



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN

FAKULTÄT BAUINGENIEURWESEN

25

9./10. März 2015

DRESDNER  
BRÜCKENBAU  
SYMPOSIUM



© 2015 Technische Universität Dresden

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichnungen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie als solche nicht eigens markiert sind.

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach  
Technische Universität Dresden  
Institut für Massivbau  
01062 Dresden

Redaktion: Silke Scheerer  
Angela Heller

Layout: Ammar Al-Jamous

Anzeigen: Harald Michler

Titelgestaltung: Ulrich van Stipriaan

Auflage: 1.500 Stück

Druck: addprint AG, Am Spitzberg 8a, 01728 Bannewitz / Possendorf

ISSN 1613-1169  
ISBN 978-3-86780-421-9

**Tagungsband**  
**25. Dresdner Brückenbausymposium**

Institut für Massivbau  
Freunde des Bauingenieurwesens e. V.

09. und 10. März 2015

# Inhaltsverzeichnis

<b>0 Herzlich Willkommen zum 25. Dresdner Brückenbausymposium</b>	
<i>Magnifizienz Prof. Dr.-Ing. habil. DEng/Auckland Hans Müller-Steinhagen</i>	<b>11</b>
<b>1 Überall Brücken – von der Vielgestaltigkeit eines Gedankens</b>	
<i>Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach</i>	<b>15</b>
<b>2 Brückenbau in Deutschland – eine Auswahl zukünftiger Schwerpunkte</b>	
<i>Dr.-Ing. Gero Andreas Marzahn</i>	<b>33</b>
<b>3 25 Jahre Dresdner Brückenbausymposium – eine deutsche Erfolgsgeschichte</b>	
<i>Prof. Dr.-Ing. Jürgen Stritzke</i>	<b>37</b>
<b>4 Bridge Architecture – from Structure to Elegance</b>	
<i>Dr. Michel Virlogeux</i>	<b>63</b>
<b>5 Fußgängerbrücken – Entwurf und Konstruktion</b>	
<i>Dipl.-Ing. Andreas Keil</i>	<b>69</b>
<b>6 Schlanke vorgespannte Fußgängerbrücke aus Textilbeton</b>	
<i>Univ.-Prof. Dr.-Ing. Josef Hegger, Dipl.-Ing. Sergej Rempel, Dr.-Ing. Christian Kulas</i>	<b>83</b>
<b>7 Pilotanwendungen von Textilbeton für Verstärkungen im Brückenbau</b>	
<i>Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Jürgen Feix, Dipl.-Ing. Dr. Mario Hansl</i>	<b>99</b>
<b>8 Gustave Magnel – ein Wegbereiter der Spannbetonbauweise</b>	
<i>Prof. dr. ir. Luc R. Taerwe</i>	<b>113</b>
<b>9 Integrale Brücken im Wandel der Zeit</b>	
<i>Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander Graubner, Jaroslav Kohoutek M.Sc.</i>	<b>131</b>
<b>10 Dynamisch über das Saale-Elster-Tal – Bemessung und Konstruktion einer Stabbogenbrücke für den Eisenbahnhochgeschwindigkeitsverkehr</b>	
<i>Dipl.-Ing. Rolf Jung, Dipl.-Ing. Tobias Mansperger</i>	<b>151</b>
<b>11 Sicherung der Rheinbrücke Leverkusen – Von der Schadensaufnahme zum Instandsetzungsmanagement unter Berücksichtigung der Altstahlproblematik</b>	
<i>Dr.-Ing. Gero Marzahn, Dr.-Ing. Markus Hamme, Dr.-Ing. Peter Langenberg, Prof. Dr.-Ing. Gerd Groten, Dipl.-Ing. Michael Paschen</i>	<b>163</b>
<b>12 Friedrichsbrücke Berlin – Denkmalgerechte Erneuerung und Anpassung der Friedrichsbrücke über die Spree – die Verbindung von zwei verschiedenartigen Brückenkonstruktionen</b>	
<i>Dipl.-Ing. Michael Hänig, Dipl.-Ing. (FH) Andreas Höregott, Dipl.-Ing. Andrea Thoms</i>	<b>181</b>
<b>13 Egg-Graben-Brücke, Wildbrücke AM2, Lafnitzbrücke – Anwendung von neuen Bauverfahren für Brücken in Österreich</b>	
<i>Prof. Dr.-Ing. Johann Kollegger, Dipl.-Ing. Sara Foremniak, Dipl.-Ing. Benjamin Kromoser</i>	<b>193</b>

<b>14 Feuerverzinken im Brückenbau – Anwendung und aktuelle Forschungsergebnisse</b>	
<i>Holger Glinde</i>	<b>217</b>
<b>15 Das Schwergutgewerbe – Großraum- und Schwertransporte, Autokrane, Brückenbau</b>	
<i>Dipl.-Ing. Wolfgang Draaf</i>	<b>229</b>
<b>16 Massivbrücken unter extremen Wetterbedingungen</b>	
<i>Dr.-Ing. Dirk Proske</i>	<b>239</b>
<b>17 Brückenbauexkursion 2014 – Spurensuche in Deutschland</b>	
<i>Dipl.-Ing. Robert Zobel, Dipl.-Ing. Sebastian Wilhelm</i>	<b>253</b>
<b>18 Chronik des Brückenbaus</b>	
<i>Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach, Dipl.-Ing. (FH) Sabine Wellner</i>	<b>265</b>
<b>19 Inserentenverzeichnis</b>	
<i>Übersicht der Werbeanzeigen im Tagungsband</i>	<b>287</b>

# 10 Dynamisch über das Saale-Elster-Tal – Bemessung und Konstruktion einer Stabbogenbrücke für den Eisenbahnhochgeschwindigkeitsverkehr

**Dipl.-Ing. Rolf Jung; Dipl.-Ing. Tobias Mansperger**  
*Leonhardt, Andrä und Partner, Dresden*

## 10.1 Übersicht

Die Saale-Elster-Talbrücke ist Teil der Neubau-  
strecke Erfurt-Leipzig/Halle und gehört damit  
zur Transeuropäischen Eisenbahnachse Nr. 1  
Berlin-Verona/Mailand-Bologna-Neapel-Messina-  
Palermo. Die Neubau-  
strecke (NBS) ist der Ab-  
schnitt 2 des Verkehrsprojektes Deutsche Einheit  
(VDE) Nr. 8, das die Fahrtzeit von München nach  
Berlin auf ca. 4 Stunden verkürzt (Bild 10.1). Für  
die gesamte Strecke ist eine Entwurfsgeschwin-  
digkeit  $v_e$  von 300 km/h vorgesehen [1].

Die Strecke überquert das ökologisch wertvolle  
Gebiet der Saale-Elster-Auen wenige Kilometer  
südlich der Stadt Halle (Bild 10.2) [2]. Mit einer  
Gesamtlänge von 8.614 m ist die Saale-Elster-  
Talbrücke das längste Brückenbauwerk im Netz  
der Deutschen Bahn. Die Hauptstrecke überspannt  
die Auenlandschaft mit ihren Naturschutzgebieten  
und einer Trinkwasserzone in ost-westlicher Rich-  
tung auf einer Länge von 6.465 m und wahrt da-  
mit deren ökologisch-hydrologische Funktion [3].  
Markante Besonderheit des Brücken-zuges ist der  
2.149 m lange Abzweig der Nebenstrecke nach  
Halle. Dafür sind innerhalb der Talbrücke zwei Ab-  
zweiggleise höhengleich aus der NBS ausge-  
bunden. Der Brücken-zug besteht aus 143 Feldern der  
Hauptbrücke sowie 48 Feldern der Abzweigbrücke  
mit Regelstützweiten von 44 m. Der überwiegen-  
de Anteil wurde als Zweifeldträger errichtet, er-  
gänzt von Einfeldträgern, gevouteten Dreifeldträ-  
gern als Überführungsbauwerke sowie Sonderkon-  
struktionen in den Aufweitungsbereichen des Ab-  
zweiges. Hinzu kommt die Stabbogenbrücke mit  
einer Spannweite von 110 m als Überführungsbau-  
werk der Hauptstrecke über die Nebenstrecke  
nach Halle.

Der Bau des Brücken-zuges war in besonderem  
Maße geprägt von den Auflagen zur Erhaltung  
der Auenlandschaft sowie zur Aufrechterhaltung

des Lebensraums besonders für Vögel als Brut-,  
Nahrungs- und Rastgebiet. Dies beinhaltete für ei-  
nige Bereiche ein striktes Bauverbot während der  
Vogelbrut im Frühjahr und Frühsommer sowie den  
Zwang zur Vor-Kopf-Bauweise. Dabei erfolgten die  
Gründung und der Bau des jeweils nächsten Pfei-  
lers von einer Vorschubrüstung aus, wobei die dar-  
unter liegenden Naturschutzgebiete weder befa-  
hren noch betreten werden durften. Nach Fertigstel-  
lung eines Pfeilers erfolgten jeweils der Verschieb  
der Rüstung und die Betonage des Überbaus.

## 10.2 Entwurf

Die Stabbogenbrücke (Bild 10.3) ist für den  
Brücken-zug der gesamten Saale-Elster-Talbrücke  
nicht nur ein optischer und topographischer Hö-  
hepunkt. Mit der bereits benannten Entwurfsges-  
chwindigkeit von 300 km/h ist sie die erste Brücke  
dieser Bauart im Netz der Deutschen Bahn AG, die  
den daraus resultierenden besonderen Anforderun-  
gen gerecht werden muss. Dazu ist die Spann-  
weite mit 110 m für eine Bahnbrücke durchaus  
beachtlich. Dementsprechend wurde der Bogen-  
stich mit 17,5 m relativ groß gewählt, woraus eine  
Schlankheit von 6,3 resultiert. Gleiches gilt für  
den kastenförmigen Versteifungsträger, der mit einer  
Bauhöhe von 3,15 m sehr steif ausgeführt ist  
(Bild 10.4). Die Breite der Fahrbahn beträgt 10 m,  
so dass der Radius von 6.200 m, dem die Tras-  
sierung in diesem Abschnitt folgt, aufgenommen  
werden kann, ohne die Lichtraumprofile der beiden  
Gleise einzuschneiden. Im Entwurf war ein Achs-  
abstand der beiden Haupttragglieder von 11,0 m  
vorgesehen. Somit ergab sich eine Breite des Ver-  
steifungsträgerquerschnittes von 1,00 m. Gleiches  
gilt für die Bögen, die ebenfalls als rechteckiger  
Kasten ausgeformt sind und eine Höhe von 1,60 m  
aufweisen. Die Bögen und Versteifungsträger wer-  
den durch je zehn Hänger im Abstand von 10 m  
miteinander verbunden. Die Hänger sind als Flach-  
stahlhänger 250 x 50 mm ausgeformt mit geringen  
Aufweitungen auf 400 mm an den Anschlussberei-  
chen zu den Schotten in Versteifungsträger und  
Bogen. Die Fahrbahnplatte ist als orthotrope Plat-

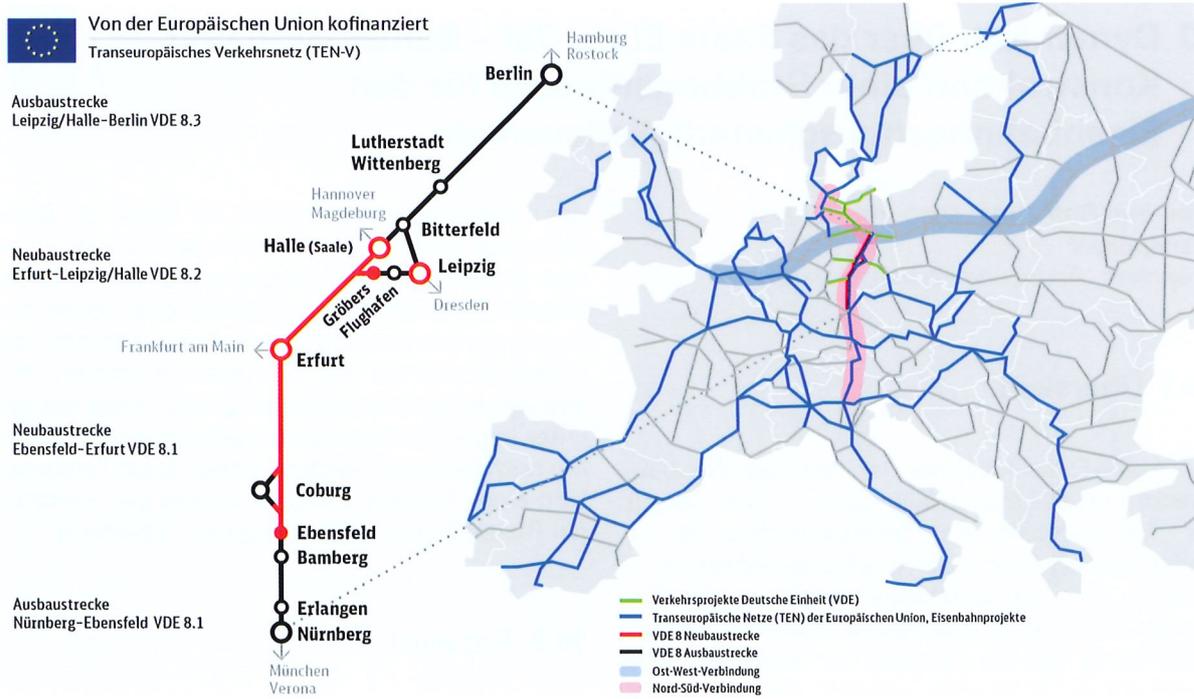
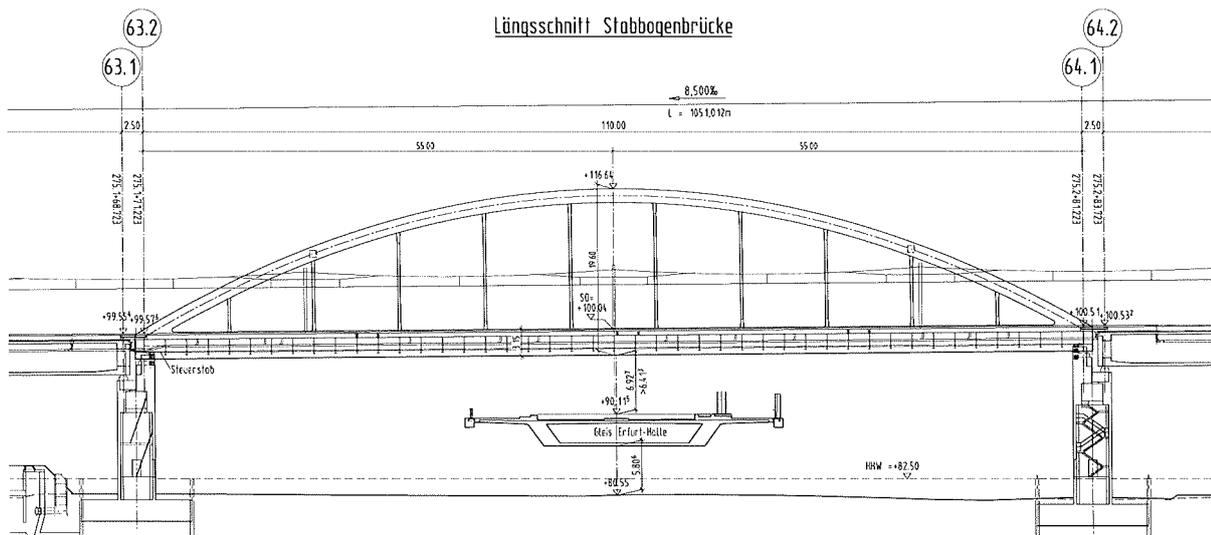


Bild 10.1: Übersicht VDE 8 (Grafik: DB AG)



Bild 10.2: Überblick Saale-Elster-Talbrücke im Sommer 2012 (Foto: DB AG)



**Bild 10.3:** Längsschnitt Stabbogenbrücke

te mit Flachstahlsteifen im Abstand von 400 mm, die ein 14 mm starkes Deckblech stützen, ausgebildet. Die orthotrope Platte liegt auf Querträgern im Abstand von 2,50 m auf. Die Querträger waren im Entwurf mit einer mittleren Bauhöhe von ca. 1,30 m vorgesehen. Die Entwässerungseinläufe sind in der Bauwerksmittelachse angeordnet, wofür die Fahrbahn mit einem Gegengefälle von 1,5 % versehen ist [4].

Die kastenförmigen Endquerträger dienen zum einen zur Einspannung der Bögen in deren Kämpfern in Brückenquerrichtung, zum andern befinden sich dort die Angriffspunkte der Horizontalkraftlager sowie der Pressen für den Lagerwechsel.

Für den Abtrag der Horizontalkräfte in Längsrichtung ist ein Steuerstabsystem Meyer-Wunstdorf angeordnet. Dadurch kann auf längsfeste Lager auf den Trennpfeilern verzichtet werden und die Verformungen in beiden Fugen zum Massivbau werden so gering gehalten, dass keine Schienenauszüge im Bereich der Stabbogenbrücke erforderlich sind. Zudem werden die Horizontalkräfte aus Bremsen und Anfahren sowie Wind in Längsrichtung zu annähernd gleichen Teilen auf die Pfeiler verteilt. Die Bögen werden durch einen rautenförmig ausgekreuzten Verband aus Kreishohlprofilen, die jeweils in der Achse des 2. und des 8. Hängers von Portalriegeln eingefasst werden, gegeneinander versteift.

Die feste Fahrbahn verläuft auf der Stabbogenbrücke durchgehend und ist mit stählernen Schubhockern auf der orthotropen Fahrbahnplatte verankert. Aufgrund der relativ großen Endtangentialwinkel der Stabbogenbrücke sind an den Bauwerksfugen zu den Massivüberbauten Ausgleichs-

platten eingebaut. Zum Schutz der Bogenkämpfer, Hänger und Versteifungsträger sind seitlich zwischen den Gleisen und den Versteifungsträgern Anprallbalken angeordnet, die bereits 25 m vor dem Bauwerk auf den Massivbrücken auf beiden Seiten beginnen. Somit konnte auf die Untersuchung von Hängerausfallszenarien als außergewöhnliche Grenzzustände verzichtet werden.

### 10.3 Entwurfsüberarbeitung

Die Entwurfsunterlagen der Saale-Elster-Talbrücke beruhen auf einer Vorplanung, die im Wesentlichen in der 2. Hälfte der 1990er Jahre erfolgte und somit auf Grundlage der Rahmenplanung Talbrücken. Für die Stabbogenbrücke war darin ein Lagerungskonzept mit querfesten Lagern in Reihe 1 und allseits beweglichen Lagern in Reihe 2 vorgesehen. Der für den Abtrag der äußeren Horizontalkräfte vorgesehene Steuerstab war bereits im Entwurf enthalten. Um den lateralen Versatz der festen Fahrbahn zu minimieren, wurden alle vertikalen Lager allseits beweglich ausgeführt und in Brückenachse ein horizontales Führungslager eingeführt (Bild 10.5). Die Verankerung des Führungslagers erfolgte auf dem mittigen Lagersockel, der für die Verankerung des Steuerstabes ohnehin auf den Trennpfeilern vorgesehen war. Bild 10.6 zeigt einen eingebauten Steuerstab. Der Abtrag der großen Horizontalkräfte, die damit zweiachsig auf diesen Lagersockel ohne vertikale Auflast wirken, konnte durch tiefe Verankerungen der Lager mit GEWI-Stäben in den Pfeiler sichergestellt werden. Die Führungslager wurden mit einem Drehkranz ausgestattet um den Lager-spalt so klein wie möglich zu halten und Verkan-

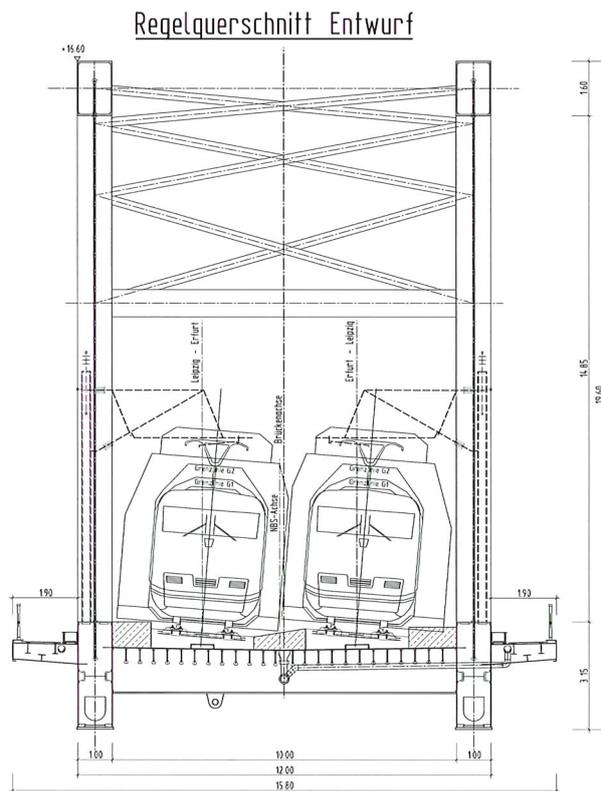


Bild 10.4: Regelquerschnitt Entwurfsplanung

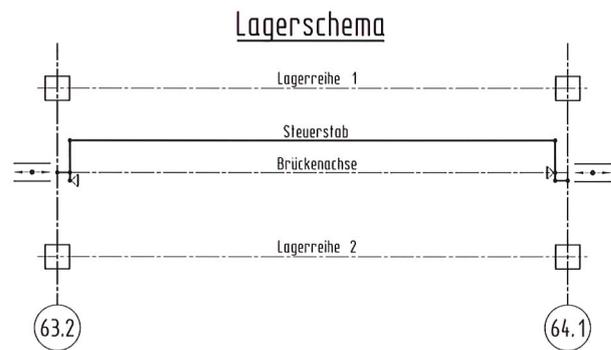


Bild 10.5: Lagerschema

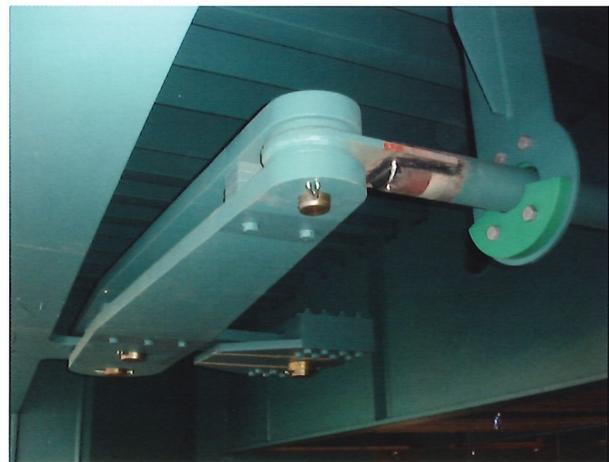


Bild 10.6: Steuerstab (Foto: Jörg Lutzens)

tungen bzw. Kantenabrieb der Gleitpaarungen zu vermeiden.

In den Richtzeichnungen der Deutschen Bahn sind Stabbogenbrücken nur bis zu einer Betriebsgeschwindigkeit von 160 km/h geregelt. Ebenso sind darin nur Stabbogenbrücken mit offenen Doppel-T-Querschnitten als Versteifungsträger mit entsprechenden Regeldetails des Hängeranschlusses an den Steg des Versteifungsträgers beschrieben. Aus diesem Grund wurde während der Ausführungsplanung klar, dass für das Bauwerk in seiner Gesamtheit eine Zustimmung im Einzelfall erforderlich ist. Im Zuge dessen wurde an einer der beiden derzeit im Hochgeschwindigkeitsnetz in Betrieb befindlichen Stabbogenbrücken – an der Eisenbahnüberführung über den Havelkanal bei Wustermark auf der Strecke Berlin-Hamburg – Langzeitmessungen des dynamischen Verhaltens der Brücke durchgeführt. Die Messungen sollten zum einen Aufschlüsse über das Schwingungsverhalten dieses Brückentyps liefern und zum anderen zur Kalibrierung bzw. Verifizierung eines Rechenmodells dienen.

Bei den Messungen der EÜ Wustermark wurden ca. 7.700 Überfahrten mit Betriebsgeschwindigkeiten von bis zu 250 km/h gemessen und ausgewertet. Es wurde festgestellt, dass bei zweigleisigen Stabbogenbrücken mit Spannweiten der Querträger im Bereich von 10-12 m eine potentielle Gefährdung für Resonanzerscheinungen verbunden mit zu großen Beschleunigungen der festen Fahrbahn besteht. Durch die Schwingung der Querträger besteht des Weiteren die Gefahr, dass die Hänger über eine Fußpunkterregung in der Verankerung im Versteifungsträger angeregt werden. Es wurde daher festgelegt, dass die Biegesteifigkeit der Querträger und die Torsionssteifigkeit der Versteifungsträger vergrößert werden mussten. Ziel dieser Maßnahme war eine Vergrößerung der Eigenfrequenzen des Quertragsystems und damit eine Verkleinerung der Amplituden der Biegeschwingungen der Querträger, um die Fußpunkterregung der Hänger zu minimieren. Zusätzlich wurde gefordert, dass die Verankerung der Hänger im Ver-

steifungsträger möglichst weich auszuführen ist. Infolgedessen wurden die Querschnitte des Versteifungsträgers und des Bogens um 20 cm verbreitert und die Querträger auf eine Höhe von ca. 1,90 m am Anschnitt zum Versteifungsträger vergrößert (Bild 10.7). Der Querschnitt der Flachstahlhänger musste auf 280 x 50 mm heraufgesetzt werden, um den erhöhten Ermüdungsanforderungen gerecht zu werden. Das aus aerodynamischer Sicht anzustrebende Verhältnis der Abmessungen der Hänger von  $b/h = 3 \dots 5$  wurde zwar überschritten, konnte aber mit anderen Maßnahmen (siehe unten) zur Erhöhung der Dämpfung ausgeglichen werden.

## 10.4 Numerische Analysen und Bemessung

### 10.4.1 Statik

Mit der Ausführungsplanung der Stabbogenbrücke wurde im Jahr 2008 begonnen. Über die Dauer der Planung mussten die entsprechenden Änderungen aus den Fortschreibungen der Eisenbahnspezifischen Liste Technischer Baubestimmungen (ELTB) laufend überarbeitet werden. Dies betraf im besonderen Maße die Anforderungen an die dynamischen Berechnungen, aber auch statische Nachweise wie die Untersuchung des Lastfalles Bremsen-Bremsen, also der Berücksichtigung zweier parallel fahrender und gleichzeitig auf der Brücke bremsender Züge. Im Wesentlichen erfolgte die statische Berechnung auf Grundlage der DIN-Fachberichte 101 und 103 in der Fassung vom März 2009. Die Auswirkungen der Einführung der Eurocodes wurden im weiteren Verlauf geprüft, blieben jedoch für den besonderen Fall der Stabbogenbrücke ohne Auswirkungen. Die Nachweisparameter für die Ermüdungsberechnung wurden von zunächst  $20 \times 10^6$  t/a in der Ausschreibung auf  $25 \times 10^6$  t/a sowie von einer Nutzungsdauer von 80 Jahren auf 100 Jahre heraufgesetzt.

### 10.4.2 Dynamik

Aufgrund des Hochgeschwindigkeitsverkehrs und der Komplexität der Struktur der Stabbogenbrücke ist es unabdingbar, genauere dynamische Berechnungen durchzuführen. Dafür wurde ein detailliertes Stabwerksmodell verwendet, das alle Haupt- und Nebentragglieder abbildet. Bei dynamischen Berechnungen ist es erforderlich, das System so

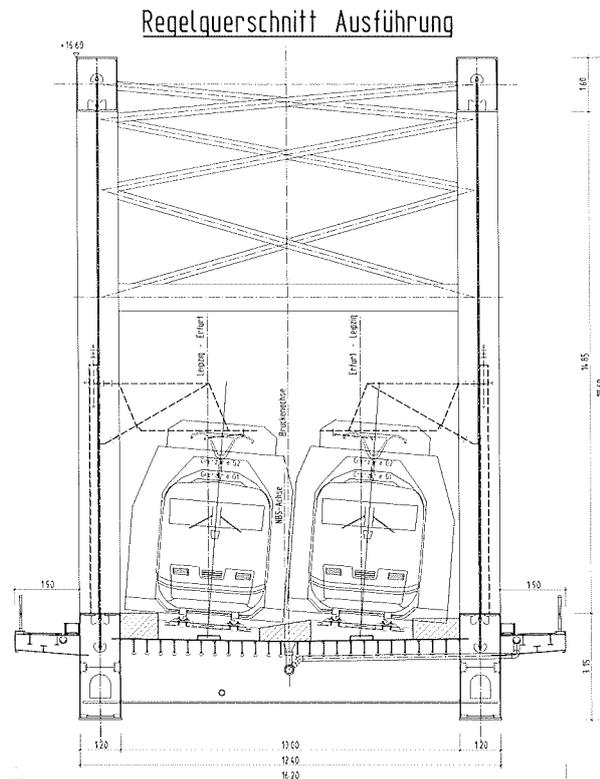


Bild 10.7: Regelquerschnitt Ausführungsplanung

genau wie möglich abzubilden und dabei die Brille des Statikers abzulegen. Eine Modellierung „auf der sicheren Seite“ im statischen Sinne, also die Nicht-Berücksichtigung unsicherer Steifigkeitsreserven führt bei dynamischen Berechnungen mitunter zu Unschärfen, deren Auswirkungen schwer quantifizierbar sind. Gerade ein so komplexes Tragwerk wie eine Stabbogenbrücke besteht aus vielen Einzelbauteilen, die eine Vielzahl von Eigenformen annehmen und von einer Zugüberfahrt angeregt werden können. Dabei ist nicht alleine der Hochgeschwindigkeitsverkehr mögliche Ursache, sondern auch relativ langsam fahrende Güterzüge können durch eine periodische Wiederkehr von Achslasten resonante Schwingungen in einzelnen Bauteilen oder dem gesamten Tragwerk erzeugen [5].

Im Rahmen der zu den TSI (Technische Spezifikationen für die Interoperabilität) konformen Nachweisführung wurde neben den üblichen High-Speed-Load-Models A (HSLM A) des Eurocodes zusätzlich die ICE-Züge 1-3, T und X untersucht. Dazu wurden die Güterzüge des Typs 7 und 8 des DIN-Fachberichts 101 als dynamische Einwirkung herangezogen. Somit ergaben sich meh-

rere hundert rechnerische Überfahrten, die mit einem Inkrement von 1/100 Sekunde per Zeitschrittintegration als bewegte Kräfte berechnet wurden. Zunächst wurden die daraus resultierenden Extremwerte der Schnittgrößen mit den statischen Bemessungsschnittgrößen verglichen. Es zeigten sich keine signifikanten Resonanzprobleme der Haupttragglieder aufgrund des antimetrischen Schwingungsverhaltens der Stabbogenbrücke und der relativ großen Spannweite. Als problematisch stellten sich jedoch Hängerschwingungen in Brückenquerrichtung infolge lokaler Anregung durch die Einzelachsen der untersuchten Züge heraus.

Für den Nachweis der Ermüdung ist der Nachweis der dynamischen Beanspruchungen bei nicht auszuschließenden Resonanzerscheinungen mit dem  $\lambda$ -Verfahren nach DIN-Fachbericht 103 bzw. des EC 3 nicht anwendbar, da die Anzahl der Spannungsschwingspiele so stark ansteigt, dass das dem Verfahren zugrunde liegende Sicherheitskonzept nicht mehr gültig ist. Es wurde daher im Rahmen der Zustimmung im Einzelfall festgelegt, dass die extremen Doppelspannungsamplituden der dynamischen Berechnungen für alle Bauteile und deren relevante Kerbdetails gegen die Dauerfestigkeit nachzuweisen sind. Die Anwendung präziserer Verfahren über Spannungskollektive und die Palmgren-Miner-Regel waren aufgrund unsicherer Prognosen des tatsächlichen Betriebs nicht möglich.

Dieses Nachweisverfahren für dynamische Einwirkungen hinsichtlich Ermüdung wurde auch für die Details der Hängeranschlüsse an die Schotte der Versteifungsträger und Bogen angewandt. Die Maxime, diese Details so weich wie möglich auszugestalten, um die bereits angesprochene Fußpunkterregung der Hänger durch Zugüberfahren so gering wie möglich zu halten, führte zu einer neuartigen Formgebung der Freischnitte des Anschlusses. In Anlehnung an die mit Korbbögen ausgeleitete Anarbeitung der Hängeranschlüsse an offene Versteifungsträger wurde hier eine Lösung gefunden, deren Übergänge Spannungsspitzen, die zur Erstrissbildung führen könnten, vermeiden. Ein solcher Anschluss ist in Bild 10.8 zu sehen. Die Rotationsfähigkeit dieses Anschlusses bei Verformungen des Haupttragsystems in dessen typischer sinusförmigen Schwingform ist groß genug, um diese Verformungen bei geringen Doppelspannungsamplituden zuzulassen. Aus gleichem Grund wurde auf ein Dichtblech auf dem Obergurt des Versteifungsträgers verzichtet. Stattdessen wurde eine Abdichtung mit UV-beständigen Kautschuk-

keilen vorgenommen, die an die Hänger und den Gurt der Versteifungsträger anulkanisiert wurden (Bild 10.9). Positiver Nebeneffekt ist eine erhebliche Verbesserung der Dämpfung der Hänger, deren logarithmisches Dekrement um ca. das 10-Fache vergrößert wurde. Zudem wurde aufgrund der schweren Inspektionsfähigkeit des Anschlusses im dichtgeschweißten Kasten zur konstruktiven Verbesserung der Schweißnähte in diesen Bereichen Spannungsarmglühen der vorgefertigten Baugruppen aus Schott und Hängeranschluss bei ca. 650 °C durchgeführt. Im Vorgriff auf die Eurocodes wurde zur Einhaltung der Voraussetzungen des Konzepts der Schadenstoleranz die Inspektionsfähigkeit dieses sensiblen Details durch luftdicht verschraubte Endoskopöffnungen gewährleistet.



**Bild 10.8:** Werksfertigung Versteifungsträger mit Hängerschott

Für den Fall, dass nicht tolerierbare Resonanzerscheinungen während des Betriebs auftreten, sind entsprechende Anschlüsse und Aussteifungen für den Einbau von Dämpfungselementen vorhanden. So sind entsprechende Aufstandsflächen für Tilger in den Viertelpunkten sowie in Brückenmitte auf den Versteifungsträgern für jeweils 5 % der mo-



**Bild 10.9:** Dauerelastische Hängerabdichtung



**Bild 10.10:** Untersicht der Montagehilfskonstruktion

dalen Masse der zugehörigen Eigenformen vorgesehen. Für eine zusätzliche Dämpfung der Hänger wurden Anschlagösen für Störseile eingebaut. Eine Auslegung dieser Dämpfungselemente erfolgt erst dann, wenn Messungen deren Erfordernis aufzeigen und die Tilger- bzw. Störseilkonfiguration auf Grundlage der Messwerte dimensioniert und kalibriert werden können.

## 10.5 Montage

### 10.5.1 Werk

Im 1. Quartal 2012 wurde mit der Materialbestellung und der Werksfertigung begonnen. Die Stabbogenbrücke wurde für die Werksfertigung in 24 größere Baugruppen unterteilt. Dabei waren die schwersten Bauteile die Endteile bestehend aus

Endquerträger und Bogenkämpfer mit einem Gewicht von ca. 100 t. Die Fahrbahn wurde in Querrichtung in der Mitte und in Längsrichtung in den Drittelpunkten geteilt. Die gleiche Teilung erfolgte für die Versteifungsträger. Die Bögen wurden in je fünf Teilen vorgefertigt. Anschließend wurden die Teile mit einem Korrosionsschutzsystem beschichtet und auf die Baustelle transportiert.

### 10.5.2 Baustelle

Die Montage des Stabbogens erfolgte auf einer Montagehilfskonstruktion, die aufgrund der bereits fertiggestellten Abzweigbrücke besonders komplexe Randbedingungen zu erfüllen hatte. So wurden Zweigelenrahmen mit Fachwerkstützen aufgestellt, auf die drei Einfeldträger mit Unterspannung aufgelegt wurden (Bild 10.10).

Im 3. Quartal 2012 erfolgte der Zusammenbau der ersten Baugruppen auf der Baustelle. Dafür konnten wegen der beengten Platzverhältnisse die schweren Baugruppen der Fahrbahn, Versteifungsträger und Endquerträger nur auf der Westseite der Hilfskonstruktion aufgelegt werden. Es wurde zunächst ein Drittel der Baugruppen eingehoben, verschweißt und anschließend mit speziellen Wagen verrollt. Hierauf wurden die mittleren Teile der Fahrbahn und Versteifungsträger angeschlossen und nach Abschluss der Arbeiten in die endgültige Position verrollt. Das letzte Drittel der unten liegenden Brückenteile konnte an Ort und Stelle eingehoben und verschweißt werden. Bild 10.11 vermittelt einen Eindruck von den Montgearbeiten. Für die Montage der Bögen wurden auf jeder Seite je vier Lasttürme auf die Versteifungsträger aufgesetzt. Mit deren Hilfe wurden die verhältnismäßig leichten Baugruppen der Bögen, Verbände und Portalriegel innerhalb kurzer Zeit verschlossert und anschließend verschweißt (Bild 10.12).

### 10.5.3 Hängereinbau

Besonderes Augenmerk bei der Montage galt dem Einbau der Hänger. Hierbei war Ziel sicherzustellen, dass alle Hänger die in der Berechnung vorgesehenen Zugkräfte infolge des Eigengewichts der Konstruktion erhalten. Durch die große Biegesteifigkeit des Versteifungsträgers und die dynamische Beanspruchung durch den Hochgeschwindigkeitsverkehr waren die Anforderungen bei der Saale-Elster-Talbrücke besonders hoch. In der Konsequenz wurde ein detailliertes Hängereinbaukon-



**Bild 10.11:** Montage von Fahrbahn und Versteifungsträger (Foto: DB AG)



**Bild 10.12:** Bogenmontage (Foto: DB AG)



**Bild 10.13:** Belastungszüge auf der Stabbogenbrücke (Foto: Jörg Lutzens)

zept festgelegt, das unter strengen Auflagen eingehalten wurde. Nachdem die Versteifungsträger und Bogen fertiggestellt und verschweißt waren wurden die Bögen von den Hilfsstützen freigesetzt und somit die Eigengewichtsverformung der Bögen vorweggenommen. Anschließend wurde der obere Hängeranschluss verschweißt. Nachdem alle Hänger unter deren Eigengewicht am Bogen angehängen waren, wurden diese genau vermessen und abgelängt. Beim anschließenden Verschweißen des Stoßes am Versteifungsträger wurde genau darauf geachtet, dass zum einen nachts bzw. während der frühen Morgenstunden ohne Sonneneinstrahlung gearbeitet wird, alle vier zugehörigen Hänger gleichzeitig angeschlossen werden und der zu schließende Schweißspalt gegenüber der Nullmessung unverändert ist. Anschließend wurden die Versteifungsträger freigesetzt. Bei einer Messung der Normalkräfte über die Eigenfrequenzen der Hänger an der fertiggestellten Brücke konnte eine sehr gute Übereinstimmung der Messwerte mit den Sollwerten aus der Vorberechnung festgestellt werden.

Die Stahlbauarbeiten wurden im Juni 2013 abgeschlossen und es konnte mit dem Gleisbau sowie der Installation der Oberleitung begonnen werden.

## 10.6 Probetrieb und erste Messungen

### 10.6.1 Messkonzept

Im Zuge der Erkenntnisse der statischen und dynamischen Berechnungen sowie der Stellung des Bauwerks als Pilotprojekt im 300-km/h-Netz wurde ein ausführliches Messprogramm festgelegt. Dieses beinhaltet die Messung der Auswirkung verschiedener Belastungen aller signifikanten Bauteile. Hierzu liegt ein besonderer Fokus auf den Hängerschotten, aber auch den Versteifungsträgern, Querträgern, Hängern und dem Steuerstab. Dazu werden Dehnungsmessstreifen (DMS), DMS-Rosetten, Beschleunigungsaufnehmer und Wegaufnahme verwendet. In das Messprogramm wurden zu den typischen Betriebszügen der DB AG speziell Zugtypen aufgenommen, bei denen in den dynamischen Berechnungen Resonanzerscheinungen erkennbar waren.

### 10.6.2 Statische Messungen

Im August 2014 wurde mit dem Probetrieb auf der gesamten Strecke begonnen. Dabei wurden zunächst Belastungsfahrten mit zwei ca. 1000 t schweren Güterzügen mit einer Geschwindigkeit von ca. 20 km/h vorgenommen (Bild 10.13). Die dabei gemessenen Verformungen der Stabbogenbrücke unter maximaler Last entsprachen bis auf einen Millimeter genau den berechneten Werten. Darüber hinaus wurden Bremsungen durchge-

führt, um den horizontalen Lastabtrag nachzuvollziehen. Dabei zeigte sich, dass die Lastannahmen des Steuerstabes auf der sicheren Seite liegen. Bei Dauerstandsbelastungen mit Standzeiten von ca. 20 Minuten zeigten sich nur sehr kleine plastische Dehnungen in den Bauteilen, die auf ein Plastizieren von Schweißseigenspannungen in den Hängern hindeuten.

### 10.6.3 Dynamische Messungen

Im September 2014 wurden Hochtastmessfahrten mit dem Messzug ICE-S der DB durchgeführt. Dabei wurden Geschwindigkeiten von bis zu 340 km/h erreicht. Zwar wurde bisher erst ein kleiner Teil des vorgesehenen dynamischen Messprogramms durchgeführt, jedoch konnte bereits festgestellt werden, dass sich die Brücke auch im Hochgeschwindigkeitsbereich im Bereich der Prognosen verhält. Auch konnten keine signifikanten Beanspruchungsüberhöhungen aus resonantem Bauwerksverhalten festgestellt werden.

## 10.7 Projektbeteiligte

### Bauherr:

DB Netz AG

### Projektleitung:

DB ProjektBau, Leipzig

### Bauausführung:

Arbeitsgemeinschaft Saale-Elster-Talbrücke:  
Hochtief AG, Berlin  
Adam Hörnig, Aschaffenburg  
Gerdum und Breuer, Fulda/Brück

### Nachunternehmer Stabbogenbrücke:

ZSB Zwickauer Sonderstahlbau, Zwickau

### Entwurfsverfasser:

Krebs und Kiefer, Darmstadt

### Ausführungsplanung:

Planungsgemeinschaft Saale-Elster-Talbrücke:  
Leonhardt, Andrä und Partner, Dresden/Nürnberg (Überbauten)  
Kinkel und Partner, Neuisenburg (Gründungen und Unterbauten)

### Prüfingenieure:

Dr.-Ing. Walter Streit, München (Massivüberbauten)

Dr.-Ing. Klaus Baumann, Greifswald (Gründungen und Unterbauten)

Prof. Dr.-Ing. Gerd Albrecht, München (Stabbogenbrücke bis 2010)

Dipl.-Ing. Jörg Lutzens, München (Stabbogenbrücke ab 2010)

### Messungen und Zustimmung im Einzelfall Stabbogenbrücke:

Prof. Dr.-Ing. Karsten Geißler, Dresden

### Zustimmung im Einzelfall Steuerstab:

Prof. Dr.-Ing. Martin Mensinger, München

## 10.8 Literaturverzeichnis

- [1] SCHENKEL, M.; FELGNER, M.: Die Stabbogenbrücke der Saale-Elster-Talbrücke. EI – der Eisenbahningenieur 64 (2013) 10, S. 63-68.
- [2] DB PROJEKTBAU GMBH: Verkehrsprojekt Deutsche Einheit 8. [www.vde8.de](http://www.vde8.de) [Stand 12/2014]
- [3] FELGNER, M.; STREIT, W.; GRIEBEL, M.: Der Bau der Saale-Elster-Talbrücke – Ingenieurtechnik und Ökologie im Gleichklang. In: VSVI Bayern 2009, abrufbar unter: [http://www.vsvi-bayern.de/?loadCustomFile=30\\_Downloads/Zeitschrift/2009\\_Zeitschrift.pdf](http://www.vsvi-bayern.de/?loadCustomFile=30_Downloads/Zeitschrift/2009_Zeitschrift.pdf) [12/01/2015]
- [4] MANSPERGER, T.: Die Stabbogenbrücke der Saale-Elster-Talbrücke. In: Morgenthal, G. (Hrsg.) Tagungsband zum Young Engineers Colloquium Dresden 2014 am 10. März 2014 in Dresden, Dresden: Eigenverlag German Group of IABSE, S. 30-31
- [5] GEISLER, K., RODEMANN, J., STEIN, R.: Entwurfskriterien für Brücken in Hochgeschwindigkeitsstrecken unter Beachtung dynamischer Effekte. In: STRITZKE, J. (Hrsg.): Tagungsband zum 21. Dresdner Brückenbausymposium am 8. März 2011 in Dresden, Dresden: Eigenverlag TU Dresden, Institut für Massivbau, 2011, S. 127-145

- 11** Herzlich Willkommen zum 25. Dresdner Brückenbausymposium
- 15** Überall Brücken – von der Vielgestaltigkeit eines Gedankens
- 33** Brückenbau in Deutschland – eine Auswahl zukünftiger Schwerpunkte
- 37** 25 Jahre Dresdner Brückenbausymposium – eine deutsche Erfolgsgeschichte
- 63** Bridge Architecture – from Structure to Elegance
- 69** Fußgängerbrücken – Entwurf und Konstruktion
- 83** Schlanke vorgespannte Fußgängerbrücke aus Textilbeton
- 99** Pilotanwendungen von Textilbeton für Verstärkungen im Brückenbau
- 113** Gustave Magnel – ein Wegbereiter der Spannbetonbauweise
- 131** Integrale Brücken im Wandel der Zeit
- 151** Dynamisch über das Saale-Elster-Tal – Bemessung und Konstruktion einer Stabbogenbrücke für den Eisenbahnhochgeschwindigkeitsverkehr
- 163** Sicherung der Rheinbrücke Leverkusen – von der Schadensaufnahme zum Instandsetzungsmanagement unter Berücksichtigung der Altstahlproblematik
- 181** Friedrichsbrücke Berlin – Denkmalgerechte Erneuerung und Anpassung der Friedrichsbrücke über die Spree – die Verbindung von zwei verschiedenartigen Brückenkonstruktionen
- 193** Egg-Graben-Brücke, Wildbrücke AM2, Lafnitzbrücke – Anwendung von neuen Bauverfahren für Brücken in Österreich
- 217** Feuerverzinken im Brückenbau – Anwendung und aktuelle Forschungsergebnisse
- 229** Das Schwergutgewerbe – Großraum- und Schwertransporte, Autokrane, Brückenbau
- 239** Massivbrücken unter extremen Wetterbedingungen
- 253** Brückenbauexkursion 2014 – Spurensuche in Deutschland
- 265** Chronik des Brückenbaus