

Söderledstunnel Stockholm: Generalsanierung der Weströhre

Der bereits 1944 erbaute Söderledstunnel in der schwedischen Hauptstadt Stockholm ist eine der wichtigsten Nord-Süd-Verbindungen der skandinavischen Metropole. Im folgenden Beitrag berichten wir über die Sanierung der Weströhre.

Einführung

Der Söderledstunnel („Weg nach Süden“) ist ein Tunnel zwischen der Zentralbrücke und der Johannishovbrücke und unterfährt die Insel Södermalm in Stockholm. Södermalm gehört zur Innenstadt von Stockholm. Der Tunnel ist ca. 1.580 m lang und unterquert die Insel von Norden nach Süden mit je 2 Röhren und 2 Fahrstreifen.

Auf der Strecke zwischen Brännkyrkagatan und Folkungagatan wurde bereits 1944 ein Tunnel in offener Bauweise errichtet, der von 1964 bis 1966 um 150 m erweitert wurde. Heute befindet sich das Åso-Gymnasium über dem Tunnelabschnitt. Der endgültige Bau begann 1984 und wurde im Januar 1991 mit dem Clarion Hotel am südlichen Ende termingerecht abgeschlossen.

Der Tunnel ist heute eine der wichtigsten Verbindungen zwischen dem Norden und Süden Stockholms mit einer DTV von ca. 80.000 Kfz/24h.

Die Planung für die Generalsanierung erfolgte bereits im Jahr 2004. Die Oströhre wurde zwischen 2005 und 2009

Konrad Aurin, Täby BrandskyddsTeknik AB

in 3 Abschnitten saniert. Für die Weströhre war eine Komplettanierung vorgesehen um Baukosten und -zeit zu reduzieren. Die Sanierung begann am 4. Juli 2011 und war bereits am 27. November 2011 wenige Stunden vor dem Endtermin abgeschlossen, sodass die Weströhre wieder für den Verkehr freigegeben werden konnte. Während der Sanierung arbeiteten bis zu 120 Arbeiter und Ingenieure aus 7 verschiedenen Nationen, teilweise im 3-Schicht-System, gemeinsam im Tunnel.

Auftraggeber für das Projekt war die Stadt Stockholm. Die Sanierung wurde von einer Arge (NSA) bestehend aus Strabag Schweden und E-Schakt durchgeführt. Täby BrandskyddsTeknik (TBT) bekam den Zuschlag für die Brandschutz- und Schallschutzarbeiten sowie die Lieferung und Montage der Fluchtmarkierungen.

Die Generalsanierung umfasste folgende Arbeiten:

Söderleds Tunnel Stockholm: General Refurbishment of the Western Tube

The Söderleds Tunnel in the Swedish capital Stockholm was built in 1944 and is an important line connecting South to North of Sweden. The following article gives an overview of the refurbishment of the western tube.

Introduction

The Söderleds Tunnel („South Way Tunnel“) is a tunnel between the Central Bridge and the Johanneshov Bridge underpassing the island of Södermalm in Stockholm. Södermalm Island belongs to the city center of Stockholm. Approx. 1,580 m long and traverses the island from north to south with 2 tubes and 2 lanes each. On the stretch between Brännkyrkagatan and Folkungagatan an earlier tunnel called Södergatan had been built in 1944 in a cut-and-cover trench. Between 1964 and 1966, it was extended 150 m under Åso High School. The tunnel as it is today was started in 1984. The work was finished on schedule in January 1991 with the Clarion Hotel in the South End.

The tunnel is one of the main connections between north and south Stockholm. The AADT is around 80,000 cars a day.

The design of the refurbishment was done in 2004. The eastern tube was divided in sections for a refurbishment

and was closed 3 times between 2005 and 2009. For the western tube a complete refurbishment was the preferred solution to reduce closing time and cost. For the western tube the traffic was shut down the 4th of July and reopened the 27th of November, a few hours before planned schedule. During the works up to 120 people from 7 different nations worked in the tunnel, partly 24 hours a day.

The refurbishment was awarded to a joint venture of Strabag Sweden and E-Schakt. The client for the project was Trafikkontoret Stockholm. Täby BrandskyddsTeknik got the following works as subcontractor: fire protection, noise reduction and escape signs.

The upgrade includes the following works:

- Hydro-demolition of the damaged or chloride contaminated concrete areas at the tunnel walls
- Shotcrete lining
- Casted cable channel on both sides (Fig. 1)
- Sewage works
- Installation of pre-cast concrete barrier elements

- Hochdruckwasserstrahlfräsen der beschädigten Wandbereiche
- Spritzbetonapplikation
- Betonerte Kabelkanäle auf beiden Seiten (Bild 1)
- Teilerneuerung der Abwasser- und Regenwasserleitungen
- Einbau von Anprallelementen
- Brandschutz in der Tunneldecke
- Neuinstallation der Lärmschutzdecke
- Erneuerung der Installationen und Beleuchtung
- Installation von Lüftern
- Wandbeschichtung mit einer photokatalytischen Beschichtung für NO_x - und Ozon-Reduzierung
- Einbau einer neuen Asphaltdeckschicht

Das Hochdruckwasserstrahlfräsen, die Montage der Anprallelemente, die photokatalytische Beschichtung und die Montage der Brandschutzbekleidung werden im Weiteren detailliert beschrieben.

Hochdruckwasserstrahlfräsen und Spritzbetonapplikation

Die Betonwände waren durch das Eindringen von Chloriden aus Streusalz und die Kohlendioxid-Emissionen durch den Verkehr im Tunnel beschädigt. Bereits aus Voruntersuchungen war bekannt, dass die Schadstoffe bereits bis zur Bewehrungslage in den Beton der Tunnelwände eingedrungen waren. Größtenteils verliefen die Beschädigungen in Bereichen bis 1 m über Fahrbahnniveau. An einigen Bereichen wurde eine komplette Schädigung erwartet. In diesen Bereichen wurde die Betonoberfläche

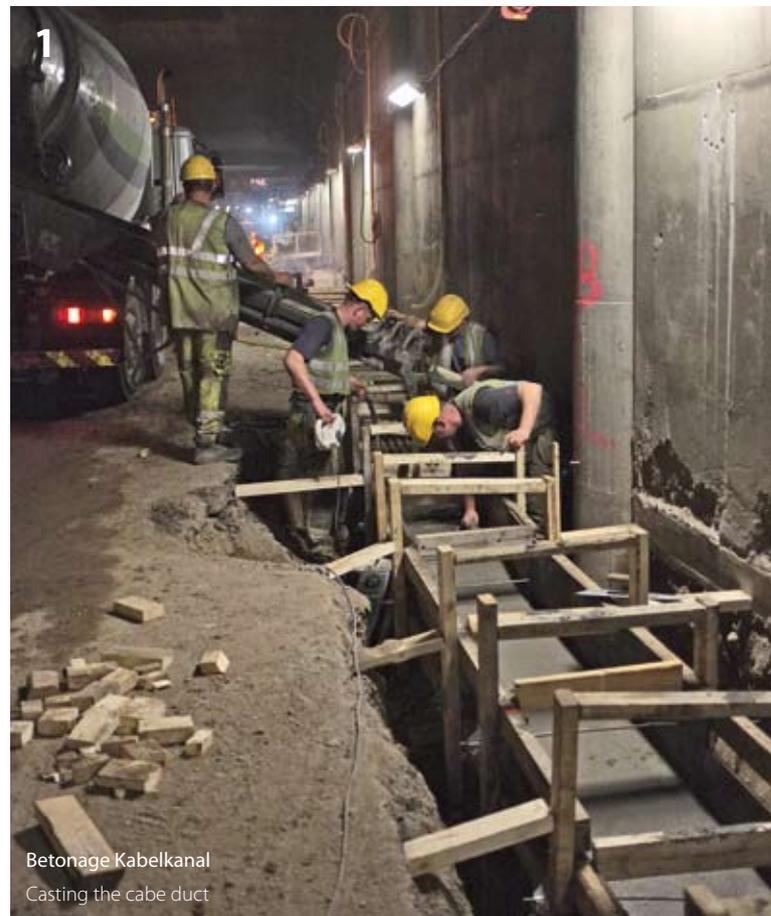
mithilfe von Hochdruckwasserstrahlen zwischen 70 und 100 mm Tiefe entfernt. Danach wurde die freigelegte Bewehrung kontrolliert und gegebenenfalls ausgetauscht. Allerdings waren die Beschädigungen an der Bewehrung weitaus geringer als erwartet und es musste kaum Bewehrung ersetzt werden. Im Anschluss wurde durch Aufbringen von Spritzbeton die notwendige Betondeckung wieder hergestellt (Bild 2).

Einbau der Anprallelemente

Um die Tunnelwände besser vor künftigen Schäden durch Streusalz und Kohlendioxid zu schützen, wurden Betonfertigteile (Anprallelemente) entlang der Wände auf beiden Seiten des Tunnels installiert. Die Höhe der Elemente beträgt ca. 1,7 m. Alle Elemente wurden in Stahlformen betoniert und mit einer Bewehrung aus Edelstahl der Sorte 1.4362 mit sehr hoher Korrosionsbeständigkeit bewehrt. Die Dicke der Elemente an der Unterseite beträgt 180 mm und die Länge eines Standardelements 3,8 m.

Die Elemente wurden mit Edelstahlbolzen M20 und M24 an der Tunnelwand fixiert. Dabei wurde ein Spalt von 80 mm zur Wand gelassen. Dieser wurde im Anschluss mit einem selbstverdichtenden Beton ausgegossen und nach oben mit einer zementhaltigen Dichtschlämme geschlossen.

Insgesamt wurden über 700 Elemente installiert. Zusätzlich wurden die Elemente mit ein STO HG 200 hydrophobiert um weiteren Chlorideintrag zu verhindern. Durch die Montage der Elemente wird der Weg für das Eindringen von Streusalz



Betonage Kabelkanal
Casting the cable duct

- Fire protection of the tunnel ceiling
- Reinstallation of noise reduction ceiling
- New electrical installation
- New ventilation
- Wall coating with photo-catalytic coating for NO_x and Ozon reduction
- New top layer of asphalt

The principle of the hydro demolition, barrier elements and fire protection is described in detail.

Hydro-demolition and shotcrete

The concrete walls in the tunnel had been damaged due to intrusion of chlorides from road salt and carbon dioxide emissions caused by the traffic in the tunnel. It was known that the intrusion of harmful chemicals had

reached to the reinforcement in the walls. The damages applied to the lower parts of the wall in general less than a meter above road level with a few places where the full height of the wall was damaged. In order to repair and assess the damages, particularly to the reinforcement in the wall structures, the surface concrete was removed using hydro-demolition to a depth of 70 to 100 mm. This uncovered the reinforcement and corroded bars could be removed and changed. However the damage to the reinforcement was much less than expected and very little reinforcement had to be replaced.

After necessary repairs the wall and reinforcement was sprayed with shotcrete until satisfactory cover of the reinforcement was achieved (Fig. 2).

und Kohlendioxid verlängert und die Wände strukturell gegen Anprall verstärkt. Das System ist für eine Lebensdauer von mindestens 80 Jahren ausgelegt (Bild 3).

Photokatalytische Wandbeschichtung

Der Bauherr nutzte die Tunnel-sanierung für ein Versuchsprojekt zur Verbesserung der Luftqualität im Tunnel. Dabei sollten der Anteil an NO_x und Ozon reduziert und die Reinigungsfähigkeit der Tunnelwände verbessert werden. Rund 16.000 m^2 Tunnelwände erhielten eine photokatalytische Beschichtung. Die bereits sanierte Oströhre erhielt eine Epoxidharzbeschichtung, sodass vergleichende Messungen zur Luftqualität durchgeführt werden können.

Brandschutz der Tunneldecke

Die Planung der brandschutztechnischen Ertüchtigung basiert auf einer detaillierten Analyse des bestehenden Tunnels und der Überbauung. Aufgrund der schrittweisen Errichtung des Tunnels über einen längeren Zeitraum sind 17 verschiedene Tunnelquerschnitte, vom Felstunnel über Ortbetontunnel bis hin zur Spannbeton-Fertigteildeckbauweise zu finden. Die Überbauung des Tunnels besteht aus Straßen, Wohn- und Gewerbebauten sowie öffentlichen Gebäuden.

Für einen Brandfall im Söderledstunnel wurde von einem Brand mit einer Dauer von 60 Minuten und einer maximalen Temperatur von 1.200 °C als höchstes anzunehmendes Risiko ausgegangen. Aufgrund der Übereinstimmung mit der Temperatur-Zeit-Kurve aus der

ZTV-Ing (ehemals RABT) wurde eine modifizierte ZTV-Ing Brandkurve über 60 Minuten Vollbrand und 110 Minuten Abkühlphase spezifiziert.

Die strukturellen Analysen der bestehenden Betonqualität, Betondeckung, Bewehrung und Form der Tunneldecken und Wände waren Grundlage für die Konzeptionierung. Dabei war der erste Schritt eine numerische Untersuchung des Abplatzverhaltens des Betons. Der hohe Anstieg der Temperatur von 1.200 K in 5 Minuten und die maximale Temperatur von 1.200 °C beeinflussen die Abplatzungen maßgebend. Die Betoneigenschaften wurden dafür wie folgt angesetzt:

- K40, Druckfestigkeit 28,8 MPa
- Zuschläge: quarzitisch bis maximal 32 mm
- Wasser-Zement-Wert: 0,45 bis 0,50
- Feuchtigkeit: 4 %

Die Resultate der Untersuchung weisen ein hohes Risiko für Abplatzungen an der Tunneldecke in Bereichen der Überbauung auf. Das Abplatzrisiko des Betons wird hier noch durch die hohen Biegespannungen aus der Auflast verstärkt. Für die Bereiche ohne Überbauung, z.B. Straßen, wurde ein mittleres Risiko ermittelt. Die Tunnelwände zeigen aufgrund der zu erwarteten geringeren Oberflächentemperatur und Biegespannungen nach den Untersuchungen keine Abplatzungen im Brandfall. Für die unteren Wandbereiche wurden auch die Anprallelemente in die brandschutztechnischen Betrachtungen mit einbezogen. Um die strukturelle Schädigung des Betons durch Tem-



Hochdruckwasserstrahlfräsen der Tunnelwand
Hydro-demolition of the tunnel wall

Precast barrier elements

In order to protect the wall structure from future damages from road salt and carbon dioxide, precast concrete elements (barrier elements) were installed along the walls on both sides. The upper line of the elements is situated about 1.7 m above the road level. All the elements were cast in steel moulds and reinforced with stainless steel bars, EN 1.4362, with very high corrosion resistance. The thickness of the elements at the bottom is 180 mm and the standard length of an element is 3.8 m.

The elements were installed on stainless steel bolts, M20 and M24, at a distance of about 8 cm from the wall i.e. creating a gap between the back of the element and the wall. After installation of

the elements the gap was filled with self compacting concrete and the top was closed with a sealant. The total number of elements installed were over 700. Finally the elements were treated with STO HG 200 to further protect from chloride intrusion.

By this installation a much longer way for salt and carbon dioxide intrusion to the structural reinforcement in the walls has been created. The system is designed for a lifetime of a minimum of 80 years (Fig. 3).

Fire protection

The fire protection upgrade based on a detailed analysis and planning of the existing tunnel and top structure. Due to the step by step construction of the tunnel there are 17 different cross sections from rock tunnel

ETONIS® – IHR BAUSTEIN FÜR MEHR KOSTENSICHERHEIT IM TUNNELBAU



Österreichische Gesellschaft
für Geomechanik

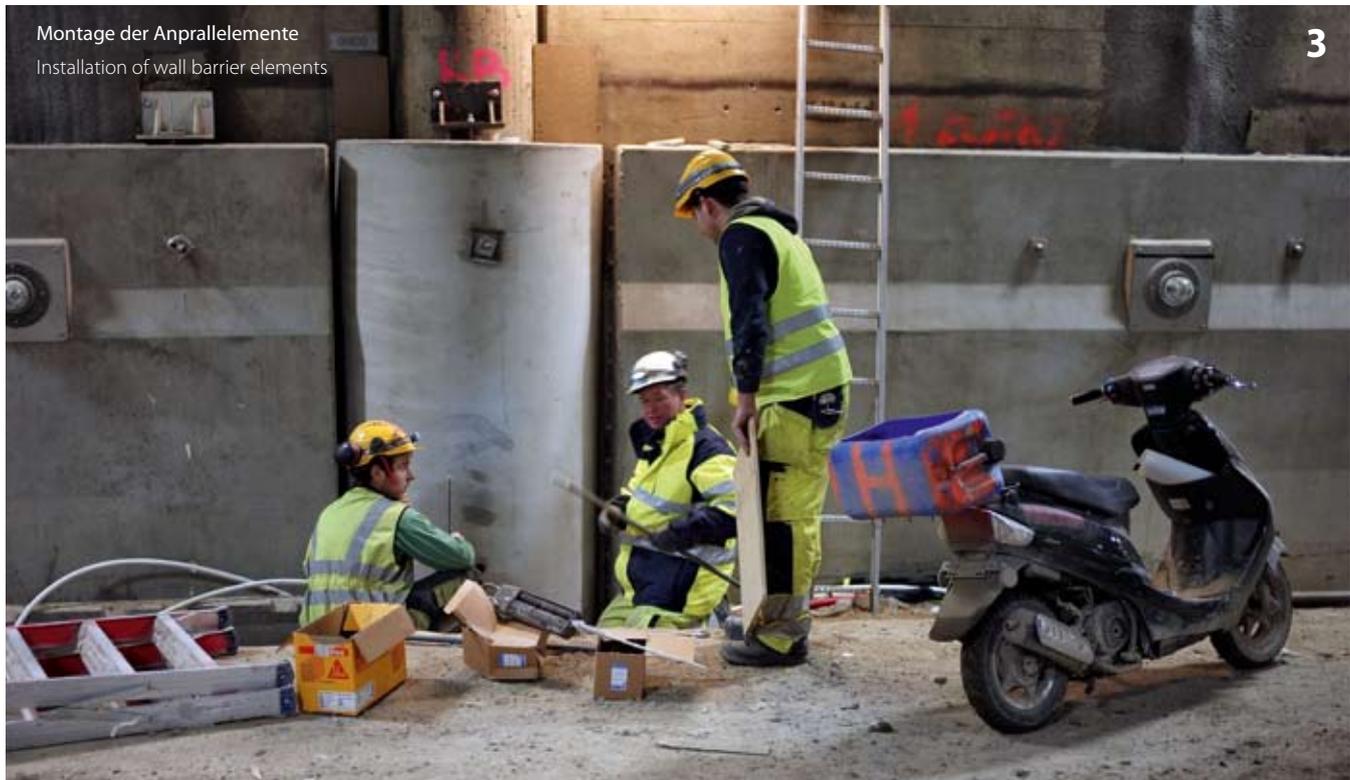
11. – 12. OKTOBER 2012
SALZBURG, ÖSTERREICH
Besuchen Sie uns im
1. Obergeschoß, Stand 28

Bei Tunnelbauprojekten spielt die Kostensicherheit eine entscheidende Rolle. Ein Kernbaustoff ist der Beton. Mit dem innovativen Modifiziermittel ETONIS® verleihen Sie Spritzbeton Eigenschaften, die Bau- und Folgekosten senken.



Ein Schlüsselmerkmal von ETONIS® ist die Verbesserung von Adhäsion und Kohäsion. Sprich, der Spritzbeton haftet an jedem Gestein. Das reduziert den Rückprall signifikant und damit die Materialkosten. Weitaus größer ist der Einfluss von ETONIS® auf den erhärteten Beton. Durch Absenken des Elastizitätsmoduls bei gleichzeitig hohen Druckfestigkeiten verleiht ETONIS® dem Beton duktile Eigenschaften. Das führt zu höheren Zug- und Biegezugfestigkeiten, höherer Bruchdehnung und geringerer Reißneigung. Zugleich ist mit ETONIS® modifizierter Beton beständig gegen CO₂, Salze und Säuren. Das bringt auch langfristig Kostensicherheit.

Wie Sie mit ETONIS® die Kosten besser im Griff behalten können, erläutern wir Ihnen gerne in einem Gespräch: Infoline +49 8677 83-7979 oder info.polymers@wacker.com
www.wacker.com/etonis



Montage der Anprallelemente
Installation of wall barrier elements

peratureintrag und anfallende Reparaturarbeiten nach einem Brand zu minimieren wurde eine maximale Oberflächentemperatur von 380°C für die zu schützenden Bereiche festgelegt. Aufgrund der unterschiedlichen Bauweisen der Tunneldecken, insbesondere der verschiedenen Betondeckungen, wurden unterschiedliche Maximaltemperaturen für die Bewehrung ermittelt. Diese lagen zwischen 260 und 290°C.

Ausgehend von diesen Untersuchungen wurde der passive Brandschutz der Tunneldecke auf Basis der Eigenschaften eines Brandschutz-Spritzbetons geplant. Die Schichtdicken lagen dabei zwischen 25 und 60 mm. Das verbleibende Risiko für die unbedeckten Tunnelwände und Deckenbereiche wurde als tragbar eingestuft.

Da die Gesamtanierung der Röhre eine Vielzahl an parallel laufenden Arbeiten erforderte,

wurde eine alternative Lösung mit hoher Flexibilität und geringen Umweltbelastungen gesucht.

Täby BrandskyddsTeknik AB und Fermacell GmbH erarbeiteten gemeinsam eine Lösung mit der zementhaltigen Brandschutzplatte Aestuver T. Dabei können mit nur einer Plattendicke alle Bereiche bekleidet werden. Die Montage erfolgt mithilfe von Scherenbühnen und Selbstfahrerliften. Dadurch ist es möglich, kurzfristig den Montageort zu verlegen und eine Spur für den Baustellenverkehr offen zu halten.

Genehmigung des Systems

Die Zulassung des Systems erfolgt auf Grundlage von Brandversuchen, mechanischen und physikalischen Nachweisen sowie mehreren thermischen Berechnungen. Diese ermöglichten es, die Resultate aus den Brandversuchen auf die

to precast and also pre- and post-stressed concrete slabs. On top of the tunnel are streets, yards, residential, commercial and public buildings.

The highest risk for the Söderleds Tunnel was defined as a fire scenario with a maximum temperature of 1200 °C for 60 minutes. The expected fire behaviour was closest to the German fire curve called ZTV-Ing (former RABT) but with an extension from 30 to 60 minutes before cooling phase of 110 minutes.

This versatile structure let the planning start with a structural analysis of the existing concrete quality, concrete cover, reinforcement and shape of the tunnel ceilings and walls. The first step was a numerical investigation of the spalling sensitive of the concrete. The high increase of the temperature, up to 1.200 °C in 5 minutes, and the maximum temperature of 1.200 °C determining the spalling effects mostly.

The concrete properties were taken as:

- K40, compressive strength 28.8 MPa
- Aggregates: granite based maximum 32 mm
- water-cement ratio: 0,45 to 0,50
- moisture: 4 %

The results showed a high spalling risk for the ceiling areas with top structure as a combination of temperature development and bending stress, a medium risk in the ceiling area without top structure, like roads and yards and a low risk at the tunnel walls due to the expected lower temperature on the wall surface than a ceiling and lower bending stress. For the lower part of the wall the new pre-cast concrete elements were part of the fire protection as well.

A maximum concrete temperature for the areas with high spalling risk was defined as 380°C. The limitation of the tem-

spezifischen Projektanforderungen und Geometrien im Tunnel anzuwenden. Im ersten Schritt wurde eine Simulation des Brandversuches gerechnet. Damit konnten die Parameter der Software und der Brandschutzplatte kalibriert werden. Im zweiten Schritt wurden die notwendigen thermischen Gradienten für die Betonoberflächen und Bewehrungslagen berechnet.

Die Berechnungen belegten, dass eine Brandschutzbekleidung mit 20 mm Brandschutzplatten auf 10 mm Fugen hinterlegungsstreifen für die Betondecke und -balken alle Anforderungen erfüllt. Für die Bereiche mit gespannter Bewehrung wurde eine abge-

hängte Decke bestehend aus Edelstahl-Profilen bekleidet mit 20 mm Brandschutzplatten und einer 20 mm Fugen hinterlegung als bevorzugtes System gewählt. Die dickeren Hinterlegungsstreifen auf den Profilen verringern den Temperatureintrag und damit die thermische Längenänderung und Verformung.

Nach Beginn der Montage und der überzeugenden Baufortschritte kam eine Diskussion über die ungeschützten Deckenbereiche und das Restrisiko in einem Brandfall auf. Täby BrandskyddsTeknik und NSA schlugen vor, die gesamte Tunneldecke mit dem gleichen passiven Brandschutzsystem zu versehen. Die vergleichsweise

perature reduces the structural damage of the concrete and speed up any repair works after a fire scenario. Due to the different construction types of the ceiling slabs, different concrete covers and reinforcement types were used. So each section got it's own temperature limitation for the rebars. The maximum temperatures were defined between 260 and 290°C.

Based on this investigations the fire protection of the ceiling was designed and calculated with a fire protection shotcrete. The thicknesses varied between 25 and 60 mm to reach the different temperature levels at the concrete surface and reinforcement. The remaining risk for the unprotected tunnel walls and

areas without top structure was evaluated as acceptable.

Due to the high amount of parallel works and logistics in the tunnel, an alternative solution for the fire protection was discussed with the joint venture, client and consultant to achieve a more flexible and environmental friendly method. Täby BrandskyddsTeknik AB and Fermacell GmbH worked out together an alternative solution with a cement based fire protection board, named Aestuver T. The system is based on a "dry-lining" installation with only one board thickness for all tunnel areas. The mounting can be done from scissor and beam lifts, with a high flexibility to change installation places in a short time and keeping always a traffic line open.



Moderner Verkehrswegebau

Die wichtigen Verkehrsprojekte der Gegenwart und der Zukunft haben ihre Basis im Zement und dem daraus hergestellten Beton. Denn die kilometerlangen Tunnel für Bahn- und Autobahnstrecken erfordern moderne Baustoffe mit speziellen Eigenschaften.

SCHWENK hat hierfür spezielle Spritzbetonzemente entwickelt: umweltfreundlich und mit hoher Frühfestigkeitsentwicklung nach den strengen Vorgaben der Österreichischen Spritzbetonrichtlinie. Sie ermöglichen einen schnellen Vortrieb und bei entsprechender Verarbeitung die Erfüllung des Wirtschaftskreislaufgesetzes.



SCHWENK

Baustoffe fürs Leben

SCHWENK Zement KG

Hindenburgring 15 · 89077 Ulm

Telefon: (07 31) 93 41-4 09

Telefax: (07 31) 93 41-3 98

Internet: www.schwenk-zement.de

E-Mail: schwenk-zement.bauberatung@schwenk.de

geringe Investition gegenüber der zusätzlichen Sicherheit im Brandfall vor einer aufwändigen Sanierung mit langwieriger Tunnelsperrung und die gleichmäßige helle und glatte Optik der Tunneldecke überzeugten den Bauherrn.

Brandschutz der Stahlbetondecke und -balken

Die bestehende Stahlbetondecke war in einem relativ guten Zustand für die Montage von Brandschutzplatten. Die Oberfläche wies nur geringe Schäden und Unebenheiten auf. Die tatsächliche Betondeckung lag zwischen 40 und 50 mm. So konnten problemlos die 20 mm dicken Brandschutz-

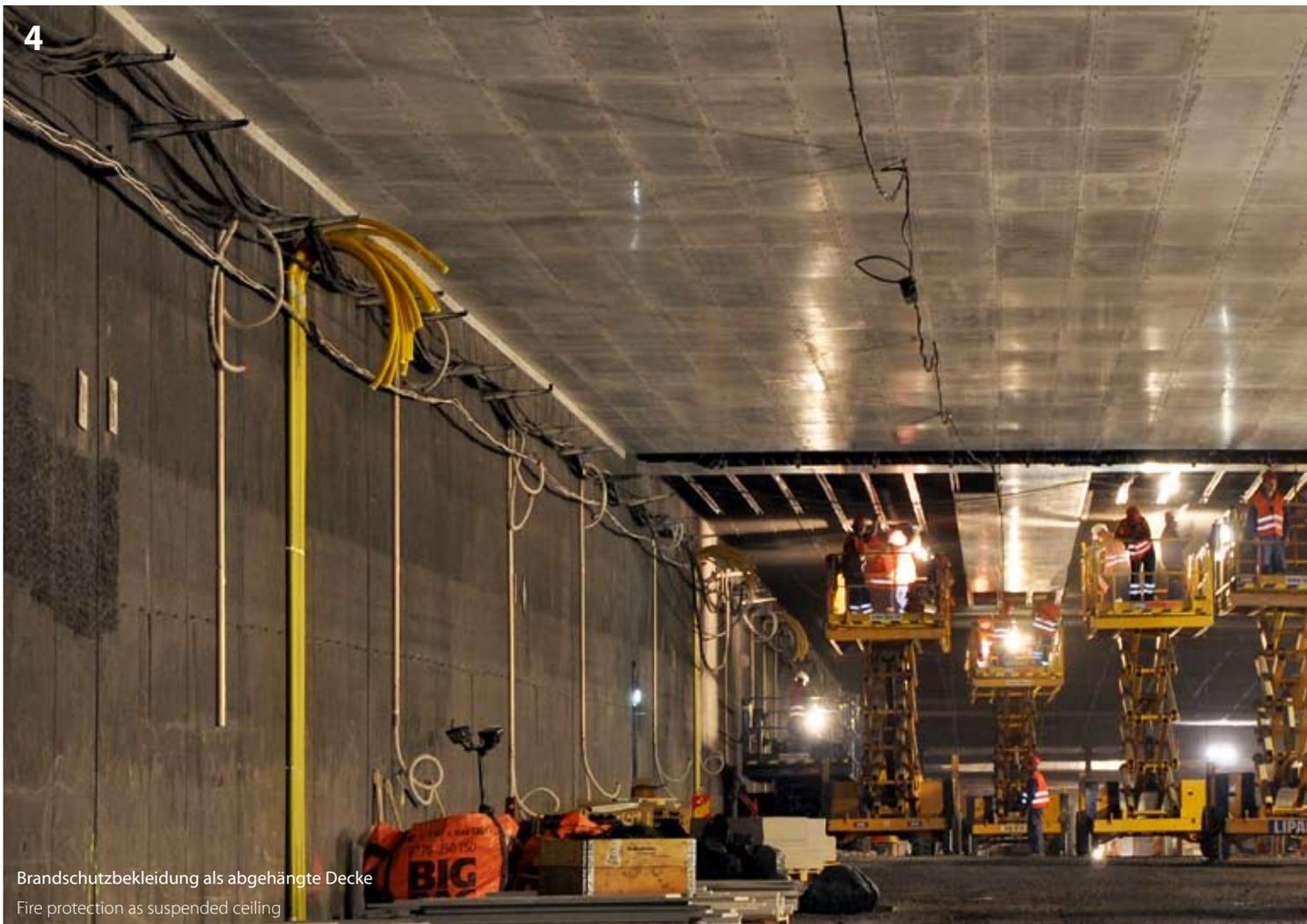
platten zusammen mit den Fugenhinterlegungsstreifen, 100 x 10 mm, montiert werden. Die Hinterlegungsstreifen schützen die Stoßfugen der Platten und sorgen für eine ebene Lage der benachbarten Platten. Die Befestigung erfolgte mit dem Fischer Nagel-Anker FNA II 6x30/30 in A4. Dafür werden die Platten und Streifen in Position gebracht und ein 6 mm Loch in den Beton durch die Platten und Streifen gebohrt. Der Anker wird in Durchsteckmontage mit einem Pneumatischen Hammer mit speziellem Werkzeug gesetzt, so dass der Kopf auf der Plattenoberfläche aufliegt. Die verbleibende Fuge zu den Tunnelwänden wird mit

The approval of the system was based on several fire and durability tests and thermal calculations. The thermal calculation gives the chance to adopt the results from the fire test to the specific project requirements and geometry. In the first step a comparative calculation with the "real" fire test was done to proof and adopt the parameters of the fire protection boards and the software. In the second step the thermal gradients for the maximum temperatures for flat ceilings and beams were calculated.

The results showed that a fire protection with the 20 mm board on 10 mm joint backing strips for the flat concrete and

concrete beams were sufficient to full-fill all the passive fire protection requirements of the project. For the areas with stressed reinforcement and TT-elements a suspended ceiling with stainless steel profiles and 20 mm fire protection boards on 20 mm backing strips were chosen as preferred system. The higher thickness of the backing strip gives a better protection to the stainless steel subframe and reduces the thermal expansion and bending.

In the first weeks of the refurbishment the discussion about a fire protection of the middle risk (unprotected) areas come up. Täby Brandskyddsteknik and NSA could convince the client



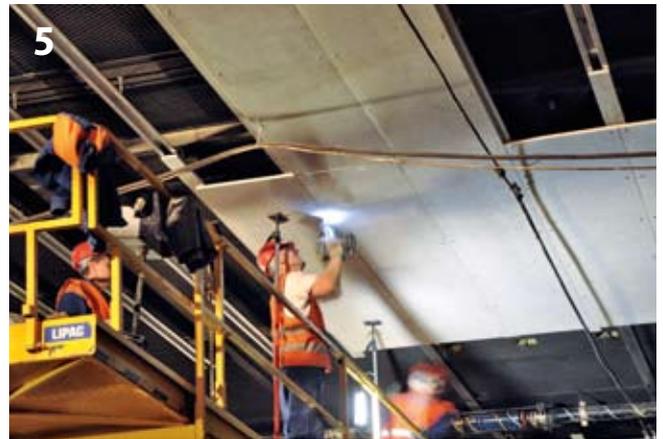
Brandschutzbekleidung als abgehängte Decke
Fire protection as suspended ceiling

einem vertikalen Plattenstreifen, welcher an der Tunnelwand befestigt ist, abgedeckt.

Brandschutz der Spannbeton-Fertigteildecken

Das abgehängte System wurde in 2 unterschiedlichen Bereichen eingesetzt (Bild 4). Ein ca. 200 m langer Abschnitt der Tunneldecke wurde aus TT-Spannbetonfertigteilen errichtet. Unterhalb der Fertigteile war bereits eine abgehängte Lärmschutzdecke installiert. Diese Decke dient zur Reduzierung des Verkehrslärms in den Gebäuden. Der Brandschutz sollte hier unterhalb der bestehenden Lärmschutzdecke angebracht werden, um die Funktionalität zu erhalten.

Glücklicherweise waren die TT-Elemente mit einer einbetonierten Montagewisele gefertigt worden. So konnten die Tragprofile der Brandschutzdecke mit einer Hammerkopfschraube abgehängt werden. Dafür wurde ein kleines Loch in die Lärmschutzelemente geschnitten und die Schraube in der Schiene befestigt. Die speziellen Profile erlauben eine Abhängung mit nur einer Schraube pro Befestigungspunkt und gewährleisten eine Flexibilität der benachbarten Brandschutzplatten, um Bewegungen aus dem Bauwerk und durch Temperaturbeschädigungsfrei aufnehmen zu können. Die Profile werden in Tunnellängsrichtung mit einem



Montage der Brandschutzplatten auf den Profilen
Mounting the fire protection boards on subframe

to do the same fire protection level all over the tunnel ceiling. In the clients view it was more than worth to spend extra money during the refurbishment to eliminate the risk for a costly and time consuming refurbishment after a fire in an unprotected area. As well the good progress of the installation and the good aesthetic look helped on the decision.

Fire protection system of flat concrete and precast beams

The existing flat concrete was in a relative good condition for the installation of fire protection boards. The surface was mostly even and only small damages. The reinforcement depth was between 40 and 50 mm. With these conditions a 20 mm fire protection board was mounted on 10 mm backing strips with a width of 100 mm. The strips protects the joints and makes the board surface more regular. As a fixing Täby Brandskyddsteknik choose the Fischer nail anchor FNA II 6 x 30/30 with pan head. A drilling through the boards and backing strips 40 mm into the concrete and a fast setting of the anchor with a pneumatic hammer and tool allowed a fast installation. The remaining small

joints to the tunnel walls were protected by a vertical board strip mounted on the wall.

Precast and stressed ceiling

The suspended system was used in 2 different areas (Fig. 4). First approx. 200 m of the tunnel ceiling was built by precast prestressed TT-elements. Under the elements a noise reduction ceiling was installed to protect the building above from traffic noise. The fire protection should be suspended under the noise reduction to keep the protection effect. Luckily the TT-cassettes had a precast channel which could be used with a hammer head screw to hang down the profiles. Only a small hole need to be cut in the noise reduction elements made of steel net and mineral wool. For the support TBT designed an Omega profile for easy installation, fast connection. As well the profile gives some flexibility between each fire protection board. So small structural movement can taken without stressing or damaging the fire protection boards. The profiles hanging in the longitudinal direction of the tunnel with 625 mm distance. The boards and a 20 mm backing were fixed in the





Bekleidung der Betonbalken
Installation on the concrete beams

Abstand von 625 mm montiert. Die Brandschutzplatten und Hinterlegungsstreifen werden mit selbstbohrenden Schrauben im Profil befestigt. Für alle Stahlteile war die Stahlqualität A4 gefordert (Bild 5).

Der zweite Bereich befindet sich am südlichen Ende des Tunnels unter einem Hotelkomplex. Hier wurden TT-Spannbetonfertigteile ohne Montageschiene verwendet. Aufgrund der gespannten Bewehrung war ein Bohren in den unteren 200 mm der Balken verboten. Deshalb wurden seitliche Konsolen im Balken zur Abhängung der Tragprofile verwendet. Die Montage der Platten und Streifen erfolgte analog zum ersten Bereich (Bild 6).

Montage der Brandschutzplatten

Die Grundlage für eine erfolgreiche Installation mit vielen parallelen Arbeiten und dem

Baustellenverkehr im Tunnel war eine detaillierte Planung. NSA verwendete das System der visuellen Planung. Die Idee war es, alle Beteiligten ein- oder zweimal in der Woche zur Planungsbesprechung an einen Tisch zu bringen. Jeder bestätigte die abgeschlossenen Arbeiten der vergangenen Woche und präsentierte die detaillierte Planung für die laufende Woche. Weiterhin wurde ein Ausblick auf die kommende Woche gegeben. Alle Aktionen werden auf Notizzetteln notiert und tage- bzw. abschnittsweise aufgehängt. So waren alle Parteien informiert und alle Arbeiten abgesprochen.

Um die volle Flexibilität für die Installation zu halten, wurden vor allem Scherenbühnen verwendet. Bis zu 7 Montageteams mit je 3 Arbeitern installierten die Brandschutzplatten. Das „Bodenpersonal“ bestehend aus 3 bis 4 Arbeitern

profiles with self-drilling screws. All steel parts had to be stainless steel A4.

The second area was located in the end of the tunnel under a hotel complex. Precast and post-stressed TT-elements are laying on walls and beams to carry a hotel on top. Due to the stressed reinforcement a drilling in the first 200 mm of the elements wasn't allowed. So a bracket was used to get the profiles suspended from the sided of the element beams. The profiles and boards were used similar to the first area (Fig. 6).

Installation

The first step into a successful installation with all the parallel works and traffic in the tunnel was the detailed planning. The JV used a system called visual planning. The idea is to bring all the involved parties once or twice a week together on a table. Everybody confirm the comple-

te work from the previous week and shows the detailed planning for the current week. As well an overview about the coming work is given as an indication. All actions are put together on notes with area and date on a map, public to all parties.

To keep the full flexibility for the installation, mainly scissor lifts and beam lifts were used. Totally up to 7 teams by 3 workers installed the fire protection boards from the lifts. The ground staff, 3 to 4 workers were taking care about the logistics and material preparations.

This system allowed to plan the installation according to the work space in the tunnel. During the project the installation took place from 2 to 5 places at the same time in the tunnel. Not seldom the working area needed to be changed due to other works. Due to the casting of cable channels on both sides a trench needs to go along the

tunnel *now as* *eMagazine!*

Your advantages at a glance:

- available worldwide
- benefit from the lucid presentation in the familiar layout of the printed issue
- easy full text search
- straightforward navigation on individual pages or items
- the provided links enable you to obtain more details on corresponding topics in a jiffy
- no delays due to protracted dispatch



**Subscribe
now -
98.50 EUR
per year!**



Go online wherever you are!

www.tunnel-online.info

organisierte die Logistik und bereitete die Materialien für die Montage vor. Dieses System erlaubte eine flexible und schnelle Montage ohne Behinderung des Tunnelverkehrs. Im Laufe des Projekts wurden an 2 bis 5 Abschnitten zur gleichen Zeit im Tunnel die Brandschutzplatten montiert. Mehrmals musste die Montage spontan verlegt werden, da andere unvorhergesehene Arbeiten Vorrang bekamen.

Durch das Betonieren eines Kabelkanals auf beiden Seiten des Tunnels wurde ein ca. 1 m breiter Graben gezogen. Die Seitenbereiche waren nun nicht mehr mit den Scherenbühnen zu erreichen und es war nicht möglich, vor dem Aushub des Grabens zu arbeiten. Daher wurde ein Speziallift mit einer Kapazität von 1.000 kg aus den Niederlanden antransportiert. Um das Montageverhältnis und die Fertigstellung einzelner Bereiche zu gewährleisten wurde der Lift in 2 und 3 Schichten genutzt.

Die Montage der 7.000 m² Brandschutzbekleidung in den zusätzlichen Bereichen war ohne Veränderung des Gesamtprojektplans möglich. Es konnte mit dem gesamten Team bis zu 450 m² in 24 Stunden installiert werden.

Natürlich verläuft eine Sanierung nie ohne Überraschungen. Viele unterschiedliche Detaillösungen mussten während des Projektes entwickelt werden. Aufgrund des gemeinsamen Baubüros aller Parteien war eine sehr effiziente Kommunikation möglich. Die technischen Probleme wurden gemeinsam gelöst und praxisorientiert, basierend auf den Vorschlägen von TBT realisiert. So wurde zum Beispiel



Letzte Kontrollen
Last inspection

ein querender Lüftungskanal aus einem Asia-Restaurant in der Ausfahrt nach Södermalm unter einer Lärmschutzdecke versteckt. Auch einige alte Holzkonstruktionen wurden im Tunnel gefunden (Bild 7).

Fazit

Alles in allem war das Projekt erfolgreich für alle Beteiligten. Der Termin- und Kostenplan wurde eingehalten und das technische wie visuelle Ergebnis war und ist sehr zufriedenstellend für den Bauherren und die Tunnelnutzer. Die gute und vertrauensvolle Zusammenarbeit und Kommunikation zwischen allen Beteiligten und das hohe fachliche Niveau waren wichtige Faktoren für den Erfolg. 

tunnel walls with a width of 1.000 mm. The side areas were difficult to reach from scissor lifts and it was impossible to go ahead of the digging. A special beam lift with a capacity of 1.000 kg were brought in from the Netherlands to access these areas. To keep the installation progress equally between middle and sides the beam lift was running in 2- and 3-shift-system. The increase of the fire protection area from 15.000 to 22.000 m² during the project wasn't a problem to include in the project time schedule. With the full working capacity up to 450 m² were installed in 24 hours.

Of course a refurbishment is never without any surprises. Many different small solutions needed to be developed du-

ring the project. The location of all parties in the same office allowed a very efficient communication. The technical issues were solved in cooperation and practice-oriented based on the suggestions from TBT. So for example a ventilation duct from an asian restaurant crossing the tunnel ceiling in the exit to Södermalm, hidden under a removed noise reduction ceiling and some old wooden constructions were found in the tunnel (Fig. 7).

Conclusion

All in all the project became successful for all involved parties. The time and cost schedule was kept and the result was very satisfying for the client and the users. The good cooperation and communication between the parties and the high technical knowledge were key factors for the success. 

Literatur/References

- [1] Söderledstunneln, Stockholm, Utredning av brandskydd av den barande Konstruktionen, WSP 2004
- [2] ZTV-ING Teil 5 Tunnelbau, Abschnitt 1 Geschlossene Bauweise, 10 Baulicher Brandschutz



IT'S ALL ABOUT EFFICIENCY



THE**ROBBINS**COMPANY.COM

ROBBINS CONVEYORS SET THE PACE

High speed tunneling demands high speed muck removal—with maximum capacity, minimal hands-on labor, and controlled operating costs.

Robbins builds the most efficient conveyor systems available today. Our continuously advancing conveyors simplify any site's logistics, moving thousands of tons of muck per hour off the jobsite.

We keep you moving.