

FACHBEITRÄGE

# BAB A 111 Tunnel Flughafen Tegel Berlin – Instandsetzung und sicherheitstechnische Nachrüstung

## 1. Einführung

Ausgelöst durch verheerende Tunnelbrände im benachbarten Ausland wurden die Anforderungen an die Sicherheit in Straßentunneln überprüft und europaweit die geltenden Richtlinien fortgeschrieben. Ausgangspunkt hierfür war die europäische Richtlinie Straße aus dem Jahre 2004 [1]. In Deutschland erfolgte dies durch die Aktualisierung der "Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln" (RABT 2006) [2]. Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung stellte daraufhin nach einer Prioritätenreihung ein umfangreiches bau- und betriebstechnisches Nachrüstungsprogramm für die Tunnelanlagen im Zuge der Bundesfernstraßen auf. Die Gesamtkosten zur Umsetzung dieses Programms belaufen sich auf etwa 600 Millionen Euro. Bedingt durch das hohe Verkehrsaufkommen und den schlechten baulichen Zustand (Bild 1) hatte der Tunnel Flughafen Tegel als wichtiger Bestandteil der BAB A111 in Berlin die höchste Prioritätsstufe.

Der Tunnel wurde 1979 unter Verkehr genommen. Das Bauwerk unterquert im Zuge der Bundesautobahn A111 Teile der Start- und Landebahn des Flughafens Tegel. Die BAB A111 bildet die nördliche Anbindung der Berliner Stadtautobahn A100 an den äußeren Berliner Ring, die BAB A10.

Die gesamte Tunnelanlage liegt ca. 3 m bis 4 m im Grundwasser, so dass die Tunneldecke mit Ausnahme der Ausfahrt Richtung Nord (Hamburg) lediglich nicht drückendem Wasser ausgesetzt ist. Der Tunnel wurde in offener Bauweise mit abgeboßchten Baugruben errichtet.

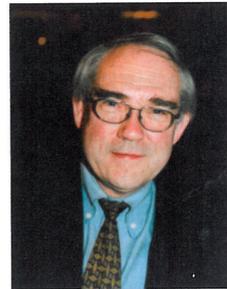
Die verkehrliche Belastung des Tunnels beträgt in Fahrtrichtung Nord 48.200 Kfz/24h bei

einem LKW-Anteil von 15 % und in Fahrtrichtung Süd 42.300 Kfz/24h mit einem LKW-Anteil von 10 % (letzte Zählung Stand 2002).

Die zulässige Geschwindigkeit beträgt 60 bzw. 80 km/h, im Bereich der Ausfahrt Hamburg 40 km/h.



Bild 1: Schadhafte Wandfuge



Alfred Haack



Lutz Adam



Marco Ilgeroth

## 2. Baulicher Ausgangszustand

### 2.1 Geometrie

Das Tunnelbauwerk wurde als zweizelliger Rahmen in Stahlbetonbauweise ausgeführt (Bild 2).

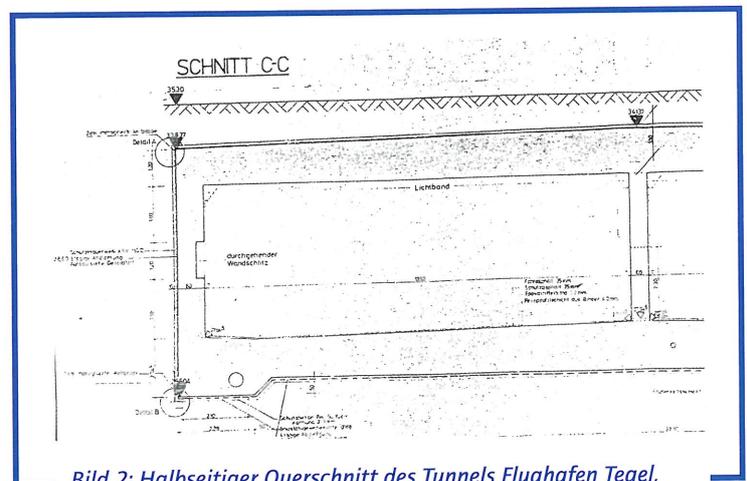


Bild 2: Halbseitiger Querschnitt des Tunnels Flughafen Tegel, Berlin

Der Haupttunnel besteht aus 36 schlaff bewehrten Blöcken, die in der Regel 30 m lang und 23 m breit sind. Lediglich die Decken im Bereich der Tunnelabzweige wurden mit einer vorgespannten Bewehrung versehen, da wegen der Ein- und Ausfädelspuren Spannweiten von bis zu 38 m erforderlich waren. Die Tunnelröhre Ost (in Fahrtrichtung Nord) hat eine Länge von 967 m und die Tunnelröhre West (in Fahrtrichtung Süd) eine Länge von 878 m. Nördlich an die geschlossenen Tunnelabschnitte anschließende Tunnelabzweige und Rasterstrecken haben eine Gesamtlänge von zusätzlich 560 m, und die südlich angrenzenden als Trog ausgeführten Ein- und Ausfahrtsbereiche haben eine Gesamtlänge von 620 m. Die lichte Weite im Tunnelquerschnitt der einzelnen Tunnelröhren beträgt ca. 10,50 m, die lichte Höhe im Maximum 5,50 m und im Minimum 4,81 m (Bild 2).

Die äußere Abdichtung des Tunnels erfolgte umlaufend mit einer Bitumenabdichtung aus mindestens 3 Lagen nackter Bitumenbahn R 500/30. Unterhalb des Bemessungswasserstandes wurde im Sohl- und Wandbereich eine weitere Lage nackte Bitumenbahn eingebaut, so dass diese Bereiche insgesamt 4-lagig abgedichtet sind. Im Fugenbereich wurde eine 30 cm breite Verstärkung aus 0,2 mm Epoxal-Riffelband (Aluminium), im Sohlbereich 2-lagig und im übrigen Bereich 1-lagig angeordnet. Eine 10 cm dicke Betonschutzschicht im Decken- und Sohlenbereich sowie ein Schutzmauerwerk aus KSV 150/II im Wandbereich dienen dem mechanischen Schutz der Abdichtung.

Die Blockfugen zwischen den 30 m langen Tunnelblöcken wurden als Pressfugen ausgeführt [3]. Eine auf die Fugenfläche aufgebraute nackte Bitumenbahn R 500/30, gegen welche der nachfolgende Block betoniert worden ist, führte zu Fugenbreiten von nur ca. 2 bis 3 mm. Nur im Sohl- und Deckenbereich war die effektive Fugenspaltweite durch Anordnung einer der Abdichtung zugewandten Fugenkammer vergrößert und damit die Verformbarkeit des Abdichtungspakets verbessert worden.

### 2.2 Hauptschäden

Entsprechend den ZTV-ING (Teil 5, Abschnitt 2, Nr. 7.4.2) [4] wird die maximale Blocklänge für Tunnelkonstruktionen aus wasserundurchlässigem Beton (WUB-KO) mit 10 m begrenzt.

Für den Bestandstunnel mit einer mehrlagigen Bitumenabdichtung gilt diese Vorgabe allerdings nicht. Sie würde mit der vorhandenen, bei bituminös abgedichteten Tunnelbauwerken üblichen Blocklänge in den geschlossenen Tunnelbereichen von 30 m erheblich überschritten. Durch die Kolbenwirkung infolge des fahrenden Verkehrs treten im Tunnel über das Jahr verteilt Temperaturunterschiede von etwa +25° C bis - 20° C auf. Diese Temperaturunterschiede führen bei

einer Blocklänge von 30 m zu Fugenbewegungen von ca. 15 bis 20 mm. Die außen liegende Bitumenabdichtung konnte aber im Bereich der Pressfugen solch große Bewegungen nicht auffangen und versagte bei einer großen Anzahl der Fugen (Bilder 3 und 4). Hierdurch ist es im Zeitraum der bisherigen Nutzung zu erheblichen Undichtigkeiten an diesen Blockfugen gekommen [5].

Speziell in den Wintermonaten kam es zu partiellen Sperrungen von Fahrstreifen, da durch die schadhafte Blockfugen verstärkt Grundwasser eindrang und gefror (Bild 5).

Im Bereich der Fugenflanken entstanden außerdem infolge der gewählten Pressfugenkonstruktion zum Teil erhebliche Abplatzungen. Die Wände im Tunnel waren mit Fliesen im Dickbettmörtel verkleidet. Hier hatten sich während der Nutzung des Tunnels, u.a. durch eindringendes Wasser, großflächige Bereiche gelöst. Die für den Brandschutz erforderliche Überdeckung war in diesen Bereichen nicht mehr gegeben.

Auch die Deckenverkleidung aus Mineralfaserspritzputz war für eine brandschutztechnische Bemessung nicht mehr heranzuziehen. Des Weiteren entsprach die betriebs- und verkehrstechnische Ausstattung nicht den Forderungen der RABT 2006.

Die vorhandenen 12 Fluchttüren in der Mittelwand genügten hinsichtlich ihrer Querschnitts-Abmessungen nicht den gültigen Vorgaben. Auch die heutigen Anforderungen an den Brandschutz und die Rauchdichtigkeit konnten durch die alten Türen nicht mehr erfüllt werden (Bild 6).



**Bild 3:** Zur Schadensklärung örtlich im Übergang Wand zu Decke freigelegte, im Fugenbereich schadhafte Bitumenabdichtung



**Bild 4:** Durch alle Lagen über den Blockfugen im Wandbereich aufgerissenes Paket der Bitumenabdichtung



**Bild 5:** Im Wand- und Kappenbereich gefrorenes Leckwasser



**Bild 6:** Fluchttüren in Tunnelmittelwand mit Notrufstation und Handfeuerlöscher

FACHBEITRÄGE

3. Bauliche Instandsetzung

3.1 Vorbemerkungen

Die starke Einbindung des Tunnels in das Grundwasser sowie seine Lage unterhalb der Start- und Landebahn des Flughafens Tegel schloss die abdichtungstechnische Instandsetzung von außen aus. Zur Ermittlung möglicher Instandsetzungskonzepte wurde die Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen STUVA e. V., Köln einbezogen.

Weiterführende gutachterliche Stellungnahmen sowie die Auswertung aktueller Schadensbilder, letztmalig im August 2003, wurden in der „Abdichtungstechnische Stellungnahme zu den Entwurfsunterlagen für die geplante Fugensanierung des Tunnels Flughafen Tegel“ der STUVA vom Januar 2004 [6] zusammengefasst. Im ersten Bauschritt wurde der Tunnel komplett entkernt, dass heißt:

- ◆ Rückbau aller betriebs- und verkehrstechnischen Einrichtungen,
- ◆ Rückbau der Deckenverkleidung und des Spritzmörtelputzes,
- ◆ Rückbau der keramischen Wandverkleidung (Bild 7),
- ◆ Rückbau des kompletten Fahrbahnaufbaus einschl. Abdichtung und
- ◆ Rückbau der Notgehwege.



Bild 7: Rückbau der Wandverkleidung im Trogbereich

Bedingt durch die Kontamination einzelner rückzubauender Materialien mussten partiell Schwarz-Weiß-Bereiche eingerichtet werden. Es folgten die bautechnischen Instandsetzungsarbeiten. Wie beschrieben, war eindringendes Grundwasser im Fugenbereich der 30 m Blockfugen ein für Betriebseinschränkungen

ursächlicher Hauptmangel. Da eine Instandsetzung der Abdichtung von außen zur Stilllegung der Start- und Landebahnen des Flughafens Tegels sowie zu einer enormen Grundwasserabsenkung geführt hätte und somit nicht möglich war, musste eine Instandsetzungsvariante von innen erarbeitet werden. Da diese Instandsetzungsarbeiten den technisch aufwendigsten Teil darstellten, werden sie unter Punkt 3 gesondert behandelt.

3.2 Instandsetzung der Blockfugen

3.2.1 Fugeninstandsetzung Sohle

Von der bauausführenden Firma wurde in Zusammenarbeit mit der STUVA für den Sohlbereich eine Ausführung als einbetoniertes innenliegendes Elastomerfugenband mit einem speziellen

Übergang in den Wandbereich entwickelt.

Zur besseren Beurteilung der Konstruktion erstellte die Firma ein Modell, an dem auch der Übergang Sohle – Wand dargestellt wurde (Bild 8).

Des Weiteren wurden vor der Leistungsausführung zwei Musterfugen unter Baustellenbedingungen hergestellt. Diese wurden nach dem Aushärten des Betons quer in einzelne Segmente zerschnitten. Durch das Herstellen der Musterfugen konnten die Arbeitsabläufe und die Eignung des selbstverdichtenden Betons vorab praktisch erprobt werden. An den Schnittflächen wurde der hohlraumfreie Einbau des Betons und somit die vollständig hohlraumfreie Einbindung des Fugenbandes kontrolliert.

Für die Ausführung der Bauarbeiten zur Abdichtung der Sohlfugen mittels innenliegendem Fugenband und für die Eckausbildung Sohle / Wand wurde von der Firma eine detaillierte Ausführungsanweisung erstellt.

Folgende Arbeitsschritte waren nach dem Rückbau der alten Beläge und der Fahrbahnabdichtung auszuführen (siehe Bild 9):



Bild 8: Modell der neuen Fugenabdichtung im Übergang Sohle/Wand

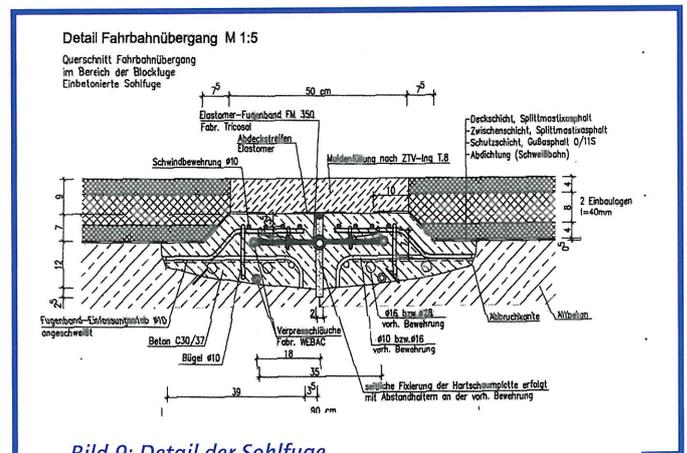


Bild 9: Detail der Sohlfuge

- ◆ Betonabtrag auf 45 cm Breite beidseitig der Blockfuge bis zu einer Tiefe von 12 cm mit Hochdruckwasserstrahlen. Durch den Einsatz von Hochdruckwasserstrahlen konnte der Beton ohne Schädigung der Bewehrung abgetragen werden.
- ◆ Kontrolle der beim Einbringen des neuen Sohlbetons im unmittelbaren Fugenbereich erzielbaren Betondeckung und Lage der vorhandenen Bewehrung, bei vorhandener Deckung < 3 cm (Mindestmaß) ggf. Abbiegen der freigelegten Bewehrungsstäbe.

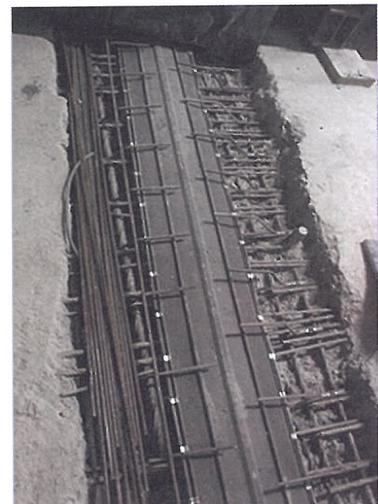
- ◆ Ausfräsen der Sohlfuge 2 cm breit und 3 cm tief zum Einsetzen des Abschalelements.
- ◆ Im Bedarfsfall ist die Blockfuge mit schnell schäumendem PUR gegen Wasser provisorisch abzudichten.
- ◆ Herstellung der Auflagerfläche für das Fugenband an den Wänden (siehe 3.3) mindestens 2 m hoch von der Kante Sohle / Wand.
- ◆ Reinigen des gesamten Bereiches mittels Druckluft; Gründliches Entfernen der Anhaftungen und Reste von Altbeton.
- ◆ Einbau des unteren Abschalelements, exakte Ausrichtung und seitliche Fixierung an der vorhandenen Bewehrung.
- ◆ Einbau des innen liegenden Elastomerfugenbandes FM 350 (Bild 10) mit an den Enden werkmäßig rechtwinklig anvulkanisierten 1,50 m langen Fugenbandstücken für den unteren Wandbereich. Die Ermittlung der genauen Fugenbandlänge erfolgte erst nach endgültiger Herstellung der Auflagerfläche.
- ◆ Einbau der in Fugenlängsrichtung laufenden Verpressschläuche beidseitig der Blockfuge (Arbeitsfuge Altbeton zu Neubeton in der Sohle) und an den Rändern des FM 350-Fugenbandes, maximale Länge 10 m.
- ◆ Anschweißen der Fugenbandeinfassungsbügel an die freigelegte Längsbewehrung der Tunnelsohle.
- ◆ Einbau des oberen Abschalelements und der aufgehenden Randschalung sowie Lagesicherung der Fugenbandränder.
- ◆ Vornässen über ca. 3 Tage, unmittelbar vor Betoneinbau Reinigen der Fugenaussparung mittels Druckluft, Beseitigen von stehendem Wasser, Aufbringen des Haftgrundes.
- ◆ Einbau des selbstverdichtenden Betons C 30/37 mit längs verschiebbarem „Betonierkasten“ (Bild 11).
- ◆ Ausschalen sowie Abschneiden des aus der Fuge überstehenden Styrodurelements.
- ◆ Betonnachbehandlung gemäß ZTV-ING (Teil 3, Abschnitt 2, Pkt. 7.4) [8].
- ◆ Nachverpressarbeiten frühestens 28 Tage nach Betoneinbau. Material niedrigviskoses Polyurethanharz (PU), langsame und gleichmäßige Steigerung des Injektionsdrucks auf 10 bis 15 bar, ständige Kontrolle des Injektionsablaufes, um ein Aufbrechen des Fugenbetons C 30/37 durch den Verpressdruck auszuschließen.
- ◆ Abdecken der Fuge im Sohlbereich mit einem Fahrbahnübergang aus Asphalt nach ZTV-ING. T.8.2, die die Lasten aus der Fahrbahn abträgt.

### 3.2.2 Fugeninstandsetzung Wand / Decke

Die neue Fugenabdichtung im Wand- und Deckenbereich erfolgte durch eine angeflanschte innen liegende Fugenbandkonstruktion. Der notwendige Anpressdruck für das 35 cm breite Elastomerfugenband wurde mittels verankerter Edelstahlbleche erzielt. Die Verankerungsdübel mussten regelgemäß einen Abstand von 15 cm zwingend einhalten [7], weshalb die Dübel mit Kernbohrungen unter Duldung eines eventuellen Anschnittes der vorhandenen konstruktiven Tunnelbewehrung eingebracht wurden. Eine besonders sorgfältige Vorbehandlung der Fugenflanken und

der Fugenrandbereiche war Voraussetzung für die Aufbringung des vollständigen Anpressdruckes (Bild 12). Die Anordnung eines Naturkautschukstreifens unter dem Fugenband diente dem Ausgleich letzter Unebenheiten im Bereich der Fugenflanken. Der zu erzielende Anpressdruck bemaß sich zu 2,0 MN/m<sup>2</sup> pro Dübel.

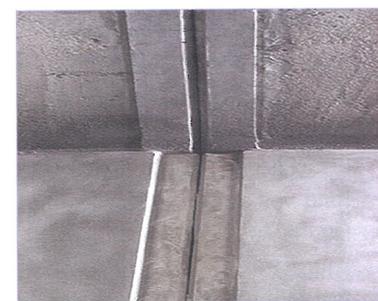
Nach dem Rückbau der alten Wand- und Deckenbekleidungen war festzustellen, dass speziell die Fugenrandbereiche stärker geschädigt waren als angenommen. Neben einer Vielzahl von Rissen, Betonausbruch- und Hohlstellen waren Versätze der Fugenflanken zueinander größer 10 mm vorhanden (Bild 13). Hohe Anforderungen stellte auch die Führung des Fugenbandes im Bereich der Nische für die Kabeltrassen in den Tunnelaußenwänden (Bild 14). Seinerzeit wurden die Umlenkungen aus der Wand zur Nische nicht rechtwinklig, sondern zum Tunnelinneren hin leicht schwalbenschwanzartig geöffnet ausgeführt, wahrscheinlich um die Schalung leichter ausbauen zu können. Dies hatte zur Folge, dass im Bereich der angeflanschten Fugenbänder die Rechtwinkligkeit nachträglich im Rahmen der Instandsetzung hergestellt werden musste. Nur so konnten die Anforderungen an einen gleichmäßigen Anpressdruck des Fugenbandes im Eckbereich gewährleistet werden.



*Bild 10: Innen liegendes Elastomerfugenband FM 350 im Sohlbereich*



*Bild 11: Einbringen des selbstverdichteten Betons in der Sohlfuge*



*Bild 12: Vorbehandlung und Vorbereitung der Fugen im Wand- und Deckenbereich*

## FACHBEITRÄGE

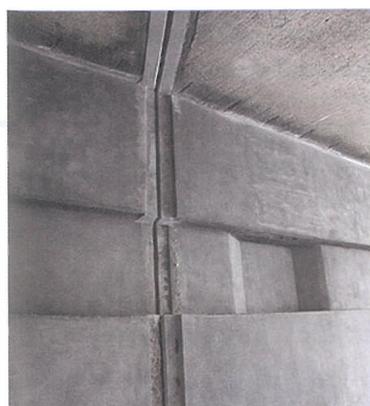
Nachfolgende Arbeitsschritte sicherten den erfolgreichen Einbau des im Wand- und Deckenbereich angeflanschten Fugenbandes:

- ◆ Provisorisches Abdichten von wasserführenden Bereichen der Bauwerksfuge durch Injizieren von schnell-schäumenden PUR
- ◆ Herstellen von Fugenkammern zur versenkten Anordnung der Flanschkonstruktion
- ◆ Instandsetzung der Betonoberflächen (hohlraum- und rissfrei) an den Fugenflanken
- ◆ Injizieren vorhandener Risse bis 1,50 m weit in der Fläche beidseitig neben den Blockfugen
- ◆ Herstellen einer planebenen Betonoberfläche in den Klemmflächen des Fugenbandes entlang der gesamten Tunnelinnenseite der Fuge im Wand- und Deckenbereich (siehe Bild 14)
- ◆ Aufbringen eines 50 mm breiten und 4 mm dicken Naturkautschukstreifens als Unterlage für das nachfolgend einzubringende Fugenband
- ◆ Abdichten der Fugen mittels angeflanschem Fugenband
- ◆ Abdeckung der Fugen im Wand- und Deckenbereich zur Gewährleistung der erforderlichen Feuerwiderstandsklasse F 90

### 3.3 Instandsetzung der Wandflächen



*Bild 13: Schadhafte, stark ausgebrochene Fugenflanken*



*Bild 14: Fugenverlauf im Bereich der Kabelnischen*

Auf die Außen- und Mittelwandbereiche wurde nach der Reinigung und Vorbehandlung der Flächen mittels Hochdruckwasserstrahlen, einer Rissverpressung und der Behandlung korrodierter Betonstähle eine Spritzbetonschicht gemäß ZTV-ING (Teil 3; Abschnitt 4) mit einer Mindestdicke von 6 cm zweilagig aufgebracht.

Nach einer Spritzbetonschicht mit 0/8 mm Körnung in der Druckfestigkeitsklasse C30/37 wurde ein Spritzmörtel aufgebracht, um die gewünschte Ebenmäßigkeit der Oberfläche von 5 mm mit der 4 m – Latte zu erhalten.

Zum Erreichen der erforderlichen Feuerwiderstandsklasse wurde die Schicht mit einer feuerverzinkten Matte Q 131 bewehrt (Bild 16).

Die Flächen der Nischen

in den Außenwandbereichen für die Kabeltrassen wurden analog, jedoch mit einer 3 cm dicken Spritzbetonschicht mit 0/4 mm Körnung und der Druckfestigkeitsklasse C30/37 versehen. Die Bewehrung erfolgte hier mit einer Betonstahlmatte N 141 feuerverzinkt. Der Kabelkanal ist, nach dem Kabelzug, mit demontierbaren Brandschutzplatten der Feuerwiderstandsklasse E 90 abgedeckt.

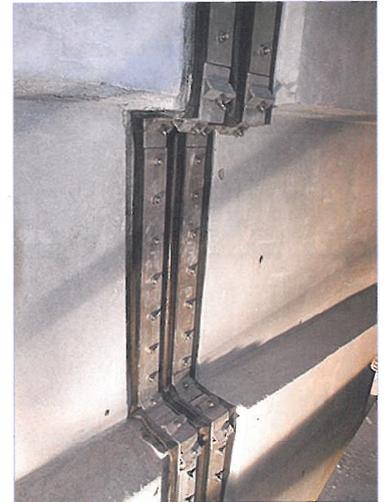
Den Abschluss der Wandinstandsetzung bildet ein Oberflächenschutzsystem gemäß ZTV-ING (Teil 3, Abschnitt 4) für den Einsatz in Sprühnebelbereichen von Auftausalzen. Das OSD II-System wurde in RAL 9010 (reinweiß) ausgeführt, um die Reflexion der Tunnelbeleuchtung zu verbessern und zugleich die Reinigung der Wände zu erleichtern. In Teilflächen im Bereich der Fluchtwegtüren erfolgte die Ausführung in RAL 6029 (grün).

Die Wandfarben in den Trogbereichen wurden dunkel gehalten, in der Ausfahrtsstrecke grau und in der Annäherungstrecke grün, um die Leuchtdichte gering zu halten.

### 3.4 Instandsetzung der Fahrbahn- und Gehwegflächen

Die Fahrbahn erhält nach der Vorbehandlung mittels Kugelstrahlen, einer partiellen Rissverpressung und der Betoninstandsetzung grober Fehlstellen folgenden Regelaufbau:

- ◆ Grundierung,
- ◆ Bitumenschweißbahn „mit einer Verstärkung aus einer edelstahlkaschierten Bitumenschweißbahn und einer abschließenden Glasvlies-Bitumen-Dachbahn im Bereich der Notgebahnen,
- ◆ im Übergang Sohle zur Wand Ausführung eine Polyurethan Flüssigkunststoffabdichtung einschließlich einer Verbindungsschicht im 20 cm breiten Überdeckungsbereich Flüssigkunststoffabdichtung - Schweißbahn auf der Tunnelsohle,
- ◆ 4 cm Schutzschicht, Gussasphalt 0/11 S,



*Bild 15: Verlauf der Los- und Festflanschkonstruktion im Bereich der Kabelnische*



*Bild 16: Spritzbetonbereich Übergang Tunnel / Trog – Tunnelbereich fertig gestellt / im Trog vorbereitet zum Spritzbetonauftrag*

- ◆ > 4 - < 8 cm Zwischenschicht 2. Lage, Asphaltbinder O/16 S, hochstandfest, ZTV Asphalt-StB 01 PmB 45 A, als Profilausgleich,
- ◆ 4 cm Zwischenschicht 1. Lage, Splittmastixasphalt O/11 S hochstandfest und
- ◆ 4 cm Deckschicht, Splittmastixasphalt O/11 S, hochstandfest mit Aufhellung für besondere lichttechnische Eigenschaften zur Optimierung der Tunnelbeleuchtung.



Bild 17: Einbau der Deckschicht

Es sind neue Seitenstreifen / Notgebahnen aus Beton der Druckfestigkeitsklasse C25/30 mit Luftporenbildner hergestellt. Die konstruktiv erforderliche Rissbewehrung muss unter Beachtung des nachträglichen Einschneidens einer Längsfuge in die Betonoberfläche für den Ein-

bau der visuellen Leiteinrichtung angeordnet werden. Die Breite der Notgebahn variiert aufgrund der Tunnelgeometrie zwischen 1,0 m und 1,6 m. Entlang der Mittelwand ist ein Kanal aus Betonfertigteilen mit Stahlabdeckung zur Aufnahme einer wärmeisolierten Löschwasserleitung mit Begleitheizung einbetoniert.

### 3.5 Instandsetzung der Deckenflächen



Bild 18: Montage der Brandschutzdecke im Bereich Tunnelportal

Der Brandschutz im Deckenbereich ist mit Brandschutzplatten mit einer Stärke von 25 mm und Hinterlegungsstreifen an den Stoßfugen,  $d = 10 \text{ mm}$  als Brandschutzklasse F 90 nachgewiesen. Die Regelplattenabmessung der Brandschutzplatten beträgt  $625 \times 3000 \text{ mm}$ . Die Verlegung erfolgte in Längsrichtung und

die Befestigung mit Nagelankern in der Werkstoffgüte 1.4529 (Bild 18). Für die Bereiche, an denen nachträglich Ausstattungsteile der Betriebs- und Verkehrstechnik montiert wurden, waren gesonderte Anpassungsmaßnahmen notwendig. Die Abdichtung von verbleibenden Randfugen sowie Fugen von Einbau- und Befestigungsmitteln erfolgte mit Brandschutzkitt.

### 3.6 Weitere bauliche Instandsetzungsarbeiten:

- ◆ Instandsetzung der Rampenbereiche (Nord- und Südtröge) analog zuvor beschriebener Bauweisen,

- ◆ Ausbesserung des Korrosionsschutzes der Stahlspundwände in den südlichen Trogabchnitten gemäß ZTV-ING T 4.3 und Neubau von Betonschutzwänden,
- ◆ Erweiterung der Öffnungen im Bereich der Fluchttüren und Einbau neuer Türen,
- ◆ Einbau von Notrufräumen einschließlich Anprallschutzmaßnahmen,
- ◆ Teilerneuerung der vorhandenen Straßenabläufe und Anpassung an die neue Straßengradiente,
- ◆ Bauliche Anpassung und Erweiterung der im Bestand vorhandenen Flucht- und Rettungswege gemäß RABT 2006.

### 4. Sicherheitstechnische Nachrüstung

Mit Blick auf eine zügige, qualitativ hochstehende Grundsanie- rung des Tunnels Flughafen Tegel hatte sich die zuständige Senatsverwaltung dazu entschlossen, den Tunnel für beide Fahr- richtungen komplett zu sperren. Dadurch konnten Verzögerungen bei den Ausführungsarbeiten, wie sie selbst bei eingeschränktem Betrieb unvermeidlich sind, von vornherein ausgeschlossen werden. Die Sperrzeit ließ sich auf insgesamt 18 Monate begrenzen. Mit der Vollsperrung bot sich zugleich die Gelegenheit, den Tunnel einschließlich Abzweige und Rasterstrecken insgesamt sicher- heitstechnisch im Sinne der aktualisierten europäischen und nati- onalen Regelwerke [1, 2] nachzurüsten.

Manuelle Brandmeldean- lagen befinden sich an den Notrufräumen, in den Betriebsgebäu- den. Zur automatischen Brandmeldung ist an der Tunneldecke ein Linear- Brandmeldekabel mon- tiert (Bild 19). Es erfasst längstens innerhalb einer Minute nach Brandaus- bruch den Brandort mit einer Genauigkeit von etwa 3 Metern. Jeder Brandalarm wird in der Automatiksteuerung der Lüftung, der Beleuchtung und der Verkehrslenkung weiter- verarbeitet. An den Ein- und Ausfahrten der Tunnelanlage sind Feuerwehrschrätkästen installiert für Eingriffsmöglichkeiten der Feuerwehr in die Lüftungstechnischen Anlagen des Tunnels und für den direkten Kontakt mit der Tunnelleitzentrale Berlin (Bild 20). Die Tunnelfunkanlage ermöglicht im Ereignisfall Polizei, Feuer- wehr, Rettungsdiensten und der Tunnelleitzentrale Berlin eine direkte Kommunikation untereinander, aber auch das Einsprechen in bis zu 21 Radiosendern zur unverzüglichen Information des Tunnel- nutzers. Der Empfang von Mobilfunk ist innerhalb des Tunnels möglich. Der Tunnel ist außerdem mit einer Lautsprecheranlage ausgestattet.



Bild 19: Linear-Brandmeldekabel (siehe Pfeil) und Lautsprecher an der Tunneldecke

## FACHBEITRÄGE

Im Tunnel ist eine mechanische Längslüftung aus insgesamt 28 Strahlventilatoren installiert. Die Ventilatoren sind paarweise an

der Tunneldecke angeordnet. Die Steuerung der Lüftung kann in Anpassung an die jeweiligen Erfordernisse jederzeit automatisch oder manuell erfolgen. Die Rettungswege sind Überdruck-belüftet.

Die Flucht- und Rettungswege sind durch spezielle Fluchtweg-Kennzeichenleuchten im

Abstand von 24 m an der Tunnelmittelwand markiert. Die Orientierungsbeleuchtung wird nach Auslösung eines Brandalarms in beiden Tunnelröhren eingeschaltet. Außerdem wird dann die visuelle Leiteinrichtung aus weiß-selbstleuchtenden LED-Markierungselementen im linken und rechten Straßenbord eingeschaltet. Sie unterstützt die Orientierung bei zunehmender Verrauchung und so die Selbstrettung der Tunnelnutzer. Im Normalbetrieb ist die visuelle Leiteinrichtung nur in Fahrtrichtung rechts eingeschaltet.



**Bild 20: Feuerwehrschränke am Tunneleinfahrtsportal**



**Bild 23: Feierliche Wiedereröffnung am 13. Juni 2008**

### 5. Schlussbemerkung

Am 13. Juni 2008 wurde der Tunnel durch den Parlamentarischen Staatssekretär beim Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung, Herrn Ulrich Kasparik, und durch die Senatorin für Stadtentwicklung Berlin, Frau Ingeborg Junge-Reyer, feierlich dem Verkehr wieder übergeben.

Alfred Haack, Lutz Adam, Marco Ilgeroth,



**Bild 21: Kennzeichnung der Fluchttüren**

die bei Öffnen einer Fluchttüre den fließenden Verkehr auf eine bestehende Gefahrensituation aufmerksam macht. Außerdem wird in einem solchen Fall sofort die nächstgelegene Videokamera aktiviert und so die Tunnelleitzentrale Berlin informiert.

Die Fluchttüren befinden sich im Abstand von rund 130 m in den Außenwänden und in der Mittelwand. Auf sie wird durch Fluchtweg-Kennzeichenleuchten mit Entfernungsangaben in beide möglichen Fluchtrichtungen hingewiesen. An den Fluchttüren ist jeweils eine Blitzleuchte installiert,

Im Tunnel ist eine Löschwasserleitung als Nassleitung verlegt. Die Löschwasserentnahmestellen sind in der Regel neben den Fluchttüren an der Tunnelmittelwand eingerichtet.



**Bild 22: Gesamtansicht des sanierten und nachgerüsteten Tunnels Flughafen Tegel**

### 6. Literaturverzeichnis

- [1] Richtlinie 2004/54/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 über Mindestanforderungen an die Sicherheit von Tunneln im transeuropäischen Straßennetz. In: Amtsblatt der Europäischen Union L 201 vom 7.6.2004, S. 56-76
- [2] Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (RABT). Köln, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2006
- [3] Richtzeichnung RZ 74, Blatt 1 f: Abdichtung des Tunnels bei offener Baugrube; Sen Bau Wohn VII b, 30.11.1971
- [4] ZTV-ING: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten, Teil 5 Tunnelbau, Abschnitt 2, Stand 12/2007; Herausgeber: Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Bergisch Gladbach
- [5] Gutachterliche Stellungnahme der STUVA zu den Undichtigkeiten im Tunnel Flughafen Tegel, Berlin, Juni 1989
- [6] Abdichtungstechnische Stellungnahme zu den Entwurfsgrundlagen für die geplante Fugensanierung des Tunnel Flughafen Tegel, Berlin; STUVA, Januar 2004
- [7] DIN 18195, Bauwerksabdichtungen - Teil 9: Durchdringungen, Übergänge, An- und Abschlüsse; Stand 03/2004
- [8] ZTV-ING: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten, Teil 3 Massivbau, Abschnitt 2, Stand 12/2007; Herausgeber: Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Bergisch Gladbach