

Baulicher Brandschutz für Tunnel in der ZTV-ING

Structural fire design for tunnels in the ZTV-ING

Hosser, Dietmar; Richter; Ekkehard; Schnetgöke, Ralf

Abstract

The German Federal Ministry of Transport, Building and Housing entrusted the Institute of Building Materials, Concrete Structure and Fire Protection with the research project "Structural fire design for single pass lining tunnels with tunnel lining segments". Within the project, the advantages and disadvantages of different structural fire protection systems for a typical fire exposure in tunnels had to be described and to be evaluated. The research project is the basis for the chapter "structural fire protection" in the ZTV-ING Part 5, Article 3: Tunneling with mechanical excavation.

1. Problemstellung

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen, vertreten durch die Bundesanstalt für Straßenwesen, beauftragte das Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig mit der Bearbeitung des Forschungsvorhabens „Bauliche Brandschutzanforderungen an einschalige Tübbingkonstruktionen“. In dem Forschungsvorhaben sollten in einem Hintergrundbericht die Vor- und Nachteile von verschiedenen baulichen Brandschutzsystemen unter Einwirkung einer tunneltypischen Brandbelastung erläutert und bewertet werden.

Bautechnische und vertragliche Regelungen für den Bau von Straßentunneln sind in den Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING) im Teil 5 Tunnelbau zusammengestellt /2/. Abschnitt 1 enthält Regelungen für Tunnel in geschlossener Bauweise (Spritzbetonbauweise), Abschnitt 2 für Tunnel in offener Bauweise und Abschnitt 3 für Tunnel, die mit maschinellen Vortriebsverfahren erstellt werden. In den Abschnitt 3 sind somit die Tunnel mit einschaligem Tübbingausbau einzuordnen. Der in diesem Forschungsvorhaben erstellte Hintergrundbericht lieferte die Grundlagen für das Kapitel „Baulicher Brandschutz“ im Abschnitt 3.

Aufgrund der raschen und hohen Temperaturentwicklung bei einem Tunnelbrand muss in der Regel die Betonoberfläche der Tübbings vor der direkten Brandein-

wirkung geschützt werden. Dafür bieten sich Brandschutzsysteme in Form von Plattenbekleidungen auf mineralischer Basis, mehrschichtigen metallischen Plattenbekleidungen oder Putzen an. Neben diesen konstruktiven Brandschutzmaßnahmen besteht die Möglichkeit, den Beton durch betontechnologische Maßnahmen brandschutztechnisch zu ertüchtigen.

Um die Brandschutzsysteme eindeutig beurteilen zu können, fehlen bislang abgesicherte Aussagen zur Wirksamkeit der verschiedenen Brandschutzsysteme. Zusätzlich stellt sich für den Beton, der durch betontechnologische Maßnahmen ertüchtigt worden ist, die Frage, ob er die Anforderungen an die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit vor, während und nach einem Brandereignis erfüllt. Als Grundlage zur Bewertung der einzelnen Brandschutzmaßnahmen dient die in der ZTV-ING Teil 5, Abschnitt 1 und Abschnitt 2 verankerte Temperaturzeitkurve.

Die Tunnelauskleidung muss für Einwirkungen aus dem umgebenden Gebirge, aus den Bauzuständen und aus der Nutzung in statischer und konstruktiver Hinsicht dimensioniert werden. Die statische Berechnung von Tunneln in einschaliger Tübbingbauweise unter Normalbedingung erfordert die Ergänzung durch den statischen Nachweis im Brandfall. Für die praktische Anwendung ist ein vereinfachtes Rechenverfahren notwendig und wünschenswert. Die Verifizierung eines vereinfachten Rechenverfahrens ist aufgrund eines fehlenden allgemeinen Rechenverfahrens für den einschaligen Tunnelausbau in Tübbingbauweise im Brandfall zur Zeit nicht möglich.

2. Bauliche Brandschutzsysteme

Durch eine Platten- oder Putzbekleidung kann der Beton vor einem starken Temperaturgradienten verbunden mit einer hohen Wärmeeinwirkung geschützt und somit das Abplatzerisiko gesenkt werden. Die Stahlbewehrung wird in der Regel durch die Betondeckung vor der Erwärmung geschützt. Bei der Putzbekleidung kommen z. B. Vermiculite-, Perlite- oder Mineralfaser-Spritzputze und bei der Plattenbekleidung z. B. mineralisch gebundene Platten, beschichtete Lochblechplatten sowie sogenannte Sand-

wich-Platten zum Einsatz. Die Abschnitte 1 und 2 der ZTV-ING, Teil 5 sehen die Anordnung einer zusätzlichen Brandschutzbewehrung vor. Betonabplatzungen sollen damit so eingeschränkt werden, dass die tragende Hauptbewehrung vor einer Erwärmung über 300°C geschützt wird. Neuere Forschungsergebnisse zeigen, dass durch Kunststofffasern (Polypropylenfasern), die dem Beton in geringen Mengen beigemischt werden, das Abplatzrisiko deutlich vermindert werden kann. Die den Bewehrungsstahl schützende Betondeckung bleibt dann im Brandfall weitestgehend erhalten.

Für ausgewählte Brandschutzsysteme wird die Bauteilerwärmung rechnerisch ermittelt. Die berechneten Temperaturen werden mit den Schutzziele des beschränkten baulichen Objektschutzes verglichen und bewertet. Wegen fehlender Rechengrundlagen müssen viele Brandschutzsysteme weiterhin durch Brandprüfungen ihre Wirksamkeit nachweisen. Für die Interpretation und Vergleichbarkeit der Prüfergebnisse ist das Fehlen einheitlicher Prüfvorschriften nachteilig. Um das Gesamtsystem Tunnel zu betrachten, wird in die Bewertung der Brandschutzsysteme auch die Ausbildung der Fugen und Dichtrahmen einbezogen. Zusätzlich werden die Anforderungen hinsichtlich der Bauwerksüberwachung als Kriterium für die Auswahl eines Brandschutzsystems genannt.

Die Zusammenstellung der verschiedenen baulichen Brandschutzsysteme zeigt, dass Brandschutzputze, mineralisch gebundene Brandschutzplatten und der abplatzresistente Beton die Tunnelkonstruktion sicher vor einer Brandeinwirkung nach der RABT-Kurve schützen.

3. Empfehlung

Um den baulichen Brandschutz in Tunneln in einschaliger Tübbingbauweise sicherzustellen, darf im Brandfall die Bewehrung auf der Tunnelinnenseite nicht über 300 °C erwärmt werden und an der brandbeanspruchten Oberfläche der Tüblings dürfen keine explosionsartigen Betonabplatzungen auftreten. Dies kann durch konstruktive oder betontechnologische Maßnahme geschehen.

Durch konstruktive Maßnahmen wird die Tübbingoberfläche vor dem direkten Brandangriff geschützt. Als konstruktive Maßnahmen können Brandschutzputze oder Brandschutzsysteme in Form von Plattensystemen verwendet werden.

Durch betontechnologische Maßnahmen wird ein abplatzresistenter Beton hergestellt. Als betontechnologische Maßnahmen haben sich der Zusatz von Kunst-

stofffasern und die geeignete Zusammensetzung der Zuschläge erwiesen.

Die Eignung der konstruktiven Maßnahmen hinsichtlich Wärmedämmung, Befestigung und konstruktiver Ausführung und die Eignung der betontechnologischen Maßnahmen hinsichtlich der Verhinderung von explosionsartigen Abplatzungen müssen durch Brandversuche nachgewiesen werden. Die Heißgastemperaturen in den Brandversuchen müssen der in den ZTV-ING Teil 5 Abschnitt 1 und 2 verankerten Temperaturzeitkurve entsprechen.

4. Ausblick

Ausblickend bietet sich neben der experimentellen Nachweisführung der Einsatz von Ingenieurmethoden z. B. für die rechnerische Optimierung von Schichtdicken bei Bekleidungen an. Diese Möglichkeit steht im Einklang mit den zukünftigen europäischen technischen Regelwerken, die grundsätzlich allgemeine Rechenverfahren zur brandschutztechnischen Nachweisführung zulassen. Im Grundlagendokument „Brandschutz“ der Europäischen Gemeinschaft wird auf die Anwendung der Ingenieurmethoden hingewiesen.

Eine weitere sinnvolle Anwendung von brandschutztechnischen Ingenieurmethoden bezieht sich auf den Einsatz von abplatzresistenten Beton. Die statische Berechnung von Tunneln in einschaliger Tübbingbauweise unter Normalbedingungen wird dann durch den statischen Nachweis im Brandfall ergänzt. Der statische Nachweis wird durch ein allgemeines Rechenverfahren nach Schaffung von experimentell abgesicherten Rechenannahmen möglich sein. Die rechnerische Nachweisführung steht dann gleichwertig neben einer aufwändigen versuchsgestützten Nachweisführung. Für die praktische Anwendung ist ein vereinfachtes Rechenverfahren zweckmäßig.

5. Literaturverzeichnis

- /1/ Hosser, D.; Richter, E.; Schnetgöke, R.: Bauliche Brandschutzanforderung an einschalige Tübbingkonstruktionen. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben FE-Nr.: 15.365/2002/ERB im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen. Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, 2004
- /2/ Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING) Teil 5: Tunnelbau. Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrsblatt - Sammlung Nr. S 1056. Verkehrsblatt - Verlag, 01/2003.