

Stefan Hanser, Wolfgang Kusterle, Wolfgang Lindlbauer und Heimo Rechberger

Innovative Betontechnologie

für den baulichen Brandschutz beim Tunnel Bindermichl der A7 Mühlkreisautobahn

32

Ing. Stefan Hanser

Strabag AG, Direktion ID, Linz

Prof. Dr. Wolfgang Kusterle,

Universität Innsbruck und FH Regensburg

DI Dr. Wolfgang Lindlbauer

Zivilingenieur für Bauwesen, Wien

Heimo Rechberger

Asamer & Hufnagl, Linz



Abb. 1: Bohrkernentnahme Vorversuche

Einleitung

Die Generalerneuerung der A7 Mühlkreisautobahn mit Absenkung und Einhausung des Abschnittes Bindermichl wird in den Jahren 2003 bis 2005 durchgeführt und stellt eines der größten Infrastrukturbauvorhaben des Landes Oberösterreich bzw. der Stadt Linz dar.

Das Bauvorhaben wird von der Abteilung Autobahnen der OÖ Landesregierung und der Stadt Linz im Auftrag der ASFINAG durchgeführt. Die Planung der Ingenieurbauten erfolgt im Rahmen einer Planungsgemeinschaft durch das Ingenieurbüro Kirsch-Muchitsch & Partner, Linz. Die Ausführung wurde an die ARGE A7 Betonbau, bestehend aus den Firmen Strabag – Porr – Alpine-Mayreder – Held & Francke vergeben, der Auftrag zur Lieferung des Betons erfolgte durch die ARGE an die Firma Asamer & Hufnagl und WIBAU.

Projektbeschreibung

Das Bauvorhaben A7 Mühlkreisautobahn erstreckt sich über eine Länge von ca. 2,5 km und beinhaltet folgende Objekte [1]:

- Tunnel Bindermichl
- Einhausung Niedernhart mit Sanierung der Wankmüllerhofbrücke
- Brücken im Bereich Knoten Hummelhof sowie Lärmschutzwände mit einer Gesamtfläche von ca. 18.000 m².

Ca. 500.000 m³ Aushub werden gefördert, etwa 170.000 m³ Beton sowie ca. 20.000 t Betonstahl werden eingebaut.

Während der gesamten Bauzeit sind pro Richtungsfahrbahn ständig zwei Fahrspuren aufrechtzuerhalten, was insgesamt 22 verschiedene Verkehrsführungen erfordert. Eines der Kernstücke des Bauvorhabens ist der Tunnel Bindermichl, für den der Auftraggeber wesentliche Auflagen hinsichtlich des Umwelt- und des Brandschutzes gestellt hat.

Tunnel Bindermichl – baulicher Brandschutz

Im Zuge der Planung der A7 Mühlkreisautobahn führte das Ingenieurbüro Kirsch – Muchitsch & Partner im Auftrag des Amtes der OÖ Landesregierung und der Stadt Linz beim Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung (IBS) Brandversuche durch. Geprüft wurden Versuchskörper mit Abmessungen von 140 cm x 180 cm x 50 cm nach der HC-increased-Kurve mit einer Brandeinwirkungsdauer von 240 Minuten (ohne Abkühlphase).

Gemäß Ausschreibung waren für den Brandschutz der Tunneldecke Fertigteilplatten aus Faserbeton vorgesehen, wobei in der Fuge Fertigteil – Konstruktionsbeton die maximale zulässige Temperatur nach 180 Minuten mit 380° C begrenzt war. Die Maximaltemperatur in der ersten Bewehrungslage wurde mit 250° C, ebenfalls nach 180 Minuten, festgesetzt [2].

Aufgrund der Ergebnisse des Forschungsvorhabens „Brandbeständigkeit von Faser-, Stahl- und Spannbeton“, eines Forschungsvorhabens, das vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (Straßenforschung) und der Eisenbahn Hochleistungsstrecken AG gefördert wurde [3], wurde ein Vorschlag ausgearbeitet, bei dem auf die Verwendung von Fertigteilen verzichtet werden konnte, und bei dem die Ausführung der Tunneldecke als „Weiße Wanne“ [4] vorgesehen war. Dadurch sollten mögliche, durch die extrem kurze Bauzeit und allfällige Witterungseinflüsse (Bauen während der Wintermonate – Aufbringen der Isolierung) bedingte Probleme eingeschränkt werden.

Vorversuche

Auf Grundlage der Ergebnisse des erwähnten Forschungsvorhabens [3], wie auch den Erfahrungen von anderen Bauvorhaben und Eignungsversuchen, wurden von der Firma Asamer & Hufnagl im Werk Linz (Firma Funkbeton) Vorversuche durchgeführt. Diese dienten insbesondere der Abklärung der technologischen Eigenschaften, der zielsicheren Herstellung des Faserbetons in großen Mengen, dem Nachweis der erreichten Festigkeiten und des Verbundes bei mehrlagigem Einbau (Abb. 1).

Tabelle 1: Betonzusammensetzung gemäß Ausschreibung sowie Betonier- und Brandversuche

C25/30(56)/RRS/W45/BL/FAB BB2/GK22/B2	
Frischbetonrohddichte	2.387 kg/m ³
Wassergehalt	165 kg/m ³
Zementgehalt	270 kg/m ³
Zusatzmittel gesamt	2,80 l/m ³
W/Z-Wert	0,61
W/B-Wert	0,53

Tabelle 2: Betonzusammensetzung Ausführungsprojekt

C25/30(56)/RRS/W45/BL(BS2A)/FAB BB2G/GK22/B5	
Frischbetonrohddichte	2.309 kg/m ³
Wassergehalt	160 kg/m ³
Zementgehalt	290 kg/m ³
Zusatzmittel gesamt	3,20 l/m ³
W/Z-Wert	0,55
W/B-Wert	0,48

Eignungs- und Brandversuche

In das Forschungsvorhaben [3] eingebunden, waren die Firma Strabag als direkter Partner und die Firma Asamer & Hufnagl als Lieferant des Betons. Die Herstellung der Versuchskörper des Forschungsvorhabens erfolgte auf der Baustelle der A8 Innkreisautobahn (Unterflurtrasse Steinhaus), die Betonlieferung durch das Betonwerk Vorchdorf.

Das Prüfprogramm für die A7 Mühlkreisautobahn umfasste die Herstellung von vier Probekörpern, um die Eignung des Faserbetons (Verarbeitbarkeit unter Baustellenbedingungen) festzustellen, sowie die Herstellung von zwei Versuchskörpern zur Durchführung von Brandversuchen. Zusätzlich wurden Qualitätssicherungsmaßnahmen festgelegt, die einen fachgerechten Einbau vor Ort gewährleisten sollen [5].

Nach der Festlegung der endgültigen Betonzusammensetzung und der Entscheidung, die Tunneldecke als „Weiße Wanne“ auszuführen, wurde für einen Brandversuch ein weiterer Prüfkörper hergestellt.

Die Betonierversuche erfolgten unter Berücksichtigung der tatsächlich vorgesehenen Bewehrungsanordnung der bis über 20 m weit gespannten Tunneldecke. Dies bedeutete für die Versuchskörper einen Bewehrungsgehalt von ca. 235 kg/m³. Die Versuchskörper wiesen Abmessungen von 240 cm x 240 cm x 120 cm auf. Es wurden

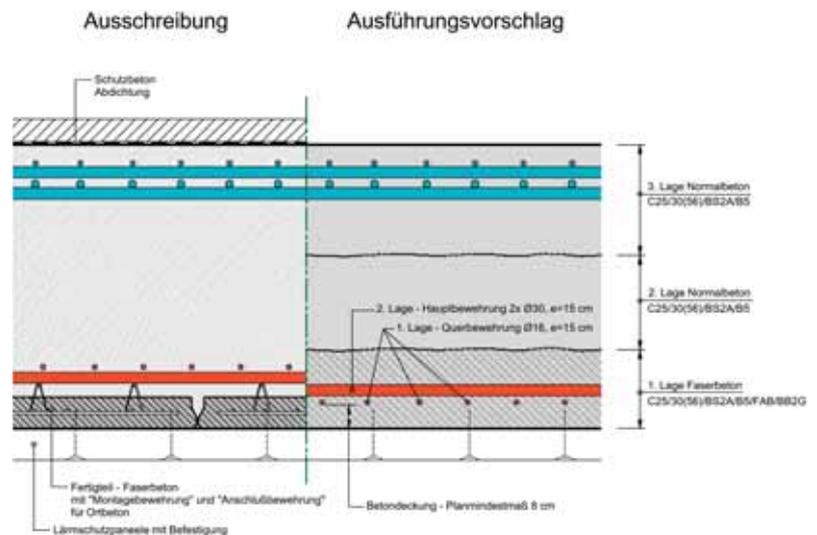


Abb. 2: Querschnitte, Ausschreibung und Alternative

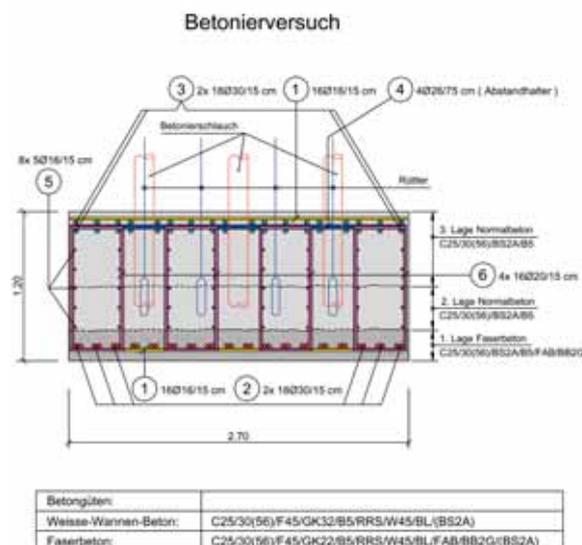


Abb. 3: Betonierversuche – Planungsangaben



Abb. 4: Betonierversuche – Bewehrungsanordnung

sowohl Bewehrungsanordnungen gemäß Projekt (4-lagig) und Bewehrungsanordnungen gemäß Vorschlag der ARGE (2-lagig) berücksichtigt (Abb. 2, Abb. 3 und Abb. 4).

In den Versuchen konnte unter wirklichkeitsnaher Bedingung die einwandfreie Verarbeitung des Faserbetons, sowie die zielsichere Herstellung einer 25 cm dicken Faserbetonschichte, ergänzt durch zwei Lagen Normalbeton, nachgewiesen werden. Zum Nachweis der einwandfreien Verarbeitung und der Eignung des Faserbetons als Brandschutzmaßnahme wurden von den vier Probekörpern jeweils neun Bohrkerne gezogen. Bestimmt wurden die Einbaudicke des Faserbetons, dessen Festigkeit, der Verbund zwischen Faserbeton und Normalbeton sowie der Fasergehalt der Bohrkerne (Abb. 5 und Abb. 6).



Abb. 5: Betonierversuche – Bohrkernentnahme

Sämtliche Bohrkerne entsprachen den Anforderungen, sodass der Auftraggeber dem Einbau des Faserbetons beim Tunnel Binderloch zustimmen konnte. Zu erbringen war noch der Nachweis der Brandbeständigkeit. Da der Einbau des Betons der Versuchskörper bereits durch die vorgesehenen Betoniermannschaften der ARGE erfolgte (mit Unterweisung und Anleitung), war gewährleistet, dass auch bei der Herstellung der Tunneldecke die geforderte Qualität erreicht würde.

alle Fotos: Lindlbauer und Asamer & Hufnagl

Für die Brandversuche wurden zwei Versuchskörper mit den Abmessungen 140 cm x 180 cm x 50 cm hergestellt (Abb. 7). Die Betonzusammensetzung mit der Kurzbezeichnung „B2“ gemäß ÖNORM B 4710-1 entsprach den Vorgaben der Ausschreibung



Abb. 6: Betonierversuche – Bohrkerne



Abb. 7: Versuchskörper für die Brandversuche



Abb. 8: Versuchskörperherstellung



Abb. 9: Versuchskörperunterseite unmittelbar nach dem Abheben vom Brandraum

(Tab. 1), wobei die Betonsorte „B2“ für den Regelfall und die Betonsorte „B5“ für die Portalbereiche vorgesehen war (Sprühnebelbereich).

Zum Erreichen der Brandbeständigkeit wurden je m^3 Beton 2 kg PP-Fasern der Firma Fibrin (Fibrin 615, Durchmesser ca. $16 \mu\text{m}$, Länge 6 mm, Farbe weiß) beigegeben.

Die Prüfung der Brandbeständigkeit erfolgte nach den im Forschungsvorhaben festgelegten Bedingungen, die auch in die Richtlinie „Innenschalbeton“ der ÖVBB bzw. die RVS [6] aufgenommen wurden. Über die Ergebnisse des Forschungsvorhabens wurde anlässlich des Österreichischen Betontages 2004 berichtet [7], wo auch auf das positive Ergebnis der Brandversuche für die A7 Mühlgkreisautobahn hingewiesen wurde.

Brandversuch Ausführungsprojekt

Aufgrund der Zustimmung des Auftraggebers zur Ausführung der Tunneldecke (Deckelbauweise) als „Weiße Wanne“, wurde bei der IBS ein weiterer Brandversuch durchgeführt. Zum Einsatz kam ein Beton gemäß Tab. 2, dem ebenfalls 2 kg PP-Fasern je m^3 beigemischt wurden.

Die Herstellung des Versuchskörpers sowie einer „Nullprobe“ zur Bestimmung des Feuchtegehaltes beim Brandversuch erfolgte bei der Mischanlage der A7 Mühlgkreisautobahn (Abb. 8).

Als Erweiterung des Prüfprogramms gegenüber den beiden vorhergehenden Brandversuchen kam es zum Einbau von zusätzlichen Temperaturfühlern (Faserbetonleisten).

Um den Einfluss des Bewehrungsstahles auf das Eindringen der Temperatur (im Vergleich zum Faserbeton) feststellen zu können, wurden bei der Hauptbewehrung sowohl an der Unter- (Brandraumseite) als auch auf der Oberseite Sonden appliziert. Die Messergebnisse sollten Aufschluss über einen allfälligen Zusammenhang zwischen dichter Bewehrung und Abplatzungen geben.

Der Brandversuch hat die Annahmen aus dem Forschungsvorhaben bestätigt und die Anforderungen für das Projekt A7 Mühlgkreisautobahn zur Gänze erfüllt.

Der Faserbeton zeigte keine Abplatzungen (Abb. 9), lediglich nach dem Abkühlen traten oberflächliche Ablösungen auf (Abb. 10), wie sie auch aus vorhergehenden Brandversuchen bekannt waren.



Abb. 10: Versuchskörperunterseite, kalter Zustand



Abb. 12: Betonieren der Tunneldecke

Abb. 13: Betonieren der Innenschale

Wesentlich aber war, dass die Temperaturbeanspruchung der Bewehrung (Betondeckung der Hauptbewehrung 10 cm an der Unterseite, 13,5 cm an der Oberseite) nach 240 Minuten Branddauer nur 329° C bzw. 295° C erreicht hatte, und jene der ersten Bewehrungslage (Betondeckung 10 cm – Bewehrungsoberseite) nur 320° C. Es ist daher für den Nachweis der Resttragfähigkeit der Tunneldecke nach dem Brand kein Festigkeitsverlust der Bewehrung zu berücksichtigen (Abb. 11).

Für den Nachweis der Tragfähigkeit der Tunneldecke während eines Brandes gelten die einschlägigen ÖNORMEN bzw. der

EUROCODE, für die Festlegung des Sicherheitsniveaus und des Schutzziels künftig auch die in Ausarbeitung befindliche RVS – Baulicher Brandschutz in Straßenverkehrsbauten [8].

Für die „Heißbemessung“ gilt ÖNORM B 4700 – außergewöhnlicher Lastfall, für den Nachweis der „Resttragfähigkeit“ die Grundkombination, wie sie für „Kaltbemessungen“ anzuwenden ist.

Nach einem Brandereignis und den infolgedessen notwendigen Untersuchungen (Materialfestigkeiten für Beton und Betonstahl) wäre der geschädigte Beton daher lediglich mit Hochdruckwasserstrahlen ab-

zutragen und gemäß den einschlägigen Richtlinien der ÖVBB durch Faserspritzbeton zu ersetzen. Eine allfällig erforderliche Instandsetzung könnte daher rasch und wirtschaftlich durchgeführt werden.

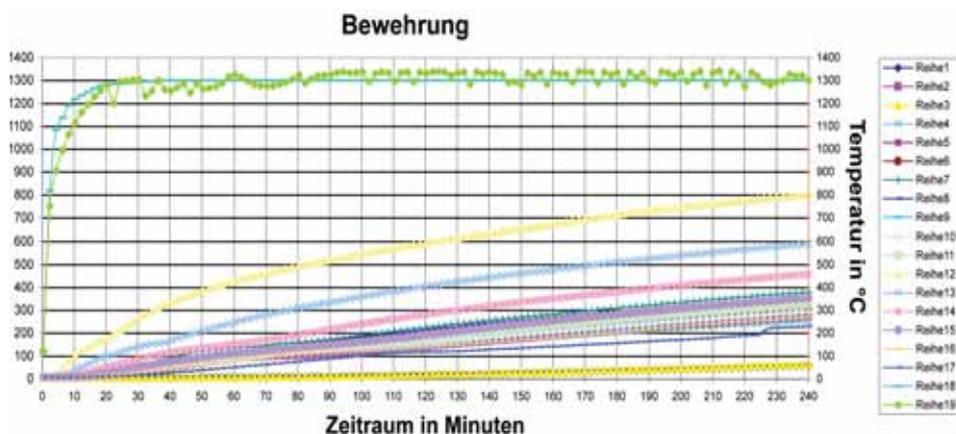
Ausführung

Die Ausführung der Bauarbeiten erfolgt derzeit unter großem Termindruck und mit einem hohen Einsatz von Personal und Material. Ziel des Auftraggebers ist es, durch eine kurze Bauzeit die Verkehrsbeeinträchtigung durch Baumaßnahmen so gering als möglich zu halten. (Abb. 12, Abb. 13 und Abb. 14).

Zusammenfassung

Beim Tunnel Bindermichl der A7 Mühlkreisautobahn werden durch den Einsatz einer innovativen Betontechnologie die neuesten Erkenntnisse der Brandschutzforschung aufgrund der Verwendung von PP-Fasern angewendet. Diese Entwicklungen, an denen die ARGE A7 Betonbau und die Firma Asamer & Hufnagl maßgeblich beteiligt waren, sowie die gewählte Ausführungsart, gewährleisten einen hohen Qualitätsstandard, eine rasche und flexible Baudurchführung, wobei Abschnitte mit bis zu 2.400 m³ (800 m³ Faserbeton, 1.600 m³ Normalbeton) realisiert werden.

Abb. 11: Temperaturzeitkurve und Temperatureindringkurve



Literaturverzeichnis

- [1] Muchitsch F., Wögerer M.: A7 Mühlkreis Autobahn – Absenkung und Einhausung der Autobahn im Bereich Bindermichl, Österreichischer Betontag Wien, März 2004.
- [2] Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung, Prüfbericht Nr. 015014/1: Brandversuche an Stahlbetonquadern mit Polypropylenfasernbeimischung, Linz, Dezember 2002.
- [3] Kusterle W. et al: Brandbeständigkeit von Faser-, Stahl- und Spannbeton, Schriftenreihe Straßenforschung, Österreichische Forschungsgemeinschaft, Wien, 2004.
- [4] Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik (Hrsg.): Richtlinie Weiße Wanne, Wien, 2002
- [5] Lindlbauer W.: Bericht über die Betoniersuche und Brandversuche A7 Mühlkreis Autobahn, Tunnel Bindermichl, unveröffentlicht, Wien, in Ausarbeitung
- [6] Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik (Hrsg.): Richtlinie Innenschalbeton, Wien, 2003
- [7] Kusterle W., Lindlbauer W.: Zur Brandbeständigkeit von Beton: Rückschlüsse aus Ergebnissen an Großversuchskörpern. Österreichischer Betontag, Wien, März 2004
- [8] RVS 9.535, Baulicher Brandschutz in Straßenverkehrsbauten, Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr, Wien (in Ausarbeitung)

Abb. 14: Fertiger Tunnelquerschnitt (Blockfuge)

