

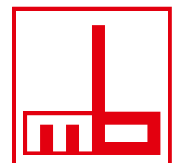


mb caementitium

Fertigteile

2/08

Fortschritt baut man aus Ideen.



:: City-Tunnel Leipzig: Einsatz von Brandschutztübbings

Fortschritt baut man aus Ideen: Dem unternehmerischen Leitbild der Firmengruppe Max Bögl folgend arbeiten die Fertigteilwerke konsequent an der Weiterentwicklung von Produkten, Produktausstattungen und Herstellverfahren. Den infrastrukturbezogenen und wachstumsstarken Bereichen rund um Straße und Schiene fällt dabei besonderes Augenmerk zu.



City-Tunnel Leipzig: Einsatz von Brandschutztübbings



Tübbinganlieferung am City-Tunnel Leipzig

Solche Entwicklungsarbeit wird im Regelfall unter Inanspruchnahme der Fachabteilungen im eigenen Hause geleistet. Je nach Gelegenheit kann Entwicklungsarbeit aber auch eingebunden in wissenschaftlichen Forschungen und/oder von Dritten initiierten industriellen Projekten erbracht werden.

Anschauliches Beispiel für diese zweite Möglichkeit ist die Auseinandersetzung der Max Bögl Fertigteilwerke GmbH & Co. KG mit dem Thema „Brandschutztübbings“ im Rahmen des Lieferauftrages vom 21.06.2005 für die Arbeitsgemeinschaft Tunnel- und Ingenieurbau Leipzig Los B.

Beim „City-Tunnel Leipzig“ (CTL), einem Projekt der Deutschen Bahn AG und des Freistaates Sachsen, werden die beiden Kopfbahnhöfe Leipzig-Hauptbahnhof nördlich der Innenstadt und Bayerischer Bahnhof südlich der Innenstadt durch zwei eingleisige Tunneln auf eine Länge von 3,9 km (ohne die Streckenanteile der Bahnhöfe) für den Personenverkehr verbunden. Zuständig für die Ausschreibung, Ausführungsplanung und Bau- durchführung des Großprojektes ist

die DEGES Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH. Beide Tunnelröhren liegen zwischen 8 und 16 m unter Gelände und weisen einen Außendurchmesser von 9 m auf. Sie werden im Schildvortrieb durch eine Tunnelbohrmaschine aufgeföhren – die erste Röhre von Januar 2007 bis März 2008, die zweite Röhre von Mai bis voraussichtlich Ende 2008. Während des Schildvortriebes wird der Ausbruchquerschnitt mit 1,8 m breiten und 40 cm dicken Tübbingringen in einer Teilung „7 + 1“ (fünf Blocksteine, zwei Gegenschlusssteine und ein Schlussstein) einschalig ausgekleidet. Die Tübbingringe dienen damit nicht nur der Tragfähigkeit, sie müssen auch die Abdichtung gegen Grundwasser und einen gewissen Brandschutz gewährleisten.

Bei Brandeinwirkung in Tunneln muss mit Gefügeschädigungen an den beflaminten Oberflächen gerechnet werden bis hin zu explosionsartigen Abplatzungen des Betongefüges. Je höher die Restfeuchte im Beton ist, desto schneller und heftiger können solche Abplatzungen auftreten. Das im Beton gebundene Wasser verdampft, kann aber wegen

des dichten Gefüges nicht schnell genug entweichen. Somit wächst der Dampfdruck im Inneren des Betons ständig an, während gleichzeitig die Randschicht durch den Temperaturanstieg unter hohe Druckspannungen gerät. Weiterhin erfolgt ein Festigkeitsverlust des Bewehrungsstahls. Der Tübbingring bzw. die Innenschale (bei zweischaliger Bauweise) verliert damit seine Tragwirkung und letztendlich geht der Raumabschluss verloren.

Durch ein Porensystem, das einen schnellen und ausreichenden Abbau des hohen Dampfdruckes bewirkt, kann eine wirksame Verminderung der Abplatzungen erreicht werden. Die gängige Lösung hierfür ist derzeit die Beigabe von Polypropylenfasern im Beton. Sie vernetzen Übergangszonen, lassen schon beim Einmischen Mikroporen entstehen und machen nach dem Schmelzen bei Brandeinwirkung durchgängige Kapillarporen frei. Es bildet sich eine poröse Zone, durch die der entstandene Dampf entweichen kann. Polypropylenfasern sind chemisch neutral, alkaliresistent und an der Oberfläche unsichtbar.

Aus diesen Gründen wurden bereits in der Entwurfsphase für das Projekt „City-Tunnel Leipzig“ brandschutztechnische Anforderungen an die Tübbings definiert und im Rahmen eines vorgeschalteten Brandschutzkonzeptes ein Weg zur projektbezogenen Zustimmung im Einzelfall durch das Eisenbahn-Bundesamt (EBA) aufgezeigt. Nachdem im Vorfeld lediglich Dicke und Festigkeitsklasse der Tübbings und die Verwendung von Polypropylenfasern vorgeschrieben worden waren, wurden in der Ausschreibungsphase die Anforderungen präzisiert und eine Eignungsprüfung der Tübbings durch Großbrandversuche zur Auflage gemacht.

Hierzu wurden in einem eigens errichteten Versuchsofen der Gesellschaft für Materialforschung und Prüfungsanstalt für das Bauwesen Leipzig mbH insgesamt acht Tübbings geprüft, jeweils paarweise mit 0, 2, 3 und 4 kg/m³ Beton Polypropylenfaseranteil. Die Tübbings wurden durch die Max Bögl Fertigteilwerke GmbH & Co. KG in der Festigkeitsklasse C 50/60 (für 0 und 2 kg/m³ Faseranteil) bzw. C 45/55 (für 3 und 4 kg/m³ Faseranteil) geliefert. Die Betondeckung betrug 6 cm.

Die Großbrandversuche erfolgten im Alter der Tübbings zwischen 35 und 43 Tagen. Die Betonfeuchten lagen zwischen 2,2 und 3,2 M.-%. Auf Grundlage der Temperatur-Zeit-Kurve des Eisenbahn-Bundesamtes erfolgte im Versuchsofen auf die Tübbings:

- Brandeinwirkung bei einer an der tragenden Bewehrung auf 300 °C beschränkten Temperatur sowie gleichzeitig
- Belastung mit einer Normalkraft von 2600 kN/m, jeweils über eine Dauer von 170 min.

Die Beurteilung der Betonabplatzungen erfolgte nach der Richtlinie Faserbeton der Österreichischen Vereinigung für Beton- und Bau-technik. Die Anforderungen gelten als erfüllt, wenn die mit Fasern modifizierten Betone – bezogen auf Beton ohne Faseranteil – eine Abplatzmenge kleiner als 2,0 % aufweisen.

Die Ergebnisse der Großbrandversuche sprechen eine deutliche Sprache. Sie seien deswegen hier ausführlich dargestellt:



Konventionell bewehrter Tübbing nach Brandversuch



Brandschutztübbing mit PP-Fasern nach Brandversuch

Tübbings ohne Faserzusatz:

- Die beiden Tübbings ohne Faserzusatz wiesen schon in der Aufheizphase auf 1200 °C innerhalb der ersten 5 min erste Abplatzungen auf.
- Nach 15 min lagen in Höhe der tragenden Bewehrung Temperaturen von ca. 1000 °C vor, was auf vollständiges Abplatzen in diesem Bereich schließen ließ.
- Nach 40 min zeigten sich auf der Außenoberfläche der Tübbings zahlreiche Längs- und Querrisse mit einer Rissöffnung von ca. 0,5 mm, aus denen Wasser austrat.
- Nach Beendigung der Versuche lagen massive Abplatzungen an den beflamten Seiten vor mit maximalen Tiefen von 340 mm.

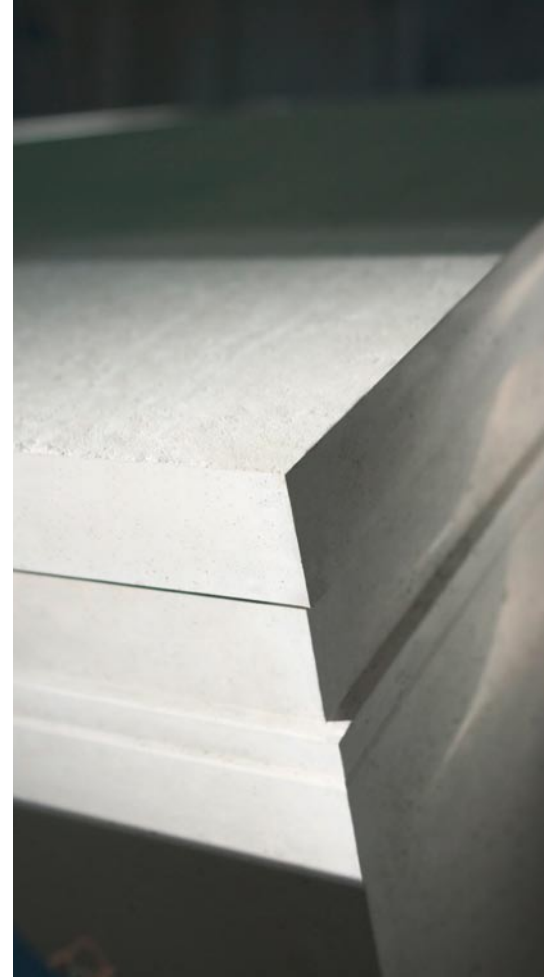
Tübbings mit Faserzusatz von 2 kg/m³:

- Die beiden Tübbings mit Faserzusatz von 2 kg/m³ wiesen trotz des hohen Temperaturanstieges von 240 K/min in der Aufheizphase keine Abplatzungen auf.
- Maximaltemperaturen von i. M. 312 °C in Höhe der tragenden Bewehrung traten erst nach Beendigung der Brandeinwirkung auf.
- Auf der Außenoberfläche der Tübbings zeigten sich nur feine Längs- und Querrisse mit einer Rissöffnung von nur ca. 0,1 mm, aus denen Wasser austrat.
- Nach Abheben der Tübbings vom Versuchsofen waren Abplatzungen an den beflamten Seiten sichtbar mit mittleren Tiefen von nur 15 mm und gleichmäßigem Bruchbild durch Zementstein und Körnung.

Tübbings mit Faserzusatz von 3 und 4 kg/m³:

- Gegenüber den Versuchen mit 2 kg/m³ Polypropylenfasern konnten durch Erhöhung des Faseranteils auf 3 und 4 kg/m³ keine wesentlichen Ergebnisverbesserungen mehr erzielt werden.
- Die Verarbeitung des Tübbingbetons gestaltete sich wesentlich schwieriger, da der höhere Faseranteil den Beton strohig werden ließ.





Dementsprechend lag es auf der Hand, dass für den City-Tunnel Leipzig ein Tübbingbeton der Klasse C 50/60 und ein Polypropylenfasergehalt von 2 kg/m³ Beton zur Anwendung gebracht würde.

Darauf aufbauend erarbeitete das Labor der Max Bögl Bauunternehmung GmbH & Co. KG eine Rezeptur, in welcher eigene Zuschlagstoffe der Max Bögl Roh- und Baustoffe GmbH & Co. KG zum Einsatz gebracht werden konnten: quarzhaltiger Natursand aus Sengenthal und Kalksteinsplitt aus Wiesenhofen, dessen relativ geringe Wärmeleitfähigkeit sich zusätzlich vorteilhaft für den Brandschutz erweist, da die Wärme langsamer an die Bewehrung herangeführt wird.

In gezielter und durch Versuche unterstützter Auswahl von Fließmittel und Flugasche wurden gute Verarbeit- und Glättbarkeit, Verdichtungswilligkeit, hohe Frühfestigkeit usw. des Betons schrittweise erreicht. Die Polypropylenfasern halten zusätzlich das Gefüge zusammen, der Beton wäre auch

pumpfähig. Eine Neigung zur Rissbildung wurde nicht beobachtet. Es bildeten sich jedoch mehr und größere Poren, als bei der Herstellung von Tübbings sonst üblich ist. Dies spielte sich jedoch immer noch deutlich innerhalb der zugelassenen Maße ab und gab zu keinem Zeitpunkt Anlass zu Beanstandungen. Die versuchsweise Verwendung unterschiedlicher Schalöle lieferte dazu keine weiteren Hinweise.

Für die Polypropylenfasern wurde auf händische Zugabe entschieden, nachdem sich keines der untersuchten automatischen Systeme hinsichtlich Verklumpung, Dosiergenauigkeit u. ä. als qualitativ vollständig ausgereift darstellte. Auch standen Kosten und Nutzen in keinem angemessenen Verhältnis zueinander. Dafür wird der planmäßige Fasergehalt nach eigens verfeinertem QS-System sichergestellt. Die Überprüfung erfolgte in der Einarbeitungsphase einmal je Betonierwoche, nach Feststellung der dauerhaften und sicheren Einhaltung der Werte nur noch einmal monatlich.

Die entnommenen Proben wurden hierzu mit einer Salzlösung durchmischt. Anschließend wurden die Fasern, die aufgrund der stark unterschiedlichen Rohdichten an der Oberfläche schwimmen, mit einem Sieb abgeschöpft, mit Aceton gewaschen, gefiltert, getrocknet und deren Masse auf 0,01 g genau bestimmt. Die laufende Überwachung der Mischanlage erfolgte durch den Güteschutz Beton- und Fertigteilwerke Land Bayern e. V.

Als Produktionszeitraum für die Tübbings wurde im Hinblick auf die Vortriebszeiten für die beiden Tunnelröhren, wie oben angegeben, April 2006 bis Mai 2008 festgelegt. Im Fertigteilwerk Sengenthal wurden dazu zwei Schalsätze mit je acht Schalungen für die Teilung „7 + 1“ aufgestellt. Die Produktion fand jeweils von Montag bis Freitag im Zwei-Schicht-Betrieb statt. Somit wurden regelmäßig 20 Ringe je Woche hergestellt.



Die achtstündige Abbindezeit, die für das zweimalige Betonieren je Tag in einer Schalung erforderlich war, konnte infolge der erprobten Rezeptur auch für die Brandschutzübblings ohne Probleme realisiert werden. Auch die Wärme(nach)behandlung verlief normal. Die Verweilzeit der Übblings in der Halle belief sich auf 20 Stunden, danach wurden sie im werksseitigen Lager zwischengelagert. Die Auslieferung nach Leipzig in das Umschlaglager der Arbeitsgemeinschaft erfolgte dann mit der Deutschen Bahn in zwei Lieferungen je Woche über je 18 Ringe, ein Ring je Waggon.

Aufgrund des zügigen Produktionsfortschrittes wurde, in Absprache mit der Arbeitsgemeinschaft, für die zweite Röhre statt des Umschlaglagers (für 100 Ringe) ein größeres Zwischenlager eingerichtet. Für die Max Bögl Fertigteilwerke GmbH & Co. KG war damit die Produktion termingerecht Ende Mai 2008 abgeschlossen.

Zusammenfassend sind die produktionstechnischen Erfahrungen mit Brandschutzübblings als positiv zu beurteilen. Gründliche Arbeitsvorbereitung und nachhaltige Qualitätssicherung vorausgesetzt, sollte deren Herstellung ohne allzu große Probleme möglich sein. Die Aufrechterhaltung der Tragfähigkeit während der Brandeinwirkung in Tunnels, die Fortdauer der Gebrauchstauglichkeit danach und eine effiziente Sanierung der beflamten Oberflächen erscheinen damit in vergleichbaren Konstruktionen planerisch und ausführungstechnisch gesichert und zugleich wirtschaftlich.

Es sollte allerdings darüber Klarheit herrschen, dass insbesondere die gewonnenen – durchaus eindrucksvollen – Erkenntnisse aus den Großbrandversuchen nicht ohne Weiteres auf andere Projekte übertragen oder verallgemeinert werden können. Sie bleiben abhängig von verschiedenen Randbedingungen wie Betonrezeptur, Tem-

peratur-Zeit-Kurve, eingebrachten äußeren Lasten, Verformungen u. a. m.

Gleichermaßen sollte der Abstimmungsbedarf bei anderen Rezepturen und/oder Einbaubedingungen zukünftig nicht unterschätzt werden. Er verlangt nicht nur eine intensive Zusammenarbeit des Herstellers der Brandschutzübblings mit Kunden und Planern, sondern empfiehlt auch als Hersteller ein Fertigteilwerk heranzuziehen, das bereits über substantielle Erfahrungen mit Brandschutzübblings verfügt.

Kontakt:
Telefon 09181 909-10158
fertigteile@max-boegl.de

Impressum

Max Bögl Fertigteilwerke GmbH & Co. KG
92369 Sengenthal bei Neumarkt i. d. OPf.

Postanschrift:

Max Bögl Fertigteilwerke GmbH & Co. KG
Postfach 11 20
92301 Neumarkt

Telefon +49 9181 909-0

Telefax +49 9181 905061

info@max-boegl.de

<http://www.max-boegl.de>

Geschäftsführer:

Johann Braun, Klaus-Jürgen Malcher

Persönlich haftende Gesellschafterin:

Max Bögl Fertigteilwerke Verwaltungs GmbH

Sengenthal bei Neumarkt i. d. OPf.

Amtsgericht Nürnberg HRB 17953

USt-IdNr.: DE 133228513

Amtsgericht Nürnberg HRA 12337

© Max Bögl – <http://www.max-boegl.de>

