

**MAURER SÖHNE**  
forces in motion



[www.maurer-soehne.com](http://www.maurer-soehne.com)

# BRÜCKENBAU

Construction & Engineering

Ausgabe 1/2 • 2014

## 14. Symposium Brückenbau in Leipzig

## Maßnahme im Zuge der Erweiterung der Autobahn A 15 Bau der Botlek-Hubbrücke in Rotterdam

■ ■ ■ von Daniel Naab, Zan Ivanov, Uwe Heiland



1 2 Künftiges Erscheinungsbild der Brücke aus zwei Perspektiven  
© Konsortium A-Lanes

Berichtet wird über die technischen und organisatorischen Besonderheiten des Baus der Botlek-Brücke im Hafen von Rotterdam, Niederlande. Diese Doppel-Hubbrücke ist eine der größten ihrer Art. Sie besteht aus zwei ca. 90 m langen und ca. 50 m breiten Stahlüberbauten, deren Einzelgewichte mit den zugehörigen Ausbaulasten ca. 5.000 t betragen. Die beiden Überbauten sind innerhalb von 90 s um 31 m anzuheben und in 70 s abzusenken.

### 1 Einleitung

Die Schaffung von neuen Infrastrukturen stellt an die Entwicklung der planungsrechtlichen Voraussetzungen, den Entwurf der Infrastruktur selbst, die sichere Bewertung der Ausführungszeit und der entstehenden Kosten sowie des sinnvollen Einsatzes der verwendeten Bauweisen, Tragwerke und Ressourcen hohe Anforderungen. Aktuelle Beispiele in Deutschland zeigen, dass diese Komplexität nicht in jeder Maßnahme hinreichend zu erfassen und abzudecken ist. Ein aktuelles Beispiel für Großinfrastrukturmaßnahmen befindet sich aktuell in den Niederlanden in der Realisierung. Hier wird ein ca. 37 km langer Autobahnabschnitt in eine vorhandene komplexe Struktur integriert. Kernstück des Projekts ist der Bau der Botlek-Hubbrücke.

Dieses Bauwerk, das aus zwei Einzeltragwerken besteht, die als Hubbrücken innerhalb eines Querschnittes sowohl eine Autobahn mit zwei Richtungsfahrbahnen und Eisenbahnlinien mit zunächst einem Gleis als auch den Fuß- und Radwegverkehr überführen werden, soll im Folgenden dargestellt werden. Die Kombination von Straßen- und Eisenbahnverkehr auf einem Stahltragwerk erfolgt in einer Vielzahl von Ausführungen durch die Integration des Eisenbahnverkehrs direkt in die Fahrspuren des Straßenverkehrs (innerstädtische Straßenbahnen in Parallelnutzung zum Straßenverkehr), aber auch durch die ebenerweise Trennung zwischen den beiden Verkehrsträgern, zum Beispiel bei der Tejo-Brücke in Lissabon oder der Oberhafenbrücke in Hamburg. Die Anordnung der Fahrspuren für den Autobahnverkehr und der Eisenbahngleise in einer Ebene und voneinander geometrisch getrennt, wie bei der Botlek-Brücke, hat nun eine ungewöhnliche Querschnittsbreite und eine sich daraus ergebende Interaktion aus der Gestaltung des Lagerungssystems, der Übergänge und des Endquerträgers zur Folge. Die Vorgabegeschwindigkeit für die Durchführung der Hubvorgänge erzeugte wiederum maschinenbauliche Lösungen, die ihrerseits die Gestaltung der Brücke, der Pylone und Gründungen beeinflussten.

All jene Anforderungen und Lösungen sind eingebettet in ein Vertragsmodell für die Finanzierung und den Betrieb des Infrastrukturprojektes, das in Deutschland bislang nur modellhaft Anwendung fand.

### 2 Projektdarstellung

#### 2.1 Gesamtmaßnahme A 15

Aufgrund der Erweiterung des Hafengeländes Maasvlakte und des Neubaus des Hafens Maasvlakte II war die wichtigste Verkehrsader A 15 zu den beiden Bereichen auf die steigenden Verkehrsströme, zu Lande wie zu Wasser, anzupassen. Als Konsequenz wurde 2009 durch das niederländische Verkehrsministerium Rijkswaterstaat die Erweiterung der Autobahn A 15 um ca. 37 km in Rotterdam ausgeschrieben. Der Leistungsumfang umfasste das Design, den Bau, die Finanzierung und die Instandhaltung dieser Kapazitätserweiterung. Zwischen dem äußeren Hafengelände Maasvlakte und dem Autobahnkreuz Vaanplein werden neue Fahrbahnspuren, ca. 50 Brückenbauwerke sowie eine neue bewegliche Brücke über den Fluss, die Maas, erweitert bzw. neu erstellt. Die Bauarbeiten für die Strecke begannen Mitte 2011 und sollen bis Ende 2015 abgeschlossen sein. 2016 wird die vorhandene Brücke abgerissen.



3 Bestehendes Brückenbauwerk  
© Hans de Visser

**2.2 Konsortium A-Lanes**

Nach einer fast zweijährigen Angebotsphase setzte sich das Konsortium A-Lanes A 15 letztlich auch aufgrund des von ihm vertretenen Entwurfes für die neue Botlek-Brücke im Hafen von Rotterdam gegen weitere Mitbewerber durch. Das Konsortium besteht aus den Unternehmen John Laing, Strabag, Ballast Nedam sowie Strukton und wurde Ende 2010 mit dem Bau der Erweiterung beauftragt. Die Firmen Strabag, Ballast Nedam und Strukton erbringen zu gleichen Teilen die Design-, Bau- und Instandhaltungsphasen.

**2.3 Brücke als zentrales Bauwerk**

Die Botlek-Brücke wurde durch den in Rotterdam ansässigen Architekten Paul Wintermans entworfen. Der Vorschlag dieses Büros erfüllte als Einziger sowohl die ästhetischen Kriterien und die Forderung minimierter Pylonbauwerke durch die gewählte Kombination von Bahn und Straße auf einem Überbau als auch die strengen Vorgaben der Autoritäten Port of Rotterdam und Rijkswaterstaat bezüglich Durchfahrtsmöglichkeiten und Verkehrsbehinderung. Dabei war bereits in der Entwurfsphase klar, dass die größten Herausforderungen für die Gestaltung der zweifeldrigen vertikalen Hubbrücke deren Breite und die notwendigen Hebe- und Schließzeiten darstellen würden.

In einem beengten Baufeld mit einem nur 15 m von den Fundamenten der neuen Brücke liegenden Autobahntunnel auf



4 Verkehrsströme am Knotenpunkt Botlek © Konsortium A-Lanes

der einen Seite sowie der bestehenden alten Botlek-Brücke aus dem Jahre 1956 mit einem Abstand von 29 cm auf der anderen Seite wird der Neubau mit seinen zwei Stahlfeldern von jeweils 92 m Länge und 50 m Breite den Fluss Maas überspannen.

**2.4 Elemente der Brücke**

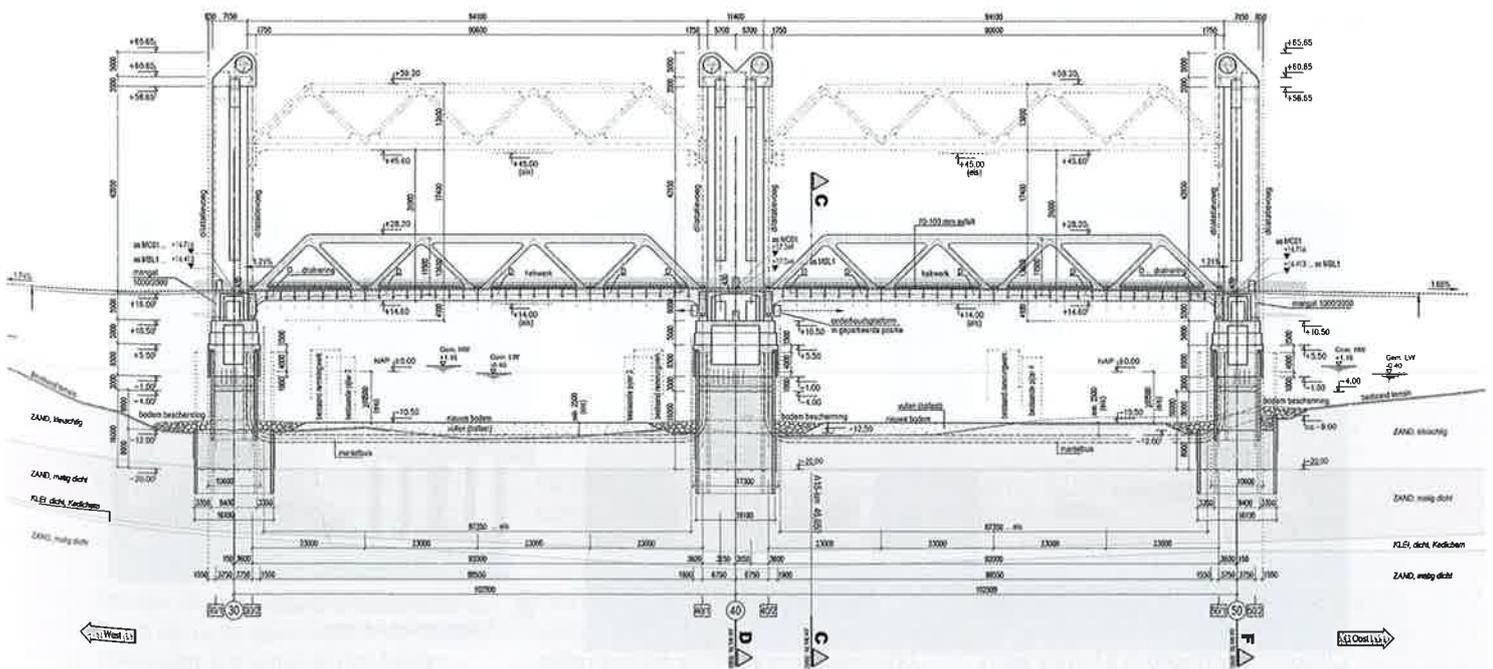
**2.4.1 Stahltragwerk**

Der Stahlüberbau mit einem Ausbaugewicht von 5.000 t wird durch jeweils drei Stahlfachwerkträger mit einer Fachwerkhöhe von 11,00 m getragen. An den vier Seilbefestigungspunkten an den Enden des Endquerträgers mit Abmes-

sungen von 1,40 m Breite und 5,00 m Höhe werden jeweils 16 Stahlkabel mit einem Durchmesser von 90 mm befestigt. Insgesamt beträgt die Gesamtlänge der Haltekabel ca. 7.500 m.

**2.4.2 System**

Die Brücke ist als »balancierte Brücke« ausgebildet. Das bedeutet, dass die Kontergewichte zwischen den Türmen exakt das ausgebauten Brückengewicht aufnehmen. Lediglich die Verkehrslasten werden durch maschinenbauliche Elemente wie Zugkabel, Umlenkrollen jeweils am Kontergewicht und Brückenendquerträger ausgeglichen.



5 Ansicht der Konstruktion im Gebrauchs- und Hubzustand © Konsortium A-Lanes

## 2.4.3 Umlaufrollen

Zur Steuerung der Hubgewichte und -geschwindigkeiten befinden sich auf jedem Pylonkopf acht Umlaufrollen aus Gussstahl mit einem Durchmesser von 3,60 m und einer Breite von 45 cm, auf denen jeweils zwei Kabel laufen. Die Dimensionierung solcher Rollen sowie der Kabel liegt in weiten Teilen außerhalb der vorhandenen Normgebung und bedurfte neben umfangreicher Entwicklungsarbeit im Einzelfall der Zustimmung des Auftraggebers. Allein diese maschinenbauliche Komponente hat zusammengebaut und auf die Lagerachsen montiert ein Gesamtgewicht von 130 t.

## 2.4.4 Maschinenbau

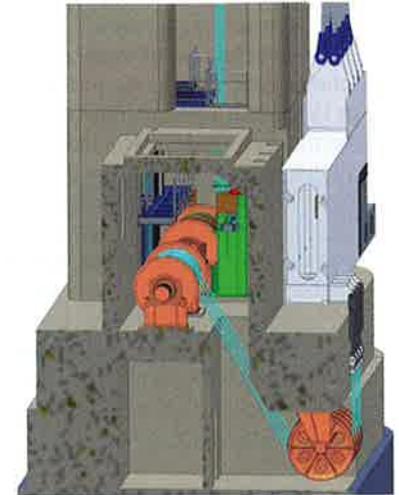
Elemente aus acht Antrieben und zugehörigen Achsen sowie Kabeltrommeln für die Haltekabel und die Zugkabel ermöglichen es, ein Gesamtgewicht von 5.000 t innerhalb von 109 s und somit die Brücken zu öffnen und zu schließen. Dies erfolgt bei einer kontinuierlichen Geschwindigkeit von 43 cm/s. Der hierfür zuständige Maschinenbau der Brücke erreicht durch die Abmessungen und Gewichte des zu bewegenden Überbaus und die gleichzeitig geforderten Hebe- und Verriegelungsgeschwindigkeiten die Grenzen der zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten. Die Haltekabel werden ins Innere der Brücke in den sehr schmalen Maschinenraum geleitet. In der dort zur Verfügung stehenden Raumbreite von 4,00 m an den Außenpfeilern und 9,50 m am Mittelpfeiler ist der Antrieb der Brücke montiert.



6 Dimension der Umlenkrollen  
© Konsortium A-Lanes

## 2.4.5 Kontergewichte

Eine Basiskomponente für die Funktionalität der Hubgeschwindigkeit sind die Kontergewichte. Die Kontergewichte sind als Spannbetonkonstruktion ausgelegt und haben Dimensionen von jeweils 2,00 m Breite, 8,00 m Höhe und eine Gesamtlänge von 56 m. Um das erforderliche Balancegewicht zu erzielen, wird Magnatit dem Beton als Zuschlagstoff beigegeben. Darüber hinaus wird in den oberen Teil des Querschnittes eine zusätzliche Stahlzulage eingebracht und vergossen (Bild 9). Mit diesem Element können die auftretenden Variationen im Brückengewicht hinreichend exakt ausgeglichen werden. Die Eingangsgröße »Brückengewicht (inkl. Ausbaulasten)« wird hierfür in mehreren Phasen während des Ausbaus vor der Installation gewogen. Der Übergang des Kontergewichtbalkens in die Pylone wird aufgrund geometrischer Bedingungen in Stahl realisiert. Die Einbautechnologie und deren zeitliche Grenzen – dazu gehört die Forderung des Hafensbetriebes, die Stahlbrücke innerhalb eines Wochenendes einzuschwim-

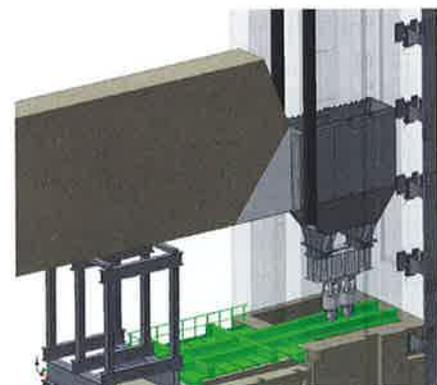


7 Teile der maschinenbaulichen Ausrüstung  
© Konsortium A-Lanes

men sowie innerhalb von 24 h aus dem Fahrweg zu heben – haben zur Entwicklung der »Inner-Box« geführt. Diese Box wird mit einem geringen Gewicht von ca. 50 t so ausgebildet, dass das Anbringen aller Kabelbefestigungspunkte möglich ist: Sie wird vor dem Einschwimmtermin am Turmkopf unterhalb der Umlaufrollen in der Endposition angeordnet. An dem auf unterem Niveau erstellten Kontergewicht wird eine sogenannte Outer-Box befestigt. So können beim Einfahren der Brücke die bereits vorher montierten Haltekabel lediglich an den Befestigungspunkten des Endquerträgers sowie an der »Inner-Box« angebracht werden. Dann wird mittels vormontierter Spannvorrichtungen die »Inner-Box« nach unten gezogen, damit sich der Überbau nach oben bewegt, bis sie in die »Outer-Box« am Kontergewicht hineingezogen wird. Anschließend erfolgt die Verbindung zwischen beiden Boxen.



8 Maschinenbauliche Komponenten mit Kontergewicht und Führung  
© Konsortium A-Lanes



9 Querschnitt des Kontergewichts  
© Konsortium A-Lanes

#### 2.4.6 Pylone

Alle Lasten aus der Kinematik sowie der Konstruktion selbst werden über die schlanken Betonpfeiler der Brücke in den Baugrund abgeleitet. Die Pylone weisen Wanddicken von maximal 1 m auf. Um den vorgegebenen Bauzeitenplan gewährleisten zu können, entschieden sich die Ausführenden für eine Erstellung in Gleitbauweise. Herausfordernd war dabei, die schweren und zahlreichen Einbauteile, resultierend aus den hohen Kräften der Führungsschiene des Überbaus sowie der Kontergewichte, der Gleitgeschwindigkeit entsprechend einzubauen. Kriterium hier war nicht die Geschwindigkeit, sondern die Qualität des Betons. Im Zuge der Arbeitsvorbereitung wurde dazu der gesamte Bewehrungseinbau zunächst »trocken« simuliert und anschließend die Planung gemäß der gewonnenen Erkenntnisse mehrfach angepasst.

#### 2.4.7 Gründung

Die Lasten aus den Pylonen werden über deren Füße in die massiven Unterwasserbetonfundamente und damit in den Untergrund eingeleitet.

Zunächst war als Pfeilerfuß eine massiv geschlossene Betonkonstruktion vorgesehen. Aus Gründen des Platzbedarfs für die Installation der Hebertechnik wurden dann auch die Pfeilerfüße als entkernte Rahmenkonstruktion ausgebildet, was an die statische Modellierung geänderte Anforderungen stellte.

Das Gründungsniveau der Brücke befindet sich 8 m unterhalb der Flusssohle auf einer Sandlage. Das Fundament ist als Flachgründung konzipiert.

Eine notwendige Fußverbreiterung an den Fundamenten der äußeren Widerlager beeinflusste zudem die Erstellung von Wasserbaugruben und bedingte eine komplexe Aussteifungskonstruktion.

Die Fundamente waren mit bewehrtem Unterwasserbeton zu realisieren, wobei es jeweils ca. 17.000 m<sup>3</sup> Beton einzubringen galt. Die Industriezone des Hafens von Rotterdam wurde an den Betonier Tagen durch ca. 1.700 Betonmischfahrzeuge, die den Beton rund um die Uhr innerhalb von sieben Tagen anfahren, belastet. Die drei Betonagen waren zugleich die umfangreichsten Unterwasserbetonagen, die jemals in den Niederlanden ausgeführt wurden.

### 2.5 Gesamtablauf und Prämissen

#### 2.5.1 Komplexe Anforderungen

Zu den komplexen Anforderungen im Zuge des Baus der Botlek-Brücke zählten unter anderem die nachfolgend beschriebenen Maßnahmen.

#### 2.5.2 Einbau der Unterwasserbewehrung

Nach der Erstellung der Wasserbaugruben mit einer Fußverbreiterung unterhalb der Flusssohle war mit Tauchern, in einem vielbefahrenen Hafengebiet, die Bewehrung einzubringen. Die vorgefertigten Bewehrungskörbe und Matten wurden passgenau zwischen den Aussteifungen der Baugrube positioniert. Das Befüllen der Fundamente erfolgte dann an jeweils sieben Betontagen rund um die Uhr. Nachdem die Fundamente vergossen waren, wurden in Abschnitten von ca. 2,00 m die Pfeiler errichtet.

#### 2.5.3 Pfeilerherstellung

Im Zuge der Pfeilerherstellung waren komplexe Einbauteile einzufügen. Die in Gleitbauweise errichteten Türme finden ihren Abschluss auf dem Niveau +58,00 m, und die hier angeordnete Plattform dient zur Aufnahme der Brücke. Diese Umlaufrollen werden als Paket angeliefert und »just in time« eingesetzt.

#### 2.5.4 Stahlüberbau

Entfernt von der eigentlichen Baustelle wird der Stahlüberbau separat gefertigt. Dies entkoppelt die Gesamtherstellung, führt aber zu einem aufwendigen Transport der Überbauten zum finalen Standort.

Die Überbauten werden mit Pontons verschifft und auf die Pfeiler gelegt. Um die bestehende Brücke passieren zu können, werden sie zu Wasser in einer Höhe von +14 m über Wasserspiegel verfahren.



10 Herstellen der Gründungskörper  
© Konsortium A-Lanes



11 Aussteifungskonstruktion im Detail  
© Konsortium A-Lanes

## 3 Stahltragwerk des Überbaus

### 3.1 Konstruktion und Prämissen

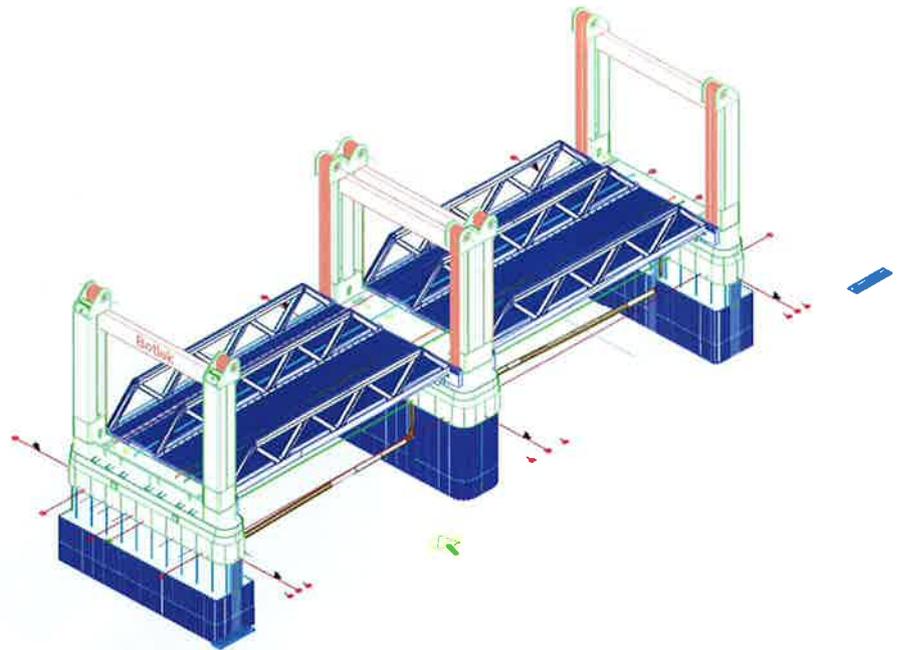
Die Stahlkonstruktion der Brücke besteht aus drei parallelen Fachwerkebenen (A, B, C) mit dazwischen angeordneten orthotropen Platten.

Die System- bzw. Achsmaße der Brücke betragen in Längsrichtung 92,00 m und in Querrichtung 47,45 m, die Breite zwischen den Achsen A und B misst 19,05 m und zwischen den Achsen B und C 28,40 m. Der Standardquerschnitt weist eine Breite von 48,95 m auf, im Endbereich nimmt die Breite durch den Anbau der die Seilanschlusspunkte tragenden Kragarmen auf 56,35 m zu. Die Brücke hat eine Gesamthöhe von 16,85 m.

Die Fachwerke wurden gemäß der statisch-konstruktiven Logik in Untergurt, zwei Fußpunkte, Obergurt, sechs Diagonalen und zwei Enddiagonalen aufgelöst. Die Ausführung der Fachwerke in Achse A und C ist konstruktiv identisch, in der Fachwerkscheibe B treten andere Blechdicken auf. Die Fachwerkhöhe beträgt 13,60 m.

Der Fachwerkuntergurt ist als Kastenträger mit einem Querschnitt von 1,50 m x 2,50 m ausgebildet, der an beiden Enden mit jeweils einem Fußpunkte abschließt (Detail Untergurt). Die Blechstärken des Fachwerkuntergurt variieren zwischen 25 mm und 40 mm für den Steg und zwischen 40 mm und 90 mm für das Ober- und Untergurtblech.

Mit je einer Gesamtabmessung von 3,80 m x 4,30 m x 7,70 m und einem Gewicht von ca. 46 t sind die Fußpunkte die am massivsten ausgebildeten Bauteile der Brückenkonstruktion. Ihre Herstellung erfolgt in der Materialgüte S460ML.

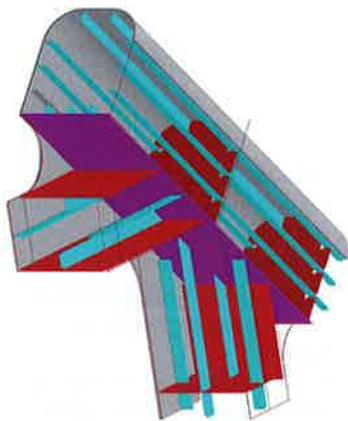


12 Überbau mit Pylon und Widerlager  
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH

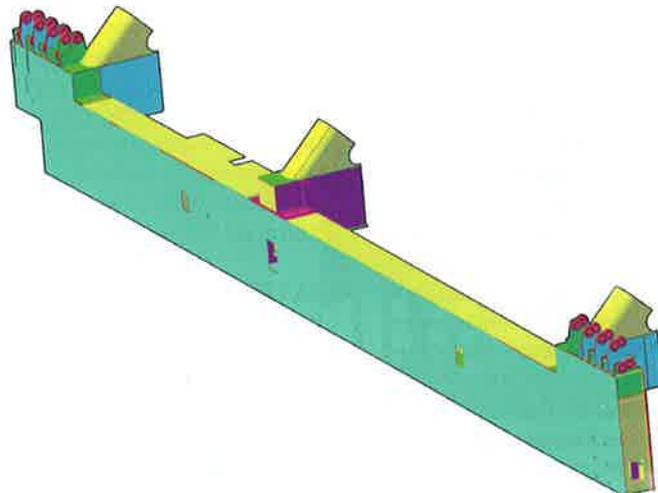
Der Fachwerkobergurt ist ebenfalls als Kastenträger mit radial gestaltetem Anschluss zwischen Steg und Oberflansch (Detail Obergurt) ausgebildet. Der Querschnitt hat die Abmessungen von 1,70 m x 15 m und Blechstärken von 25 mm im Steg bis 90 mm im Obergurt. Die Enddiagonalen sind begehbar und haben die gleichen Querschnittsmaße wie der Obergurt. Die Normaldiagonalen weisen Abmessungen 1,50 m x 1,00 m auf. Um den Übergang aus dem mit Radien versehenen Obergurtflansch zu den Portaldiagonalen sinnvoll zu erreichen, wurde dieser Bereich als Gussknoten geformt. Hierbei sind Bauteile in der Materialgüte G 24 Mn 6 mit einer Dicke

bis zu 105 mm und einem Gewicht von ca. 2,40 t für die Achsen A und C sowie von 2,80 t pro Stück für die Achse B entstanden.

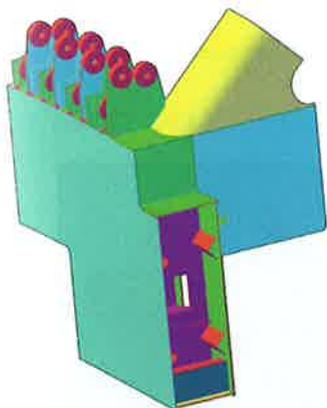
Die beiden Fahrbahnen sind funktionell geteilt: Die nördlich liegende Fahrbahn zwischen den Achsen A und B ist für den Eisenbahnverkehr, die Landesstraße und den Gehweg vorgesehen. Die südlich liegende Fahrbahn ist für die Autobahn A 15 mit jeweils zwei Fahrspuren und einer Reservespur in beiden Richtungen geplant. Die Breite des Bahnbedecks beträgt 17,50 m und die des Fahrbahnbedecks 26,90 m. Die Konstruktion der Fahrbahn besteht aus trapezförmigen Längssteifen und 31 Querträgern mit einem Abstand



13 Obergurt mit Knotendetail  
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH



14 Isometrie des Endquerträgers  
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH



15 Fachwerkfußpunkt mit Ansatz an Endquerträger  
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH

von 2,875 m. Aus Gründen der Gewichts-optimierung wurde das Fahrbahndeckblech mit 19 mm, die Normal-Trapezsteife mit 9 mm und die Trapezknoten mit einer Dicke von 12 mm auf der Bahnseite ausgeführt. Auf der Straßenseite haben die Fahrbahnbleche eine Dicke von 18 mm, die Normalsteifen weisen eine Dicke von 8 mm und die Trapezknoten eine Dicke von 10 mm auf.

Interessant ist die Konstruktion des Endquerträgers mit einer Höhe 4,25 m, einer Breite von 1,40 m und einer Länge von 56,35 m. Die Wandstärke der Bleche variiert von 25–40 mm für die Stege und von 40–90 mm für die Ober- bzw. Unterurte. Die Stege des Endquerträgers sind mit V-förmigen Längssteifen verstärkt.

Eine Tragwerksbesonderheit stellt zudem der »Small End Cross Beam« (SECT) dar, der entkoppelte Bewegungen zwischen der Fahrbahn und dem Endquerträger ermöglicht.



16 Einsatz eines neupatentierten Schweißverfahrens  
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH



17 Versteifungsträger im Fertigungsprozess  
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH

### 3.2 Ganzheitlicher Design-Prozess

Aufgrund der Abmessungen der Hubbrücke, vor allem in Querrichtung, waren folgende Besonderheiten mit größter Aufmerksamkeit zu berücksichtigen:

- das Verformungsverhalten des Gesamttragwerkes und der Einzelbaugruppen,
- die Interaktion hierauf bezüglich Temperaturwechsel, Windkräften und Verkehrslasten.

Dies führte zu erstmalig ausgeführten Sonderbauteilen wie den oben genannten SECT. Als Folge waren auch Sonderlösungen für Lager, Fahrbahnübergänge, den Straßen- und Schienenverkehr, Verriegelungen usw. zu konzipieren.

### 3.3. Technologien und Anforderungen

Der Gesamtplanungs- und Entwicklungsprozess nahm einen wesentlich größeren Zeitumfang in Anspruch, als dies ursprünglich absehbar war.

Um auf solche Anforderungen flexibel reagieren zu können und gleichzeitig die Gesamtabläufe nur geringstmöglich zu beeinflussen, wurde die Fertigung der Stahlkonstruktion mit einem neuen Organisationswerkzeug, der Simulation, vorgeplant. Die Simulation oder Simulation ist eine Vorgehensweise zur Analyse

von Systemen, die für die theoretische oder formelmäßige Behandlung zu komplex sind. Bei der Simulation werden Abläufe an einem Modell durchgeführt, um Erkenntnisse über das reale System zu gewinnen. Dies ist überwiegend bei dynamischem Systemverhalten gegeben. Konkret heißt das, dass Fertigungsabläufe sowie Bauteil-Durchläufe berechnet werden und daraus Entscheidungen ableitbar sind. Die unstetige Abfolge von Prozessen (Prozess A fertig, Prozess B fehlerhaft, Prozess C ohne Ressource etc.) lässt sich mittels Simulation erfassen und in optimale Abläufe überführen. Die Inanspruchnahme simulierter Prozesse erzeugte den benötigten Flexibilisierungsgrad und ergab trotz erheblicher Entwicklungsarbeit im Zuge der technischen Konzeption der Brücke zuverlässige Abläufe in der Werkstattfertigung.

### 3.4. Montage

Die Montage beider Stahlüberbauten wird parallel durchgeführt. Im Zuge der Korrosionsschutzarbeiten erfolgt »just in time« die Ausrüstung der Brücken mit Vorrichtungen für die Steuerung und den Maschinenbau.



18 Montage: Versteifungsträger und (nachlaufend) Fahrbahndeck  
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH



19 Überbau mit montiertem Endquerträger  
© Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH



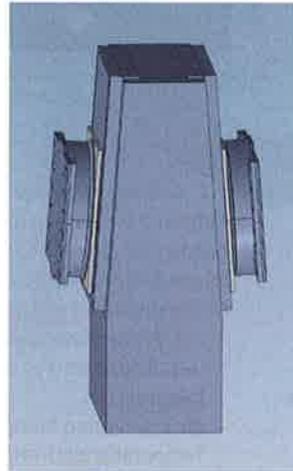
20 Lagerungsschema  
© VCE Vienna Consulting Engineers ZT GmbH

### 3.5 Ausrüstungen und Anbauten

#### 3.5.1 Lager

Neben den übrigen Schwierigkeitsgraden bei diesem Bauwerk ergaben sich aus der Hubfunktion der Überbauten sowie aus den geometrischen Abmessungen besondere Anforderungen an die Fahrbahnübergänge und Lager. Die Vertikalkraftlager waren nicht nur für das »Regular Scenario« mit ULS-Auflasten von  $F_{zd} \approx 0$  bis hin zu 20.000–30.000 kN und Verschiebewegen von  $\Delta x = \pm 350$  mm  $\Delta y = \pm 45$  mm mit zugehörigen Verdrehungen von  $\Delta \phi = 15$  ‰ zu bemessen, sondern auch für ein »Maintenance Scenario«, vor allem für den Hubvorgang. Dabei war die Randbedingung zu erfüllen, dass sich die Lager für Versatzwege von  $\Delta x = \pm 120$  mm und  $\Delta y = \pm 35$  mm zwischen Hub- und Schließzustand selbst zentrieren. Dies alles war zu realisieren mit einer maximal zur Verfügung stehenden Breite der Auflagerbank von ca. 2,30 m und einer vorgegebenen Anzahl von Hubvorgängen für 100 Jahre von  $n = 900.000$ . Die schematische Lösung der Aufgabe ist aus den nachfolgenden graphischen Darstellungen ersichtlich. Die Übertragung der horizontalen Lasten musste, unter anderem aufgrund der fehlenden Auflasten, von den Vertikalkraftlagern entkoppelt werden.

Die zu übertragenden Kräfte ergaben sich zu:  $F_{x,d} = 16.000$  kN und  $F_{y,d} = 4.300$  kN mit den bereits oben erwähnten Translationen und Verdrehungen. Zusätzlich war für die Lager zu berücksichtigen, dass wegen der Hubvorgänge ermüdungsrelevante Stoßkräfte von  $F_{x,Fat} = \pm 1.250$  kN und  $F_{y,Fat} = \pm 1.050$  kN auf die Lager am Beginn des Kontakt- und Zentrierweges zu übertragen waren. Aufgrund der besonderen Anforderungen aus dem Schienenverkehr wies das maximale planmäßige Spiel im Endzustand dabei nur  $\Delta y = 0,70$  mm auf.



21 Longitudinal Pin  
© Maurer Söhne GmbH & Co. KG



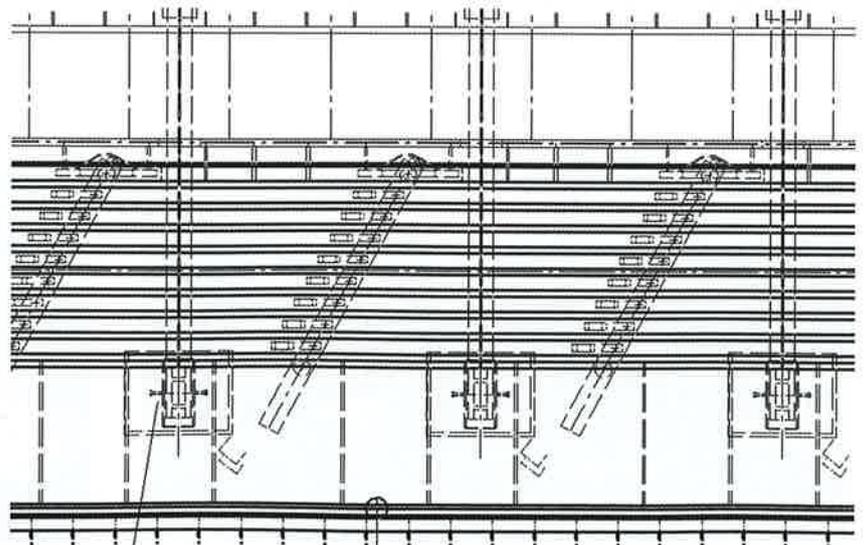
22 Transversal Pin  
© Maurer Söhne GmbH & Co. KG

Als Lösung wurden deshalb massive Stahlbauteile aus Gussstahl gewählt, deren Freiraum mit neuentwickelten Kalottenlagern der Firma Maurer Söhne ausgestattet wurden, die sowohl die auftretenden Verschiebungen als auch die zugehörigen Verdrehungen ermöglichen.

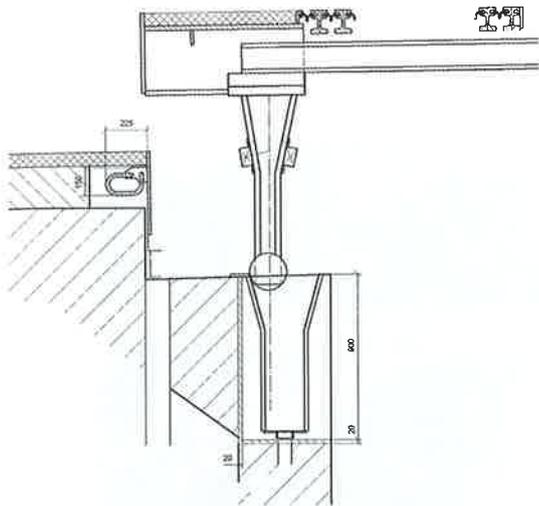
#### 3.5.2 Fahrbahnübergänge

Wie bei den Lagern, so stellten sich auch hier neben den großen Bewegungen

Randbedingungen aus dem Hubvorgang als besondere Herausforderung heraus. Nachdem zunächst vorgesehen war, die Übergangskonstruktionen widerlagerseitig zu lagern und mittels unterhalb der Fahrbahnplatte zwischen Endscheibe und -querträger angebrachter Zentriervorrichtungen beim Schließvorgang jeweils zu justieren, wurde anschließend die Lösung entwickelt, die Übergangskonstruktionen auf längsverschieblichen Kragarmträgern zu lagern.



23 Fahrbahnübergang im Grundriss  
© Maurer Söhne GmbH & Co. KG



24 Zwangsführung des Fahrbahnübergangs beim Absenken des Überbaus  
© Maurer Söhne GmbH & Co. KG

Diese Lösung ermöglicht zum einen die selbsttätige Zentrierung der Übergangskonstruktionen für den Versatz zwischen Hub- und Schließzustand des Überbaues von  $\Delta x = \pm 120$  mm und  $\Delta y = \pm 35$  mm und zum anderen ihre sichere Lagerung während der Hubvorgänge. Beim Aufsetzen des Überbaues auf die Vertikal-kraftlager lösen sich die widerlagerseitigen Lagerungen der Übergangskonstruktionen jeweils von den Hebeträgern und setzen auf ebenfalls widerlagerseitigen Lagerungspunkten auf, so dass ein Einfeldträger zwischen Widerlager und Überbau entsteht (BOB), der eine ermüdungssichere Übertragung der Verkehrslasten gewährleistet.

#### 4 Fertigstellung und Termine

Die Überbauten werden im April 2014 stahlbaumäßig fertiggestellt sein. Im August erfolgen ihr Ausschwimmen und Anschließen an die Pylone und den in Teilen vorinstallierten Maschinenbau. Mit Realisierung dieser Termine soll ein technisches und organisatorisches Großprojekt im vorgegebenen Terminrahmen einen wichtigen Zwischenabschnitt bewältigt haben.

#### Autoren:

Dipl.-Ing. (FH) Daniel Naab  
Strabag International GmbH, Köln  
Dipl.-Ing. Zan Ivanov  
Dipl.-Ing. Uwe Heiland  
Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH,  
Hannover

#### Literatur

- [1] Internetseite des Projektes: [www.verbreedinga15.nl](http://www.verbreedinga15.nl).
- [2] Schedler, R.; Eder, U.; Jille, E.: Replacement of Botlek Lifting Bridge, Motorway A15, Netherlands. Proceedings of the International IABSE Conference, Rotterdam May 6-8, 2013.
- [3] Heiland, U.: Die Instandsetzung und Verbreiterung der Kennedybrücke Bonn. Vortrag Deutscher Stahlbautag, Mainz 2008.
- [4] Dieckmann, C.; Heiland, U.; Hagedorn, M.: Zum Bau des Oberhafenbrückenzuges in Hamburg; in: Stahlbau, 77. Jg., Heft 3, 2008.
- [5] Schürmann, M.: Konzepte und Lösungen zum Lagerungssystem der Botlek-Brücke; unveröffentlicht.
- [6] VCE Vienna Consulting Engineers ZT GmbH: Drep Stahldeck. Nr. A-Lanes\_A15\_DE\_3637\_2500\_DREP\_0001

#### Auftraggeber

A-Lanes A15 Mobility vof, Pernis, Niederlande

#### Architekten

Quist Wintermans Architekten bv, Rotterdam

#### Konstruktion und Statik

VCE Consult ZT GmbH, Wien

#### Stahlbau

Eiffel Deutschland Stahltechnologie GmbH, Hannover

#### Maschinenbau

Waagner-Biro Bridge Systems AG, Wien

#### Move Überbau

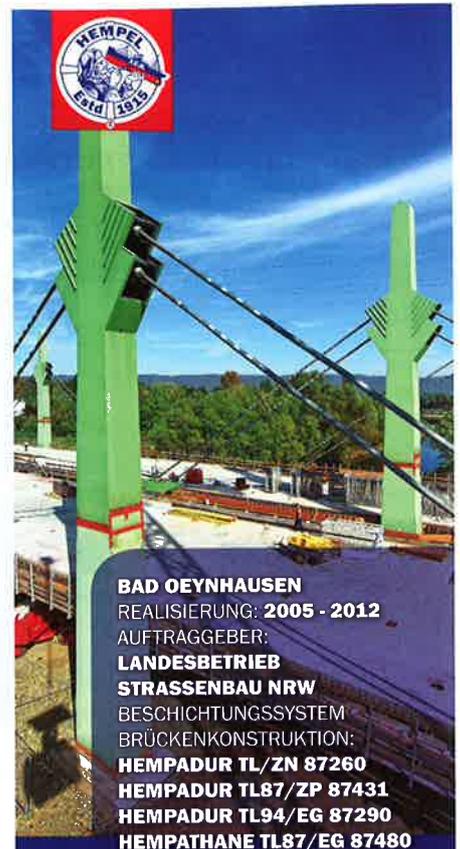
Mammoet Europe B.V., Rotterdam

#### Detailkonstruktion

meyer + schubart, Partnerschaft Beratende Ingenieure,  
Wunstorf

#### Korrosionsschutz

Surface Protection GmbH, Hannover



#### BAD OEYNHAUSEN

REALISIERUNG: 2005 - 2012

AUFTRAGGEBER:

LANDESBETRIEB

STRASSENBAU NRW

BESCHICHTUNGSSYSTEM

BRÜCKENKONSTRUKTION:

HEMPADUR TL/ZN 87260

HEMPADUR TL87/ZP 87431

HEMPADUR TL94/EG 87290

HEMPATHANE TL87/EG 87480

## BEWÄHRTE BESCHICHTUNGS- SYSTEME FÜR BRÜCKENBAU- PROJEKTE

- Hervorragende Korrosionsschutzeigenschaften
- Hohe Beständigkeit
- Geringer Lösemittelgehalt
- Zertifizierte Beschichtungssysteme nach TL/TP KOR (BAST)
- Zertifizierte Beschichtungssysteme nach BAW



# HEMPEL

[www.hempel.de](http://www.hempel.de)