

Hauptbahnhof Dresden

Instandsetzung der Bahnsteighallen



Die Sanierung der Bahnsteighallen des historischen Dresdner Hauptbahnhofes ist aufgrund der Größe des neuen Membrandaches als Projekt Bauen im Bestand unter laufendem Betrieb einzigartig. Der Entwurf des Architekten Lord Norman Foster sah vor, die rund 30.000 m² Dachfläche der gesamten Bahnsteighallen mit einer PTFE-beschichteten Glasfaserhaut einzudecken, wobei das vorhandene Eisentragwerk saniert und ertüchtigt wurde. Eine der schwierigsten ingenieurtechnischen Herausforderungen für das Team SSF Ingenieure/Büro Happold bestand darin, die Lasten des neuen Membrandaches in das historische Stahltragwerk ein- und

in die Fundamente abzuleiten. Die Erneuerung der Hallendächer sowie der im Zusammenhang stehenden Metallfassaden erfolgte dabei mit dem Grundsatz, authentische Elemente zu erhalten und instanzzusetzen. Für die Bereiche, in denen die ursprüngliche Gestaltung nicht mehr vorhanden war, wurden zeitgemäße Lösungen gewählt, die dem Charakter der Bahnsteighallen gerecht werden.

So entstand ein Gesamtkonzept, das den Bestand und die Geschichte des Bahnhofes respektiert und bestärkt, aber auch aktuelle und zukunftsweisende Konzeptionen einbringt und die

Entwicklung der Bahn repräsentiert. Am 14. November 2007 wurde das Team SSF Ingenieure/Büro Happold in London mit dem Structural Award for Infrastructure 2007 ausgezeichnet.

Gebäudebeschreibung

Der Dresdner Hauptbahnhof wurde zwischen 1892 und 1898 nach Entwürfen der Architekten Giese und Weidner gebaut und ist nach Leipzig und Berlin der drittgrößte Bahnhof im Osten Deutschlands. Darüber hinaus stellt er eine der eindrucksvollsten Bahnhofskonstruktionen des späten 19. Jahrhunderts in Europa

dar. Die 240,5 m lange und 121,75 m breite Gesamtanlage des Hbf Dresden besteht aus dem massiven Empfangsgebäude, an das die drei eisernen Bahnsteighallen der Nord-, Mittel- und Südhalle anschließen.

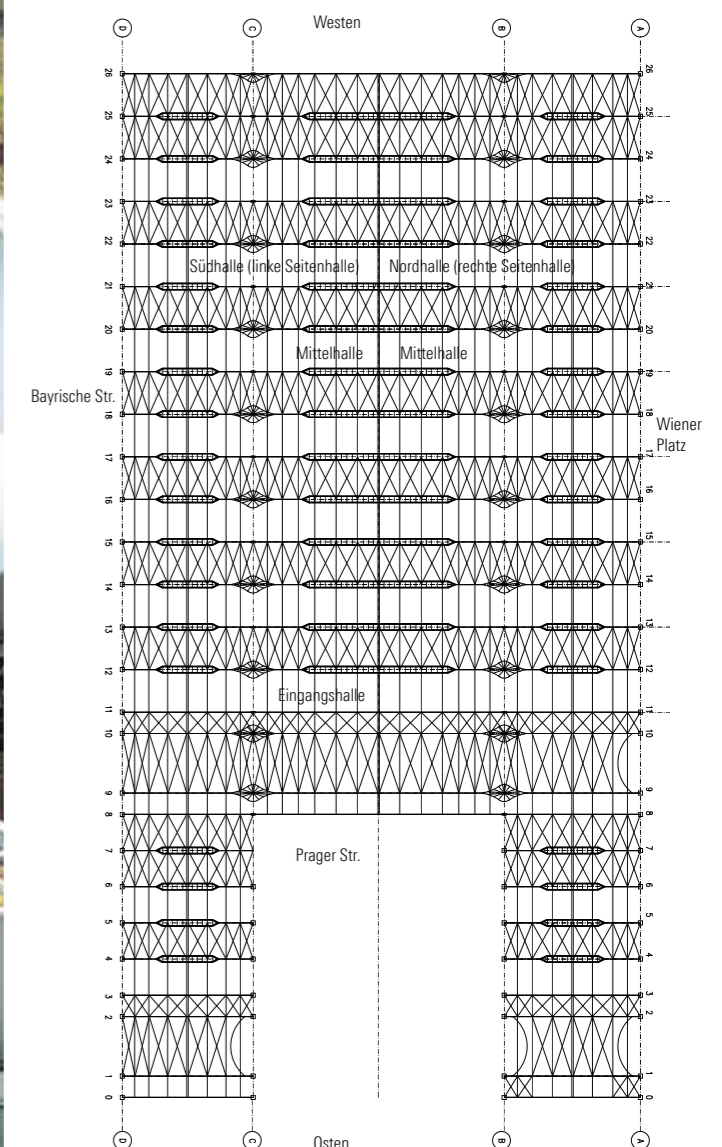
Die als Kopfbahnhof ausgebildete Mittelhalle schließt in Hallenlängsrichtung stirnseitig an die Westseite und die beiden als Hochgleisdurchgangshallen ausgebildeten Seitenhallen jeweils seitlich im Norden bzw. Süden an das Empfangsgebäude an. Beide Seitenhallen sind ca. 32,0 m und die Mittelhalle ca. 60 m breit und 35 m hoch. Die räumlich ausgefachten, gusseisernen Bögen

Bild: Ulrich Windoffer

Hauptlängsportal Nordansicht



Dachgrundriss



der Bahnsteighallen in Querrichtung sind in Abständen von 5,0 bis 14,0 m in Hallenlängsrichtung entsprechend der Fassadengestaltung angeordnet. Die einzelnen Hallen werden jeweils an den Enden durch verglaste Hallenschürzen sowie verglaste und tragende Außenfassaden eingehaust. Vertikal ist die Bahnstahnanlage in die drei Ebenen KG, EG und die ca. 4,5 m über dem EG liegenden Hochbahnsteige der Nord- und Südhalle unterteilt.

Bestand 1999

Grundlage der Entwurfsplanung war eine umfassende Bestandsaufnahme des Ist-Zustandes der Bahnsteighallen. Die in umfangreicher Recherche in den Archiven der DB AG und der Stadt Dresden zusammengetragenen Restbestandsunterlagen wurden zusammengefügt und anhand von Symmetriebedingungen und Ortsbegehungen hochgezeichnet und anschließend im Rahmen einer Bauwerksuntersuchung und Regelbegutachtung nach DS 803 geprüft und überarbeitet. Die Ergebnisse zeigten, dass außer dem Bestandstragwerk nur noch wenige Elemente der

ehemaligen Bahnstahnanlage, als eines der letzten Bauwerke des Wilhelminischen Baustils, vorhanden waren. Umfangreiche Umbauten in den dreißiger Jahren reduzierten im Sinne neuer Sachlichkeit die mit Gusselementen und der typischen historischen Blechornamentik verzierten Fassaden. Während der Bombenangriffen der alliierten Streitkräfte des 2. Weltkrieges wurden die Bahnsteighallen stark zerstört und in der Nachkriegszeit erneut umgestaltet.

Die Wellblecheindeckung und die Überkopfverglasung der großen Oberlichter wurden bei der Nachkriegsinstandsetzung durch eine Holzschalung und haubenförmig aufgesetzte Dachgauben mit seitlichen Fensterwänden ersetzt.

Dachtragwerk

Das vorhandene eiserne Bestandstragwerk der Bahnsteighallen des Hbf Dresden war in der statischen Grundkonzeption des Errichtungszeitraumes zur Ableitung der vorrangig vertikalen Dachlasten aus Eigengewicht des Eisentragwerkes, der Holz-,

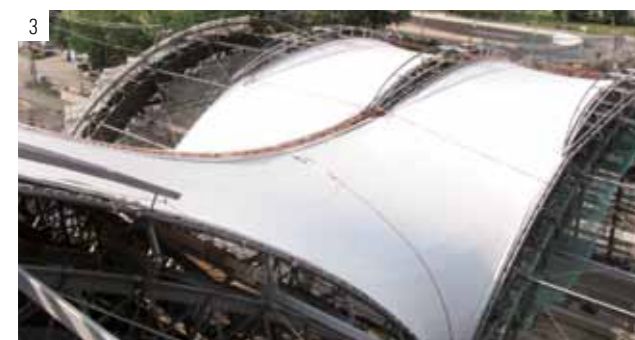
Glas- und Blechdacheinhausung sowie der Schneelast als lineares Bogentragwerk konzipiert. Der Umbau von einer festen Dacheinhausung zu einem Membrandach führt einerseits zu einer Reduzierung des Tragwerkseigengewichtes, andererseits treten infolge der räumlichen Membranvaspannkraften erheblich Druckbeanspruchungen im Bogentragwerk auf, die im Bereich der Mittelhallenstützen und der angrenzenden Bogenbinderbereiche durch die aus der Membrandachform resultierenden Schneesackbildungen zusätzlich wesentlich verstärkt werden. Die Umsetzung der raumgeometrischen und statischen Tragwerksanforderungen unter Beibehaltung der statisch-konstruktiven Gegebenheiten des linearen Bestandstragwerkes, erforderten den Einbau einer geometrisch und statisch vermittelnden Stahlunterkonstruktion sowie eine grundlegende Modifikation des Bestandstragwerkes zur Lastableitung der geänderten Tragwerksbeanspruchungen. Die Stahlunterkonstruktion des Membrandaches ist somit in die Primärkonstruktion des Bestandstragwerkes und die sekundäre räumliche Stahlunterkonstruktion des neu zu errichtenden Membrantragwerkes gegliedert.

Membran

Das Membrandach besteht aus einzelnen Paneelen, welche zwischen den Bogentragwerken installiert werden und im Endzustand die komplette Dachfläche überspannen. Die Breiten der einzelnen Felder betragen in der Regel ca. 10 m und variieren zwischen 5 m und 14 m. Die Membran wird in Bogenlängs- und Bogenquerrichtung mit Hilfe von Membranklemmen an Stahlrohre der Stahlunterkonstruktion angeschlossen.

In den Übergangsbereichen zwischen der Mittelhalle und den Seitenhallen wird das Membrandach in jedem zweiten Bogen zu einem konisch geformten Tiefpunkt nach unten gezogen. Dies ergibt eine statisch sinnvolle Krümmung in Hallenlängsrichtung und ermöglicht die Anordnung von Entwässerungsöffnungen. In den Bereichen ohne Tiefpunkte, wird die Membrane entlang freihängender Seile, den so genannten Fliegenden Seilen, jeweils von der Mittelhalle zu den Seitenhallen geführt, so dass hier die ästhetisch gewünschte und statisch sinnvolle Krümmung in Längsrichtung unterstützt wird.

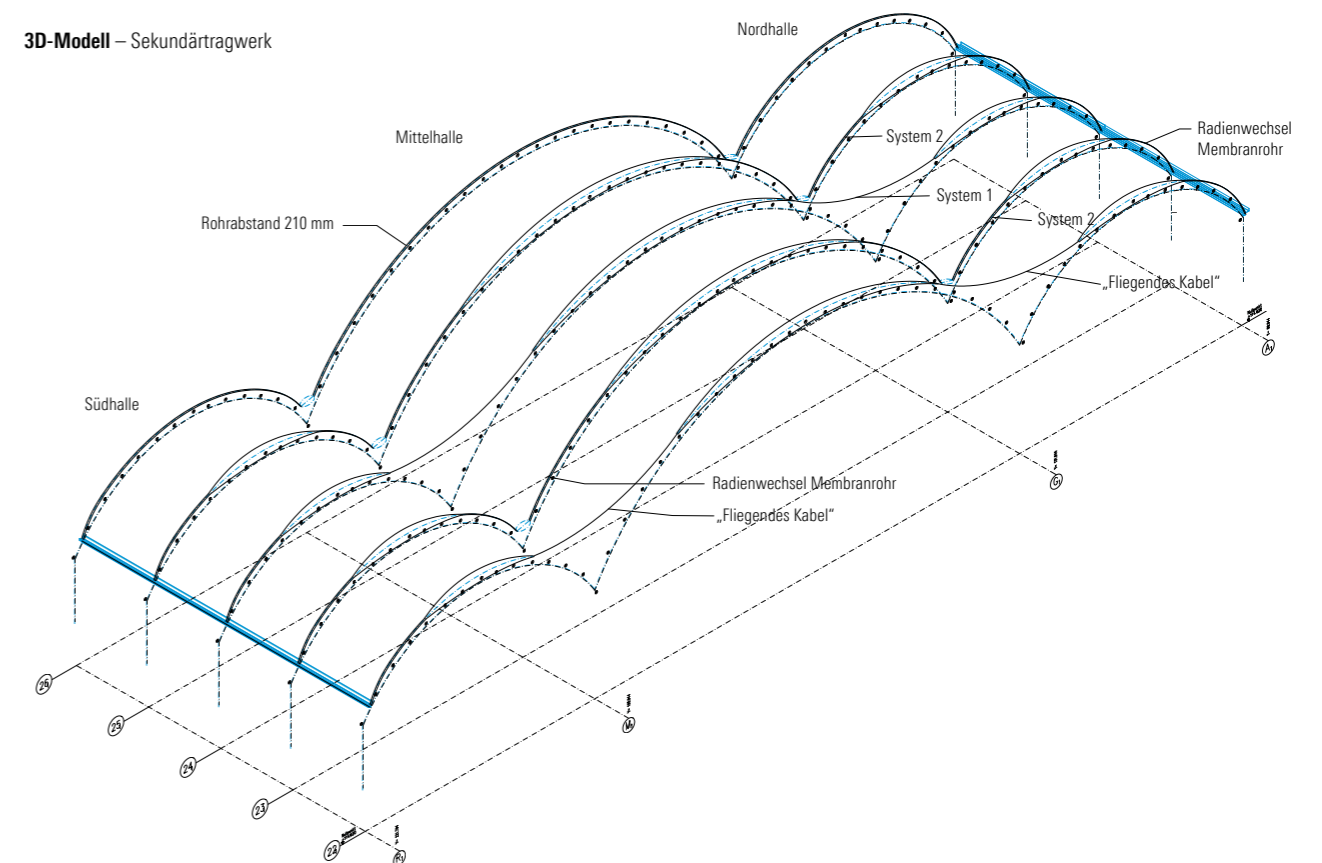
1 Ansicht Gesamtanlage ca. 1905
3 Bauzustand 10-m-Membranfeld



2 Innenansicht Mittelhalle mit Nordhalle – Innenfassade
4 Bauzustand Sekundärtragwerk mit Stützbogen – 14-m-Feld



3D-Modell – Sekundärtragwerk





Mittelhallenbogen mit Sekundärtragwerk

Die Membrandachhaut leitet, im Gegensatz zu der bisherigen Dacheindeckung, die Lasten über in der Membranebene orientierte Zugkräfte in den Stahlbau ein. Im Falle von symmetrischen Lasten bzw. im Lastfall Vorspannung jeweils benachbarter Membranfelder kompensieren sich die Horizontalkomponenten der beidseitig angreifenden Zugkräfte. Bei der Betrachtung unsymmetrischer Lastfälle benachbarter Membranfelder sind dagegen die resultierenden Horizontalkomponenten zu berücksichtigen und vom Bestandstragwerk abzuleiten. Zur Vermeidung von Überbeanspruchungen im Bestandstragwerk beim Ausfall eines Membranfeldes werden die einzelnen Bogentragwerke an den Obergurten mit sogenannten Havarie-Seilen gekoppelt. Die festgelegten typischen Membrandetails berücksichtigen den Einsatz relativ einfacher und somit kostengünstiger Membranklemmen, die nicht die Möglichkeit eines zusätzlichen Nachspanns und die Einstellung vor Ort erlauben. Als Konsequenz muss ein sehr akkurater Zuschnitt der Membrane erfolgen und ein entsprechender Montageablauf entwickelt werden, der dem Ansatz des dead-

length fit entspricht. In der Planung wurde dieser u.a. durch die Betrachtung der Membranspannungen und des Tragverhaltens unter reduzierten Vorspannungen berücksichtigt.

Membranmaterial

Neben den Anforderungen an die Festigkeit waren vor allem die Brandschutzanforderungen, die Anfälligkeit gegen Dieselabgase und sonstige Chemikalien, die Reinigungsanforderungen bzw. der Selbstreinigungseffekt des Materials, eine möglichst hohe Lebensdauer und der Vergleich mit Referenzprojekten in der Materialwahl ausschlaggebend. Nach Erörterung dieser für den speziellen Einsatz notwendigen Gewebeanforderungen, wurde ein mit PTFE (Polytetrafluorethylen) beschichtetes Glasfasergewebe gewählt.

Bemessung

Bei der Bemessung des Membranwerkstoffes wurden Abminderungsfaktoren für Einflüsse aus Dauerbelastung, Umwelt, Tempe-

ratur, den Klemmverbindungen und einem globalen Sicherheitsfaktor bzgl. der Standsicherheit berücksichtigt. Diese Faktoren wurden durch die nachträglich erbrachten Materialkennwertversuche bestätigt.

Genehmigungsverfahren/Z.i.E Membrane

Aufgrund der Verwendung eines nicht geregelten Bauproduktes war es notwendig, eine Zustimmung im Einzelfall (ZiE) für den Membranwerkstoff einschließlich der Membranklemmen bei der obersten Bauaufsichtsbehörde zu beantragen. Als Bestandteil der Antragsunterlagen waren neben den Planunterlagen und der Genehmigungsstatik auch die Durchführung von Material- und Bauteilversuchen erforderlich.

links: Membrandachfelder mit Oberlichtlinsen
 mitte: Bauzustand Empfangsgebäude mit fertiggestelltem Membrandach
 rechts: Horizontalkopplung Sekundärtragwerk

Bilder: Ulrich Windoffer



Zuschnittsermittlung und Kompensation

Nach der Formfindung und Bemessung erfolgte in einem weiteren Planungsschritt die Zuschnittsermittlung (cutting patterns). Eine besondere Schwierigkeit war dabei die Umsetzung einer im Endzustand vorgespannten, räumlich gekrümmten Form in ebene und ungedehnte Zuschnittsflächenelemente. Aufgrund des spannungslosen Materials während des Zuschnittes ist der späteren Materialdehnung Rechnung zu tragen, d.h. jeder einzelne Zuschnittstreifen muss um den berechneten Dehnweg entsprechend verkürzt hergestellt werden. Der Vorgang hierbei sämtliche material- oder strukturspezifischen Relaxationsvorgänge zu berücksichtigen, wird als Kompensation bezeichnet.

Tragwerk

Die Stahlunterkonstruktion vermittelt als Adapter die räumliche Membrangeometrie auf das orthogonale Bestandsbogentragwerk und die Lastenleitung der Membrankräfte in das filigrane Stabtragwerk der Hallenbögen. Zur Sicherung eines hohen Vorfertigungsgrades sowohl in der Membrankonvektionierung als auch in der Stahlbaufertigung des Sekundärtragwerkes erfolgte die Geometrie-Konzeption in zwei Grundformen, sodass diese unabhängig von den vorhandenen Bestandstoleranzen ausgeführt werden konnten.

Entsprechend der Membrandachgeometrie folgt das Sekundärtragwerk den beiden Membrangrundformen in Hallenquerrichtung mit den in Hallenlängsrichtung wechselnden Hoch- und Tiefpunkten in den Mittelachsen. Oberhalb der Bogenbinderscheitel öffnet sich die Membranhaut linsenförmig bis zu den Systemachsen der einzelnen Bogenscheiben. Die entstehende Öffnung ist durch gläserne Oberlichter überdacht.

Entsprechend der oben beschriebenen beiden Dachsysteme, ist die Membran, im System an den Hochpunkten, über Doppelkabel, die „fliegenden Kabel“, geführt, die von den Rohrenden der Mittelhallenoberlichter zu den Rohrenden der Seitenhallenoberlichter spannen. Im System der Tiefpunkte dagegen werden die beiden Membranrohre als Doppelrohre von den Stirnseiten der Oberlichter sowohl in der Mittelhalle als auch in den Seitenhallen einachsiger radial gekrümmt zu den Dachtiefpunkten in den Mittelachsen geführt. Die Membranrohrenden sind durch einen räumlich elliptisch gekrümmten Rohrring zur Anbindung der Membran verbunden, an dem die Einlauftrichter anschließen (siehe 3D-Modell Sekundärtragwerk). An den Längswänden wird die Membran durchgehend linear gegen ein Vierkantrrohr gespannt.



Stahlkonstruktion Oberlichtlinse

Im Sonderfall des 14-m-Längswandportal-feldes oberhalb der beiden Hauptzugänge des Hauptbahnhofes folgt der Vierkantrrohr-längsträger radial dem Portalbogen. Zur Horizontalaussteifung des Bogenfeldes in Hallenquerrichtung ist zusätzlich ein geneigt anschließender Rundrohrbogen, der auf den jeweils äußeren Bogenbinderscheiben der angrenzenden Binderreihen gelenkig angeschlossen wird, eingebaut.

Das statisch-konstruktive Design des Sekundärtragwerkes sowie dessen Anbindung an das Bestandstragwerk erfolgten unter dem Grundsatz, den Kraftfluss von der Stahlunterkonstruktion zum Bestandstragwerk im Tragen und Lasten zu zeigen und die Detailausbildung unter Berücksichtigung zeitgemäßer Fertigungs- und Montagebedingungen so zu gestalten, dass diese den stahlbautechnischen Anschlussbedingungen des Bestandes entsprechen und harmonisch zwischen beiden Tragwerken vermitteln.

Bestandstragwerk

Das ehemals über die gesamte Hallenlänge durchgehende Bestandstragwerk wurde in einzelne eigenständig ausgesteifte Tragwerksfelder aus zwei Bestandsbögen in den Mittelfeldern



Ansicht Hallenschürzen – West

und drei Bestandsbögen in den Endfeldern unterteilt, die jeweils durch eine Horizontalausfachung gekoppelt und in Längsrichtung ausgesteift sind. Die Pfetten der einzelnen Tragwerksfelder sind zur Ableitung der Havariehorizontallasten beim Versagen eines Membranfeldes mittels Havarie-seilen gekoppelt. Zum Erfassen des räumlichen Kräfteflusses unter Berücksichtigung der gegebenen Steifigkeitsverhältnisse zwischen der räumlichen Stahlunterkonstruktion und dem linearen Bestandstragwerk, war es notwendig, die Schnittkraftermittlung am räumlichen Gesamtsystem vorzunehmen. Die Membranrohre der Stahlunterkonstruktion wurden im Bereich der Bogenscheitel zur Vermeidung einer Systemkopplung zum Primärtragwerk grundsätzlich getrennt.

Die Instandsetzung und Bemessung des Primärtragwerkes im Ergebnis der Schnittkraftermittlung erfolgte unter dem Grundsatz analog zur Konzeption der Gesamtmaßnahme, das Bestandstragwerk in seiner filigranen Gestaltung grundsätzlich zu erhalten und einzelne Bauteile und Stäbe aufgrund des vorhandenen Schädigungsgrades aus statisch-stahlbautechnischen Gesichtspunkten auszutauschen. Für die neu herzustellenden Bauteile wurden stahlbautechnisch zeitgemäße Fertigungs- und Lagerbedingungen zugrunde gelegt.



Regelsymmetrie – Membrandach

Fassaden

Die Instandsetzung der Fassaden war im Rahmen der Gesamtmaßnahme von besonderer Bedeutung. Der vorhandene Schädigungsgrad sowie die aus heutiger Sicht im Rahmen der Nachkriegsinstandsetzung unsachgemäß ausgeführten Instandsetzungsmaßnahmen, erforderten den vollständigen Ersatz der Glasfassaden einschließlich der zugehörigen eisernen Unterkonstruktion und eine stahlbautechnische Grundinstandsetzung der historischen Rahmentragwerke sowie der Zierverblechungen. Der Neubau und die Instandsetzung erfolgten profil- und systemgleich mit zeitgemäß stahlbautechnisch-konstruktiven Anpassungen zur Sicherung einer hohen Gebrauchstauglichkeit und Wartungsfreiheit.

Bauausführung

Da der Bahnbetrieb aufrecht erhalten werden musste und Gleissperrzeiten langfristig anzumelden sind, und da außerdem weitere gleichzeitig laufende Baumaßnahmen wie der Abriss und zeitgleiche Neubau des Nordhallen-Hochgleistragswerkes und die nachlaufende Instandsetzung des Empfangsgebäudes bewerkstelligt werden mussten, war es notwendig, den Bauablauf, die Montagetechnologie sowie die zur Sicherung der Machbarkeit der Gesamtmaßnahme erforderlichen Baubehelfe vor der Vergabe zu planen und festzulegen.

Die gewählte Grundtechnologie beinhaltete je Bahnsteighalle eine ca. 40 m lange verschiebbare stählerne Arbeitsbühne, die oberhalb der Stützenfüße des vorhandenen Bestandstragwerkes eine Arbeitsebene zur Durchführung der Instandsetzungs-, Korrosionsschutz- und Montagearbeiten bildete und gleichzeitig als Absturzsicherung und Abschottung der Baumaßnahme gegenüber dem Bahnhofsbetrieb diente. Der gewählte Bauablauf sah eine abschnittsweise Durchführung der Arbeiten in sieben Bauabschnitten vor. Zusätzlich zum vorhandenen Schwierigkeitsgrad der Baumaßnahme wurde die Durchführung der Bauarbeiten durch die Hochwasserflut aus dem Jahre 2002 erschwert.

Stahlinstandsetzung

Wesentlicher Bestandteil der Gesamtmaßnahme war die, bedingt durch die langjährig eingeschränkten Möglichkeiten zur Durchführung notwendiger Instandhaltungsarbeiten sowie nicht oder unsachgemäß instand gesetzter Kriegsschäden, erforderliche stahlbau- und korrosionsschutztechnische Instandsetzung des Bestandstragwerkes. Nach der Oberflächenvorbereitung wurde im Rahmen der Riss- und Sichtprüfung das Tragwerk begangen

und die vorhandenen Schadensbilder aufgenommen sowie die Dickenmessung der einzelnen Stabquerschnitte vorgenommen. Nach Auswertung der Schadensbilder und Dickenmessungen erfolgte der statische Nachweis des Bestandstragwerkes auf Grundlage der ermittelten Restquerschnitte sowie die zugehörige Instandsetzungsplanung.

Fertigstellung

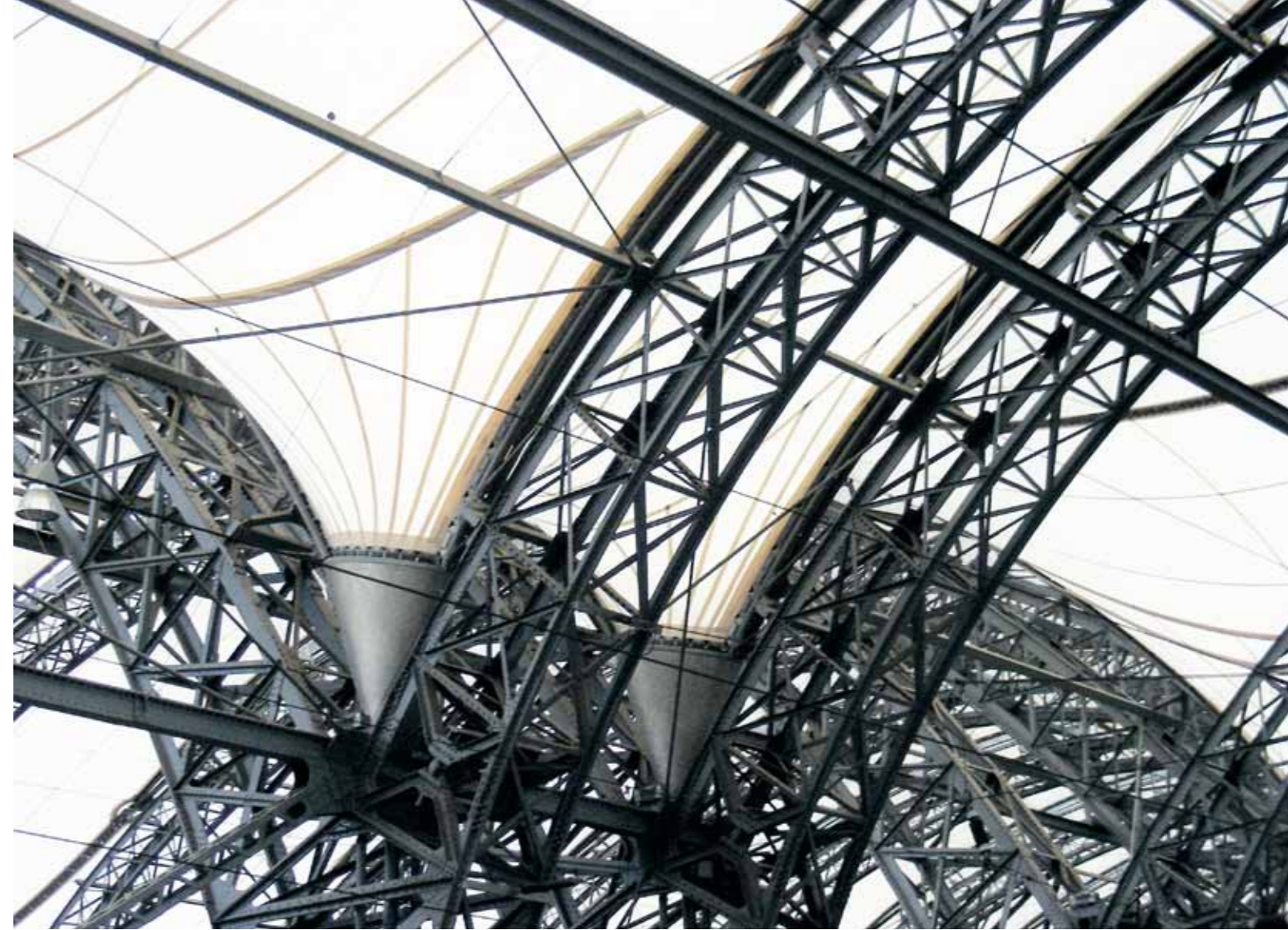
Nach dem Abschluss der Baumaßnahme im III. Quartal 2005 wurden sämtliche Baubehelfe einschließlich der bis zur Herstellung des Kraftschlusses zwischen den beiden Festpunkten an den Hallenenden notwendigen Hilfspfetten ausgebaut und der Kraftschluss im Zusammenwirken des Gesamttragwerkes der Membran, des Sekundärtragwerkes und des Bestandstragwerkes hergestellt.

Innenansicht Mittelhalle – 10-m-Regelfelder



Bilder: Ulrich Windorfier

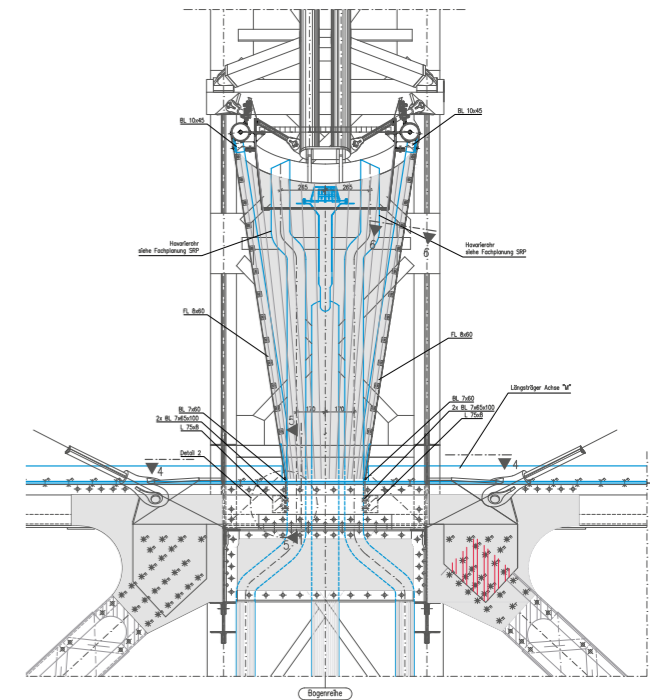
Bilder: SSF Ingenieure GmbH



oben: Membrandach – Einlauftrichter
unten: Detail – Einlauftrichter

Daten und Fakten

Bauherr	DB Station&Service AG
Architekt	Foster & Partners, London
Generalplanung	SSF Ingenieure GmbH HOAI § 33 Lph. 1-8, HOAI § 42 Lph. 1-8, HOAI § 49 Lph. 1-8 einschl. sämtlicher Bauzustände unter laufendem Bahnbetrieb, Baubehelfe und Montagetechnologie, Bauwerksuntersuchung einschl. Erstellung der Bestandsunterlage, Bahntechnik HOAI § 53 Lph. 1-8, Baugrunduntersuchung Lph. 1-3
Länge der Gesamtanlage	240,50 m
Breite der Gesamtanlage	121,75 m
Mittelhalle	Breite ca. 60 m / Höhe 35 m
Seitenhallen	Breite ca. 32 m
Bruttorauminhalt Bahnsteighallen	525.000 m³



SSF Ingenieure AG
Beratende Ingenieure im Bauwesen

München
Berlin
Halle
Köln

www.ssf-ing.de