

Baulicher Brandschutz in Straßenverkehrsbauten mit Faserspritzbeton

Bmstr. Ing. Günter Vogl
Junger BaugesmbH, Irdning

Durch das Alter vieler in Österreich vorhandener Straßentunnel und die Diskussionen über Sicherheitsaspekte in Tunnelbauwerken wurden in den letzten Jahren und werden zukünftig viele solcher Bauwerke einer Generalsanierung unterzogen.

Dies betrifft sowohl die bauliche Instandsetzung als auch die Anpassung der sicherheitstechnischen Ausstattung an das geforderte Niveau.

Der Tätigkeitsbereich der Fa. H. Junger Bauges.m.b.H. erstreckt sich von der Erfassung des baulichen Zustands, dem allenfalls erforderlichen Abtrag von geschädigtem bzw. chloridverseuchtem Beton bis zur Wiederherstellung der Konstruktion mit Spritzbeton und Beschichtung.

Daneben gibt es die Forderung nach einer erhöhten Brandbeständigkeit von Tunnelkonstruktionen, um im Brandfall das Versagen von Konstruktionsteilen zu verhindern. Hier konnte von der Fa. H. Junger Bauges.m.b.H. der Auftrag der ÖBB Infrastruktur Bau AG zur Auskleidung eines Teilstückes des Lainzer Tunnels mit einer Brandschutzschicht angenommen werden – die erste Ausschreibung dieser Art in Österreich.

Zum Einsatz kommt hier ein speziell auf diesen Einsatzzweck entwickelter Faserspritzbeton.

Im Folgenden wird der Einsatz von Faserspritzbeton am Beispiel Lainzer Tunnel genauer erläutert.

1 Allgemeines

Durch bekannte Brandkatastrophen nach Verkehrsunfällen entstand vor einigen Jahren die Diskussion über Sicherheitsaspekte in Tunnelbauwerken. Daraus folgte die Forderung nach einer Erhöhung bzw. Anpassung (Nachrüstung) der sicherheitstechnischen Ausrüstung.

Im baulichen Bereich wurde der Brandschutz zu einem wesentlichen Thema, sowohl in der Tunnelinstandsetzung als auch im Neubau.

Eine Gefährdung von Menschenleben ist im Brandfall in einem Verkehrstunnel sowohl durch die Gefahr des Versagens der gesamten Konstruktion als auch durch teilweisen Einsturz von Bauteilen (Abplatzungen, Versagen der Bauteile) gegeben.

Durch die jahrelange Erfahrung der Fa. H. Junger Bauges.m.b.H. in der baulichen Instandsetzung von Straßentunnels ergab sich hier ein weiteres innovatives Betätigungsfeld, was speziell die Untergrundvorbereitung des Betons und die Ausrüstung eines Verkehrsbauwerkes mit neuartigen Brandschutzmaßnahmen unter Verwendung automatisierter Spritzbetontechniken betrifft. Diese neue Technologie soll im Weiteren anhand des Bauvorhabens Lainzer Tunnel (ÖBB Infrastruktur Bau AG) vorgestellt werden.

2 Brandschutz von Tunnelbauwerken

Neben der verkehrstechnischen und elektrotechnischen Ausrüstung bzw. Nachrüstung von Tunnelbauwerken kommen spezielle Maßnahmen zur Anwendung, wie geeignete Konstruktionen als auch neuartige Betonbaustoffe, die für diesen Zweck entwickelt wurden. Im Wesentlichen umfassen diese

Entwicklungen die Anwendung spezieller Faserbetone für Pumpbetone wie auch für die Verwendung im Bereich Spritzbeton.

Bei den Fasern kommen PP-Materialien zur Anwendung, deren Form, Größe und Menge genau für diese Zwecke angepasst sind.

Leistung und Fähigkeiten dieser Betonrezepturen wurden unter anderem vom VÖZ Wien und Prof. Kusterle (Universität Innsbruck) untersucht und eine Zusammenfassung im Heft 544 Straßenforschung des BM f. Verkehr, Innovation und Technologie herausgegeben [1].

3 Eigenschaften von PP-Faserbeton

Grundsätzlich kann die Wirkungsweise von PP-Fasern im Beton unter Brandeinwirkung folgendermaßen beschrieben werden:

Bei herkömmlichen Rezepturen entstehen im Brandfall durch die sehr rasch steigenden Temperaturen – rd. 1.200 °C nach 10 min – im Beton neben Veränderungen des Zementsteins und der Gesteinskörnungen derartige Dampfdrücke und Temperaturspannungen, dass es bei herkömmlichem Beton nicht möglich ist, diese Drücke abzubauen. In der Folge kommt es zu Abplatzungen, und des Weiteren kann es zum Versagen der Konstruktion kommen, da eine fortschreitende Querschnittsminderung eintritt und der Schutz der Bewehrung vor der Temperatureinwirkung nicht gewährleistet wird. Es werden nun als wichtigstes Ergebnis der zuvor angeführten Forschungen dem Beton PP-Fasern mit einer Menge von 2,00 kg/m³ beigemischt – diese verdampfen bei Temperaturen, die für das Betongefüge noch nicht gefährlich sind. In der Folge bilden sich zusätzliche Hohlräume, über die sich der Dampfdruck suk-

zessive abbauen kann. Dadurch werden Zerstörungen und das Temperaturein-dring-verhalten wesentlich verbessert.

Im Anschluss soll eine konkrete Anwen-dung dieser Technologie anhand des Bau-vorhabens Lainzer Tunnel LT 22–25 der ÖBB Infrastruktur Bau AG ausführlicher er-läutert werden.

4 Objekt Lainzer Tunnel

Als Verbindungsstrecke zwischen Süd-, West- und Donauländebahn im Zuge des Ausbaues als zukünftige Hochleis-tungsstrecke wurde der Lainzer Tunnel im 14. Wiener Gemeindebezirk hergestellt, die gegenständlichen Baulose LT 22 – LT25 befinden sich im Bereich Hadersdorf, ausgeführt in Deckelbauweise sowohl mit ober- als auch unterirdischer Gleis-führung.

Die Trasse führt durch bebauten Gebiet, mit Straßen- wie auch Gewässerunterfö-hrungen, was deutlich macht, dass gerade hier ein ausreichender Brandschutz der Deckenkonstruktion unerlässlich wird, um ein etwaiges Versagen samt deren Folgen im Katastrophenfall sicher zu verhindern.

Die angeführten Baulose waren nun Objekt der Ausschreibung der ehem. HL-AG vom November 2004 zur Ausstattung mit Brand-schutzschichten.

Ausschreibungsinhalt war, den Großteil der Tragwerksuntersichten sowie teilweise die vorhandenen Wandflächen mit verschiedenen Brandschutzsystemen auszustatten.

Die Gesamtlänge der betroffenen Bereiche beträgt rd. 1.800 m, die Gesamtfläche rd. 43.000 m², wovon ca. 13.000 m² mit Brand-schutzplatten verkleidet werden, der Groß-teil wird mit PP-Faserspritzbeton versehen.

Aufgrund der Ausschreibung war es mög-lich, Leichtmörtelprodukte oder alternativ Faserspritzbeton einzusetzen. Es waren jedoch die geforderten Kriterien (v. a. Brand-schutz, Mechanik, Dauerhaftigkeit) nur via Faserspritzbeton erfüllbar, sodass die ent-sprechende Variante zur Ausführung kam.

Bild 2 zeigt die Ausführung der Unter-sichtsflächen im LT 23, dem Hauptteil des Bauloses.



Bild 1: Lainzer Tunnel LT23

Foto: © Junger BaugesmbH

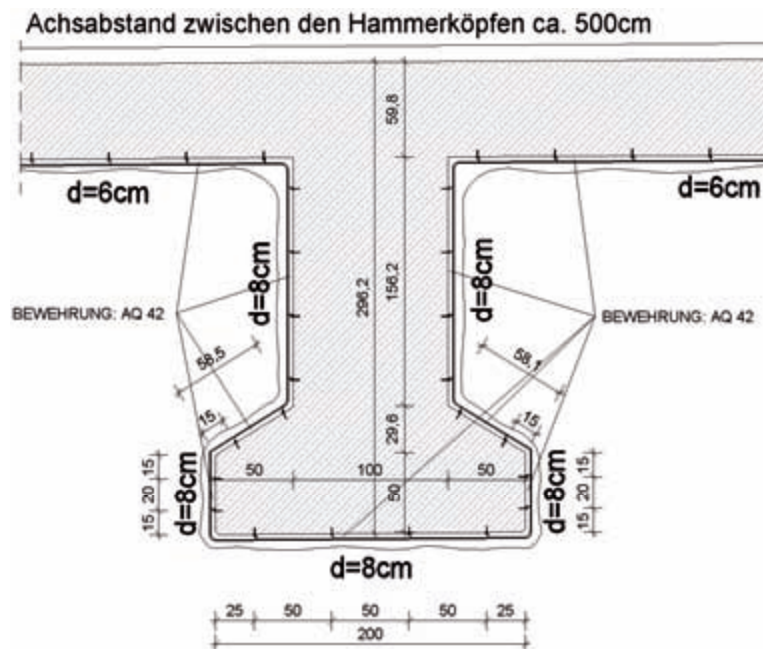


Bild 2: Hammerkopprofil LT 23

5 Untergrundvorbereitung – Spritzbeton

Was die Untergrundvorbereitung der Spritzbetonflächen betrifft, wurde auf die Methode des Hochdruckwasserstrahlens zurückgegriffen; dadurch konnte eine weit gehende Automatisierung der Bearbeitung erzielt werden – es wurde mit Drücken von bis zu 2.500 bar gearbeitet.

Von der Fa. H. Junger Bauges.m.b.H. wurde ein Portalgerüst entwickelt, auf welchem auf entsprechenden Kranbahnen das Wasserstrahlgerät mit konstanter Bahngeschwindigkeit und konstantem Abstand die Flächen bearbeitete; dadurch konnte eine gleich bleibende Untergrundbehandlung und somit Qualität für den Spritzbetonauftrag erzielt werden. Kriterien sind die erreichte Haftzugsfestigkeit

(> 1,5 N/mm²) und die mittlere Rautiefe (>= 1,0 mm), dies erforderte einen Abtrag der Zementschlümme und das Freilegen des Korngerüstes.

Bild 3 zeigt beispielhaft die Anordnung der Wasserstrahlgerätschaft am Gerüst.

Qualitätskontrollen der Betonflächen sind alle 500 m² durch eine akkreditierte Prüf-anstalt vorgesehen, es wurden hier Haftzugsfestigkeit und mittlere Rautiefe ermittelt – beide Anforderungen stellen bei der angewendeten Methode kein Problem dar.

Bild 3: HDW-Untergrundvorbereitung LT 23
Alle Fotos: © Junger BaugesmbH



6 Faserspritzbeton – Material

In den letzten Jahren wurde im Bereich des Brandschutzes von Tunnelbauwerken und der Entwicklung von brandbeständigen Betonen viel unternommen und entsprechende Versuche wurden durchgeführt, angeführt vom VÖZ Wien, Prof. Kusterle (TU Innsbruck) und als Partner die ÖBB im Rahmen der Ausführung des Lainzer Tunnels. Es wurden Innenschalen in Faserbeton ausgeführt und verschiedene Rezepturen zahlreichen Brandprüfungen unterzogen, die Ergebnisse sind im Heft 544 Straßenforschung des BM f. VIT [1] dargestellt und stellen die Basis der Ausschreibung des gezeigten Projekts dar. Es war dies die erste dieser Art in Österreich, mit dem einzigen Zweck der Ausstattung eines Eisenbahntunnels mit Brandschutzschichten.

In den Projektbeschreibungen und den Anforderungen wurden die Kriterien, welche das einzusetzende Material zu erfüllen hat, sehr genau beschrieben (v. a. Brandschutz, Mechanik, Dauerhaftigkeit), wobei alternativ der Einsatz von Brandschutzmörteln mit Leichtzuschlägen neben Faserspritzbeton zulässig war. Auch dieser musste den strengen Kriterien betreffend Mechanik und Dauerhaftigkeit entsprechen. Dies stellte sich für die infrage kommenden Leichtmörtelprodukte letztendlich als nicht erreichbar heraus, es wurde daher die Variante mit Faserspritzbeton ausgeführt.

Beim Brandschutz wurde als höchste Stufe die Prüfung nach der niederländischen RWS-Temperaturkurve mit einer Maximaltemperatur von 1.350 °C ausgeschrieben, und diese verlängert auf 180 min. Es durften in der Grenzschicht Untergrund – Spritzbeton 350 °C und in der ersten Bewehrungslage 250 °C nicht überschritten werden, was beim Einsatz von Spritzbeton naturgemäß nur bei höheren Schichtstärken zu erreichen war. Demgemäß waren an den meisten Flächen eine Auskleidung mit 8 cm und Deckenuntersichten zwischen den Unterzügen mit 6 cm vorgesehen.

Darüber hinaus galt es eine Lebensdauer des Brandschutzes aufgrund der Bauwerksnutzung von 100 Jahren zu erreichen, was ebenfalls eindeutig für die Anwendung von Faserspritzbeton sprach.

Aus Sicherheitsgründen ebenfalls vorzusehen ist die Montage einer Systembewehrung der Brandschutzschicht in Form einer funktionalen Ausschreibung, die Anforderungen an diese sind:

- Beständigkeit auf Lebensdauer
- Standfestigkeit bei komplettem Ausfall der Haftung des Spritzbetons
- Sogbelastung durch Zugverkehr
- Brandbeständigkeit, Betondeckung
- nur zugelassene Systeme
- Sicherheitsbeiwert auf der Einwirkungsseite 1,5

Darstellung der Systembewehrung siehe Bild 4.

Bild 4: Systembewehrung Hammerkopf



Bild 5: Spritzbetonarbeiten LT 23





Bild 6: Spritzbetonarbeiten LT 23



Bild 7: Prüfung Haftzugfestigkeit LT 23

Zur Ausführung kommt als Brandschutz der Faserspritzbeton der Fa. Schretter & Cie, Novimontan, mit einem PP-Fasergehalt von $2,0 \text{ kg/m}^3$, diese ein Produkt Fa. Bekaert, der bereits im Jahr 2003 eine Brandprüfung an der TU Wien nach der RWS-Kurve bestanden hat.

Dieses Produkt stellte sich nach mehreren Versuchen im Hinblick auf Förderleistung, Oberfläche und für die Anwendung eines Spritzroboters als geeignet heraus.

7 Spritzbetonarbeiten Lainzer Tunnel

Im Zuge der Bearbeitung der Ausschreibung und der Auseinandersetzung mit den Themen Brandschutz und Automatisierung in der Spritzbetontechnik wurde die Anwendung eines Roboters für dieses Objekt als optimale Variante angesehen.

Ebene Untergründe, konstante Geometrien, Spritzleistung und gleich bleibende Qualität waren ausschlaggebend, dazu kamen Vorteile hinsichtlich des Ablaufs an der Baustelle und Erfahrungen der Fa. H. Junger mit Automatisierungsverfahren in der Hochdruckwassertechnik beim Betonabtrag.

Selbstverständlich mussten im Zuge von Versuchen noch etliche Spritzparameter exakt justiert werden, um das Spritzergebnis zu optimieren.

8 Auswirkungen der PP-Fasern

Durch die noch nicht bekannte Verarbeitungsmethode des Materials Faserspritzbeton traten verschiedenste Probleme während der Ausführung auf.

Verschärft wurde diese Problematik noch durch die gegebenen Randbedingungen wie kurze Bauzeit, äußerst beengte Platzverhältnisse und die erwähnte komplexe Geometrie des größten Teils der Flächen.

Der Faserspritzbeton stellte sich als schwierig zu beherrschendes Material heraus, wobei vor allem die beigemengten Fasern zu folgenden Problemen führten:

- Verstopfungen beim Einbringen des Trockenmischgutes in den Silo
- wesentlich erhöhter Geräteverschleiß
- Fördermengenreduktion um mehr als 50 %
- erschwerte Arbeitsbedingungen
- Geräteschäden durch verstopfte Filter und Ansaugeneinheiten

Durch den erstmaligen Einsatz von Faserspritzbeton im entsprechenden Ausmaß waren aufgrund nicht vorhandener Erfahrungswerte permanent wesentlich verdichtete externe und interne Prüfungen notwendig (VÖZ, akkred. Prüfanstalten), siehe z. B. Bild 7.

9 Zusammenfassung

Als Resümee lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Die Neuartigkeit des Materials Faserspritzbeton stellte alle Beteiligten permanent vor neue Aufgaben, vor allem die Anwendung von PP-Fasern führte zu einer sehr vielschichtigen Problematik.

Es ist jedoch gelungen, in enger Zusammenarbeit von ÖBB, Prüfanstalten, Materialherstellern und Verarbeitern, die Arbeiten zur vollsten Zufriedenheit des Auftraggebers auszuführen.

Abschließend muss festgehalten werden, dass in Bezug auf die Dauerhaftigkeit und Qualität Spritzbeton das unschlagbare System darstellt – ebenso verhält es sich mit den Kosten, wobei Bauteilgeometrie, Spritzverfahren und Faserproblematik gesondert zu beurteilen sind.

10 Literatur

[1] Kusterle, W.:

Brandbeständigkeit von Faser-, Stahl- und Spannbeton. Straßenforschung Heft 544, BM f. Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, 2004.