

Eisenbahnbrücke über den Main für die DB-Neubaustrecke Köln-Rhein/Main



Die vorhandenen Eisenbahnstrecken zwischen Köln und dem Rhein-Main-Gebiet auf beiden Seiten des Rheins gehören zu den am stärksten frequentierten Bahntrassen Deutschlands. Der kurvenreiche Verlauf der Strecken wird jedoch den heutigen und zukünftigen Anforderungen an Transportkapazitäten und

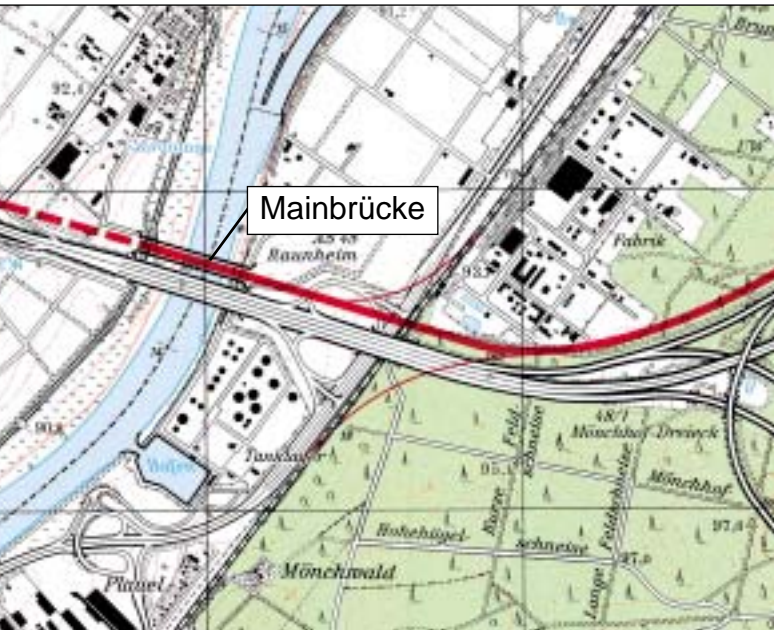
Reisezeiten nicht mehr gerecht. Deshalb wird zur Zeit entlang der Bundesautobahn A3 eine neue, rund 180 km lange Schnellbahnstrecke gebaut, die auch Teil des europäischen Hochgeschwindigkeitsnetzes sein wird. Die Neubaustrecke überquert in Richtung Köln 7 km nach dem Fernbahnhof Frankfurt-

Flughafen den Main auf einer 324 m langen Brücke. Sie ist Bestandteil des Bauloses 35, das sich auf 10,5 km Länge vom Flughafenbahnhof bis zur Mainquerung erstreckt und insgesamt 32 Ingenieurbauwerke umfaßt. Mit der Ausführung beauftragte die DB Projekt GmbH eine Arbeitsgemeinschaft unter

der Federführung der Philipp Holzmann AG. Zum Auftragsumfang gehörten alle Bauarbeiten einschließlich der Herstellung des betriebsfertigen Fahrweges sowie die Ausführungsplanung, die durch die Philipp Holzmann Bautechnik GmbH erfolgte.



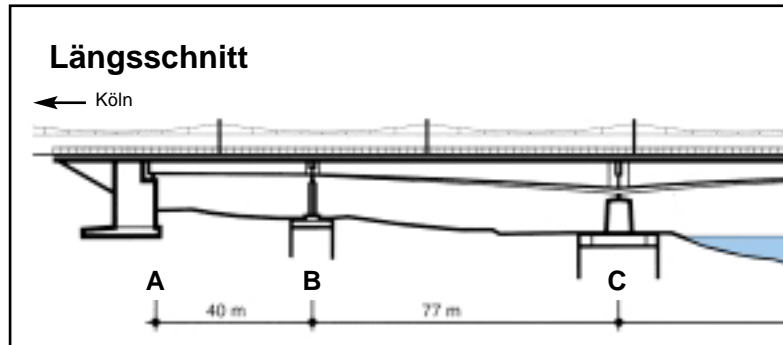
Eisenbahnbrücke über den Main für die DB-Neubaustrecke Köln-Rhein/Main



Die Neubaustrecke Köln - Rhein/Main verläuft im wesentlichen parallel zur Bundesautobahn A3 und im Bereich der Mainquerung nur wenige Meter von dieser entfernt. Bei der Entwurfsplanung der neuen Eisenbahnbrücke, die vom Büro Zerna, Köpper und Partner durchgeführt wurde, waren Entwurfsselemente der nahegelegenen Autobahnbrücke zu übernehmen. So sollten Widerlager- und Stützenachsen mit denen der Autobahnbrücke übereinstimmen und die Seitenansicht ähnlich sein. Demzufolge ergaben sich für die neue Eisenbahnbrücke Spannweiten von 40 m, 77 m, 130 m und 77 m und somit eine Gesamtlänge von 324 m. Als Konstruktion wurde ein einzelliger durchlaufender Hohlkastenenträger aus Spannbeton mit einer beidseitig weit auskragenden Platte entworfen. Der Träger hat eine parabelförmig gevoutete Unterkante. Die Konstruktionshöhe

über den beiden Flußpfeilerachsen beträgt 8,50 m, in der Mitte des Flußfeldes 5,50 m und 3,50 m in den Widerlagerachsen. Mit der Stützweite von 130 m über dem Main gehört das Bauwerk zu den am weitesten gespannten Eisenbahnbrücken dieser Art in Deutschland. Aufgrund eines Sondervorschlags der Philipp Holzmann AG wurde das Flußfeld im Freivorbau, ohne Verwendung von Hilfspylonen hergestellt. Die Randfelder entstanden auf konventionellen Lehrgerüsten.

Wie bei der gesamten Neubaustrecke wird auch im Brückenbereich der Oberbau nicht mit einem Schotterbett, sondern als Feste Fahrbahn ausgeführt. Im Hinblick auf die geringen Korrekturmöglichkeiten der Gleislage bei diesem System werden an das Verformungsverhalten von Baugrund und Bauwerk erhöhte Anforderungen gestellt.



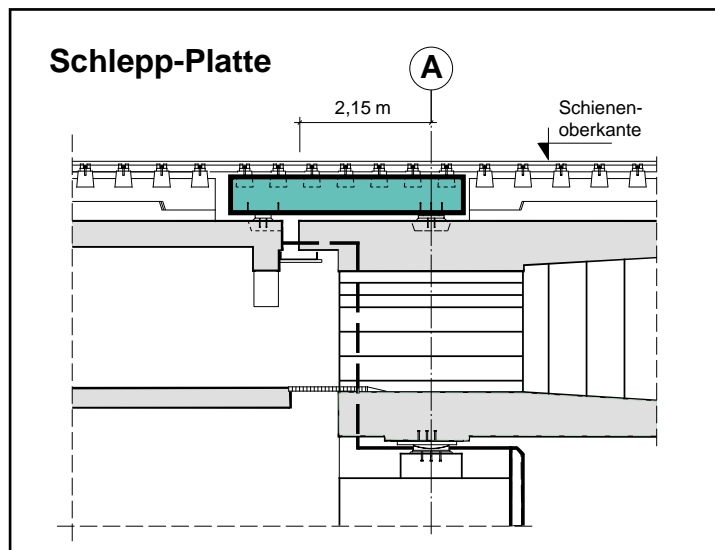
Überbausystem

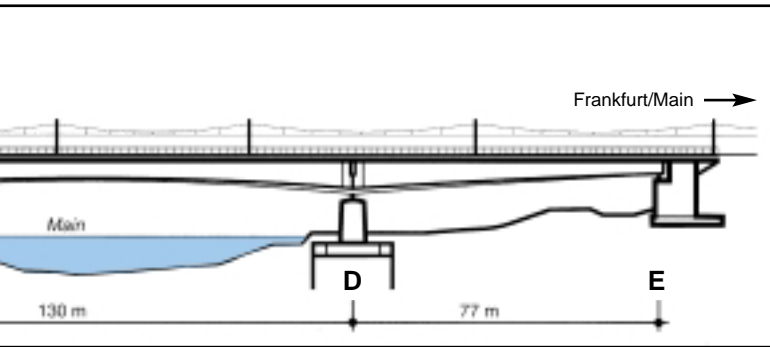
Der Überbauträger als durchlaufendes System hat sein festes Lager auf dem Flußpfeiler C. An beiden Brückenden sind die Gleise durch Schienenauszüge unterbrochen, um die Spannungen in den Schienen zu begrenzen. Damit werden alle Kräfte in den Schienen aus Anfahren und Bremsen auf den Überbau, d. h. allein in das feste Brückenlager, und nicht in die anschließenden Dämme geleitet. Der Übergang der Festen Fahrbahn von der Brücke auf das Widerlager wurde als Schlepp-Platte auf Einzellagern ausgeführt. Die kurzzeitigen Bewegungen in den Schienenauszügen sind wegen der großen Steifigkeit des Festpunktpfeilers so gering, daß sie keine schädlichen Auswirkungen auf den darüber fahrenden Zug haben.

Begrenzung der Durchbiegungen

Im Hinblick auf den Fahrkomfort stellt der Hochgeschwindigkeitsverkehr hohe Anforderungen an das Verformungsverhalten der Brücke. Es mußte erreicht werden, die beim Überfahren des Bauwerks auftretenden vertikalen Beschleunigungen so zu begrenzen, daß sie vom Fahrgast nicht als unangenehm empfunden werden. Als Grenzwert nennt die Eisenbahnvorschrift DS 804 2 m/s^2 . Ersatzweise dürfen die Durchbiegungen bestimmte Werte nicht überschreiten.

Im Bereich der neuen Brücke beträgt die Ausbaugeschwindigkeit der Strecke 220 km/h . Die Durchbiegung infolge Verkehr war mit maximal $L/1700$ einzuhalten. Hinzu kamen zusätzliche Bedingungen aus dem Anforderungskatalog

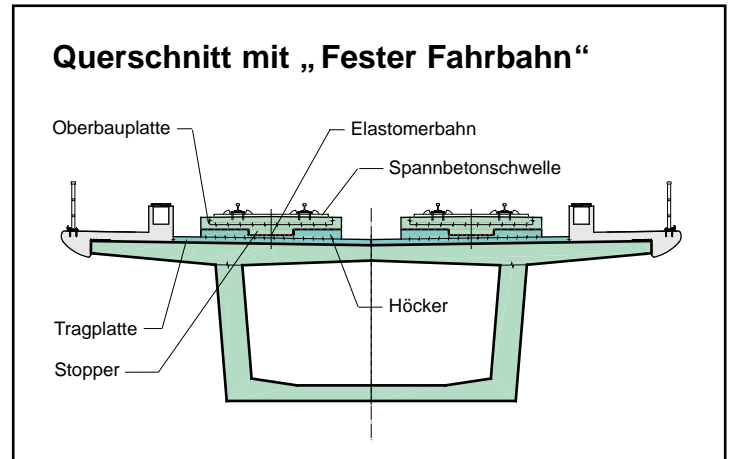




zum Bau der Feste Fahrbahn. Die vorgesehene Brückenkonstruktion erfüllte diese Bedingung zunächst jedoch nicht.

Statt Höhe oder Brückentyp zu ändern, wurde der ausreichende Fahrkomfort rechnerisch mit den auftretenden vertikalen Beschleunigungen nachgewiesen. Um einen Eindruck von den zu erwartenden Schwingungen von Fahr-

zeug und Brücke zu erhalten, wurden im Auftrag der Philipp Holzmann Bautechnik GmbH beim Forschungs- und Technologiezentrum der Deutschen Bahn AG in München per Computerprogramm dynamische Berechnungen für unterschiedliche Zuggeschwindigkeiten durchgeführt. Gemäß dem Ergebnis der Untersuchungen werden beim Überfahren der Mainbrücke an keiner Stelle im ICE größere ver-



tikale Beschleunigungen als $0,44 \text{ m/s}^2$ auftreten.

Feste Fahrbahn

Zur Anwendung kam das System Rheda. Auf die Abdichtung wurde eine bewehrte, mit Höckern versehene Tragplatte betoniert, die über die Randkappe fest mit dem

Brückenbauwerk verbunden ist. Die Höcker dienen der Aufnahme der aus Verkehrslasten eingetragenen Längs- und Querkräfte. Auf die Höcker wurde die Oberbauplatte aufbetoniert, darauf der Gleisrost aufgelegt, mit Spindeln horizontal und vertikal ausgerichtet und fixiert. Danach wurde Füllbeton vollflächig unter den Schwellen und durch die fünf Bewehrungsöffnungen der Schwellen hindurchgetrieben.

Zwischen Höcker und Oberbauplatte befindet sich eine 1,2 mm dicke Elastomerbahn als elastische Lage, die es im Havariefall ermöglicht, die Oberbauplatte auszutauschen. Höcker und Oberbauplatten sind durch 10 cm breite Fugen getrennt, durch die das Regenwasser zu den Einläufen in Fahrbahnmitte fließen kann.

Verformungen des Untergrundes, der Traggerüste und des Tragwerkes wurden in der Dicke der Tragplatte ausgeglichen. Eventuelle Abweichungen der Mindestdicke der Tragplatte von 11 cm nach oben wurden als Mehrlast in der Statik berücksichtigt.

Titelfoto: Herstellung des Flussfeldes im Freivorbau-Verfahren

1. Herstellung des Vorlandfeldes B-C auf konventionellen Traggerüsten



Bauausführung



Gründung

Im Brückenbereich stehen quartäre Kiese und Sande mittlerer Lagerungsdichte an. Die Widerlager und die drei Pfeiler sind flach gegründet. Die Pfeilerfundamente wurden im Schutze von Stahlspundwänden und einer Wasserhaltung in trockener Baugrube hergestellt. Zur Verminderung von Setzungen wurden Fundamente und Spundwände mit Kopfbolzendübeln fest miteinander verbunden.

Widerlagerhinterfüllung

Um für das System Feste Fahrbahn plötzliche Steifigkeitsänderungen im Bereich der Übergänge von den Erdbauwerken zum Brückenüberbau zu vermeiden waren hier besondere Maßnahmen erforderlich. So wurden die an die Widerlager anschließenden Dämme von bis zu 14 m Höhe schon ein Jahr vor Beginn der Bauarbeiten an die Widerlager geschüttet.

Hierdurch erhielten die Dämme eine ausreichend lange Konsolidierungszeit, innerhalb der alle Setzungen abklingen konnten. Des weiteren wur-

den die unmittelbar an die Widerlager anschließenden Bereiche mit einem zementverfestigten Kies Sand-Gemisch verfüllt.

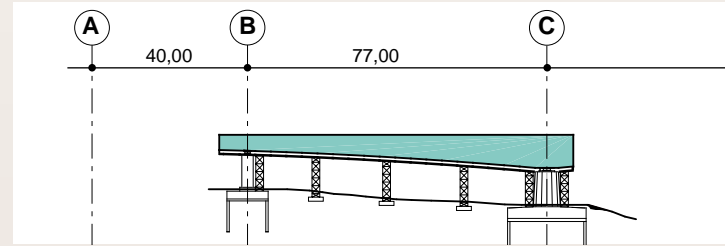
Der Zement wurde hierbei lagenweise im sogenannten „Mixed-in-place“-Verfahren in das Kies-Sand-Gemisch kontrolliert eingefräst. Durch die hohe Standfestigkeit des verfestigten Materials konnte ohne Böschung mit einer Wandneigung von nahezu 90 Grad bis unmittelbar an die zukünftigen Widerlager geschüttet werden. Verbaumaßnahmen waren nicht erforderlich.

Unterbauten

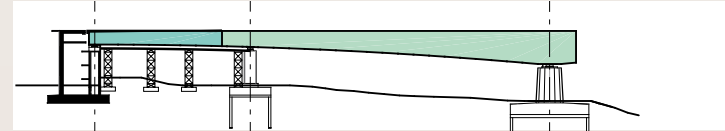
Die beiden Widerlager wurden als Kastenwiderlager gemäß der Rahmenplanung der DB ausgeführt. Der Vorlandpfeiler besteht aus zwei Stützen mit einem Durchmesser von 3 m, die mit einem Kopfbalken verbunden sind. Die beiden Flusspfeiler wurden aufgrund der hohen Lasten als massive 6 m breite und 14 m lange Scheiben hergestellt und zusätzlich zu den Brückenlasten auch für den Lastfall Schiffsanprall bemessen.

Bauablauf

1 Errichtung Überbau Feld B-C



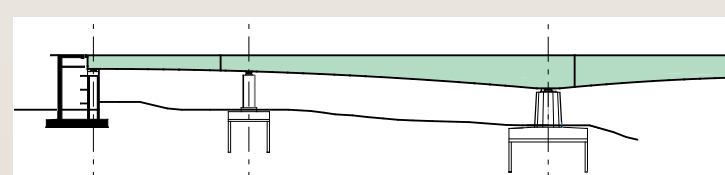
2 Errichtung Überbau Feld A-B



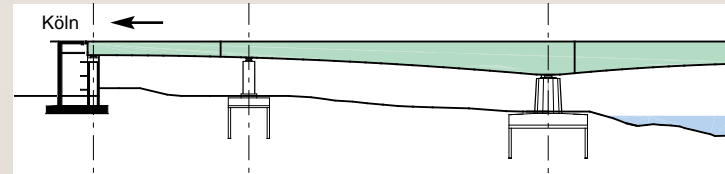
3 Herstellung Feld D-E, Freivorbau Flußbereich Kölner Seite



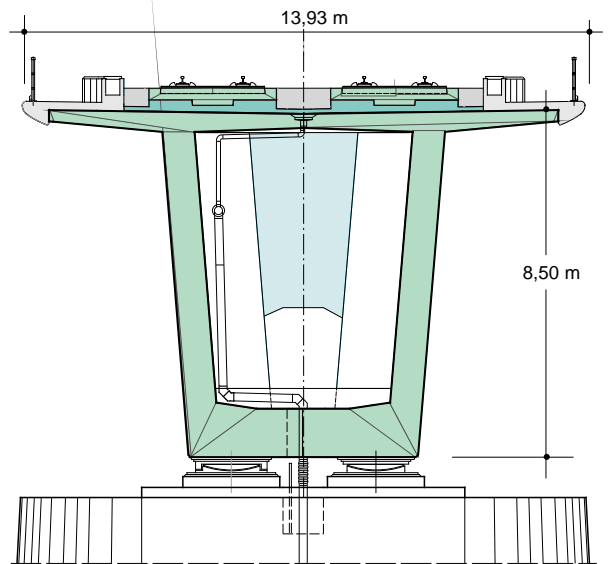
4 Freivorbau Flußbereich Frankfurter Seite

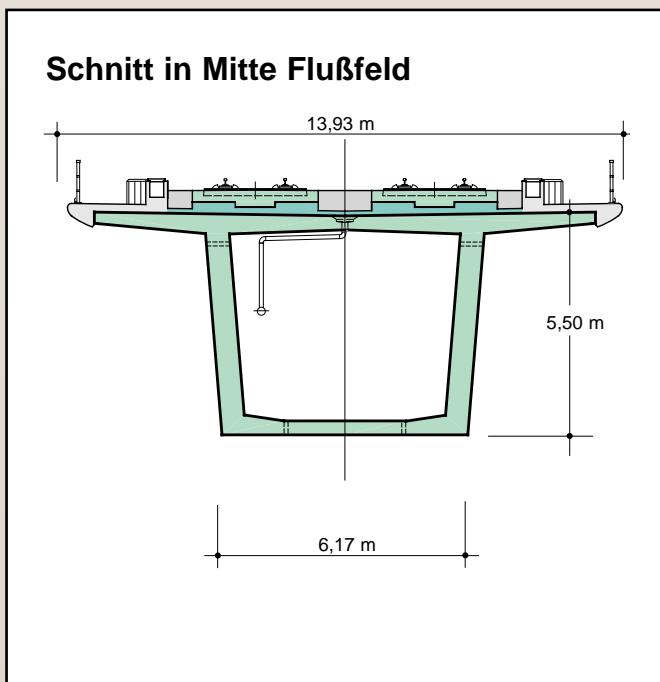
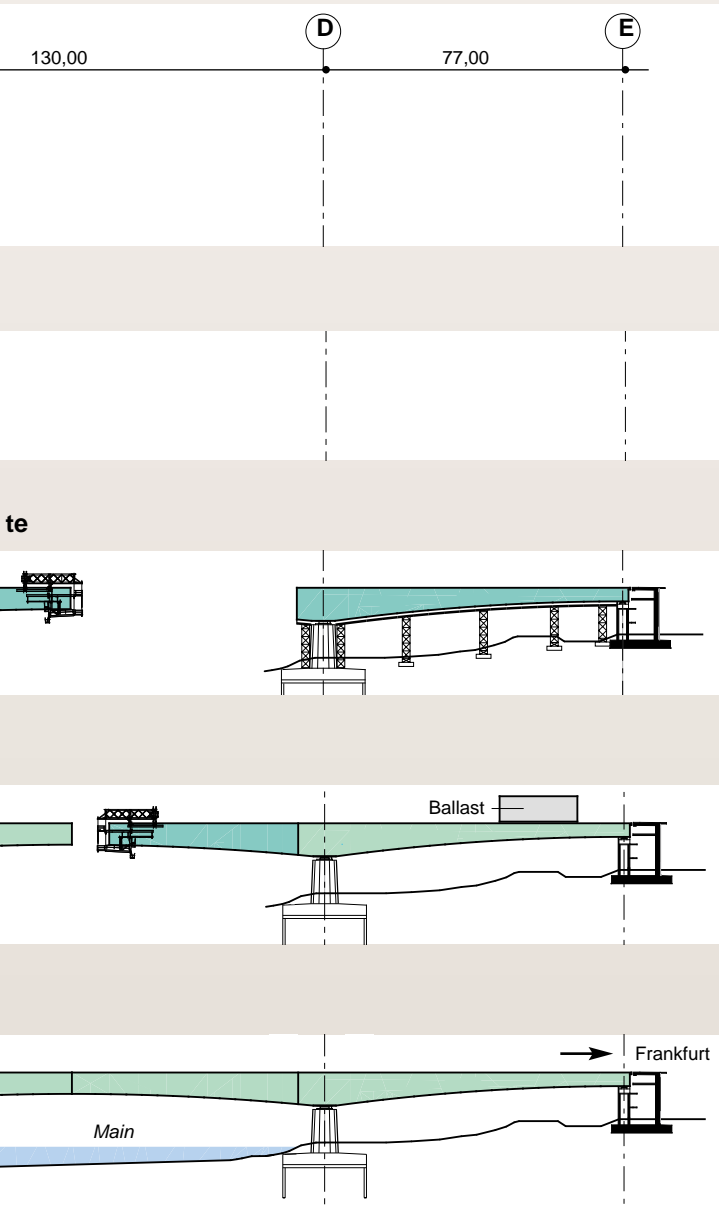


5 Schließen der Mittellücke im Flußbereich



Schnitt vor den Stützachsen C und D





Bauablauf des Überbaus

Im Verwaltungsentwurf war aufgrund der besonderen Anforderungen an die Einhaltung der Höhenlage des Überbaus eine Abspannung des Freivorbau im Flußfeld mit Hilfe von zwei Pylonen ausgeschrieben. Gemäß dem Sondervorschlag der bauausführenden Arbeitsgemeinschaft wurde auf die Abspannungen verzichtet.

Der Überbau wurde in der Reihenfolge Feld B-C, Feld A-B, Kragarm Kölner Seite, Feld D-E und Kragarm Frankfurter Seite errichtet. Beim Herstellen in Abschnitten kam es darauf an, den Endzustand ohne Umkriechen durch entsprechendes Absenken des Tragwerkes zu erreichen.

Während der Herstellung der beiden Vorlandfelder sowie des Kragarms auf der Kölner Seite war der Festpunkt im Bauzustand identisch mit dem Festpunkt im Endzustand in Achse C. Für den Abschnitt D-E mit dem Kragarm auf der Frankfurter Seite wurde das allseits bewegliche Lager in Pfeilerachse D für die Zeit bis zum Lückenschluss in Brücklängsrichtung arretiert.

Vorlandbereich:

Die Felder im Vorlandbereich wurden in mehreren Bauabschnitten auf Lehrgerüst hergestellt. Dazu wurde der Überbauquerschnitt in zwei Teile gegliedert: Im ersten Schritt erfolgte das Betonieren des Trogs, bestehend aus der Bodenplatte und den Stegen. Im zweiten Schritt wurde die Fahrbahnplatte hergestellt.

Die Betonarbeiten für die Tröge stellten höchste Anforderungen. Für die geforderte Festigkeit und Elastizität war der Einsatz von gebrochenem Hartgestein als Zuschlag erforderlich. Dies erschwerte beträchtlich die Verarbeitbarkeit des frischen Betons. Um eine optimale Konsistenz einzustellen, wurde dem Transport-

beton auf der Baustelle Fließmittel zugegeben. Die Dosierung erfolgte in dem Maße, daß einerseits die Fließfähigkeit während des Einbaus voll gewährleistet war, andererseits durch Begrenzung der Wirkungsdauer des Fließmittels nicht unzulässig große Betondrucke auf die Schalung auftraten. Nach Fertigstellung der Bodenplatte wurde der Beton in die Stege eingebracht. Durch die sehr große Steghöhe, die Stegneigung von 1:12 und den hohen Bewehrungsgrad war es nicht möglich, von oben in den unteren Stegbereich einzusehen. Deshalb wurden Öffnungen in der Steginnenschalung angeordnet, durch die eine Kontrollmöglichkeit über den Füllstand des Betons möglich war. Diese Öffnungen wurden im Laufe des Betoniervorgangs geschlossen.

Flußbereich:

Die Herstellung des Feldes über dem Main erfolgte von den beiden Pfeilern aus im Freivorbau. Die einzelnen Vorbauabschnitte hatten eine Länge von ca. 4,50 m und erforderten jeweils einen Arbeitstakt von einer Woche.

Vor dem Schließen der Mittellücke wurden zwischen den Schnittufern die Schnittkräfte Q und M eingebracht. Die Querkraft Q wurde dadurch erzeugt, daß mit dem Vorbauwagen beide Kragarme auf gleiche Höhe gedrückt wurden. Das Moment M wurde durch das Spannen einiger Feldspannglieder vor dem Schließen der Lücke erzeugt. Dazu waren beide Kragarme vorher in Höhe des Obergurtes mit Betongelenken verbunden. Nach dem Ausbetonieren der Lücke erfüllen die weiteren Kriechverformungen nahezu ohne Zwang die Randbedingungen.

2. Spundwandbaugrube mit Aussteifung für den Pfeiler in Achse D

Vorspannung

3



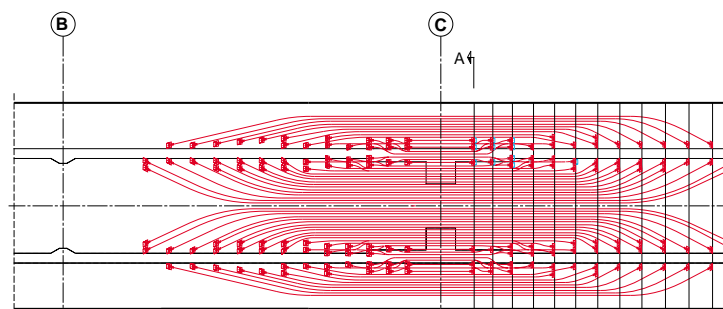
Das Tragwerk ist in Längsrichtung mit nachträglichem Verbund nach DIN 4227, Teil 1, voll vorgespannt. Es wurden D & W-Spannglieder mit 12 x 0,6"-Litzen aus St 1570/1770 verwendet. Spanngliedkoppelungen wurden vermieden.

Im Bauzustand der beiden 77m langen Vorlandbrücken als Einfeldträger waren gegenüber dem Endzustand als Durchlaufträger andere Spanngliedlagen erforderlich, da die großen Stützmomente über den Flußpfeilern fehlten. Daher erhielten diese Felder vorübergehend eine zusätzli-

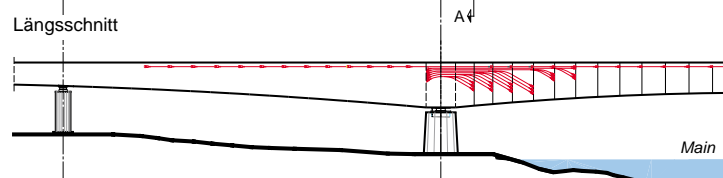
che provisorische Vorspannung, bis sich mit dem wachsenden Kragarm ein ausreichend großes Stützmoment aufbaute. Die provisorische Vorspannung wurde mit Spanngliedern im Untergurt erzeugt, die nach dem Betonieren des neunten Vorbauabschnittes wieder entspannt werden konnten. Da es sich nicht lohnte, den Spannstahl der provisorischen Spannglieder wieder auszubauen und an anderer Stelle zu verwenden, wurde er in den Hüllrohren mit Mörtel verpresst. Damit dienen diese Spannglieder konstruktiv als zusätzliche schlaaffe Bewehrung.

Vorspannung im Freivorbau

Draufsicht



Längsschnitt





Die für den Freivorbau des Flußfeldes erforderlichen Spannglieder liegen vornehmlich im Obergurt des Hohlkastens symmetrisch zu den Pfeilerachsen. Sie wurden an den Stirnseiten der Vorbauabschnitte in einbetonierte Leerrohre eingeschoben und in die Fahrbahnplatte der angrenzenden Vorlandfelder ge-

führt. Hier enden sie in kleinen Öffnungen, die so groß gewählt wurden, daß gerade noch ein Aufsetzen des Keilträgers und ein Einbringen der Verankerungskeile möglich war.

Ein kleinerer Teil der Spannglieder liegt aus Platzgründen in den Stegen und ist an den

Rückseiten der Stützquerträger verankert. Alle Spannglieder der Vorbauabschnitte wurden von den Stirnseiten der einzelnen Abschnitte gespannt.

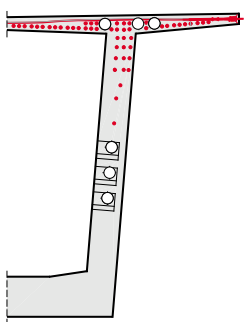
Die im Flußfeld im Endzustand zur Aufnahme der positiven Feldmomente erforderlichen Spannglieder liegen in den Stegen und im Untergurt. Ihr Spann Stahl wurde nach Beendigung des Freivorbau eingebaut und gespannt. Die Feldspannglieder in den Stegen verlaufen von der Fahrbahnoberseite 30 Grad geneigt nach unten, dann parallel zur Trägerunterkante und enden etwa symmetrisch zur Feldmitte auf der Gegenseite, unter 30 Grad nach oben geführt, an kleinen, von innen bedienbaren Öffnungen in den Stegen. Die Öffnungen in der Fahrbahnplatte und in den Stegen wurden nach Beendigung der Spannarbeiten mit einem schwindarmen Beton verschlossen. Die Feldspannglieder in der Bodenplatte sind an Höckern verankert. Die Höcker sind so angeordnet, daß auf der Bodenplatte ein Mittelgang frei bleibt.



5

6

Schnitt A-A



Die Fahrbahnplatte ist mit D & W-Spanngliedern 4x0,6"-Litzen aus St 1570/1770 beschränkt mit nachträglichem Verbund vorgespannt.

3. Schalwagen für den Freivorbau

4. Blick in die Schalung des Vorlandfeldes B-C

5. und 6. Bewehrung Querträger und Steg im Bereich der Achse C



Zentrale:

Taunusanlage 1
60329 Frankfurt am Main

Telefon: (069) 262-1
Telefax: (069) 262-433
www.philipp-holzmann.de

**Hauptniederlassung
Frankfurt:**

An der Gehespitz 50
63263 Neu-Isenburg

Telefon: (06102) 45-01
Telefax: (06102) 45-1190



7



8



9

Auftraggeber:

Deutsche Bahn AG,
vertreten durch
DB Projekt GmbH
Köln-Rhein/Main

Entwurf:

Zerna, Köpper & Partner,
Ingenieurgesellschaft für
Bautechnik GmbH,
Bochum

Bodengutachten:

Erdbaulaboratorium Essen,
Prof. Dr.-Ing. Nendza und
Partner, Essen

**Ausführungsplanung und
Sondervorschläge:**

Philipp Holzmann
Bautechnik GmbH,
Neu-Isenburg

Prüfingenieur:

Dr. K. Marten,
Frankfurt am Main

Bauausführung:

Arbeitsgemeinschaft
NBS Los 35:
Philipp Holzmann AG,
Hauptniederlassung Frankfurt
(Technische Federführung);
Dyckerhoff & Widmann AG,
(Kaufm. Federführung)

Bauzeit:

1998 bis 2000

7. Widerlagerbaugrube im
Bereich der zementverfestigten
Dammschüttung

8. Spundwand mit Kopf-
bolzendübeln der Baugrube
für Pfeiler D

9. Blick auf das fertige
Brückenbauwerk