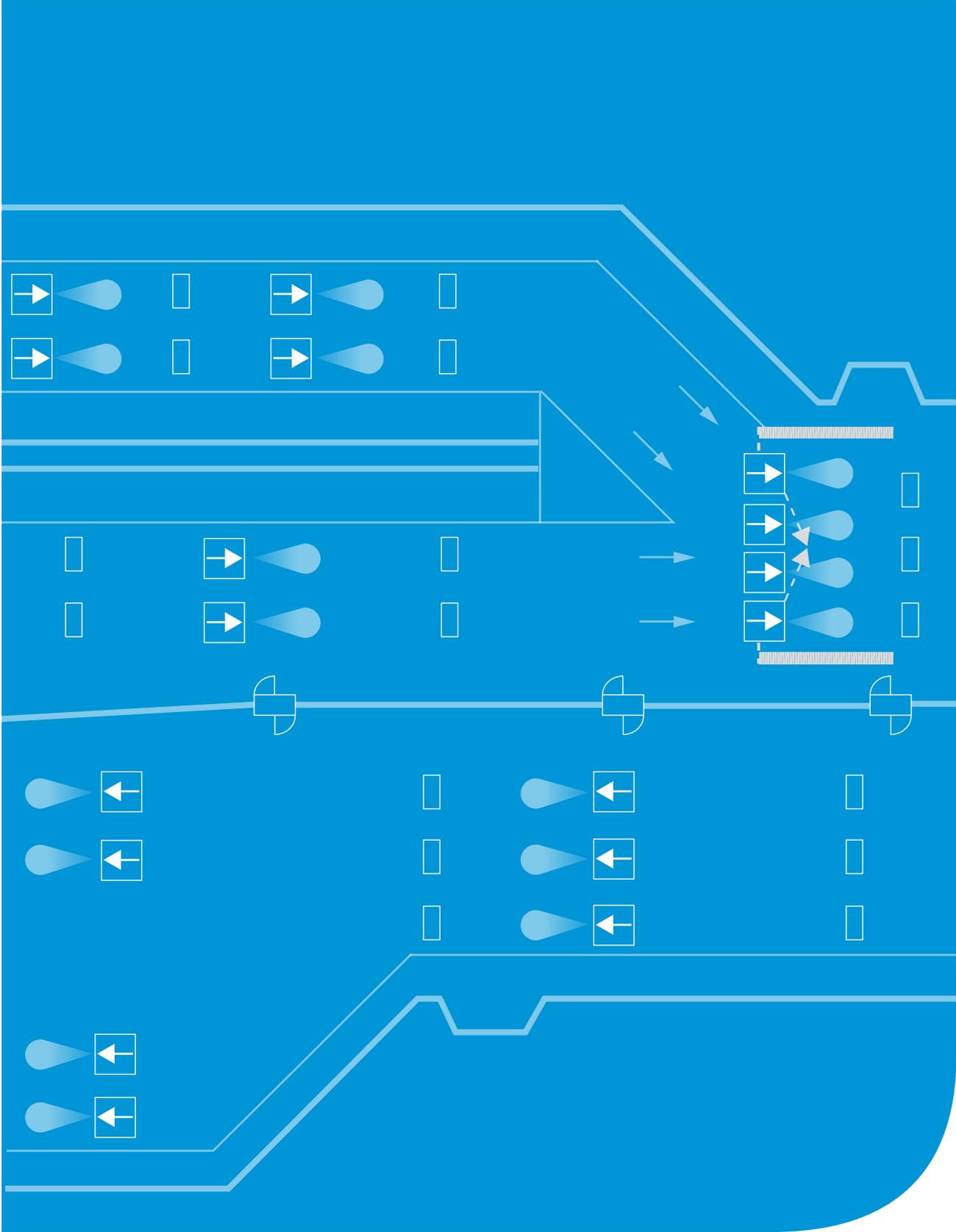
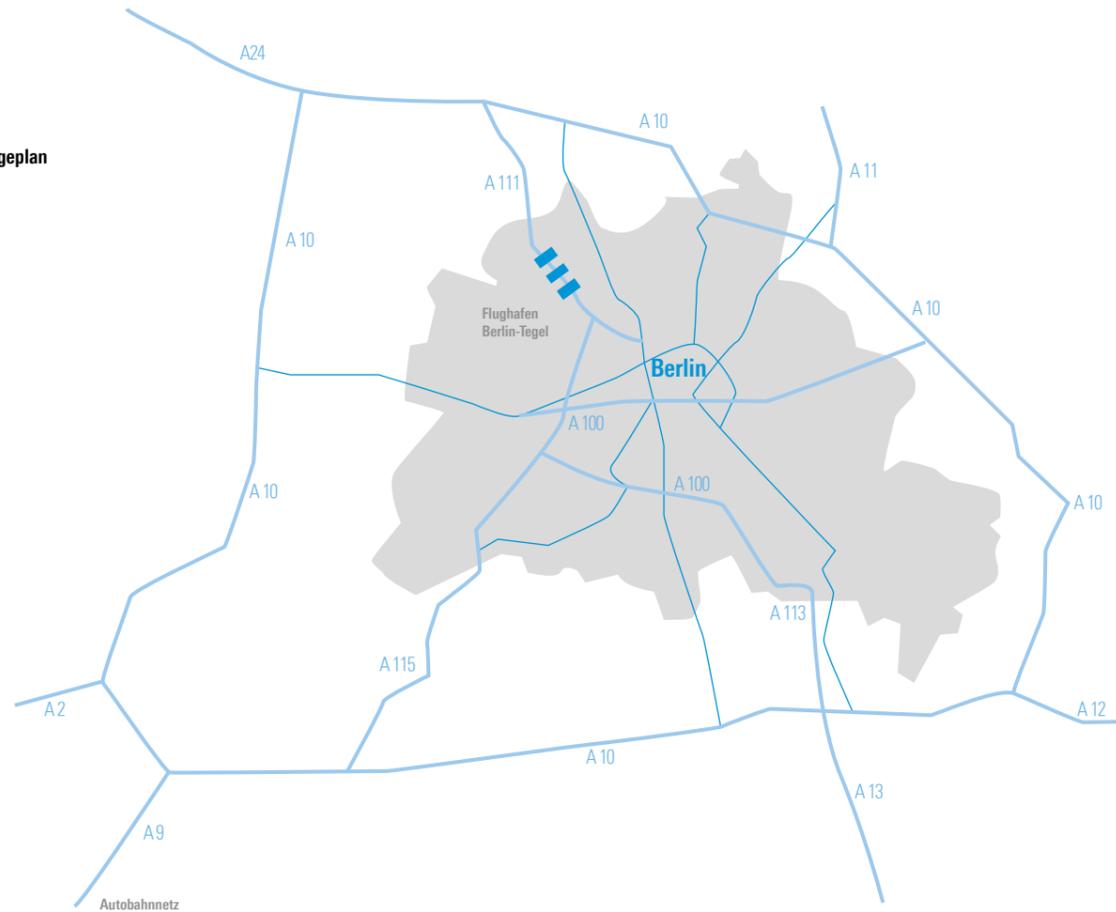


**BAB A 111 Tunnel Flughafen Tegel Berlin**

Grundinstandsetzung und betriebs- und sicherheitstechnische Nachrüstung



## Lageplan



## Einführung

Als Reaktion auf zum Teil verheerende Tunnelbrände in verschiedenen europäischen Staaten wurden die Anforderungen an die Sicherheit in Straßentunneln europaweit und national auf den Prüfstand gestellt. Sie fanden auf europäischer Ebene Eingang in der 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 Deutschland wurden daraufhin die „Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln“ (RABT) aktualisiert und ergänzt und ein umfangreiches bau- und betriebstechnisches Nachrüstungsprogramm für die Tunnelanlagen der Bundesfernstraßen mit Prioritätenreihung zur Beseitigung von erheblichen Sicherheitslücken aufgelegt. Der Tunnel Flughafen Tegel in Berlin als wichtiger Bestandteil der Autobahn A 111 in Berlin wurde aufgrund des schlechten baulichen Zustandes und der veralte-

ten sicherheitstechnischen Ausstattungen vorrangig eingestuft zur Ertüchtigung und ausrüstungstechnischen Nachrüstung.

## Der Bestandstunnel

Die BAB A 111 mit dem Tunnel Flughafen Tegel (TFT) ist Bestandteil der wichtigsten nördlichen Verbindung zum Berliner Ring (BAB A 10) und damit Berlins verkehrsreichste Radialverbindung Richtung Norden mit einem Verkehrsaufkommen von über 90.000 Kfz/24h (davon LKW-Anteil ca. 13 %). Der 1979 unter Verkehr genommene Tunnel Flughafen Tegel unterquert die Start- und Landebahn des Flughafens Berlin Tegel.

Die Länge der Tunnelröhre Ost (Fahrtrichtung Nord) beträgt 967 m, die Tunnelröhre West (Fahrtrichtung Süd) erstreckt sich über eine Länge von 878 m. Im Zusammenhang mit dem nördlich anschließenden Autobahnkreuz BAB A 111 (AK Reinickendorf) bestehen

außerdem Verzweigungsbauwerke mit 3 Tunnelabschnitten und zwei Rasterstrecken von insgesamt 560 m. Auf südlicher Seite schließen die in Tieflage als Trog geführten Ein- und Ausfahrtsbereiche mit einer Gesamtlänge von 620 m an.

Der Tunnel mit zwei getrennten Röhren wurde damals in offener Bauweise mit abgeboßten Baugruben im Zuge einer Grundwasserabsenkung als zweizelliger geschlossener Rahmen in Stahlbetonbauweise errichtet. Die gesamte Tunnelanlage taucht ca. 3 bis 4 m in das anstehende Grundwasser ein. Die Außenwandstärken betragen 0,80 m, die Mittelwand wurde mit einer Dicke von 0,60 m konzipiert. Die Sohlplatte mit Vertiefungen zur Aufnahme der Sammelleitungen zur Streckenentwässerung besitzt eine Regelplattenstärke von 1,20 m. Die Stärke der Deckenplatte beträgt im Mittel 1,00 m. Die lichte Weite innerhalb der beiden Tunnelröhren im Regelbereich beträgt jeweils ca. 10,50 m, die lichte Höhe maximal 5,50 m und minimal 4,81 m.

Der Haupttunnel besteht aus 36 schlaff bewehrten Blöcken, die in der Regel 30 m lang und rd. 23 m breit sind. Lediglich die Deckenplatten im aufgeweiteten Bereich der nördlichen Tunnelabzweigungen mit Ein- und Ausfädelpuren sind aufgrund ihrer Spannweite mit bis zu 38 m vorgespannt. Die Baukosten betragen damals umgerechnet rd. 40 Mio. €.

Die bestehende Tunnelanlage und die anschließenden Tieflagenbereiche (Tröge) wurden als schwarze Wanne mit Hautabdichtung konzipiert. Die äußere Abdichtung gegen das anstehende Grundwasser erfolgte umlaufend mit einer Abdichtung aus 3 Lagen Bitumenbahnen. 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. Als mechanischer Schutz wurde im Decken- und Sohlenbereich eine zusätzliche Betonschicht aufgebracht. Die Wände wurden mit einer erdseitigen Vormauerung versehen.

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

## Bauliche Schäden

Während des Nutzungszeitraumes von mehr als 25 Jahren kam es zu erheblichen Undichtigkeiten im Fugenbereich der Blockfugen. Speziell in den Wintermonaten kam es immer wieder zu partiellen Sperrungen von Fahrstreifen, da durch die schadhafte Blockfugen verstärkt Grundwasser eindrang und bei Frost zu Eisbildung führte. Zudem stellten sich im Bereich der Fugenflanken aufgrund der Pressfugenkonstruktionen über die Zeit zum Teil erhebliche Abplatzungen ein.

Bedingt durch vom fahrenden Verkehr verursachte Kolbenwirkung treten im Tunnel über das Jahr verteilt Temperaturunterschiede von etwa +25° C bis -20° C mit entsprechenden Bewegungen der Blockfugen auf.

Im Rahmen der Ursachenforschung erfolgten in den Jahren 1990 bis 1991 Messungen der Fugenbewegungen. Im Ergebnis wurden maximale Fugenöffnungen der 30-m-Blockfugen von bis zu 20 mm ermittelt. Die vorhandene außenliegende Bitumenabdichtung war hinsichtlich ihrer Konstruktionsart nicht in der Lage, derartige Bewegungen im Bereich der Pressfugen dauerhaft zu kompensieren und versagte bei einer großen Anzahl der Fugen.

Die Wände im Tunnel waren mit Keramikfliesen im Dickbettmörtel verkleidet. Hier hatten sich während der Nutzung des Tunnels, u.a. durch eindringendes Wasser, großflächige Bereiche gelöst bzw. waren diese großflächig hohlliegend. Die für den Brandschutz erforderliche Überdeckung war in diesen Bereichen nicht mehr gegeben.

Die Deckenverkleidung aus Mineralfaserspritzputz war aufgrund ihrer Beschaffenheit und Auftragsstärke für eine brandschutztechnische Bemessung nach Stand der Technik nicht mehr heranzuziehen.

## Bauliche Instandsetzung

Für die Grundinstandsetzung und sicherheitstechnische Nachrüstung wurden beide Tunnelröhren gleichzeitig komplett gesperrt. Ausschlaggebend hierfür war neben dem Blick auf eine qualitativ hochwertige Ausführung die möglichst schnelle, effiziente und schnittstellenarme Durchführung der Arbeiten zur umfassenden Entkernung und Kompletterneuerung der verkehrstechnischen, betriebstechnischen und insbesondere sicherheitstechnischen Ausrüstungsanlagen. Eine phasenweise Durchführung der

Arbeiten unter teilweiser Aufrechterhaltung des Verkehrs hätte zu erheblichen Umsetzungsschwierigkeiten geführt. Zur



- 1 **Hohlstellen** hinter der keramischen Wandverkleidung
- 2 **Rückbau** bis auf den Rohbeton des alten Tunnels
- 3 **Undichtigkeiten** im Blockfugenbereich

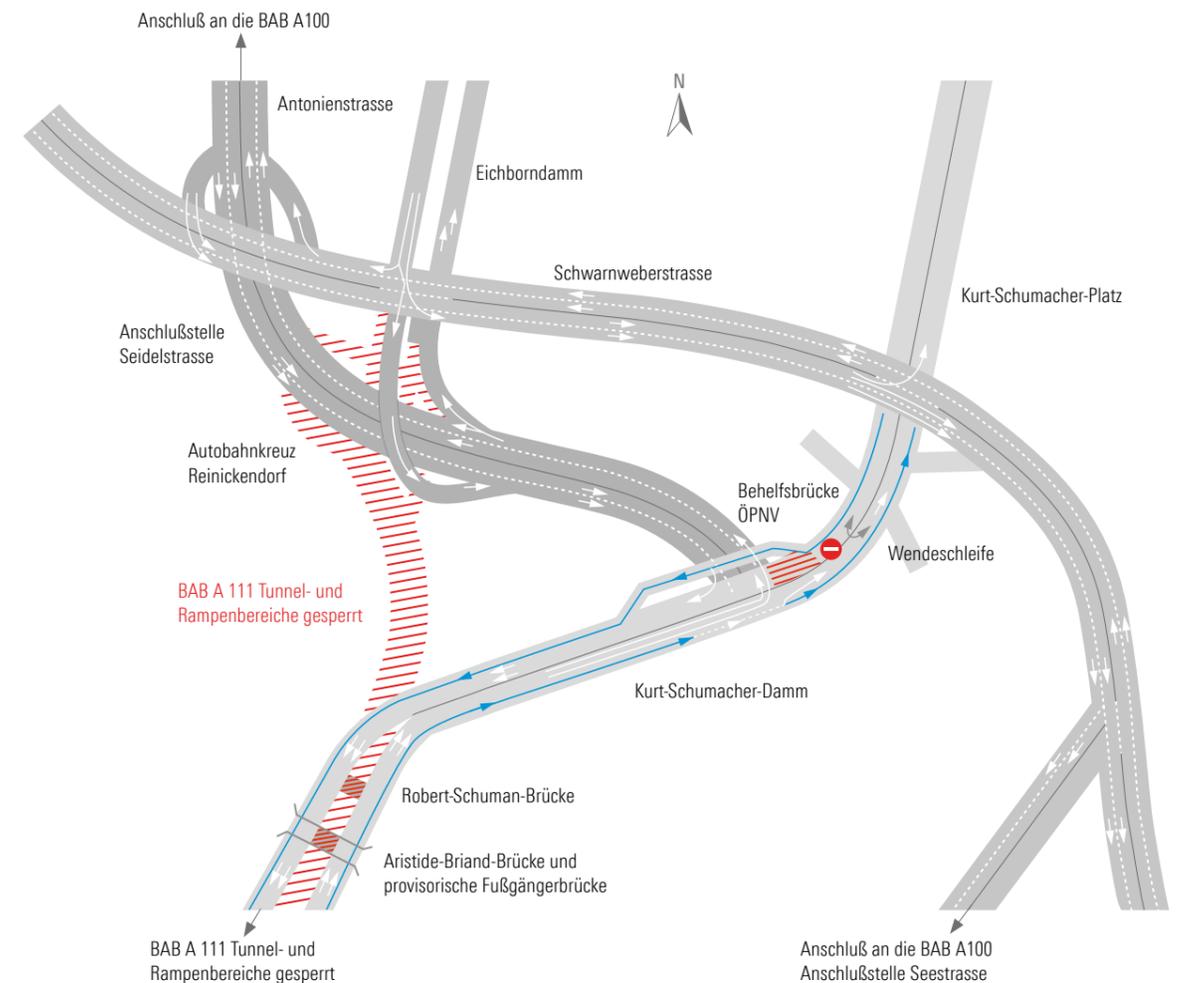
ab mit dem restfreien Rückbau der vorhandenen Deckenverkleidungen und des Spritzmörtelputzes, der in sehr ungleichmäßigen Lagen aufgebracht worden war. Im Zuge des Ausbaus mussten teilweise kontaminierte Materialien (u.a. Fliesenmörtel, Asbestrohre unterhalb der Fahrbahn) entfernt werden. Hierzu mussten im Bauablauf sogenannte „Schwarz-Weiß-Anlagen“ zur Altlastenbehandlung berücksichtigt werden.

### Instandsetzung der Blockfugen

Eindringendes Grundwasser im Fugenbereich der Blockfugen war baulich gesehen einer der wesentlichsten Mängel, der in der Folge immer wieder zu Einschränkungen der betrieblichen Verfügbarkeit führte. Eine Instandsetzung der schadhaften Bereiche von außen (erdseitig) war nicht möglich, hätte dies doch zur teilweisen Stilllegung des Flughafens Tegels geführt und umfangreiche Grundwasserabsenkungsmaßnahmen nach sich gezogen. Beides Maßnahmen, die aus wirtschaftlichen und genehmigungsrechtlichen Gründen klar ausgeschlossen werden mussten.

Die Schadensauswertung ergab, dass Wasser nur im Bereich der Blockfugen eintrat. Wasserführende Risse in der Sohlplatte oder in den Außenwänden traten augenscheinlich auf. Die bestehende Flächenabdichtung in Verbindung mit der Stahlbetonkonstruktion war in ihrer Funktion nicht beeinträchtigt, der Kernbeton von Sohle und Wand in gutem Zustand. Beides wurde durch die nachfolgenden Instandsetzungsarbeiten bestätigt. Bei den Grundüberlegungen zur baulichen Ertüchtigung der Tunnelröhren waren somit Abdichtungssanierungen großflächigen Formates (wie z.B. zusätzliche Innenabdichtung mit Innenschale) auszuschließen. Ein Anschluss der neuen an der Oberseite der Sohlplatte zu platzierenden (luftseitigen) Fugenabdichtung an die außenliegende (untenliegende) Schwarzabdichtung (Hautabdichtung) wurde nach einer Nutzen/Aufwand-Analyse nicht weiter verfolgt und war auch technisch nicht notwendig. Das Hauptaugenmerk war deshalb bei der Planung auf eine dauerhafte Konzeption der neuen oberliegenden Fugenausbildungen der Blockfugen und der sorgfältigen Durchbildung der baulichen Einzelheiten zu legen. Für den Sohlbereich wurde eine Dehnfugenkonstruktion mit einem speziellen Übergang zu den aufgehenden Wandbereichen entwickelt, bei der ein innenliegendes 35 cm breites Elastomer-Fugenband über neu herzustellende Betonaufkantungen entlang der bestehenden Fugen im Sohlbeton nahezu höhengleich integriert wurde. Teilbereiche des Sohlbetons beidseits der Fuge waren dabei für die Herstellung der Aufkantungen und die ausreichende Einbettung des Fugenbandes mittels Hochdruckwasserstrahlen

### Umleitungsstrecken - schematische Darstellung



Entscheidungsfindung wurden umfangreiche Untersuchungen unter Einbeziehung unterschiedlichster Bauphasen- und verschiedenster Instandsetzungs- und Umleitungsszenarien durchgeführt.

Die Sperrzeit der beiden Tunnelröhren ließ sich auf insgesamt 18 Monate begrenzen. Ein stetiger Verkehrsfluss wurde dadurch erreicht, dass eine leistungsfähige Hauptumleitungsstrecke ausgewiesen wurde. Dazu mussten die vorhandenen Steuerkreise der Lichtsignalanlagen großräumig neu geschaltet werden. Zur Aufrechterhaltung des öffentlichen Personennahverkehrs

wurde auf der ampelfreien Umleitungsstrecke eine eigene Busspur ausgewiesen. Eine rd. 85 m lange Behelfsbrücke diente dabei der zügigen Querung der Hauptverkehrsspur.

Im ersten Bauschritt wurden die beiden Tunnelröhren komplett entkernt. Sämtliche Betriebs- und verkehrstechnischen Einrichtungen wurden dabei vor den baulichen Entkernungsarbeiten ausgebaut. Anschließend erfolgten der vollständige Abtrag des kompletten Fahrbahnaufbaues einschließlich aller Abdichtungslagen und der Rückbau der Notgehwege. Die Entkernung schloss

abzutragen. Die Neuprofilierung der Ausbruchbereiche und die Herstellung der Aufkantungen wurden mit selbstverdichtendem Beton der Güte C30/37 hergestellt. Für die Herstellung der Außengeometrie der Aufkantungen wurde eine Deckenschalung mit einem trichterförmigen Betonierkasten am Hochpunkt der mit Quergefälle analog dem Straßenquerschnitt herzustellenden Fugen vorgesehen. Zur besseren Beurteilung der konzipierten Fugenkonstruktion und baulichen Durchführbarkeit wurde bereits in der Entwurfsphase ein 1:1 Modell, an dem auch der Übergang Sohle zu Wand abgebildet wurde, angefertigt.

Daneben wurde im Leistungssoll der Baudurchführung die Herstellung von zwei Musterfugen unter in situ Bedingungen festgeschrieben. Durch das Herstellen der Musterfugen konnten die definierten Arbeitsabläufe und die Eignung des selbstverdichtenden Betons praktisch erprobt werden. An den Schnittflächen wurde

der hohlraumfreie Einbau des Betons und dauerhafte Einbindung des Fugenbandes kontrolliert. Für die Ausführung der Arbeiten zur Herstellung der neuen Blockfugenabdichtungen wurden detaillierte Ausführungsanweisung und umfangreiche Vorgaben zur Qualitätsüberwachung erarbeitet.

### Fugeninstandsetzung Wand/Decke

Die neuen Blockfugenabdichtungen im Wand- und Deckenbereich wurden mit Klemmkonstruktionen hergestellt. Diese wurden jeweils als Maßanfertigung, bei denen das Elastomerfugenband und die eigentliche Klemmkonstruktion exakt auf die Randbedingungen der vorhandenen Fugen und den spezifischen Gegebenheiten des Objekts exakt angepasst wurden, eingebaut. Grundsätzlich musste die Klemmkonstruktion in Verbindung mit der neuen Sohlfugenlösung ein komplett geschlossenes und lückenloses System zur Abdichtung ergeben. Ankerdurchmesser,

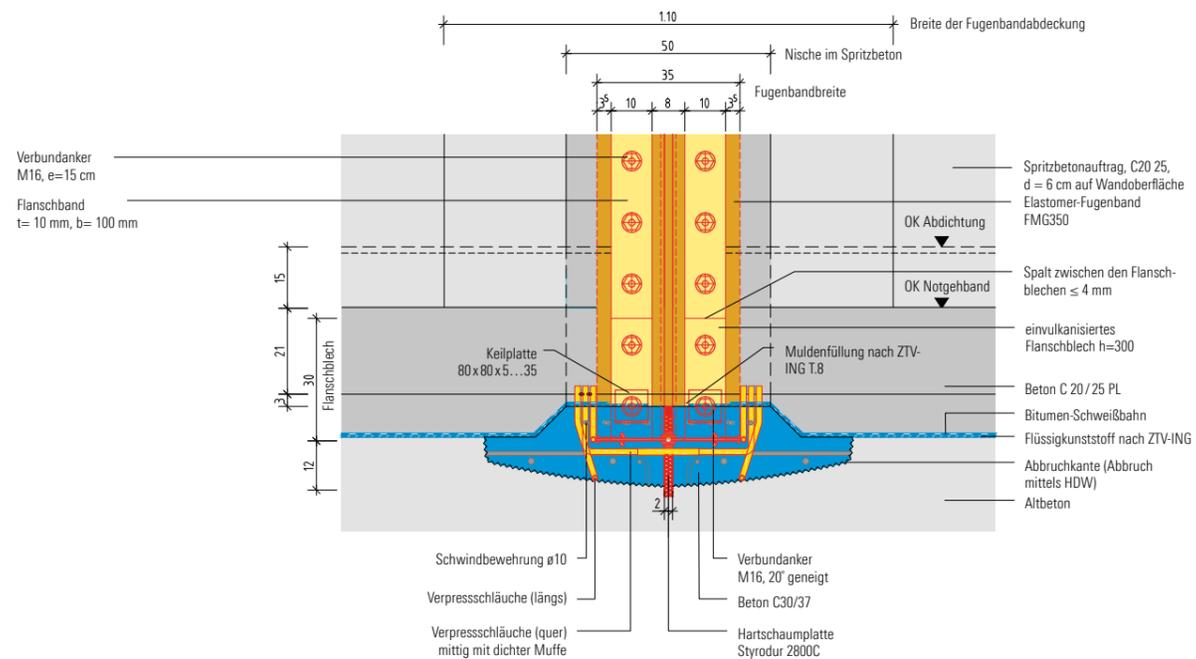
Ankerabstände, Abmessungen der Klemmflansche, Sonderflansche und Passstücke sowie Anzugsmomente mussten auf die Konstruktion und die Beanspruchung abgestimmt sein. Weitere besondere Anforderungen waren auch an den Untergrund zu stellen (Mindestdruck- und Oberflächenzugfestigkeit, Fehlstellenfreiheit, eben, sauber, frei von Grate etc.). Wichtig war auch, dass ein gleichmäßiger Anpressdruck erreicht wurde, um die gewünschte dauerhafte Dichtwirkung zu erzielen. Der notwendige Anpressdruck für das 35 cm breite Elastomerfugenband wurde mittels 100 mm breiter und 10 mm dicker Edelstahlbleche (Werkstoff-Nr. 1.4529) und Verbundankern M16, die im Abstand von 15 cm gesetzt wurden, erreicht. Eine besonders sorgfältige Vorbehandlung der Fugenflanken und der Fugenrandbereiche war Voraussetzung, um den vollständigen Anpressdruck aufzubringen. Die Anordnung von Naturkautschukstreifen unter den Fugenbändern diente dem Ausgleich letzter Unebenheiten im Bereich

der Fugenflanken. Der zu erzielende Anpressdruck betrug sich auf ca. 2,0 MN/m<sup>2</sup> pro Dübel. Zur Gewährleistung der erforderlichen Feuerwiderstandsklasse F 90 wurden die Dichtungsfugen im Wand- und Deckenbereich anschließend mit einer speziell dafür entwickelten Abdeckkonstruktion versehen.

### Instandsetzung der Wandflächen

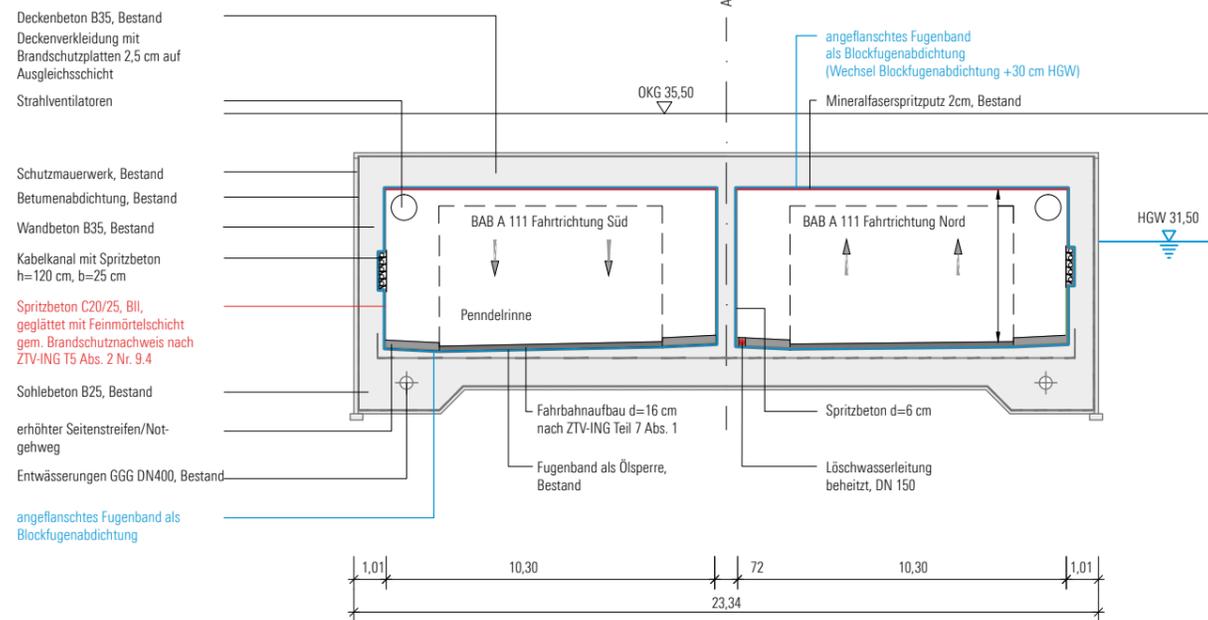
Auf den Außen- und Mittelwandbereichen wurden nach entsprechender Untergrundvorbereitung durch Hochdruckwasserstrahlen und Betoninstandsetzungsarbeiten an schadhaften Stellen eine zweilagige Spritzbetonschicht gemäß ZTV-ING mit einer Mindestdicke von 6 cm aufgebracht. Nach einer Spritzbetonschicht mit 0/8 mm Körnung in der Druckfestigkeitsklasse C30/37 wurde Spritzmörtel aufgebracht, um die gewünschte Ebenmäßigkeit der Oberfläche von 5 mm bezogen auf eine 4-m-Latte zu erhalten. Zum Erreichen der erforderlichen Feuerwiderstandsklasse wurde die

**Blockfugendetail** Eckverbindung Sohle / Wand  
Fertigteilkanal und Fugenabdeckung nicht dargestellt



- 1 + 2 **Verlegen und Fixieren** des werkseitig vorbereitenden Fugenbandes unter gleichzeitiger Ergänzung der Bewehrung
- 3 **Ausrichten und Anflanschen** der Sonderkonstruktion im Übergang Sohle / Wand

## Regelquerschnitt nach Umbau



Schicht mit einer feuerverzinkten Matte Q 131 bewehrt. Die Nischenflächen der Außenwandbereiche für die Kabeltrassen wurden ebenfalls mit Spritzbeton angearbeitet. Zur Einhaltung von Mindestabmessungen wurde hier jedoch mit einer 3 cm dicken Spritzbetonschicht Körnung 0/4 gearbeitet. Die Brandschutzbewehrung wurde mit feuerverzinkten N 141-Matten hergestellt. Die Kabelkanäle wurden nach Bestückung mit demontierbaren Brandschutzplatten der Feuerwiderstandsklasse E 90 abgedeckt. Insgesamt wurden rd. 33.500 m<sup>2</sup> Spritzbeton innerhalb eines Zeitraumes von 42 Tagen bei einem „Bauen rund um die Uhr“ (24h/7Tage) verarbeitet. Zum Abschluss der Wandinstandsetzungsarbeiten wurde ein geprüftes Oberflächenschutzsystem (OSD II), geeignet für den Einsatz im Sprühnebelbereichen von Auftausalzen, in RAL 9010 (reinweiß) ausgeführt, um die Refle-

xion der Tunnelbeleuchtung zu verbessern und gleichzeitig die Reinigung der Wände zu erleichtern. Lediglich im Bereich der Fluchtwegtüren erfolgte zur besonderen Kennzeichnung die Ausführung in RAL 6029 (grün).

Um die Leuchtdichte in den Tunnelzugangs- und ausgangsstrecken gering zu halten, wurden die Wandfarben abgestuft: dunkel im Trogbereich, grau in der Ausfahrtsstrecke und grün in der Annäherungsstrecke.

### Fahrbahnflächen

Die Sohlplatten der Tunnelröhren wurden mittels Kugelstrahlen sorgfältig gereinigt. Anschließend wurden Schadstellen und Risse aufgenommen und nach Maßgabe der Bauleitung durch Rissverpressung und Betonersatzsystem instandgesetzt. Der wei-

- 1 Neuer Fahrbahnregelaufbau einschließlich Abdichtung
- 2 Grundinstandsetzung im Trogbereich
- 3 Baulicher Brandschutz im Wandbereich durch eine 6 cm starke Spritzbetonschicht mit feuerverzinkter Bewehrungsmatte



tere Aufbau wurde, analog der ZTV-ING, mit einer vollflächigen Epoxidharzgrundierung und einer darauf aufgeklebten Bitumenschweißbahn durchgeführt, die entlang der zukünftigen Notgebahnen verstärkt als edelstahlaschierte Bitumenschweißbahn mit Glasvlies-Bitumen-Dachbahn vorgesehen wurde. Im Übergang Sohlplatte/Wand kam eine Polyurethan-Flüssigkunststoff-Abdichtung zur Ausführung einschließlich einer zusätzlichen Verbindungsschicht im 20 cm breiten Überdeckungsbereich zwischen Flüssigkunststoffabdichtung und Schweißbahn zum Einsatz. Zum Schutz der Abdichtung wurde eine 4 cm dicke Gussasphaltschicht aufgebracht. Darüber wurde ein Asphaltbinder in variabler Höhe (4 – 8 cm) als Zwischenlage sowie 2 Lagen Splittmastixasphalt angeordnet. Die Deckschicht wurde mit Aufhellung eingebaut. Entlang der äußeren Tunnelwände wurden neue, mindestens 1 m

breite Notgebahnen aus Beton der Güte C25/30 LP hergestellt. Zu beachten war die Bewehrungsführung für den nachträglichen Einbau der visuellen Leiteinrichtung. Entlang der Mittelwand wurden Betonfertigteile mit Abdeckung zur Aufnahme von wärmeisolierten Löschwasserleitungen mit Begleitheizung eingebaut.

### Instandsetzung der Deckenflächen

Der Brandschutz im Deckenbereich wurde mit Brandschutzplatten von 25 mm Stärke nachgewiesen. Die Montage erfolgte auf der Rohdecke mit noch partiell anhaftenden Spritzputzresten. Die Ebenflächigkeit wurde durch Verwendung von Hinterlegungsstreifen mit einer Stärke von 10 mm erzielt. Die Regelplattenabmessung der Brandschutzplatten betrug 625 x 3000 mm, die

### Mengenübersicht (ca. - Angaben)

Tunnelgrundfläche	21.200 m <sup>2</sup>
Fläche der Anschlussbauwerke (Trog-, Rasterstrecke, einzellige Tunnelabschnitte)	16.100 m <sup>2</sup>
Deckenflächen (Brandschutzplatten)	24.000 m <sup>2</sup>
Wandflächen (mattenbewehrter Spritzbetonauftrag)	25.000 m <sup>2</sup>
Blockfugen (30 m Blöcke) im Tunnelbereich	900 lfd. Meter
Blockfugen (10 m Blöcke) im Trogbereich	750 lfd. Meter
Wandflächen der Ein- und Ausfahrtrampen (mattenbewehrter Spritzbetonauftrag)	8.500 m <sup>2</sup>
Fahrbahnflächen des Tunnels und der anschließenden Trogstrecken	38.000 m <sup>2</sup>
Notgehbahnen	4.000 m

links: Ansicht nach Umbau

rechts: Querschnitt Fluchttüre Fluchttüren und Feuerlöscherentnahmestellen in der Mittelwand nach Umbau

Befestigung wurde mit Nagelankern der Werkstoffgüte 1.4529 erreicht. Für die Bereiche an denen nachträglich Ausstattungsteile der Betriebs- und Verkehrstechnik montiert werden, waren spezielle Anpassungsmaßnahmen notwendig.

Die Abdichtung von verbleibenden Randfugen sowie Fugen von Einbau- und Befestigungsmitteln erfolgte mit Brandschutzkitt.

### Weitere bauliche Instandsetzungsarbeiten:

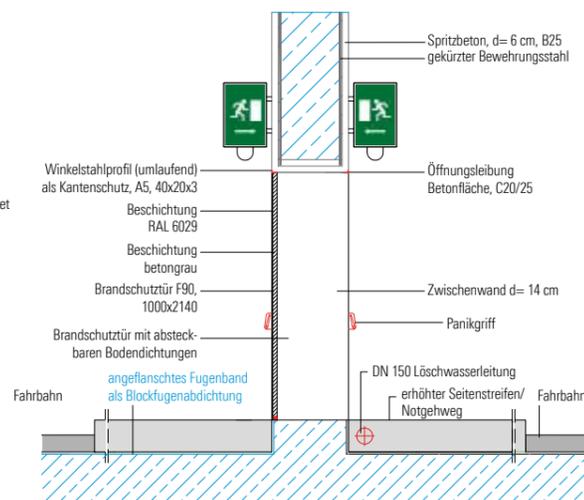
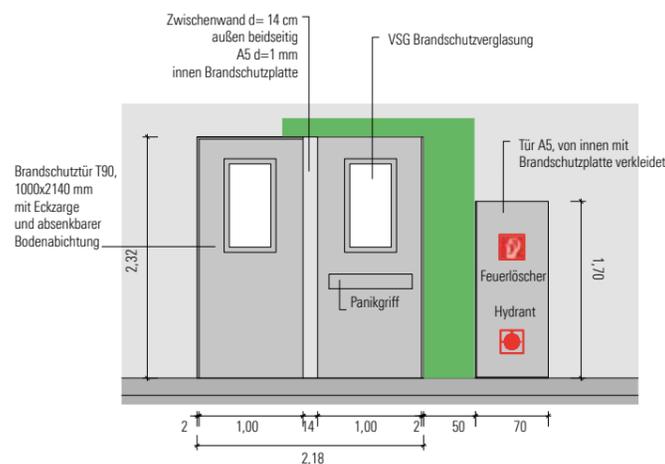
- Instandsetzung der Rampenbereiche (Nord- und Südtröge)
- Ausbesserung des Korrosionsschutzes der Stahlspundwände in den südlichen Trogabchnitten gemäß ZTV-ING.
- Neubau von Betonschutzwänden
- Erweiterung der Öffnungen im Bereich der Fluchttüren und Einbau neuer Türen
- Einbau von Notrufräumen einschließlich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

### Technische Ausrüstung

Die priorisierte Instandsetzungseinstufung von Seiten des Bundesverkehrsministeriums war Ausdruck des nicht akzeptablen Niveaus der vorhandenen technischen Ausstattung. Die betriebs-, verkehrs- und insbesondere sicherheitstechnische Ausstattung der beiden Tunnelröhren sowie der Trog- und Rasterbereiche entsprach weder den Forderungen aktualisierter europäischer Regelwerke noch der fortgeschriebenen RABT 2006. Das galt für die komplette Lüftungsanlage und Beleuchtung, für die Messtechnik, für die Videoüberwachung, für den BOS-Funk und die Brandmeldeanlage und auch für die Fluchtwegekennzeichnung, die vorhandene Verkehrsbeeinflussungsanlage und die Tunnelportalsperranlagen. Nicht vorhanden bzw. nicht funktionsfähig waren die Brandnotbeleuchtung, die ELA-Anlage, die Feuerlöscheinrichtungen, das Feuerwehrbedientableau und die Notrufräume. Die Fluchttüren in der Mittelwand genügten weder dem heutigen Standard an Querschnittsabmessungen noch den Anforderungen an Brandschutz und Rauchdichtigkeit. Ein wichtiger Bestandteil der vorbereitenden Planungen und der nachfolgenden Arbeiten waren also geprägt von der umfassenden Erneuerung und Nachrüstung der Betriebseinrichtungen.

### Sicherheitstechnische Ausstattung

Innerhalb der Tunnelanlage wurden im Rahmen der baulichen Umbauarbeiten 5 geschlossene Notrufräume im Bereich der Nothalte-/Pannenbuchten eingebaut und 28 Notrufstationen erneuert, die im Wesentlichen neben den umgebauten Fluchttüren positioniert wurden. Zur automatischen Brandmeldung wurden an den Tunneldecken der beiden Röhren Linearbrandmeldekabel montiert. Diese detektieren innerhalb von 60 Sekunden nach Brandausbruch den Brandort mit einer Genauigkeit von etwa 3 Metern. Jeder Brandalarm wird in der Automatiksteuerung der Lüftung, der Beleuchtung und der Verkehrslenkung weiterverarbeitet. Manuelle Brandmeldeanlagen wurden an den Notrufräumen, in den Notrufräumen sowie in den Betriebsgebäuden installiert. An den Ein- und Ausfahrten der Tunnelanlage wurden Feuerweherschaltkästen installiert für Eingriffsmöglichkeiten der Feuerwehr in die Lüftungstechnischen Anlagen des Tunnels und für den direkten Kontakt mit der Tunnelleitzentrale Berlin (TLZB). Eine Tunnelfunkanlage (BOS-Funk) ermöglicht im Ereignisfall Polizei, Feuerwehr, Rettungsdiensten und der Tunnelleitzentrale Berlin eine direkte Kommunikation untereinander, aber auch das (röhrengetrennte) Einsprechen in bis zu 21 Radiosendern zur unverzüglichen Information der Tunnelnutzer. Zum Erhalt eines störungsfreien Empfangs von Mobilfunk wurden Signalverstärker



Bilder: SSF Ingenieure GmbH



- 1 Veraltete Betriebs- und Verkehrstechnik: Fluchttüren
- 2 Erweiterung der Fluchttüren
- 3 Neue Fluchttüren in der Mittelwand zwischen beiden Tunnelröhren



eingebaut. Die direkte Kommunikation mit den Verkehrsteilnehmern im Ereignisfall erfolgt durch eine neu installierte Lautsprecheranlage.

#### Kennzeichnung Flucht- und Rettungswege

Die Flucht- und Rettungswege wurden durch 50 spezielle Fluchtweg-Kennzeichenleuchten im Abstand von 24 m an der Tunnelmittelwand markiert. Zusätzlich sind 90 Wandleuchten als Orientierungsbeleuchtung an den Wänden angeordnet, die nach Auslösung eines Brandalarms als Brandnotleuchten automatisch eingeschaltet werden. Diese unterstützen die Orientierung bei Verrauchung. Als weitere Markierungseinrichtung wurden in den Fahrbahnborden der beiden Tunnelröhren sowie der Abzweigungsbauwerke aktive visuelle Leiteinrichtungen aus 200

weiß-selbstleuchtenden LED-Markierungselementen integriert. Diese Kennzeichnungen unterstützen die Orientierung im Brandfall bei zunehmender Verrauchung und dienen so der Selbstretung der Tunnelnutzer. Im Normalbetrieb ist die visuelle Leiteinrichtung nur in Fahrtrichtung rechts als Leithilfe eingeschaltet. Zur Fernüberwachung über die TLZB wurden 50 einzelsteuerbare Videokameras an den Wänden vorgesehen.

Die vorhandenen 12 Fluchttüren, die sich im Abstand von rund 130 m in den Außenwänden und in der Mittelwand befinden, wurden im Zuge der baulichen Umbaumaßnahmen in ihren Abmessungen deutlich erweitert und mit F90-Ausstattung versehen. Auf sie wird durch die bereits erwähnten Fluchtweg-Kennzeichenleuchten mit Entfernungsangaben in beide möglichen Fluchtrichtungen



1 Ausgangssituation Trog und Tunnelportal Bereich Süd  
 2 Rettungsweg Nord 1 im Rohbau, Breite 1,5 m, Wandverkleidung links in F 90  
 3 Endzustand

hingewiesen. Oberhalb der Fluchttüren wurden Blitzleuchten installiert, die bei Öffnen den fließenden Verkehr auf eine bestehende Gefahrensituation aufmerksam machen. Außerdem wird in einem solchen Fall sofort die nächstgelegene Videokamera aktiviert und automatisch die Tunnelleitzentrale Berlin informiert. Neben den Fluchttüren wurden auch Entnahmestellen für 2 x 6-kg-Handfeuerlöscher vorgesehen.

Entlang der Mittelwand in nördliche Fahrtrichtung wurde im Notgehweg eine isolierte und zusätzlich beheizbare Löschwasserleitung DN 150 als Nassleitung verlegt. Die Löschwasserentnahmestellen befinden sich in der Regel neben den Fluchttüren an der Tunnelmittelwand als Hydrantenausbildung mit getrennten Anschlüssen und Absperrventilen für beide Tunnelröhren.

#### Betriebstechnik und Lüftungseinrichtungen

Die vorhandene Starkstromanlage und Energieverteilung wurden einschließlich aller Kabel, Leitungen (Gesamtlänge ca. 125 Kilometer) und Kabeltragsysteme (circa 20 km Kabeltrassen) im Tunnel und in den Betriebsgebäuden komplett erneuert. Ebenfalls wurde die USV-Anlage (unterbrechungsfreie Stromversorgung) komplett ausgetauscht. Diese USV-Anlage sichert den Betrieb aller sicherheitsrelevanten Elemente der Tunnelausstattung bei Stromausfall.

#### Kabelanlage und Kabeltragsystem

Der Verlauf der Energie- und Steuerleitungen im Tunnel erfolgt über Kabeltrassen im Wandkabelkanal sowie an der Tunneldecke.

#### Tunnelbeleuchtung/Steuerung

Für die Beleuchtung der Einsichts- und Übergangs-(Raster-)strecken kommt aus wirtschaftlichen Gründen eine Gegenstrahlbeleuchtung zum Einsatz. Die eingesetzten Leuchten zeichnen sich durch einen hohen Wirkungsgrad und optimale lichttechnische Eigenschaften aus. Die Durchfahrtsbeleuchtung (Grundbeleuchtung) ist eine symmetrische Beleuchtung.

Sie wird auch als Notbeleuchtung im Ereignisfall genutzt. Die gewachsenen Ansprüche an die Sicherheit in Straßentunneln und die Notwendigkeit eines energieoptimierten Betriebes der Beleuchtung erfordern eine Beleuchtungsregelungsanlage. Die Regelung erfolgt stufenlos über Lichtsteller in Abhängigkeit von der Außenhelligkeit. Für die Tunnelbeleuchtung wurden 570 Hochleistungsscheinwerfern einschl. der erforderlichen Beleuchtungssteuerung (16-feldrige Schaltanlage mit Stellerschränken und SPS-Schränken) installiert.

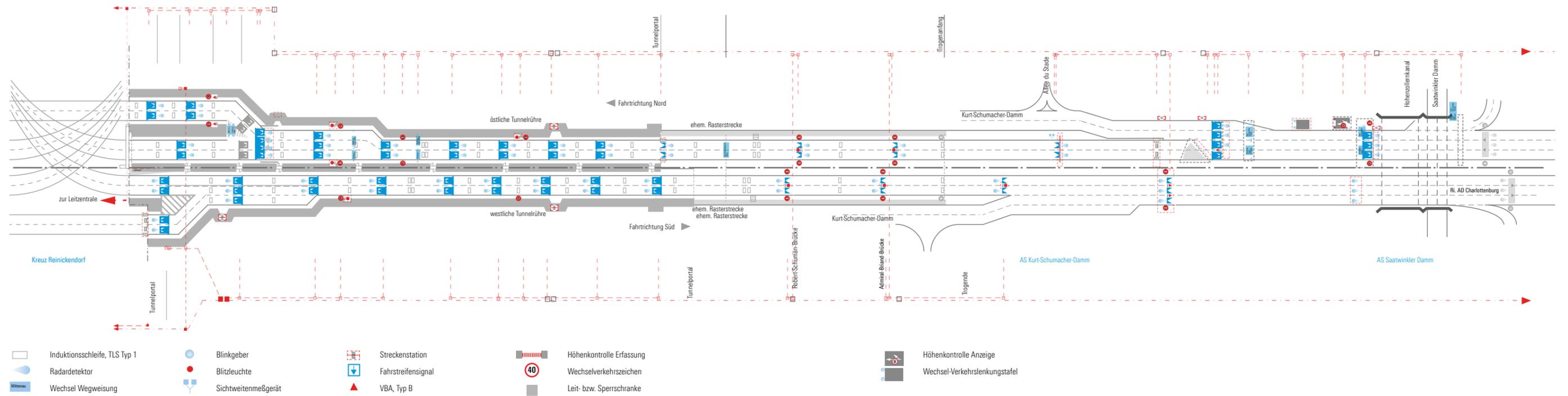
#### Außenbeleuchtung

Die Beleuchtungsanlage im Außenbereich, das heißt in den Trögen vor den nördlichen und südlichen Tunnelportalen und den Bereichen der freien Strecke bis zur Hinkeldey-Brücke, wurde komplett erneuert.

#### Lüftung

In der Tunnelanlage wurden zur mechanischen Längslüftung insgesamt 28 Strahlventilatoren Typ TAS installiert, die paarweise an der Tunneldecke angebracht wurden. Die Steuerung der Lüftung kann in Anpassung an die jeweiligen Erfordernisse jederzeit automatisch oder manuell individuell und abschnittsweise erfolgen. Die im Bestand bereits vorhandenen Rettungswege wurden im Zuge der Nachrüstung mit Überdruckbelüftung ausgestattet.

## Verkehrsbeeinflussungsanlage Tunnel Flughafen Tegel



### Verkehrstechnische Ausstattung

- Umrüstung der veralteten Verkehrsbeeinflussungsanlage unter Einbeziehung neuer Anzeigeräten mit Wechselwegweisung, Verkehrsdatenerfassung, Höhenkontrolle und Streckenstationen.
- Umrüstung der Unterzentrale in der Tunnelleitwarte bzw. in der Verkehrsregelungszentrale der Berliner Polizei.

Für den Tunnel Flughafen Tegel wurde eine umfassende Tunnelsteuerung mit Fahrstreifensignalisierung, Netz- und Knotenpunktbeeinflussung sowie Streckenbeeinflussung eingesetzt und ins Gesamtsystem integriert. Dazu gehören auch vier Verkehrszeichenbrücken mit Wegweisung im Be-

reich der Trog-/Rasterstrecken. Die Streckenbeeinflussung dient der Gefahrenwarnung und Anpassung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit, Stauwarnung, Harmonisierung des Verkehrsablaufs und der abschnittswisen Sperrung von Fahrstreifen für Baustellen oder bei Unfällen. Die Tunnelsteuerung reagiert auf die Anforderungen aus der Gebäudeleittechnik (z.B. Störungen in der Betriebstechnik, Brandalarm), des Bedieners (z.B. Wartung, Unfälle, besondere Verkehrslagen im Tunnelumfeld) und der automatischen Verkehrsüberwachung (z.B. Stau im Tunnel). Bei Gefahrsituationen wird der Verkehr bereits am Tunnelportal angehalten und die Leitschranken vor dem Tunnel werden geschlossen. Bei einem Brand erfolgt dies z.B. automatisch innerhalb von

drei Sekunden nach der Detektion durch die Brandmeldeanlage. Insgesamt wurden 44 Messquerschnitte und 69 Anzeigequerschnitte mit 153 LED- Wechselverkehrszeichen und 34 Prismenwender eingerichtet. Die Verkehrsdatenerfassung im Tunnel Flughafen Tegel erfolgt automatisch über eine lokale Verkehrsdatenerfassung mit 107 Radardetektoren (davon 42 im Tunnel) getrennt nach Fahrstreifen, die an der Tunneldecke bzw. an den Verkehrszeichenbrücken über der Fahrbahn befestigt sind. Insgesamt 26 Streckenstationen sind über ein redundantes LWL-Netzwerk an einen Verkehrsrechner angeschlossen. Die Kommunikation erfolgt über TCP-IP-Verbindungen mit dem Protokoll TLS-over-IP. Der Verkehrsrechner ermittelt auf Grundlage der

Verkehrs- und Umfelddaten sowie der manuellen Eingaben und der Anforderungen aus der Zentralen Leittechnik einen optimalen Schaltzustand für die gesamte Anlage. Die Schnittstelle zu den Operatoren in den beiden rund um die Uhr besetzten Leitstellen der Tunnel-Leitzentrale (TLZ) und der Verkehrsregelungszentrale (VkrZ) bildet dabei die Webvisualisierung. Sie stellt die Strecke mit allen Verkehrs-, Anlagen- sowie Schaltzuständen grafisch dar und bildet die Oberfläche für die Bedienung. Über eine Matrix sind alle möglichen Anforderungen mit allen realisierbaren Anzeigezuständen verknüpft, so dass für jede Anforderung zu jeder Zeit im Tunnel eine vordefinierte, automatisch ablaufende, verkehrssichere Reaktion der Gesamtanlage erfolgt.

SSF Ingenieure AG  
Beratende Ingenieure im Bauwesen

München  
Berlin  
Halle  
Köln

[www.ssf-ing.de](http://www.ssf-ing.de)