

Dry Excavation with modified Tunnelling Jumbo

Trockener Vortrieb mit umgerüsteten Bohrwagen

The complicated geology presents a challenge to man and machine for the new Stuttgart-Feuerbach rail tunnel, part of the major project Stuttgart 21. Owing to the rock that contains anhydrite, holes for excavation and injections must largely be carried out by the dry drilling method. As a result, modified tunnelling jumbos and vehicles with suction aggregates are deployed. The excavation is partially secured by pipe umbrellas.

Beim neuen Eisenbahntunnel Stuttgart Feuerbach, Teil des Großprojekts Stuttgart 21, fordert die komplizierte Geologie Mensch und Maschine heraus. Aufgrund des anhydrithaltigen Gesteins müssen Vortriebs- und Injektionsbohrungen weitestgehend im Trockenbohrverfahren ausgeführt werden. Zum Einsatz kommen daher umgerüstete Bohrwagen und Fahrzeuge mit Absaugaggregaten. Der Vortrieb wird teils mit Rohrschirmen abgesichert.

Daniel Fleischlin, responsible for tunnelling equipment/ Produktverantwortlicher für Tunnelbaugeräte, Avesco AG, Langenthal, Switzerland/Schweiz

Description of Project

Since 2014, a railway tunnel with two single-track tubes with lengths of 2449 and 2426 m has been under production starting from Stuttgart-Nord. The tunnel for its part is an element of the major project Stuttgart 21, during which Stuttgart's current Central Station – a terminal – is being transformed into a through station located at a greater depth. The new Central Station is to be connected underground by access routes coming from Feuerbach, Bad Cannstatt, Ober- and Untertürkheim as well as the Filder Plain. A JV is charged with producing the Feuerbach Tunnel. It is comprised of three partners: Baresel GmbH (technical management), Alfred Kunz Untertagebau and Bertschinger Bau GmbH.

Anhydrite-bearing Gypsum Keuper

The biggest challenge of this tunneling project is concealed in the rock surrounding the tunnel tubes: it consists partly of swellable, anhydrite-bearing gypsum keuper, which can increase in volume by up to 70 % given appropriate amounts of ingressing water. This reaction could possibly lead to structural damage so that it has far-reaching consequences for tunnelling activities. The Swiss equipment provider Avesco AG modified drilling rigs from the Swedish manufacturer Sandvik for the excavation, which has been largely completed in the interim. This related to the tunnelling jumbo models DT820-SC, DT821-SC and DT922i. A first jumbo of Type DT620-SC was taken to the site to excavate the 319 m long heading from the eastern portal in November 2014. The two single-track tubes connect with this heading. As from mid-September 2015, two additional jumbos were deployed for the excavation at this point. Further jumbos were activated in late April 2016 as well as in May 2018. Thus, five jumbos are engaged on-site.

Projektbeschreibung

Seit 2014 entsteht, ausgehend vom Stadtteil Stuttgart-Nord, ein Eisenbahntunnel mit zwei eingleisigen Röhren von 2449 und 2426 m Länge als Herzstück. Der Tunnel wiederum ist Teil des Großprojekts Stuttgart 21, bei dem der bestehende Stuttgarter Hauptbahnhof – ein Kopfbahnhof – in einen tieferliegenden Durchgangsbahnhof umgewandelt wird. Der neue Hauptbahnhof wird durch Zulaufstrecken aus Richtung Feuerbach, Bad Cannstatt, Ober- und Untertürkheim sowie der Filderebene unterirdisch angebunden.

Mit dem Bau des Tunnels Feuerbach ist eine ARGE beauftragt, in der die drei Partner Baresel GmbH (technische Federführung), Alfred Kunz Untertagebau und Bertschinger Bau GmbH zusammenarbeiten.

Anhydrithaltiger Gipskeuper

Die größte Herausforderung bei diesem Tunnelbauprojekt lauert im Gestein um die Tunnelröhren: Dort steht teils quellfähiger, anhydrithaltiger Gipskeuper an, welcher bei entsprechenden Wasserzutritten um bis zu 70 % an Volumen zunehmen kann. Diese Reaktion könnte gegebenenfalls zu Bauwerksschäden führen und hat daher weitreichende Konsequenzen für die Bohrarbeiten. Für den mittlerweile weitgehend abgeschlossenen Vortrieb hat der Schweizer Bauausrüster Avesco AG Bohrwagen des schwedischen Herstellers Sandvik umgerüstet. Es handelt sich um die Modelle DT820-SC, DT821-SC und DT922i. Ein erster Bohrwagen vom Typ DT820-SC wurde im November 2014 für den Ausbruch des 319 m langen Stollens ab dem östlichen Portal zur Baustelle gebracht. An den Stollen schließen die zwei eingleisigen Röhren an. Ab Mitte September 2015 wurde für den Vortrieb an dieser Stelle zwei zusätzliche Bohrgeräte eingesetzt. Je ein weiterer Bohrwagen folgte Ende April 2016 sowie im Mai 2018. Insgesamt sind damit fünf Bohrwagen vor Ort.

Tunnel Feuerbach, Stuttgart

Client/Bauherr: DB Netz AG,
Frankfurt

Contractor/Bauausführung:
ARGE Tunnel Feuerbach

Partners/Partner:
Baresel GmbH, Alfred Kunz,
Bertschinger Bau GmbH

**Start of construction/
Baubeginn:** 2014

Tunnel length/Tunnellänge:
Cut-and-cover/offene Bauweise:
451 m; Conventional excavation/
Bergmännischer Vortrieb: two
bores of 2449 and 2426 m/ zwei
Röhren mit 2449 und 2426 m

Maximum overburden/

Maximale Überdeckung: 150 m

Minimum overburden/

Minimale Überdeckung: 10 m

Geology/Geologie:

Anhydrite-bearing, leached and
unleached gypsum keuper/
Anhydritführender, ausgelaugter
und unausgelaugter Gipskeuper

Tunnel excavation/

Tunnelvortrieb:

Blasting and excavators/
Spreng- und Baggervortrieb

Drill holes/Bohrungen:

Injection drilling down to 10.30 m
deep as well as blast hole drilling, in
each case executed by five jumbos,
models Sandvik DT820-SC, DT821-
SC and DT922i, modified for dry
drilling (conversion by Avesco AG)/
Injektionsbohrungen bis 10.30 m
Tiefe sowie Sprenglochbohrungen,
jeweils ausgeführt mit fünf für die
Trockenbohrung umgerüsteten
Bohrwagen der Modelle Sandvik
DT820-SC, DT821-SC und DT922i
(Umrüstung durch Avesco AG)



The drill holes for injections and the excavation are executed with a modified Sandvik jumbo on account of the swellable, anhydrite-bearing rock. Instead of flushing the holes with water as usual, air is used. A suction head is mounted on the carriage owing to the enormous dust development

Die Bohrungen für Injektionen und Vortrieb erfolgen aufgrund des quellfähigen, anhydrithaltigen Gesteins mit umgebauten Sandvik Bohrwagen. Statt die Bohrlöcher wie üblich mit Wasser auszuspülen, wird mit Luft gespült. Wegen der enormen Staubentwicklung ist an der Bohrlafette ein Absaugkopf montiert

Credit/Quelle: Avesco



Credit/Quelle: Avesco

The Ilmeg dust removal system was mounted on the Muli-type transporter made by the Austrian Reform company

Auf den Transporter des österreichischen Herstellers Reform, Modell Muli, wurde die Staubabsaugung von Ilmeg aufgebaut

Project-specific modified Jumbos

Usually the boreholes would be flushed using water. However, as the use of water is precluded on account of the anhydrite rock, Avesco converted the jumbos completely for dry tunnelling. As this involves pronounced dust development, a powerful, mobile dust extraction system is essential. In conjunction with the Swedish Ilmeg Products AB, Avesco devised a corresponding piece of equipment in keeping with the client's specifications. A transporter – model Muli – made by the Austrian manufacturer Reform, houses Ilmeg's dust exhaust system. It was assembled at Avesco's headquarters in Langenthal, Switzerland. In addition, Avesco planned and produced the necessary suction heads for the drill carriages, which removed the dust directly at the drill hole. Tunnelling was executed in each case with a combination of jumbo and transporter with suction aggregate.

A further adjustment was required for converting to dry drilling, for before the water normally used to flush the drill holes flows through the drill bit, it is also used as a cooling agent for the hydraulic oil. This function is now taken over by the air cooler mounted on all the jumbos. During the entire period of operation, Avesco tunnelling jumbo specialists cater for the machines' service requirements. The drill hammers for their part are serviced in a section specially set up for the purpose for this major project at the company's workshop in Langenthal.

Pipe Umbrella for the Tunnel Excavation

Furthermore, a special support for the vault was also necessary for part-sections of the tunnel project in Stuttgart-Feuerbach, A pipe umbrella was chosen for securing purposes

Projektspezifisch umgerüstete Bohrwagen

Üblicherweise würden die Bohrlöcher mit Wasser ausgespült. Da ein Wassereinsatz aufgrund des Anhydrit-Gesteins jedoch ausgeschlossen ist, hat Avesco die Bohrwagen für vollständiges Trockenbohren umgerüstet. Da damit naturgemäß eine sehr starke Staubentwicklung verbunden ist, ist eine leistungsstarke und mobile Staubabsaugung unerlässlich.

In Zusammenarbeit mit der schwedischen Ilmeg Products AB konzipierte Avesco gemäß dem Anforderungskatalog des Auftraggebers ein entsprechendes Gerät. Als Grundgerät dient ein Transporter des österreichischen Herstellers Reform, Modell Muli, auf den die Staubabsaugung von Ilmeg am Stammsitz von Avesco in Langenthal, Schweiz, aufgebaut wurde. Zusätzlich plante und fertigte Avesco die notwendigen Absaugköpfe für die Lafetten. Diese saugen den Staub direkt am Bohrloch ab. Im Tunnel erledigt jeweils eine Kombination aus Bohrwagen und Transporter mit Absaugaggregat die Bohrarbeit.

Die Umrüstung für das Trockenbohren machte überdies eine weitere Anpassung notwendig, denn bevor das normalerweise zum Ausspülen des Bohrloches verwendete Wasser durch die Bohrkronen strömt, wird es auch als Kühlmittel für das Hydrauliköl genutzt. Diese Funktion übernehmen nun bei allen Bohrwagen aufgebaute Luftkühler. Während der gesamten Einsatzdauer stellen Bohrwagenspezialisten von Avesco die Wartung der Maschinen sicher. Der Service der Bohrhämmer erfolgt in einem eigens für das Großprojekt eingerichteten Bereich in der firmeneigenen spezialisierten Werkstatt in Langenthal.

Rohrschirmlösung für den Tunnelvortrieb

Beim Tunnelprojekt in Stuttgart-Feuerbach war zudem in Teilbereichen eine besondere Sicherung des Gewölbes erforderlich. Als Sicherungsvariante wurde der Einbau eines Rohrschirms gewählt, der ebenfalls mittels Sandvik Bohrwagen errichtet wurde. Beim Einbau der Rohre kam eine von Avesco entwickelte Methode zur Anwendung, die sich mittlerweile in diversen internationalen Projekten bewährt hat. Die entscheidenden Vorteile dieser Methode liegen in der Verbindung der Rohrsegmente mit einem Verschraubgetriebe und der Steuerung sämtlicher Funktionen vom Ladekorb aus. Auf dem Korb befinden sich beidseitig Aufnahmegabel für das Zuführen der Bohrrohre. Die Übergabe auf die Lafette erfolgt mittels Einlaufarm in ein Prisma, welches auch zur Zentrierung der Rohre dient. Durch eine Verschraubeinheit, welche über dem Einsteckende des Bohrhammers sitzt, kann das Außenrohr sowie mit dem Hammer das Innenrohr der Reihe nach verschraubt werden. Zum Versetzen der Rohrschirme muss die Frontzentrierung durch eine größere Führung ersetzt werden. Die Bohrsteuerung kann während dem Rohrschirmbohren vom Ladekorb aus per Funksender bedient werden. Besonders unter Sicherheitsgesichtspunkten bietet diese von Avesco entwickelte Lösung mit Funksteuerung und automatisierter Verschraubung klare Vorteile gegenüber konventionellen Verfahren.

which was also set up by means of Sandvik jumbos. A method devised by Avesco was applied for installing the pipes, which has proved itself in various international projects. The decisive advantages of this alternative lie in connecting the pipe segments with a bolting system and controlling all functions from the loading basket. There are pick-up forks at both sides of the basket for feeding the drill pipes. Transference to the carriage is undertaken by a feeder arm in a prism. This also serves to centre the pipes. The external pipe can be bolted together with the internal one in the series by means of the drill hammer using the hammer's spigot end. In order to position the pipes, front centring must be taken over by a larger guideway. When the pipe umbrella is drilled, the process is controlled from the loading basket via radio transmitter. This solution devised by Avesco with radio control and automated bolting offers clear advantages vis-à-vis conventional methods particularly with regard to safety aspects.

Measure to prevent circulating Water

In the course of the construction project it was decided to prevent water circulating to assure the safety of the tunnel structure and swelling of the anhydrite rock especially around the tunnel tubes. Extensive drilling work was also needed for this purpose, which also has to be carried out by the dry drilling method. A large number of up to 10.3 m deep holes are produced in the tunnel walls. These are then injected with acrylate gel or polyurethane resins. The intention is to prevent water circulating in the surrounding anhydrite zones in these injected areas.

Software Support for Drilling Work

Nowadays, tunnelling activities are practically unthinkable without effective software support. The Stuttgart-Feuerbach Tunnel is no exception. The process control and planning software iSURE devised by Sandvik is deployed in the jumbos there. iSURE enables drilling plans to be compiled with the desired position, angle and drill hole depth for every single hole. The plan is stored on the jumbo's computer. The carriage is then manoeuvred into position and made ready for deployment. Every prescribed drilling point is located automatically and the drilling boom positioned exactly – also by automatic means. iSURE continuously processes numerous data during the drilling process and provides analysis functions for their evaluation. In this way, a drilling documentation can be very simply compiled for further on-site use. In Stuttgart-Feuerbach, the provision of this documentation was an imperative task for the JV.

www.avesco.ch

Unterbinden der Wasserläufigkeit

Um langfristig die Sicherheit des Tunnelbauwerks zu gewährleisten und ein Aufquellen des anhydrithaltigen Gesteins insbesondere rund um die Tunnelröhren zu verhindern, wurde im Verlauf des Bauprojekts entschieden, die Wasserläufigkeit des Gebirges im Bereich der Röhren zu unterbinden. Auch dafür sind umfangreiche Bohrarbeiten notwendig, die wiederum in Trockenbohrweise ausgeführt werden. Erstellt wird eine Vielzahl an bis zu 10.3 m tiefen Löchern in den Tunnelwänden. Diese werden mit Acrylatgelen oder Polyurethanharzen verpresst. In diesen verpressten Gesteinsbereichen soll die Wasserdurchlässigkeit zu den umgebenden Anhydritbereichen unterbunden sein.

Softwareunterstützung für Bohrarbeiten

Tunnelbohrarbeiten sind heute ohne leistungsstarke Softwareunterstützung kaum mehr denkbar. Der Tunnel Stuttgart-Feuerbach ist keine Ausnahme. Dort kommt in den Bohrwagen die von Sandvik entwickelte Prozesskontroll- und -planungssoftware iSURE zum Einsatz. Mit ihr lassen sich Bohrpläne mit Position, Winkel und Bohrlochtiefe für jedes einzelne Loch erstellen. Der Plan wird auf den Rechner des Bohrwagens aufgespielt. Der Wagen wird anschließend einnavigiert und ist einsatzbereit. Jeder vorgegebene Bohrpunkt wird automatisch angefahren und die Bohrlafette wird, ebenfalls automatisch, in die korrekte Stellung gebracht. iSURE erfasst während des Bohrens laufend zahlreiche Daten und bietet Analysefunktionen für deren Auswertung. Dadurch lässt sich sehr einfach eine Bohrdokumentation für die weitere Verwendung auf der Baustelle erstellen. In Stuttgart-Feuerbach war die Bereitstellung dieser Dokumentation eine zwingend zu erfüllende Anforderung der ARGE.

Thanks to the process control and planning software iSURE, it is possible to compile drilling plans with the desired position, angle and hole depth for every single hole

Mit der Prozesskontroll- und -planungssoftware iSURE lassen sich Bohrpläne mit gewünschter Position, Winkel und Bohrlochtiefe für jedes einzelne Loch erstellen

Credit/Quelle: Avesco

