

Brandschutz in Tunnelbauwerken und unterirdischen Verkehrsanlagen

Im Falle eines Brandes sollen Brandschutzbekleidungen Beschädigungen oder Zerstörungen eines Bauwerks verhindern. Für Tunnelbauwerke erscheinen Bekleidungen aus vorgefertigten Platten als wirksamste und wirtschaftlichste Maßnahme.

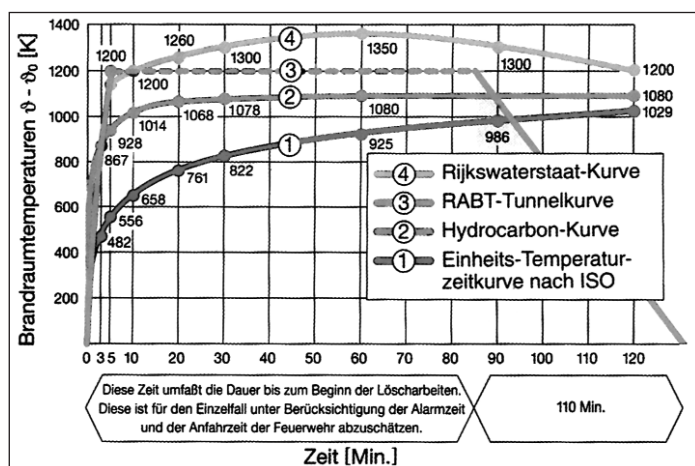
Durch Brände und Brandversuche in Tunneln und anderen unterirdischen Verkehrsanlagen, wie

- der Brand im Kanaltunnel
- der Brand während der Bauzeit im Großen Belt-Tunnel
- der schon länger zurückliegende Brand im Autobahntunnel Moorfleet
- Branduntersuchungen in Stollen im Rahmen des EUREKA-Projekts in Norwegen, und
- den wissenschaftlichen Arbeiten an Universitäten und Forschungsinstituten

sind Erkenntnisse zu den Anforderungsprofilen zusammengetragen worden, die von Brandschutzauskleidungen erfüllt werden müssen. Das Bauwerk soll dabei nicht beschädigt und nicht zerstört werden, Betonabplatzungen an den Bauteilen und Betonzerstörungen durch Mürbewerden sollen vermieden werden. Bei Abbrennen von Kunststoffen und/oder Gummi wirken Chlorverbindungen zusätzlich zu der Wärme besonders aggressiv auf den Beton und bewirken bis in große Tiefen ins Betonbauteil hinein Korrosion an der Bewehrung aus Stahl. Danach sind die Temperaturkriterien maßgebend und einzuhalten mit maximal 380°C auf der Oberfläche des Betons direkt hinter der Brandschutzauskleidung und 250°C an der Bewehrung.

Die Annahmen über den Verlauf eines Brandes in einem Tunnel sind von Land zu Land unterschiedlich:

- RWS-Feuer (Rijkswaterstaat Feuerdefinition) in den Niederlanden
- RABT-Feuer in Deutschland (Das Kapitel "Bauliche Brandschutzmaßnahmen" wurde neu gegliedert und in wesentlichen Teilen in die "ZTV – Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Straßentunneln" ausgelagert)
- Hydrocarbonfeuer in den Staaten Nordeuropas, auch Industrie-feuer genannt
- DIN-ISO-Feuer als allgemeine Branddefinition (als Tunnelfeuer nicht anwendbar).



Die Risikobewertung bestimmt letztendlich den am Tunnelbauwerk zu verlangenden Schutz und die dafür erforderliche Temperaturabgrenzung. Welche Schäden in welcher Größe akzeptiert werden können und wie weit das Bauwerk beschädigt oder gar zerstört werden darf, sind als Bauaufgaben und als Entwurfslast festzulegen. Die zum Schutz vor Bränden und im Brandfall zur Rettung von Personen in Tunnelbauwerken und in unterirdischen Gebäuden erforderlichen Vorkehrungen und Maßnahmen glaubt man zu kennen. Beim Schutz des Bauwerkes ist man jedoch nach wie vor sehr unsicher in der

Wahl der richtigen Schutzmaßnahmen. Erschwerend kommt hinzu, daß Brandschutzmaßnahmen für die gesamte Nutzungszeit eines Bauwerks ausgelegt werden müssen. Die Besonderheit der RABT-Temperaturzeitkurve für die Entwurfslast ist die mit 110 min bestimmte und fest definierte Abkühlphase. Für Betonoberflächen, Putze und Plattenbekleidungen ist nachzuweisen, daß keine Teile in die Verkehrsflächen oder andere von Personen begangene Bereiche fallen, um eine Verletzungsgefahr für Flüchtende und Rettungspersonal auszuschließen. Diese Nachweise sind besonders schwierig zu führen. Bei anderen definierten Tunnelfeuern gibt es keine derartig definierte Abkühlphase.

BRANDSCHUTZMASSNAHMEN

Betonüberdeckung

Die Betonüberdeckung der Stahlbewehrung bringt einen Brandschutz für eine bestimmte Zeit, erhöhte Betonüberdeckungen verbessern die Zeit bis zum Abplatzen. Beim Aufheizen von Beton treten mehrere Reaktionen ein: Physikalisch, zu einem Teil auch chemisch gebundenes Wasser wird im Beton frei und ausgetrieben, dabei kommt es zu enormen Zerstörungen. Bis zu 20 cm tief, also über die Bewehrungslage weit hinaus, können Betonbauteile zerstört werden und ihre Tragfähigkeit vollständig verlieren. Das ist besonders kritisch bei hochfesten Betonen, die sehr geringe Kapillarporen haben und die Dampfspannung nicht schnell genug abbauen können. Erfahrungen aus Bränden und Ergebnisse aus Modellbranduntersuchungen zeigten sogar Ribbildungen mit Abplatzungen von mehr als 40 cm Tiefe. Neueste Branduntersuchungen haben gezeigt, dass auch dem Beton beigemischte Polypropylenfasern nicht als Entlastung des Dampfdruckes ausreichen [1]. Daraus ergeben sich nach einem Brand – auch wenn er klein war – aufwendige Sanierungsmaßnahmen, hohe Kosten für die Reparatur am Bauwerk und entgangene Erlöse für den Nutzungsausfall. Nach dem Brand im Eurotunnel, ernsthafte Schäden auf etwa 500 m Länge mit Abplatzungen bis zu zwei Dritteln der 40 cm dicken Tübbinge, war der Tunnel für 3 Tage total gesperrt. 2 Wochen nach dem Brand konnte der Verkehr mit den PKW-Shuttle- und Personenzügen wieder aufgenommen werden. Die Reparatur des beschädigten Abschnitts dauerte 6 Monate und verursachte Kosten von ca. 110 Mio. DM. Dazu kommen die Kosten für den Ersatz der durch den Brand beschädigten Eisenbahnfahrzeuge, der Nutzungsausfall durch die zeitweise Schließung des Tunnels und die für 6 Monate ausgesetzte Beförderung von LKW. Insgesamt rechnet man mit mehr als 600 Mio. DM Einnahmeausfällen und Folgekosten.

Putze

Putzbeschichtungen haben in vielen Fällen nicht das gewünschte Ergebnis gebracht. Hauptproblem ist das Abfallen von Putzflächen, teilweise bereits unmittelbar nach dem Einbau. Eingeschränkt werden kann dieses Risiko, indem der Putz auf eine am Massivbauteil verankerte Bewehrung aufgebracht wird. Dieses Verfahren ist jedoch sehr aufwendig. Darüber hinaus ist zu beachten, daß besonders modifizierte und für den Brandschutz geeignete Putze verwendet werden, die zusätzlich auch die speziellen Anforderungen aus Konstruktion und Nutzung des Tunnels erfüllen. Putze mit hoher Dichte sind eher ungeeignet, denn unter Brandeinwirkung treten Effekte ähnlich wie bei hochfesten Betonen auf.

Plattenbekleidungen

Plattenbekleidungen schützen den Beton sehr wirkungsvoll vor Wärmeeinwirkung und Emissionen. Die Platten müssen für Tunnelauskleidungen besonders geeignet sein, sie müssen eine ausreichende Biegefestigkeit haben, um die dynamischen Zug- und Druckkräfte durch den Fahrtwind der Fahrzeuge aufzunehmen, widerstandsfähig gegen aggressive Umweltbedingungen wie Autoabgase, Spritzwasser und Tausalz sein und für den Brandschutz in

Fortsetzung auf Seite 18

Tunnelbauwerken beständig für Temperaturen von 1350°C nach dem RWS-Feuer und 1200°C nach dem RABT-Feuer sein. Brandschutzbauplatten müssen unter den hohen Temperaturen einer Brandeinwirkung standsicher sein, sie dürfen sich nicht vom tragenden Bauteil lösen und müssen eine hohe Dämmung aufweisen, damit die Temperaturen im tragenden Bauteil unter den Grenzwerten gehalten werden. Darüber hinaus müssen sie als Filter und Schutz gegenüber aggressiven Immissionen beim Abbrennen von Kunststoffteilen und Gummi wirken. Eine Bauart von Platten für Tunnelauskleidungen sind die Promatect-Tunnelbauplatten der Promat GmbH. Mit 27 mm dicken Promatect-Tunnelbauplatten werden mit dem RWS-Tunnelfeuer und Temperaturen von 1350°C am Beton direkt unter der Bekleidung maximal 380°C und an der Stahlbewehrung maximal 250°C eingehalten. Betonabplatzungen und Zerstörungen am Betonbauteil werden wirkungsvoll verhindert. Bei anderen Entwurfslasten, wie mit dem RABT-Feuer, werden geringfügig niedrigere Temperaturen mit dünneren Bekleidungen erreicht. Das zeigen auch die Untersuchungen beim Forschungsinstitut REDCO. Die Promatect-Tunnelbauplatte ist eine Betonplatte mit besonderen Eigenschaften für den Brandschutz bei hohen Temperaturen in einem Tunnel. Hauptbestandteile sind:

- Bindemittel
 - Spezialzemente
- Zuschlagstoffe
 - natürliches Calciumsilikat
 - Feinperlite und Quarzsand

Aufgebaut ist die Platte aus einem homogenen Gefüge mit einer Rohdichte von 870 kg/m³. Sie wird über Autoklaven (Dampferhärtern) ausgehärtet und erreicht darüber ihre speziellen Brandschutzeigenschaften, die mit 420 kN/cm² sehr hohe Elastizität sowie eine Biegefestigkeit von 760 N/cm². Die Fertigungsqualität wird über ein Qualitätssicherungssystem entsprechend DIN EN ISO 9001 gewährleistet.

Vorteile der Promatect Tunnelbauplatten

- beständig gegen Abgase
- beständig gegen Frost/Tausalze
- leicht zu reinigende Oberfläche

Die Brandschutzbekleidung wird mechanisch mit Verschraubungen direkt oder über eine Stahlunterkonstruktion mit dem Betonbauteil verbunden und kann nach einem Brand sehr leicht ausgewechselt werden. Darüber hinaus kann eine Bekleidung mit Platten zusätzliche Aufgaben übernehmen:

- "Regenschirm" zur Ableitung von Tropfwasser aus der Tunnelfirste, so geplant für die einschalig mit Tübbing ausgebaute 4. Röhre des Elbtunnels
- Filterwirkung für Chlorverbindungen beim Abbrennen von Kunststoffen und Gummi.

Dazu erhalten die Promatect-Tunnelbauplatten rückseitig eine wasserdichte Beschichtung und von der Innenseite die Promat-Tunnelimprägnierung gegen aggressive Abgase. Die Platten werden entsprechend der Wölbung der Tunnelwände vorgefertigt. Auf der Oberfläche der Platten bildet sich kein Kondenswasser. Die Platten sind offenporig, nehmen Wasser auf und geben es wieder an die Umluft ab.

Wirtschaftlichkeit

Die Plattenbekleidungen sind wartungsfrei. Bei äußerer manueller Einwirkung können die Platten schnell ausgebaut und erneuert werden, zu Revisionszwecken sind sie schnell und einfach demontierbar. Eine Auskleidung z. B. mit Promatect-Tunnelbauplatten kostet etwa 3% der Baukosten. Dem gegenüber steht der Vorteil einer hohen und wirkungsvollen Brandschutzsicherheit für Personen und für das Bauwerk.

Zusammenfassung

Brandschutzauskleidungen mit Platten haben Vorteile gegenüber dicken und konstruktiv nicht erforderlichen Betonüberdeckungen oder Putzen. Sie zeichnen sich technisch durch eine sehr geringe Bauhöhe, die Anpassung an gewölbte Profile, die Widerstandsfähigkeit gegen aggressive Abgase, das Abfiltern von Chlorverbindungen beim Abbrand von Kunststoffen und Gummi, die Ableitung von Tropfwasser und das Vermeiden von Kondenswasserbildung aus. Exakte Vorfertigung des preisgünstigen Plattenmaterials, schnelle Montage, Inspizierbarkeit und einfacher Wechsel bei Beschädigung sorgen für eine hohe Wirtschaftlichkeit.

Literatur.

- [1] Steinert, C.: Brandverhalten von Tunnelauskleidungen aus Spritzbeton mit Faserzusatz. MFPA Leipzig, April 1997.
- [2] Brux, G.: Brandim Eurotunnel. Tunne16/97, Seite 31.
- [3] Paliga, K., und Richter, E.: Baulicher Brandschutz in geschlossener und offener Bauweise. Fachseminar Brandschutzforschung und -praxis, IBMB der TU Braunschweig.
- [4] N.V. Redco S.A. Research Development and Engineering Company, Kapelle-op-den-Bos/B.

Gottfried Teichmann, Promat GmbH, Ratingen/Deutschland

