbühne, Brecher, Förderbändern und Monorail (Einschienehängbahn) (Bild 1).

Rascher Zugang zur Ortsbrust und Gesundheitsschutz dank blasender und saugender Bewetterung

Optimale Lüftung und Kühlung sind wichtige Maßnahmen zur

Gewährleistung des Gesundheitsschutzes und der Arbeitssicherheit im Tunnelvortrieb.

Die Frischluft wird am Portal des Sondierstollens Sigirino angesaugt und über Sondierstollen bzw. ab der Caverna Operativa über Lutten bis zum Heck der jeweiligen Vortriebsbühne geblasen. Die Frischluft wird hier von 2 Stufen à je 2 Ventilatoren übernommen (max. $2 \times 16 \text{ m}^3/\text{s}$ Gesamtleistung) und in 2 Lutten mit 900 mm Durchmesser bis zur Ortsbrust befördert.

Erstmals konstruierte die Rowa Tunnelling Logistics AG für dieses Projekt eine von der Vortriebsbühne unabhängig verfahrbare Ventilationsbühne. Diese ist Träger für die Spirallutten der blasenden Bewetterung und kann 40 m teleskopiert werden, bis ca. 30 m hinter der Ortsbrust (Bild 2). Damit lässt sich die Zufuhr von Frischluft optimieren und die Sprengschwade effizient spülen. Letztere wird vorne an der Vortriebsbühne mit einem Ventilator (max. $28 \text{ m}^3/\text{s}$ Leistung) abgesaugt und am Heck der Vortriebsbühne von einem zweiten Ventilator durch eine Abluftlutte mit 1.800 mm Durchmesser bis zum Fensterstollen befördert. Somit wandert die Sprengschwade nicht durch die Vortriebsbühne und

drill and blast heading exclusively, even though a TBM-heading on 4 km length each would also have been possible, according to the tender.

For this purpose, the owner Alptransit Gotthard AG and the Consorzio Condotte Cossi aimed for highly mechanized drill and blast heading. They gave Rowa Tunnelling Logistics AG the order to develop, produce, supply, assemble and start up 4 identical heading installations.

Draft of Heading Installations

When planning the heading installations in close cooperation with the customer, Rowa was able to make use of experience and valuable insight gained from other heading mechanization projects in tunnelling construction. In this context, experiences made with suspended work- and heading-platforms from the Mitholz section of the Lötschberg Base Tunnel, as well as from the Sedrun and Amsteg sections of the Gotthard Base Tunnel, could be used for the heading installations of the Ceneri Base Tunnel [2].

Each installation basically consists of ventilation platform, heading platform, invert platform, crusher, conveyors and

monorail (single track suspension rail) (Fig. 1).

Blowing and suction ventilation provides fast access to rock face and health protection

Optimal ventilation and cooling are important measures to guarantee health protection and work safety in tunnel headings.

Fresh air is sucked in at the portal of the Sigirino exploration tunnel, and then blown from the Caverna Operativa via airducts to the rear of the respective heading platforms. Here, the fresh air is picked up on 2 stages with 2 ventilators each (max. $2 \times 16 \text{ m}^3/\text{s}$ overall performance) and transferred to the rock face by 2 airducts of 900 mm diameter.

For this project, Rowa Tunnelling Logistics AG constructed for the first time a ventilation platform which can be moved independently from the heading platform. It carries the spiral airducts of the blowing ventilation and can be telescoped 40 m, up to approx. 30 m behind the rock face (Fig. 2). Thereby, supply of fresh air can be optimized and blasting fumes flushed efficiently. The latter are vacuumed off



Hochmechanisiertes Nachlaufsystem für die Hauptvortriebe (SPV) des Ceneri-Basistunnels

Highly mechanized back-up system for main headings (drill and blast) of Ceneri Base Tunnel



2
Teleskopierbare Ventilationsbühne für die optimale Frischluftzufuhr bis zur Ortsbrust und zur effizienten Spülung der Sprengschwaden

Telescopic ventilation platform for optimal fresh air supply up to the heading face and for efficient suction ventilation of blasting fumes

die rückwärtige Sohlbaustelle. Für den Sprengvorgang wird die Ventilationsbühne bis zum Brecher eingefahren und ist außerhalb des Gefahrenbereiches. Alle Ventilatoren können zentral gesteuert werden; die Ventilationsbühne kann nach der Sprengung per Knopfdruck im Bereich des Sicherheitscontainers mittels Reibradantrieb ausgefahren werden. Die Tunnelbauer sind somit der gesundheitsschädigenden Sprengschwade kaum noch ausgesetzt; die Ortsbrust ist möglichst schnell wieder frei und für die Schutterungs- und Sicherungsarbeiten zugänglich.

Die Erdwärme nimmt zu, je tiefer ein Bauwerk unter der Erde liegt; die leistungsstarken Baugeräte produzieren zusätzliche Abwärme. Auf den Vortriebsbühnen ist bereits Platz für einen allfälligen Einbau von Kühlmaschinen vorgesehen worden, sollte die Lüftung beim Ceneri-Basistunnel (Überlagerungen von bis zu 800 m) zur Einhaltung der Klimagrenzwerte der SUVA durch eine Kühlung ergänzt werden müssen.

Gleichzeitiges Nachziehen der gesamten Infrastruktur und viel Platz für die Baugeräte

Auf der 135 m langen Vortriebsbühne finden alle Infrastruktur-Aufbauten Platz. Es sind dies insbesondere ein Entstauber mit 1.200 m³/s Leistung, die Ventilatoren für die blasende und saugende Bewetterung, ein Druckluftkompressor, eine Wasserdruckerhöhungsanlage, ein Notstromaggregat (200 kVA Leistung), ein Trafo für die Umwandlung der eingezogenen Mittelspannung (16'000 V) auf 380 V bzw. 220 V sowie eine Hochspannungskabeltrommel. Zusätzlich befinden sich auf der Bühne ein Container für die Vortriebsleitung, je ein Lagercontainer für Elektriker und Mechaniker, Hebezeuge, Luttenspeicher für die blasende und saugende Bewetterung sowie ein Wartungsbereich für die Monorail.

Genauso wie Ventilationsbühne, Sohlbetonbühne und Förderbänder verfährt die Vortriebsbühne in Hängeschienssträngen, welche mittels Ketten und Spezialadapter an Reibrohrankern des Typs Bellex 120 Forte

in front of the heading platform with a sucking ventilator (max. 28 m³/s overall performance), transferred at the rear of the heading platform and from there with a second ventilator through an exhaust airduct of 1,800 mm diameter to the access tunnel. Therefore, the blast fumes are not passing through the heading platform and the invert construction site behind the heading. Before blasting, the ventilation platform is retracted next to the crusher and, therefore, out of danger. All ventilators can be centrally monitored; the ventilation platform can be extended via friction wheel drive at the touch of a button in the safety container area after the blasting. The tunnel constructors are, therefore, rarely exposed to unhealthy blasting fumes, while the ventilation platform enables a fast clearing of the rock face for rubble removal and rock support work.

Geothermal heat is growing with increasing depth of the construction sites; high performance construction equipment produces additional waste heat. In case that ventilation at the Ceneri Base Tunnel (overlays of up to 800 m) would have to be supplemented by cooling systems to comply with SUVA's climate limit, the necessary space for them has already been planned on the heading platforms.

Simultaneous trailing of complete infrastructure and sufficient room for construction equipment

All infrastructure installations can be placed onto the 135 m long heading platform. They are, in particular, a dedusting unit with 1,200 m³/s performance, the ventilators for blowing and suction ventilation, an air com-

pressor, a water pressure booster system, an emergency generator (200 kVA performance), a transformer for conversion of medium voltage (16,000 V) to 380 V, respectively 220 V, as well as a high voltage cable drum. A container for the heading management, one storage container each for electricians and mechanics, lifting devices, airduct cassettes for blowing and suction ventilation as well as a maintenance area for the monorail, are also placed onto the platform.



am Gewölbe aufgehängt sind. Drei Schreitwerke samt dazugehöriger Hydraulik und Steuerung sind auf der Vortriebsbühne, 3 weitere entlang des Schleppbandes so verteilt, dass die gesamte Vortriebsinstallation per Knopfdruck und dem Vortriebsfortschritt entsprechend nach vorne gezogen werden kann.

Unter der Vortriebsbühne steht den Tunnelbauern auf der Sohle eine zweite Arbeitsfläche und ein abstützungsfreier Ar-

beits-, Manövrier- und Parkraum zur Verfügung (Bild 3). Mit den übersichtlichen Platzverhältnissen, durch die Rationalisierung der Arbeitsabläufe und dank der großzügigen Beleuchtung konnte die Arbeitssicherheit maßgebend erhöht werden.

Backenbrecher, Schleppband und Transferband für die Entsorgungslogistik

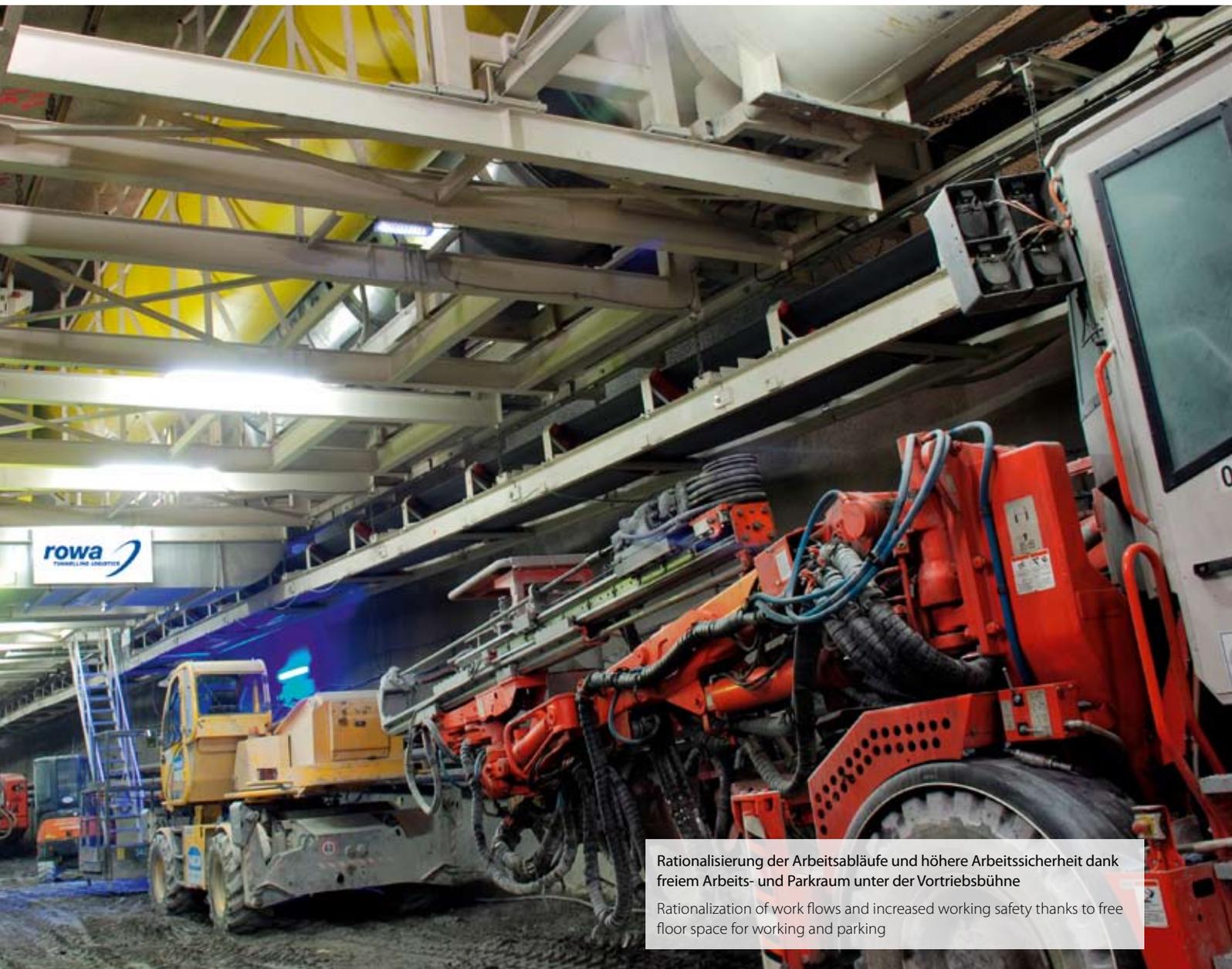
Rowa Tunnelling Logistics AG und ihr Auftraggeber Consor-

Precisely like the ventilation platform, the invert platform and the conveyors, the heading platform moves on suspension tracks suspended from the vault with chains and special adaptors to friction rockbolts of the Bellex 120 Forte type.

Three stepping devices with appropriate hydraulics and control are placed on the heading platform, 3 additional ones are placed alongside the towing conveyor in such a way that the entire heading installation can

be pulled forward at the touch of a button and according to the heading progress.

Below the heading platform on the invert, the tunnel constructors have a second working level and free floor space for working, maneuvering and parking at their disposal (Fig. 3). Working safety has been increased substantially thanks to clearly arranged space conditions, the rationalization of work flows and the generous illumination.



Rationalisierung der Arbeitsabläufe und höhere Arbeitssicherheit dank freiem Arbeits- und Parkraum unter der Vortriebsbühne

Rationalization of work flows and increased working safety thanks to free floor space for working and parking

zio Condotte Cossi haben ein Logistiksystem umgesetzt, mittels welchem der Materialtransport per Knopfdruck von der Brust bis zum Portal des Fensterstollens und – unter Einbezug des Unterakkordant Materialbewirtschaftung – bis zur Deponie gesteuert werden kann.

Das ausgebrochene Material wird nach jedem Abschlag von der Ortsbrust mit einem Fahrer über eine Distanz von 50 bis 70 m zum raupenmobilen Brecher mit Vorsieb, Sieb und Metallausscheider transportiert.

Unter der Vortriebsbühne hängt das 630 m lange und 800 mm breite Schleppband, welches für die Entsorgung des vom Backenbrecher zerkleinerten Ausbruchmaterials verantwortlich ist. Der Steigbereich hinter dem Brecher kann für das Verschieben der Hängebühne hochgezogen werden.

Das Schleppband wirft das Ausbruchmaterial auf ein Transferband ab, welches alle 330 m gleichzeitig mit der Verlängerung des Streckenbandes nachgezogen wird. Querbänder transportieren das Ausbruchmaterial der Oströhren durch die Querschläge zu den Streckenbändern in den Weströhren (Bild 4).

Eine Monorail stellt direkte Versorgung des Vortriebs sicher

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

Die Monorail verfährt in einem zusätzlichen Hängeschienenstrang, welcher mittels Ketten und Ringschrauben an Reibrohrankern des Typs Bellex 240 Forte Mono am Gewölbe aufgehängt ist. Abspannungen fangen die auftretenden Beschleunigungs- und Verzögerungskräfte ab.

Die Materialien werden per Lkw auf der fertig erstellten Tunnelsohle in den dafür vorgesehenen Behältnissen angeliefert. Mit der Monorail (Nutzlast 15 t, Bild 5) werden diese Lasten direkt bis zum Vortrieb mit einer maximalen Geschwindigkeit von 1,8 m/s transportiert. Zwischenstationen entlang der 400 m langen Strecke können ebenfalls bedient werden.

Tunnelsohle wird laufend mit dem Vortrieb erstellt

Die Sohle wird auf der ganzen Breite gleichzeitig zum Vortrieb mit einer selbstschreitenden



Übergabe des Ausbruchmaterials der Oströhre auf das Streckenband in der Weströhre

Cross conveyor drops the excavation material of the Eastern tube on to the continuous conveyor in the Western tube

Schalung nachgezogen. Der Ort beton wird per Lkw angeliefert und mit einem an der Sohlbetonbühne hängenden 15-t-Schwerlastkran (Bild 6)

Jaw crusher, towing conveyor and transfer conveyor for muck removal logistics

Rowa Tunnelling Logistics AG and their client Consorzio Condotte Cossi have implemented a logistics system which allows for direct material transport from the rock face to the portal of the access tunnel at the touch of a button – and, taking into account the subcontractor for material handling – all the way to the muck disposal site.

The excavated material is transported after every blast with a wheel loader from the rock face over a distance of 50 to 70 m to the mobile crawler type crusher with primary screen, screen and metal separator.

The 630 m long and 800 mm wide towing conveyor for removal of the excavation material crushed by the jaw crusher is suspended below the heading platform. The ascending area behind the crusher can be lifted for

wed every 330 m, simultaneously with the extension of the continuous conveyor. Cross conveyors are transporting the excavation muck of the Eastern tubes through cross passages to the continuous conveyors in the Western tubes (Fig. 4).

A monorail guarantees direct supply of the heading

Supply of the heading with rock support material, shotcrete in mixing containers, wear and tear material as well as explosives is guaranteed by the monorail, which bridges over the invert construction site and the heading installation.

The monorail moves on an additional suspension track suspended with chains and eye bolts from the vault on friction rockbolts of the Bellex 240 Forte Mono type. Bracings absorb induced acceleration and deceleration forces.

Materials are delivered by truck through the completed tunnel invert in dedicated receptacles. The monorail (load capacity 15 t, Fig. 5) carries these loads directly to the heading with a maximum speed of 1.8 m/s. Interim stations along the 400 m long rail section can equally be supplied.

Tunnel invert continuously being constructed along with the heading

Simultaneously with the heading operation, a self-moving formwork is fitting the entire width of the invert. The in situ concrete is supplied with a truck and transported to the installation site by a 15 t heavy duty crane (Fig. 6) suspended from the invert platform. Heavy replacement parts for the construction equipment can also be transported across

displacement of the suspension platform.

The towing conveyor drops the excavation muck onto a transfer conveyor which is to-



5
Monorail zur direkten Versorgung des Vortriebs
Monorail for direct supply of the heading area

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 kann mit insgesamt 8 Reibradantrieben verfahren werden. Der relative Verfahrweg zur Vortriebsbühne beträgt ca. 50 m, dadurch werden die Abhängigkeiten beider Baustellen wesentlich reduziert.

Erste Erfahrungen bestätigen den Systementscheid

Von den rd. 40 km Einspurröhren, Kavernen, Querschlägen und Stollen, die für den Ceneri-Basistunnel gesamthaft aus-

gebrochen werden müssen, waren bei Redaktionsschluss knapp 1/3 ausgeführt. Drei von insgesamt 4 der gelieferten Vortriebsinstallationen standen bereits in Betrieb und konnten sich bewähren. Die vierte Anlage wird gerade in der Röhre Nord-West fertig montiert.

„Die hohe Mechanisierung des konventionellen Vortriebs bedeutet zunächst eine größere Investition für den Unternehmer, deren Rentabilität ist nur über höhere Vortriebsleistungen zu erzielen“ führt Andrea Ottolin, Projektmanager von Consorzio Condotte Cossi, aus. „Unsere Bergleute konnten schnell den erhöhten Anforderungen der hohen Mechanisierung gerecht werden.

the invert construction site with the travelling crane.

The 66 m long invert platform can be moved with a total of 8 friction drives. The relative traverse path to the heading platform amounts to approx. 50 m, thereby considerably reducing the interdependencies between the 2 construction sites.

First experiences confirm the decision for this system

Out of the altogether approx. 40 km of single track tubes, cross passages and tunnels which have to be excavated for the Ceneri Base Tunnel, almost one third was completed at copy deadline. Three of the 4 heading installations delivered by Rowa

Tunnelling Logistics AG were already operational and their worth confirmed. The fourth installation is presently being assembled in the North-West tunnel.

“The high mechanization of conventional heading initially requires a more substantial investment from the contractor, and profitability can only be achieved by increased heading performances” explains Andrea Ottolin, project manager of Consorzio Condotte Cossi. “Our miners were quickly able to adapt to the increased demands of high mechanization. In spite of existing geotechnical difficulties, we feel that we made the right decision when choosing this system. In the course of the present

6



15-t-Schwerlastkran im Bereich der Sohlbaustelle. Die 66 m lange Sohlbetonbühne kann relativ zur Vortriebsbühne verfahren werden
 15 t heavy duty crane in the invert construction area. The 66 m long invert platform can be moved relative to the heading platform

Trotz der gegenwärtigen geotechnischen Schwierigkeiten fühlen wir uns in unserem Systementscheid bestätigt und werden mit der jetzigen Lernkurve die Produktivität bald markant steigern können. Wir sind stolz, mit unseren Anlagen für den mechanisierten Sprengvortrieb den neuen Benchmark setzen zu können“, so Ottolin weiter.

Vorteile ergeben sich durch den mechanisierten Sprengvortrieb auch für die Gesundheit und Arbeitshygiene der im Vortrieb Beschäftigten. Besonders positiv wurde von den Bergleuten die neue Ventilationsbühne aufgenommen: „Das rasche Abführen der Sprenggase innert Minuten nach jedem Abschlag und die einstellbare Luftmenge

machen unsere Arbeit leichter“, war von den Bergleuten zu vernehmen.

Mit den beschriebenen Anlagen verfolgt die Rowa Tunnelling Logistics AG die stetige Weiterentwicklung der Mechanisierung im Tunnelbau. Diese führt zu einer Rationalisierung der Arbeitsabläufe und somit zu einer bemerkenswerten Produktivitätssteigerung. Des Weiteren profitieren alle Beteiligten von einer Humanisierung der Arbeitsplätze sowie einer gleichzeitigen Erhöhung der Arbeitssicherheit. 

learning process, we will soon be able to increase productivity considerably. We are proud to be in a position to set new standards for mechanized drill and blast heading with our installations“, continues Ottolin.

Also the heading area's health and work hygiene conditions are improved by mechanized drill and blast heading. The new ventilation platform was particularly well received by the miners: “The fast flushing of blast fumes within minutes after each blast and the regulated amount of fresh air make

work easier“, was mentioned by various miners.

With these illustrated installations, Rowa Tunnelling Logistics AG is pursuing the continuous development of mechanization in tunnelling construction. It will lead to a rationalization of work flows and, therefore, to significant productivity increase. And last but not least, all persons involved will profit from more human work places and increased work safety. 

Literatur / References

- [1] Alptransit Gotthard AG (Hrsg.): Die neue Gotthardbahn. 2. Auflage (2005)
- [2] Alptransit Gotthard AG (Hrsg.): Das Jahrhundertbauwerk entsteht. Gotthard-Basistunnel – der längste Tunnel der Welt. 1. Auflage. Bern: Stämpfli Verlag AG (2010)