



Vergabe, Tragwerksplanung und Montage der Brücke über die IJssel, Niederlande

Bertus Bos
Hans-Joachim Casper
Frank van Kessel
Tamàs Simon
Remco Wiltink

Bertus Bos
 Hans-Joachim Casper
 Frank van Kessel
 Tamàs Simon
 Remco Wiltink

Vergabe, Tragwerksplanung und Montage der Brücke über die IJssel, Niederlande

Mit der Hanzelijn, einer 50 km langen, zweigleisigen Neubaustrecke zwischen Zwolle und Lelystad am IJsselmeer, entsteht in den Niederlanden eine leistungsfähige Verbindung für den Eisenbahnverkehr zwischen dem Norden des Landes und dem Ballungsgebiet um Amsterdam und Rotterdam im Westen. Wesentlicher Bestandteil dieser Baumaßnahme ist der Neubau der 930 m langen Eisenbahnüberführung über die IJssel. Das Brückenbauwerk ist der Siegerentwurf eines Design and Build Wettbewerbes und herausragendes Beispiel für architektonisch ansprechenden Eisenbahnbrückenbau.

Die Ausbaugeschwindigkeit beträgt 160 km/h. Die Reisezeit wird im Jahre 2012 in diesem Streckenabschnitt ca. 30 Minuten betragen. Wesentliche Baumaßnahme dieser Ost-West-Verbindung ist die Querung der IJssel zwischen Zwolle und Hattem. Das

Award, structural design and erection of the bridge across the IJssel, Netherlands.

The 'Hanzelijn', a 50 km long double-tracked newly built railway line between Zwolle and Lelystad at the IJsselmeer, is presently built in the Netherlands creating an efficient railway connection between the north and the conurbations of Amsterdam and Rotterdam in the west.

Essential part of the project is the new construction of the 930 m long railway bridge over the IJssel. The bridge is the winning design of a design and build competition and an outstanding example of architecturally appealing railway bridge construction.

1 Einführung

Die neue IJsselbrücke ist Teil der Hanzelijn, einer 50 km langen Neubaustrecke für den Schienenverkehr in den Niederlanden zwischen Lelystad am IJsselmeer und Zwolle im Landesinnern (Bild 1). Durch die bereits vorhandene Anbindung Zwolles an das niederländische Schienennetz und den Anschluss der neuen Bahnlinie in Lelystad an die Flevolijn rückt der Norden der Niederlande ein Stück näher an die Randstad, dem Ballungszentrum im Westen der Niederlande, das durch die Städte Amsterdam, Utrecht und Rotterdam umgrenzt ist.

Die im Jahre 2007 begonnene zweigleisige Strecke wird für den Personen- und Güterverkehr ausgebaut.



Bild 1. Übersichtskarte: Lage des Bauwerkes im Schienennetz
 Fig. 1. Layout plan railway network

zweigleisige Bauwerk überspannt die IJssel mit ihren Vorlandbereichen und den Gelderse Dijk auf einer Länge von ca. 930 m.

Ausschreibung und Vergabe dieses Brückenbauwerkes erfolgten in deutlichem Unterschied zu den in Deutschland üblichen öffentlichen Vergabeverfahren. Eine beschränkte präqualifizierte Teilnehmerzahl, die sich jeweils aus Bauunternehmungen, Architekten und Ingenieuren zusammensetzte, wurde zu einem Design & Build Wettbewerb eingeladen. Die Angebotsbearbeitung der Bietergemeinschaft fand in engem Dialog mit dem Bauherrn ProRail in Utrecht statt, der nur die Projektanforderungen, nicht jedoch den Brückenentwurf vorgegeben hatte.

Während die allgemein üblichen öffentlichen Vergabeverfahren in Deutschland zwischen der Entwurfsplanung mit der Ausschreibung und der Auftragsvergabe auf Grundlage beschriebener Bauleistungen trennen, war der Wettbewerbsgewinner hier nicht nur Entwurfsverfasser, sondern auch Objekt- und Tragwerksplaner und Erbauer des Brückentragwerkes. Ausschlaggebend für die Vergabeentscheidung war nicht allein der Angebotspreis, sondern auch in höherem Maße die Formgebung und Funktionalität des Bauwerkes.

Den Zuschlag für den Bau der Eisenbahnbrücke erhielt das Baukonsortium Welling-Züblin-Donges zusammen mit den Architekten *Quist Wintermans* und den Ingenieuren von SSF und Grondmij. Nach der Auftragsvergabe wurde die Objekt- und Tragwerksplanung durch die Planungsgemeinschaft SSF – ABT durchgeführt, die Ausführung des Stahlüberbaus wurde der Fa. Max Bögl übertragen.

2 Entwurf und Vergabe

2.1 Vergabeverfahren von Brückenbauleistungen

2.1.1 Vergabeverfahren in Deutschland

Öffentliche Vergaben von Bauleistungen sind in Deutschland unterteilt in die Phase der Entwurfs- mit der Ausschreibungsplanung und nach der Vergabe in die Ausführungsplanungs- und Herstellungsphase des Bauwerkes. Die bauausführende Firma ist hierbei unabhängig vom Entwurfsverfasser. Die Entwurfsplanung erstellt der Bauherr,

der damit alle Randbedingungen des Bauwerkes wie Funktion, Gestaltung, Wirtschaftlichkeit und Dauerhaftigkeit bestimmt. Häufig bedient er sich hierbei der Hilfe externer Ingenieurbüros oder bindet in besonderen Fällen Architekten mit ein. Die Vergütung dieser in der Regel ohne Ideenwettbewerb vergebenen Leistungen regelt die Honorarordnung für Architekten und Ingenieure HOAI.

Grundsätzlich ist natürlich die Möglichkeit gegeben, die Entwurfsplanung einem Design-Wettbewerb einer in der Regel begrenzten Zahl von Teilnehmern zu unterstellen. Der Siegerentwurf wird dann von einer Expertenkommission ermittelt. Die Wettbewerbsteilnehmer erhalten eine dem Erfolg angepasste Vergütung. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen all dieser Entwurfsplanungen basieren notwendigerweise auf Kostenschätzungen. Spätere Änderungen oder wirtschaftliche Optimierungen in Form von Nebenangeboten durch die bietenden Baufirmen sind jedoch bei Gestaltungswettbewerben im Zuge des Angebots und der Bauausführung nahezu ausgeschlossen.

Gemäß den Vorgaben der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen VOB sind die Leistungen durch den Bauherrn in den Ausschreibungsunterlagen zur Sicherstellung eines fairen Wettbewerbes unter den Bauunternehmungen „eindeutig und erschöpfend“ zu beschreiben. Zudem soll dem Auftragnehmer „kein ungewöhnliches Wagnis“ aufgebürdet werden. Damit eine Kalkulation „ohne umfangreiche Vorarbeiten“ möglich wird, beinhalten die Ausschreibungsunterlagen eine genaue Baubeschreibung mit einem Leistungsverzeichnis, in dem gleichartige Arbeiten in Einzelpositionen mit Material- und Mengenangaben aufgegliedert sind, und Bauentwurfspläne.

Um auch „den Entwurf der Bauleistung dem Wettbewerb zu unterstellen, um die technisch, wirtschaftlich und gestalterisch beste sowie funktionsgerechteste Lösung“ zu erreichen, ist es dem Bauherrn freigestellt, das Leistungsverzeichnis im Zuge einer funktionalen Ausschreibung durch ein sogenanntes Leistungsprogramm zu ersetzen. Das Leistungsprogramm ist dabei im Grunde eine vertiefte, alle Einzelheiten der Bauleistung erläuternde Baubeschreibung.

Durch die vorangegangenen Entwurfsplanungen und Planfeststellungen und die den Ausschreibungen beiliegenden Pläne und Musterleistungsverzeichnisse sind den gestalterischen Freiheiten der Bieter jedoch in aller Regel enge Grenzen gesetzt. Der Sinn dieser Ausschreibungsart reduziert sich in der Praxis darauf, dass sich der Auftraggeber die Auflistung der Einzelpositionen und die Mengenermittlungen erspart und diese Arbeiten auf den Bieter übertragen werden. Dass die VOB für diese Grundlagenermittlungen des Angebotes, die vor den Mengenermittlungen die Ausarbeitung von Detailentwürfen, statische Berechnungen und Zeichnungen erfordern, eine angemessene Entschädigung für alle Bieter vorsieht, findet in der Praxis zudem wenig Beachtung.

Für die Vergabe sieht die VOB die Möglichkeit der öffentlichen Ausschreibung an eine unbegrenzte Zahl von Teilnehmer, einer beschränkten Ausschreibung der Bauleistungen sowie auch einer freihändigen Vergabe vor. Da der marktwirtschaftliche Wettbewerb im Vordergrund steht, müssen für eine beschränkte Ausschreibung oder gar eine freihändige Vergabe triftige Gründe wie außergewöhnliche Anforderungen an die Erfahrung und Fähigkeiten der Bieter, ein besonders hoher Aufwand der Angebotslegung, gebotene Dringlichkeit oder die Besonderheit der Geheimhaltung vorliegen, womit diese Vergabeformen die Ausnahmen bleiben.

Nach „rechnerischer, technischer und wirtschaftlicher Prüfung“ sollte gemäß VOB die Vergabe der Bauleistungen nach Prüfung der „Eignung der Bieter“ auf das „wirtschaftlich annehmbarste“ Angebot erfolgen. In die Wertung mit einbezogen werden dabei auch wirtschaftlich günstigere, technisch gleichwertige Nebenangebote zum Ausschreibungsentwurf, soweit dies die Ausschreibungsbedingungen zulassen. Nebenangebote sind jedoch durch den dem Angebot zugrundeliegenden Bauentwurf im Wesentlichen auf statisch konstruktive und baubetriebliche Aspekte begrenzt. Auch wenn dem Bauherrn die Möglichkeit gegeben ist, erkennbar nicht auskömmliche Angebote wegen der möglichen Folgen und Risiken auszuschließen, so ist in der Realität ausschließliches Zuschlagskriterium der Angebotspreis.

Grundmerkmal der beschriebenen Vergabeverfahren ist die Trennung zwischen Entwurfsplanung und anschließend beauftragter Bauausführung. Gestaltungs- und Preiswettbewerb bleiben bei allen Varianten entkoppelt.

2.1.2 Vergabe der IJsselbrücke

Einen deutlich anderen Weg hat der Bauherr ProRail bei der IJsselbrücke mit einem Design and Build Wettbewerb beschritten. Fünf Konsortien, die sich aus Bauunternehmungen, Ingenieuren und Architekten zusammenzusetzen hatten, wurden nach vorheriger Präqualifikation zur Abgabe eines Angebotes aufgefordert. Die Ausschreibungsunterlagen beschränkten sich dabei auf die Beschreibung der technischen, funktionalen und wirtschaftlichen Anforderungen an das Bauwerk. Als Vergabekriterien waren mit 65 % die architektonische, funktionale und technische Gestaltung und nur zu 35 % der Preis vorgegeben. Damit wurde dem besonderen Anliegen der Bürger Rechnung getragen, Gestaltungs- und Umweltaspekte nicht der infrastrukturellen Notwendigkeit des Bauwerk zu opfern.

Der Entwurf des Tragwerkes mit architektonischer Gestaltung und Angebotskalkulation sowie die Objekt- und Tragwerksplanung und die Bauausführung wurden so in eine Hand gelegt. Die oft gegensätzlichen Aspekte des architektonischen Anspruches und der realen Herstellungskosten mussten für einen Auftragserfolg im Zuge der Angebotsbearbeitung zu einem optimalen Gesamtkonzept zusammgeführt werden.

Die zweistufige Angebotsbearbeitung der Bietergemeinschaft fand in engem Dialog mit dem Bauherrn statt. In regelmäßigen Gesprächsrunden wurde dem Bauherrn der Stand der Entwurfsplanung vorgestellt und den Firmen Gelegenheit zur Fragestellung gegeben, die vom Bauherrn schriftlich beantwortet wurden. Gestalterische, statisch-konstruktive, baubetriebliche und dauerhaftigkeits- und unterhaltungsrelevante Aspekte wurden vom Bauherrn eingehend hinterfragt. Neben dem Wunsch, das architektonisch und wirtschaftlich beste Angebot zu erhalten, stand gleichauf die Forderung nach der gesicherten und transparenten technischen und

finanziellen Basis für einen reibungslosen Bauablauf und der Übergabe eines funktionalen, dauerhaften und unterhaltungsfreundlichen Brückenbauwerkes.

Nach der ersten ca. viermonatigen Bearbeitungsphase wurden die Entwürfe durch ein Fachgremium des Bauherrn bewertet. Die Einhaltung des Kostenrahmens war durch die Bieter zu bestätigen. Um den doch beträchtlichen Aufwand dieser Angebotsbearbeitung einzuschränken, wurde die Phase 2 nur noch mit drei Bietern fortgesetzt. Geforderter Umfang der endgültigen Angebotsunterlagen waren ausführliche Beschreibungen, Leistungsverzeichnis und Angebotspreis, detaillierte zeichnerische Darstellungen des Bauwerkes, Bauablaufpläne, eine Untermauerung der Entwurfsarbeit mit Dokumenten des im Folgenden näher beschriebenen Systems Engineering sowie auch ein Modell der Brücke.

Für die Leistungen der ersten Phase wurde jedem Teilnehmer 0,5 % der vorgegebenen maximalen Baukosten vergütet. Phase 2 wurde mit der Hälfte der Vergütung der Phase 1 honoriert.

2.2 Projektanforderungen

2.2.1 Übersicht

Die in den Ausschreibungsunterlagen des Bauherrn formulierten Projektanforderungen bestanden im Wesentlichen aus den funktionellen und technischen Anforderungen, an die zusätzlich Bedingungen aus den sogenannten RAMS-Anforderungen geknüpft waren, aus den Anforderungen an die Formgebung und den Anforderungen an die Herstellung des Bauwerkes.

Unter den RAMS-Anforderungen versteht man Anforderungen an die Zuverlässigkeit (R), mit der das Bauwerk in einem bestimmten Mindestzeitraum ohne Ausfall seine Funktion zu erfüllen hat, Anforderungen an die Verfügbarkeit (A), d. h. an die Lebensdauer unter Einbeziehung zugestander Störungen und geplanter Außerbetriebnahmen für Instandhaltungsmaßnahmen, Anforderungen an die Möglichkeit und Dauer von Instandhaltungsmaßnahmen (M) und Anforderungen an die Sicherheit (S), die durch die Planung von Schutzeinrichtungen, Rettungszufahrten, Fluchtwe-

gen oder Feuerlöscheinrichtungen zu gewährleisten war. Als Lebensdauer waren für das Haupttragwerk 100 Jahre gefordert, für Sekundärbauteile und technische Ausrüstungen je nach Bauteil 25 bis 50 Jahre.

Anforderungen an die Herstellung des Bauwerkes umfassten beispielsweise die Einhaltung der Bauzeit und die Beachtung der Belange Dritter wie die Aufrechterhaltung von Verkehrswegen, Lärmvorschriften, den Schutz von Kabeln und Leitungen oder den Gewässerschutz.

Wesentliche Vorgabe waren die Baukosten von maximal 50 Mio. € netto.

Zum Leistungsumfang gehörte auch der Abbruch der neben der neuen Trasse vorhandenen alten Stahlbrücke.

Über die genannten Anforderungen hinaus gaben die Ausschreibungsunterlagen bindende Normen und Richtlinien für Planung und Ausführung vor. Die niederländischen bautechnischen Regelwerke NEN sowie die spezifischen Vorschriften von ProRail und Rijkswaterstaat waren zu beachten.

2.2.2 Funktionelle Anforderungen

Innerhalb angegebener Systemgrenzen sollte das so mit ca. 930 m Länge vorgegebene Brückenbauwerk die zweigleisige Hanzelijn sowie einen zweispurigen Fahrradweg über die IJssel und den Gelderse Dijk überführen. Einzuhalten waren das über der IJssel geforderte Lichtraumprofil von 9,10 m unter Beachtung der schiffbaren Wasserstände sowie eine Durchfahrthöhe von 4,5 m über der Straße am Gelderse Dijk. Angaben zu Trassierung und Gradienten des gleisgeometrischen Projektes wurde zur Verfügung gestellt, wobei die Gradienten geringfügig an die gewählte Konstruktionshöhe des Überbaus angepasst wurde.

Die Belastungen des Tragwerkes waren durch die niederländischen Normen geregelt, die Jahrestonnage für Passagieraufkommen und Güterverkehr mit ca. 19 Mio. t Jahrestonnage und die Ausbaugeswindigkeit im Bauwerksbereich mit 160 km/h in den Ausschreibungsunterlagen angegeben.

In Hinblick auf die Brückenausrüstung waren die Anzahl und Lage der Oberleitungsmaste sowie Befesti-

gungspunkte für die Weichensteuerung in die Planung und Kostenermittlung mit einzubeziehen, die benannten Erdungssysteme waren zu planen und zu installieren und die erforderlichen späteren Kabelführungen zu ermöglichen. Der vorgesehene Schotteroberbau selbst war nicht Gegenstand der Ausschreibung.

Zur Dimensionierung der Entwässerung war das maßgebende Regenereignis angegeben mit dem Hinweis auf das Grundwasserschutz- und Wassergewinnungsgebiet und der Forderung, dass Bahnbetrieb und Ökologie nicht beeinträchtigt werden dürfen. Vorfluter und eine Streckenentwässerung waren nicht vorhanden. Der Entwurf der Brückenentwässerung, die Klärung des Wasserabflusses und die Einholung notwendiger behördlicher Genehmigungen waren bei diesem Vergabeverfahren, wenn auch mit Unterstützung des Bauherrn, Aufgabe der ausführenden Firmen.

Die vollständige Summe der umfangreichen funktionalen Anforderungen lässt sich vereinfachend zusammenfassen in der Aufforderung, einen über die Lebensdauer der neuen Brücke ungehinderten und durch Dritte unbeeinträchtigten Zug-, Fußgänger- und Fahrradverkehr sicherzustellen, einen ungestörten Flusslauf und Wasserhaushalt zu gewährleisten, die unterführte Schifffahrt und den Straßenverkehr aufrechtzuerhalten und der Funktionalität des Gelderse Dijk und des Schellerdijk sowie der vorhandenen Flora und Fauna (Ökologie) Rechnung zu tragen. Entwurf, Kalkulation, Planung und Bauausführung aller hierzu

notwendiger Anlagen mit der Beachtung gleisbautechnischer Schnittstellen waren den beauftragten Firmen übertragen.

2.3 Bauentwurf

2.3.1 Überbau

Wunsch des Bauherrn war ein architektonisch herausragendes Bauwerk mit hoher Akzeptanz in der Bevölkerung. Entsprechend stand zunächst die äußere Gestaltung mit der Wahl des Tragsystems im Vordergrund. Der Entwurf des Architekten *Paul Wintermans* sah ein schlankes, fließendes Tragwerk vor, das sich zurückhaltend in die flache niederländische Landschaft einpassen sollte (Bilder 2 und 3). Monumente, die sich selbst betonen und ihre Umgebung in den Hintergrund drängen, wurden schnell verworfen.

Fast zwingend ergab sich so ein Fachwerkbogen über dem Flussfeld, dessen Mindeststützweite aufgrund der Projektanforderungen mit 150 m festgelegt wurde. Zur Reduzierung der Bauhöhe wurde die Bogenform als Durchlaufsystem auch über die 75 m überspannenden Nachbarfelder geführt. So ergab sich ein Bogenstich von 14,5 m, der im Verhältnis nur 1 : 10,3 der Stützweite des Hauptfeldes beträgt. Alle Querschnitte des Bogentragwerkes sind luftdicht verschweißte Hohlkästen mit für die Brückenansicht und die spätere Bauwerksunterhaltung vorteilhaften ebenen Flächen.

Die Vorlandbereiche sollten von einem möglichst schlanken Haupttrag-

werk mit konstanter Bauhöhe überspannt werden. Die Konstruktionshöhe der Brückenhauptträger war hierbei durch den Gradientenverlauf der Bahnlinie und die Lichtraumprofile von IJssel und Straße am Gelderse Dijk ohnehin sehr begrenzt.

Da niedrigere unterhalb der Gleislage angeordnete Längsträger unsinnig kurze Auflagerabstände bedingt hätten, wurden die Hauptträger seitlich der Gleise angeordnet. Unter Beachtung der Entwurfsvorschriften wurde eine Hauptträgerbauhöhe von 2,60 m bestimmt, die örtlich über der Straße am Gelderse Dijk auf 1,95 m verringert werden musste (Bild 4).

Mit der architektonisch und baubetrieblich geprägten Entscheidung einer einheitlichen Materialwahl und der Ausführung des gesamten Haupttragwerkes in Stahl wurde für die Vorlandbereiche eine Regelstützweite von 40 m mit verkürzten Randfeldern gewählt. Die Schlankheit der Längsträger ist mit 1 : 15,4 ein für die Eisenbahnbrücke technisch und wirtschaftlich günstiger Wert, die Feldlänge von 40 m vorteilhaft für Fertigung und Montage.

Die Hohlkastenquerschnitte der luftdicht verschweißten Hauptträger setzen sich mit unveränderter Bauhöhe im Untergurt des Bogenfachwerkes fort (Bild 5). Aus Gestaltungsgründen sind Außenflächen und Untersicht mit 10 bzw. 6,5 Grad geneigt. Unter architektonischen Aspekten sollten auch die Fachwerkbögen in ebener Fortsetzung der Neigung der Außenstege zur Innenseite mit 10 Grad geneigt werden. Die Einhaltung der

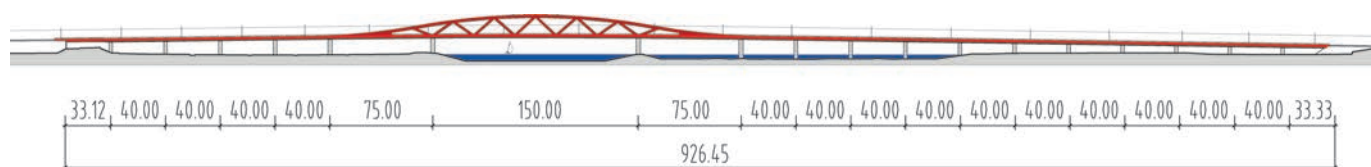


Bild 2. Brückenansicht
Fig. 2. View of the structure

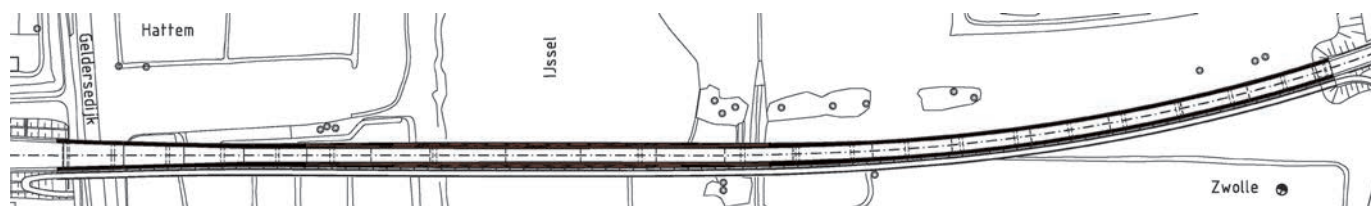


Bild 3. Brückengrundriss
Fig. 3. Ground plan of the structure

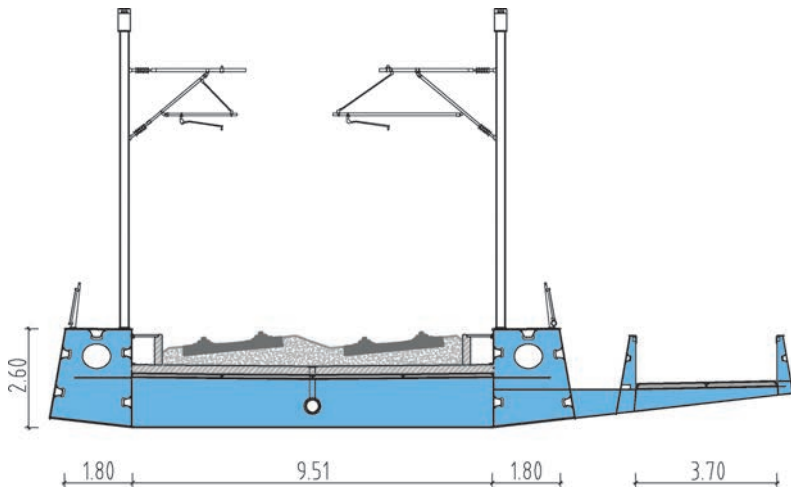


Bild 4. Querschnitt Vorlandbereich
Fig. 4. Cross-section of the foreshore bridge

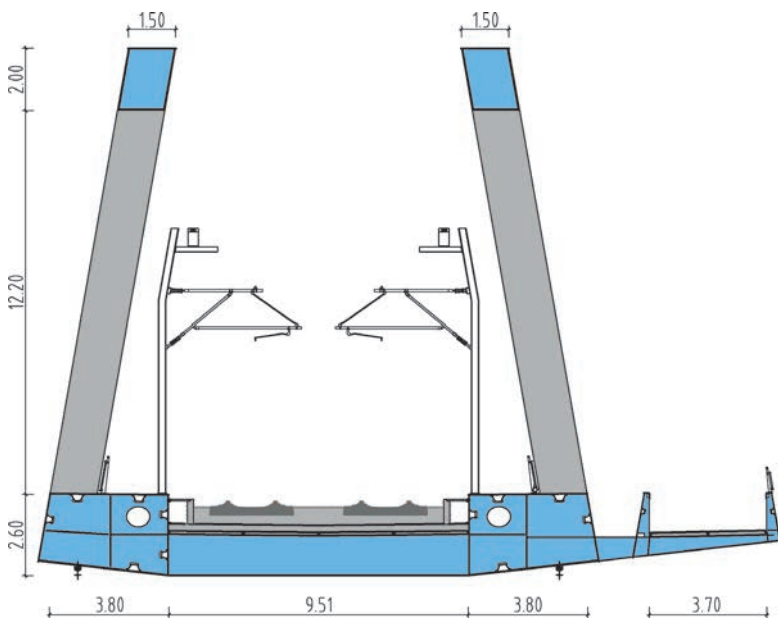


Bild 5. Querschnitt Bogenbereich
Fig. 5. Cross-section of the arched truss



Bild 6. Fachwerkbogen über dem Flussfeld
Fig. 6. Arched truss over the river IJssel

Regellichträume für den Eisenbahnverkehr zwang mit steigender Bogenhöhe zu einer stetigen Verbreiterung der Fachwerkuntergurte, da die Innenkante dieser Hohlkastenträger wie die Schotterbegrenzung und der Kabelkanal in konstantem Abstand zur Gleisachse verlaufen sollten. Auf Verbände oder Querriegel zwischen den Bögen wurde aus architektonischen Gründen verzichtet.

Das Maximum an Transparenz in der Brückenansicht erforderte eine Minimierung der Diagonalenanzahl (Bild 6). Statische Überlegungen und der Umstand, dass eine weitergehende Verringerung der Diagonalen durch den deutlich zunehmenden Baustahlbedarf zu unwirtschaftlich geworden wäre, begrenzten die Knotenstände auf 30 m.

Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und zur Reduzierung der Schallemission wurde die Fahrbahnplatte in Stahlbeton geplant, unterstützt von 1,3 m hohen Stahlquerträgern im Abstand von 3,33 bis 3,57 m. Durch die Wahl tragender Fertigteilplatten mit einer Ortbetonergänzung wurde der aufwändige Einsatz von Schalungen vermieden.

Der Rad- und Fußweg sollte nach den Vorstellungen des Architekten nicht in den Hauptquerschnitt integriert, sondern seitlich an den Eisenbahnüberbau angehängt und als optisch eigenständiges Überführungsbauwerk von diesem getragen werden. Die Betonfahrbahn aus Vollfertigteilen wurde in Angleichung der Untersichten wie im Haupttragwerk von Stahlquerträgern unterstützt. Die ebenen Seitenansichten der in Geländehöhe ausgeführten Längsträger sowie die Unterkante des Rad- und Fußweges wurden entsprechend der Hauptträgergestaltung geneigt.

2.3.2 Lagerungssystem und Übergänge

Beim Entwurf des Stahlverbundtragwerkes und des Lagerungssystems war eine Reihe von Aspekten in Bezug auf das Tragwerk selbst und den Gleisoberbau gegeneinander abzuwägen. Zur Minimierung von Unterhaltungsaufwendungen für das Tragwerk und den Gleisoberbau galt die Entscheidungsprämisse, die Anzahl von Lagern und Fugenkonstruktionen so gering als möglich zu halten. Entsprechend wurde ein über die gesamte

Länge von 927 m durchlaufendes Tragwerk ohne Fugen entworfen. Schienenauszüge sollten auf die Überbauenden beschränkt bleiben.

Die vollständige Vermeidung von Schienenauszügen war mit den Entwurfsvorgaben nicht möglich. In fugenlosen Gleisen erreichen die Schienenspannungen aus Temperatur und Bremsbelastungen ihre zulässigen Werte, wenn die Überbauenden von den Bewegungsnullpunkten etwa 90 m entfernt liegen. Die maximale Stützweite betrug hier 150 m und die Bogenlänge 300 m. Ein entscheidendes Kriterium war auch der Umstand, dass etwa 100 m vom Brückenende Hattem entfernt eine Weiche auf dem Überbau eingebaut werden musste. Durch die Atmungslänge eines an Fugen angrenzenden Gleisrostes war ein übergangsfreier Bereich von ca. 60 m vor und hinter der Weichenkonstruktion und damit auf einer Gesamtlänge von ca. 220 m gefordert.

Hochwertige Schienenauszüge mit größeren Dehnwegen am Ende längerer Brückenbauwerke sind gegenüber einer Mehrzahl kleinerer Übergänge in Hinblick auf Gebrauchstauglichkeit, Wartung und Unterhalt nicht als nachteilig zu bewerten. Im Gegenteil weisen Standardübergänge einfacherer Bauweise konstruktionsbedingte Nachteile durch führunglose Bereiche der Schiene mit höherem Verschleiß, größerem Wartungsaufwand und einer größeren Lärmentwicklung auf.

Vom Einbau einfacher in den Niederlanden gebräuchlicher Standardübergänge war bei den genannten Konstruktionsnachteilen im gekrümmten Grundriss des Gleisbettes ohnehin abzusehen, zumal auch das niederländische Normenwerk den Einbau von Übergängen im Schotterbett auf Brückentragwerken grundsätzlich untersagt.

Dem Wunsch des Bauherrn entsprechend wurde nur ein Schienenauszug am Widerlager Zwolle im radial gekrümmten Gleis eingebaut. Auf der Seite Hattem wurde der Überbau zusammen mit der Radwegkonstruktion der hohen horizontalen Auflagerkräfte wegen in das Widerlager eingespannt und auf aufwändige und notwendigerweise austauschbare Brückenlager verzichtet. Als Lager kamen in allen übrigen Auflagerachsen Kalottenlager und Querverstärkungen zur Ausführung.

Die schubfeste Anbindung des abliegenden Radweges ließ durch die Mitwirkung im Gesamtquerschnitt hohe Konsolbelastungen mit entsprechend aufwändigen Anschlusspunkten erwarten. Eine regelmäßige Fugenteilung wurde jedoch wegen des konstruktiven Aufwandes, der Schadensanfälligkeit und den Unterhaltungsaufwendungen sowie den architektonisch gewünschten ebenen und ungestörten Ansichtsflächen verworfen.

Das gewählte Durchlaufsystem ohne Fugen und mit minimierter Lageranzahl erfüllt gleichermaßen höchste Ansprüche an die Dauerhaftigkeit des Tragwerkes und des Gleisoberbaus. Kosten für den Unterhalt eines verschleißträchtigen Schotterbetts mit Fugen und Übergängen, bedingt durch die zyklischen Belastungen aus Drehwinkeln und Verformungen, bleiben dem Bauherrn erspart.

2.3.3 Unterbau

Der Entwurf des Architekten sah V-förmige Pfeilerscheiben vor, die sich



Bild 7. Pfeileransicht
Fig. 7. View of the columns



Bild 8. Gesamtansicht des Brückenbauwerkes
Fig. 8. General view of the bridge

optisch zurückhaltend unter dem Tragwerk zurücknehmen, sich mit ihrer grauen Betonfarbe dem umgebenden Gelände anpassen und den in Rot gehaltenen Überbau als die überführende Tragstruktur hervorheben (Bilder 7 und 8).

Das Widerlager Hattem weist wegen den aus dem Überbau aufzunehmenden Horizontalkräften mit $l/b = 40/30$ m beträchtliche Fundamentabmessungen auf. Das Widerlager Zwolle trägt in seiner Detailausbildung den Übergangskonstruktionen und Schienenauszügen Rechnung. Gegründet ist das Tragwerk auf in den Niederlanden gebräuchlichen Spannbetonrammpfählen mit Querschnittsabmessungen von $b/d = 450/450$ mm.

3 Tragwerksplanung

3.1 Systems Engineering

Für das Design des Tragwerkes war vom Bauherrn ein Systems Engineering vorgeschrieben, worunter man allgemein eine Methode versteht, komplexe Entwicklungs- und Entwurfsprozesse so zu planen und zu steuern, dass die Projektanforderungen in einen optimierten Gesamtentwurf münden. Sichtbar sollen dabei nicht nur das Endprodukt, sondern auch alternative Lösungsansätze, Entscheidungen und deren Auswirkungen sein. Das Schnittstellenmanagement garantiert zielgerichtete und terminlich vorgegebene Abläufe.

Die Struktur des Entwurfsprozesses, als System-Breakdown-Structure (SBS) bezeichnet, wird ausgehend von den Anforderungsspezifikationen des Bauherrn und den Forderungen der bautechnischen Regelwerke durch eine Reihe von Dokumenten beschrieben. Variantenbetrachtungen, die in

einer sogenannten Trade-Off-Matrix gegenübergestellt werden, liefern Auskunft über eine funktionale, qualitative, terminliche und finanzielle Risikobewertung von Entwurfskonzepten. Eine Anforderungskontrollmatrix und Verifikationspläne sollen garantieren, dass alle Anforderungen sicher erfüllt werden. Weitere Bestandteile des SBS sind RAMS-Analyse und Safety-Analyse, die beschreiben und dokumentieren, in welcher Form und durch welche Vorkehrungen der Entwurf die entsprechenden Bedingungen erfüllt.

Der globale Systementwurf sowie auch alle aus dem Systementwurf abgeleiteten Detailentwürfe unterliegen diesem Prozessablauf. Durch den fortlaufenden und engen Dialog und die Besprechung aller Entwurfsansätze mit dem Bauherrn garantiert diese Vorgehensweise den angestrebten optimalen Designerfolg und reduziert durch die dokumentierte Selbstkontrolle den Prüfungsumfang des Bauherrn auf stichprobenartige Kontrollen.

Vorgeschrieben war Systems Engineering bereits für die Erstellung des Angebotsentwurfes. In Verbindung mit der vertieften Wiederholung der einzelnen Prozessphasen wurden nach der Auftragsvergabe die Entwurfsdokumente zur Erlangung der öffentlich rechtlichen Genehmigungen sowie die Ausführungsunterlagen für die Baustelle in Form der statischen Berechnungen, der Konstruktions- und schließlich der Bestandszeichnungen erstellt.

Systems Engineering war auch für die Bauausführung vorgeschrieben, um sicherzustellen, dass die in der Ausführungsplanung berücksichtigten Anforderungen sowie darüber hinaus die zusätzlichen Anforderungen an den Baustellenbetrieb Beachtung finden.

Der Projektstrukturplan, hier als Work-Breakdown-Structure (WBS) bezeichnet, umfasst weitergehende Belange wie die Durchführung von Baufelduntersuchungen, Umweltmaßnahmen, den Schutz Objekte Dritter wie Kabel und Leitungen, Abnahmen, Prüfungen und Vermessungen, um einige notwendige Teilaufgaben zu nennen. Bestandteil des Systems Engineering ist auch ein Risikomanagement, das Toleranzen des Tragwerkes oder zeitliche Risiken, wie zum Beispiel die verspätete Erreichbarkeit öffentlich rechtlicher Genehmigungen beinhalten kann.

3.2 Technische Bearbeitung

3.2.1 Statisches System

Der Bauwerksentwurf ergab ein Tragwerk mit Stützweiten von $33,12\text{ m} + 4 \times 40,0\text{ m} + 75,0\text{ m} + 150,0\text{ m} + 75,0\text{ m} + 10 \times 40,0\text{ m} + 33,33\text{ m} = 926,45\text{ m}$. Die Gradiente verläuft über der IJssel in einer Kuppenausrundung mit anschließenden konstanten Längsgefällen zu den Widerlagern hin. Im Grundriss liegt das Bauwerk auf der Seite Hattem bis zur IJssel in einer Geraden, an die zur Seite Zwolle hin eine Klothoide anschließt, die vor dem Widerlager in einen Radius übergeht. Durch die Anordnung von Weichen in jedem der beiden Gleise weitet sich der Überbau zum Widerlager Hattem hin um $7,65\text{ m}$ auf.

Die gestalteten Querschnitte der Hohlkastenhauptträger sind zur Einhaltung der Lichträume von Bahn und Straße im Bogenbereich variabel breit und über der Straße am Gelderse Dijk variabel hoch (Bild 9). Durch die entlang der Stützweiten unterschiedlichen Fahrbahnbeanspruchungen der Querträger, die örtlich unterschiedlichen Einspanngrade aus dem Bogenfachwerk und die Aufweitung des Überbaus im Grundriss weist die überwiegende Mehrzahl der offenen Querträgerprofile unterschiedliche Flanschbreiten und Blechdicken auf, wobei die Untergurte aus optischen Gründen weitestgehend konstant breit ausgeführt wurden. Zur Stabilisierung des Bogens und zur Aufnahme der Zwangsschnittkräfte aus den Fahr-

bahnplatten von Haupttragwerk und Radweg wurden über den Flusspfeilern sowie am Brückeneende $2,5$ bzw. $2,2\text{ m}$ breite Hohlkastenquerträger vorgesehen, die sich auch in den Konsolen und Querträgern des Radweges fortsetzen. Im sich aufweitenden Endfeld auf der Seite Hattem ist wegen der großen Stützweite der Querträger bei gleichzeitig über der Straße verringelter Bauhöhe in Brückenachse ein Hohlkastenlängsträger zur Lastverteilung und Versteifung des Tragwerkes vorgesehen.

Der Trägerrost des Radweges ist über Konsolen an das Haupttragwerk angeschlossen. Für die Regelkonsolen der Vorlandbereiche wurden offene Schweißprofile gewählt. Höher beanspruchte Konsolen, deren Schnittkräfte weniger aus der Vertikalbelastung der Kragearme als vielmehr aus der Schubanbindung der im Gesamtquerschnitt mittragenden Geh- und Radwegkonstruktion resultierten, wurden im Bogenbereich und in den Auflagerachsen als Hohlkastenquerschnitte ausgebildet, die in Achse der Flusspfeiler und am Brückeneende die genannten großen Abmessungen aufweisen.

Die Betonfahrbahnen von Hauptbrücke und Radweg tragen im Querschnitt mit und sind über Kopfbolzendübel mit Haupt- und Querträgern schubfest verbunden.

Zur Berechnung des Überbaus wurden die Stahlstruktur als räumliches biegesteifes Stabsystem und die Stahlbetonverbundplatten mit in das



Bild 9. Überführung über den Gelderse Dijk
Fig. 9. Bridge over the Gelderse Dijk

Rechenmodell integrierten finiten Elementen abgebildet. Wegen der beschriebenen über die gesamte Länge höchst variablen Bauwerksgeometrie wurde das Tragwerk zunächst als 3D-Modell konstruiert, die Eckkoordinaten der Querschnitte im Abstand der Querträger und in statisch relevanten Punkten in Exceltabellen erfasst und Systempunkte für das zu berechnende Stabsystem definiert. Mit der zugeordneten parametrisierten Querschnittsbeschreibung und der Anpassung der Exceltabellen an das Eingabeformat des Rechenprogramms Sofistik konnten die Eingabedateien des Rechenmodells erstellt werden.

Mit der Systembeschreibung über frei gewählte Systempunkte und der Erfassung der Querschnittswerte und Schwerpunktlagen durch das Rechenprogramm wurden Exzentrizitäten aus Schwerpunktsprüngen an Blechdickenänderungen genau berücksichtigt.

Änderungen und Optimierungen waren mit vergleichsweise geringem Zeitaufwand möglich.

Im Bereich der Bogenfußpunkte war die Beschreibung des Stabsystems nicht einfach möglich, da sich der definierte Bogenquerschnitt über eine Länge von ca. 30 m aus der von 2,6 m bis auf ca. 6,5 m ansteigenden Bauhöhe der Hauptträger heraus entwickelt. Die Bearbeitung und Gegenüberstellung von Variantenbetrachtungen lieferte eine zutreffende Geometrie des Stabsystems und der Querschnittsbeschreibungen (Bild 10).

Die Knotenpunkte der Fachwerke, die Bogenfußpunkte sowie Auflagerpunkte und Querschotte wurden mit Hilfe der Finite-Element-Methode beschrieben und zur Dimensionierung im Stabsystem eingefügt. Komplizierte Betrachtungen von Auflagerbedingungen separater Systeme konnten entfallen. Weiterhin konnten so die Auswirkungen der Steifigkeiten der aus-



Bild 10. Bogenendpunkt
Fig. 10. End of the arched truss

geprägten Fachwerkknoten auf die Berechnung und das Verformungsverhalten des Stabsystems bestimmt werden. Die spannungslose Werkstoffform wurde mit den eingefügten FE-Modellen exakt berechnet. Für die Dimensionierung des Stabwerkes konnten die sich hier als gering erweisenden Einflüsse der Knotenversteifung vernachlässigt werden.

Mit im System abgebildet wurden die Pfeilerscheiben. Der Einfluss der Pfahlgründung wurde nach getrennter Berechnung durch die Eingabe von Federelementen simuliert. Die V-förmigen Pfeilerscheiben wurden mit finiten Elementen beschrieben (Bild 11).

Bei einem System dieser Größe können die Rechenzeiten in Anbetracht der Vielzahl der Lastfälle und der Notwendigkeit der wirtschaftlichen Optimierung nicht unbeachtet bleiben.

In Längsrichtung wurden die Elementgrößen der Fahrbahnplatte so gewählt, dass die mitwirkenden Breiten richtig erfasst wurden. Wegen der größeren Elemententeilung in Querrichtung wurden die mitwirkenden Breiten der Querträger über eine Anisotropie des Materials und die Reduzierung des E-Moduls in Querrichtung berücksichtigt. Die Dimensionierung der Fahrbahnplatten selbst wurde an getrennten feiner gegliederten FE-Systemen durchgeführt.

Rissbildungen der Fahrbahnplatte aufgrund von Zugspannungen in Bogen- und Stützbereichen wurden durch entsprechende Reduzierung der Plattensteifigkeit berücksichtigt. Zu be-

achten war hierbei, dass insbesondere im schubfest angeschlossenen Geh- und Radweg Zwangsschnittkräfte in der Dimensionierung von Tragstruktur und Verbundmitteln nicht unterbewertet wurden.

Für die Stahlkonstruktion wurde Stahl der Güte S355 gewählt, die Fahrbahnplatten bestehen aus Stahlbeton C35/45.

3.2.2 Nachweisführungen

Vertragliche Grundlage der Nachweisführungen waren das niederländische bautechnische Regelwerk NEN und die Richtlinien von ProRail und Rijkswaterstaat. Für die Stahlgütewahl und die darauf basierende internationalisierte Stahlbestellung sowie für Ermüdungsnachweise besonderer Kerbdetails war es erforderlich, zusätzlich den Eurocode NEN-EN mit heranzuziehen.

Die Dimensionierung des Tragwerkes im Endzustand ergab sich aus der Addition der Schnittkräfte aller einzelnen Bauphasen. Verschlossenerungen im Bauzustand wurden in Form von Stabgelenken erfasst, Montagehilfskonstruktionen und temporäre Aussteifungen waren Bestandteil der Teilsysteme. Verkehrsbelastungen, Wind und Temperatur wurden in allen Bauzuständen berücksichtigt.

Berechnet ist das Brückentragwerk für das Lastmodell 71 sowie SW/0 und SW/2 unter Beachtung des Faktors $\alpha = 1,10$. Die Beanspruchungen auf dem Geh- und Radweg schlossen neben der üblichen Ver-



Bild 11. Anpassung des Tragwerkes an die Flusslandschaft
Fig. 11. Harmoniousness of structure and landscape

kehrbelastung von 5 kN/m^2 auch ein 30-t-Fahrzeug mit ein, um die Befahrung mit Feuerwehr und Rettungskräften zu ermöglichen.

In Abhängigkeit der CEMT-Klasse der Binnenschifffahrt und der Fließgeschwindigkeit der IJssel ergaben sich Kräfte aus dem Schiffsanprall auf die Pfeiler von bis zu 32,1 MN je nach Wirkungsrichtung. Zur wirtschaftlichen Dimensionierung wurde zwischen den unterschiedlichen Massen der Schiffe mit zugehörigem Tiefgang und Lastangriffspunkt unterschieden.

Die Bogenstabilität wurde am räumlichen Tragwerk unter Zugrundelegung der maßgebenden Lastfallkombination nach Theorie II. Ordnung mit der Vorverformung der Eigenform mit dem niedrigsten Verzweigungsfaktor nachgewiesen. Zur Kontrolle wurde die Knickstabilität des Bogens an einem durch die Diagonalen horizontal elastisch gebetteten Stabzug berechnet. Ebenso wurden die Diagonalen als einfache Knickstäbe überprüft, da diese in den ersten Eigenformen des räumlichen Systems kein Ausknickverhalten zeigten.

Grundlage für die Nachweise der Ermüdungsfestigkeit war die niederländische Norm NEN, wobei für zahlreiche Nachweise auch die detaillierteren Kerbfalltabellen des Eurocode mit herangezogen wurden. Dies war nicht weiter problematisch, da die Nachweiskonzepte mit den λ -Faktoren von NEN und EC einander entsprachen. Da die in der NEN angegebenen Spannungsamplituden der Kerbfälle von 1×10^7 anstatt von 2×10^6 Lastspielzahlen ausgehen, war ein in der Normung bereits angegebener Anpassungsfaktor von 0,585 zu berücksichtigen.

Durch die Gestaltung des Tragwerkes mit den geeigneten Außenabmessungen der Hauptträger und der Konsolanbindung des Geh- und Radweges wurden für zahlreiche Verbindungen umfangreiche Strukturspannungsnachweise mit Hilfe der FEM-Methode geführt, da die katalogisierten Kerbfalltabellen nicht alle vorhandenen Detailpunkte ausreichend beschreiben konnten.

Das dynamische Verhalten des Brückenüberbaus wurde mit den nach NEN 6706 und EN 1991-2 vorgegebenen Betriebslastenzügen und Geschwindigkeiten untersucht. Ziel der

Berechnungen waren die Bestätigung der dynamischen Beiwerte, das Ausschließen von Resonanzeffekten und der Nachweis, dass die maximal zulässigen Beschleunigungswerte entlang des Überbaus eingehalten werden.

Zur Sicherstellung der Stabilität von Schotterbett und Schienenlage sind die vertikalen Beschleunigungen gemäß dem Regelwerk und den Ausschreibungsunterlagen auf $3,5 \text{ m/s}^2$ und zur Sicherung des Reisekomforts auf $2,0 \text{ m/s}^2$ begrenzt. Für die Fußgängerbrücke schreibt der Nutzungskomfort maximale Beschleunigungswerte von $0,7 \text{ m/s}^2$ vor.

Weiterer Bestandteil der technischen Bearbeitung war die Berechnung der zusätzlichen Schienenspannungen, die sich durch den Einfluss des Brückenbauwerkes gegenüber den Schienenspannungen im Regelgleis auf dem Erdkörper ergeben. Für die Modellierung des Systems Brückentragwerk – Schotterbett – Schienen waren Werte für die Längsverschiebewiderstände zwischen Schotterbett und Überbau und die Durchschubwiderstände zwischen Schiene und Schwellen in der NEN 6706 angegeben.

Zur Minimierung der Differenzverformungen zwischen Gleisbett und Überbau wurden am freien Überbauende mit den Schienenausügen Spannklemmen mit verringertem Durchschubwiderstand und Schwel-

lenabstandhalter eingebaut. Neben der Einhaltung der zulässigen Schienenspannungen wurden die Lagestabilität des Schotterbetts, dessen Differenzverformung zum Überbau sich im elastischen Bereich des Kraft-Verformungs-Diagramms des Längsverschiebewiderstandes zu bewegen hatte, und die Dehnwege des freien Überbauendes im Bereich der Schienenausüge berechnet.

4 Montage

Mit der Montage begonnen wurde aus zeitlichen Gründen im Vorlandbereich, außerhalb des fertigungstechnisch schwierigen Fachwerkbogens (Bild 12). Die Montage erfolgte dabei zeitgleich zu beiden Seiten der IJssel, beginnend neben den Hauptöffnungen zu den Widerlagern hin.

Feldweise wurden die Schüsse der beiden Hauptträger verlegt und die Querträger zwischen diesen montiert. Zum Verlegen der ersten Schüsse waren temporäre Hilfsstützen erforderlich. Nach dem Verschweißen der Brückenfelder wurden im Nachgang fortlaufend die Fußwegsegmente über Verschlosserungen angehängt und anschließend untereinander und mit dem Haupttragwerk verschweißt.

Die Stahlkonstruktion auf der Seite Hattum wurde um 100 mm zum Widerlager versetzt montiert, um



Bild 12. Fertigung im Werk
Fig. 12. Assembly in the plant

Raum für den späteren Litzenhub des mittleren Bogenteiles zu schaffen. Temporäre Längsfesthaltungen wurden an den Pfeilerauflagern der zuerst verlegten Schüsse eingebaut, temporäre Querfesthaltungen in allen Auflagerachsen angeordnet.

Die Kalottenlager auf der Seite Zwolle wurden fortlaufend mit der Montage des Stahltragwerkes verschraubt und vergossen. Zum Ausgleich von Toleranzen aus Fertigung und Temperatureinflüssen zwischen

den beiden Vorlandbereichen sowie zwischen den Vorlandbereichen und dem Bogenmittelteil wurden die übrigen vorab versetzten Lager erst nach Abschluss der Stahlbaumontage ausgerichtet und fest eingebaut.

Nach dem Erreichen der Widerlager folgte die Montage der Bogenteile in den beiden Nachbarfeldern der IJssel mit Auskragungen in das Flussfeld. Der verbleibende 135 m lange Mittelbogenabschnitt wurde auf einem Vormontageplatz auf der Vor-

landseite Zwolle hochwassersicher auf 2,5 m hohen Hilfsunterstützungen vormontiert. Höchste Aufmerksamkeit bei Planung und Fertigung galt der Passgenauigkeit zwischen diesem Einschwimmteil und den vorab montierten Vorlandbereichen. Im Unterschied zu den meisten üblichen Brückenkonstruktionen schlossen die massiven Querschnitte mit Blechdicken bis zu 80 mm Korrekturen nach dem Litzenhub (s. Bild 13) nahezu aus. Aus diesem Grunde wurde zunächst der Eisenbahnquerschnitt ohne Fußweg montiert und verschweißt, anschließend das Tragwerk auf Endpunkte in den Achsen der späteren Litzenheber umgesetzt und erst danach der Geh- und Radweg seitlich angeschlossen und verschweißt. Vermieden wurden so merkliche räumliche Verwindungen beim Freisetzen einer stark unsymmetrischen Gesamtstahlkonstruktion.

Nach der Fertigstellung wurde das ca. 2400 t schwere Einschwimmteil mit Modultransportern über eine eigens hierfür errichtete Rampe auf Pontons gefahren, in die Brückenachse eingeschwommen und mittels Litzenhebern in die Endlage eingehoben (Bild 14).

Nach dem Lückenschluss vom Widerlager Hattem aus und der statisch erforderlichen Verbindung von Bogenmittelteil und Vorlandbereichen wurden der temporäre Festpunkt zum Widerlager Hattem verlegt und die temporären Längsfesthaltungen auf den Pfeiler ausgebaut. Von diesem Festpunkt aus war auch vor dem Einbau der Lager auf der Vorlandseite Hattem und auf den Flusspfeilern eine Lagekorrektur des zu diesem Zeitpunkt ca. 15000 t schweren Gesamttragwerks möglich. So fixiert konnte die biegesteife Verbindung zwischen Überbau und Widerlager Hattem durch Betonieren der oberen Bereiche der Auflager- und Flügelwände und Ausbetonieren der Stahlhohlkästen von Hauptbrücke und Fußweg hergestellt werden (Bild 15).

Die Fahrbahnplatte von Hauptbrücke und Radweg wurde in engem zeitlichen Nachgang zum jeweils fertig gestellten Stahlbau aufgebracht. Die Halbfertigteile des Eisenbahnquerschnittes sowie die Vollfertigteile des Geh- und Radweges wurden mittels auf dem Brückendeck stehenden Mobilkran feldweise verlegt. Durch das



Bild 13. Detailansicht Litzenhub
Fig. 13. Details of lifting



Bild 14. Gesamtansicht Litzenhub
Fig. 14. General view of the lifting

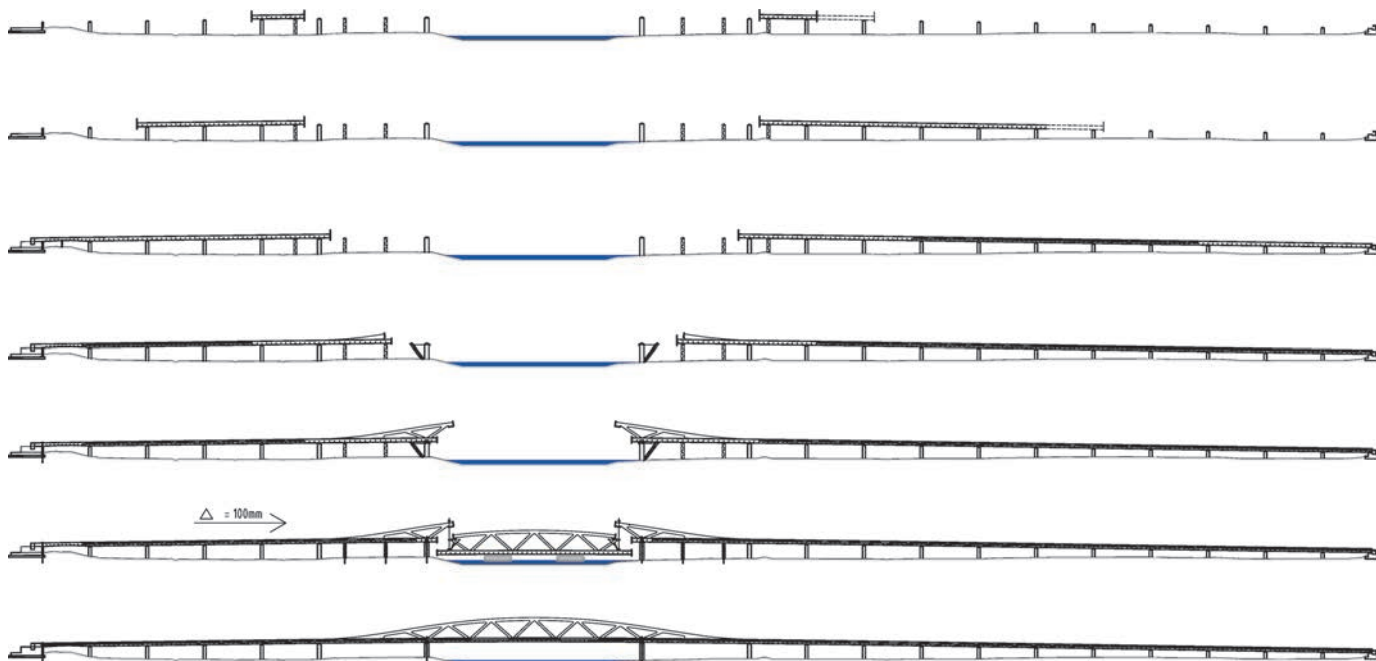


Bild 15. Übersicht Montage
 Fig. 15. Overview of the erection

sofortige Aufbringen der Ortbetonger-
 gänzung auf den Halbfertigteilen und
 in den Stoßfugen über den Stahlquer-
 trägern des Radweges konnten der
 Überbau befahren und die Stahlbe-
 tonplatten fortlaufend eingebaut wer-
 den.

5 Schlussbemerkung

Eisenbahnbrücken sind mit ihren ho-
 hen Belastungen und den Anforde-
 rungen an die Steifigkeit in aller Re-
 gel massive Bauwerke. Der Bauwerks-
 entwurf der IJsselbrücke beweist, dass
 selbst unter der schwierigen Randbe-
 dingung der ebenen niederländischen
 Landschaft ein architektonisch begeis-
 terndes Eisenbahnbrückenbauwerk
 entstehen kann (Bilder 16 und 17).
 Nicht wenige der im Vorfeld in die
 Entscheidungsfindungen der IJssel-
 querung eingebundenen Bevölkerung
 hatten sich vehement für eine Tunnel-
 lösung ausgesprochen. Nach dem mit
 großem öffentlichem Interesse beglei-
 teten Litzenhub des Bogens und der
 Fertigstellung des Brückenzuges war
 jedoch nur noch eine allgemeine Be-
 geisterung für dieses Bauwerk zu erle-
 ben.

Bemerkenswert ist jedoch nicht
 nur das fertig gestellte Werk, sondern
 auch der Beginn dieses Brückenbaus.
 Nach der Auftragsvergabe lud die
 Firma Welling alle verantwortlich Be-
 teiligte, Bauherr, Architekt, Ingenieure



Bild 16. Der Rad- und Fußweg getragen vom weit gespannten Fachwerkbogen
 Fig. 16. Cycle way supported of the arched structure



Bild 17. Die Eisenbahnüberführung im Einklang mit der ebenen Flusslandschaft
 Fig. 17. The railway structure beeing in line with the landscape

und Bauausführende zu einem gemeinsamen Tag in die Niederlande ein. In Anstand, Fairness und konstruktivem Miteinander sollte das neue Bauwerk entstehen. Unter den an diesem Tag von allen Anwesenden gemeinsam verfassten Leitmotiven ist bis zur Fertigstellung 2010 über die Grenze hinweg trotz aller Mühen, die ein Bauwerk dieser Größe immer fordert, in konstruktiver und kollegialer, sogar freundschaftlicher Zusammenarbeit ein richtungweisendes Bauwerk entstanden.

Am Bau Beteiligte:

Bauherr:

ProRail B.V., NL-3500 GA Utrecht

Baufirma:

Auftragnehmer: Bouwcombinatie

Welling/Züblin v.o.f., Zwolle

Ed Züblin AG, D-47053 Duisburg

B.V. Welling, NL-6940 BA Didam

Stahlbau:

Fa. Max Bögl Nederland B.V.,
Amsterdam

Architekt:

Quist Wintermans Architekten,
3016 DJ Rotterdam

Entwurfsplanung:

SSF Ingenieure AG, 80807 München
Grontmij, NL 3730 AE de Bilt

Tragwerksplanung:

SSF Ingenieure AG, 80807 München
ABT bv, NL-6800 Arnheim

Prüfung:

SECONED, NL 4803 EW Breda

Trassenplanung:

Movares BV, NL 3500 GW Utrecht

Autoren dieses Beitrages:

Bertus Bos,
Projectingenieur
ProRail Utrecht
3500 GA Utrecht

Hans-Joachim Casper, jcasper@ssf-ing.de,
Gruppenleiter,
Tamàs Simon,
Projektleiter
SSF Ingenieure AG,
Domagkstraße 1a,
80807 München

Frank van Kessel,
Oberbauleiter
ED. Züblin AG
47053 Duisburg
Düsseldorferstraße 181–185

Remco Wiltink,
Projektleiter
Fa. Welling
6940 BA Didam Niederlande
Pittelderstraat 10

SSF Ingenieure AG
Beratende Ingenieure im Bauwesen

Domagkstraße 1a
D-80807 München

T +49 89 3 60 40 - 0
F +49 89 3 60 40 - 51 05

muenchen@ssf-ing.de
www.ssf-ing.de