

Erneuerung einer historischen Stahlkonstruktion Kennedybrücke in Bonn

von Michael Arz, Josef Epple, Uwe Heiland

1 Zum Bauwerk

Die bis dahin als Fährverbindung existierende Rheinquerung zwischen den Städten Bonn und Beuel wurde in der Zeit von April 1896 bis Dezember 1896 durch den Bau einer dreifeldrigen Bogenbrücke ersetzt.

Sie wurde in den letzten Tagen des Zweiten Weltkrieges, d. h. im März 1945, durch Sprengung der sich zurückziehenden deutschen Truppen zerstört. Kurze Zeit später erfolgten aber bereits der Beschluss zur Neuerrichtung dieser wichtigen, jetzt innerstädtischen Verkehrsverbindung als Ganzstahlkonstruktion und nach einem Ausschreibungsverfahren mit Variantenuntersuchungen die Beauftragung zur Realisierung einer gevouteten Vollwand-Deckbrücke mit den Stützweiten des ursprünglichen Bauwerks. In der außerordentlich kurzen Bauzeit von Mai 1947 bis September 1949 fertiggestellt, war sie mit einem Stahlgewicht von ca. 4.550 t zu jenem Zeitpunkt die weitestgespannte Vollwand-Balkenbrücke über den Rhein.



1 Historische Rheinbrücke
© Stadt Bonn



2 Montagesituation von 1947
© Stadt Bonn



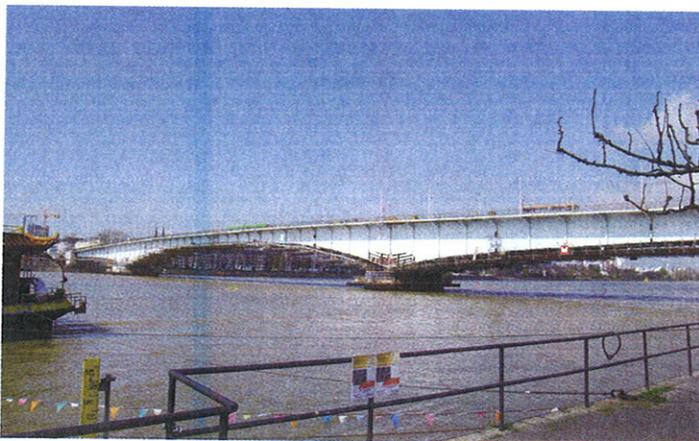
3 Lückenschluss im Mittelfeld
© Stadt Bonn

2 System und Abmessungen

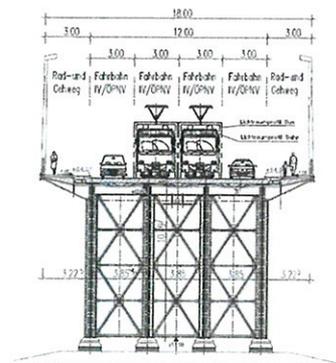
Die Kennedybrücke Bonn ist eine dreifeldrige, gevoutete Deckbrücke in Ganzstahlausführung mit Stützweiten von 99,216 m in den Seitenöffnungen und 195,858 m in der Stromöffnung. Die (infolge der Voutung) variierende Bauhöhe beträgt 3,00 m an den Widerlagern und in Feldmitte sowie 10,50 m an den Pfeilern. Das Konstruktionsprinzip basiert

auf vier parallelen, durch Quersysteme im Raster von 2,50 m aneinandergeschlossenen durchlaufenden Vollwandträgern, die in einem Abstand von 3,85 m angeordnet sind. Im Obergurt werden die Vollwandträger durch 10 mm bzw. 14 mm starke Tonnenbleche verbunden, die zur Lastverteilung ausbetoniert sind. Die beidseitigen Geh- und Radwege kragen je 3,225 m

aus, womit sich eine Brückenbreite von 18,00 m ergibt. Im Abstand von 15,00 m finden sich zudem fachwerkartige Querscheiben (7,632 m in den Seitenfeldern und 7,533 m in der Stromöffnung), die im Zusammenwirken mit der Tonnenblechenebene der Obergurte und dem durchgehenden Windverband der Untergurtebene die Torsionssteifigkeit des Überbaus



4 Oberstromseitiger Überbau
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH



5 Bestandsquerschnitt mit Verkehrsführung
© Tiefbauamt der Stadt Bonn

und die Verformungskompatibilität der vier Hauptträger sichern sollen. Die Fahrbahn ist oberhalb der Tonnenbleche als Betonfahrbahn mit Asphaltbelag ausgebildet, neben dem Pkw- und Lkw-Verkehr führen zwei Gleise der Straßenbahn über die Brücke.

3 Ziel des Umbaus

Die Umbaumaßnahme betrifft die Ertüchtigung der alten Brücke auf den Stand der ZTV-ING bzw. DIN- Fachberichte und ihre beidseitige Verbreiterung auf 26,80 m durch die Ergänzung mit neuen Längsträgern.

Nach einer europaweiten öffentlichen Ausschreibung wurde der Auftrag zur Erneuerung der Kennedybrücke im Januar 2007 an eine Arbeitsgemeinschaft, bestehend aus den Firmen Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH und Alpine Bau Deutschland AG, erteilt.

Die im Detail vorgesehenen Arbeiten sind:

- Anpassung der Rampen von und zur Strombrücke auf die neue Fahrbahnbreite,
- Verbreiterung der Flusspfeiler und Widerlager zur Aufnahme je eines weiteren Hauptträgers (5 und 6),
- Ermittlung des elastischen Verhaltens des Bestandsüberbaus durch Belastungsversuch und Verformungsmessung,
- Lieferung und Montage von ca. 2.500 t Vollwandträgern und orthotroper Fahrbahnplatten,
- Vorspannung der Erweiterungsvollwandträger durch Koppelung mit dem Bestand zu seiner teilweisen Lastübernahme,
- Ersatz aller Lager und Fahrbahnübergänge,
- Austausch aller Medienträger, Geländer, Beleuchtungs- und Fahrbahnmasse,

- Fahrbahnsanierung mit Austausch der Abdichtung und Aufbau eines neuen Asphaltbelags,
- Kompletter Anstrichaustausch des Bestands und Herstellen eines Anstrichsystems auf Basis Blatt 87.

Für die Ausführung ist eine Gesamtbauzeit bis zum April 2010 vorgesehen. Auf der auf 26 m verbreiterten und sanierten Kennedybrücke werden für die Verkehrsteilnehmer dann folgende (Breiten-)Abmessungen zur Verfügung gestellt:

- Bahnkörper für die Straßenbahn von 6,80 m,
- überbreite Richtungsfahrbahn für den Individualverkehr von 4,75 m,
- Sicherheitsstreifen zwischen Radweg und Fahrbahn von 0,75 m,
- Zweirichtungsradweg von 2,00 m,
- Streifen zwischen Geh- und Radweg von 0,30 m,
- Gehweg von 2,00 m.

4 Bauablauf

Der geplante Bauablauf sah, oberstromseitig beginnend, eine sequentielle Abarbeitung der Verbreiterungsmaßnahmen einseitig vom Ufer Beuel zum gegenüberliegenden vor. Auf diese Weise waren alle Tätigkeiten an einem Arbeitsort, z. B. einem Pfeiler, zweifach mit einem Terminversatz von etwa neun Monaten auszuführen:

- Pfeilerverbreiterung Unterstrom,
- anschließend Stahlbaumontage Unterstrom,
- anschließend Pfeilerverbreiterung Oberstrom,
- anschließend Stahlbaumontage Oberstrom.

Ein solcher Ablauf ist außerordentlich störanfällig und nicht flexibel. Verformungsmessungen des vorhandenen Überbaus waren zudem die Voraus-

setzung für den Beginn der Werkstattplanung des Stahlbaus der Strombrücke: Die Kopplung des Bestandes an die neu einzufügenden Tragwerksteile hat mit Toleranzen in der Größenordnung von ca. 20 mm zu erfolgen. Es war, vertraglich vorgeschrieben, eine Verformungsmessung des Bestandes durchzuführen, um dessen elastische Eigenschaften exakt bestimmen zu können. Mit diesen Werten sollte man dann die Überhöhung der neuen Elemente ermitteln.

Die planmäßig vorgenommene Verformungsmessung erbrachte nun die Erkenntnis, dass

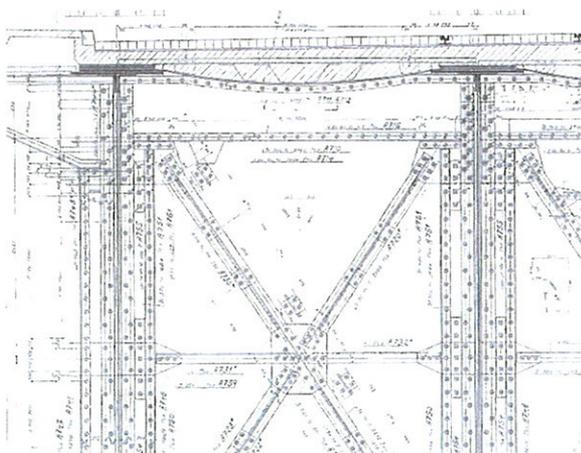
- die Bestandslager so komplexe Verformungen aufweisen, dass eine Verformungsmessung nicht möglich ist, und
- eine Verspannung des Überbaus am Widerlager Beuel vorlag.

Ohne Verformungsmessung waren die für die Geometriedefinition der neuen Hauptträger notwendigen Eigenschaften des Bestandes jedoch nicht ableitbar. Die Entspannung des Überbaus mit dem zugehörigen Vorab-Austausch aller Lager sowie die vorgezogenen Sanierungsarbeiten am Widerlager Beuel bedingten also einen neuen Gesamtplanlauf.

Es folgte die Festlegung, die Bestandslager »sofort« zu wechseln. Da die vorgegebenen Pressenansatzpunkte den Lagerwechsel aber nicht zuließen, wurde eine Entwurfs- und Ausführungsplanung mit dem Auftraggeber und dem Prüfingenieur initiiert, die einen Umbau der Vouten und den Neubau von Anhebeträgern zum Freisetzen der Lager (Wippen) als Resultat auswies.

Es zeigte sich bereits zwischen Mai und Juni 2007, dass die achs- und seitenweise nacheinander vorgesehene Arbeitsfolge zum Umbau der Widerlager und Pfeiler nicht sinnvoll ist, weshalb ein nur noch achsweise orientiertes Vorgehen gewählt wurde.

Voraussetzung für alle Tätigkeiten über dem Rhein war darüber hinaus die Herstellung einer den Fluss abschirmenden Arbeitsebene, die gleichzeitig als Plattform für die Montage- und Korrosionsschutzarbeiten dient: Sie wurde als durchgehendes Hängegerüst aus System- und Sonderkomponenten errichtet, das über die gesamte Bauzeit vorgehalten wird.



6 Vorhandene Nietkonstruktion mit Tonnenblech und Fahrbahn
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH

5 Lager

Der aus nutzerspezifischen Vorgaben resultierende Ersatz der vorhandenen durch neue Rollenlager erforderte eine umfassende Verstärkung der gevouteten Bereiche. Die Ursache hierfür ist, dass Pressenansatzpunkte im Überbau nicht vorhanden und eingeplant waren und das vorherrschende Prinzip der Einbindung von Lager und Untergurt einen Lagerwechsel nicht ermöglichte.

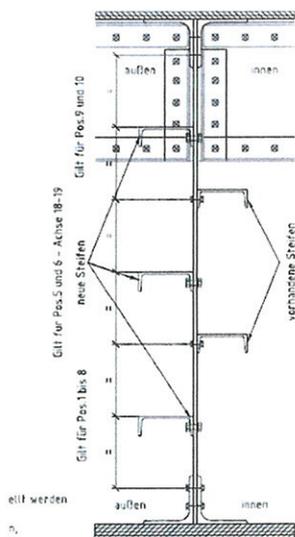
6 Brückenverstärkung

Alle Teile müssen in aufwendiger Handmontage über das Hängegerüst an die Einbaustelle gebracht werden. An ca. 50 % der Hauptquerträger und allen Zwischenquerträgern sind Bleche oder L-Profile zusätzlich einzufügen. Dies erfolgt, indem die betroffenen Niete entfernt und die zu verstärkenden Teile in Einbaulage zusammen mit der vorhandenen Konstruktion auf den nächstgrößeren Schraubendurchmesser aufgebohrt bzw. aufgerieben werden. Die neue Verbindung wird dann mit feuerverzinkten HV- Pass-Schrauben DIN 7999 hergestellt, die mit mindestens 50 % vorgespannt werden. Stellvertretend seien hier drei Beispiele genannt:

- Örtliche Querträgerverstärkungen durch Zusatzlamellen und Anschlussverstärkung,

10 Zusätzliche Beulsteifen

© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH



7 Hängegerüst unter der Brücke
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH



8 Anhebekonstruktion als Ersatz für nicht nutzbare Pressenansatzpunkte
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH

- zusätzliche Beulsteifen in den Stegen der Längsträger: Um die erforderliche Beulsicherheit vorweisen zu können, müssen ca. 900 m Beulsteifen U 220 eingebaut werden, deren Verbindung zu den Stegblechen mit HV- Pass-Schrauben erfolgt.
- Tonnenblechverstärkungen: Da in den beiden äußeren Feldern der Tonnenbleche der Bestandsfahrbahn der Beton als nicht mehr tragfähig angesehen wird, wäre die Stabilisierung der Tonnenbleche im Ausbauzustand unter Verkehr nicht mehr gewährleistet. Aus dem Grund erfolgt ein Tonnenblechumbau so, dass quasi die Tragwirkung einer orthotropen Fahrbahnplatte durch Anbau von Aussteifungen erzeugt wird. Dabei sind in jedem Feld

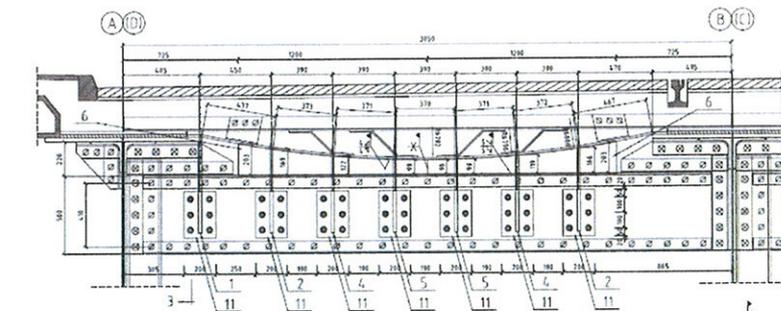
auf die gesamte Brückenlänge sieben, 20 mm dicke Längsrippen unter die Tonnenbleche zu schweißen. Die Stege der Hauptquer- und der Zwischenquerträger werden zudem bis unter die Tonnenbleche verlängert und ebenfalls an die Tonnenbleche geschweißt, der biegesteife Stoß der Längsrippen hingegen mit Stirnplatten ausgeführt. Nach dem bis jetzt bekannten Umfang werden ca. 520 t Verstärkungen eingebaut werden.

7 Montage am Rhein

Die neuen Längsträger weisen die gleiche Form auf wie die des Bestands. Fahrbahn, Rad- und Gehweg werden zudem als orthotrope Platte ausgeführt, wobei die Verbindung zwischen alten und neuen Längsträgern an 14 Hauptquerträgerachsen durch Diagonalen und durch Schweißen zwischen dem Fahrbahnblech und dem Obergurt des vorhandenen Längsträgers erfolgt. Da die Gesamtmaßnahme ohne größere Brückensperrungen durchgeführt werden soll, sind Verkehrsumlegungen in mehreren Bauphasen notwendig, d. h., die eingefügten Tragwerksteile werden teilweise genutzt, noch bevor ein geschweißter Anschluss zum Bestand hergestellt worden ist. Die Stabilisierung



9 Örtliche Querträgerverstärkungen
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH



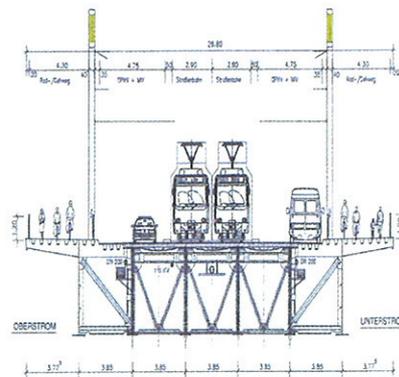
11 Querschnitt der Tonnenblechverstärkung

© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH

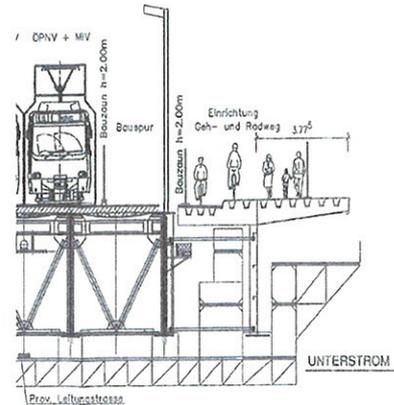
des Längsträgers gewährleisten dabei Koppelstangen, die paarweise an jedem Hauptquerträger angeordnet sind. Da die Montage der Großbauteile infolge der Zugänglichkeit, der Montagegeschwindigkeit und ihrer Abmessungen nur sinnvoll mit Großkränen durchgeführt werden kann, dient hier die Schwimmkranmontage als Basis: Sie ließ sich in drei Etappen mit jeweils einem Schwimmkraneinsatz gliedern. Ausgangspunkt der Planung war die Errichtung von Hilfsstützen im Rhein, um die Montage der Seitenfelder zu ermöglichen. Mit diesen Arbeiten wären aber umfangreiche Beeinflussungen der Rheinschifffahrt und der Anwohner sowie komplizierte Eingriffe in die Rheinsohle verbunden gewesen, was wiederum vorherige Prüf-, Genehmigungs- und Abstimmungsverfahren mit einer Vielzahl Beteiligter bedingt hätte. Um das zu umgehen, wurde eine technische Lösung erarbeitet, die eine stützenfreie Stahlbaumontage der Längsträger erlaubt. Grundüberlegung der hilfsstützenfreien Montage ist der Einsatz eines Hilfsträgers, der unter die Bestandslängsträger gehängt und so angeschlossen wird, dass jeweils zwei der vorhandenen Hauptlängsträger gleichmäßig Zugkräfte aus ihm ableiten und zwei der Hauptlängs-



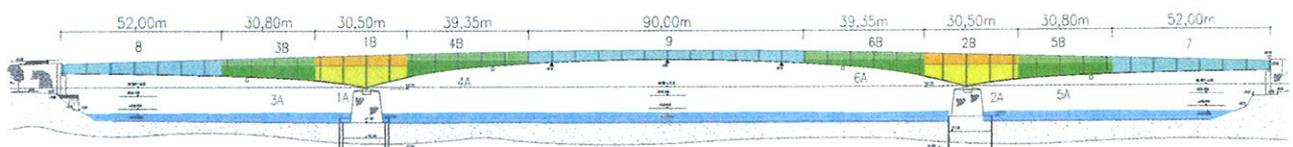
12 Ausgeführte Tonnenblechverstärkung
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH



13 Querschnitt nach Abschluss der Umbauarbeiten
© Tiefbauamt der Stadt Bonn

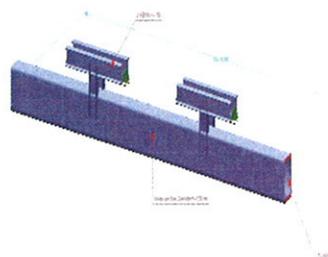


14 Verkehrsumlegung auf dem neuen Längsträger
© Tiefbauamt der Stadt Bonn



15 Längsansicht mit Hervorhebung der Montageabschnitte und Prinzipdarstellung der Hilfsträger
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH

träger Druckkräfte übernehmen: Im Querschnitt sind die Bauteile zwischen der Oberkante der Gerüstebene, die den Überbau gegen den Rhein abschirmt, und der Unterkante der Bestandsuntergurte der Hauptträger angeordnet. Die Querschnittsaufteilung eines Montageschusses erfolgt in drei Bauteile. Diese Gliederung ist montage- und fertigungstechnisch sinnvoll und wurde bei vergleichbaren Aufgaben angewandt. Die Montage der Großbauteile am Ort ist ab Mai 2009 geplant. Alle Stahlkonstruktionen werden im Werk der Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH in Hannover gefertigt und mit der Beschichtung versehen sowie anschließend per Schiff zur Baustelle transportiert.



16 Isometrie aus der Hilfskonstruktionsstatik mit Einzelprofilen
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH

Autoren:
Dipl.-Ing. Michael Arz
Dipl.-Ing. Josef Epple
Dipl.-Ing. Uwe Heiland
Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH,
Hannover

Auftraggeber
Bundesstadt Bonn, Tiefbauamt
Stadtwerke Bonn Verkehrs GmbH, Bonn

Planung und Ausführung
Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH,
Hannover

Tragwerksplanung
Weyer Beratende Ingenieure im Bauwesen GmbH,
Dortmund

Prüfingenieur
Prof. Dr.-Ing. Gerhard Sedlacek, Aachen
Dr. Hensen

Korrosionsschutz
Hans Tiefenbach GmbH, Duisburg