

Weinbergtunnel Zürich: Alle Vortriebe laufen

M. Börker, M. Ceriani, S. Moser

In tunnel 4/2008 wurde eine erste Beschreibung der Baumaßnahme Weinbergtunnel Lose 3.1 und 3.2 veröffentlicht. Im folgenden Beitrag wird über den weiteren Fortschritt der Arbeiten an diesem wichtigen innerstädtischen Projekt berichtet.

Die Durchführung der Baumaßnahme hat 3 örtliche Schwerpunkte:

- Hauptvortrieb ab Installationsplatz Brunnenhof
- Unterfahrung Südtrakt am Hauptbahnhof Zürich
- Vortrieb Flucht- und Rettungstollen ab Bahnhof Oerlikon.

Die bisherige Bautätigkeit an diesen Schwerpunkten bzw. ausgehend von diesen Örtlichkeiten werden nachfolgend beschrieben.

1 Hauptvortrieb ab Brunnenhof

Seit Baubeginn wurden an dieser Stelle enorme Anstrengungen unternommen, um den Hauptvortrieb rechtzeitig auf den Weg zu schicken. Dies ist auch gelungen. Nur ca. 13 Monate nach Baubeginn konnte die

TBM mit einem Rumpfnachläufer in der Anfahrrohre ihre Arbeit beginnen.

Voraussetzung hierfür war, dass zunächst der Startschacht mit einer Tiefe von ca. 40 m und einem Durchmesser von 23 m erstellt wurde. Weiterhin war der Ausbruch des Vortunnels Richtung Oerlikon durchzuführen, da er als Versorgungstunnel in der Bauzeit benötigt wird.

1.1 Bauablauf

Nach Abschluss dieser Arbeiten konnte im Juli 2008 mit dem Aufbau der TBM und der ersten Nachläufer begonnen werden. Die einzelnen Segmente des TBM-Körpers wurden zunächst im Schacht zusammengesetzt. Das Schneidrad, das zuvor auf der Installationsfläche verschweißt worden war, wurde anschließend in den Schacht gehoben und auf den Antrieb montiert.

In dieser Konstellation verschob man den Schildkörper quer aus dem Schacht heraus in die Achse des Haupttunnels, die wie im ersten Beitrag dargestellt, exzentrisch zum Schacht gelegen ist (Bild 1). Zu diesem Zweck wurden am Schildkörper

Zurich Weinberg Tunnel: All Drives forging ahead

M. Börker, M. Ceriani, S. Moser

An initial description of the contract sections 3.1 and 3.2 was published in tunnel 4/2008. The following report deals with further progress made by work on this important inner urban project.

The execution of the construction scheme involves 3 local main aspects:

- the main drive from the Brunnenhof installation yard
- undercutting the south section of Zurich Central Station
- driving the escape and rescue tunnel from Oerlikon Station.

1 Main Drive from Brunnenhof

Since the start of construction enormous efforts have been undertaken at this point to ensure that the main drive got underway promptly. This endeavour has also succeeded. Only 13 months after construction began the TBM with a rump back-up was able to begin work in the start-up tube.

The prior condition for this was that first of all, the starting shaft with a depth of roughly 40 m and 23 m in diameter was created. In addition the advance tunnel in the direction of Oerlikon had to be excavated as it is required to carry supplies during the construction phase.

1.1 Construction Procedure

After these operations were concluded assembling the TBM

and the first trailer could be begun in July 2008. The individual segments of the body of the TBM were first put together in the shaft. The cutting wheel, which had previously been welded together on the installation yard, was subsequently lifted into the shaft and mounted on to the driving unit.

Given this set-up the shield body was moved laterally out of the shaft into the axis of the main tunnel, which as is presented in the first report, is located eccentrically to the shaft (Fig. 1). Towards this end steel brackets were welded on to the shield body, beneath which heavy-duty rollers were placed – after hydraulic jacks were used to raise it. With the help of these temporary undercarriages the shield was firstly moved laterally into the tunnel axis and then along the axis to the end of the start-up tube.

Manfred Börker, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG, Bereich Tunnelbau, Frankfurt am Main/D
Marco Ceriani, SBB Infrastruktur PM DML Abschnittsleiter A3
Stefan Moser, IG ZALO, Chef-Bauleiter

Manfred Börker, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG, Tunnelling Division, Frankfurt am Main/D
Marco Ceriani, SBB Infrastruktur PM DML, Section Manager A3
Stefan Moser, IG ZALO, Head Construction Manager

Stahlkonsolen angeschweißt, unter die – nach Anheben mittels Hydraulikpressen – Schwelastrollen gesetzt wurden. Mithilfe dieser temporären Fahrwerke konnte der Schild nächst quer in die Tunnelachse und anschließend längs der Tunnelachse bis zum Ende der Startröhre verschoben werden.

Nachdem der Schild auf der Schildwiege platziert war, mussten die Nachläufer mit den Antriebs- und Versorgungsaggregaten in der Startröhre und im Vortunnel Richtung Oerlikon installiert werden. Vorbereitend wurde hierzu im Vortunnel und in der Startröhre eine Nachläuferfahrbahn aus Stahlträgern aufgebaut. Die Nachlaufwagen wurden an der Oberfläche montiert und mittels Pneuroman in den Schacht abgesenkt. Der Querverschub bis zur Fahrbahn erfolgte mithilfe eines verfahrbaren Stahlgerüsts, das bis in die Achse der Fahrbahn geschoben werden konnte (Bild 2).

TBM und Rumpfnachläufer nahmen Ende Oktober 2008 die Bohrarbeiten auf. Bis zur Weihnachtspause wurden 102 Ringe à 2 m Breite eingebaut. Während dieser Vortriebsstrecke waren Molasse und Glimmersandstein zu durchlöchern und erste Hausunterführungen (u. a. das Radiostudio DRS) zu bewältigen. Die Vortriebsarbeiten blieben ohne Setzungen für die Gebäude, jedoch zeigte sich der Glimmersandstein verschleißträchtiger als erwartet.

Im Januar 2009 begann die zweite Phase für den Aufbau der Vortriebsanlage. Die noch fehlenden Nachläufer für den Sohleinbau und der Rohrlegewagen für die spätere Hydrostrecke mussten ergänzt werden. Daneben waren auch die Materialsilos mit entsprechenden Förderbändern im Vortunnel zu installieren und die Betonmischanlage an der Oberfläche neben dem Schachtkopf aufzubauen. Diese wird den Beton lie-



1 Querverschub der TBM

1 TBM lateral movement

fern für die Sohle und das Innengewölbe des Tunnels. Ferner war in der Vortriebspause der Sohlbeton und die Sohlauffüllung für die bisher aufgefahrne Vortriebsstrecke nachzuziehen (Bild 3).

Die aufgezählten Arbeiten waren im Zeitraum bis zum 23. März 2009 zu erledigen, um dann den Leistungsvortrieb aufnehmen zu können. Durch konsequente Arbeitsvorbereitung und enge Nachverfolgung der laufenden Arbeiten konnte dieses gesteckte Ziel erreicht werden. Die Vortriebsarbeiten laufen seither im Einschichtbetrieb an 5 Tagen/Woche.

1.2 Durchfahren der Felsdepression Buchegg

Etwa 240 m nach Wiederanfahrt der TBM wurde die Felsdepression Buchegg angetroffen. An dieser Stelle taucht der Molassefels bis auf Firstniveau bis leicht darunter ab und es erscheint in der Tunnelfirste eine Kalkbank mit darüber liegendem Lockergesteinshorizont, bestehend aus Grundmoräne, eiszeitlichen Schottern und Moräne. Der Grundwasserhorizont in den Schottern ist dabei durch Brunnen bis auf OK Grundmoräne abgesenkt. Die Depression

After the shield had been placed on the shield cradle, the trailers with the drive and supply aggregates had to be installed in the start-up tube and in the advance tunnel in the direction of Oerlikon. For this purpose a structure consisting of steel girders was set up to carry the back-up in the advance tunnel and the start-up tube. The trailers were mounted to the surface and lowered into the shaft by means of a mobile crane. The cross movement on to the roadway was executed with the aid of a mobile steel structure, which could be pushed into the roadway axis (Fig. 2).

The TBM and the rump back-up system began operating at the end of October 2008. By the time the Xmas break arrived 102 rings, 2 m in width, were installed. Molasse and mica sandstone had to be penetrated in the course of this section and the first buildings were undercut (including the DRS Radiostudio). The driving operations did not produce any settlements but showed, however, that the mica sandstone was more prone to wear than expected.

The second phase for setting up the driving installation be-

gan in January 2009. The trailers still lacking for installing the base invert and the carriage for laying pipes for the subsequent hydro section had to be added. In addition the material silos with the corresponding belt conveyors had to be installed in the advance tunnel and the concrete mixing plant set up on the surface next to the shaft head. This will supply the concrete for the floor and the tunnel's inner vault. Furthermore the base concrete and the base fill for the section already driven had to be produced during breaks in driving (Fig. 3).

The listed jobs were to be carried out during the period up to March 23rd, 2009 in order to be in a position to commence with the high performance drive. Thanks to consistent work preparation and close pursuit of the ongoing operations this aim was attained. Since then driving operations have been taking place 5 days per week on a single-shift basis.

1.2 Penetrating the Buchegg Rock Depression

The Buchegg rock depression was encountered roughly 240 m after resuming the TBM excavation. At this point the molasse field dipped down to tunnel roof level and even slightly below it and a bank of lime with a soft ground section above it consisting of ground moraine, glacial gravels and moraine appeared at tunnel roof level. The groundwater table in the gravels was then lowered thanks to wells to the level of the ground moraine. The depression extends over a length of some 210 m.

The rock depression was mastered without the driving method having to be modified, so that as a result a safety plan was projected in advance by the project compiler. Possible incidents were collected and assessed in this plan and the

erstreckt sich über eine Länge von ca. 210 m.

Die Felsdepression war ohne Umstellung der Vortriebsmethode zu bewältigen, daher wurde im Vorfeld ein Sicherheitsplan durch den Projektverfasser ausgearbeitet. In diesem werden die möglichen Ereignisse erfasst und bewertet, entsprechend sind dazu die erforderlichen Regel-, Sonder- oder Zusatzmaßnahmen definiert. Für die Sonder- und Zusatzmaßnahmen sind vom Unternehmer spezielle Geräte und Materialien bereit zu halten. Die Vorhaltung wurde in Absprache zwischen Bauherr, PV und Unternehmung festgelegt. Weiterhin wurde zur Beschleunigung der Bohrarbeiten ein Durchlaufbetrieb für die Phase Felsdepression eingerichtet.

Am 20. April 2009 wurde die markante Stelle erreicht und bis Anfang Mai konnte die Felsdepression ohne Probleme bewältigt werden. Nun ist die TBM unter normalen geologischen Verhältnissen unterwegs und per Anfang Mai 2009 waren ca. 670 m Tunnel aufgeföhren.

2 Unterföhhrung Südtrakt

Die Aktivitäten waren zu Beginn geprägt von den vorbereitenden Abbruch- und Umbauarbeiten in der Zentralen Anlieferung des Bahnhofs Zürich und dem Shop Ville, dem etappenweisen Einbau einer Hilfsbrücke über den späteren Schacht (Bild 4) neben dem Aufbau, Komplettierung der Installationen und den Installationsplattformen. Die eigentlichen Bauarbeiten am Schacht konnten erst nach Abschluss der Vorbereitungsarbeiten beginnen.

Der Schacht dient zeitlich parallel unterschiedlichen Zwecken und ist daher zweigeteilt. Zum einen werden aus ihm die

Längsstollen und der Tunnel unter dem Südtrakt hergestellt, zum anderen die Bauhilfsmaßnahmen für die Ankunft der TBM-Haupttunnel (Injektionen Dichtblock, Großrohrschirm) durchgeführt.

Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten wurden die Schlitzwände der Schachtschließung in 2 Etappen hergestellt. Teil 1 der Schlitzwand (Bogenschlitzwand Ankunftsseite TBM) wurde im Juli/August 2008 erstellt. Teil 2 für die restlichen Außenwände und die Mittelwand folgte im Oktober bis Dezember 2008, nachdem der Kopfbalken für den ersten Teil abgeschlossen war. Die Schlitzwände wurden in den Molassefelsen eingebunden. Der Abtransport des Schlitzwandaushubes wurde mittels Mulden bewerkstelligt. Die Entsandungsanlage und die Bentonitvorratsbehälter waren an der Oberfläche vor dem Nordtrakt des Bahnhofs aufgestellt.

Die Schlitzarbeiten waren unter beschränkter Arbeitshöhe ($H_{\max} = 5,75$ m) durchzuführen (Bild 5). Das Einheben und Herausholen der Bagger konnte einzig mit dem neben dem Schacht montierten Turmdrehkran erfolgen, weshalb die

necessary standard, special and additional measures defined accordingly. Special equipment and material have to be made available by the contractor for these special and additional measures. This was decided on following consultations between the client, project compiler and the contractor. In addition a continuous operation for the rock depression phase was established in order to speed it up.

On April 20th, 2009, this tricky section was reached and the rock depression was overcome by the beginning of May without any difficulty. The TBM is now forging ahead under normal geological conditions and around 670 m of tunnel had been driven by the beginning of May 2009.

2 Undercutting the southern Section

Initially activities were characterised by the preparatory demolition and conversion operations for the Central Delivery Unit of Zurich Central Station and the Shop Ville, the stage-by-stage setting up of an ancillary bridge above the subsequent shaft (Fig. 4) in addition to the assembly as well as completion

of the installations and the installation platforms. The actual construction work for the shaft could only be embarked on once these preparatory jobs had been accomplished.

The shaft serves various tasks at one and the same time and is thus split into two. Firstly the longitudinal heading and the tunnel beneath the southern section are produced from it and secondly the ancillary construction measures for the arrival of the main tunnel TBM (grouting the sealing block, large pipe umbrella) are undertaken.

On account of the local conditions the diaphragm walls for the shaft enclosure were created in 2 stages. Part 1 of the diaphragm walls (arched diaphragm wall at the TBM arrival side) was produced in July/August 2008. Part 2 for the remaining outer walls and the central wall was carried out from October to December 2008 after the head beam for the first part had been completed. The diaphragm walls were integrated in the molasse rock. Wagons were used to remove the excavated material from the walls. The desanding plant and the bentonite supply container were set up on the surface in front of the northern section of the station.

The work on the diaphragm walls had to be carried out under constricted conditions ($H_{\max} = 5,75$ m) (Fig. 5). The excavators could only be lowered into and raised out of the shaft by the rotary crane mounted alongside it as a result of which they had to be partly dismantled for this purpose.

After the diaphragm walls were created the 2 halves of the shaft were excavated and back-anchored – with different excavation levels being accomplished. The excavation height at the side of the longitudinal heading was roughly 2 m high-



2 Verschubgerüst Nachläufer

2 Backup movement structure

Bagger zu diesem Zweck teildemontiert werden mussten.

Auf die Schlitzwandherstellung folgte der Aushub und die Rückverankerung der beiden Schachthälften, wobei unterschiedliche Aushubniveaus realisiert wurden. Auf Seite der Längsstollen war das Aushubniveau ca. 2 m höher als auf der Seite Injektionsblock und Großrohrschirm.

Nachfolgend begann die erste Etappe der Injektionsarbeiten für den Zielblock, d. h. die oberen 6 Injektionsreihen wurden gebohrt und die Manschettenrohre mit Doppelpacker verpresst. Ende März 2009 war diese Etappe abgeschlossen und es konnten die Installationen für die Pressung der ersten Rohre des Großrohrschirms im Schacht platziert werden. Die erste Etappe umfasst dabei die Rohre Nr. 4, 2, 1, 3, d. h. alle Rohre, die direkt über der Firste des Haupttunnels zu liegen kommen. Sie haben einen Durchmesser DN 1800. Per Ende April 2009 lief der Vortrieb des ersten Rohrstranges mit einer Länge von 125 m.

Die Separationsanlage und Bentonitvorratsbehälter für die Rohrpressungen sind, ca. 300 m entfernt vom Ort der Rohrpressung, auf einer Plattform über der Limmat untergebracht. Deren Gründung besteht aus Holzpfählen, die in den Grund der Limmat gerammt wurden.

In der anderen Schachthälfte wurden zeitgleich die Arbeiten für die erste Rohrschirmetappe der Längsstollen Nord und Süd unter dem Südtrakt des Hauptbahnhof Zürich begonnen (Bild 6). Jeder Rohrschirm besteht aus 27 Rohren mit Durchmesser 140 mm, die von den Ulmenbereichen über der Firste angeordnet sind. Zusätzlich werden über diesen Rohren (in der Firste) nochmals in einer parallelen Reihe 10 weitere Rohre angeordnet zur



3 Herstellung Sohlbeton

3 Production of base concrete

Verstärkung des Firstsegmentes. Der Achsabstand aller Rohre beträgt jeweils 40 cm. Bei Rohrlängen von 14 m ist die nutzbare Vortriebslänge für den Stollenvortrieb auf 10 m begrenzt. Die Rohrschirmetappen werden in Längsrichtung der Stollen im Sägezahnprofil aneinander gereiht; damit entsteht eine Überlappung von 4 m zwischen den einzelnen Etappen.

Für die Stabilisierung der Ortsbrust während des Vortriebs der Längsstollen werden alle 5 m 26 Injektionsbohran-

er than at the side for the grouting block and the large pipe umbrella.

Then the first stage of the grouting operations for the target block was undertaken, i.e. the first 6 grouting rows were drilled and the sleeve pipes grouted with double packers. At the end of March 2009 this stage was completed and the installations for the first pipes for the large pipe umbrella set in the shaft. The first stage relates to the pipes Nos. 4, 2, 1, 3 i.e. all pipes, which lie above the roof of the main tunnel. They pos-

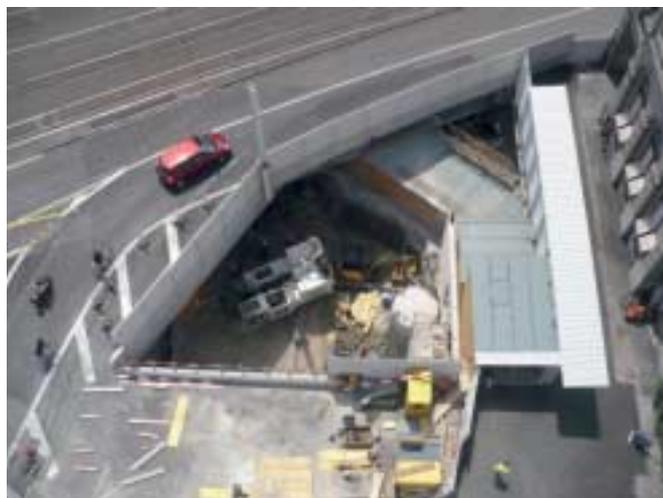
sess DN 1800 diameter. At the end of April 2009 the first pipe column with a length of 125 m was being driven.

The separation plant and bentonite supply container for grouting the pipes are situated roughly 300 m away from the point where the pipes are grouted, on a platform above the Limmat. They are set on wooden piles, which were rammed into the bed of the Limmat.

Simultaneously work on the first pipe umbrella stage for the northern and southern longitudinal headings was commenced below the southern section of Zurich Central Station (Fig. 6) in the other half of the shaft. Each pipe umbrella consists of 27 pipes 140 mm in diameter, which are installed extending from the wall sectors above the roof. Additionally above these pipes (in the roof) a further 10 pipes are installed in a parallel row to reinforce the roof segment. The centre distance between the pipes amounts to 30 cm in each case. Given pipe lengths of 14 m the useful driving length for driving the heading is restricted to 10 m. The pipe umbrella stages are installed alongside each other in the longitudinal direction of the heading with a sawtooth profile; as a result there is a 4 m overlap between the individual stages.

Twenty six 10 m long injection bore anchors are installed every 5 m to stabilise the face so that altogether 52 anchors reinforce the face.

At the beginning of May 2009 the first pipe umbrella sections in the northern and southern headings had been completed. The excavation of the southern heading had begun and had arrived at the end of the first pipe umbrella stage (Fig. 7). The second stage was under construction. Work on driving the northern heading can first be started when a stage



4 Hilfsbrücke über Schacht

4 Ancillary bridge over the shaft

ker mit 10 m versetzt, sodass immer 52 Anker die Ortsbrust verstärken.

Per Anfang Mai 2009 waren die ersten Rohrschirmetappen im Nord- und Südstollen fertig gestellt. Der Vortrieb des Stollens Süd hatte begonnen und war am Ende der ersten Rohrschirmetappe angelangt (Bild 7); die zweite Etappe war in Arbeit. Der Vortrieb im Nordstollen kann erst begonnen werden, wenn im Südstollen eine Etappe ausgebrochen ist.

3 Flucht- und Rettungsstollen

In der Ausführungsphase wurde das Konzept bezüglich Notausgängen und Rettungsstollen gegenüber dem ursprünglichen in der Ausschreibung angepasst. Grundlage hierfür war die Plangenehmigungsverfügung vom 20. Dezember 2006, aufgrund derer die Abstände der Notausgänge im zentralen Bereich des Weinbergtunnels auf rd. 500 m zu verkürzen waren (ursprünglich 1000 m).

Die Optimierung des Konzeptes, beruhend auf einem Untermehrvorschlag, sieht vor, einen zum Haupttunnel parallel geführten Flucht- und Rettungsstollen (FLRS) zu bauen, dessen Portal beim Einschnitt am Bahnhof Oerlikon liegt. Diese Lösung wurde der Arge Tunnel Weinberg beauftragt.

Nach abgeschlossener Projektierung begannen die Arbeiten vor Ort im April 2008 mit der Herstellung des Voreinschnittes für den Flucht- und Rettungsstollen auf dem Installationsplatz Oerlikon.

Nach der Erstellung des Voreinschnittes starteten die Vortriebsarbeiten für den Stollen Mitte Juli 2008. Die ersten Meter waren konventionell mit einer TSM aufzufahren. Der Grund lag in der vorherrschenden Geologie, welche aus



5 Schlitzwandbagger beim Aushub

5 Excavator for diaphragm walls in action

Lockermaterial im Übergang zum Felshorizont bestand. Dieser Stollenabschnitt hat einen Querschnitt von ca. 20 m² und schlussendlich eine Länge von 72 m. Während dieser Vortriebsphase erfolgten die Schutterung und die Verladung des Ausbruchs mit einem Pneulader auf die Bahn.

Parallel zum Auffahren der ersten Tunnelmeter wurde im Voreinschnitt die Gripper-TBM mit Nachläuferteilen für den anschließenden Maschinenvortrieb in der Molasse aufgebaut. Die TBM hat einen Bohrdurchmesser von 4,75 m. Nach Abschluss der Montage konnte die TBM in den Vortunnel schreiten. Die Bohrarbeiten begannen Ende September 2008 und dauern derzeit noch an. Die Bohrstrecke hat eine Länge von 4387 m und endet am Tiefpunkt des Haupttunnels. Von dort wird der FLRS mittels eines 542 m langen TSM-Vortriebes an die Oberfläche geführt und mündet beim Seilergraben wieder ins Freie (Bild 8).

Die ersten Bohrmeter bis ca. TM 450 waren gekennzeichnet durch Wasserzutritte, Niederbrüche bis ca. 1,5 m und damit verbunden aufwändigen Sicherungsmaßnahmen. Bedingt war dies durch die Lage der

has been excavated in the southern one.

3 Escape and Rescue Tunnel

During the execution phase the concept pertaining to the emergency exits and rescue headings was modified compared with what was originally projected at the tendering stage. The basis for this was the plan approval procedure dating from December 20th, 2006, as a result of which the gaps between the emergency exits in the central section of the Weinberg Tunnel were reduced to some 500 m (originally 1,000 m).

Optimisation of the concept based on a proposal by the contractor, foresees the construction of an escape and rescue tunnel (FLRS) running parallel to the main tunnel, whose portal is located at the cutting at Oerlikon Station. The Tunnel Weinberg Consortium was commissioned to execute this solution.

Following the conclusion of the planning work, construction on the spot started in April 2008 with the production of the pre-cut for the escape and res-

cue tunnel on the Oerlikon installation yard.

Once the pre-cut was produced driving operations for the heading began in mid-July 2008. The first metres were driven conventionally using a roadheader. The reason for this was the prevailing geology, which consisted of soft ground transforming to rock. This tunnel section possesses an approx. 20 m² cross-section and an ultimate length of 72 m. During the excavation phase the muck was removed and transferred on to trains by means of a wheel loader.

Parallel to driving the first metres of the heading the gripper-TBM with back-up components was assembled for the subsequent mechanised excavation in molasse. The TBM possesses a boring diameter of 4.75 m. Once assembly was concluded the TBM was able to move into the advance tunnel. Driving operations commenced at the end of September 2008 and are currently still in progress. The section to be tunnelled is 4,387 m long and finishes up at the lowest point of the main tunnel. From there the FLRS will be directed to the surface by means of a 542 m long roadheader drive emerging into the open at the Seilergraben (Fig. 8).

The first bored metres up until approx. TM 450 were characterised by ingressing water, cave-ins of up to around 1.5 m and associated complex supporting measures. This was caused by the location of the roof of the heading in the rock zone with instable conditions. It was further propagated by the bedded structure of the fresh water molasse given the horizontal formation of the series of strata. The geological conditions markedly improved after TM 450 so that subsequently the rates of advance that were strived for were attained or even exceeded. The rates have

Stollenfiste in der Zone des verschleppten Felshorizontes mit nicht stabilen Gebirgsverhältnissen. Weiter begünstigt wurde dies durch die bankige Struktur der Süßwassermolasse bei horizontaler Lagerung der Schichtpakete. Nach TM 450 besserten sich die geologischen Verhältnisse zusehends, sodass in der Folge die angestrebten Vortriebsleistungen erreicht bzw. überschritten werden konnten. Die Leistungen liegen über Wochen bei 110 bis 132 m/Woche mit einer Tageshöchstleistung von 31,5 m/16 h.

Die Hohlraumsicherung geschieht mit Spritzbeton ($d = 12$ cm), 1 Lage Netzen und Reibrohrankern ($l = 2,4$ m), ergänzt durch UNP Einbauprofile (Bild 9).

Per Anfang Mai 2009 waren ca. 2000 m Stollen gebohrt, was ca. 45 % der Gesamtstrecke entspricht.

Das Ausbruchmaterial wird über die Bunkersilos und die Materialverladeanlage auf dem Installationsplatz Oerlikon per Bahn abtransportiert. Hierzu wurde das Materialtransportband aus dem Tunnel mit einem Unterflur-Querband und einem Steigband an die Bunkersilos des Haupttunnelvortriebes angeschlossen.

4 Logistikanlage in Oerlikon

Die Logistikanlage in Oerlikon ist aufgebaut und seit Ende März 2009 mit all ihren Komponenten in Betrieb. Es handelt sich dabei um folgende Einheiten:

Auf der Westseite des Bahnhofes Oerlikon

- Entladegasse für Kies.

Auf der Ostseite des Bahnhofes

- Bunkersilos für Ausbruchmaterial aus dem Haupttunnel und dem FLRS

- Verladeanlage für Ausbruchmaterial

- Materialaufgabe für Ausbruch aus dem FLRS



6 Zweigeteilter Schacht am Südtrakt

6 2-part shaft at the southern section

- Förderbandsystem zur Verbindung der einzelnen Komponenten mit den Vortrieben (Bild 10).

Der Aufbau der Anlage erfolgte in Abschnitten, so wie es die Bedürfnisse der Vortriebe erforderlich machten. Zum Teil waren die Installationsarbeiten (vor allem im Gleisbereich) nur in der Nacht zu bewältigen, da Gleissperrungen vonnöten waren. Mittels dieser Anlage können die Massengüter per Bahn an- und abtransportiert werden.

Betonzuschlag wird durch eine Bandbrücke über die Gleise

ranged from 110 to 132 m/week for weeks on end given a daily best performance of 31.5 m/16 h.

The cavity is secured using shotcrete ($d = 12$ cm), a layer of netting and friction anchors ($l = 2.4$ m) backed up by UNP profiles (Fig. 9).

As of at the beginning of May 2009, approx. 2,000 m of the heading had been accomplished, representing around 45 % of the total length.

The muck is removed by train via the bunker silos and the material loading unit to the Oerlikon installation yard.



7 Längsstollen Süd: Ausbruch erste Rohrschirmetappe

7 South longitudinal heading: excavation of the first pipe umbrella stage

Towards this end the material transport belt from the heading is linked with an underground cross-belt and an ascending belt to the bunker silos of the main tunnel excavation.

4 Logistics System in Oerlikon

The logistics system in Oerlikon has been set up and all its components have been functioning since the end of March 2009. The following units are involved:

On the west side of Oerlikon Station

- discharge channel for gravel.

On the east side of the station

- bunker silos for muck from the main tunnel and the FLRS

- material delivery for muck from the FLRS

- belt conveyor system to connect the individual components with the drives (Fig. 10).

The system was built up in sections in keeping with the requirements of the drives. In some cases the installation work could only be accomplished (above all in conjunction with the tracks) during the night as tracks had to be closed down. Bulk goods are able to be transported to and from the project by means of this system.

Concrete aggregate is carried via a belt bridge above the tracks at Oerlikon and further through the advance tunnel to the shaft bottom at the Brunnenhof installation yard. There an elevator caters for its further transport to the surface to the bunkers for the concrete mixing plant.

The storage containers for the bulk material, which are set up in the advance tunnel, are supplied by means of the same belt system. Towards this end the main belt transfers the bulk material (all-in gravel, drainage gravel and pearl gravel) to a dis-



8 FLRS-Portal mit Ausbruchförderband

8 FLRS portal with muck belt conveyor

von Oerlikon und weiter durch den Vorstollen bis zum Schachtfuß am IP Brunnenhof verfrachtet. Dort sorgt ein Elevator für den Weitertransport an die Oberfläche zu den Bunkern der Betonmischanlage.

Über das gleiche Bandsystem werden die Vorratsbehälter für die Schüttgüter, die im Vortunnel installiert sind, beschickt. Das Hauptband übergibt dabei die Schüttgüter (Wandkies, Sickerkies, Perlkies) auf ein Verteilband, das sich über den Silos befindet und diese einzeln befüllen kann. Entleert werden diese Vorratsbehälter über ein Abzugsband, das unterhalb derselben platziert ist. Dieses Abzugsband belädt direkt die Transportfahrzeuge im Tunnel.

Ein separates Band verläuft von der TBM durch den Vortunnel bis zu den Bunkersilos in Oerlikon. Damit wird der Tunnelausbruch abgefördert. Von den Bunkersilos erfolgt der Weitertransport in die Verladeanlage und in die Waggons der Bahn.

5 Tübbingproduktion

Für den Tunnelausbau wird ein fünfteiliger Tübbingring mit

unten liegendem Schlussstein verwendet. Projektspezifisch sind 3 verschiedene Typen von Tübbingringen herzustellen: Typ A, B für die Molassestrecke des Vortriebes und Typ C für die Hydrostrecke. Die Typen rühren von den abschnittsweise im Tunnel unterschiedlichen Abdichtungssystemen des Rohbaus und vom Vortriebssystem her.

Der Unterschied zwischen Typ A und B liegt in der Dicke der Sohl-tübbinge. Bei Typ B handelt es sich um verstärkte Sohl-tübbinge mit 60 cm Dicke, während bei Typ A alle Tübbinge durchgängig eine Dicke von 30 cm haben. Diese beiden Typen sind Spreitzübbingringe, die im Bereich des Molassefelsens eingesetzt werden.

Typ C unterscheidet sich grundlegend von den anderen beiden. Er ist auf Wasserdichtigkeit ausgelegt und daher mit einer Gummidichtung ausgestattet. Er hat gleichfalls durchgehend eine Dicke von 30 cm, besteht aber aus 6 Teilen plus obenliegendem Schlussstein. Es sind Links- und Rechtsringe geplant.

Alle Tübbinge haben eine Breite von 2,0 m. Für den Tunnelvortrieb sind rd. 2200 Ringe



9 FLRS-Firstsicherung in der gebrächen Zone

9 Securing the FLRS roof in the friable zone

tributor belt, which is located above the silos so that it can fill them individually. The storage containers are emptied via a discharge belt, which is located underneath. This discharge belt directly loads the transport vehicles in the tunnel.

A separate belt runs from the TBM through the advance tunnel up to the bunker silos in Oerlikon. This is used to remove the tunnel muck. It is further transported from the bunker silos to the loading unit and to rail wagons.

5 Segment Production

A 5-part segmental ring with a keystone located at its base is used for lining the tunnel. 3 different types of segmental rings have to be produced for the project: Types A and B for the

molasse section of the excavation and Type C for the hydro section. These types relate to the different sealing systems to be found in various sections of the tunnel at the roughwork stage and to the driving system.

The difference between Types A and B lies in the thickness of the base segments. In the case of Type B the base segments are reinforced and 60 cm thick, whereas all Type A segments are 30 cm thick. Both types are expanding segmental rings, which are used for the molasse rock.

Type C is basically different from the other 2. It is constructed to be watertight and thus fitted with a rubber seal. It is also 30 cm thick, consists of 5 parts plus a keystone at the top. Left-hand and right-hand rings are planned.



10 3-D Gesamtübersicht der Logistikanlage

10 3-D general view of the logistics system

zu produzieren. Die Tübbingproduktion findet ausgelagert am Standort Wilchingen statt. Dort ist ein Fertigteilwerk errichtet worden, ausgestattet mit einer Fabrikationshalle und einem Freilager für die Tübbinge. Die Eigenproduktion erwies sich als die wirtschaftlich günstigste Lösung für die Beschaffung der Fertigteile.

Die Produktion der Tübbinge erfolgt in einer Umlaufproduktion im Wärmerückstauverfahren. Für die Tübbingtypen A und B ist 1 Typ Schalung vorhanden, der umbaubar konzipiert wurde. Es existieren 3 Schalsätze à 5 Schalungen und 3 Schlusssteinschalungen, die im 2-Schichtbetrieb am Tag 3-mal belegt werden. Somit können in einem 5-Tage Betrieb wöchentlich 225 Tübbinge hergestellt werden. Zurzeit werden Tübbinge vom Typ B hergestellt; nach Abschluss dieser Serie wird auf Typ A umgebaut. Zum Ende der Produktionszeit wird der Typ C in Angriff genommen.

Ab dem Außenlager werden die Tübbinge per Lkw-Transport zum Installationsplatz Brunnenhof in Zürich befördert.

6 Ausblick

Im Augenblick sind alle Vortriebe, die im Projekt Weinbergtunnel Abschnitt 3 beinhaltet sind, in Arbeit. Im Bauprogramm ist vorgesehen, dass der Flucht- und Rettungsstollen als erster seinen Zielpunkt erreicht. Geplant ist hierfür Ende Oktober 2009. Bis Ende 2009 wird dann die Gripper-TBM größtenteils demontiert sein.

Der Vortrieb Haupttunnel wird planmäßig im Frühjahr 2010 das Ende der Molassestrecke erreichen. Erst dann kann die Anlage auf den Hydrobetrieb umgestellt werden und anschließend die restlichen 246 m zum Schacht Südtrakt bohren.

Die Vortriebe der Längsstollen dauern bis Ende Jahr 2009, bevor mit den Arbeiten an den Schlitzwänden aus den Stollen heraus begonnen werden kann. 

All the segments are 2 m wide. Around 2,200 rings have to be produced for the tunnel excavation. Production of the segments is located in Wilchingen. A prefabricated part plant has been set up there, comprising a production hall and an open area for storing the segments. Producing one's own pre-cast parts emerged as the most economically favourable solution.

The segments are produced on a carousel system using the thermal reflux method. Type 1 formwork, which can be modified, has been devised for segment types A and B. There are 3 formwork sets consisting of 5 units each as well as 3 key-stone units, which are used 3 times daily during a 2-shift operation. In this way 225 segments can be produced per week during a 5-day set-up. Currently Type B segments are being produced but after this series is completed, Type A will be tackled following the necessary modification work. Type C will then be embarked on at the end of the production period.

The segments are transported by lorry from the external yard to the Brunnenhof installation yard in Zurich.

6 Outlook

Currently all drives are in progress relating to section 3 of the Weinberg Tunnel project. The construction programme foresees that the escape and rescue tunnel will be completed first. This is scheduled for the end of October 2009. The gripper-TBM will largely have been dismantled by the end of 2009.

The main tunnel drive will reach the end of the molasse section as scheduled in spring 2010. Only then will it be possible to convert the system to hydro mode and then tunnel the remaining 246 m to the southern section shaft.

The drives for the longitudinal heading will last until the end of 2009 so that the work on the diaphragm walls can be launched from it. 

Tabelle: Am Projekt Beteiligte

Table: Involved in the project

Bauherr Client	SBB AG, vertreten durch/ represented by SBB AG Infrastruktur Projekt Management Durchmesserlinie (PM DML)
Projekt und Bauleitung Project and Construction Management	Ingenieurgesellschaft Zalo: Basler&Hofmann AG, Pöyry Infra AG SNZ Ingenieure AG
Bauunternehmungen Construction Companies	Arge Tunnel Weinberg/ Tunnel Weinberg Consortium (ATW): Implenla Bau AG, Wayss & Freytag Ingenieur- bau AG, Bilfinger Berger AG, PraderLosinger SA