

# **Moderner Verbundbrückenbau an zwei Beispielen: der Dreirosenbrücke in Basel, der Bareggbrücke bei Zürich**

Hans-G. Dauner

*Es handelt sich um zwei Verbundbrücken besonderer Art. Bei der Dreirosenbrücke um eine zwei-stöckige Brücke, bei der die obere Betonfahrbahn mit der unteren über ein Stahlfachwerk im Verbund steht und bei der Brücke auf der A1 vor dem Bareggunnel um ein räumliches Rohrfachwerk mit zusammengeklebten Betonfertigteilen als Fahrbahn.*

*Während bei ersterer die Konstruktion und der Bauablauf interessant sind, setzt die zweite Massstäbe in Bezug auf die Bauzeit unter dem Motto "Verbundbrücken für schnelles Bauen".*

## **1. Die Dreirosenbrücke**

### **1.1 Einleitung**

Die Nordtangente Basel verbindet die bestehende A2 Basel-Deutschland mit der französischen Autobahn A35. Sie wird als vierspurige Stadtautobahn ausgebildet und verläuft weitgehend unterirdisch.

Eines der markanten Bauwerke der Nordtangente bildet die Dreirosenbrücke, welche den Rhein doppelstöckig überquert. Auf der unteren Ebene liegt die Autobahn (mit zusätzlicher Ein- und Ausfahrtspur) und oben bewegen sich die öffentlichen Verkehrsmittel, der Stadtstrassenverkehr, Fahrräder und die Fussgänger (Fig. 1).

Die neue Dreirosenbrücke, die die bestehende Stahlbrücke aus dem Jahre 1934 ersetzen wird, ist das Ergebnis eines dreistufigen öffentlichen Auswahlverfahrens (1994-1995) mit Präqualifikation, Ideenwettbewerb samt verbindlichem Kostendach und Submissionswettbewerb. Zur eigentlichen Dreirosenbrücke von 266 m Länge gehören noch die Vorländer in Gross- und Kleinbasel mit 127 m und 132 m Länge.

### **1.2 Das gewählte Projekt**

Das gewählte Projekt ist das Ergebnis einer ausgiebigen internen Auswahl aus 25 Varianten. Schlussendlich hat sich die Fachwerklösung mit vier Tragwerkebenen, d.h. zwei unabhängig voneinander erstellten und nutzbaren Stahlverbundbrücken durchgesetzt.

Die wesentlichen Merkmale dieses Projektes sind:

- Doppelstöckige Tragkonstruktion
- Mitbenutzung der Foundationen bestehender Pfeiler
- Zwei selbständige Brücken
- Benutzung der verschobenen alten Dreirosenbrücke als Hilfsbrücke
- Nutzung der Überweite auf der Lokalstrasse als "Boulevard"

Aus konstruktiven, wirtschaftlichen und ästhetischen Gründen wurde eine Verbundlösung mit Stahldiagonalen und Betonfahrbahnen als Gurt gewählt. Dabei führten die schlanken ausbetonierten Diagonalen zum Kennwort DURCHBLICK.

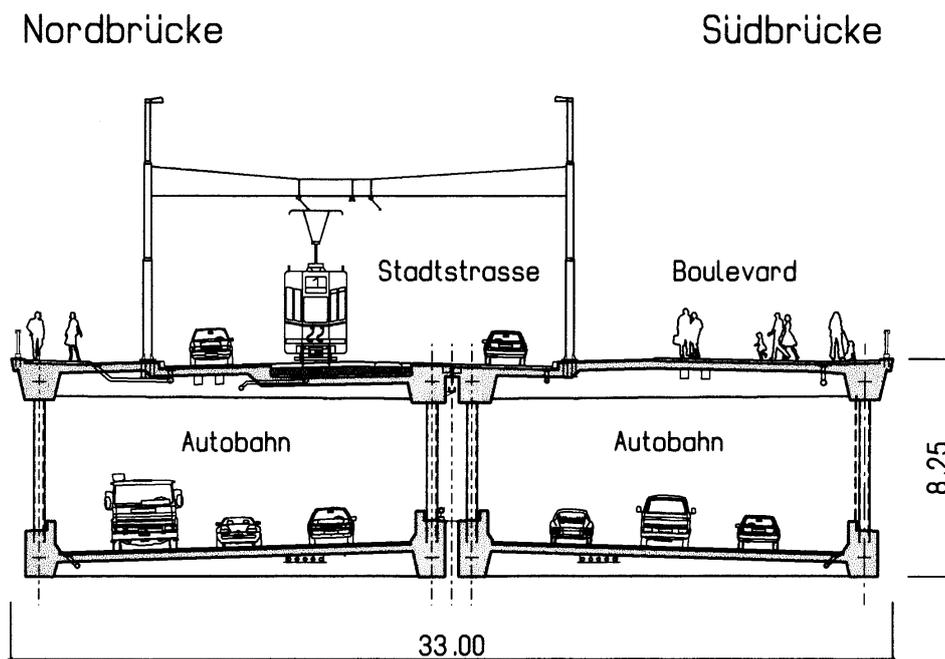


Fig. 1 Querschnitt

### 1.3 Projektbeschreibung

Beide Brücken wirken als Durchlaufträger mit Spannweiten von 77, 105 und 84 m. Die feste Lagerung (Topflager) der Brücken befinden sich auf dem Flusspfeiler auf der Seite Kleinbasel (Fig. 2). Die Fahrbahnplatten sind als vorgespannte Rippenplatten mit einem Rippenabstand von 7 m und einer Spannweite von 14.70 m ausgebildet.

Die beiden Brückenhälften verbindet ein Fahrbahnübergang. Durch die asymmetrische Anordnung der Verkehrsspuren entsteht auf der Südseite ein 8.5 m breiter "Boulevard" für die Fussgänger. Die ganze Südseite und die beiden Randfelder auf der Nordseite werden zur Verminderung der Lärmemissionen verglast.

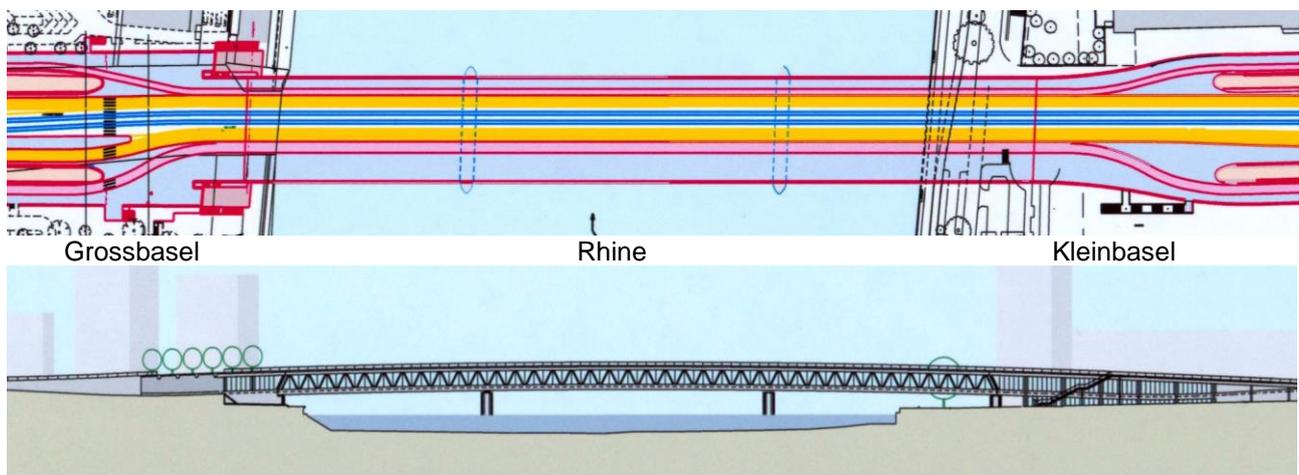
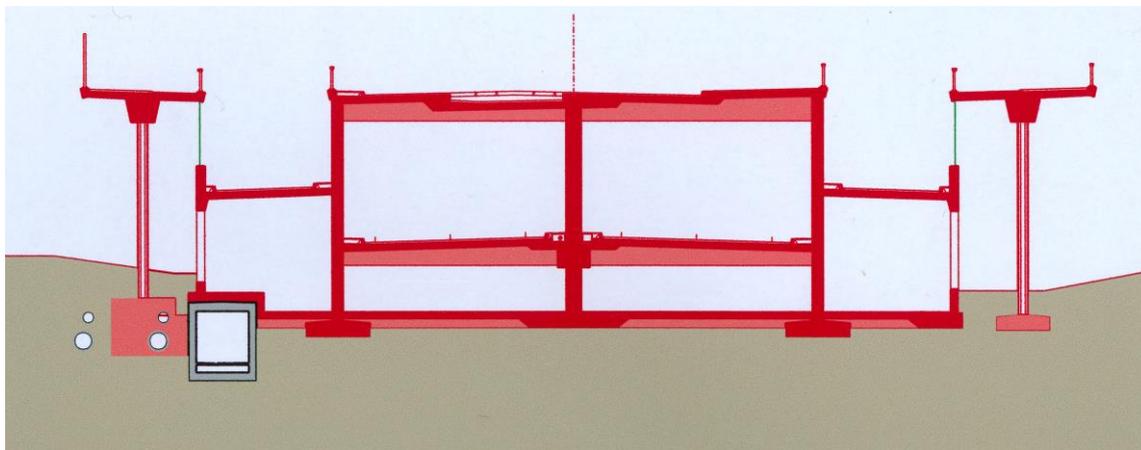


Fig. 2 Grundriss und Längsschnitt

Die Brücken ruhen auf mächtigen Flusspfeilern von ca. 40 m Länge und 4.0 m Breite. Die Fundation im "Septarienton" wurde mit Bohrpfehlen ergänzt und die bestehenden Pfeiler und Caissonfundamente in die neue Konstruktion integriert. Als sichere Baugrube wurde ein mehrfach gepriesester Spundwandkasten erstellt, welcher imstande ist, einen Schiffsstoss von 9.0 MN in Flussrichtung bzw. 6.0 MN quer zur Flussrichtung aufzunehmen.

Die ebenfalls auf Bohrpfehlen gegründeten Widerlager wurden vollständig neu gebaut.

Die Vorlandbauwerke sind hauptsächlich flach fundierte, fugenlos konzipierte Rahmenkonstruktionen mit Längen von 126 m (Seite Grossbasel) und 132 m (Seite Kleinbasel). Die als Rippenplatte, ähnlich wie im Brückenbau ausgebildeten Fahrbahnplatten stützen sich auf eine mittlere Betonwand und auf seitliche Längsunterzüge (vorderer Bereich) bzw. seitliche Betonwände (hinterer Bereich). Die seitlichen Unterzüge werden in einem Abstand von 14 m von Einzelstützen getragen.



*Fig. 3 Bauwerksquerschnitt im Vorland Kleinbasel*

#### **1.4 Das Tragwerk**

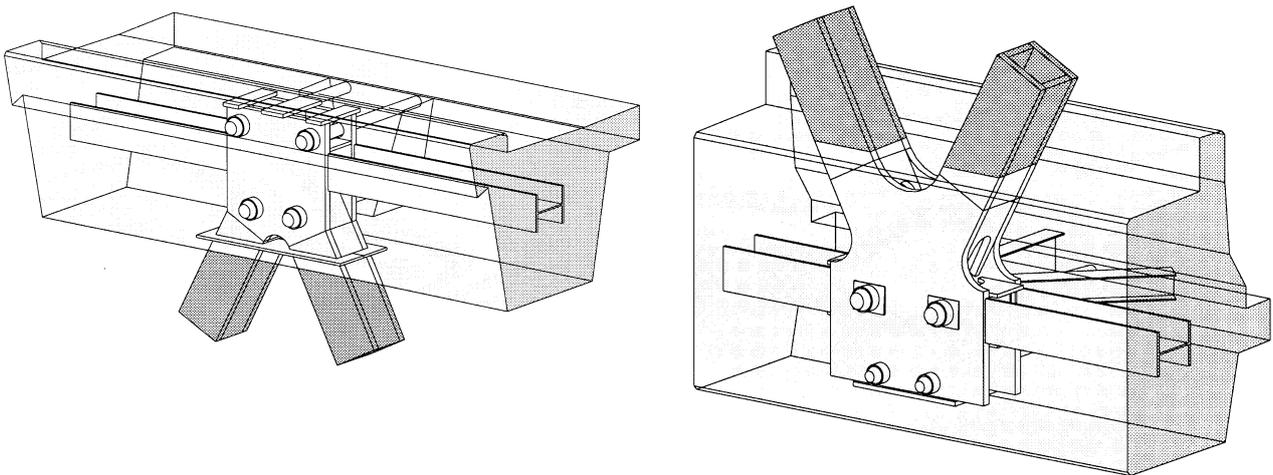
Wie bereits erwähnt besteht das Tragwerk aus Stahlkastendiagonalen und vorgespannten Betongurten, die zusammen in Längsrichtung Fachwerke und in Querrichtung Rahmen bilden.

Schlüsselement der Konstruktion ist der Fachwerkknoten (Fig. 4). In ihm verbinden sich Längsfachwerk und Querrahmen. Während die Diagonalen untereinander in herkömmlicher Weise über kräftige Knotenbleche verbunden werden, spielen bei der Verbindung Stahl – Beton neben Kontaktflächen, Dübeln und kräftiger Vorspannung in beiden Richtungen der Bauablauf des Zusammenbaues eine ausschlaggebende Rolle. So müssen im Knoten zusätzlich noch Montagverbände aus zwei Ebenen angeschlossen werden (Fig. 5).

Die Querrahmen bestehend aus den Diagonalen als aufgelöste Wandscheiben und den Fahrbahnen aus Betonrippenplatten bilden in Längsrichtung eine steife Röhre, die auch die horizontalen Beanspruchungen aus Wind, Erdbeben und Schrägstellungen ohne zusätzliche versteifende End- oder Pfeilerrahmen auf die Lager überträgt.

Die Gurtungen bestehen aus einbetonierten und für die Montage bemessenen HE-Profilen, vorgespannten aus funktionalen Erwägungen gestalteten massiven Betonblöcken und einem mitwirkenden Teil der Fahrbahnplatte. Die Abmessungen der Gurtungen ergaben sich aus folgenden Erfordernissen:

- Platz für die Längsvorspannung
- Platz für die Spannköpfe der Quervorspannung
- Platz für eine umschliessende Bewehrung
- Gestaltung als Folge besonderer Bedürfnisse
  - im Untergurt eine New-Jersey Leitwand
  - im Obergurt die anschliessenden und sich lösenden Fussgängerbrücken (Fig. 3)



*Fig. 4 Oberer und unterer Knoten*

## 1.5 Der Stahlbau

Ursprünglich als Rohrquerschnitt geplant, bestehen jetzt die Diagonalen nach wirtschaftlichen und konstruktiven Erwägungen aus zusammengeschweissten Kastenprofilen der Stahlqualitäten Fe 355 und 460. Sie bilden zweischalige Knoten, deren Dimensionierung über die Schubkapazität von Scheiben sehr konventionell erfolgte. Die Zugänglichkeit der voll durchgeschweissten Nähte für zerstörungsfreie Kontrollen ist bei der konstruktiven Gestaltung ausschlaggebend.

Mit den später einbetonierten Montagegurtingen und den auswechselbaren Windverbänden entsteht das in Bild 5 dargestellte Raumfachwerk.

Dessen Zusammenbau erfolgt in einer dafür speziell geschaffenen Feldfabrik am Rheinufer.



*Fig. 5 Raumfachwerk*

Aus den einzelnen Stahlbaubetrieben werden transportfähige Stücke, bestehend aus jeweils einem Knoten und einer Diagonalen angeliefert. Diese werden zu einer Brückenhälfte mit den Montagegurtingen verschweisst und mit den Verbänden (zur Wiederverwendung bei der zweiten Brücke) verschraubt.



Fig.6 Knotentypen

Die beiden 133 m langen und 470 to schweren so hergestellten Brückenhälften werden mit Pontons eingeschwommen und mit Hubgeräten auf die Pfeiler und Widerlager gehoben. Durch das Absenken der Brückenhälften bei den Widerlagern kann in Brückenmitte ein tangenciales Passstück eingeschweisst werden.

Mit dem anschließenden Anheben (ca. 50 cm) des nun verschweissten Stahlfachwerkes an beiden Widerlagern werden Zwangsschnittkräfte erzeugt, welche etwa den effektiven 3-Feld-Zustand wiedergeben.

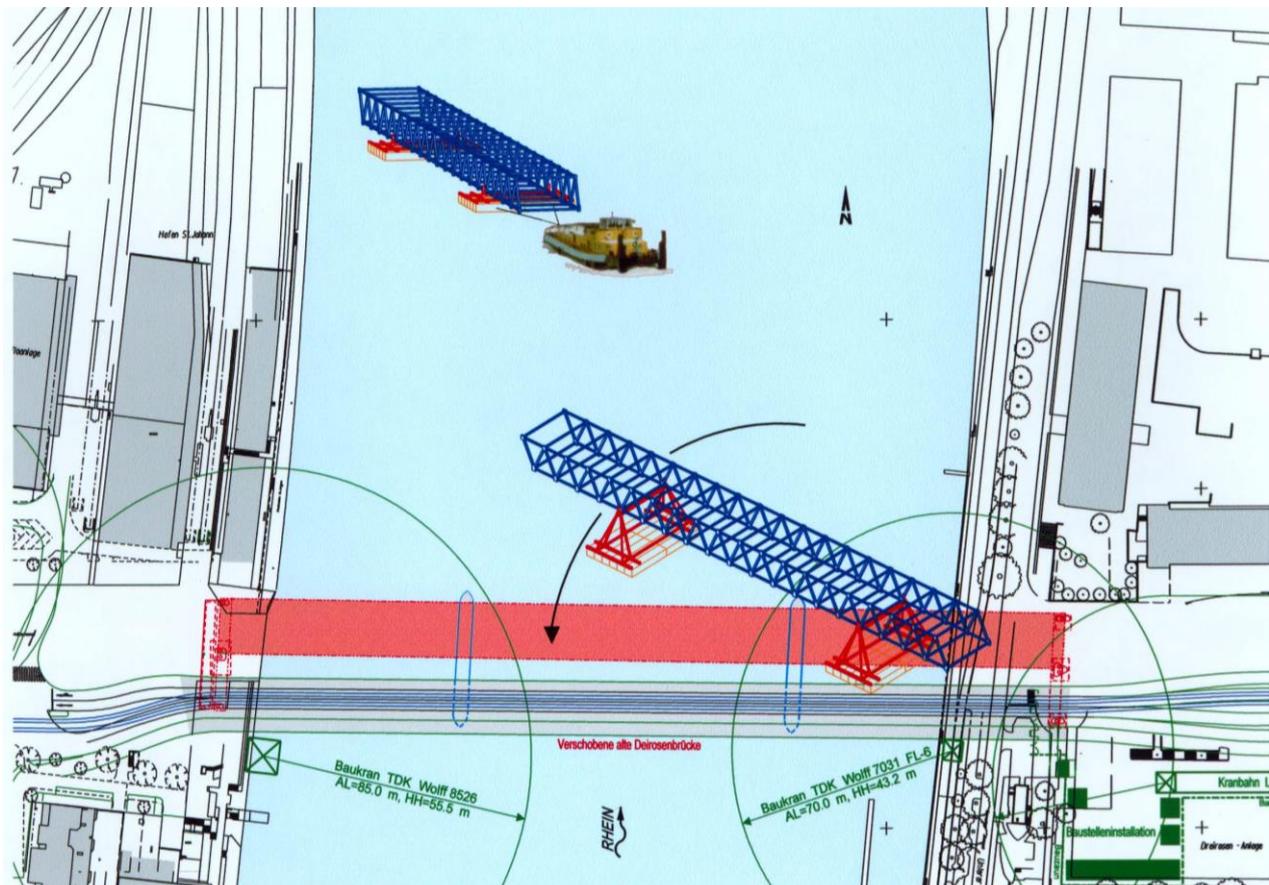


Fig. 7 Montage Stahlbau

## 1.6 Die Betonfahrbahnen

Sie werden im Wochentakt mittels zweier Schalwagen in Etappen von 7 m, ausgehend von und symmetrisch zu dem jeweiligen Flusspfeiler betoniert. Es wird also zuerst eine und dann die zweite Brückenhälfte fertiggestellt. Dieses insgesamt unsymmetrische Vorgehen mit ständigen Steifigkeitsänderungen stellte hohe Anforderungen an die Geometrie des Stahlfachwerkes, seine rechnerische Ermittlung und werkstattmässige Umsetzung.

Die Konstruktion des Schalwagens ist sehr komplex, weil er während des Betonierens im Bereich der Etappe die Funktion der dort ausgebauten Windverbände übernehmen muss.

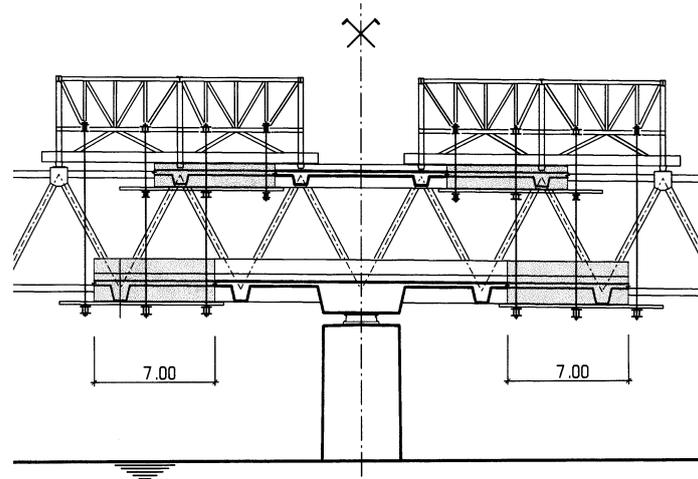


Fig. 8 Schalwagen

## 1.7 Bauablauf

Der generelle Bauablauf gliedert sich in fünf Hauptphasen. Während aller Phasen müssen der öffentliche Verkehr und der Individualverkehr von kurzzeitigen Unterbrüchen abgesehen, aufrecht erhalten werden.

Die gesamte Bauzeit beträgt 48 Monate.

- **Phase 1**
  - Provisorien und Vorarbeiten in den Vorländern
  - Neue Flusspfeiler im Schutze eines gesicherten Spundwandkastens
  - Vorbereitungen der Verschubbahnen zum Vershub der alten Dreirosenbrücke
- **Phase 2**
  - Vershub der alten Dreirosenbrücke um 15 m nach Süden
- **Phase 3**
  - Erstellen der Widerlager
  - Montage des Stahlgerüsts.
  - Erstellen der ersten Zwillingbrücke (Nordbrücke)
  - Abbruch der bestehenden Bauwerke in den Vorländern und Bau der neuen Betonkonstruktionen in traditioneller Bauweise.

- **Phase 4**
  - Demontage der alten Dreirosenbrücke
  - Demontage der Provisorien in den Vorländern
  - Neubau der Südbrücke sowie der Vorlandbauwerke
- **Phase 5**
  - Anchieben der neuen Südbrücke an die Nordbrücke
  - Fertigstellungsarbeiten

## 1.8 Technische Daten

Konstruktionsbeton	15'000 m <sup>3</sup>
Bewehrungsstahl	1'900 to
Vorspannstahl	400 to
Konstruktionsstahl	2 x 800 to
Nationalstrasse/Autobahn	2 x 3 Spuren
Stadtstrasse	je 1 Spur
Tramverkehr	je 1 Spur
Velospur (Nord/Süd)	2.15 m/3.15 m
Fussgänger (Boulevard)	2.50 m/8.50 m



*Fig. 9 Fotomontage fertige Brücke vom Kleinbasler Ufer aus*

## 2. Die Bareggbrücke

### 2.1 Einleitung

Durch das immer stärker anwachsende Verkehrsaufkommen in der Region Zürich, werden die Zubringer stark belastet und es bilden sich regelmässig Staus. Eines dieser Nadelöre ist der Bareggtunnel bei Baden. Um die Verkehrssituation zu verbessern ist der Bau einer dritten Tunnelröhre geplant. Beidseits des neuen Tunnels werden neue Brücken benötigt.

Da eine kurze Bauzeit gefordert war, wurde nach Lösungen gesucht, die eine möglichst rasche Erstellung der neuen Brücken erlaubte.

### 2.2 Das gewählte Projekt

Das unter mehreren Varianten ausgewählte Projekt ist eine Verbundbrücke. Die Spannweiten betragen 25,62 m – 4 x 38,43 m – 25,62 m was eine Gesamtlänge von 204,96 m Lagerachse zu Lagerachse ergibt.

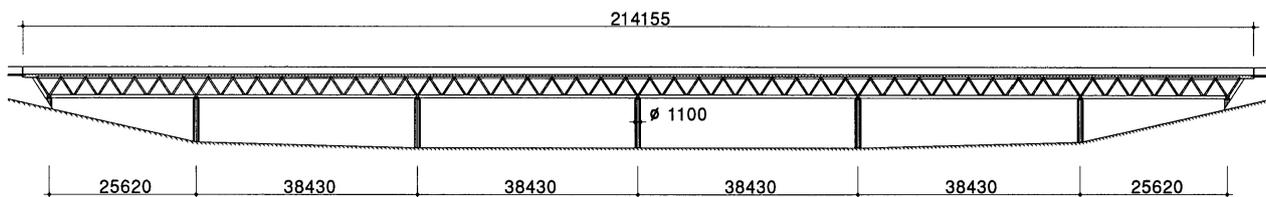


Fig. 1 Brücke im Aufriss

Auf dem Brückendeck sind 3 Fahrspuren von 3,75 m, ein Pannestreifen von 3,0 m und ein Bankett von 1,25 m angeordnet.

Der Stahlträger besteht aus einem dreieckförmigen Rohrfachwerk, das auf jeweils zwei Einzelstützen  $\varnothing 1,10$  m ruht.

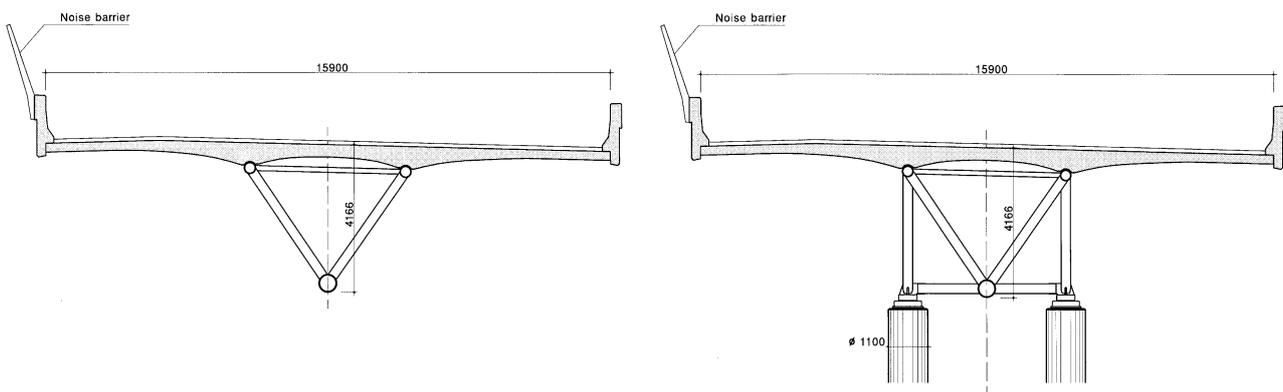


Fig. 2 Brückenquerschnitt im Feld und an den Pfeilern

Die Fahrbahnplatten, bestehend aus 64 vorgefertigten Fertigteileplatten von 3,2 m Länge und 15,9 m Breite und einer variablen Stärke von 25 cm bis 65 cm, sind mit Epoxydharzleim zusammengeklebt.

Sie sind sowohl in Quer- als auch in Längsrichtung vorgespannt.

Die Pfeiler sind auf je 4 Rohrpfehlen von 90 cm Durchmesser und die beiden Widerlager flach fundiert.

Der Brückenüberbau besitzt in Längsrichtung ein Gefälle von ca. 1 % und in Querrichtung von 2,5 %. Das statische System ist ein Durchlaufträger über 6 Felder. Der Fixpunkt liegt beim Widerlager West. Die schlanken Pfeiler sind über Punktkipplager mit dem Überbau verbunden und können die Bewegungen des Überbaues infolge Temperatur mitmachen. Beim Widerlager Ost sind bewegliche Lager angeordnet.

Bei beiden Widerlagern trägt ein Endquerträger die Fahrbahnplatte um Vertikalbewegungen in den Dilatationsfugen zu vermeiden.

Die Wahl des Projektes war durch die Randbedingung einer möglichst kurzen Bauzeit beeinflusst.

### 2.3 Der Stahlbau

Das räumliche Fachwerk setzt sich zusammen aus:

- den Obergurten besteht aus Rohren  $\varnothing$  323,9 mm mit Wandstärken von 16 ÷ 36 mm,
- den Untergurten aus solchen  $\varnothing$  508 mm und einer durchgehenden Wandstärke von 50 mm,
- den Diagonalen mit einem Durchmesser von  $\varnothing$  267 mm und zwischen 11 und 25 mm dick.

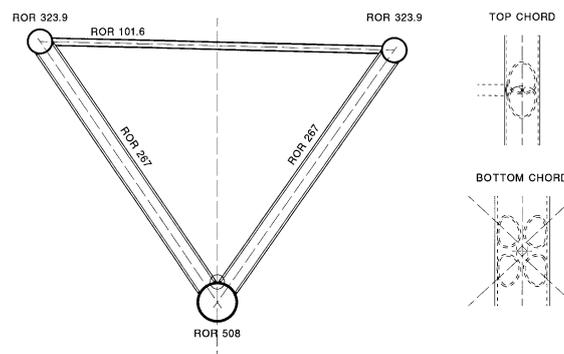


Fig. 3 Querschnitt Rohrfachwerk

Alle Fachwerkknoten sind auf eine Wurzelunterlage voll durchgeschweisst.

Für den Bauzustand ist ein oberer Windverband, aus Rohren  $\varnothing$  101,6 / 11 mm eingeschweisst.

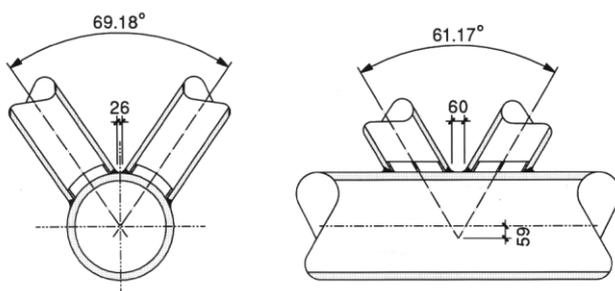


Fig. 4 KK-Knoten am Untergurt

### 2.4 Die Betonfahrbahn

Die Betonfahrbahn besteht aus 61 Fertigteilplatten von je 3,2 m Länge. An beiden Widerlagern wurde ein Ortsbetonteil der Fahrbahnplatte belassen, mit einer Verdickung zur Aufnahme der Fahrbahnübergänge und der Endverankerung der Längsvorspannung.

Die Fachwerkplattenelemente wurden im sogenannten "Match – cast – Verfahren" hergestellt, bei dem jedes neue Element gegen das alte betoniert wird.

In Querrichtung besitzt die Fahrbahnplatte Vorspannkabel mit 4 Litzen 0,6" im Abstand von 60 cm. Diese wurden im Werk auf 50 % gespannt.

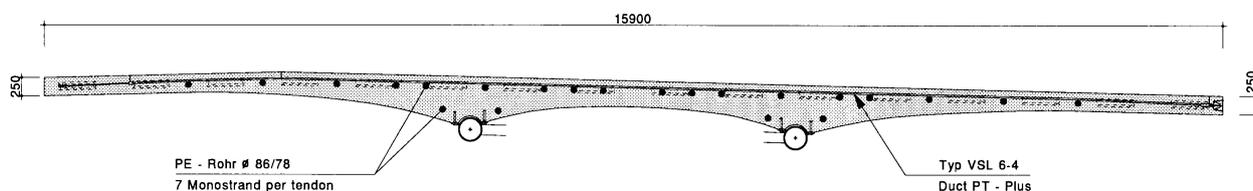


Fig. 5 Die Spannkabel in der Fahrbahnplatte

In Längsrichtung sind in den Elementen 22 Leerrohre einbetoniert, in die später die Kabel mit je 7 Monolitzen 0,6" über die ganze Brückenlänge eingezogen werden.

Um beim Spannen der Längskabel keine Reibeverluste auf den Stahlgurten zu erhalten, wurden die Elemente über Gleitlagern auf den Obergurten abgesetzt.

In den Betonelementen sind 4 Dübelleisten einbetoniert, die nach dem Vorspannen mit dem Stahlträger verschweisst wurden.

Der Hohlraum zwischen Betonplatte und Stahlrohr ist wie auch die Vorspannkabel injiziert.

## 2.5 Bauablauf

Aus der Kombination schnelle Stahlträger- und Fertigteilplattenmontage resultierte eine Rekordbauzeit inkl. Foundationen von nur 8 Monaten. Damit wurde eine Spannbetonvariante aus dem Felde geschlagen, bei der vier Monate mehr notwendig gewesen wären.

Der Bauablauf lief wie folgt ab:

In einer ersten Phase wurde das Stahlfachwerk über Montagehilfstürmen erstellt und verschweisst. Die einzelnen Montageschüsse hatten ein Gewicht von max. 35 to und eine Länge von 24 m.

Diese Montage dauerte 6 Wochen.

Nach dem verschweissen der Stahlträger wurde das erste Ortsbetonteil beim Widerlager West betoniert. Dann wurden die Fertigteilplatten verlegt und mit Hilfe einer temporären äusseren Vorspannung Element um Element aneinander gespannt nachdem die Fugen mit Epoxydharzleim beschichtet waren.

Nach dem Betonieren des Ortsbetonteiles am Widerlager Ost wurde die definitive Längsvorspannung über die ganze Brückenlänge von ca. 214 m eingezogen und vorgespannt. Dabei konnte das östliche Ortsbetonteil mitgleiten. Es wurde nach dem Vorspannen durch Betonverguss blockiert. Anschliessend wurden die Querkabel auf 100 % gespannt, die Längsschweissnähte erstellt und die Hohlräume ausinjiziert.

Vor der Inbetriebnahme der Brücke für die Ausbrucharbeiten der dritten Tunnelröhre im Dezember letzten Jahres, wurden die New-Jersey Leitwände betonierte, ein provisorischer Belag aufgebracht und provisorische Fahrbahnübergänge eingebaut. Die endgültige Inbetriebnahme ist nach Abschluss des Tunnelbaus im Jahre 2004 vorgesehen.



*Fig. 6 Fotomontage*

## 2.6 Technische Daten

Konstruktionsbeton	1'450 m <sup>3</sup>
Bewehrungsstahl	170 to
Vorspannstahl	43 to
Konstruktionsstahl Fe E355	315 to

**Am Bau beteiligt:**

	<b>Dreirosenbrücke in Basel</b>	<b>Barregbrücke bei Zürich</b>
<b>Bauherr</b>	Kanton Basel-Stadt, Baudepartement, Tiefbauamt	Kanton Argau
<b>Unternehmer</b>	ARGE-Dreirosenbrücke: – Spaltenstein Hoch + Tiefbau AG, Federführung – Batigroup AG, Basel – Frutiger AG – Jean Cron AG – Straumann-Hipp AG	Rothpletz & Lienharen, Aarau Subunternehmer: – Vorspannung: VSL-Schweiz – Lager: Proceq
<b>Planer Pilot</b>	– Bänziger + Bacchetta + Partner AG – Dauner Ingenieurs Conseils SA – ACS + Partner AG – Cyrill Burger & Partner AG – Steib W. und K., Architekten	– Bänziger + Bacchetta + Partner AG – Dauner Ingenieurs Conseils SA
<b>Stahlbauer</b>	– Preiswerk + Esser AG, Federführung – Giovanola Frères SA – Tuchschnid Engineering AG	– Zwahlen & Mayr SA

**Autor dieses Beitrages:**

*Dr.-Ing. Hans-Gerhard Dauner  
 Dauner Ingénieurs Conseils, DIC SA  
 Rue de la Gare 27  
 1860 Aigle*