

# BRÜCKENBAU

Construction & Engineering

Ausgabe 1/2 • 2025

## 25. Symposium Brückenbau in Leipzig



 MAURER

# Nachruf

Wir nehmen Abschied von

## **Elisabeth Wiederspahn**

Firmengründerin, Verlegerin und Initiatorin des Leipziger Brückenbau-Symposiums,  
die am 1. Januar 2025 in Wiesbaden verstarb.

Ihr unternehmerischer Esprit, der bis ins hohe Alter ungebrochene Elan,  
ihre Warmherzigkeit und persönliche Integrität bleiben ebenso unvergessen  
wie ihre unübertroffene Gastfreundschaft.

Wie gerne hätte sie das Jubiläum »25 Jahre Symposium Brückenbau in Leipzig«  
als Schirmherrin mitverfolgt, um zu sehen, ob alles nach Plan verläuft und ihre Gäste  
auch bei der 25. Auflage dieser Veranstaltung fachlich, kulinarisch und logistisch  
optimal betreut werden.

Wir danken all denjenigen sehr herzlich, die sich in den vergangenen Tagen  
bereits mit persönlichen Kondolenzschreiben bei uns gemeldet haben.

Michael Wiederspahn

für die

VERLAGSGRUPPE WIEDERSPAHN  
mit MixedMedia Konzept

## Zum (diesjährigen) Symposium in Leipzig Jubiläum der Brückenbaukunst

■ ■ ■ von Michael Wiederspahn



Dipl.-Ing. Michael Wiederspahn

Woran erkennt Frau oder Mann eigentlich, dass mehrere oder eben viele Jahre vergangen sind? Auf eine solche Frage wird eine jede und ein jeder natürlich anders antworten wollen und müssen, in unserem Fall überwiegt freilich das Erstaunen, gepaart mit einem gehörigen Maß an Freude – konnten wir bei der Auftaktveranstaltung doch nicht damit rechnen, dass sich das »Symposium Brückenbau in Leipzig« zu einer Erfolgsgeschichte entwickeln, es letztlich dauerhaft und zugleich kontinuierlich an Renommee und Resonanz hinzugewinnen wird. Neben aller Freude über das Erreichte und Geleistete sind wir aber auch dankbar: dankbar für die Unterstützung von Bauherren und Bauverwaltungen, von Ingenieurbüros und Prüfingenieuren, von Bauunternehmen und Bauzulieferindustrie, von Universitäten und Hochschulen, da sie unser Symposium als Teilnehmer, Referenten und Aussteller stets begleitet haben und es derart in der Fachwelt zu etablieren halfen.

In einer Zeit, die gemeinhin als sehr, sehr schnelllebig bezeichnet wird, gerät leider manches in Vergessenheit, werden insbesondere die sogenannten Anfänge oft und gerne ignoriert oder gar als unerheblich abqualifiziert, obwohl sie per se die unabdingbare Basis bilden und bildeten, und zwar für jegliche Form des Fortschritts. Und genau deshalb sollen hier nach 2020 erneut einige Zeilen aus dem Editorial von Ausgabe 1 · 2010 zitiert werden – im Sinne eines Rückblicks, der Historie und Gegenwart zukunftsorientiert miteinander verknüpft, denn Inhalt wie Tenor des ehemals Geschriebenen galten und gelten für das aktuelle wie für die kommenden Jahre uneingeschränkt.

»Mit Erscheinen dieses Heftes liegt nicht nur der Tagungsband zum (inzwischen) ›Zehnten [jetzt: Fünfundzwanzigsten] Symposium Brückenbau in Leipzig‹ vor, sondern verbindet sich auch ein kleines Jubiläum, auf das wir natürlich stolz sind – zeigt es doch Rang und Reputation einer Veranstaltung, die vor ziemlich genau einer Dekade [jetzt: zweieinhalb Dekaden] erstmals durchgeführt wurde und sich danach zu einer Reihe, ja sehr schnell zu einem, im wahrsten Sinne des Wortes, stehenden Begriff und festen Termin entwickelt hat. Ein paar Zeilen der Erinnerung an eine in mehrfacher Hinsicht außerordentlich bemerkenswerte Premiere seien daher erlaubt, wobei hier, um nicht in ein allzu großes Eigenlob verfallen zu müssen, lediglich zwei, drei Passagen aus einer Veröffentlichung zitiert werden, die in der November-2000-Ausgabe des Deutschen Ingenieurblatts immerhin sechs volle Seiten umfasste: ›(...) traf sich zum Zwecke eines Informationsaustauschs und einer offenen Diskussion über den Straßenbrückenbau in Deutschland die Crème de la Crème der deutschen Brückenbauer aus den Ingenieurbüros, aus den Straßen- und Brückenbauverwaltungen der Länder, aus der Bauindustrie und aus der Forschung. Dabei wurden, quasi Schlag auf Schlag, die bedeutendsten neuen Brückenbauwerke in Deutschland, aber auch die alten Reichsautobahnstrecken mit ihren Bauwerken, Brücken und Überführungen und deren Nutzbarmachung für den modernen Verkehr besprochen.

(...) Am Ende des zweiten Tages war darüber hinaus eine Abschlussdiskussion vorgesehen, die dann mehr als zwei (!) Stunden andauerte: lebhaft, durchaus kontrovers und doch, trotz mancher Meinungsverschiedenheit in der Sache, stets kollegial und insbesondere von dem Bewusstsein geprägt, gemeinsam für das jeweils beste Resultat, für die bestmögliche Qualität im deutschen Straßenbrückenbau streiten zu wollen.‹ An der ursprünglichen Intention, nämlich Projekte und Konzepte angemessen zu thematisieren, die hohe und höchste Ansprüche erfüllen, hat sich bis heute ebenso wenig geändert wie an dem prinzipiellen Ablauf des Symposiums mit genügend Raum und Zeit für intensive Erörterungen oder aber dem Teilnehmerkreis, der sich nach wie vor aus der bereits erwähnten ›Crème de la Crème‹ zusammensetzt. Dass die Referenten mittlerweile aus (beinahe) der ganzen Welt anreisen, um in Leipzig ihre Entwürfe, die von ihnen geplanten und realisierten Bauwerke vorzustellen, beweist also ›lediglich‹ die gewachsene und zudem wachsende Internationalisierung eines Programms, das schon seit vielen Jahren das gesamte Spektrum des Brückenbaus abdeckt – was die nachfolgenden Texte und Bilder wiederum mit Nachdruck zu veranschaulichen vermögen. Wer dennoch zweifelt oder bisher einfach nicht sicher war, ob und wann sich die Fahrt für ihn lohnt, darf sich nun gerne vom ›Brückenbau‹ 1 · 2020 [jetzt: 1/2 · 2025] überzeugen lassen, der zumindest mit den schriftlichen Ausarbeitungen der Vorträge aufwartet. Direkte Kontakte und persönliche Begegnungen als ein unverzichtbares Element jedweder Zusammenkunft kann und soll er ohnehin nicht kompensieren, weshalb im Grunde stets zu empfehlen ist: Neben oder nach der Lektüre an die Anmeldung für den nächsten Februar denken!«  
Dem bleibt nichts hinzuzufügen.

## Editorial

- 3 Jubiläum der Brückenbaukunst  
Michael Wiederspahn

## Symposium

- 6 Herausforderungen und Chancen der digitalen Erhaltung  
Gero Marzahn, Andreas Jackmuth, Steffen Marx
- 14 Entwicklungen im Brückenbau in den letzten 40 Jahren  
Wolfgang Eilzer
- 26 Mobilität im Wandel  
Andreas Keil
- 34 Verhandlungsverfahren bei Großbrücken  
Gregor Gebert, Christoph Wolf
- 42 Ertüchtigung der Rheinbrücke Köln-Mülheim  
Uwe Heiland, Martin Seidel
- 50 Rückbau der Rheinbrücke Duisburg-Neuenkamp  
Stephan Hamm
- 58 Neue Rheinbrücken im Ballungsraum Rhein-Ruhr  
Ghaddanfar Najajra, Knut Ewald
- 64 Die Friesenbrücke in Weener  
Günther Dorrer, Stefan Schwede
- 72 Die Talbrücke Landeskroner Weiher  
Martina Goldstein, Peter Wagner
- 82 Ersatzneubau der Talbrücke Rahmede  
Daniel Wingenfeld, Sascha Grubmüller, Michael Backa,  
Mihai-Dan Pop, Daniel Weilke, Hans Grassl
- 88 Ersatzneubau der Rader Hochbrücke  
Thomas Lechner, Martin Steinkühler
- 96 Ersatzneubau der ersten Hochbrücke Levensau  
Andreas Meisel, Andreas Rasmus, André Zühlke



106	Nutzungsdauerverlängerung der Alzbrücke Seebruck Otto Wurzer, Florian Paukner
112	Die Bybrua in Drammen Martin Lechner, Georg Ebner, Philipp Egly, Peter Burghart
120	Umbau des Brückenknötens Berlin-Marzahn Arne Huhn
128	ViA15 als Paradigmenwechsel beim Brückenentwurf Laurent Ney, Toon Maas, Eric Bodarwé, Karl Burgmann
136	Hahnwaldbrücke in Niedernhausen Udo Schölch, Timm Wetzel
144	Stadtgrabenbrücke in Lübeck Constantin Schäfer
150	Komplexität im inneralpinen Eisenbahnbrückenbau Franz Forstlechner, Richard Zedlacher
156	Zwei Wildtierquerungen – einmal ganz anders Jean-Marc Waeber, Stéphane Cuennet
164	Herausforderungen beim Betonieren unter Verkehr Alois Vorwagner, Michael Kleiser, Christian Gasser
170	<b>Produkte und Projekte</b>
175	<b>Software und IT</b>
176	<b>Nachrichten und Termine</b>
179	<b>Branchenregister</b>
182	<b>Impressum</b>

## Digitaler Zwilling im Brückenbau Herausforderungen und Chancen der digitalen Erhaltung

■ ■ ■ von Gero Marzahn, Andreas Jackmuth, Steffen Marx

Die Nibelungenbrücke gehört zu jenen Bauwerken, die prägen und Maßstäbe setzen. Sie ist eine Ikone des deutschen Brückenbaus. Wie alle Brücken unterliegt die Nibelungenbrücke permanenten statischen und dynamischen Beanspruchungen. Regelmäßige Bauwerksprüfungen tragen dazu bei, Schäden frühzeitig zu erkennen und zu beheben. So wird nicht nur die Substanz erhalten, sondern auch die Verkehrssicherheit gewährleistet. Neue, innovative Verfahren, die auf digitalen Datenmodellen aufbauen und durch spezifische Messwerte aus dem Bauwerk kontinuierlich gespeist werden, sind die Basis für einen digitalen Zwilling der Nibelungenbrücke. Ein digitaler Zwilling geht über ein digitales Abbild der Brücke hinaus und bietet die Chance, den Informationsgehalt zum Bauwerkszustand über das rein visuell Erfassbare zu steigern und in kürzeren Zeitabständen bis hin zur Echtzeitablesung Zustandsinformationen abzufragen, auszuwerten und in Prognosemodellen immersiv zu erfassen. Damit können statische Defizite kompensiert und die Grundlagen sowohl für eine bedarfsgerechte und prädiktive Instandhaltung wie für eine kontrollierte längere Nutzung des Bauwerks über die ursprünglich geplante Nutzungsdauer hinaus gelegt werden. Der digitale Zwilling ist nicht nur eine digitale Technologie, sondern Wegbereiter für ein modernes, digitales Erhaltungsmanagement. Die Nibelungenbrücke dient hierfür als Validierungsobjekt und setzt wieder einmal Maßstäbe.



1 Nibelungenbrücke Worms  
© Bundesministerium für Digitales und Verkehr

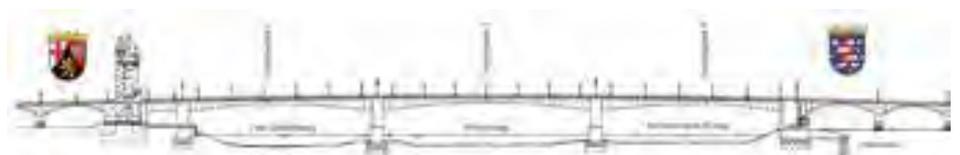
### 1 Übersicht

Die Nibelungenbrücke Worms (Bild 1) ist ein Bauwerk von besonderer ingenieurtechnischer Bedeutung. Als erste Spannbetonbrücke über den Rhein, erbaut im Freivorbau, einer damals noch neuen Bauweise, mit zuvor noch nie erreichten Vorbaulängen von 114 m, stellt sie eine großartige Pionierleistung des konstruktiven Ingenieurbaus dar [1]. Nur dank hervorragender Ingenieure wie Ulrich Finsterwalder, die mit viel Innovationskraft, Kreativität und Mut die damals noch junge Spannbetonbauweise zur Standardbauweise entwickelten, war der rasche Wiederaufbau der im Krieg weitgehend zerstörten Straßeninfrastruktur sowie deren umfassender Ausbau in den 1950er bis 1980er Jahren möglich (Bild 2). Die baugeschichtliche Besonderheit der alten Nibelungenbrücke als Prototyp einer revolutionären Bauweise stellt in technischer Hinsicht die größte Herausforderung für den Erhalt des Bauwerks dar. Aus heutiger Perspektive besitzt die alte Nibelungenbrücke als Zeitzeugnis der frühen Spannbetonbauweise typische bauzeitbedingte Defizite. Daher ist bei allen Schritten der Bauwerkserhaltung die besondere Bedeutung der Nibelungenbrücke zu würdigen.

Das Bauwerk ist sowohl nach dem hessischen als auch nach dem rheinland-pfälzischen Denkmalrecht als Kulturdenkmal erfasst. Darüber hinaus wurde die alte Nibelungenbrücke am 1. September 2022 von der Bundesingenieurkammer mit dem Titel »Historisches Wahrzeichen der Ingenieurbaukunst in Deutschland« gewürdigt [2] [3].

### 2 Erhaltung von Ingenieurbauwerken

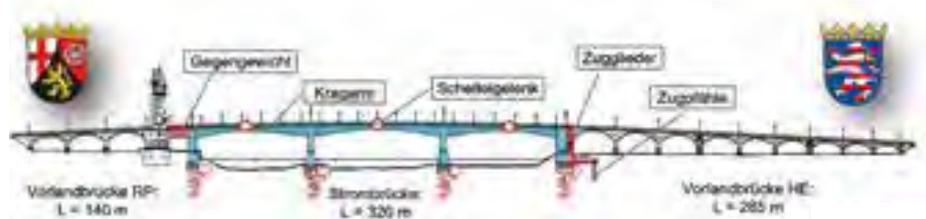
Brücken unterliegen einer steten Alterung und Degradation sowie stetem Verschleiß. Damit die Bauwerke dennoch ihrer bestimmungsgemäßen Nutzung über die geplante Nutzungsdauer gerecht werden können, müssen regelmäßig Erhaltungsmaßnahmen durchgeführt werden. Die Verantwortung hierfür ist gesetzlich klar geregelt, die Straßenbauverwaltungen haben als Träger der Straßenbaulast dafür einzustehen. Insbesondere haben sie dafür zu sorgen, dass Standsicherheit, Verkehrssicherheit und Dauerhaftigkeit von Ingenieurbauwerken gewährleistet sind, wozu bekanntermaßen Brücken zählen. Im Rahmen der Auftragsverwaltung übernimmt der Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz (LBM) diese verantwortungsvolle Aufgabe.



2 Seitenansicht der alten Nibelungenbrücke Worms  
© Aus [2]

**3 Die Nibelungenbrücke**  
**3.1 Konstruktion und Aufbau des Tragwerks**

Der gesamte Brückenzug der Nibelungenbrücke besteht aus zwei getrennten Brückenbauwerken. Die neuere, zweite Brückenhälfte stammt aus dem Jahr 2007 und komplettiert den im weiteren Fokus stehenden älteren, ersten Brückenkörper zu einer nunmehr vierstreifigen B 47. Bei der älteren Nibelungenbrücke handelt es sich um eine Spannbetonbrücke, die zwischen 1951 und 1953 von beidseits der Ufergewässer angeordneten Strompfeilern aus im freien Vorbau hergestellt wurde [2]. Beide Kraghälften wurden in Feldmitte über vorgespannte Momentengelenke verbunden, die Kraghälften selbst sind biegesteif in die Pfeiler eingespannt (Bild 3). Während am linksrheinischen Bauwerksende ein kleines Endfeld als Gegengewicht für den Überbau in der ersten Flussöffnung dient, wird der Überbau am rechtsrheinischen Bauwerksende mangels Ballastierungsmöglichkeiten durch Zugglieder in der Lage gesichert. Die drei Felder des Überbaus spannen über 101,60 m, 114,20 m und 104,20 m. Der Überbau besteht aus zwei Hohlkästen, die über die Fahrbahnplatte und Pfeilerquerträger miteinander verbunden sind. Die Konstruktionshöhe des Kastens beträgt über den Pfeilern 6,50 m und verjüngt sich in Feldmitte auf 2,50 m. Die Vorspannung erfolgte in Längs- und Querrichtung mit Einzelstabgliedern mit nachträglichem Verbund, zudem sind die Stege in Vertikalrichtung mit Einzelstabspanngliedern (vorgespannten Schubnadeln) vorgespannt. Die Stabspannglieder entsprechen der Stahlgüte St 60/90 und wurden für eine beschränkte Vorspannung ausgelegt [4]. Der Überbau besteht aus Beton der Betongüte B 450, die Unterbauten wurden in B 300 ausgeführt. Die Betonstahlgüte der Querschnittsbewehrung variiert zwischen BSt I, II, III und IV M. Aus heutiger Sicht recht ungewöhnlich ist der Konstruktionsbeton mit Kühlleitungen durchzogen, um beim Aushärten des Betons auftretende Eigenspannungen infolge abfließender Hydratationswärme zu minimieren.



**3** Seitenansicht der alten Nibelungenbrücke Worms  
 © Aus [2]

**3.2 Zustandsbeschreibung des Bauwerks**

Das Bauwerk ist in einer relativ guten baulichen Verfassung. Der Beton weist eine gute Qualität auf, die Betondeckung entspricht dem damaligen Normenwerk. Der Brückenquerschnitt überzeugt durch eine gute Gestaltungsqualität. Bis zur ersten grundhaften Instandsetzung im Jahre 1974 besaß die alte Nibelungenbrücke keine wirksame Abdichtung, sondern lediglich einen Belag aus Hartgussasphalt, so dass über viele Jahre Chloride aus dem Einsatz von Tausalz in den Konstruktionsbeton eindringen konnten. Chloride sind in der Lage, die im hochalkalischen Milieu des Betons vorhandene und den Bewehrungsstahl schützende Passivierungsschicht lokal zu durchdringen und Korrosion zu initiieren. Der gefürchtete Lochfraß ist dann oftmals die Folge. Der Verpresszustand der Stabspannglieder beim damaligen Spannverfahren Dywidag Ø26 St 60/90 ist im Vergleich zu heutigen Verpressungen bekanntermaßen ungenügend. Das Hüllrohr ist vergleichsweise eng, der lichte Spalt zwischen Spannstab und Hüllrohr erfahrungsgemäß zu gering, um eine zuverlässige, vollständige Verfüllung mit den damals verfügbaren Verpressmörteln

sicherzustellen. Eine vollständige Verpressung ist nicht nur eine Voraussetzung für einen wirksamen Korrosionsschutz der Stabspannglieder, sondern auch die Grundlage für einen effektiven Verbund mit dem Konstruktionsbeton zur Sicherstellung der Bruchsicherheit. Stichprobenartige Kontrollbohrungen im Vorfeld der Instandsetzungsmaßnahme im Jahr 2010 ergaben für die Längsspannglieder einen durchschnittlichen Verpressfehler von ca. 20 %. Bei den Querspanngliedern lag der Verpressfehler unter 10 %. Bauartbedingt ist der Korrosionsschutz der Stabspannglieder im Bereich von Spanngliedkopplungen ungenügend. Die verbauten Übergangs- bzw. Distanzstücke aus Holz führten insbesondere bei Wasserzutritt langfristig zu Querschnittsverlusten am Spannstahl (Bild 4). Lokale Korrosionsprobleme wurden darüber hinaus auch an den Kreuzungspunkten der Stabspannglieder mit den bauzeitlich genutzten Kühlleitungen in den Überbaustegen festgestellt. Gegenüber Spannungsrisikkorrosion gilt der eingebaute Spannstahl jedoch als unauffällig. Der bauliche Bauwerkszustand wird aktuell mit der Note 2,0 bewertet.



**4** Historisches Spannverfahren Dywidag Ø26 St 60/90  
 © Hessen Mobil

3.3 Tragfähigkeitsaspekte

Die originäre Bemessung des Spannbetonüberbaus erfolgte mit der siebten Entwurfsfassung von DIN 4227:1951 [5] (später als DIN 4227-1:1953-10 erschienen [6]) für ein Verkehrslastmodell der Brückenklasse 60 nach DIN 1072:1952-06 [7].

Im Jahr 2005 wurde die Brücke auf Grundlage der Normen DIN 1072:1985-12 [8], DIN 1045:1988-07 [9] und DIN 4227-1:1988-07 [10] nachgerechnet.

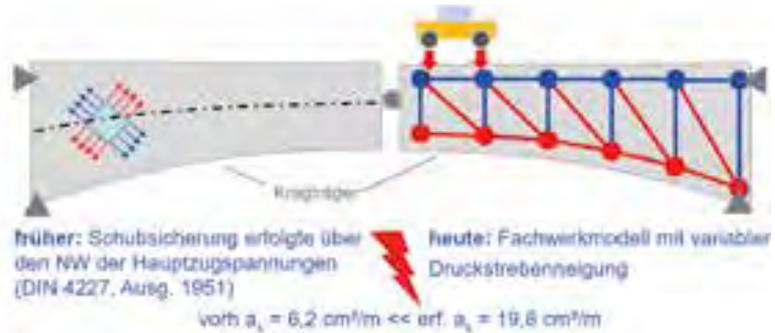
Das Ziellastniveau wurde mit der Brückenklasse 60/30 festgelegt, das heißt, eine zusätzliche zweite Schwerlastspur verglichen mit der Ursprungsstatik wurde berücksichtigt. Diese Festlegung erfolgte, um dem tatsächlichen Verkehrsaufkommen gerecht zu werden.

Im Ergebnis wurden Defizite in Bezug auf die Biegetragfähigkeit, vor allem aber in Bezug auf die Querkrafttragfähigkeit festgestellt [11] [12].

Im Wesentlichen ist das Querkrafttragfähigkeitsdefizit in der mehrfachen Umstellung der Nachweisverfahren begründet (Bild 5). Zur Zeit der Planung des Bauwerks wurde dem Beton eine Mitwirkung beim Querkraftabtrag zugewiesen; begrenzendes Kriterium war die Einhaltung der zulässigen Hauptzugspannungen, bis zu der keine Schubbewehrung erforderlich war. Entsprechend stark wurde die Längsvorspannung gewählt, um dieses Kriterium möglichst einzuhalten. Mindestschubbewehrungsgrade waren seinerzeit normativ nicht explizit gefordert.

Mit dem heute angewandten Fachwerkmodell unter Vernachlässigung der Tragwirkung des Betons auf Zug lassen sich die Querkraftnachweise folglich kaum erbringen. Jedoch zeigt die Brücke keinerlei Risse oder sonstige Schäden, die auf Schwächen im Querkrafttragverhalten hinweisen. Der Querschnitt der Brücke lebt also von der Betonzugfestigkeit, ein Sachverhalt, der noch von Bedeutung sein wird.

Zur Minimierung der Gefahr, dass die streuende Betonzugfestigkeit durch eine zu hohe Beanspruchung überschritten wird, wurden vorsorglich der genehmigungspflichtige Schwerverkehr von der Brücke genommen und darüber hinaus regelmäßige Sonderprüfungen zur Rissdetektion angeordnet. Bislang konnten keine signifikanten Rissbilder festgestellt werden.



5 Schubtragfähigkeit: historischer und neuer Normungsstand © Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz

Mit der Ergänzung der Nachrechnungsrichtlinie Ausgabe 04/2015 [13] [14] wurde das Hauptzugspannungskriterium für die Nachrechnung wieder aufgegriffen, aber auch mit diesem Zugständnis gelang der Schubnachweis auf Bemessungslastniveau nicht [12]. Zusätzlich wurde das Ankündigungsverhalten anhand eines modifizierten Ingenieurmodells bei einem postulierten Schubbruch untersucht. Ein schlagartiges Bauwerksversagen konnte damit ausgeschlossen werden.

3.4 Bauliche Erhaltungsmaßnahmen

Aufgrund des fortgeschrittenen Bauwerksalters hat die alte Nibelungenbrücke schon mehrere Erhaltungsmaßnahmen erfahren. Im Rahmen der grundhaften Instandsetzung im Jahr 1974 wurde erstmals eine funktionierende Abdichtung aufgebracht.

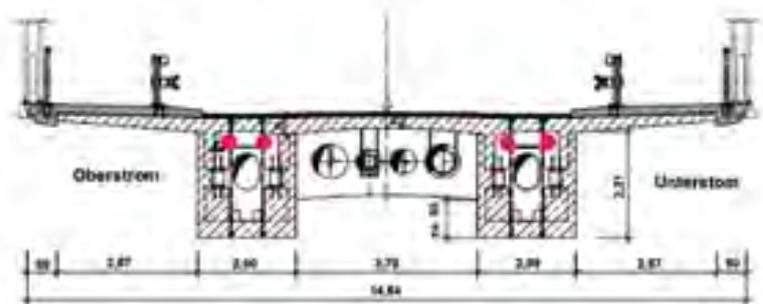
In den Jahren 2010 ff. erfolgte eine weitere Instandsetzung inklusive einer Verstärkung der Biegetragfähigkeit durch Einbau zusätzlicher externer Spannglieder (Bild 6). Darüber hinaus wurden Spannstäbe in den Querkraftgelenken und den Zuggliedern am rechtsrheinischen Überbauende ersetzt. Ferner wurden detektierte Verpressfehler beseitigt und der mit Chloriden kontaminierte Konstruktionsbeton in Teilen der Fahr-

bahnplatte ersetzt. Durch eine neu aufgebraachte Abdichtung wurde zudem ein weiterer Wasserzutritt in die Konstruktion wirksam verhindert und so weniger ausgeprägte Korrosionsherde an der Fahrbahnplatte zum Stillstand gebracht.

3.5 Baukulturelle Bedeutung

Die alte Nibelungenbrücke Worms ist baukulturell von herausragender Bedeutung. Das von Ulrich Finsterwalder (1897–1988) als Antwort auf die Stahlknappheit nach dem Zweiten Weltkrieg entwickelte Bauverfahren wurde zuvor in Abstimmung mit einer innovationsfreudigen Straßenbauverwaltung an einem kleineren Testbauwerk »K 25 – Lahnbrücke Baldunstein« im kleineren Maßstab erprobt [4]. Für die Planung zum Projektstart 1951 wurde die bis dahin siebte veröffentlichte Entwurfsfassung der DIN 4227 angewandt, die erst zwei Jahre später im Oktober 1953 als Weißdruck letztlich verbindlich eingeführt wurde.

Nachdem die von der zeitgenössischen Fachöffentlichkeit mit großem Interesse wahrgenommene bautechnische Innovation ihre Praxistauglichkeit in Worms auch in großem Maßstab unter Beweis gestellt hatte, fand der freie Vorbau von Spannbetonbrücken weltweite Verbreitung.



6 Verstärkung der Biegetragfähigkeit mit je zwei externen Spanngliedern © Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz

### 3.6 Umstellung der Erhaltungsstrategie

Nach dem aktuellen Stand der Technik wird die Erhaltungsstrategie von Brückenbauwerken im Wesentlichen von drei messbaren Zielkriterien bestimmt: Zustandsnote, Traglastindex und Wirtschaftlichkeit.

Während die Zustandsnote das Ergebnis einer äußeren, meist visuellen Bauwerksprüfung ist und den baulichen Zustand bewertet, stellt der Traglastindex ein relatives Maß für die Leistungsfähigkeit einer Brücke [15] dar. Er wird im Wesentlichen aus der Differenz zwischen der erforderlichen Tragfähigkeit (= Ziellastniveau) zur vorhandenen Tragfähigkeit unter Berücksichtigung bauzeitbedingter Defizite ermittelt. Die vorhandene Tragfähigkeit ist in der Nachrechnungsrichtlinie [13] [14] geregelt.

Die wirtschaftliche Beurteilung der objektbezogenen Erhaltungsstrategie erfolgt regelmäßig nach der »Richtlinie zur Durchführung von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen im Rahmen von Instandsetzungs-/Erneuerungsmaßnahmen bei Straßenbrücken (RI-WI-BRÜ)« [16]. Dazu werden im Sinne einer Lebenszykluskostenberechnung die innerhalb eines Bewertungszeitraums anfallenden Kosten auf das Bezugsjahr diskontiert und so die günstigste Variante identifiziert. Innerhalb des gesetzten Rahmens wurden alle technischen Möglichkeiten zur Abhilfe der vorgefundenen statischen Defizite erörtert. Obwohl das übergeordnete Erhaltungsziel bei der Modernisierung des Bauwerksbestands meist darin besteht, Bauwerke möglichst in die Grenzen für das Querkrafttragverhalten eng gesetzt. Technisch machbare und zudem wirtschaftliche Verstärkungsverfahren für den Querkraftabtrag stehen kaum oder nicht zur Verfügung. Das mögliche Einführen zusätzlicher äußerer vertikaler Stabspannglieder als Schubverstärkung hätte bei umfänglicher Durchlöcherung der Fahrbahnplatte eine Gefahr der Beschädigung der Längsspannglieder in der Fahrbahnplatte bedeutet (Bild 7), weshalb man sich dagegen entschied.



7 Verstärkung der Querkrafttragfähigkeit mit vertikalen Stabspanngliedern  
© Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz

Mit der Nichtverstärkbarkeit des Querkrafttragverhaltens wurde die alte Nibelungenbrücke in einer ersten Einschätzung 2019 vom Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz (LBM) als nicht mehr erhaltungswürdig [17] eingestuft. Das Bauwerk sollte bis zu einem Ersatzneubau kontrolliert altern. Der verfügbare Zeitraum bis zum Ersatzneubau inklusive einem Planungsvorlauf für den Neubau einerseits und der Gefahr einer drohenden Vollsperrung des Bestandsbauwerks andererseits, sobald sich Schubrisse einstellen sollten, war eng gefasst. Unter Würdigung aller Aspekte wurde die sicherzustellende Restnutzungsdauer auf 15–20 Jahre beziffert und letztlich ein Ersatzneubau für das Jahr 2028 avisiert.

## 4 Pilotprojekt Lebensdauerverlängerung

### 4.1 Initiierung

Mit der Entwicklung fortschrittlicher digitaler Techniken wurde die bisherige Erhaltungsstrategie einer Revision unterzogen; neue Möglichkeiten im Umgang mit dem Bauwerk schälten sich heraus. Auf Basis neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse, auch wenn diese noch nicht im Regelwerk verankert sind, sollte die Restnutzungsdauer neu bewertet und, wenn möglich, verlängert werden. Hilfreich erwies sich in dieser Situation, dass für das DFG-Schwerpunktprogramm SPP 2388 »Hundert plus – Verlängerung der Lebensdauer komplexer Baustrukturen durch intelligente Digitalisierung« (SPP 100+), welches sich genau mit diesen Fragen von Lebensdauerverlängerung beschäftigt, ein Demonstrations- und Validierungsobjekt gesucht wurde

[18] [19]. Die alte Nibelungenbrücke eignet sich insbesondere als Prüfobjekt für das Forschungsvorhaben, da dieses Pionierbauwerk der Spannbetonbauweise sowohl eine herausragende baukulturelle Bedeutung besitzt als auch typische bauzeitbedingte Defizite auf sich vereint, mit denen weiter umzugehen ist.

Im SPP 100+ werden Methoden der Erfassung, Verknüpfung und Bewertung bauwerksbezogener Daten als Grundlage für eine vorausschauende (prädictive) Bauwerkserhaltung erforscht. Im Zentrum steht hierbei das Konzept des digitalen Zwillings, in dem Daten eines BIM-Modells (3-D-Objektmodell, BIM-Fachmodell »Schäden« etc.), des statischen Modells (am Objekt kalibrierte, nichtlineare FE-Berechnung) sowie des Bauwerkmonitorings (mit dem Schwerpunkt der Überwachung von Querkraft- und Bewehrungskorrosion) zusammengeführt werden, um so zukünftige Bauwerkszustände mit Hilfe eines Prognosemodells zuverlässig vorhersagen zu können. Konkret sollen aussagekräftige Zustandsindikatoren abgeleitet werden, die sich für einen sicheren Betrieb von Bestandsbrücken trotz deren baulicher Defizite verwenden lassen. Der Weg führt über eine digitale 3-D-Darstellung der Brücke, welche kontinuierlich mit Echtzeitdaten aktualisiert wird. Dadurch wird der digitale Zwilling zu einer lebendigen, interaktiven digitalen Brücke. Die Nibelungenbrücke hat somit beste Chancen, ein zweites Mal zu einem Pionierbauwerk zu werden [20].

Die positiven Aussichten führten zu einer Revision der Erhaltungsstrategie, von einem zeitnahen Ersatzneubau wurde abgerückt.

Mehr als 19 deutsche Universitäten und Forschungseinrichtungen erforschen an der Nibelungenbrücke unterschiedlichste Techniken zur Schadensdetektion, Schadensverortung, zu deren Visualisierung, Auswertung und Weiterverarbeitung. Sie sollen zeigen, dass eine interaktive Modellierung das Trag- und Verformungsverhalten historischer Bausubstanz realitätsnah abgebildet und analysiert, potenzielle Tragreserven dadurch gehoben werden und insgesamt ein gesicherter weiterer Betrieb der Brücke garantiert werden kann.

Zur Erreichung dieses Ziels wurde parallel zum SPP 100+ gemeinsam mit dem Bundesministerium für Digitales und Verkehr und dem Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz ein Projekt zur Nutzungsdauerverlängerung durch intelligente Digitalisierung initiiert.

**4.2 Bestands- und Zustandserkundung**

Die Bestands- und Zustandserkundung der alten Nibelungenbrücke bildet eine wesentliche Grundlage des Pilotprojekts zur digitalen Instandhaltung. Ziel ist, ein präzises und umfassendes Bild des aktuellen Zustands des Bauwerks und der tatsächlichen Materialeigenschaften zu gewinnen, um die Tragfähigkeit und die Dauerhaftigkeit der Konstruktion möglichst realitätsnah und in Echtzeit einzuschätzen.

Zu Beginn der Erkundung wurden bereits alle relevanten Bestandsunterlagen gesichtet und digitalisiert. Hierzu zählen historische Baupläne, frühere Instandsetzungsberichte und Dokumentationen der Bauwerksprüfungen. Diese Informationen fließen in ein BIM-Modell ein, das als digitales Abbild der Brücke dient und alle gesammelten Daten integriert.

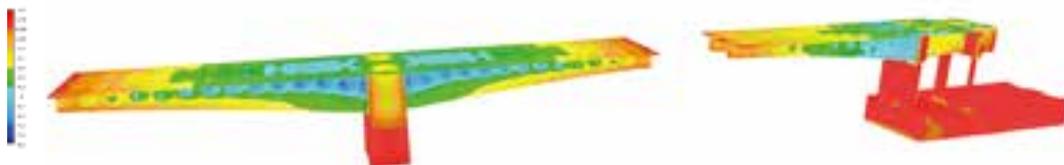
Die Zustandserfassung selbst erfolgt mithilfe modernster Technologien und Methoden der Geodäsie, der Bauwerksdiagnostik und des Bauwerksmonitorings. Es werden sowohl zerstörungsfreie als auch zerstörungssarme bauwerksdiagnostische Untersuchungen durchgeführt. Um die Substanz des Bauwerks möglichst wenig zu beeinträchtigen, werden flankierende Untersuchungen an der Lahnbrücke Balduinstein eingebunden, welche aufgrund eigener Defizite zeitnah zurückgebaut wird. Der Rückbau ermöglicht es, bauwerksdiagnostische Untersuchungen umfangreicher zu gestalten und die Ergebnisse aufgrund der starken Ähnlichkeit der Bauwerke auf die Nibelungenbrücke zu übertragen. Weiterhin gehören definierte Belastungsfahrten zur Messung der Bauwerksreaktionen sowie der Einsatz von faseroptischen Sensoren (DFOS) zur kontinuierlichen Überwachung von Dehnungen und Rissen zu den Untersuchungen. Diese Sensoren ermöglichen eine Echtzeitüberwachung zur strukturellen Integrität der Brücke. Neben kurzzeitigen Messungen werden auch dauerhafte Messungen für ein Structural-Health-Monitoring (SHM) etabliert, um in Summe ein BIM-Modell »as maintained« zu erstellen. Ein besonderes Augenmerk liegt auf der Untersuchung des Zustands der Spannglieder und der für die Querkrafttragfähigkeit unmittelbar maßgebenden Betonzugfestigkeit. Zudem werden lokale Korrosionsprobleme an den Kreuzungspunkten der Spannbetonglieder mit den Kühlleitungen genau dokumentiert, so dass Schwachstellen der Dauerhaftigkeit auch im Rechenmodell der Nachrechnung nach Stufe 4 berücksichtigt werden können.

**4.3 Finite-Elemente-Berechnung einschließlich Modell-Update**

Nach der umfassenden Bestands- und Zustandserkundung folgte die Nachrechnung der alten Nibelungenbrücke nach Stufe 4 der Nachrechnungsrichtlinie [13] [14], um die Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit des Bauwerks präzise zu bewerten. Ein sehr genaues FE-Modell (Bild 8) bildet die Grundlage dieser Nachrechnung. Das auf den Bestandsdaten basierende Modell berücksichtigt alle Einzelspannglieder sowie sämtliche Bauzustände, die während der Errichtung der Brücke und mit dem Einbau der externen Vorspannung auftraten. Dadurch werden auch zurückliegende Kriech- und Schwindvorgänge zuverlässig erfasst.

Die Bauwerksdiagnostik liefert detaillierte Informationen über den aktuellen Zustand der Spannglieder und die Betonfestigkeit. Über Belastungsfahrten zur Messung der Bauwerksreaktionen unter definierten Verkehrsbelastungen wird das Bauwerksverhalten charakterisiert und das FE-Modell kalibriert.

Das aktualisierte FE-Modell beinhaltet eine räumliche Modellierung mit Volumenelementen, die die Spannbetonbauteile und deren Vorspannung sowie alle relevanten Bewehrungsdetails präzise abbildet. Diese detaillierte Modellierung erlaubt es, die Tragreserven der Brücke zu identifizieren und Schwachstellen, insbesondere im Hinblick auf Querkraft- und Biegetragfähigkeitsdefizite, zu lokalisieren.



**8** Spannungsverteilung in einem Bauzustand  
© Hegger + Partner GmbH

Die nichtlineare Analyse liefert wichtige Erkenntnisse über das Ankündigungsverhalten von Rissen und Verformungen, wodurch potenzielle Gefahrenpunkte frühzeitig erkannt und im Monitoring-System adressiert werden können. Diese Ergebnisse sind entscheidend für die Entwicklung prädiktiver Instandhaltungsstrategien, die darauf abzielen, die Nutzungsdauer der Brücke unter Einhaltung der geforderten Zuverlässigkeit erheblich zu verlängern.

Durch die Integration der Ergebnisse aus Bauwerksdiagnostik und Belastungsfahrten in die Nachrechnung wird ein hochgenaues digitales Abbild der Nibelungenbrücke geschaffen. Dieses digitale Modell dient als Grundlage für zukünftige Überwachungs- und Instandhaltungsmaßnahmen und ermöglicht eine vorausschauende Planung, um die langfristige Funktionalität und Sicherheit der Brücke zu gewährleisten.

#### 4.4 Digitaler Zwilling als zentrale Datenquelle

Der digitale Zwilling der Nibelungenbrücke fungiert als zentrale Datenquelle für alle Aspekte der Bauwerksüberwachung und -instandhaltung. Dieses digitale und dreidimensionale Abbild der Brücke integriert und verknüpft sämtliche Daten, die im Rahmen der Bestands- und Zustandserkundung, der Bauwerksdiagnostik, der Belastungsfahrten sowie der Nachrechnung nach Stufe 4 gewonnen wurden. Dazu wird die BIM-Methodik aufgegriffen, so dass der digitale Zwilling auf Grundlage von BIM-Fachmodellen erstellt wird. Diese Modelle enthalten detaillierte Informationen zu verschiedenen Aspekten des Bauwerks, wie Geometrie, Materialeigenschaften und historische sowie aktuelle Zustandsdaten aus der Bestandserfassung. Durch die Nutzung von BIM-Anwendungsfällen für den Betrieb von Ingenieurbauwerken können spezifische Anforderungen und Prozesse effizient abgebildet werden.

Im digitalen Zwilling fließen statische und dynamische Informationen zusammen (Bild 9), was ihn von klassischen BIM-Modellen unterscheidet. Historische Daten, wie ursprüngliche Baupläne und frühere Instandsetzungsberichte, sind ebenso enthalten wie aktuelle Messdaten aus dem Structural-Health-Monitoring (SHM) und den durchgeführten Belastungsfahrten.

Diese umfassende Datensammlung erlaubt es, den Zustand und das Verhalten der Brücke realitätsnah und in Echtzeit zu überwachen und zu analysieren. Durch die Integration modernster Sensortechnologien können Veränderungen im Bauwerkszustand frühzeitig erkannt und dokumentiert werden. Faseroptische Sensoren (DFOS) liefern dabei hochgenaue und detaillierte Informationen über Dehnungen und Rissbildungen. Ein wesentlicher Vorteil besteht darin, dass die Messungen nicht an örtlich begrenzten und einzelnen Stellen durchgeführt werden, sondern über die gesamte Länge der Faser. Diese Echtzeitdaten fließen direkt in den digitalen Zwilling ein und ermöglichen eine prädiktive Instandhaltung, bei der sich potenzielle Probleme bereits vor ihrem Eintreten identifizieren und beheben lassen.

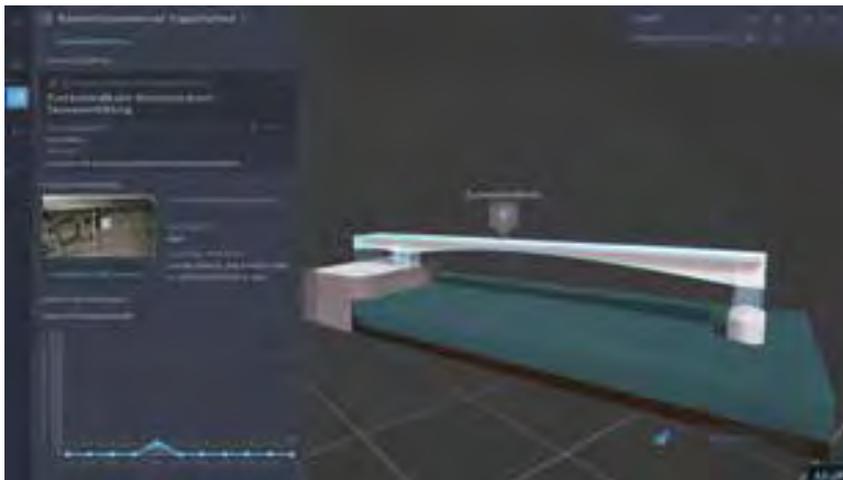
Der digitale Zwilling dient zudem als Plattform für die Zusammenarbeit aller beteiligten Akteure. Ingenieure, Planer und Bauwerksverwalter können auf eine zentrale, stets aktuelle Datenquelle zugreifen, was die Koordination und Entscheidungsfindung erheblich erleichtert. Durch diese integrative und transparente Datenverwaltung trägt der digitale Zwilling maßgeblich dazu bei, die Instandhaltungsstrategien zu optimieren und die Lebensdauer der alten Nibelungenbrücke nachhaltig zu verlängern.



9 Statische Bauwerksinformationen in der Digitalen-Zwilling-Plattform  
© MKP GmbH

#### 4.5 Messwertbasierte Bauwerksbewertung

Die messwertbasierte Bauwerksbewertung ist ein zentraler Bestandteil der digitalen Instandhaltung. Durch die kontinuierliche Erfassung und Analyse von Messdaten können präzise Aussagen über den aktuellen Zustand des Bauwerks getroffen, potenzielle Schäden frühzeitig erkannt und gezielt Maßnahmen zur Instandhaltung des Bauwerks vorgeschlagen werden. Ein wesentlicher Aspekt dieser Bewertung sind Zustandsindikatoren (Condition Indicators, CI), die auf ingenieurwissenschaftlichen Algorithmen basieren und kontinuierlich den Zustand des Bauwerks überwachen. Diese Indikatoren nutzen Daten aus verschiedenen Quellen, wie zum Beispiel Sensormessungen und bauwerksdiagnostischen Untersuchungen, um spezifische Probleme zu identifizieren und zu bewerten. Nachfolgend wird ein beispielhafter Zustandsindikator erläutert.



10 Zustandsindikator Tauwasserbildung im digitalen Zwilling eines Teilbereichs der Strombrücke  
© MKP GmbH

#### 4.6 Beispiel: Zustandsindikator zur Tauwasserbildung

Die messwertbasierte Bewertung eignet sich für Fragestellungen der Dauerhaftigkeit. Ein Beispiel wäre ein CI zur Tauwasserbildung. Während der Feuchtigkeitszutritt von außen durch die intakte Brückenabdichtung ausgeschlossen wurde, kann die Bildung von Tauwasser an den Betonoberflächen im Inneren der Hohlkästen relevant für Korrosionsprozesse sein. Der CI zur Tauwasserbildung nutzt Sensordaten, die die Temperatur und Luftfeuchtigkeit im Inneren der Brücke überwachen, so dass eine Tauwasserbildung frühzeitig erkennbar wird. Mit Hilfe von ingenieurwissenschaftlichen Algorithmen wird die Wahrscheinlichkeit der Tauwasserbildung berechnet. Dieser Indikator berücksichtigt dabei sowohl die aktuellen Umweltbedingungen als auch die Materialeigenschaften der Brücke. Die kontinuierliche Berechnung des Zustandsindikators ermöglicht es, potenzielle Problembereiche zu identifizieren und den tatsächlichen Feuchteintrag in die Konstruktion zu erfassen (Bild 10). Der Bauherr erhält so stets aktuelle Informationen über den Zustand der Brücke und kann präventive Maßnahmen ergreifen, falls die Tauwasserbildung als maßgebend für den Ablauf von Korrosionsprozessen eingeschätzt wird.

#### 4.7 Integration und Nutzen

Die Zustandsindikatoren sind integraler Bestandteil des digitalen Zwillings. Durch die kontinuierliche Analyse und Aktualisierung der Indikatoren stehen dem Bauherrn jederzeit aktuelle Informationen über den Zustand des Bauwerks zur Verfügung. Eine Aggregation dieser

messwertgestützten Indikatoren in Verbindung mit den Bewertungen aus der Bauwerksprüfung und eine Verknüpfung mit Zustandsnoten ist vorstellbar. Bei wesentlichen Zustandsveränderungen wird der Bauherr automatisch vom digitalen Zwilling informiert. Auf diese Weise sind mit Vorliegen von Ablaufplänen schnelle Reaktionen gewährleistet, die eine rechtzeitige und prädiktive Instandhaltung unterstützen, indem sie konkrete Maßnahmen zur Verhinderung von potenziellen Schäden vorschlagen. Insgesamt ermöglicht die messwertbasierte Bauwerksbewertung eine präzise und zuverlässige Überwachung der Nibelungenbrücke. Durch den Einsatz modernster Sensortechnologien und ingenieurwissenschaftlicher Algorithmen können potenzielle Probleme frühzeitig erkannt und gezielt adressiert werden, was die Sicherheit und Langlebigkeit des Bauwerks nachhaltig erhöht. Mit dem digitalen Zwilling Nibelungenbrücke als virtuelle dynamische Repräsentation des realen Systems wird die historische Nibelungenbrücke ein Real-labor, das neben der Erarbeitung und dem Testen neuer Technik außerdem für eine nachhaltige Lebensdauerverlängerung steht.

##### Autoren:

**Prof. Dr.-Ing. Gero Marzahn**  
Bundesministerium für Digitales und Verkehr,  
Bonn

**Dipl.-Ing. Andreas Jackmuth**  
Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz,  
Koblenz

**Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx**  
Technische Universität Dresden  
MKP GmbH,  
Dresden

##### Literatur

- [1] Generaldirektion Kulturelles Erbe Rheinland-Pfalz; Direktion Landesdenkmalpflege; Landesamt für Denkmalpflege Hessen; Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz (Hrsg.): Die Nibelungenbrücke in Worms. Zur Zukunft eines bedeutenden Ingenieurbauwerks. Schriftenreihe Denkmalpflege in Rheinland-Pfalz: Aus Forschung und Praxis, Band 6. Petersberg, 2023.
- [2] Declé, C.: Die Nibelungenbrücke Worms; in: Bundesingenieurkammer (Hrsg.): Historische Wahrzeichen der Ingenieurbaukunst in Deutschland, Band 27. Berlin, 2020.
- [3] <https://wahrzeichen.ingenieurbaukunst.de> (geprüft am 19.01.2024).
- [4] Pelke, E.; Zichner, T.: Ertüchtigung der Nibelungenbrücke Worms; in: Beton- und Stahlbetonbau, 110. Jg., 2015, H. 2, S. 113–130.
- [5] E DIN 4227:1951: Spannbeton – Richtlinien für Bemessung und Ausführung.
- [6] DIN 4227-1:1953-10: Spannbeton – Richtlinien für Bemessung und Ausführung.
- [7] DIN 1072:1952-06: Straßen- und Wegbrücken; Lastannahmen.
- [8] DIN 1072:1985-12: Straßen- und Wegbrücken; Lastannahmen.
- [9] DIN 1045:1988-07: Beton und Stahlbeton; Bemessung und Ausführung.
- [10] DIN 4227:1988-07: Spannbeton – Bauteile aus Normalbeton mit beschränkter oder voller Vorspannung.
- [11] König, Heunisch und Partner: Nibelungenbrücke im Zuge der B 47 über den Rhein bei Worms, ASB 6316873 B, Nachrechnung der Strombrücke gem. DIN 1072, 1045, 4227, 26.11.2005.
- [12] König und Heunisch Planungsgesellschaft: Fachtechnische Stellungnahme: Beurteilung des Ankündungsverhaltens bei Schubbruch. 13.04.2017.
- [13] Nachrechnungsrichtlinie, Ausgabe 05-2011. Hrsg. v. Bundesministerium für Digitales und Verkehr, Bonn, Berlin.
- [14] Nachrechnungsrichtlinie, 1. Ergänzung, Ausgabe 04-2015. Hrsg. v. Bundesministerium für Digitales und Verkehr, Bonn, Berlin.
- [15] Grundkonzeption Traglastindex, Ausgabe 04-2020. Hrsg. v. Bundesministerium für Digitales und Verkehr, Bonn, Berlin.
- [16] Richtlinie zur Durchführung von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen im Rahmen von Instandsetzungs-/Erneuerungsmaßnahmen bei Straßenbrücken (RI-WI-BRÜ). Hrsg. v. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Ausgabe 12-2017, Bonn.
- [17] Richtlinien für die strategische Planung von Erhaltungsmaßnahmen an Ingenieurbauwerken (RPE-ING). Hrsg. v. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Ausgabe 12-2020, Bonn.
- [18] Kang, Ch. et al.: Die Nibelungenbrücke als Pilotprojekt der digital unterstützten Bauwerkserhaltung; in: Bautechnik, 101. Jg., 2024, H. 11, S. 1–11, <https://doi.org/10.1002/bate.202300089>.
- [19] Homepage des SPP 2388: <http://spp100plus.de> (geprüft am 19.01.2024).
- [20] MKP GmbH, H+P Ingenieure GmbH, TU Dresden: Konzeption der digitalen Instandhaltung: Pilotvorhaben Nibelungenbrücke Worms. 28.06.2023.

# LANG LEBE DIE BRÜCKE

## NEU: Zulassung nach Blatt 100

Wir bieten ein dauerhaftes Beschichtungssystem, das auf die neuen Blatt 100-Anforderungen abgestimmt und bei der BAST gelistet ist.

## Stahl mit Beschichtungen dauerhaft schützen

Mit hochleistungsfähigen Beschichtungssystemen für den Korrosions- und Brandschutz ist Sherwin-Williams seit mehr als 150 Jahren zuverlässiger Partner für die Umsetzung neuer Bauvorhaben und die Instandsetzung bestehender Bauwerke. Unter anderem im Bereich Verkehrs- und Brückenbau bietet Sherwin-Williams Protective & Marine erstklassiges, branchenspezifisches Fachwissen, eine beispiellose technische und spezifikationsseitige Beratungsleistung sowie einen Mix aus bewährten und innovativen Produkten für höchste Anforderungen.



Erfahren Sie mehr über unser umfangreiches Sortiment an gelisteten Beschichtungssystemen für Brücken- und Verkehrsbauwerke.

[protectiveeu.sherwin-williams.com](https://protectiveeu.sherwin-williams.com)  
[protectivemea.sherwin-williams.com](https://protectivemea.sherwin-williams.com)

**SHERWIN-WILLIAMS®**

## Ein Rückblick mit Ausblick Entwicklungen im Brückenbau in den letzten 40 Jahren

■ ■ ■ von Wolfgang Eilzer

Der Brückenbau ist die Königsdisziplin des konstruktiven Ingenieurbaus und wird durch das Bestreben der Bauingenieure geprägt, wirtschaftliche, konstruktive und ästhetisch ansprechende Bauwerke zu entwerfen, die sich harmonisch in die vorhandene Umgebung einfügen. Die enorme Verantwortung der Bauingenieure für die Standsicherheit und die Dauerhaftigkeit ihrer Bauwerke wird in der Öffentlichkeit immer dann wahrgenommen, wenn Brücken aufgrund von Schäden gesperrt werden müssen oder es zu größeren Schadensfällen kommt. Beim Einsturz der Carolabrücke in Dresden ist glücklicherweise kein Mensch zu Schaden gekommen. Er macht jedoch sehr deutlich, dass die richtige statisch-konstruktive Ausbildung der Brückenbauwerke, die sorgfältige Auswahl der Baumaterialien und die gewissenhafte Bauausführung die entscheidenden Faktoren für die Standsicherheit und Dauerhaftigkeit unserer Brücken sind. Anhand ausgeführter Bauvorhaben werden einige wichtige Innovationen und Entwicklungen im Brückenbau in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht vorgestellt.



1 Werratalbrücke Hedemünden  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG

### 1 Verbundbrücken

Verbundbrücken zeichnen sich durch einen sehr hohen Vorfertigungsgrad und damit ein hohes Maß an immanenter Qualitätssicherung aus. Die reinen Bauzeiten vor Ort können dadurch minimiert werden.

Verbundbrücken kombinieren die Vorteile von Betonbrücken mit denen von Stahlbrücken, die Robustheit der Fahrbahnplatte aus Beton mit dem geringeren Gewicht der Stahlkonstruktion. Lange Zeit wurde die Entwicklung der Verbundbrücken in Deutschland durch die Forderung nach einer Begrenzung der Zugspannungen der Fahrbahnplatte über den Pfeilern behindert.

Bis zum Beginn der 1980er Jahre wurden Verbundbrücken deshalb entweder durch Spannglieder oder durch Anheben des Stahlträgers und anschließendes

Absenken des Verbundträgers so vorgespannt, dass die Betonzugspannungen auf einen Wert deutlich unterhalb der Betonzugfestigkeit begrenzt werden konnten. Diese Maßnahmen waren überaus aufwendig, aber wenig wirksam, da die anfängliche Vorspannung durch Schwinden und Kriechen zum größten Teil wieder aufgezehrt wurde.

Im Zusammenhang mit dem Ersatzneubau der Autobahnbrücke und dem Neubau der Eisenbahnbrücke über das Werratal bei Hedemünden (Bild 1) wurden deshalb auf Veranlassung von Prof. Fritz Leonhardt statische und dynamische Versuche an nicht vorgespannten Verbundträgern durchgeführt. Aufgrund der positiven Ergebnisse dieser Versuche und der Untersuchungen von Prof. Gerhard Hanswille an der Uni Bochum wurde es möglich, dass Verbundbrücken im Stützenbereich nicht mehr vorgespannt werden mussten.

Mit der Einführung der »Begrenzung der Rissbreite« konnte der Verbundbrückenbau in Deutschland einen kontinuierlichen Aufschwung verzeichnen und es ergaben sich auch weitere Anwendungsmöglichkeiten. Schlanke Rahmenbrücken in Verbundbauweise haben sich etabliert (Bild 2). Im Großbrückenbau wurde die Verbundbauweise durch große Stützweiten bei entsprechenden Schlankheiten gegenüber den reinen Stahlbrücken konkurrenzfähig.



2 Forstwegbrücke  
© Hajo Dietz



3 Autobahnbrücke Siebenlehn  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG



4 Caronibrücke in Venezuela  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG

Auch bei einer notwendig gewordenen Verbreiterung der Brücken boten die Verbundkonstruktionen gegenüber Spannbetonlösungen Vorteile, da wie bei der Autobahnbrücke Siebenlehn (Bild 3) die vorhandenen Unterbauten aus Naturstein aufgrund der geringeren Auflasten erhalten bleiben konnten. Gegenüber einer reinen Stahlbrücke war die Verbundlösung wirtschaftlicher.

Eine weitere Entwicklung im Verbundbau stellen Brücken mit Doppelverbund dar. Neben der Verbundfahrbahnplatte wird über den Pfeilern ein Beton- oder Verbunduntergurt vorgesehen. Das hatte zur Konsequenz, dass diese Bauwerke auch in Bereiche vordringen konnten, die zuvor Bogen- und Schrägkabelbrücken vorbehalten waren. Bei der Caronibrücke in Venezuela (Bild 4) mit einer Hauptspannweite von 213,75 m wurde der Doppelverbund gewählt, um Stahl und damit auch Devisen zu sparen. Mit dem Bau dieser Brücke wurde den Verbundbrücken ein neuer Stützweitenbereich erschlossen. Eine nach vergleichbaren Gesichtspunkten konzipierte Brücke mit ähnlicher Stützweite stellt die zweigleisige Eisenbahnbrücke Nantenbach (Bild 5) mit einer Mittelöffnung von 208 m dar. Hier war für die Wahl des Doppelverbunds ausschlag-



5 Eisenbahnbrücke Nantenbach  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG

gebend, dass sich mit möglichst geringer Bauhöhe eine große Steifigkeit erreichen und damit die Verformungsbeschränkungen, die bei der Deutschen Bahn ein wesentliches Kriterium darstellen, einhalten ließen. Bei in sich verankerten Bogenbrücken (Langerscher Balken) kamen in der Vergangenheit in der Regel orthotrope Fahrbahnplatten zur Anwendung, da die Fahrbahnplatte in Gänze unter Zugbeanspruchung steht. Die neuesten Erkenntnisse der Rissbreitenbeschränkungen erlaubten es, die Fahrbahnplatten ohne Vorspannung herzustellen, wie dies bei der Elbebrücke Tangermünde (Bild 6) erfolgreich und wirtschaftlich umgesetzt wurde.

Schrägkabelbrücken wurden seit den 1950er Jahren in rasch zunehmender Zahl in Deutschland errichtet. Bis auf die 1956 erbaute Brückenaauer Brücke in Bruchsal wurden alle Schrägkabelbrücken mit orthotroper Fahrbahnplatte hergestellt. Mit der Renaissance des Verbundbrückenbaus in den 1990er Jahren wurden auch in Deutschland Schrägkabelbrücken mit Verbundüberbau, wie sie im Ausland bereits häufiger ausgeführt worden waren, geplant. Mit zu den ersten dieser Bauwerke gehören die Berliner Brücke in Halle, die Elbebrücke Niederwartha und die Elbebrücke Schönebeck (Bild 7).



6 Elbebrücke Tangermünde  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG



7 Elbebrücke Schönebeck  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG



8 Lockwitztalbrücke  
© DEGES GmbH



9 Thyratalbrücke  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG

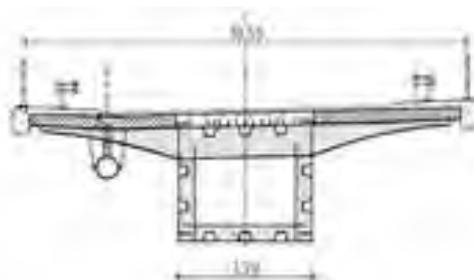
Eine sehr effiziente und konsequente Nutzung der jeweiligen Vorteile von Baustahl, Spannstahl, Betonstahl und Beton stellt die vorgespannte Doppelverbundbauweise dar. Sowohl bei der Elbebrücke Pirna als auch bei der Lockwitztalbrücke im Zuge der Bundesautobahn A 17 (Bild 8) wurden Teilbereiche der beiden getrennten Verbundüberbauten mit einer externen Vorspannung teilweise vorgespannt. Die Überbauten wurden im Scheitel der beiden Halbbögen kraftschlüssig gekoppelt. Die im Überbau dabei entstehende Zugkraft wird in etwa zur Hälfte von der extern geführten Vorspannung aufgenommen, die andere Hälfte verteilt sich auf den Stahlquerschnitt und die schlaffe Längsbewehrung der Fahrbahnplatte. Eine weitere Entwicklung stellen einteilige Verbundüberbauten dar. Sie bieten bei hohen Talbrücken gestalterische und wirtschaftliche Vorteile, da nur ein Pfeiler je Lagerachse erforderlich ist. Obwohl zwei getrennte Richtungsfahrbahnen überführt werden, wurde lediglich ein gemeinsamer Hohlkasten mit seitlichen Streben ausgeführt. Die Fahrbahnplatte

wurde fugenlos über die gesamte Brückenbreite ausgebildet. Mit dieser Konstruktion bei der Thyratalbrücke (Bild 9) konnte die Transparenz und Durchlässigkeit der Talauwe weitgehend erhalten werden. Das Konzept für den Fall der Erneuerung der Fahrbahnplatte sieht vor, selbige abschnittsweise über eine größere Länge, dafür nicht über die gesamte Breite einer Richtungsfahrbahn auszuwechseln, während der Verkehr auf der anderen Richtungsfahrbahn unter 4+0-Führung aufrechterhalten wird. Obwohl mehrere Bauwerke nach diesem Konstruktionsprinzip errichtet wurden, hat sich diese Bauweise nicht wirklich etabliert, da nach den Richtlinien getrennte Überbauten die Regelbauweise sind. Der Einsatz von Vollfertigteilen im Stahlverbundbrückenbau hat bisher in Deutschland wenig Anwendung gefunden. Im internationalen Großbrückenbau, insbesondere auch beim Bau von Schrägseilbrücken, hat sich die Herstellung der Fahrbahnplatte von Stahlverbundbrücken mit Vollfertigteilen etabliert.

Fahrbahnplatten von Verbundbrücken werden üblicherweise abschnittsweise mit einem fahrbaren Schalwagen fortlaufend oder im Pilgerschrittverfahren ausgeführt. In beiden Fällen ergeben sich je Arbeitsabschnitt verschiedene statische Systeme mit unterschiedlichen Querschnittsteifigkeiten. Infolge der abschnittweisen Herstellung werden in jedem Fall bereits während des Baus Zugspannungen in der Fahrbahnplatte »eingefroren«, die zu Rissen führen können. Bei der Bahretalbrücke (Bild 10) wurde als Vorzugsvariante ein luftdicht verschweißter einzelliger Hohlkasten mit beidseitig auskragenden Konsolträgern als Regelquerschnitt gewählt (Bild 11). Die Konsolträger dienen hier zur Auflagerung der Fertigteile der Fahrbahnplatten. Die Brücke wurde in den Kragbereichen mit Vollfertigteilen so hergestellt, dass insgesamt keine Schalung erforderlich war. Das Auflegen der Fertigteile für das 352 m lange Bauwerk konnte ohne Passprobleme und damit in einem Zeitraum von drei Wochen erfolgen. Parallel zur Montage der Fertigteile wurde bereits die Bewehrung in den Ortbetonergänzungen verlegt.



10 Bahretalbrücke  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG



11 Regelquerschnitt der Bahretalbrücke  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG



12 Kornalbrücke Münchingen  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG



13 Visualisierung der Saalequerung Salzmünde  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG

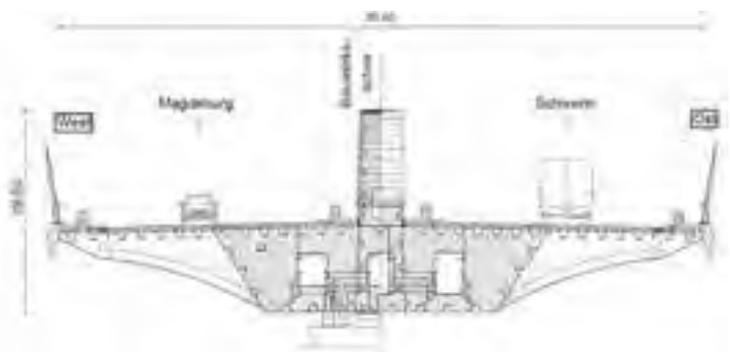
Rohrfachwerk-Verbundbrücken, bestehend aus einem unter der Fahrbahn liegenden räumlichen Stahlfachwerk und einer in Verbund liegenden Fahrbahnplatte, stellen bei konsequenter Ausnutzung der Tragwirkung als Verbundquerschnitt eine wirtschaftlich konkurrenzfähige Überbaukonstruktion dar. Die ausgewogene Rohrfachwerk-Verbundkonstruktion der Kornalbrücke Münchingen (Bild 12) mit filigranen Traggliedern und entsprechender Wahl der Verbundmittel kann infolge der hohen Vertikalsteifigkeit große Spannweiten überbrücken und dem Betrachter die Leichtigkeit der Konstruktion vermitteln. Sonderkonstruktionen für Balkenbrücken mit Mittelträgern, deren Obergurte über die Fahrbahn hinausragen, eignen sich für einteilige Überbauten für beide Richtungs-fahrbahnen und überqueren kreuzende Verkehrswege mit minimalem Gradientenabstand.

Bei der Saalequerung Salzmünde (Bild 13) stellte sich die Frage, wie bei einer Stützweite von 120 m das Tragwerk und die auf ca. 80 m Länge erforderliche Lärmschutzeinhausung miteinander kombiniert werden können. Das Grundkonzept sieht vor, das Haupttragwerk für die Überquerung der Saale in die Einhausung zu integrieren. Die Strombrücke wird als zweifeldrige Mittelträger-Balkenbrücke in Stahlverbund ausgebildet. Die Haupttragwerksebene liegt in der Mitte des Bauwerks und besteht aus einem mehrzelligen Verbundhohlkasten als Untergurt, einem zweiwandigen Steg und dem als Kastenquerschnitt konzipierten stählernen Obergurt. Gurte und Steg sind symmetrisch in Bauwerksachse angeordnet und bilden durch das Zusammenwirken den Monoträger. Die Elbebrücke Wittenberge (Bild 14) besitzt einen mehrzelligen Kastenquerschnitt, der entsprechend dem Momentenverlauf gevoutet ausgeführt wird und kann dennoch bei parallel zur Gradienten verlaufendem Untergurt eingeschoben werden.

Eine weitere Entwicklung bei Verbundbrücken stellt die Orthoverbundplatte (Bild 15) dar. Sie vereint die Vorzüge von orthotropen Stahlfahrbahnen und konventionellen Stahlbetonfahrbahnplatten. Sie ist leicht, robust und mit hohem Vorfertigungsgrad zu realisieren. Mit dieser Bauweise können dringend erforderliche Materialeinsparungen und, damit verbunden, Reduktionen von Treibhausgasemissionen in der Bauphase erreicht werden. Die Orthoverbundplatte besteht aus einem ausgesteiften Deckblech und einer dünnen, bewehrten Aufbetonschicht (Bild 16). Um die Robustheit und die Dauerhaftigkeit dieser Konstruktion sicherzustellen, kommt der konstruktiven Ausbildung der Stahlbaudetails und der Verbindungsmittel größte Bedeutung zu. Das Grundprinzip von leichten Verbundfahrbahnplatten existiert schon seit den 1930er Jahren und wurde bei einigen Großbrücken erfolgreich eingesetzt. Zu Unrecht führte es ein jahrzehntelanges Nischendasein. Bisher wurde der Aufbeton nur konstruktiv behandelt.



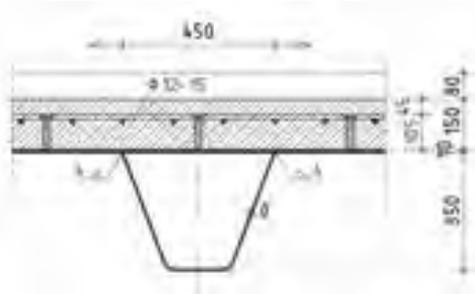
14 Visualisierung der Elbebrücke Wittenberge  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG



15 Elbebrücke Wittenberge: Querschnitt  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG



16 17 Orthoverbundplatte  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG



18 Rheinbrücke Hard-Fußbach  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG



19 Waschmühlbrücke  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG

Forschung und Entwicklung der letzten Jahre ermöglichen es, das Zusammenwirken von orthotropem Deck und Aufbeton analytisch zu betrachten und zu optimieren.

Die einlagig bewehrte Ort betonplatte ist 15 cm dick, die orthotrope Platte setzt sich aus einem 10 mm dicken Deckblech und 450 mm breiten Trapezhohlsteifen im Achsabstand von 900 mm zusammen (Bild 17).

## 2 Überspannte Balkenbrücken (Extradosed Bridges)

Als Extradosed Bridge wird eine neue Brückenkonstruktion bezeichnet, die das Tragverhalten einer Schrägkabelbrücke und das einer Balkenbrücke kombiniert. Diese Bauweise entwickelte sich zu Beginn der 1990er Jahre vor allem in Japan und Südkorea. Seither wurden ca. 300 Brücken mit Spannweiten von 150–200 m nach diesem Prinzip errichtet. Im Zuge des sechsstreifigen Ausbaus der A 6 musste die unter Denkmalschutz stehende Waschmühlbrücke instand gesetzt und verbreitert werden. Aufgrund der gestalterischen Bedeutung des von Paul Bonatz entworfenen Bauwerks wurde ein Gestaltungswettbewerb ausgelobt. Der ausgeführte Siegerentwurf, ein überspannter Durchlaufträger (Bild 19), stellt ein filigranes und modernes Bauwerk dar, das sich neben der bestehenden Brücke durch eine sachliche und schlichte Zurückhaltung auszeichnet, gleichzeitig aber auch ein hohes Maß an eigenständiger Integrität aufweist.

Durch die geringe Anzahl von Stützen und den durch die Überspannung schlanken Überbau wird ein weitgehend unverstellter Blick auf das vorhandene Bauwerk möglich.

Die neue Neckartalbrücke Horb (Bild 20) im Zuge der B 32 ist eine 667 m lange überspannte Balkenbrücke mit insgesamt sechs Feldern und bis zu 90 m hohen Pfeilern bzw. Pylonen. Das Bauwerk birgt neben seiner Erscheinung weitere Besonderheiten hinsichtlich der verwendeten Konstruktionen und Materialien. Entworfen wurde sie als sechsfeldrige Extradosed-Brücke. Die mittleren drei Felder werden überspannt, während die Randbereiche als Balkenkonstruktion ausgebildet sind. Der Überbau der Neckartalbrücke ist in Längsrichtung als zweistegiger Platten-

balken mit außenliegenden Stegen und einer Querschnittsbreite zwischen den Geländern von 19,65–22,65 m konzipiert. Die Konstruktionshöhe liegt bei 2,30 m im Regelbereich und 4,55 m in den Stützbereichen.

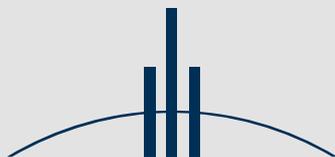
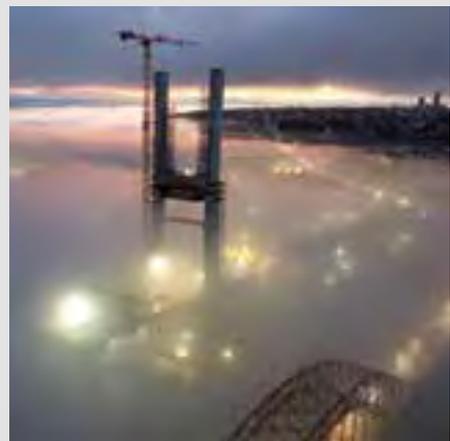
Vorrangig erfolgt die Ausführung in Stahlbeton- bzw. Spannbetonbauweise, sie wird jedoch durch ein Grobblech aus Baustahl an der Querschnittsunterseite ergänzt. Diese Form der Querschnittsgestaltung bzw. die Anordnung der Grobbleche erhöht die Tragfähigkeit bei vergleichsweise geringer Zunahme des Trägheitsmoments und dementsprechend nur geringer Zunahme der Zwangsschnittgrößen. Dadurch beteiligen sich die Seile stärker an der Lastabtragung, was insgesamt gesehen zu einer wirtschaftlicheren Konstruktion führt.



20 Neckartalbrücke Horb  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG



# INNOVATION AUS TRADITION



[www.lap-consult.com](http://www.lap-consult.com)

**Leonhardt, Andrä und Partner**

[www.lap-consult.com](http://www.lap-consult.com)



21 Eisenbahnbrücke Gemünden  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG

### 3 Betongelenke

Betongelenke sind gekennzeichnet durch eine außerordentlich hohe Belastbarkeit und Verformungsfähigkeit. Sie sind wartungsfrei und besitzen eine hohe Dauerhaftigkeit, wenn sie richtig bemessen und konstruiert sind. Und sie sind hervorragend geeignet, den Kraftfluss in Bauwerken zu steuern und Zwangsbeanspruchungen wirkungsvoll zu reduzieren. Die erste mit Betongelenken ausgeführte Brücke wurde 1909 von Eugène Freyssinet gebaut. Durch die Arbeiten von Prof. Fritz Leonhardt, welche bis heute international den Stand der Technik definieren, erlebten die Betongelenke ab den 1960er Jahren eine Renaissance. Die Besonderheit der Eisenbahnbrücke Gemünden (Bild 21), errichtet in den 1980er Jahren, mit einer Hauptspannweite von 125 m sind die Betongelenke, die Normalkräfte im Gelenk von 121 MN und Horizontalkräfte von 6 MN aufnehmen müssen. Für den Gelenkhals stand eine Länge von 6,60 m zur Verfügung, seine Breite beträgt 40 cm, so dass die mittlere

Pressung größer als die Prismenfestigkeit des Betons ist. Das Betongelenk wurde unbewehrt ausgeführt, für die Erneuerung der Brücke wird das Gelenk durch leichtes Anheben durchgerissen und die Brücke damit für einen eventuellen Querverschub frei.

Bei der Brücke über die Elbe bei Mühlberg (Bild 22) weist die Halsfläche des Betongelenks Abmessungen von 0,40 m × 5,00 m auf, die Stielquerschnittsfläche im direkten Anschluss an das Gelenk hat Abmessungen von 1,60 m × 5,50 m. Um die Betonierbarkeit der Betongelenke und der Rahmenstiele mit ihren hohen Bewehrungsgraden nachzuweisen, wurde ein Probekörper (Bild 23) hergestellt, der in Form, Bewehrungsanordnung und Bewehrungsgrad dem tatsächlichen Bauwerk entsprach. Nach dem Erhärten wurde der Probekörper aufgeschnitten, um eventuelle Hohlstellen und das Betongefüge genauer untersuchen zu können. Es zeigte sich, dass der Beton die Bewehrung in allen Bereichen sehr gut umhüllt, Fehlstellen wurden nicht festgestellt.

Die erfolgreiche Realisierung des Probekörpers lieferte den Beweis, dass die Betongelenke aus selbstverdichtendem Beton (SVB) bei diesem Bauwerk im Hinblick auf den Umgang mit den zur Verfügung stehenden innovativen Werkstoffen die richtige Wahl waren. Da auch der Bereich der Stummelpfeiler unterhalb der Betongelenke einen hohen Bewehrungsgrad aufwies, wurden ihre beiden Köpfe ebenfalls mit SVB hergestellt.

### 4 Semiintegrale und integrale Brücken

Integrale Brücken sind Bauwerke, die ohne Lager und Übergangskonstruktionen hergestellt werden, semiintegrale Brücken sind Durchlaufträger, bei denen in den Stützenachsen auf Lager verzichtet wird.

Die integrale Bauweise hat in den letzten Jahren vermehrt Einzug in den Brückenbau gehalten. Neben dem Vorteil robuster, langlebiger Bauwerke mit geringen Unterhaltskosten ergeben sich insbesondere in puncto Konstruktion und Gestaltung neue Spielräume und Entwicklungsmöglichkeiten (Bild 24).



22 Brücke über die Elbe bei Mühlberg  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG



23 Betongelenk: Probekörper  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG



24 Brücke Marienberg  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG



25 Kochertalbrücke  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG



26 Heerstraßenbrücke der Landesmesse Baden-Württemberg  
© Dietmar Strauß

Bei der Kochertalbrücke führt die monolithische Verbindung zwischen den Unterbauten und dem Überbau zu einer Rahmenwirkung, die sich positiv auf die Gestaltung auswirkt, da die Bauteile schlanker ausgebildet werden konnten (Bild 25).

Bei der Heerstraßenbrücke (Bild 26), die über eine Gesamtlänge von 146 m ohne Lager (außer an den Widerlagern) ausgeführt wurde, konnten mit Bauhöhen von 1,05 m und 0,75 m Schlankheiten zwischen L/34 und L/45 realisiert werden. Zur Reduzierung der sich bei integralen Bauwerken aus der Längsrichtung ergebenden Zwängungen wurden die Stützen in der Ansicht ausgesprochen schmal und somit biegeweich ausgebildet. Aus der gewählten Gründungsform mit Einzelpfählen direkt in Stützenachse folgte zudem eine weitere Verringerung der Zwänge aus der Interaktion zwischen Baugrund und Bauwerk.

### 5 Nichtmetallische Bewehrung

In den vergangenen Jahren wurde verstärkt an der Anwendung von nichtmetallischer Bewehrung geforscht und zahlreiche Pilotprojekte waren bzw. sind in der Umsetzung. Beton mit nichtmetallischer Bewehrung hat zahlreiche Vorteile.

Als einer der Hauptgründe lässt sich sicherlich die Korrosionsanfälligkeit von Stahl nennen. Um die Stahlbewehrung vor Korrosion zu schützen, ist eine ausreichende Betondeckung erforderlich. Die höhere Korrosionsbeständigkeit von nichtmetallischen Bewehrungen kann im Vergleich dazu nicht nur die Dauerhaftigkeit eines Bauwerks erhöhen, sondern auch die Ressourceneffizienz durch eine Verringerung der Betondeckung steigern. Zahlreiche nichtmetallische Bewehrungen verschiedener Hersteller haben mittlerweile Marktreife erlangt und stehen für eine Anwendung zur Verfügung. Neben Glasfaser sind hier Basalt und Carbon in der Anwendung (Bild 27).

#### Fasern und Harzmatrix

Faser	Stärke	Wärmeleitfähigkeit	Dichte (kg/m³)	Verarbeitbarkeit
E-Glas	gering ( $\sigma = 1,3 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ )	ja	$\approx 2.500 \text{ kg/m}^3$	gut
Basalt	sehr gering	ja	$\approx 2.800 \text{ kg/m}^3$	sehr gut
Carbon	sehr hoch ( $\sigma = 1,2 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ )	ja	$\approx 1.800 \text{ kg/m}^3$	gut (jedoch breitenfüllig)



Faser	Stärke	Wärmeleitfähigkeit	Abbindezeit (min)	Stützlast (kg/cm²)
Epoxyharz (EP)	hoch ( $\sigma = 3 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ )	(mäßig)	sehr gut	95 ... 175 °C
Polysulfonharz (SP)	gering	mäßig	befriedigend	70 ... 100 °C
Vinylesterharz (VE)	mittel	mäßig	gut	70 ... 105 °C

27 Beispiele für nichtmetallische Bewehrungen  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG/Deutsche Basalt Stab GmbH



28 Geh- und Radwegbrücke Bauwerk 396b  
© Hajo Dietz



29 Geh- und Radwegbrücke Bauwerk 396b: Bewehrung aus Basaltfasern  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG

### 6 Brückenerhaltung und Brückeninstandsetzung

Die Geh- und Radwegbrücke Bauwerk 396b (Bild 28) wurde als Pilotprojekt für neuartige Entwicklungen aus der Forschung ausgewählt. Die Fahrbahnplatte wird als Orthoverbund-Konstruktion mit Verbunddübelleisten als Verbundmittel hergestellt, ihre Bewehrung besteht aus Basaltfaserstäben. In der Kombination aus Orthoverbundplatte mit Verbunddübelleisten und nichtmetallischer Bewehrung war das Bauwerk 396b der erste Meilenstein für diese neue Bauweise (Bild 29).

Das Bauwerk 399c (Bild 30) wurde wiederum als Pilotprojekt zur Anwendung dieses Konstruktionsprinzips bei Straßenbrücken ausgewählt. Im Zuge der Projektbearbeitung wurde beschlossen, auf einen Fahrbahnbelag gänzlich zu verzichten und die Betonfahrbahnplatte direkt zu befahren. Dieser Schritt wurde durch die Verwendung der nicht korrosionsgefährdeten Carbonbewehrung (Bild 31) möglich gemacht, die gegenüber Basalt ein besseres Langzeitverhalten aufweist. Zur Verbesserung der Dichtigkeit und zur Verminderung von Abrieb wurde ein hochfester Beton der Festigkeitsklasse C60/75 verwendet.

Der überproportionale Anstieg des Schwerverkehrs in den vergangenen Jahrzehnten, insbesondere im Güterverkehr, sowie die Altersstruktur erfordern umfangreiche Erhaltungsmaßnahmen zur Verbesserung des Zustands und zur Erhöhung der Tragfähigkeit vieler älterer Brücken, die verstärkt oder gar erneuert werden müssen, um auch in Zukunft den Anforderungen aus dem Verkehr auf Dauer gerecht werden zu können. Der Instandsetzung und Ertüchtigung der vorhandenen Ingenieurbauwerke kommt dabei eine immer größere Bedeutung zu. Im Mittelpunkt der Bauwerksertüchtigung steht immer eine ganzheitliche Betrachtungsweise, die Bewertung des aktuellen Zustands der Bauwerke: zum einen die planerische Auseinandersetzung mit dem Bestand und zum anderen die bautechnische Realisierung der erforderlich gewordenen Maßnahmen.

Wir unterscheiden zwischen der sogenannten klassischen und der technischen Instandsetzung. Während bei der »klassischen Instandsetzung« die Betoninstandsetzung, eine Erneuerung der Abdichtung, Kappen sowie Beläge etc. im Vordergrund stehen, ist die »technische Instandsetzung« vor allem durch die Auseinandersetzung mit statisch-konstruktiven Problemstellungen geprägt. Dabei werden eigenständige Berechnungen durchgeführt, deren Ergebnisse in einem ersten Schritt in möglichst breit angelegte Machbarkeitsuntersuchungen einfließen, die zusammen mit einer abschließenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtung die Grundlage für die Bauherrenentscheidung bilden, ob eine Ertüchtigung noch sinnvoll ist oder ob doch ein Ersatzneubau erforderlich wird.



30 Bauwerk 399c  
© Hajo Dietz



31 Bauwerk 399c: Carbonbewehrung  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG



32 Kochertalbrücke  
© Leonhard Weiss GmbH & Co. KG

Für die in den 1970er Jahren geplante Kochertalbrücke (Bild 32) mit einer Gesamtlänge von 1.128 m und einer maximalen Höhe von 185 m über dem Tal wurde ein einteiliger Spannbetonquerschnitt für beide Fahrtrichtungen umgesetzt. Bei der damaligen Planung wurden die Verkehrslasten gegenüber der gültigen DIN 1072 bewusst reduziert, da die Verkehrsentwicklung zum damaligen Zeitpunkt so nicht vorhersehbar war. Die Nachrechnung des Überbaus ergab für die Momente aus Verkehr bereits für Brückenklasse 60 eine Erhöhung von ca. 30 % gegenüber der Bestandsstatik. Die Defizite konnten durch eine genauere und gegenüber der Altstatik detailliertere Nachrechnung der Bauzustände weitgehend kompensiert werden, so dass dieses Bauwerk nicht neu errichtet werden musste.

Ein weiteres gutes Beispiel für die Verlängerung der Nutzungsdauer durch bauliche Verstärkungsmaßnahmen sind die Instandsetzung und die Verstärkung der Vogelsangbrücke (Bild 33) in Esslingen. Zur Reduzierung vorhandener Überschreitungen bei der erforderlichen Torsionslängsbewehrung wurde das Lagerungssystem des Plattenbalkenquerschnitts abschnittsweise von mittigen Einzellagern auf zwei Lager pro Achse verändert (Bild 34).

Dies erfolgte durch eine nachträgliche Aufweitung des Stützenkopfs, der mit Stabspanngliedern in Längs- und Querrichtung sowie einer Verzahnung und Verdübelung der Schubfuge lastabtragend jeweils an der bestehenden Rundstütze ergänzt wurde. Als weitere Verstärkungsmaßnahme wurde an der Hauptbrücke, in der spannungsrissegefährdeter Spannstahl verwendet wurde, ein System aus Monitoring und Verstärkung mit CFK-Lamellen (Bild 35) umgesetzt. Dadurch konnte erreicht werden, dass für dieses Bauwerk durch bereichsweise Verstärkung und dauerhaftes Monitoring ein ausreichendes Ankündungsverhalten gewährleistet ist.



33 Vogelsangbrücke  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG



34 Vogelsangbrücke: Lagerungsänderung  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG



35 Vogelsangbrücke: Verstärkung mit CFK-Lamellen  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG



36 Rheinbrücke Emmerich  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG



37 Rheinbrücke Emmerich: Torsionsverband im Hauptfeld  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG

Bei der Rheinbrücke Emmerich, einer zwischen 1962 und 1965 errichteten erdverankerten Hängebrücke (Bild 36) mit einer Hauptspannweite von 500 m, ergaben sich im 2-D-Modell Spannungsüberschreitungen bis zu 23 % in den Fachwerk-Längsträgern. Mit Hilfe einer räumlichen Modellierung des Bestandsbauwerks konnten die stillen Tragreserven identifiziert und Verstärkungen vermieden werden. Der Torsionsverband im Hauptfeld (Bild 37) korrigiert die Lastverteilung zwischen den beiden Hauptträgern.

**7 Zeitenwende erforderlich**

Eine leistungsfähige Infrastruktur ist die Grundlage für individuelle Mobilität und als Voraussetzung für den Wohlstand, das Wirtschaftswachstum und den Fortschritt in Europa und insbesondere in Deutschland unverzichtbar. Wir können dies nur dann erreichen, wenn wir die Kräfte bündeln und auf unnötiges Prozedere verzichten. Der Abbau von bürokratischen Hemmnissen und überregulierten Strukturen ist dringend erforderlich. Dabei darf es nicht nur bei den Worten bleiben, die wir schon seit Jahren von der Politik hören, es muss auch endlich die Umsetzung erfolgen. Zurzeit dauert es viel zu lange von der Planung bis zum Baubeginn einer Instandsetzung von Strecke und Bauwerken, bei Ausbaumaßnahmen vergehen häufig sogar 20 oder mehr Jahre.

Planungsleistungen müssen seit Jahren nach europäischen Vorgaben europaweit ausgeschrieben werden. Der Aufwand, der in den Ingenieurbüros und in der Verwaltung bis zur Vergabe dabei entsteht, hat sich in den letzten Jahren vervielfacht. Er steht in keinem Verhältnis zum oftmals erzielbaren Honorar. Die Verschwendung der Ressourcen, die durch diese Vergabeverfahren für die eigentlichen Planungsleistungen unnötig gebunden werden, und der volkswirtschaftliche Schaden, der dadurch entsteht, sind immens. Eine Zeitenwende in der Infrastruktur ist dringend notwendig! Die Autobahn GmbH des Bundes hat mit der Einführung der Open-House-Verfahren einen wichtigen Schritt in die richtige Richtung vollzogen. Bei Open-House-Verfahren handelt es sich nicht um ein Vergabeverfahren, an dessen Ende sich der öffentliche Auftraggeber für ein Unternehmen entscheidet. Stattdessen schließt er mit mehreren Unternehmen nach einem vorgeschalteten Qualifizierungsverfahren einen Rahmenvertrag zu gleichen, nicht verhandelbaren Konditionen ab und vergibt dann Aufträge an die im Pool befindlichen qualifizierten Betriebe.

Damit können die Planungsleistungen hoffentlich wieder einfacher, schneller und gezielter vergeben werden, wie das bis zur Einführung der Europäischen Dienstleistungsrichtlinie und der VOF im Jahr 2006 erfolgreich gehandhabt wurde. Es bleibt zu hoffen, dass auch andere Verwaltungen sich dieser Möglichkeit der Vergabe zügig anschließen. Nur so lassen sich unsere Probleme in der Infrastruktur zeitnah lösen. In diesem Zusammenhang ist es überdies wichtig, dass sich die Zusammenarbeit zwischen Auftraggebern, Planungsbüros und ausführenden Baufirmen wieder darauf konzentriert, das Projekt erfolgreich voranzutreiben und die gesteckten Ziele zu erreichen. Kosten, Termine und Qualitäten bilden die drei Hauptziele eines Projekts, die auch in der Öffentlichkeit im Vordergrund stehen. Um diese Ziele zu erreichen, ist eine vertrauensvolle und respektvolle Zusammenarbeit aller Beteiligten erforderlich.

Autor:  
Dipl.-Ing. Wolfgang Eilzer  
Leonhardt, Andrä und Partner  
Beratende Ingenieure VBI AG,  
Stuttgart

# WIR BAUEN BRÜCKEN.

Aber eigentlich verbinden wir Menschen.

**ECHTERHOFF.**  
**WIRKLICH WIR.**

## Unsere Leistungsbereiche:

- › Ingenieurbau  
(u.a. Expressbrücken)
- › Kanal- und Rohrleitungsbau
- › Spezialtiefbau
- › Industriebau und schlüsselfertiges Bauen
- › Projektentwicklung



**ECHTERHOFF**

Seit 1860 Ihr Partner rund ums Bauen: [echterhoff.de](https://www.echterhoff.de)

## Auswirkungen auf Verkehrssysteme und Infrastruktur Mobilität im Wandel

■ ■ ■ von Andreas Keil

Die Bevölkerungsentwicklung in vielen Großstädten weltweit zeigt einen deutlichen Anstieg (Bild 1). So wird prognostiziert, dass bis in das Jahr 2100 die Bevölkerung in den Städten um 4 Mrd. anwächst. Das liegt zum einen am Wachstum der Gesamtbevölkerung (ca. 3 Mrd.) und zum anderen daran, dass immer mehr Menschen aus ländlichen Gebieten in die Städte ziehen auf der Suche nach besseren Arbeitsmöglichkeiten und Lebensbedingungen. Diese Urbanisierung führt zu einer Verdichtung der Bevölkerung, was einerseits wirtschaftliche Vorteile durch die Nähe von Arbeitsplätzen, Bildungseinrichtungen und kulturellen Angeboten bietet, aber andererseits Städte vor enorme Herausforderungen wie Wohnraum-mangel, überlastete Verkehrssysteme und eine höhere Umweltbelastung stellt. Eine nachhaltige Stadtplanung muss daher darauf abzielen, diese Dichte zu steuern und gleichzeitig Lebensqualität und Umweltschutz zu fördern. Langfristig wird es entscheidend sein, innovative Lösungen zu finden, die eine effiziente Nutzung des verfügbaren Raums ermöglichen, ohne die Lebensbedingungen der Stadtbewohner zu beeinträchtigen.

### 1 Einleitung

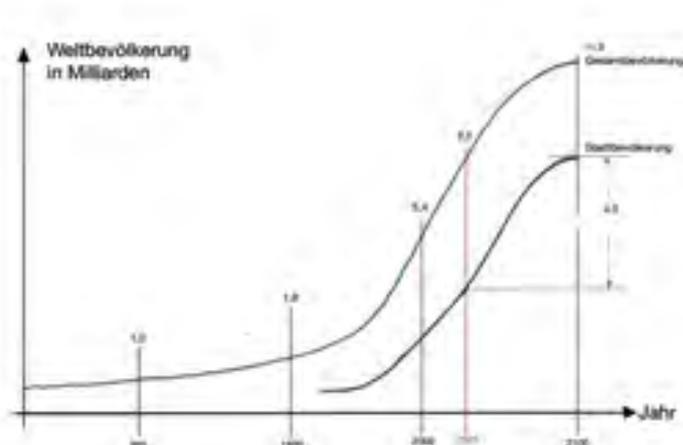
Das Auto stellt eine der dominierenden Formen der Mobilität in modernen Gesellschaften dar, verbunden mit einer hohen persönlichen Unabhängigkeit und Bequemlichkeit. Während es in ländlichen Gebieten unverzichtbar bleibt, wird, weil aufgrund der Unwirtschaftlichkeit keine anderen schnellen (öffentlichen) Fortbewegungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen, ändert sich in Städten die Rolle des Autos zunehmend. Die in den Nachkriegsjahren propagierte und oft auch realisierte »autogerechte Stadt« gehört der Vergangenheit an, auch wenn sie in vielen Teilen der Welt noch weiterverfolgt wird.

Die Nachteile des motorisierten Individualverkehrs liegen auf der Hand: Zum einen hohe CO<sub>2</sub>-Emissionen, die den Klimawandel beschleunigen, und zum anderen ein enorm hoher Platzbedarf für parkende Autos – auf 1 h Fahrzeit kommen 33 h Parkzeit –, Straßen, Kreuzungen usw. Eine drastische Reduzierung der Autos in Städten würde viel Platz für dringend benötigten Wohnraum und Grünflächen frei werden lassen.

Es ist eine große Aufgabe der modernen Stadtplanung, mit dem ungeliebten Erbe der autogerechten Stadt fertig zu werden.

Sie bedeutet eine städtebauliche Reparatur von Stadtautobahnen, Hochstraßen und Durchbrüchen, Hauptverkehrsstraßen, großen Straßenkreuzungen und Verkehrsverteilern und ist ein wesentlicher Schlüssel zur Rückgewinnung urbaner Qualität. Neben diesen strukturellen Veränderungen braucht es aber auch einen kulturellen Wandel, der den eigenen Pkw als Standardverkehrsmittel infrage stellt. Eine grundlegende Veränderung wird nur dann eintreten, wenn wir beginnen, den öffentlichen Raum nicht mehr primär für Autos zu nutzen. Dies wird erst dann geschehen, wenn es einerseits ein gut funktionierendes ÖPNV-System gibt und andererseits die Infrastruktur für den Langsamverkehr ein so attraktives Angebot bietet, dass der Verzicht auf das Auto ein Zeitgewinn und weniger Stress bedeutet. Zudem sollte es mit Carsharing-Angeboten immer die »Rückfall«-Möglichkeit geben, wie bisher individuelle Fahrten bzw. Reisen anzutreten, nur eben nicht mit dem eigenen Pkw.

Die Infrastruktur der Städte wird sich ändern, um den Langsamverkehr zu fördern und sicherer zu gestalten. Einige wenige Städte haben diese Entwicklung bereits hinter sich und beweisen die Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen. Ein Paradebeispiel ist Kopenhagen. Hier fährt bereits die Hälfte der Bevölkerung mit dem Rad zur Arbeit, mehr als beispielsweise in den ganzen USA.



1 Entwicklung der Weltbevölkerung  
© Statista 2025/schlaich bergermann partner

Im Rahmen dieses Wandels hin zu mehr Langsamverkehr werden einerseits Ersatzneubauten für vorhandene Brücken, die den aktuellen und zukünftigen Anforderungen nicht mehr gerecht werden, andererseits neue Brückenbauwerke notwendig. Diese überqueren entweder einzelne Hindernisse wie Straßen, Bahngleise oder einen Fluss und werden als solitäre Lösungen gebaut oder es sind Brücken notwendig, die als Brückenzug über mehrere Hindernisse hinweg Verbindungen schaffen. Solche Lösungen bieten mittels Rampen und Treppen, gegebenenfalls auch mit Aufzügen, gute Anbindungen an Plätze oder an das vorhandene Verkehrsnetz. Oft ist es allerdings eine größere Herausforderung, die Auf- und Abgänge zu entwerfen und in das Stadtbild zu integrieren als das Konzept der Brücke selbst zu entwickeln. Dabei spielt bei Rampen die Frage der Barrierefreiheit eine wesentliche Rolle, da sie nur geringe Steigungen zulassen ( $\leq 5,10\%$ ). Bei den üblichen Lichtraumprofilen (ca. 5 m) führt dies zu Rampen, deren Längen (ca. 100 m) die Einbindung zusätzlich erschweren.

Für einen Wandel in den Städten braucht es eine mutige Angebotsplanung, die sich nicht nur am aktuellen Bedarf orientiert. Bei der Ermittlung der benötigten Brückenbreite sollte beispielsweise nicht allein der heutige Bedarf als Grundlage dienen, sondern vielmehr der zukünftige. Dieser hängt stark davon ab, wie attraktiv das Radwegenetz ist. Ein attraktives Radwegenetz wird mehr Menschen dazu bewegen, auf das Rad umzusteigen. Städte wie Kopenhagen und Bordeaux bestätigen den sich einstellenden Pull-Effekt bei einem attraktiven Angebot.

Bei Brücken mit einer gleichzeitigen Nutzung durch Fußgänger und Radfahrer muss darüber nachgedacht werden, ob getrennte Wegesysteme Konflikte und Unfallrisiken vermeiden können. Die Trennung kann entweder rein optisch erfolgen, zum Beispiel durch unterschiedliche Farben der Beläge, oder durch mechanische Trennungen, die allerdings keine Unfallgefahr hervorrufen dürfen. Auch muss in den Kreuzungsbereichen eine klare Zuordnung erzielt und mit entsprechender Kennzeichnung auf Gefahrenstellen hingewiesen werden.

In verschiedenen Städten wird das Konzept diskutiert, mit einem durchgängigen Netz an Hochbrücken eine zweite Ebene zu schaffen und dadurch den Rad- und den Kraftfahrzeugverkehr vollständig zu entflechten. Allerdings wird dieser Ansatz aus städteplanerischer Sicht kritisch beurteilt, weil hier der Auto- nicht durch den Radverkehr ersetzt und damit auch nicht reduziert und eine gleichberechtigte Vermischung verschiedener Verkehrssysteme nicht gefördert wird.

Eine weitere Möglichkeit, neue Querungen für den Langsamverkehr zu schaffen, besteht in der Nutzung vorhandener oder neu zu bauender Brücken für den Straßen- und Eisenbahnverkehr. Sofern statisch machbar, können bei vorhandenen Brücken Wege seitlich ergänzt oder unter der Brücke abgehängt werden. Aufgeständerte Lösungen sind zwar auch denkbar, benötigen aber eine entsprechende Höhe, um den Lichtraum des darunter befindlichen Verkehrswegs frei zu halten. An vorhandenen Brückenbauwerken Ergänzungen vorzunehmen, bedeutet immer eine intensive statische und konstruktive Auseinandersetzung mit der existierenden Konstruktion, um die Lasten sicher einleiten und abtragen zu können. Bei neuen Brücken ist dies wesentlich einfacher, weil sich dort von Anfang an holistisch und nicht additiv planen lässt.

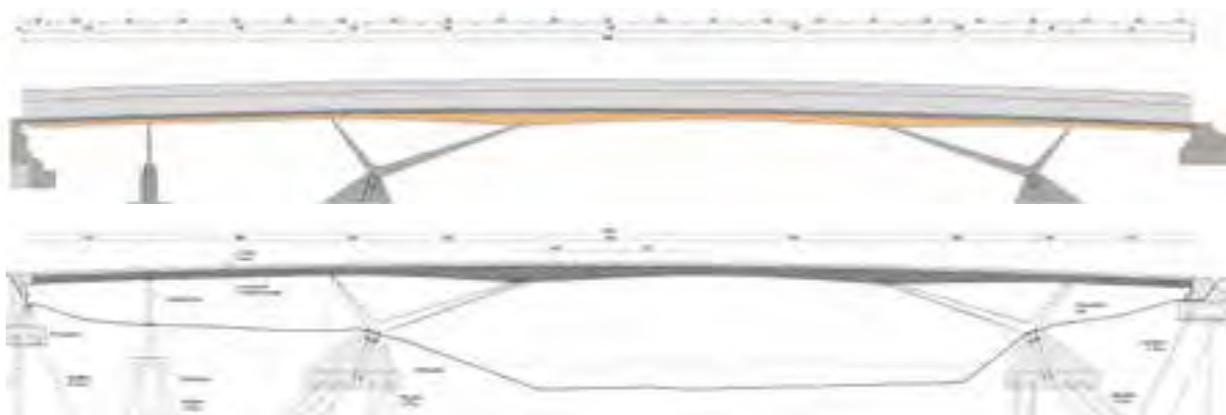
## 2 Brückenbauwerke

### 2.1 Grundsätzliches

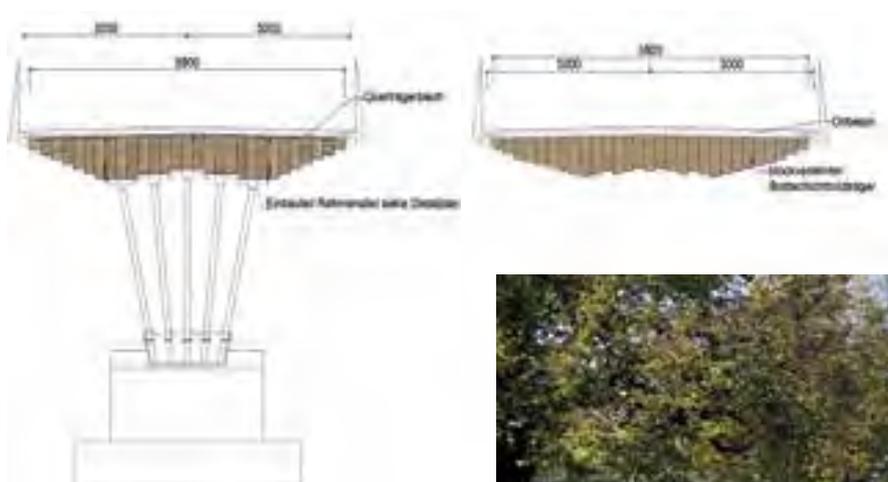
Auch wenn solitäre Brücken oft einfach zu lösende Aufgaben darstellen, gilt für sie dasselbe wie für andere: Sie sind ein Bestandteil unserer Umwelt und müssen gut gestaltet werden. Dabei geht es nicht nur um eine Verschönerung des Stadt- oder Landschaftsbilds, sondern auch um die Wertschätzung der Bevölkerung, die mit der Brücke »leben« muss. Eine intensive Auseinandersetzung der Verantwortlichen mit dem Projekt wird in der Bevölkerung positiv wahrgenommen und erhöht dadurch auch die spätere Akzeptanz. Planungsprozesse, die mit Beteiligung der Öffentlichkeit stattfinden, belegen dies. Dazu gehören im Allgemeinen Wettbewerbe und insbesondere zweistufige Wettbewerbe, bei denen nach der ersten Stufe die Öffentlichkeit mit ihrer Meinung und ihren Fragestellungen zu den in die engere Wahl genommenen Entwürfen mit eingebunden wird.

### 2.2 Rathausbrücke Tuttlingen

So ist die Rathausbrücke in Tuttlingen das Ergebnis eines Wettbewerbs. Die alte baufällige Holzbrücke über die Donau musste einer neuen Querung weichen. Die Brückenbreite wurde dabei von 4 m auf 6 m erhöht, um den zukünftigen Anforderungen gerecht zu werden. Auf eine Konstruktion oberhalb der Gehfläche wurde verzichtet. So bleibt der Blick frei auf die umgebenden stadträumlichen Bezüge und die Fluss- und Uferlandschaft, die Tuttlingens Innenstadt durchzieht und deren unverwechselbaren Charakter ausmacht (Bild 6). Die Aufenthaltsqualität unter der Brücke im Bereich des Donauparks wird wiederum durch eine hochwertig gestaltete Unterseite aufgewertet. Darüber hinaus beschränkt sich der zurückhaltende Entwurf auf funktionale Qualitäten, eine innovative semiintegrale Tragwerkslösung, eine materialgerechte Detailgestaltung und eine robuste, wartungsarme konstruktive Durchbildung. Die Brücke selbst ist eine hybride Konstruktion aus Holz, Stahl und Beton (Bilder 2–5). Im Dreiklang dieser Materialien zeigt sich der Überbau der Brücke. Jedes Material wird materialgerecht eingesetzt: Beton bildet die Deckfläche im Verbund mit dem darunterliegenden Holzkörper. Der Beton wirkt als robuster Gehbelagsunterbau und schützt das Holz zuverlässig und dauerhaft vor Witterungseinflüssen. Ein Dünnschichtbelag im Gehbereich schützt den Beton und fungiert als Wartungsschicht. Im witterungsgeschützten Raum oberhalb des Freibords entfaltet sich der Träger als massiver, blockverleimter Brett-schicht-holzkörper. Leichte Geländer-Elemente, deren Erscheinung auf ein Minimum reduziert ist, übertragen das Konzept des eleganten Schwungs spürbar auch beim Überqueren der Brücke. Die schlanken Stahlstützen stellen zusammen mit dem gefächerten Träger eine formale Einheit dar, die ihrer Rolle als ein den Landschaftsraum prägendes Element gerecht wird.



2 3 Rathausbrücke Tuttingen: Ansicht und Längsschnitt  
© schlaich bergemann partner



4 5 Rathausbrücke Tuttingen: Querschnitte  
© schlaich bergemann partner



6 Hybridtragwerk der Rathausbrücke Tuttingen  
© schlaich bergemann partner

Im Hinblick auf die Transport- und Herstellungsmöglichkeiten lokaler Fertigungsbetriebe wurden die Segmentlängen der Brettschichtholz-Blockträger auf unter 24 m begrenzt. Eine sorgfältige Konzeption der Materialschnittstellen zwischen Holz, Beton und Stahl ist entscheidend für ein dauerhaft robustes Tragwerk. Einfache und montagefreundliche Füge-techniken bilden die Grundlage für eine qualitativ hochwertige Ausführung des innovativen semiintegralen Hybridtragwerks. Aspekte der Nachhaltigkeit wurden hierbei genauso berücksichtigt wie das Ziel, eine filigrane und moderne Brückenkonstruktion umzusetzen.

2.3 Velobrücke Zürich

Das breite Gleisfeld mit mehr als 30 Gleisen vor dem Züricher Hauptbahnhof trennt die Kreise 4 und 5 der Stadt Zürich. Der kommunale Verkehrsrichtplan von Zürich sieht zwischen der Hohl- und der Geroldstrasse eine weitere wichtige Quartiersverbindung für den Langsamverkehr vor. Die neue Brücke wird vom kantonalen Polizei- und Justizzentrum

(PJZ) bei der Remisenstrasse zur Viadukt- bzw. Geroldstrasse mit Anschluss an das Lettenviadukt führen. Der Weg verläuft dabei von Kreis 4 unter der bestehenden Kohlendreieckbrücke hindurch über die Gleise und entlang des Wikingerviadukts in Kreis 5. Mit der Velobrücke wird eine attraktive Querung des Gleisfelds angeboten, mit dem Ziel, den Radverkehr in Zürich zu steigern und das Stadtzentrum vom Autoverkehr zu entlasten (Bild 7).

Zur Entwurfsfindung wurde ein Wettbewerb mit vorgeschaltetem Bewerbungsverfahren ausgelobt. Dabei wurde bereits eine gekrümmte Trasse vorgeschlagen, die einerseits auf die Bedürfnisse der Nutzer abgestimmt ist, aber andererseits eine Herstellung im Taktchiebverfahren erlaubt. Dieses Verfahren stellt einen

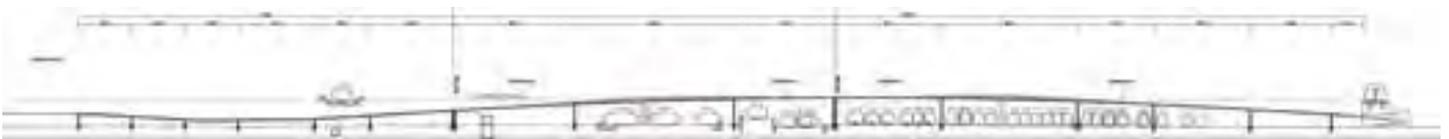
wesentlichen Gesichtspunkt für die Errichtung der Brücke in dem hochsensiblen Gleisbereich vor dem Bahnhof dar. Ein schlanker, integral gelagerter Stahlhohlkasten bildet das Rückgrat des ca. 600 m langen, mehrfeldrigen Tragwerks (Bild 8). Der Querschnitt, der für Fußgänger und Radfahrer getrennte Bereiche vorsieht, weitet sich entlang der Querung bis zu einer Breite von 8 m auf und schafft damit mittig Platz für die Integration einer Bepflanzung und für die Verstärkungen der größeren Spannweiten (Bilder 9–12). Diese Verstärkungen folgen in ihrer Form der Beanspruchung. Im Feld, wo das Moment am höchsten ist, haben sie die größte Bauhöhe. Sie setzen sich über die Stützen hinweg fort, um das Stützmoment aufzunehmen. Sie sind besonders durch die Krümmung im Grundriss auch

aus der Ferne erfahrbar und schaffen ein über die gesamte Länge einheitliches und doch abwechslungsreiches Erscheinungsbild der Brücke.

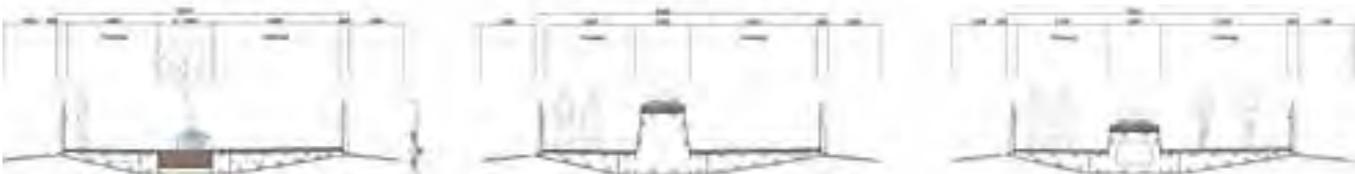
Die Brücke ist vollintegral gelagert. Überbau und Stützen sind monolithisch verbunden, wodurch bewegliche Lager entfallen. Der Verzicht auf Lager bedeutet auch den Wegfall ihrer Inspektion und des Austauschs, was die Unterhaltskosten senkt. Insbesondere über dem nur sehr umständlich zugänglichen Gleisfeld ist dies von großem Vorteil. Ermöglicht wird die integrale Lagerung durch eine Reduktion der horizontalen Dehnwege und der damit einhergehenden Verringerung der Zwangsbeanspruchung in den Stützen. Hierfür wird die Verbindung in drei Abschnitte gegliedert, die jeweils über von oben zugängliche Dehnfugen miteinander verbunden sind (Bild 8).



7 Velobrücke Zürich aus der Vogelperspektive  
© Swiss Interactive AG/Aarau Rohr



8 Velobrücke Zürich: Ansicht mit drei integralen Abschnitten  
© schlaich bergemann partner



9 10 11 Velobrücke Zürich: Querschnitte  
© schlaich bergemann partner



12 Aufbau der Velobrücke Zürich  
© schlaich bergemann partner



Dort befinden sich Doppelstützen, die jeweils einem Abschnitt zugeordnet sind. Die Länge und die geringe horizontale Steifigkeit der schlanken Stützen begünstigen das Tragverhalten unter Temperaturschwankungen. An den Stützenköpfen sind stehende Stahlbleche angeordnet, die nach dem Einschub mit dem Stahlhohlkasten verschweißt werden. Sie bieten durch ihre Länge und Stärke eine justierbare Rotationsfähigkeit und minimieren die Biegebeanspruchung in den Stützen.



13 Geteilte Verkehrsbereiche für Fußgänger und Radfahrer auf der Velobrücke Zürich  
© Swiss Interactive AG/Aarau Rohr

**2.4 Neckarbrücke Heidelberg**

Die neue Brücke ist das Bindeglied zwischen zwei städtebaulichen Entwicklungsgebieten beidseitig des Neckars und ein wesentlicher Bestandteil der weiteren Entwicklung Heidelbergs zu einer zukunftsorientierten, fahrradfreundlichen Stadt.

Mit einer großzügig geschwungenen Linienführung verknüpft sie als durchgängiges Band den Bahnhof und die Stadtteile im Süden mit dem Neuenheimer Feld, mit Anbindung an den Schnellradweg am Nordufer des Neckars. Der Fokus liegt dabei auf einer direkten und reibungslosen Nord-Süd-Verbindung für Radfahrer und Fußgänger (Bild 14). Ihr städtebaulicher Beitrag geht aber über diese funktionale Kernaufgabe hinaus. Durch die Schaffung einer direkten Anbindung und vor allem durch eine besondere Aufenthaltsqualität auf der Brücke auch für Fußgänger gibt sie der Umgebung neue Impulse.

Der im Grundriss gekrümmte Brückenzug ist inklusive Erdrampen 714 m lang. Die tatsächliche Brücke ist zwischen kleingliedrigen Rampen an den Enden in sieben Spannweiten von je ca. 60 m unterteilt.

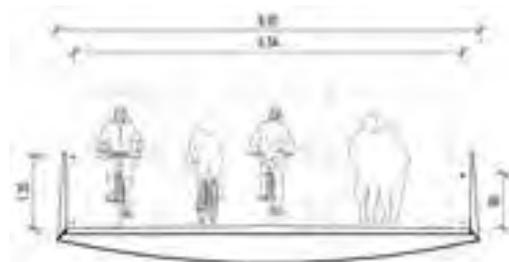
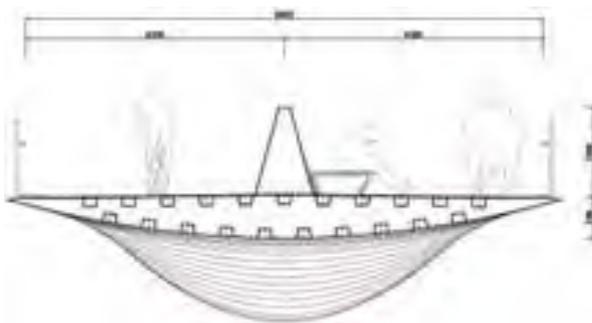
Über dem Schifffahrtskanal werden 105 m überwunden (Bild 19). Ein gevouteter torsionssteifer Hohlkasten folgt in seiner Form der Beanspruchung und überspannt als Durchlaufträger fugenlos die Gesamtlänge der Brücke (Bilder 15–18). Zwischen den Nullpunkten des Biegemomentenverlaufs der beiden großen Spannweiten über den Neckar und die B 37 entwickelt sich der Hohlkasten in Querschnittsmittelnach oben, um die notwendige Biege- und Torsionssteifigkeit zu erlangen. Der Brückenzug durchläuft dabei eine Sequenz städtischer Räume, deren Qualitäten und Kontraste durch seine Gestaltung verstärkt werden: Er begleitet das Programm am Betriebshof am Ochsenkopf, öffnet eine grüne Oase am Gneisenaupark, erschließt Weite und Ruhe über dem Neckar und mündet in städtisches Grün am Nordufer.

Brücken- und Landschaftsgestaltung schaffen als Einheit neue und, je nach Ort, unterschiedliche Aufenthaltsqualitäten: Anhand subtiler Eingriffe werden Nutzer beschleunigt, gebremst, mit Mobiliar zum Innehalten, Bleiben und Schauen angeregt. Zugleich hält sich die flächige Unterseite des frei geformten Durchlaufträgers dank seiner großen Spannweiten und der reduzierten Detaillierung respektvoll zurück. Sie beruhigt die hektische Situation um den Gneisenaupark und lässt die Blicke und die Ruhe über dem Neckar fast unberührt. Als integrale Brücke ist sie über die gesamte Länge lagerfrei.



**14** Neckarbrücke Heidelberg: Grundriss mit Anbindungen © schlaich bergemann partner/Lava/Latz + Partner

Alle Tragwerksteile sind fest miteinander verbunden, somit wartungsarm und einfach zu unterhalten. Dieses Lagerungsprinzip ermöglicht auch über große Spannweiten eine schlanke und anmutige Silhouette, die sich zurückhaltend und ohne bauliche Hochpunkte in den städtebaulichen Kontext einfügt. So stellt sich die Brücke in innovativer Weise und mit bestechender Schlankeit in die Tradition der Heidelberger Neckarbrücken (Bild 20).



**15 16** Neckarbrücke Heidelberg: Querschnitte © schlaich bergemann partner



**17 18** Neckarbrücke Heidelberg: Feld- und Stützbereich © schlaich bergemann partner



19 Neckarbrücke Heidelberg vom Neckarufer aus  
© schlaich bergemann partner/Lava/Latz + Partner



20 Neckarbrücke Heidelberg aus der Vogelperspektive  
© schlaich bergemann partner/Lava/Latz + Partner

Dynamische Anfälligkeiten des schlanken Überbaus werden durch Schwingungstilger, die im Hohlkasten integriert sind, eliminiert. Der Überbau ist monolithisch an schlanken, vorgefertigten Stützen aus ultrahochfestem, faserbewährtem Beton angeschlossen. Entlang des gesamten Brückenzugs gibt es keine verschleißanfälligen Lager oder Dehnfugen. Ein intelligentes Stützkonzept führt einerseits durch eine Push-Pull-Lagerung bei den großen Spannweiten zu einer deutlichen Versteifung des Überbaus, bietet aber andererseits genügend Bewegungsfreiheit, um durch horizontale Verformungsmöglichkeiten die Zwängungsbeanspruchungen aus Temperaturwechseln zu minimieren. Die Sockel der beiden im Fluss stehenden Stützen werden stromlinienförmig ausgebildet und mit ihrer tiefgegründeten Foundation auf Schiffsanprall bemessen.

### 2.5 Neckarbrücke Stuttgart

Die viergleisige Eisenbahnbrücke über den Neckar wird im Zuge des Neubaus des Stuttgarter Hauptbahnhofs zur Anbindung der Stadt- und Fernbahn an die nord- und ostwärts führenden Trassen erforderlich. Sie ist als Stahlverbundkonstruktion entworfen, deren Längstragwerk aus drei Stahlträgern besteht, jeweils an den Außenseiten und in der Mitte des Überbaus angeordnet – in Kombination mit den sogenannten Stahlsegeln, die die Längsträger unterstützen (Bild 21). Die Stahlbetonfahrbahnplatte wirkt mit den regelmäßig angeordneten Querträgern im Verbund. Durch Formoptimierung und Parameterstudien konnten die Blechdicken der Segel und der Stahllängsträger auf ein Minimum reduziert werden. Der Überbau lagert auf einer Serie schlanker Stützen, von denen neun zur Abtragung der horizontalen Bremskräfte der Züge dienen. Der Bau erfolgt in unmittelbarer Nähe zu der noch in Betrieb befindlichen Bestandsbrücke und wurde über laufendem Verkehr auf dem Wasserweg, einer Straße und Gleisen errichtet.

Die an dieser Stelle vorhandene Fuß- und Radwegbrücke musste der Eisenbahnbrücke weichen, allerdings war von Anfang an seitens des Auslobers gefordert, dass die Verbindung für Radfahrer und Fußgänger wiederhergestellt werden sollte. Dies sollte entweder durch eine separate (eher unwirtschaftliche) Lösung oder durch die konstruktive und funktionale Integration des Fuß- und Radwegs in die zu planende Eisenbahnbrücke erfolgen. Mit einem über Zugstangen abgehängten 4,50 m breiten Steg konnte dies erreicht werden. Die darüberliegende Eisenbahnbrücke nimmt nicht nur die vergleichsweise geringen Lasten auf, sie ist auch gleichzeitig Witterungsschutz für Fußgänger und Radfahrer und bietet zusammen mit den im Abstand von 4 m beidseitig liegenden Hängern ein interessantes und angenehmes Raumgefühl (Bilder 22 und 23). Durch die beidseitige Handlaufbeleuchtung ist dieses Raumgefühl auch nachts gut erlebbar.



21 Neckarbrücke Stuttgart: Ansicht der Eisenbahnbrücke mit abgehängtem Steg  
© schlaich bergemann partner



22 23 Neckarbrücke Stuttgart mit abgehängtem Steg  
© schlaich bergemann partner/Andreas Schnubel/Boris Golz

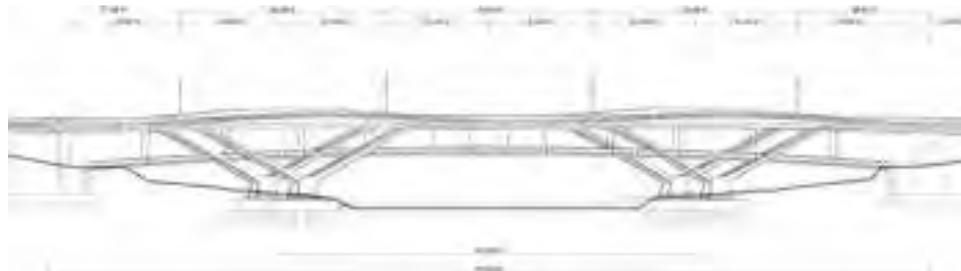
**2.6 Jiangxi-Brücke Chengdu**

Der Entwurf für die Jiangxi River Bridge Nr. 4 in Chengdu basiert auf der Idee von über den Fluss schwebenden Bändern. Die Brücke folgt in ihrer Gestaltung einem dezenten und eleganten Ansatz: Die 20 m hohen V-Säulen »wachsen« optisch aus dem Park heraus und stützen die sanft geschwungene Brücke wie eine Skulptur (Bild 24).

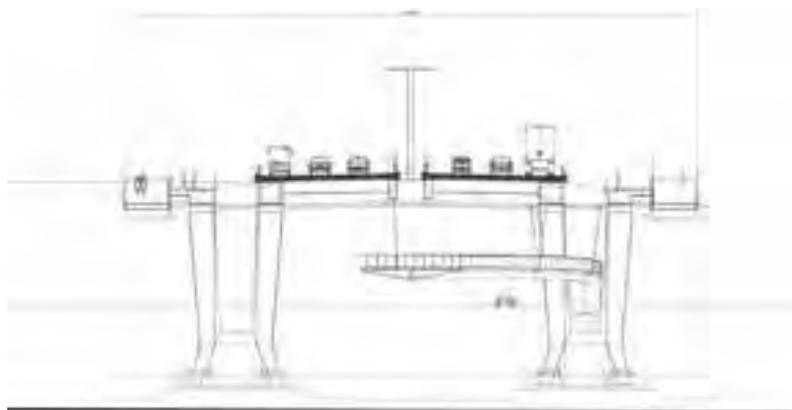
Auf der Brücke selbst sind die einzelnen Verkehrswege voneinander getrennt. So verläuft der schnellere Autoverkehr in der Mitte, Fahrrad-, Roller- und Fußgängerwege befinden sich hingegen an der Seite (Bild 25). Eine Besonderheit der Überführung ist die abgehängte Fußgängerverbindung unter dem Brückendeck, die es ermöglicht, auf Parkebene über den Fluss zu gelangen. Durch die separierten Verkehrswege werden mit nur einer Brückenkonstruktion die verschiedenen Anforderungen der Verkehrsteilnehmer bedient (Bilder 26 und 27). Mit der klaren Trennung werden gegenseitige Störungen des Schnell- und Langsamverkehrs vermieden und es wird für alle Verkehrsteilnehmer eine attraktive Querung des Flusses angeboten. Insbesondere die Querung unter der Brücke hat durch die skulpturale Ausgestaltung des Tragwerks ihren besonderen Reiz.

**3 Schlussbetrachtung**

In großen Städten wird sich ein Wandel der Mobilität einstellen, um einerseits mit dem enormen Bevölkerungswachstum fertig zu werden und andererseits die Städte als lebenswerte Orte zu erhalten oder dorthin zu entwickeln. Wie gezeigt, wird das erhebliche Auswirkungen auf die Verkehrssysteme und ihre Infrastruktur einschließlich der Brücken haben.



**24** Ansicht der Jiangxi-Brücke Chengdu  
© schlaich bergemann partner



**25** Jiangxi-Brücke Chengdu: Querschnitt  
© schlaich bergemann partner

Außerhalb der Städte wird sich durch autonomes Fahren und die Digitalisierung die Art des Reisens verändern. Mit der fortschreitenden Digitalisierung wird es möglich werden, die Kapazität unserer vorhandenen Infrastruktur deutlich zu steigern. Wichtig ist, dass es Stadtplanern, Architekten und Ingenieuren gelingt, die liebgewonnene Mobilität des Einzelnen zu erhalten, gleichzeitig die Lebensquali-

tät, zum Beispiel weniger Zeitverlust im Stau, zu verbessern und im Sinne einer klimagerechten Lebensweise auf unsere bebaute, aber ebenso auf die nicht bebaute Umwelt zu achten.

**Autor:**  
Dipl.-Ing. Andreas Keil  
Boardmember  
schlaich bergemann partner,  
Stuttgart



**26 27** Jiangxi-Brücke Chengdu: seitliche und abgehängte Geh- und Radwege  
© schlaich bergemann partner/Wei Chen/Tang Qiao



Unsere  
Welt.  
Unsere  
Baustelle.

# Schnell allein ist uns nicht nachhaltig genug.



SONDERPREIS  
NACHHALTIGKEIT

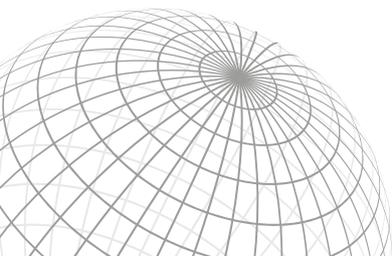


DEUTSCHER  
BRÜCKENBAU  
PREIS



Einzigartig und als nachhaltig ausgezeichnet ist die HEITKAMP Schnellbaubrücke® eine optimale Lösung für Deutschlands akutes Infrastrukturproblem. Die Schnellbauweise ist dabei nur ein Ansatz, den wir mit weiteren Innovationen zu einem ganzheitlichen Brückenbauangebot entwickelt haben. Neben der rasanten Planungs- und Bauzeit überzeugen minimal-invasive Eingriffe in den Verkehr, erfreuliche Kosteneffizienz und maximal erreichbare Nachhaltigkeitswerte. Das klingt nicht nur gut, sondern bringt beispielsweise bis zu 67 % CO<sub>2</sub>-Einsparung durch Reduktion von Beton und einer Widerlagerkonstruktion aus geokunststoffbewehrter Erde. Welche Vorteile das für Ihr Projekt haben kann, erläutern wir gern im persönlichen Gespräch:

Tel.: +49 2325 57-15 51  
E-Mail: [info@heitkamp-ug.de](mailto:info@heitkamp-ug.de)



## Anlass, Besonderheiten und Durchführung Verhandlungsverfahren bei Großbrücken

■ ■ ■ von Gregor Gebert, Christoph Wolf

Das Auftragsportfolio der DEGES beinhaltet zahlreiche komplexe Verkehrsprojekte, zu denen viele Großbrücken zählen. Für diesen Fall hat man sich entschieden, neue Wege bei der Vergabe zu beschreiben: Das übliche offene Verfahren mit reinem Preiswettbewerb wird durch Verhandlungsverfahren und die Berücksichtigung qualitativer Zuschlagskriterien in der Angebotswertung ersetzt. Anlass, Besonderheiten und Durchführung werden nachfolgend erläutert.

### 1 Einführung

Bei Großbrücken kommen im Fall entsprechender Stützweiten häufig Stahl- und Stahlverbundbrücken zur Ausführung. Lange stand hier das Thema Mengensicherheit in Bezug auf die »richtige« Stahltonnage im Fokus. Regelmäßig kam es in diesem Punkt zu bauvertraglichen Streitigkeiten, wenn zwischen ausgeschrieben und letztlich eingebauten Mengen größere Abweichungen zutage traten. Die damit verbundenen, oft langwierigen Grundsatzdiskussionen zur »richtigen« statischen Berechnung führten dann zu erheblichen Verzögerungen im Projekt mit Auswirkungen auf die betrieblichen Abläufe und die Gesamtfertigstellung. Dass neben den zeitlichen Auswirkungen auch Diskussionen in Bezug auf die dadurch bedingten Mehrkosten erfolgten, versteht sich von selbst.

Der Bundesrechnungshof hat 2018 eine Untersuchung zur Mengensicherheit bei Großbrücken in Stahl- und Stahlverbundbauweise durchgeführt und als Ergebnis empfohlen, derartige Brücken auf Grundlage einer teilweise vorgezogenen Ausführungsplanung auszuschreiben. Damit entsteht jedoch eine neue Planungsschnittstelle, da der spätere Auftragnehmer (AN), basierend auf der Planung des Auftraggebers (AG), seine eigene Planung in Bezug auf die Bauzustände und Bauhilfen aufzustellen hat. Beides muss zusammenpassen und diese Schnittstelle hat wieder neue, auch bauvertraglich relevante Diskussionen erzeugt.

Das Ziel der Mengensicherheit wurde zwar erreicht, dafür gab es aber Streitfelder bei der Frage, was durch den AG an Grundlagen für die Planung des AN zu liefern ist und in welcher Form. Einen interessanten Ansatz, hier gegenzusteuern, entwickelte die Autobahndirektion Nordbayern, indem in den Bauverträgen für große Stahlverbundbrücken vorgegeben wurde, dass sich die Bieter mit Angebotsabgabe die AG-Planung zu eigen machen und den bisherigen Planer des AG für ihre eigenen Planungsteile zu übernehmen haben.

Eine Schwachstelle bleibt aber, dass kritische Problemstellungen in Bezug auf eine sichere und robuste bautechnologische Umsetzung selbst durch versierte Planungsbüros ohne Input der bauausführenden Firma nicht vollständig berücksichtigt werden können. Die statische Berechnung ist nur eine Seite der Medaille, die baupraktische Umsetzung mit allen Anforderungen an eine qualitätsgerechte und sichere Ausführung die andere.

Aus diesen Erfahrungen heraus hat man sich bei der DEGES entschieden, neue Wege im Rahmen des geltenden öffentlichen Vergaberechts zu beschreiten. Eine Abkehr vom offenen Verfahren mit reinem Preiswettbewerb scheint für die beschriebenen Vorhaben angezeigt. Es wird nun durch Verhandlungsverfahren und/oder die Berücksichtigung qualitativer Zuschlagskriterien in der Angebotswertung ersetzt. Insbesondere bietet sich

in diesem Zusammenhang die Durchführung von Verhandlungsverfahren mit Teilnahmewettbewerb an: ein zweistufiges Verfahren, bei dem zunächst anhand projektspezifischer Anforderungen, zum Beispiel Referenzprojekten, eine Bieterauswahl getroffen wird. Die qualifizierten Bieter werden zur Abgabe eines Angebots und zur Teilnahme an der Verhandlung aufgefordert. Die Anzahl der Teilnehmer ist in der Bekanntmachung zur Ausschreibung vorab festzulegen. In der Regel werden drei bis fünf Bieter eingeladen – vorausgesetzt, es gibt eine ausreichende Zahl von geeigneten Interessenten, was nicht immer der Fall ist. Eine Übersicht über die bei der DEGES durchgeführten bzw. laufenden Verfahren dieser Art enthält Bild 1.

Bei dieser Art von Vergabeverfahren gibt es verschiedene »Spielarten« in Bezug auf – die Berücksichtigung qualitativer Zuschlagskriterien (technischer Wert), – die Durchführung von Verhandlungen (Verhandlungsverfahren) und – die Zulassung von Nebenangeboten. Bei den im Folgenden beschriebenen Vergaben existierte bei der DEGES noch kein standardisiertes Vorgehen. In allen Fällen haben die Bieter jedoch in Bezug auf die für den Projekterfolg maßgeblichen Teile eigene technische Planungen zu erstellen, die bei der Angebotswertung berücksichtigt werden. Aufgrund des erhöhten Aufwands erhalten die unterlegenen Bieter eine angemessene Entschädigung.

Projekt	Jahr	Technischer Wert	Verhandlung	Nebenangebote
Tunnel Altona (A7, HH)	2020	Nein	Ja	Nein
Ebbebrücke Wittenberga (A14, BB/ST)	2022	Ja	Nein	Nein
Rader Hochbrücke (A7, SH)	2023	Nein	Ja	Nein
Saalequerung Salzmünde (A143, ST)	2023	Ja	Ja	Nein
Neubau Wesertunnel (A281, HB)	2023	Nein	Ja	Nein
Sanierung Weserbrücke (A1, HB)	2024	Nein	Ja	Nein
LSW Böblingen (A81, BW)	2025	Nein	Ja	Nein
Hochstraße Bad Hersfeld (B324, HE)	2025	Nein	Ja	Nein

1 Übersicht über die Vergabeverfahren mit Teilnahmewettbewerb © DEGES GmbH

**Qualitative Zuschlagskriterien (technischer Wert):**

Das »Handbuch für die Vergabe und Ausführung von Bauleistungen im Straßen- und Brückenbau« (HVA B-StB) enthält Empfehlungen für die Verwendung qualitativer Zuschlagskriterien. Diese Kriterien, auch als technischer Wert bezeichnet, sind eindeutig zu definieren. Neben dem Preis werden sie als zusätzliches Wertungskriterium herangezogen und sind mit mindestens 10 % und höchstens 30 % im Rahmen der Gesamtbewertung zu berücksichtigen. Dies kann zu einer Veränderung der Bieterreihenfolge gegenüber der reinen Angebotssummenbetrachtung führen.

Die Wertung erfolgt auf Basis der durch die Bieter einzureichenden technischen Unterlagen (Planpakete). Je nach Qualität der Erfüllung der zuvor definierten und in den Vergabeunterlagen dokumentierten Anforderungen werden dafür Wertungspunkte zwischen 5 (Erfüllung Mindestanforderungen) und 10 (bestmögliche Erfüllung) vergeben (Bild 2). Die Wertungsstufen sollen aufeinander aufbauen und es müssen auch die Anforderungen der vorangegangenen Stufen erfüllt werden, um die nächstmögliche Stufe erreichen zu können. Werden die Anforderungen der Stufe 1 nicht erfüllt, wird das Angebot nicht gewertet (Angebotsausschluss).

Eine Herausforderung bei diesem Vorgehen ist, die Kriterien für die Wertungsstufen aus vergaberechtlicher Sicht so eindeutig zu beschreiben, dass kein subjektiver oder willkürlicher Interpretationsspielraum besteht. Ein weiterer Punkt ist die hier unabdingbare Sanktionierung, was bedeutet, dass der AN bei Nichterfüllung seiner Zusagen aus dem Angebot in der Bauumsetzung den sogenannten Bietungsvorteil zurückerstatten muss. Diese Schwierigkeiten entfallen, wenn auf qualitative Zuschlagskriterien mit Wertungsstufen verzichtet und »nur« die Einhaltung von Mindestanforderungen für die Planpakete gefordert wird: in der Praxis die mitunter bessere Wahl.

**Verhandlungsverfahren:**

Im Verhandlungsverfahren kann sich der AG grundsätzlich vorbehalten, Verhandlungen zu führen oder auf sie zu verzichten. Bei der DEGES ist man dazu übergegangen, solche Verfahren mit Verhandlung durchzuführen. Dabei bietet sich sowohl für die Bieter als auch für den AG die Möglichkeit, direkt in den Dialog einzutreten, um ein einheitliches Verständnis von der Bauaufgabe zu erlangen und das bestmögliche Resultat unter technischen



2 Wertungsstufen zum technischen Wert © DEGES GmbH

und wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu erreichen. Unter vergaberechtlichen Aspekten ist darauf zu achten, dass in den Verhandlungen eine Gleichbehandlung aller Bieter gewährleistet ist und dass etwaige Geschäftsgeheimnisse (individuelle Lösungsentwicklungen durch die Bieter) nicht an die übrigen Bieter transportiert werden.

Als vorteilhaft hat sich erwiesen, vor Eintritt in die eigentliche Verhandlungsphase ein erstes Gespräch zur Erläuterung der Aufgabenstellung durch den AG zu führen. Anschließend erfolgt die Abgabe eines indikativen, im Regelfall unverbindlichen Angebots.

Die zweite Phase beinhaltet dann die eigentliche Verhandlung auf Basis der Inhalte des Erstangebots. In dieser werden die potenziellen Optimierungsvorschläge des AN besprochen, die dann Grundlage für das finale Angebot sind. Die Abgabe von Folgeangeboten, also weiteren Angeboten zwischen Erstangebot und endgültigem Angebot, war in den bisherigen Verfahren der DEGES nicht erforderlich.

**Nebenangebote:**

Bei der DEGES hat man sich entschieden, bei derartigen Vergabeverfahren keine Nebenangebote zuzulassen, da dies im Zusammenhang mit den durch die Bieter auszuarbeitenden technischen Planungen das Prozedere unnötig verkompliziert.

Das beschriebene Verfahren ist auf andere komplexe Projekte übertragbar. So war das erste Verfahren dieser Art bei der DEGES der Neubau des Lärmschutztunnels Altona im Zuge der achtstreifigen Erweiterung der A 7 in Hamburg. Hier konnten 2020 erste Erfahrungen gewonnen werden, in den Jahren 2021–2023 folgten dann entsprechende Vergabeverfahren für die drei im Folgenden vorgestellten Großbrücken.

**2 Elbebrücke Wittenberge**

**2.1 Technische Beschreibung**

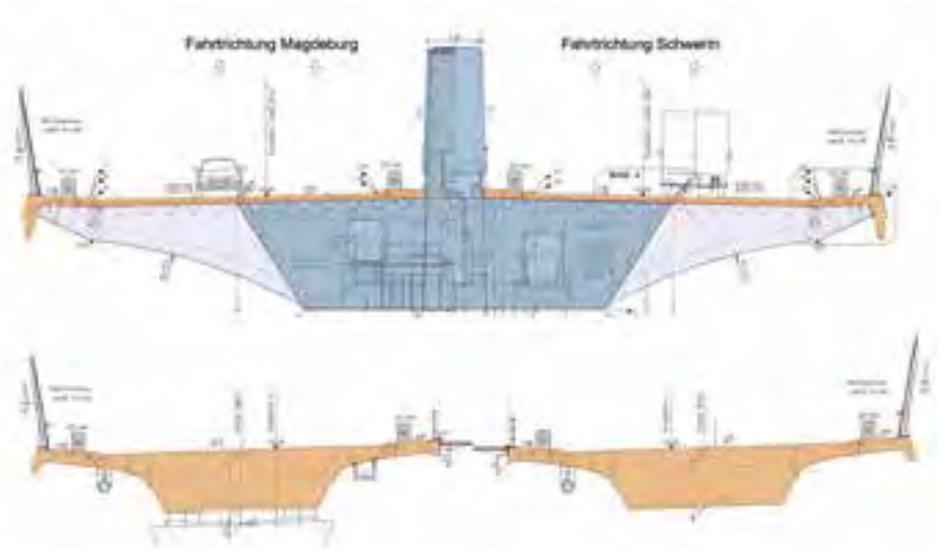
Die Elbebrücke Wittenberge wird im Zuge des Neubaus der A 14 an der Landesgrenze von Brandenburg und Sachsen-Anhalt errichtet. Der Bauwerksentwurf ist das Ergebnis eines im Jahr 2008 durchgeführten Realisierungswettbewerbs (Bild 3). Das Bauwerk hat eine Gesamtlänge von 1.107 m und eine Breite von 31 m. Es besteht aus unterschiedlichen Tragwerken für die Strom- und die Vorlandbrücke. Die 412 m lange Strombrücke ist ein einteiliger Stahlüberbau, ausgeführt als Mittelträgerquerschnitt mit einer Orthoverbundplatte für die Fahrbahn (Bilder 4 und 5). Der Überbau wird auf der Nordseite vormontiert und in vier Takten eingeschoben. Der Verschub über die Elbe mit einer Hauptstützweite von 160 m erfolgt mit Hilfe eines Pontons.



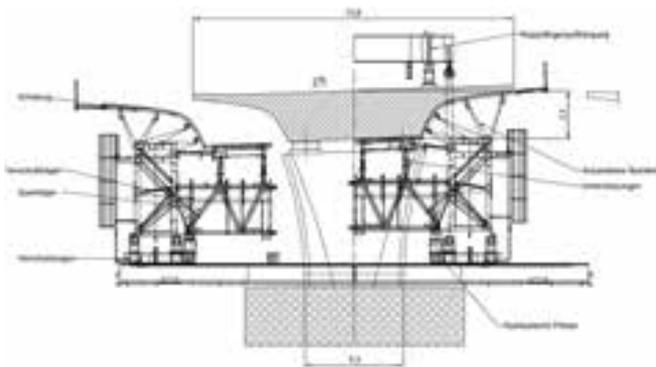
3 Elbebrücke Wittenberge als Visualisierung © DEGES GmbH/Leonhardt, Andrä und Partner AG

Die 695 m lange Vorlandbrücke hat dagegen einen konventionellen Spannbetonüberbau mit Regelstützweiten von 50 m und getrennten Überbauten. Die Herstellung erfolgt hier feldweise auf einer Vorschubrüstung.

Bei der Ausführung sind umfassende Umweltauflagen zu berücksichtigen, da sich das Bauwerk in einem ökologisch sensiblen Gebiet befindet. So gibt es Tabuzonen, die unter anderem das Stellen von Hilfsstützen ausschließen bzw. einschränken.



4 5 Elbebrücke Wittenberge: Querschnitt von Strombrücke und Vorlandbrücke © DEGES GmbH/Leonhardt, Andrä und Partner AG



6 7 Elbebrücke Wittenberge: Entwurf von Vorschubgerüst und Ponton © Implenia Civil Engineering GmbH/DSD Brückenbau GmbH

2.2 Vergabeverfahren

Ein Verhandlungsbedarf wurde zu Beginn des Vergabeverfahrens nicht gesehen, so dass ein nicht offenes Verfahren mit Teilnahmewettbewerb gewählt wurde. In dem Vergabeverfahren sind von vier Bieter bzw. Bietergemeinschaften Angebote eingegangen. Durch die Bieter waren mit dem Angebot umfangreiche technische Planpakete in jeweils drei Wertungsstufen auszuarbeiten, die in einer Verfahrensbeschreibung definiert wurden.

Planpaket 1: Bautechnik und Stahlbau Wertungsstufe 1:

- Vorlandbrücke: Arbeitsanweisung Herstellung Überbauabschnitt 3
- Strombrücke: Arbeitsanweisung Taktchieben Takt 3

Wertungsstufe 2:

- Vorlandbrücke: Entwurfsplanung Vorschubrüstung
- Strombrücke: Entwurfsplanung Ponton

Wertungsstufe 3:

- Datenbank für Stahlbaufertigung
- 3-D-Modell für Stahlüberbau

Planpaket 2: Bauablauf und Personalplanung Wertungsstufe 1:

- Weg-Zeit-Diagramm
- Balkenterminplan getrennt für Vorland- und Strombrücke

Wertungsstufe 2:

- Vorlandbrücke: Bauablauf mit Personal und Geräten für einen Überbauabschnitt
- Strombrücke: Bauablauf mit Personal und Geräten für einen Verschubtakt

Wertungsstufe 3:

- Organigramm, Personaleinsatzplan
- Maßnahmen zur Minimierung der Störanfälligkeit

Die Bilder 6 und 7 zeigen exemplarische Auszüge der eingereichten Planunterlagen für das Einschwimmen des Stahlüberbaus und das Vorschubgerüst der Vorlandbrücke in der Wertungsstufe 2, erstellt durch den erstplatzierten Bieter.



8 Elbebrücke Wittenberge: Bauausführung der Strombrücke © DSD Brückenbau GmbH

### 3 Rader Hochbrücke über den Nord-Ostsee-Kanal

#### 3.1 Technische Beschreibung

Die Wertung der Angebote erfolgte zu 70 % über den Preis und zu 30 % über den technischen Wert, bei Letzterem wurden die beiden Planpakete mit jeweils 15 % gewichtet. Bestandteil der Ausschreibungsunterlagen war eine geprüfte Genehmigungsstatik für die Strombrücke unter Berücksichtigung des vorgesehenen Taktschiebens. Den Bietern stand diese Unterlage in der Angebotsphase zur Verfügung; sie bildete die Basis für die mit dem Angebot zu erstellenden eigenen technischen Planungen. Bieterfragen konnten schriftlich gestellt werden und wurden über die Vergabeplattform beantwortet. Die technischen Unterlagen der Bieter wurden mit dem Angebot eingereicht und konnten somit erst zu diesem Zeitpunkt geprüft werden. Dabei zeigte sich, dass beispielsweise Bieter in ihrer Entwurfsplanung des Vorschubgerüsts Hilfsstützen vorgesehen hatten, welche sich in einer Tabuzone befanden. Mehrere Bieter hatten denselben Hersteller für das Traggerüst gewählt, der offenbar dieselben Unterlagen verteilt hatte. Damit konnten die Planpakete der Wertungsstufen 2 und 3 bei diesen Bietern in Gänze nicht gewertet werden. Es kam zum »Bietersturz«, das heißt, unter Berücksichtigung der Zuschlagskriterien hatte nicht der preisgünstigste Bieter das Angebot mit dem besten Preis-Leistungs-Verhältnis abgegeben. Es ist anzunehmen, dass die Thematik der Tabuzonen im Rahmen einer Verhandlung erörtert worden wäre. Beim Vergabeverfahren für die Rader Hochbrücke wurde wegen ebenjener Erfahrung entschieden, ein Verhandlungsverfahren durchzuführen, um so den direkten Dialog mit den Bietern zu ermöglichen.

Die 1972 errichtete, 1.497 m lange Rader Hochbrücke überspannt mit einer Stützweite von 221,50 m in ca. 50 m Höhe den Nord-Ostsee-Kanal (NOK) sowie die Rader Insel und den Borgstedter See (Bild 9). Aufgrund ihrer begrenzten Restnutzungsdauer bis Ende 2026 hat der Ersatzneubau des ersten Teilbauwerks, welches unmittelbar neben dem Bestand errichtet wird, eine besonders hohe Dringlichkeit. Nach seiner Fertigstellung erfolgen in separaten Bauausschreibungen der Rückbau des Bestands und die Errichtung des zweiten Teilbauwerks. Eine detaillierte Beschreibung des Bauwerks und der Entwurfsplanung findet sich in [1]. Der Ersatzneubau berücksichtigt den sechsstreifigen Ausbau der A 7 und besteht aus zwei getrennten Teilbauwerken mit einer Gesamtbreite von ca. 36 m. Über dem NOK beträgt die Stützweite 224 m, die damit geringfügig größer ist als im Bestand. Der Neubau wird als Stahlverbundbrücke mit Regelstützweiten von ca. 80 m ausgebildet. Im Kanalbereich wird das Tragwerk als hybride Rahmenkonstruktion ausgeführt (Bild 10). Die Kanalpfeiler werden dazu durch massive Betonvouten erweitert, die monolithisch mit dem Überbau verbunden sind. Es handelt sich um ein innovatives und in Bezug auf die Bauausführung anspruchs-

volles Tragwerk, weshalb eine vorgezogene Ausführungsplanung erfolgte. Eine ausführliche Beschreibung findet sich in [2].

Die Herstellung muss aufgrund der Randbedingungen (Regelbereich, Bereich veränderlicher Bauhöhe, Voutenbereich, Kanalfeld) mit unterschiedlichen Montageverfahren erfolgen. Im Entwurf war vorgesehen, die Stahlkonstruktion auf 800 m Länge bis zur Achse 110 einzuschleppen, da der Überbau hier konstante Abmessungen aufweist. Für den anschließenden Abschnitt war wegen der in Richtung Kanalmitte stetig zunehmenden Bauhöhe und der damit verbundenen Aufweitung des Bodenblechs eine Kranmontage bzw. eine Vormontage am Boden mit anschließendem Litzenthub geplant. Eine große Herausforderung ist dann die Herstellung der beiden ca. 90 m langen hybriden Voutenbereiche, welche im Freivorbau bzw. mit kleinteiliger Kranmontage erfolgen sollte (Bild 11). Die Montage des ca. 130 m langen Mittelteils per Einschwimmen und Litzenthub im NOK bildet den Abschluss der Überbauproduktion.

Eine weitere Herausforderung waren die Tiefgründungen im Borgstedter See, die von einer Bohrplattform vom Wasser aus hergestellt werden mussten.



9 Luftbild der bestehenden Rader Hochbrücke  
© DEGES GmbH



10 Rader Hochbrücke: Visualisierung der Neubaus  
© DEGES GmbH/André Keipke

**3.2 Vergabeverfahren**

Die Vergabe für das erste Teilbauwerk erfolgte im Rahmen eines Verhandlungsverfahrens mit Teilnahmewettbewerb, an dem sich drei Bieter beteiligt haben. Die nachstehend aufgelisteten technischen Punkte wurden teilfunktional ausgeschrieben und bildeten die Verhandlungsgegenstände. Von den Bietern waren hierfür umfassende technische Planpakete auszuarbeiten.

Planpakete Teilfunktionale Positionen:

- Herstellung der Tiefgründungen im Borgstedter See
- Herstellung der Hybridpfeiler (Kanalpfeiler inklusive Voutenbereich)
- Stahlbaumontage (Taktstriebe, Kraneinhub, Montage NOK)

Die Wertung der Planpakete erfolgte hinsichtlich der Erfüllung der Mindestanforderungen: Waren sie erfüllt, war das Angebot zu werten. Eine darüber hinausgehende differenzierende technische Wertung der Planpakete mit Wertungsstufen war nicht vorgesehen, die Wertung der Angebote erfolgte zu 95 % über den Preis und zu 5 % über die Bauzeit.

Bestandteil der Ausschreibung waren eine geprüfte Genehmigungsstatik für das gesamte Bauwerk einschließlich Unterbauten und Gründungen sowie Materialverteilungspläne des Stahlbaus. Im Rahmen der Verhandlung war es möglich, die Lösungsansätze für die teilfunktionalen Leistungspositionen zwischen AG und Bieter zu besprechen. Die Mindestanforderungen waren nicht verhandelbar.

Die Fragen und Antworten wurden protokolliert und somit Vertragsbestandteil. Unterschieden wurde zwischen allgemeinen und vertraulichen Fragen: Allgemeine Fragen wurden allen Bietern zugänglich gemacht, vertrauliche Fragen, die sich auf individuelle technische Ideen bezogen, nur dem jeweiligen Bieter. Dabei war darauf zu achten, dass dem Bieter daraus kein unzulässiger Wettbewerbsvorteil entsteht. Durch zwei Bieter, darunter auch den auf Rang 1, wurden zu den Planpaketen technische Optimierungen angeboten. Ausführliche Informationen dazu finden sich in [2]. Das Vergabeverfahren wurde Ende 2022 mit der Zuschlagserteilung abgeschlossen, den aktuellen Stand der Bauausführung zeigt Bild 12.



**11** Rader Hochbrücke: Screenshot aus dem Video zum Bauablauf © DEGES GmbH/André Keipke



**12** Rader Hochbrücke in der Bauausführung © DEGES GmbH

**4 Saalequerung Salzmünde**

**4.1 Technische Beschreibung**

Die Saalequerung Salzmünde wird im Zuge des Neubaus der A 143 (Westumfahrung Halle/Saale) in Sachsen-Anhalt errichtet. Der Bauwerksentwurf ist das Ergebnis eines im Jahr 2002 durchgeführten Realisierungswettbewerbs (Bild 13). Das Bauwerk hat eine Länge von insgesamt 968 m und besteht aus Strom- und Vorlandbrücke. Des Weiteren gehört zum Projekt ein 210 m langer Lärmschutz-

tunnel, der sich auf der Strombrücke in einer 72 m langen geschlossenen Glaseinhausung fortsetzt.

Die 183 m lange Strombrücke besteht aus einem 31 m breiten einteiligen Stahlüberbau, welcher ähnlich wie bei der Elbebrücke Wittenberge als Mittelträgerquerschnitt mit einer Orthoverbundplatte als Fahrbahn ausgebildet ist.



**13** Visualisierung der Saalequerung Salzmünde © Leonhardt, Andrä und Partner AG

Auf dem Stahlüberbau sind die Tragprofile (Spanten) der Glaseinhausung montiert (Bilder 14 und 15). Der Überbau wird im Taktkeller auf der Südseite vormontiert und dann in drei Abschnitten eingeschoben. Der Vershub über die Saale, mit einer Hauptstützweite von 131 m, erfolgt frei auskragend ohne Hilfsstütze bzw. Ponton. Der Stromüberbau wird in den Lärmschutztunnel eingespannt, weshalb der erste Tunnelabschnitt als 70 m langer fugenloser Block konzipiert ist.

Die 785 m lange Vorlandbrücke ist ein konventionelles Spannbetonbauwerk mit Regelstützweiten von 40 m und getrennten Überbauten. Die Herstellung erfolgt feldweise auf einer Vorschubrüstung.

Eine Besonderheit ist, dass der einteilige Überbau der Strom- und der zweiteilige Überbau der Vorlandbrücke in Achse 3 monolithisch miteinander verbunden werden, da man auf einen Trennpfeiler verzichten wollte.

Bei der Realisierung der Gründungen stellt das hoch anstehende Grundwasser eine Herausforderung dar, so dass aufwändige Wasserhaltungsmaßnahmen notwendig sind.

#### 4.2 Vergabeverfahren

Die Vergabe erfolgte im Verhandlungsverfahren unter Berücksichtigung qualitativer Zuschlagskriterien (technischer Wert). Zur Teilnahme wurden nach dem Teilnahmewettbewerb, an dem sich fünf Bewerber beteiligt hatten, drei Bieter aufgefordert. Durch die Bieter waren folgende technische Planpakete in jeweils drei Wertungsstufen auszuarbeiten (Bild 16):

Planpaket 1: Bautechnik und Stahlbau  
Wertungsstufe 1:

- Arbeitsanweisung Strombrücke
- Arbeitsanweisung Lärmschutztunnel
- Arbeitsanweisung Lärmschutteinhausung

Wertungsstufe 2:

- Verschublager und Vorbauschnabel für Strombrücke
- Kopplung Strombrücke/Lärmschutztunnel
- Einbau Glaselemente Lärmschutteinhausung

Wertungsstufe 3:

- Herstellung Überbau Strombrücke Achse 2 bis Koppelstelle Vorland
- Kopplung Strombrücke/Vorlandbrücke
- Qualitätssicherung Montage Glaseinhausung

Planpaket 2: Bauablauf und Personalplanung

Wertungsstufe 1:

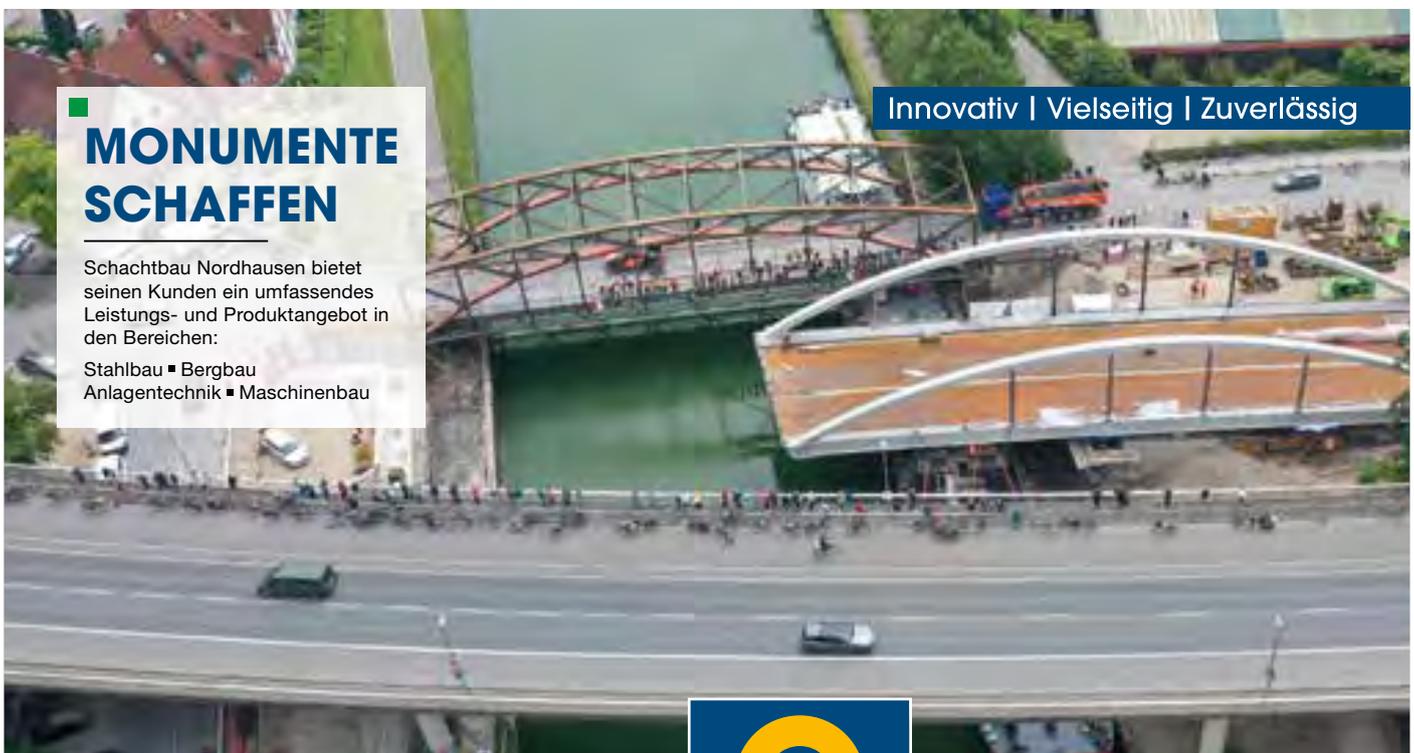
- Weg-Zeit-Diagramm für gesamtes Projekt
- Balkendiagramm getrennt für Vorland-, Strombrücke und Tunnel

Wertungsstufe 2:

- Weg-Zeit-Diagramm wie Stufe 1 mit kritischem Weg und weiteren Angaben
- Balkendiagramm wie Stufe 1 mit tagesgenauer Darstellung für Vershub

Wertungsstufe 3:

- Balkendiagramm wie Stufe 2 mit Angabe der Personal- und Gerätesressourcen
- Organigramm und Personaleinsatzplan



**MONUMENTE SCHAFFEN**

Schachtbau Nordhausen bietet seinen Kunden ein umfassendes Leistungs- und Produktangebot in den Bereichen:

Stahlbau ■ Bergbau  
Anlagentechnik ■ Maschinenbau

Innovativ | Vielseitig | Zuverlässig

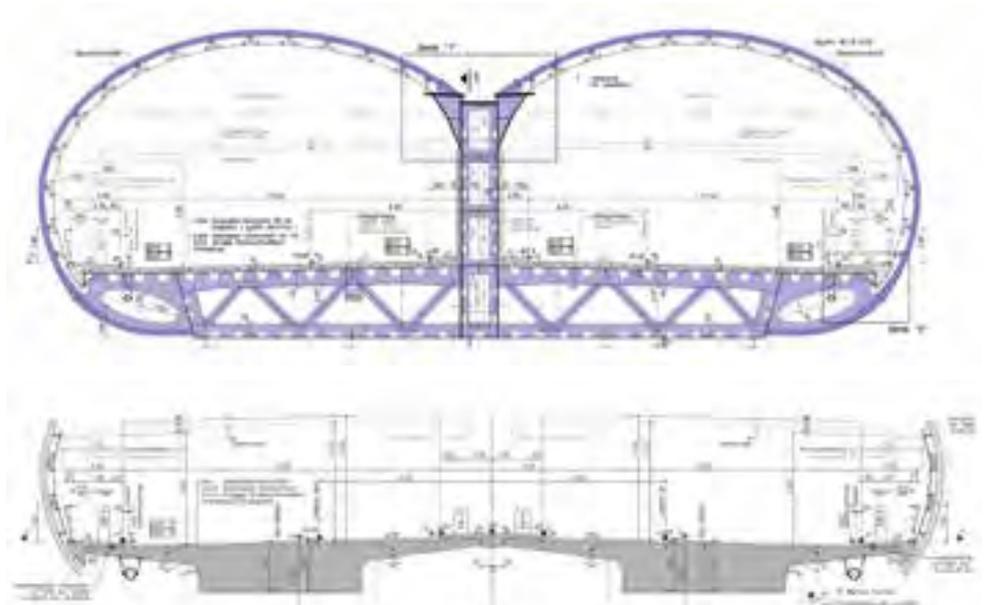


**SCHACHTBAU  
NORDHAUSEN**

**SCHACHTBAU NORDHAUSEN GmbH**  
Industrieweg 2 a  
99734 Nordhausen  
www.schachtbau.de

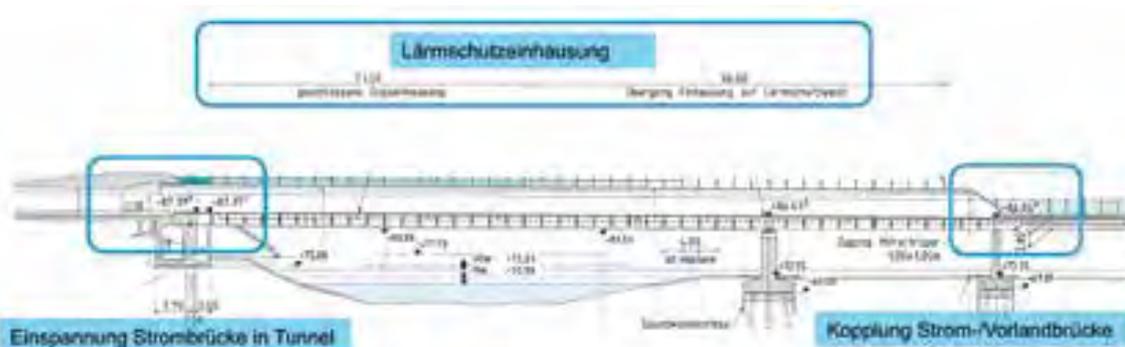
Das Vorgehen im Rahmen der Verhandlungsphase entsprach grundsätzlich dem bei der Rader Hochbrücke. Die Wertung der Angebote erfolgte zu 70 % über den Preis und zu 30 % über den technischen Wert, bei dem wiederum die beiden Planpakete mit jeweils 15 % gewichtet wurden.

Bestandteil der Ausschreibungsunterlagen war eine geprüfte Entwurfsstatik für das gesamte Bauwerk unter Berücksichtigung des vorgesehenen Taktschiebens der Strombrücke, der Herstellreihenfolge der Vorlandbrücke mit Detaillierungen in Bezug auf die Einspannung der Strombrücke in den Tunnel und die Koppelfuge zwischen Strom- und Vorlandbrücke. Von den drei eingeladenen Bietern blieb am Ende nur einer übrig. Die beiden anderen hatten sich aus dem Verfahren zurückgezogen: einer bereits nach dem Auftaktgespräch, der andere nach Abgabe des indikativen Angebots. Dies war im Sinne des angestrebten Wettbewerbs misslich, zumal es ursprünglich fünf Bewerber gegeben hatte. Der technische Wert hat somit keine vergaberelevante Rolle gespielt. Dennoch wurden durch den verbliebenen Bieter alle geforderten Unterlagen in sämtlichen Wertungsstufen erstellt und mit dem finalen Angebot eingereicht.



14 15 Saalequering Salzmünde: Querschnitt der Strombrücke mit Glaseinhausung und der Vorlandbrücke © DEGES GmbH/Leonhardt, Andrä und Partner AG

Im Zuge der Projektentwicklung wurden durch den AN weitere Optimierungen eingebracht, die Gründungen im Vorlandbereich und die Wasserhaltung betreffend (Bild 17). Einen aktuellen Stand der Bauausführung der Strombrücke zeigt Bild 18.



16 Saalequering Salzmünde: Längsschnitt der Strombrücke mit besonderen technischen Aspekten © DEGES GmbH



17 Saalequering Salzmünde: Gründung der Vorlandbrücke mit Senkkästen © DEGES GmbH



18 Saalequering Salzmünde: Vormontage der Strombrücke © DEGES GmbH

# Kommen Sie zu uns, wir sind schon da.

## Straßen Brücken Tunnel

### 5 Fazit

Für komplexe, das heißt technisch, bauphysikalisch und terminlich anspruchsvolle Bauprojekte gehört das Verhandlungsverfahren bei der DEGES heute zum Standardinstrumentarium.

Folgende Vorteile sind hervorzuheben:

- offene Kommunikation der Beteiligten im Vergabeverfahren
- Nutzung von technischem Know-how der Bieter
- frühzeitige Schaffung eines gemeinsamen Verständnisses der Bauaufgabe
- Durcharbeiten der komplexen Bauaufgabe durch die Bieter bereits in der Angebotsphase und damit hohe Identifikation und Verbindlichkeit des Angebots
- Einstieg in die Arbeitsvorbereitung des AN bereits während der Angebotsphase und damit Gewährleistung eines optimalen Bauablaufs

Bei einigen Verfahren gab es zu wenig Marktinteresse, was dazu führte, dass am Ende nur noch mit einem Bieter oder einer Bietergemeinschaft verhandelt werden konnte. Dies ist nicht im Sinne des Wettbewerbs und nachteilig für die Akzeptanz solcher Verfahren. Möglicherweise spielt hier der im Vergleich zu konventionellen Vergabeverfahren wesentlich höhere Aufwand für die Angebotserstellung mit den technischen Planungspaketen eine Rolle.

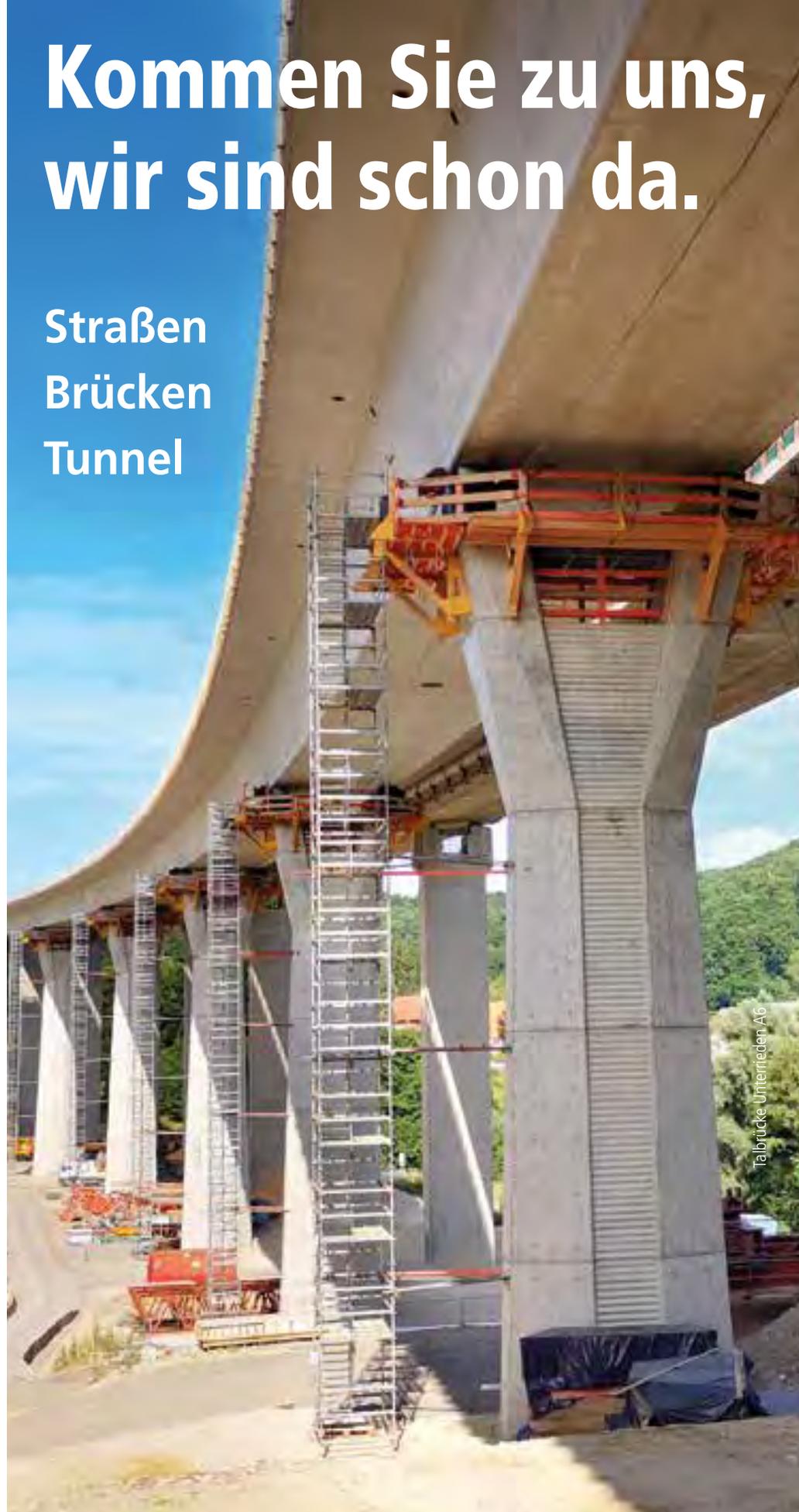
Inzwischen wurden mit dem Wesertunnel in Bremen (A 281) und der Ertüchtigung der Weserstrombrücke Bremen (A 1) weitere Verhandlungsverfahren erfolgreich abgeschlossen. Die Verfahren für die auskragenden Lärmschutzwände in Böblingen (A 281) und die Hochbrücke Bad Hersfeld (B 324) stehen 2025 vor dem Abschluss.

### Autoren:

**Dipl.-Ing. Gregor Gebert**  
Abteilungsleiter Konstruktiver Ingenieurbau  
**Dipl.-Ing. Christoph Wolf**  
Abteilungsleiter Vertrags- und Vergabewesen  
DEGES Deutsche Einheit  
Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH,  
Berlin

### Literatur

- [1] Gebert, G.; Brüchner, J.: Ersatzneubau der Rader Hochbrücke. Technische Innovation und Bauwerksgestaltung; in *Brückenbau*, 13. Jg., H. 1/2, 2021, S. 14–25.
- [2] Lechner, T.; Steinkühler, M.: Ersatzneubau der Rader Hochbrücke. Statik und Vergabe; in: *Brückenbau*, 17. Jg., H. 1/2, 2025.



Talbrücke Untertiefen A6

## Umfassende Maßnahme mit zahlreichen Sonderlösungen Ertüchtigung der Rheinbrücke Köln-Mülheim

■ ■ ■ von Uwe Heiland, Martin Seidel

In Anbetracht der Ergebnisse der turnusmäßigen Brückenprüfungen war eine umfassende Generalinstandsetzung des Brückenzugs an der Mülheimer Brücke in Köln unabdingbar. Die wichtige Rheinquerung musste trotz der Notwendigkeit umfassender Sanierungsmaßnahmen permanent für den Verkehr aufrechterhalten werden. Die im Rahmen der Bauausführung durchgeführten detaillierten Bestandsuntersuchungen brachten eine Vielzahl schwerwiegender Mängel zu Tage. Im Zuge des laufenden Bauprozesses galt es daher, unmittelbar Lösungen zu entwickeln und das Baugeschehen kontinuierlich voranzutreiben.

### 1 Einleitung

Die Querung über den Rhein im Stadtteil Köln-Mülheim erfolgt über einen Brückenzug, bestehend aus den vier Teilbauwerken rechtsrheinische Rampe, Strombrücke, Flutbrücke und Deichbrücke. Dieser Fachbeitrag beschränkt sich thematisch auf das Teilbauwerk der Strombrücke, bei welchem es sich um eine echte Hängebrücke in Stahlbauweise mit 485 m Spannweite handelt. Sie überquert den Rhein mit einer lichten Öffnung von 315 m zwischen den Pylonen. Das Bauwerk überführt zwei Stadtbahngleise der Kölner Verkehrs-Betriebe (KVB), die KVB-Linien 13 und 18. Darüber hinaus verfügt der Querschnitt je Fahrtrichtung über zwei Fahrspuren des motorisierten Individualverkehrs (MIV) sowie über beidseitige Geh- und Radwege.

Die Strombrücke wurde ursprünglich 1929 eröffnet, im Krieg zerstört und zwischen 1949 und 1951 komplett neu errichtet. Seither wurden unter anderem in den 1970er und 1990er Jahren bereits umfangreiche Umbaumaßnahmen durchgeführt, wie zum Beispiel

- Erneuerung der Kragarme für den Fuß- und Radverkehr,
  - Aufständigung der Gleise auf sogenannte Schienenhöcker,
  - Einbau eines Lastverteilträgers zur Unterstützung der Querträger,
  - Verstärkung des Querrahmensystems,
  - Erneuerung des Korrosionsschutzes.
- Im Zuge der turnusmäßigen Bauwerksprüfungen wurden zunehmende Schäden festgestellt. Die Nachrechnungen, auch für die Nutzung einer neuen und schwereren Generation von Straßenbahnen, zeigten zudem den Bedarf an Ertüchtigungsmaßnahmen. Diese Schäden in Kombination mit den Ergebnissen der Nachrechnungen erforderten eine Generalinstandsetzung.

Die Ausschreibung aus dem Jahr 2017 sah folgende Maßnahmen vor:

- Rückbau aller Verstärkungsmaßnahmen aus den 1970er Jahren
- Einbau zusätzlicher Zugspannglieder anstelle der Querrahmenverstärkung aus den 1970er Jahren sowie Einbau eines massiven Fachwerkträgers anstelle der alten Lastverteilträger
- Vollständige Erneuerung des Korrosionsschutzes sowie Erneuerung aller Abdichtungen und Belagsflächen
- Einbau von Verstärkungen im Pylon sowie Erneuerung der kompletten Innenausstattung (Podestebenen, Steigleitern, Elektrik)
- Erneuerung der Wartungsgänge
- Erneuerung der Randträger an den Geh- und Radwegen sowie Erneuerung der Geländer
- Austausch aller 84 Hängerseile

Die Instandsetzungsmaßnahmen sollten unter vollständiger Aufrechterhaltung des Verkehrs erfolgen. In vier aufeinanderfolgenden Bauphasen werden jeweils Teilflächen als Baufeld freigegeben, die restlichen Flächen stehen dem öffentlichen Verkehr weiterhin zu Verfügung.

### 2 Maßnahmenbeginn

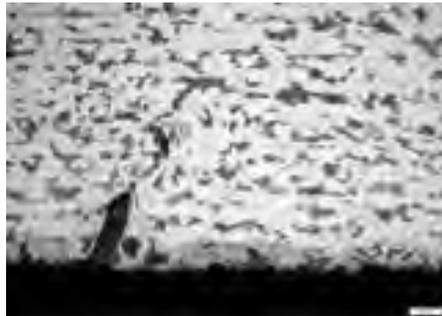
Mitte 2018 wurde mit den Instandsetzungsarbeiten begonnen. Zunächst wurde unterhalb der Brücke ein vollständiges Arbeits- und Schutzgerüst installiert. Im Zuge der Beprobung der alten Abdichtungs- und Korrosionsschutzstoffe wurden nahezu alle Arten möglicher Gefahrstoffe identifiziert. Gemeinsam mit einem Gefahrstoffe-Koordinator sowie mit Fachleuten für den Arbeits- und Gesundheitsschutz wurden die erforderlichen Maßnahmen zur Fortführung der planmäßigen Instandsetzung eruiert, wobei insbesondere auf die Belange der zuständigen Genehmigungsbehörde eingegangen wurde. Hierzu wurden umfangreiche Maßnahmen zum Schutz der Mitarbeiter sowie zum Umweltschutz definiert und umgesetzt. Diese sahen vor, dass

- das gesamte Bauwerk vor dem Beginn von Instandsetzungsarbeiten vorlaufend zu entschichten ist,
- auch Bauteile, welche zurückgebaut werden, vorab entschichtet werden müssen,
- nach den Entschichtungsarbeiten die Aufhebung der Schwarzbereiche durch eine Freimessung zu erfolgen hat.

Auf Basis der Anforderungen an die Freimessung wurde ein entsprechendes Messkonzept entwickelt. In einer Fortschreibung des Arbeits- und Sicherheitsplans wurden alle Methoden detailliert beschrieben und im Zuge der Umsetzung durch die zuständigen Sicherheitsfachkräfte kontinuierlich überwacht. 2019 wurde mit den vorlaufenden Entschichtungsarbeiten begonnen. Insgesamt mussten ca. 70.000 m<sup>2</sup> Brückenfläche entschichtet werden. Anschließend wurden umfangreiche Bestandsuntersuchungen durchgeführt, insbesondere an den Schweiß- wie auch Nietverbindungen.

### 3 Umbau und Verstärkung der Querträger

Die Ertüchtigung der Querträger war Voraussetzung für alle Instandsetzungsmaßnahmen. Hierzu wurden an 90 Querträgern zusätzliche Unterspannungen mittels Zugspanngliedern und Verstärkungsvouten installiert. Die Ausschreibung sah vor, die Verstärkungsvouten zu schweißen. Analysen zur Feststellung der Schweißbarkeit an den Walzprofilen der Querrahmenecken offenbarten zwar einerseits sehr gute mechanische Kennwerte, andererseits wurde jedoch auch eine Vielzahl von Einwalzungen von Verunreinigung ermittelt, welche die Schweißbarkeit nachhaltig beeinträchtigen. Neben der Beeinträchtigung der Schweißbarkeit zeitigten die entschichteten Schweißnähte auch signifikante Ungenzen.

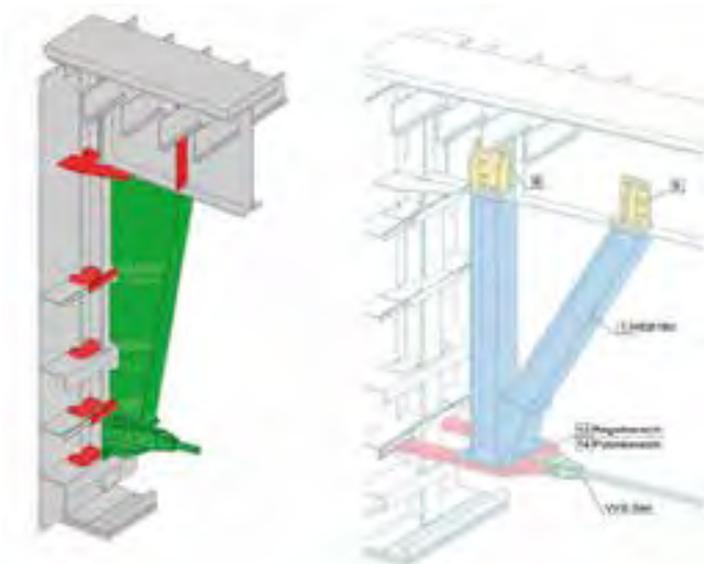


1 Makroschliff mit Verunreinigungen im Gefüge  
© Schweißtechnische Lehranstalt Magdeburg gGmbH



2 Mangelhafte Schweißnähte im Bestand  
© SEH Engineering GmbH

Es wurden verschiedene Bemusterungen zu Instandsetzungsmöglichkeiten der schadhafte Schweißnähte an den Walzprofilen der Querrahmen durchgeführt.



3 4 Ausschreibungsentwurf (Schweißlösung) und Verschraubung als Ausführungsentwurf  
© SEH Engineering GmbH

Da bei diesen Bemusterungen kein zufriedenstellendes Ergebnis erzielt werden konnte, wurde die Lösung zur schweißtechnischen Ausbildung der Verstärkungsvouten verworfen und stattdessen eine vollständige Schraublösung entwickelt. Im Rahmen einer Ausfallberechnung wurde nachgewiesen, dass die vorhandenen alten Aussteifungsprofile der Querrahmen nicht mehr benötigt werden. Somit mussten an ihnen keine weiteren Arbeiten durchgeführt werden. Die geschraubten Rahmenecken werden jeweils durch ein Zugspannglied gekoppelt, das aus einem VVS-Seil mit  $d = 31\text{ mm}$  besteht.

### 4 Austausch der Hängerseile

Infolge festgestellter Korrosionsschäden an den Seilendverankerungen wurde der Austausch aller Hängerseile ausgeschrieben. Die Verankerung der Hängerseile am Überbau erfolgt nicht in der Achse der Hauptträger, sondern 1,20 m exzentrisch an Kragarmkonsolen.

Die alten Hängerseile mit  $d = 68\text{ mm}$  und nur einer äußeren Z-Lage werden ersetzt durch ein VVS-Seil mit  $d = 70\text{ mm}$  und drei äußeren Z-Lagen. Da die Ausschreibung noch auf dem Regelwerk der TL-Seile basierte, wurde die Ausbildung der neuen Hängerseile, insbesondere der Seilendverankerungen, im Zuge der Werkstattplanung komplett an das aktuell geltende Regelwerk der TL-TP VVS angepasst.

Der Austausch der Hängerseile erfolgte unter Einsatz temporärer Ersatzhänger, die für die Aufrechterhaltung der Tragfähigkeit sorgen und Veränderungen an der Brückengradiente verhindern.



5 Geschraubte Rahmeneckverstärkung mit Zugspannglied  
© SEH Engineering GmbH



6 Ersatzhänger mit Spannrahmen und freiem Hängerseil  
© SEH Engineering GmbH

Hierdurch kann der Hängeraustausch an vielen Stellen gleichzeitig durchgeführt werden. Die Ersatzhänger bestehen aus einem Rahmen, welcher mit den Kragkonsolen des Bestands gekoppelt ist. Am Tragkabel wurde jeweils links und rechts von der vorhandenen Tragkabelschelle eine Umklammerung montiert. Als Hänger wurden jeweils vier Litzenheber installiert, die es erlauben, die Ersatzhänger zu spannen und somit die alten Hängerseile in einen lastfreien Zustand zu überführen.

Die vorhandenen Hängeranschlusskästen waren vollständig mit einer zinkchromathaltigen Masse vergossen. Die Konsistenz dieser Masse reichte von »pastös« über »schaumartig« bis hin zu »gummiartig erhärtet«. Ihr Rückbau erfolgte mittels HDW-Strahlen mit Strahlanze und ca. 1.000 bar Wasserdruck. Die Hängerkästen wurden anschließend wieder vollständig mit Korrosionsschutz versehen und in Form verschraubter Innenverstärkungen ertüchtigt. Der Austausch der 42 Hänger auf der südlichen Brückenseite einschließlich Verstärkungen und Korrosionsschutzerneuerung an den Kästen sowie an den Tragkabelschellen verlief ohne Komplikationen an sechs Hängerseilen gleichzeitig und konnte innerhalb von neun Monaten umgesetzt werden.

Der Austausch der 42 Hänger auf der nördlichen Seite erfolgt erst in der vierten Bauphase 2026.

**5 Instandsetzung der Geh- und Radwege**

An den Geh- und Radwegen wurden die Randträger, die Geländer und die Schrammborde erneuert. Da sich sowohl die Randträger als auch die Schrammborde an der Lastabtragung beteiligen, wurde der Kragarm temporär über diagonale Streben abgestützt. Der Austausch der Bauteile erfolgte dann Zug um Zug in 45 Abschnitten. Die Arbeiten waren dabei als Linienbaustelle organisiert.

Im Bereich der Pylone wurde zudem die Gehwegverbreiterung deutlich aufgeweitet. Hierdurch sollen zukünftig Unfälle, insbesondere bei der Pylonumfahrung mit Rädern und E-Scooter, vermieden werden.

**6 Fahrbahnplattentausch der Stadtbahntrasse**

Während der gesamten Instandsetzungsarbeiten am Bauwerk bleibt der Gleisbereich und damit die Straßenbahninfrastruktur in Betrieb. Arbeiten im Gleisbereich sind daher entweder nur

in vereinzelten nächtlichen Betriebspausen oder in einem vorgeplanten Zeitfenster einer einmaligen 19-wöchigen Sperrpause, der sogenannten Bauphase 2, möglich. Diese Maßnahmen waren daher sehr genau vorzuplanen. Erschwerend kam hinzu, dass die Altabdichtung im Gleisbereich asbestbelastet war und somit zunächst eine Asbestsanierung erfolgen musste, bevor überhaupt mit der eigentlichen Instandsetzung begonnen werden konnte.

Erste Begutachtungen des Gleisbereichs wie der darunterliegenden Tragstrukturen ließen bereits frühzeitig erkennen, dass ein größerer Instandsetzungsumfang im Vergleich zu den vorgeplanten Maßnahmen zu erwarten war.

Es wurde daher mit entsprechendem Vorlauf eine vorgezogene einwöchige Sperrpause an Ostern 2020 eingerichtet. Im Zuge dieser Sperrung wurden die mit Asbest belasteten Abdichtungen an verschiedenen Stellen im Gleisbereich auf insgesamt 500 m<sup>2</sup> zurückgebaut. Anschließend erfolgten sehr intensive Bestandsuntersuchungen, vor allem Restwanddickenmessungen und Mustersanierungen.

Das Fazit der Begutachtung war, dass die oberseitigen Korrosionsschäden zu einem signifikanten Substanzverlust beigetragen haben. Gleichzeitig wurden an den unterseitig geschweißten Aussteifungen systematische Mängel, insbesondere Risse, festgestellt.

Aus diesem Grund wurden nun Variantenuntersuchungen durchgeführt und unter technischen wie wirtschaftlichen Gesichtspunkten abgewogen. Hierfür wurde ein Expertengremium aus Vertretern des Bauherrn, der Planer, des zuständigen Prüfingenieurs, des Ausführungsbetriebs sowie externen Fachleuten gebildet. Im Wesentlichen stand die Frage im Raum, ob die Sanierungsmaßnahmen lokal oder durch den Austausch ganzer Tragelemente zu erfolgen haben. Das Ergebnis der Beratungen waren folgende Festlegungen:

- Der Straßenbahnbereich wird komplett getauscht. Hierdurch werden sämtliche Effekte infolge Abrostungen vollständig beseitigt, die Tragstruktur wird nach aktuellen Regelwerken ausgeführt und sämtliche sonstige Schadensbilder und »alte« konstruktive Unzulänglichkeiten werden in Gänze behoben.
- Der Bereich der MIV-Fahrbahn wird lokal instandgesetzt, da hier infolge der schützenden Asphaltdecke keine Korrosionsschäden vorhanden waren.



7 Hilfskonstruktion am Kragarm © SEH Engineering GmbH



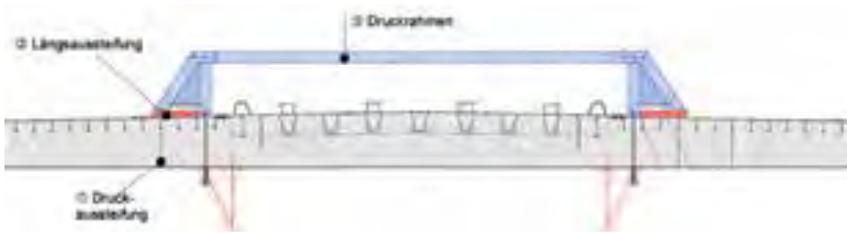
8 Gleisbereich mit defekter Abdichtung © SEH Engineering GmbH



9 Substanzverluste an der Tragstruktur im Gleisbereich © SEH Engineering GmbH



**WIR.KÖNNEN.DAS.**



10 Hilfskonstruktion zum Fahrbahntausch  
© SEH Engineering GmbH



11 Schliffbild im Zuge der Bemusterung  
© SEH Engineering GmbH/  
Schweißtechnische Lehranstalt Magdeburg gGmbH

Der Austausch der Fahrbahnplatte wurde nach der Methode »Design & Build« geplant. Der Leitgedanke bestand darin, die Kompetenzen im Planungsprozess zu bündeln und vor allem die Aspekte der Werkstatt- und Montageplanung bereits in der Entwurfs- und Konzeptionsphase zu berücksichtigen.

Hierbei standen primär die Baustellenorganisation und die Montageabfolge im Fokus. Das ursprünglich für Bauphase 2 ausgeschriebene Zeitfenster von 19 Wochen hatte weiterhin Gültigkeit, was neben den technischen Anforderungen eine große logistische Herausforderung bedeutete. Es galt nunmehr, Lösungen zu entwickeln, die es ermöglichen, in diesem Zeitfenster ca. 700 t Fahrbahn zurück- und ca. 800 t Neukonstruktion einzubauen.

Folgende Randbedingungen wurden aus der Ausführungsplanung abgeleitet:

- Die Fahrbahn wird in 45 Segmente unterteilt. Die Teilung entspricht der Rasterung der Hängerfelder.
- Jedes der 45 Segmente mit je 6,50 m Breite wird dreigeteilt und ist damit in Containern verladbar. Hiermit verknüpft ist die Möglichkeit, alle Bauteile vorzufertigen und einzulagern. Damit wird sichergestellt, dass die Vorfertigung zum Beginn der Sperrpause vollständig abgeschlossen ist.
- Für den Fahrbahntausch muss eine Hilfskonstruktion eingesetzt werden, welche die aus dem Trennschnitt freierwerdenden Lasten aufnimmt und nach dem Fahrbahntausch in die neue Tragstruktur zurückführt.
- Der Austausch der Fahrbahnelemente darf nur Zug um Zug erfolgen, was bedingt, dass das jeweils zuvor eingesetzte Neubauteil vollständig form- und kraftschlüssig angeschlossen ist. Es wurde vorgeplant, an maximal drei Stellen gleichzeitig mit einem Mindestabstand von 100 m zu arbeiten.

Die Fahrbahn selbst wird als orthotrope Fahrbahn mit Trapezprofilen ausgeführt. Hierbei gibt es zwei konstruktive Besonderheiten: Zum einen werden die Quertträgerstege vollständig miteinander verschweißt. Zum anderen werden die 271 Quertträger dabei erst auf der Baustelle örtlich eingepasst und anschließend verschweißt. Dies erlaubt es, alle Bestandsimperfektionen zu kompensieren und im Zuge der Ausrichtung der Fahrbahnplatten die Gleislage zunächst ohne Einschränkungen einstellen zu können. Als zweite Besonderheit werden die Fahrbahndeckbleche zum Altbestand hin verschraubt. Dies entspricht dem Konstruktionsprinzip der Bestandskonstruktion mit vernieteten Elementen. Aufgrund der Überlappung zwischen Neukonstruktion und Bestand und der sich daraus ergebenden geringen Asphaltüberdeckung bestand die Anforderung, dass die Schraubenköpfe nicht über die Blechoberkante herausragen dürfen.

Um dieser Anforderung gerecht zu werden, wurde eine Passschraube mit Senkkopf entwickelt und einem Zulassungsverfahren unterzogen.

Die neuen 141 Fahrbahnsegmente wurden im Fertigungswerk in Hannover hergestellt. Die zu einem Segment gehörenden drei Plattenabschnitte wurden in einer gemeinsamen Zusammenbauvorrichtung realisiert und passgenau zueinander ausgerichtet. Im Werk wurde darüber hinaus bereits die neue Schienenauflage achsgenau angeordnet und aufgeschweißt. Nach erfolgter Grundierung, ebenfalls im Werk, wurden die jeweils drei zueinander gehörenden Segmente in insgesamt 45 Überseecontainern verladen und zu einem Zwischenlager transportiert.



12 Verladung der vorgefertigten Fahrbahnsegmente in Hannover  
© SEH Engineering GmbH



13 Strahlschutzhalle und Witterungsschutzzelt  
© SEH Engineering GmbH



14 Logistik auf dem Baufeld  
© SEH Engineering GmbH

Am 2. April 2024 begann die Sperrpause in Köln. In den ersten acht Tagen wurden nächst die Gleisanlagen und Oberleitungen zurückgebaut. Am 10. April wurden dann zwei verfahrbare, 33 m lange Strahlschutzeinhausungen für die Asbestbeseitigung errichtet. Am Folgetag wurde mit dem Strahlen begonnen, wobei alle Arbeiten wegen des engen Zeitfensters im sogenannten 24/7-Rhythmus absolviert werden mussten.

Die neuen Fahrbahnsegmente wurden aus dem Zwischenlager just in time abgerufen und auf der Baustelle angeliefert. Aufgrund der engen Platzverhältnisse konnten dort jeweils nur drei Überseecontainer gelagert werden. Da die Teilbauwerke vor und hinter der Strombrücke in dieser Bauphase komplett abgerissen und erneuert wurden, mussten die neuen Elemente vom unter der Brücke liegenden Baufeld mittels eines 90-t-Raupenkran auf die Brücke gehoben werden.

Die Einzelsegmente wurden anschließend mithilfe eines Lkws mit Ladekran auf dem Bauwerk bewegt und in jeweils eine der beiden Vorzusammenbauvorrichtungen eingelegt. Dort wurden sie zu einem jeweils 6,50 m breiten Fahrbahnabschnitt zusammenschweißt. Nach dem Zusammenschweißen wurden sie dann von einem Portalkran angehoben und auf Rollfahrwerke umgelegt.



15 Vorzusammenbau dreier Einzelsegmente zu einem Fahrbahnplattenabschnitt  
© SEH Engineering GmbH



16 Druckrahmen der Queraussteifung  
© SEH Engineering GmbH



17 Freigeschnittenes Fahrbahnsegment  
© SEH Engineering GmbH



18 Senkkopfschrauben nach Herstellung  
© SEH Engineering GmbH



19 Unterseite der neuen Fahrbahnsegmente  
© SEH Engineering GmbH

Im Arbeitsbereich für den Fahrbahnplattentausch wurden zunächst die Längsaussteifungen und hydraulisch anpassbaren Querrahmen eingebaut, die im Zustand der freigeschnittenen Fahrbahnplatten das Bauwerk lokal aussteifen. Der Austausch erfolgte in Segmentgrößen von 45 Abschnitten mit 10,80 m × 6,40 m. Die alten Fahrbahnsegmente wurden mittels Elektrokettenzügen aus ihrer Lage herausgehoben, auf Rollfahrwerken abgesetzt und anschließend aus dem Arbeitsbereich herausgefahren. Der Einbau erfolgte in umgekehrter Reihenfolge: Die neuen Elemente wurden zunächst auf Absetzkraggen abgelassen und ausgerichtet, die Brückengradiente wurde überprüft und eingestellt. Anschließend wurden die Querträger eingepasst und miteinander verschweißt sowie oberseitig die Bohrungen der Senkkopfpassschrauben vor Ort hergestellt.

Nach dem Austausch aller 45 Segmente wurde die Deckblechoberfläche komplett gestrahlt und mit einer 6-mm-RHD-Belegsschicht versehen.

Der Abschluss der Arbeiten erfolgte fristgerecht, das Baufeld wurde am 4. September 2024 an das nächste Gewerk übergeben.



20 Fertiggestellter und mit Belag versehener Gleisbereich nach Fahrbahn-tausch © SEH Engineering GmbH

7 Fazit

Im Zuge der Sanierungsarbeiten an der Strombrücke wurde unerwartete Schäden festgestellt. Es galt, zügig Lösungen zu entwickeln, zu verabschieden und zu realisieren. Insbesondere durch die Design-and-Build-Methode konnten die Ausführenden den Planungsprozess unmittelbar mitgestalten und so das Baugeschehen vorantreiben. Unnötige Planungsschleifen und Überarbeitungen der Ausführungsunterlagen wurden vermieden, so dass sämtliche Maßnahmen frühzeitig disponiert und fristgerecht umgesetzt werden konnten.

**Autoren**  
 Dipl.-Ing. Uwe Heiland  
 Dipl.-Ing.(FH) Martin Seidel M. Eng.  
 SEH Engineering GmbH,  
 Hannover

Literatur

- [1] Stadt Köln (Hrsg.): Die neue Köln-Mülheimer Brücke 1951. Köln, 1951.
- [2] Lehmann, F.: Erinnerung an den Bau der ersten Köln-Mülheimer Hängebrücke (1927–1929); in: Felten & Guillaume (F&G) Rundschau, H. 33, Oktober 1951.
- [3] Baum, R.: Die Trageile der beiden Hängebrücken über den Rhein zwischen Köln und Mülheim; in: Felten & Guillaume (F&G) Rundschau, H. 33, Oktober 1951.
- [4] Brückenbauabteilung der Stadt Köln (Hrsg.): Straßenbrücke Köln-Mülheim. Berlin, 1929.

Bauherr

Stadt Köln, Amt für Brücken, Tunnel und Stadtbahnbau

**Entwurfs- und Ausschreibungsplanung**  
 Ingenieurgemeinschaft Mülheimer Brücke:  
 Leonhardt, Andrä und Partner  
 Beratende Ingenieure VBI AG, Stuttgart  
 Arcadis Germany GmbH, Darmstadt

**Ausführungsplanung**  
 SEH Engineering GmbH, Hannover  
 Leonhardt, Andrä und Partner  
 Beratende Ingenieure VBI AG, Stuttgart

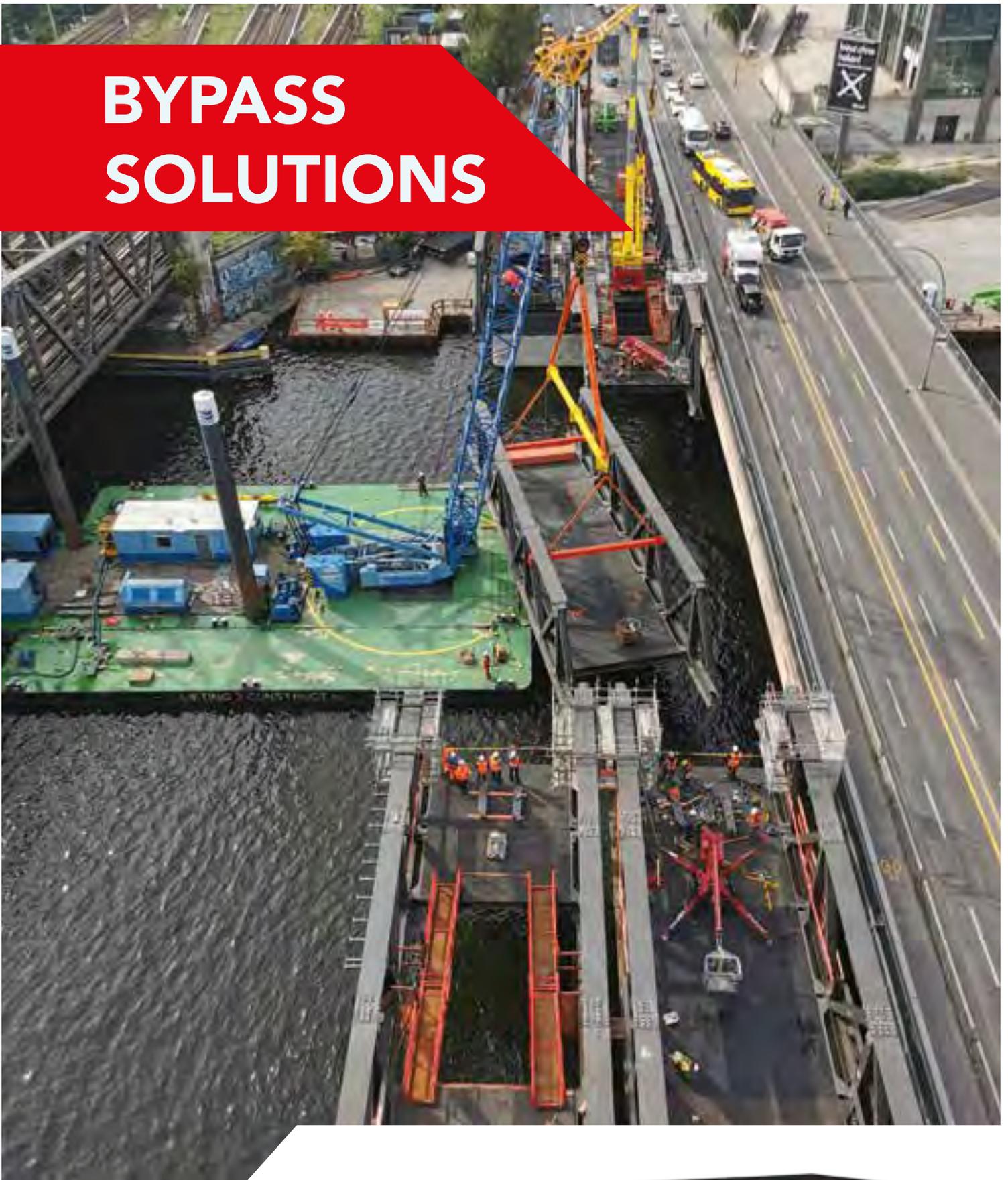
**Werkstatt- und Montageplanung**  
 SEH Reconstruction GmbH, Büro Fürth

**Prüfingenieur**  
 Prof. Dr.-Ing. Karsten Geißler, Berlin

**Generalunternehmer**  
 Implenia Civil Engineering GmbH,  
 Niederlassung Düsseldorf

**Bauausführung**  
 SEH Engineering GmbH, Hannover  
 SEH Reconstruction GmbH, Hannover

# BYPASS SOLUTIONS



EIFFAGE  
**SYS**



# Erster Rückbau einer Schrägseilbrücke in Deutschland Rückbau der Rheinbrücke Duisburg-Neuenkamp

■ ■ ■ von Stephan Hamm

Der starke Anstieg des Schwerlastverkehrs auf der Bundesautobahn A 40 hat zu erheblichen Schäden an der alten Rheinbrücke Duisburg-Neuenkamp geführt. Nach mehreren umfangreichen Instandsetzungen wurde nach Fertigstellung des südlichen Ersatzneubaus und der Verkehrsumlegung auf die neue Schrägseilbrücke im November 2023 mit dem Rückbau der Bestandsbrücke begonnen. Obwohl die Brücke während des Rückbaus vergleichbare Bauzustände wie beim Neubau durchlebt, bedingt die Einführung von knickstabähnlichem Verhalten und Einzelfeldbeulen in der Stabilitätsnorm ca. 130 t Stahl an Verstärkungsmaßnahmen. Im Gegensatz zur Bauphase, wo die Kabel durch Hoch- und Runterfahren der Kabelsättel gespannt wurden, wurden aus Sicherheits- und Redundanzgründen jetzt Hilfsseile integriert, um die Kabel vom Deck aus zu entlasten und die Stabilität des Restüberbaus zu gewährleisten. Zur Entspannung der Restkräfte in den Bestandskabeln wurde eine neu entwickelte Klemm-Entspannvorrichtung erfolgreich eingesetzt.

## 1 Einleitung

### 1.1 Das Projekt

Im Rahmen des achtstreifigen Ausbaus der Autobahn A 40 zwischen der Anschlussstelle (AS) Duisburg-Homberg und der AS Duisburg Häfen steht die Errichtung einer neuen Rheinquerung im Mittelpunkt. Diese Baumaßnahme umfasst nicht nur den Neubau zweier baulich voneinander getrennter Rheinbrücken, sondern auch den Rückbau der alten Rheinbrücke Duisburg. Im Jahr 2020 wurde die Arbeitsgemeinschaft aus Hochtief Infrastructure und dem österreichischen Stahlbaupartner MCE mit der Realisierung dieser Baumaßnahme beauftragt; Hochtief Infrastructure ist als Generalunternehmerin hier technisch federführend und unter anderem für den Rückbau der alten Rheinbrücke verantwortlich.

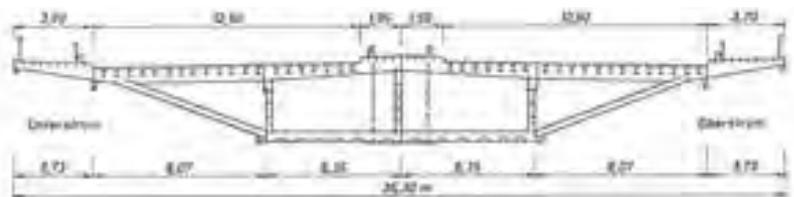
### 1.2 Überblick Bestandsbrücke

Die alte Rheinbrücke Duisburg wurde für die Brückenklasse 60 als Schrägseilbrücke bemessen. Ihre Gesamtlänge beträgt 777,40 m, der Überbau besteht aus zwei getrennten begehbaren Hohlkästen mit einer konstanten Breite von 12,70 m und einer konstanten Höhe am mittleren Steg von 4,06 m. Diese Brücke ist eine der ersten vollgeschweißten Schrägseilbrücken in Deutschland.

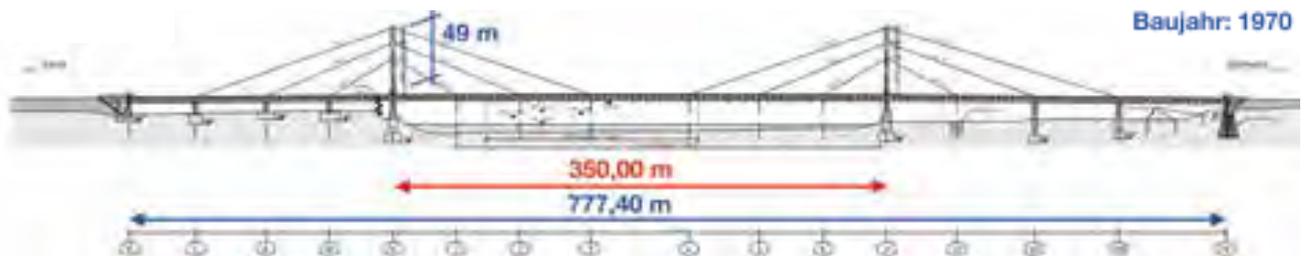
Die Pylone, eine Gesamthöhe von 49,00 m über der Fahrbahn aufweisend, sind mit dem Brückenkörper verbunden. Ihr Querschnitt ist rechteckig mit einer variierenden Breite zwischen 1,90 m und 3,00 m. Für die Bestandsbrücke wurden jeweils drei Kabelebenen pro Seite bzw. Pylon verwendet. Jede von ihnen setzt sich aus zwei nebeneinanderliegenden Kabeln zusammen, die als eine Kabelebene wirken. Jedes Kabel besteht aus neun einzelnen vollverschlossenen Einzelseilen mit einer Anordnung von 3 × 3 pro Kabel. Die Seildurchmesser betragen zwischen 57 mm und 81 mm. Alle Seile wurden im Brückenüberbau verankert und mit Hilfe eines Kabelsattellagers an der Pylonspitze umgelenkt. Das Vorspannen der Kabel erfolgte durch Anheben der Kabelsattellager.

Die Montage der Bestandsbrücke im Vorlandbereich wurde auf beiden Seiten des Rheins von den Widerlagern aus durchgeführt, die Montage über den Rhein im Freivorbau.

Im Jahr 2005 wurden alle Schrägseile aufgrund von Korrosionsschäden an der Oberfläche saniert, wobei auch eine dauerhafte Seilspreizung eingebaut und die Beschichtung der Seile erneuert wurde.



1 Regelquerschnitt der Bestandsbrücke © DEGES GmbH



2 Längsschnitt der Bestandsbrücke © Die Autobahn GmbH des Bundes



3 Beulfeldverkleinerungen: Bodenblech in Querrichtung  
© Daniel Haussner



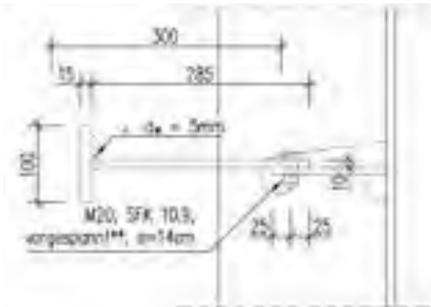
4 Beulfeldverkleinerungen in der Mittelkappe  
© Daniel Haussner

## 2 Technische Besonderheiten

### 2.1 Zustand Bestandsbrücke

Bei den Bauwerksprüfungen der Bestandsbrücke wurden immer wieder neue Schäden an verschiedenen Stellen festgestellt. Dazu zählten unter anderem Schweißnahttrisse, Korrosion, Spurrillen in der Asphaltdeckschicht usw. Aus diesem Grund waren im Lauf der Lebensdauer der Brücke zahlreiche umfangreiche Instandsetzungsmaßnahmen erforderlich, die weit über die üblichen Unterhaltungsmaßnahmen hinausgingen. Aufgrund der stetig steigenden Anzahl festgestellter Schäden wurden 2018 zwei Wiegeanlagen, je eine pro Rheinseite, installiert, um die Überfahrt von Fahrzeugen über 40 t zu verhindern. Zudem wurden die äußeren Fahrspuren gesperrt, um die außenliegenden Kragarme zu entlasten. Bis zur Inbetriebnahme des ersten Überbaus des Ersatzneubaus im November 2023 wurde der Verkehr nur noch mit zwei Fahrstreifen pro Fahrtrichtung geführt.

Materialuntersuchungen im Vorfeld ergaben, dass es bei dem Stahlwerkstoff des Haupttragwerks ein Materialproblem gab: Das Bestandsmaterial neigt zum Terrassenbruch und sollte nur nach sorgfältiger Vorprüfung und unter Einhaltung hoher Schweißstandards geschweißt werden. Aus diesem Grund wurde bei den Verstärkungsmaßnahmen so weit wie möglich auf geschweißte Verbindungen verzichtet.



5 6 Verstärkungen der Längssteifen  
© Daniel Haussner



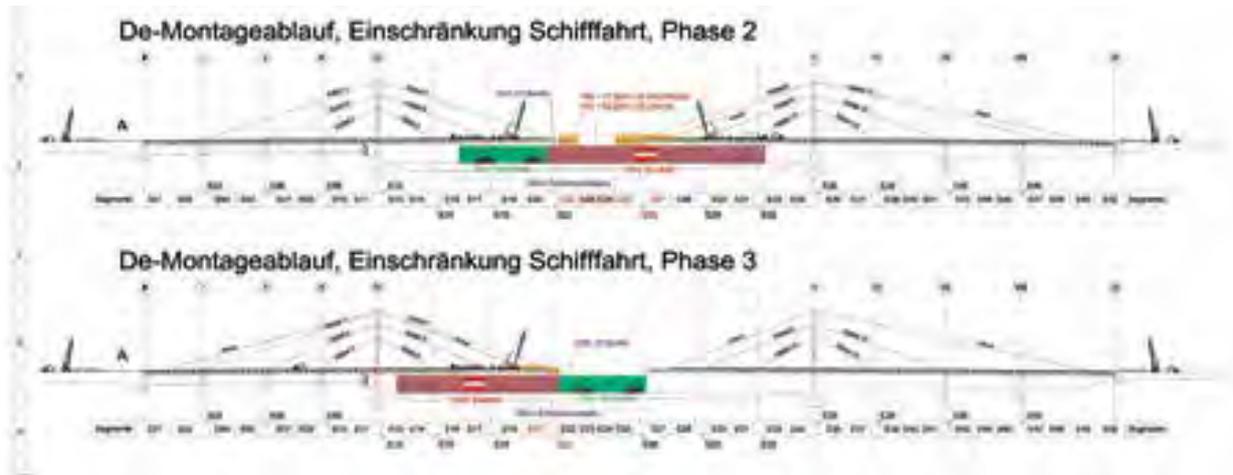
7 8 Holo-Bolt-Verbindungen am Bodenblech  
© Daniel Haussner



### 2.2 Verstärkungsmaßnahmen für den Rückbau

Die Bauzustände bei der Errichtung wurden gemäß dem damaligen Stand der Normung berechnet. Änderungen in der Stabilitätsnorm erfordern für die Bauzustände beim Rückbau neue Stabilitätsnachweise und zusätzliche Beulverstärkungen. Diese Tatsache führte dazu, dass umfangreiche Verstärkungsmaßnahmen vor Beginn der eigentlichen Rückbauarbeiten notwendig waren. Es wurden insgesamt ca. 130 t Stahl an Verstärkungsmaßnahmen eingebaut. Dabei handelt es sich sowohl um Beulfeldverkleinerungen in Form von I-, T- und L-Profilen, die am Bodenblech und an der Mittelkappe in Längs- und Querrichtung innerhalb und außerhalb des Hohlkastens eingebaut wurden, als auch um Verstärkungen der bestehenden Steifen.

Die Beulfeldverkleinerungen wurden mit Holo-Bolt-Sechskantschrauben am Bodenblech befestigt. Holo-Bolt-Sechskantschrauben sind Spreizdübel, die ideal für einseitig zugängliche Bauteile geeignet sind. Durch den Einsatz dieser Sechskantschrauben war es nicht mehr notwendig, die Schraubverbindungen mit Muttern von der Außenseite zu kontern. Bei den Verstärkungen der Steifen handelt es sich um L- und T-Profile, die mittels Scherlochleibungsverbindungen an den vorhandenen seitlichen Flachlängssteifen angeschraubt wurden. Der Verbindungstyp machte ein vorheriges Entschichten der Bestandssteifen notwendig.



9 Ausschnitt aus dem Demontage-Phasenplan  
© Hochtief Infrastructure GmbH

### 2.3 Schadstoffsanierung der Fahrbahnplatte

Im Rahmen von Schadstoffuntersuchungen am Bestandsbauwerk nach der Verkehrsumlegung wurde festgestellt, dass die Brücke an verschiedenen Stellen gefährliche Kontaminationen aufweist. So wurde unter anderem Asbest in der bituminösen Beschichtung im Fahrbahnbereich zwischen Asphalt und Stahlblech gefunden.

Die Schadstoffsanierung der Fahrbahnplatte wurde unter Berücksichtigung des vom Auftraggeber erstellten Arbeits- und Sicherheitsplan in drei Schritten ausgeführt:

- Fräsen der asbestfreien Asphaltdeckschicht (4,00 cm) mittels Asphaltfräse
- Kratzen der asbesthaltigen Asphalt-schutzschicht (1,00–2,50 cm) mit an Baggerlöffeln angebrachten Schneiden
- Entfernung der asbesthaltigen bituminösen Beschichtung durch Hochdruckwasserstrahlen. Das bei diesem Verfahren entstehende Abwasser wurde unmittelbar durch integrierte Absaugung aufgenommen und durch eine Reinigungseinheit gefiltert, in einem Absetzbecken wurde das asbesthaltige Material getrennt, aufgefangen und entsorgt.

Eine Probesanierung in einem Schutzzelt zeigte, dass die Asbestfaserkonzentration in der Luft mit dieser Methode den maximalen Grenzwert von 10.000 Fasern/m<sup>3</sup> bei Weitem nicht überschreitet. Somit konnten die Sanierungsarbeiten ohne Schutzzelt ausgeführt werden.

### 3 Rückbaumethodik über Wasser

#### 3.1 Entwicklung des Verfahrens

In der Baubeschreibung wurde vom Auftraggeber eine mögliche Rückbaumethodik vorgeschlagen. Hierbei sollte der Rückbau des Überbaus in Anlehnung an das Montagekonzept der ursprünglichen Brückenerrichtung durchgeführt werden, und zwar in umgekehrter Reihenfolge. Das Entspannen der Bestandsseile sollte wie bei der damaligen Herstellung durch teilweise gleichzeitiges Hoch- und Runterfahren der einzelnen Kabelsattelebenen im Pylon erfolgen. Grundvoraussetzung für alle Rückbaumethoden war die Einhaltung folgender Randbedingungen:

- Durch die Rückbauarbeiten darf die Verkehrssicherheit des Rheins nicht gefährdet werden.
- Die Schifffahrtsrinne darf nicht vollständig gesperrt werden, eine Verringerung der Durchfahrtsbreite bis auf 70 m ist zulässig.
- Die Rückbauarbeiten müssen von oben erfolgen. Die rückgebauten Brückenteile dürfen für den Abtransport nicht von oben auf Schiffe verladen werden.
- Die vorgegebene Minstdurchfahrts-höhe und Schifffahrtsbreite dürfen nicht unterschritten werden.

Die von Hochtief entwickelte Rückbaumethodik hielt alle erforderlichen Randbedingungen ein und orientierte sich in ihrer kleinteiligen Demontage an der Grundidee der Ausschreibung.

Es wurde das Prinzip verfolgt, dass keine Arbeiten über der reduzierten Schifffahrtsrinnenbreite ausgeführt werden, die 70 m breite Durchfahrt wurde in den einzelnen Bauphasen jeweils verlegt. Da alle ursprünglichen Hilfskonstruktionen zum Bewegen der Sättel entfernt und die Sättel fest mit den Pylonen verschweißt waren, hier außerdem äußerst beengte Verhältnisse vorlagen, wurde auf das Bewegen der Sättel verzichtet.

Stattdessen wurden Hilfsseile zur Übernahme der Kräfte aus den Bestandsseilen eingeführt, die vom Brückendeck aus sicher gespannt und kontrolliert werden konnten. Die Hilfsseile reduzieren zudem die Durchbiegungen an der Kragarmspitze.

Zur Entspannung und zum Rückbau der Bestandsseile wurde eine neue Methode entwickelt: frühzeitig und in enger Zusammenarbeit mit dem Rückbauplaner und dem Abbruch-Partnerunternehmen.

#### 3.2 Trennschnitt

Der erste Meilenstein des Rückbaus war der Trennschnitt des Überbaus in Brückenmitte. Dieser Meilenstein markierte den Beginn des Rückbaus einschließlich des Entspannens der Bestandsseile und der Demontage der Pylone.

Als Vorabmaßnahme wurden auf der gesamten Brücke die Geländer, die Fahrzeugrückhaltesysteme und die Lärmschutzwände mittels Brennschneidtechnik herausgelöst und abtransportiert. Die Rückbaustatik hatte gezeigt, dass die Entfernung der Haupt-Ausbaukosten, des Asphalts, über eine Länge von 20 m ausreichend ist, um ein Momentengleichgewicht in Brückenmitte zu erzielen. Daher wurde der Asphalt auf 20 m Länge entfernt sowie die beidseitigen Kragarme vorausseilend über diese Länge zurückgebaut. Um die Funken beim Brennschneiden abzufangen, kamen insgesamt vier Funkenflugschutzgerüste (FFS) zum Einsatz: zwei für die südlichen und zwei für die nördlichen Kragarme. Der Rückbau der Kragarme in Brückenmitte war grundsätzlich notwendig, um zwei U-förmige FFS für die spätere Demontage der Hohlkästen zu installieren.

Die Hubarbeiten der rückgebauten Kragarme mit einer Länge von 2,50 m erfolgten vom Brückendeck mittels eines Mobilbaggers.

Der Trennschnitt wurde versetzt in mehreren Schritten durchgeführt, um die Spannungen im Brückenkörper kontrolliert abzubauen und die Wahrscheinlichkeit abrupter Bewegungen zu verringern. Die aufgetretenen Verschiebungen in vertikaler Richtung während des Trennens entsprachen fast genau den in der Rückbaustatik berechneten Verschiebungen. Das heißt, die Kragarmenden haben sich mit einem leichten Versatz um ca. 100 cm angehoben.

Nach realisiertem Trennschnitt in Brückenmitte wurde die restliche Asphaltdeckschicht über die gesamte Länge mit Hilfe einer großen, im Bereich der Kragarme mit einer kleineren Fräse entfernt. Die Schadstoffsanierung der Fahrbahnplatte erfolgte im Anschluss. Sie wurde analog zur Sanierung in Brückenmitte durchgeführt (siehe Kapitel 2.3). Um die Arbeiten zu beschleunigen, kam hier für jeden Überbau eine Kolonne zum Einsatz.

### 3.3 Rückbau der Kragarme und Hohlkästen

Der Rückbau der Kragarme und der Hohlkästen erfolgte mittels Brennschneiden unter Einsatz der Funkenfluggerüste: im Fall der Kragarme vorlaufend bis hinter die Verankerung der Bestandsseile, um hier später die Augenbleche für die Hilfsseile seitlich am Hohlkasten anbringen zu können. Anschließend wurden die 2,50 m breiten und ca. 25 t wiegenden Hohlkastenelemente rückgebaut und von einem 110-t-Raupenkran ausgehoben, der in definiertem Abstand zum Kragarmende platziert war. Danach wurden sie auf Tieflader abgesetzt und zum Verschrotten hinter das Widerlager verfahren.



10 Luftbild: Durchführung des Trennschnitts  
© Udo Görisch

### 3.4 Einbau der Hilfsseile

Nach dem Rückbau der Hohlkästen bis zur Verankerung der Bestandsseile erfolgte die Installation der temporären Hilfsseile. Sie bestehen generell aus 48 Litzenbündeln, die sowohl ober- als auch unterstromseitig vom Widerlager über die Pylonspitze bis zum jeweiligen Rückbauort der Bestandsseile geführt wurden. Die Hilfsseile leiten die Vertikalkräfte am Pylonkopf mit einer angeschweißten Konstruktion, dem »Pylonhut«, in die Pylone ein. Am Überbau wurden die Hilfsseilkräfte über Augenbleche in die Stege des Überbaus eingetragen. Das Befestigen dieser speziellen und maßgenauen Verankerungskonstruktionen erfolgte im Vorfeld mit ca. 250 Schrauben ebenflächig an den Außenstegen des Hohlkastens.

Die Hilfsseile in den Vorlandbereichen blieben während des Rückbaus von Hohlkästen und verschiedenen Bestandsseilebenen installiert. Sie wurden lediglich mit Hilfe der Litzenheber vorge- und entspannt. Die Hilfsseile im Strombereich wurden entsprechend den Rückbauzuständen deinstalliert und umgesetzt. Die Kontrolle der Übereinstimmung von Rückbaustatik und Verhalten in situ erfolgte über die Kräfte in den Hilfs- und Bestandsseilen. Das heißt, die Hilfsseile wurden mit bis zu 1.300 kN vorgespannt und festgesetzt, während des Rückbaus der Bestandsseile kam es dann zu den erwarteten Kraftumlagerungen, Überbauverformungen und einem Anstieg der Kräfte in den Hilfsseilen. Die Drücke in den Litzenhebern wurden in definierten Bauphasen gemessen und entsprachen den berechneten Werten.



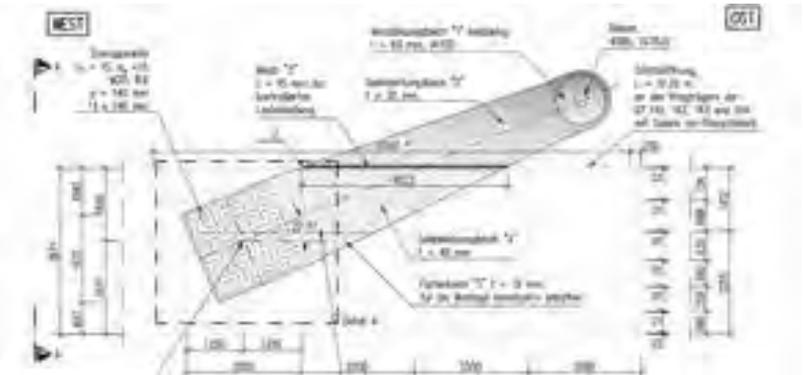
11 12 Rückbau der Hohlkästen und Abtransport eines Elements  
© Udo Görisch/Daniel Haussner



13 14 Befestigung der Hilfsseile am Pylonhut  
© Udo Görisch/Hochtief Infrastructure GmbH



15 Augenbleche, Litzenheber und Hilfsseile  
© Udo Görisch



16 Detail: Augenbleche  
© Ingenieurbüro Grassl GmbH

3.5 Entspannen der Bestandsseile

Die Bestandschrägeile bestanden aus zwei parallelen Kabeln mit je neun vollverschlossenen Seilen mit unterschiedlichen Durchmessern. Die Vorgabe der Rückbaustatik war das gleichzeitige Entspannen beider Kabel sowohl im Seiten- als auch im Hauptfeld der Brücke, um eine ungewollte Torsionsbelastung im Überbau und zusätzliche Biegemomente im Pylon zu vermeiden. Es waren also vier Entspannungsstellen gleichzeitig notwendig. Die jeweils neun Bestandsseile wurden einzeln in definierter Reihenfolge kontrolliert entspannt, durchtrennt, entlastet und auf dem Brückendeck abgelegt. Durch das schrittweise Trennen einzelner Seile kam es zu Kräfteumlagerungen in die noch vorhandenen Seile und die Hilfsseile sowie zu Verformungen des Überbaus. Das bis zuletzt verbliebene Seil besaß eine rechnerische Restkraft von ca. 3.400 kN (ULS). Für diese Last wurde ein Kabelspannungssystem neu entwickelt, bei dem die Seilkräfte über parallel angebrachte Einstabanker überbrückt werden. Die Seile konnten so kraftlos getrennt und über das Nachlassen der Einstabanker entspannt werden. Um die Baulänge des Einstabankeranschlusses an die Seile zu optimieren, wurde eine innovative Keil-Konstruktion kreiert und vor der Ausführung in einem Versuchsstand, begleitet von einem Gutachter, erfolgreich getestet. Durch das Anbringen von Manschetten im Schnittbereich der Seile ließ sich das Aufspießen des Seils beim Schneiden minimieren.



17 18 Kabelspannungssystem und Kabelklemm-Konstruktion als Neuentwicklungen  
© Udo Görisch



Da alle anderen Rückbauaktivitäten während des Entspannens der Seile ruhen mussten, war die Vorgabe, die erste Kabelebene in sieben und die beiden weiteren Kabelebenen in fünf Tagen zu entspannen. Durch die detaillierte Arbeitsvorbereitung jedes einzelnen Schritts wurden diese Vorgaben durch den Nachunternehmer sehr gut eingehalten, die Seilkräfte blieben dabei unter den vorher festgelegten Warnwerten.

4 Besonderheiten des Rückbaus über Land

4.1 Grundsätzliches

Der Rückbau des Überbaus über Land erfolgte in ähnlicher Weise wie über Wasser – aber mit dem Unterschied, dass der Kran zum Abheben der Kragarme und Hohlkästen am Boden stand und teilweise größere Abschlagslängen realisiert werden konnten.

4.2 Schadstoffsanierungen

Die Schadstoffuntersuchungen der Bestandsbrücke hatten auch ergeben, dass neben den Kontaminationen im Bereich der Fahrbahnplatte auch andere Bauteile mit Schadstoffen belastet waren. Die Endquerträger an den Achsen 0 und IX (inklusive Auflager) sowie die Auflager der Pylonpfeiler in den Achsen IV und V wurden durch Beizen entschichtet, die Pendellager in den Achsen I, II, III, VII und VIII hingegen mittels Strahltechnik aufgearbeitet.



# DAS GANZE IMMER IM BLICK

Moderne Verkehrswege verbinden Menschen nachhaltiger – international, national, regional. HOCHTIEF sorgt seit mehr als 150 Jahren mit Planung und Bau anspruchsvoller Bauwerke für mehr Mobilität. Unsere Lösungen im Rückbau und Neubau komplexer Brücken sind innovativ, unsere Aufgaben in der Ausführung technisch anspruchsvoll und spannend zugleich. Wir realisieren gemeinsam mit unseren Partnern einzigartige Brücken für den Verkehr der Zukunft. Wie etwa in Duisburg, wo wir nach dem Neubau des ersten Brückenteils die alte Rheinbrücke mit innovativen Techniken, sorgfältiger Planung und Arbeitsvorbereitung erfolgreich zurückgebaut haben – die erste vollgeschweißte Schrägseilbrücke dieser Dimension, die weltweit bisher abgerissen wurde.

**Kontakt: [infrastructure@hochtief.de](mailto:infrastructure@hochtief.de)**

Wir bauen die Welt von morgen.

**4.3 Temporäre Querfesthalterungen**

Die Bestandsbrücke hatte die querfesten Lager auf den Widerlagern, auf den Stützen I–III und VII und VIII befanden sich zweiachsig gelenkige Pendellager. Die ausgeschriebene Rückbaureihenfolge über Land sah ein Vorgehen von den Stropfteilern zu den Widerlagern vor. Um frühzeitig mit dem Bau der neuen Widerlager beginnen zu können, wurde nach Fertigstellung des Rückbaus über Wasser die Demontagerichtung umgedreht und von den Widerlagern zum Rhein gearbeitet. Mit dem Lösen der querfesten Lagerung auf den Widerlagern wurde eine temporäre Querfesthaltung am nächsten Pfeiler installiert und mit dem Rückbaufortschritt sukzessive auf die nächsten Pfeiler umgesetzt. Die niedrigen Pfeiler auf der westlichen Flussseite erlaubten ein Auskeilen der Pendellager gegen die Betonpfeiler, die hohen Pfeiler in Achse VII und VIII im Deichvorland auf der Ostseite erforderten hingegen eine Querfesthalterung mittels vorgespannter Gewi-Stangen, um die Lagesicherheit der Pendellager zu gewährleisten. Die Gewi-Stangen waren mit nachträglich aufgeschweißten Augenblechen an der Unterkante des Überbaus befestigt und mit Mikropfählen im Untergrund verankert.

**4.4 Rückbau der Unterbauten**

Der Rückbau der Unterbauten, das heißt der Widerlager und Pfeiler, erfolgt konventionell mit Hilfe eines Abbruchbaggers und eines Abbruchhammers. Die vorhandenen Fundamente reichten ca. 1,50 m unter Geländeoberkante. In Achse II wurde die Bestandsgründung vollständig zurückgebaut, da an dieser Stelle das Fundament des Neubaus für das Teilbauwerk Nord vorgesehen ist. Die vorhandenen Frankipfähle des Bestandswiderlagers Ost verblieben im Erdbereich.

Bauteil	Art der Kontamination
Beschichtung Endquerträger Achsen 0 und IX	Asbest + PAK*
Beschichtung Auflager Endquerträger Achsen 0 und IX	Asbest + PAK*
Beschichtung Auflager Pylonpfeiler Achsen IV und V	Asbest + PAK*
Beschichtung Pendellager Achsen I, II, III, VII und VIII	PCB*
Fugenabdichtung Treppenturm Achse IV	PCB*
Fugenabdichtung Widerlager Achsen 0 und IX	PCB*

\* PAK steht für Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe. PCB steht für Polychlorierte Biphenyle. Beide Stoffe sind bekannt dafür, dass sie krebserregend und/oder gesundheitsschädlich sind.

**19** Auflistung der kontaminierten Bauteile  
© Hochtief Infrastructure GmbH

**5 Fazit**

Die alte Rheinbrücke Duisburg ist die erste vollgeschweißte Schrägseilbrücke dieser Dimension, die weltweit zurückgebaut wurde. Ihr Rückbau brachte sowohl in der Ausführungsplanung als auch während der Realisierung zahlreiche Herausforderungen mit sich. Aus Sicht des Autors handelt es sich bei den nachfolgend genannten Punkten um einige der maßgeblichsten Aspekte, die auch bei künftigen Projekten dieser Art sorgfältig bedacht werden sollten:

- maroder Zustand der Bestandsbrücke, zum Beispiel Terrassenbrüche im Altstahl und Risse an Bestandsschweißnähten
- Diskrepanzen zwischen dem tatsächlichen Zustand der Bestandsbrücke und dem aktuell dokumentierten Zustand
- spezielle Gesichtspunkte der Arbeitsvorbereitung, zum Beispiel Fragen des Zugangs und des Verbringens der Materialien im geschlossenen Kasten oder an der Unterseite der Brücke, sowie der Rückbausequenz und der Verschrottungsmöglichkeiten
- Ausführung der Verstärkungsmaßnahmen und Wahl der Verbindungsmittel

- Existenz von Schadstoffen im Bestand, zum Beispiel Asbest, PCB, PAK usw.
- einzuhaltende vertragliche Randbedingungen und Anforderungen
- Schnittstellen mit anderen Gewerken, Nachunternehmern, Behörden
- Schrägseilentspannung mit Hilfe von Hilfsseilen und speziellen Entspannungsgeräten
- Arbeitssicherheitsaspekte, Arbeiten über Wasser, in der Höhe, mit Schadstoffen usw.

Durch den Einsatz innovativer Techniken, sorgfältige Planung und Arbeitsvorbereitung mit Fokus auf Sicherheit und Umweltschutz konnte der Rückbau erfolgreich abgeschlossen werden.

**Autor:**  
Dipl.-Ing. Stephan Hamm  
Hochtief Infrastructure GmbH,  
Essen

**Bauherr**  
DEGES Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH, Berlin

**Entwurf**  
Leonhardt, Andrä und Partner  
Beratende Ingenieure VBI AG, Stuttgart

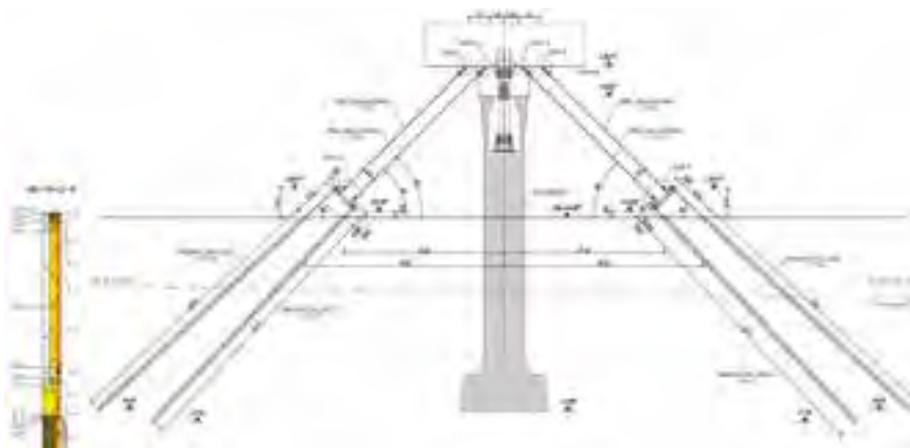
**Tragwerksplanung**  
Ingenieurbüro Grassl GmbH, München  
Leonhardt, Andrä und Partner  
Beratende Ingenieure VBI AG, Stuttgart

**Verkehrsplanung**  
Kocks Consult GmbH, Niederlassung Bonn

**Prüfingenieur**  
Dr.-Ing. Wolfgang Hensen, Dortmund

**Bauüberwachung und Bauoberleitung**  
EHS beratende Ingenieure für Bauwesen GmbH, Kassel  
Lavis engineering GmbH, Halle

**Baubausführung**  
Arbeitsgemeinschaft:  
Hochtief Infrastructure GmbH, Essen  
MCE GmbH, Linz, Österreich  
Nachunternehmer:  
DDM International B.V., Utrecht, Niederlande  
VSL Schweiz AG, Bern, Schweiz



**20** Querfesthalterung in den Achsen VII und VIII  
© Ingenieurbüro Grassl GmbH



## Die neue Rader Hochbrücke wächst – ein besonderes Bauwerk entsteht!

**Als beratende Ingenieure arbeiten wir seit 60 Jahren erfolgreich im Brücken- und Verkehrswegebau sowie im Hoch- und Industriebau. Derzeit beschäftigen wir bundesweit über 240 Mitarbeiter an 8 Standorten.**

Seit Ende 2022 entsteht über dem Nord-Ostsee-Kanal östlich neben der bestehenden Rader Hochbrücke bei laufendem Verkehr das 1. Teilbauwerk (1. TBW) der neuen Rader Hochbrücke. Im April 2024 wurde mit dem ersten Vershub begonnen. Der Verkehr wird Ende 2026 von der bestehenden Brücke auf das 1. TBW verlegt. Danach erfolgt der Abbruch des bestehenden Bauwerks und Anfang

2028 beginnt der Neubau der westlichen Brückenhälfte (2. TBW). Die neue Rader Hochbrücke wird im Endzustand sechs Fahrspuren und eine Länge von 1.500 Metern haben. Damit ist es auch erforderlich, dass der Streckenbau hinter den Widerlagern angepasst werden muss. Diese Baumaßnahme ist ebenfalls im Gesamtprojekt enthalten und enthält eine Gesamtausbaustrecke von ca. 6,5 km. Mit dem Abschluss der gesamten Bauarbeiten wird im Jahr 2031 gerechnet.

EHS ist an dem Vorhaben mit der Projekt- und Bauoberleitung sowie der Bauüberwachung betraut und unterstützt bei der Ausschreibung.

Mehr über unsere Leistungen und Projekte erfahren Sie im Newsbereich unserer Website oder folgen Sie uns auf **XING** oder **LinkedIn**.



[www.ehs-ingenieure.de](http://www.ehs-ingenieure.de)

# Planung und Konzeption zweier Ersatzneubauten Neue Rheinbrücken im Ballungsraum Rhein-Ruhr

■ ■ ■ von Ghaddanfar Najajra, Knut Ewald

Der Rhein bildet die wesentliche natürliche Barriere für eine freie Fahrt zwischen dem linken Niederrhein und den Ballungszentren von Düsseldorf und dem Ruhrgebiet. 21 Straßenbrücken sorgen allein im Bundesland Nordrhein-Westfalen für eine Verbindung über diese Barriere. Die Josef-Kardinal-Frings-Brücke und die Krefeld-Uerdinger Rheinbrücke gelangen als wichtige Verbindungen im untergeordneten Straßennetz in den 2030er Jahren ans Ende ihrer Nutzungsdauer und müssen bis dahin neu errichtet werden.

## 1 Aufgaben der DEGEG

Im Mai 2024 wurde die DEGEG mit der Planung, Bauvorbereitung und dem Neubau der beiden Brücken beauftragt. Die DEGEG übernimmt damit als Projektmanagementgesellschaft die Funktion als Bauherr. Dabei sind insbesondere die Aspekte der Aufgabenstellung für das Projekt, der Investitions- und Budgetplanung sowie deren Steuerung, der Vergabe von Planungs- und Bauverträgen sowie der Planung und Tötigung des Grunderwerbs zu nennen. Die Bauherrenaufgabe deckt weiterhin die Umsetzung in der Planung und im Bau mit den jeweiligen Partnern ab sowie die Erfolgskontrolle derselben.

## 2 Joseph-Kardinal-Frings-Brücke

### 2.1 Historie

Die Josef-Kardinal-Frings-Brücke im Zuge der Bundesstraße B 1 verbindet mit einem Verkehrsaufkommen von ca. 57.000 Kfz/d, davon ein Anteil an Schwerverkehr von ca. 3.500 Kfz/d, die kreisfreien Städte Neuss und Düsseldorf über den Rhein. Westlich schließt die B 1 an die A 57 an und erfüllt damit eine wichtige Zubringerfunktion zu den Autobahnen A 46/A 57 sowie zum Düsseldorfer Zentrum und zum Neusser Hafen. Ferner besteht über die Joseph-Kardinal-Frings-Brücke eine doppelgleisige Straßenbahnstrecke des öffentlichen Personennahverkehrs zwischen Neuss und Düsseldorf.

Die Brücke wurde zwischen 1927 und 1929 als Straßenbrücke errichtet, die folgenden fünf Teilbauwerke umfassend:

- linksrheinische Deichbrücke (24 m Länge)
- linksrheinische Flutbrücke (160 m Länge)
- Strombrücke (412 m Länge) als Fachwerkkonstruktion
- rechtsrheinische Flutbrücke (160 m Länge)
- rechtsrheinische Deichbrücke (24 m Länge)

Nach Zerstörung im Zweiten Weltkrieg durch Sprengung wurde die Strombrücke als Stahlhohlkastenkonstruktion neu errichtet, die Deich- und Flutbrücken wurden instand gesetzt und wiederverwendet. Am 17. November 1951 wurde das Bauwerk wieder dem Verkehr übergeben.

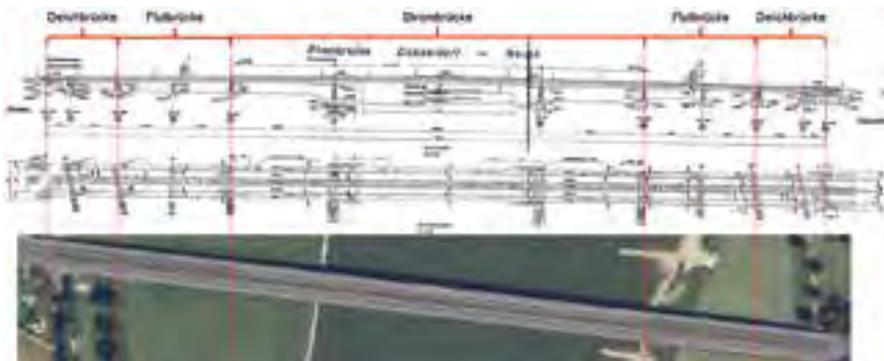
Die Städte Neuss und Düsseldorf als Träger der Straßenbaulast sowie die heutige Rheinbahn AG haben zum Zwecke des Wiederaufbaus, des Betriebs und der Unterhaltung die »Düsseldorf-Neusser Brückenbau- und Betriebsgesellschaft« gegründet.

In den 1960er Jahren wurde auf Neusser Seite eine Verbindung zur A 57/A 46 hergestellt.

Zum 1. Januar 2024 ging die Straßenbaulast an die Bundesstraßenverwaltung über. Seit 2024 laufen Sanierungs- und Instandsetzungsarbeiten. Es ist davon auszugehen, dass die Nutzungsdauer des Bauwerks erreicht und ein Ersatzneubau dringend erforderlich ist.



1 Bestandsaufnahme der Joseph-Kardinal-Frings-Brücke © DEGEG GmbH



2 3 Gesamtbauwerk in Drauf- und Ansicht © Stadt Düsseldorf

**2.2 Bestandsbrücke**

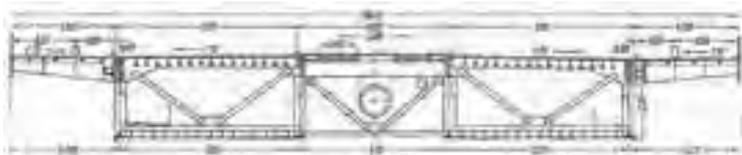
Das Bestandsbauwerk besteht aus

- fünf Teilbauwerken und hat eine Gesamtlänge von 780 m,
- einer elffeldrigen Stahlbrücke mit einer Breite von ca. 30,50 m,
- einer Strombrücke als Stahlhohlkastenkonstruktion mit drei Feldern und Spannweiten von 103 m, 206 m und 103 m,
- den Flutbrücken, Stahlvollwandträgern als Gerberträgern, mit drei Feldern und Spannweiten von 47,44 m, 54,56 m und 58,20 m,
- den Deichbrücken, Stahlvollwandträgern als Gerberträgern mit einem Feld und einer Spannweite von 23,75 m,
- zwei Straßenbahngleisen in Brückenmitte.

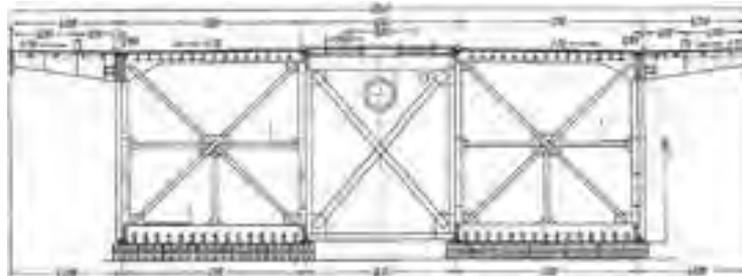
Die Strombrücke ist eine dreifeldrige, gevoutete Hohlkastenbrücke. Die beiden äußeren Zellen sind als geschlossene Hohlkästen ausgebildet und überführen den Straßenverkehr. Dazwischen verläuft auf einem offenen Trägerrost die Straßenbahntrasse. Die Konstruktion ist mit Ausnahme der Montagestöße vollständig geschweißt.

Die Flutbrücken sind auf beiden Rheinseiten weitestgehend gleich. Sie bestehen aus zwei vollwandigen, genieteten Hauptträgern als Gerberträgern, die über Querträger verbunden sind. Im Bereich der beiden Richtungsfahrbahnen für den Straßenverkehr ist die Fahrbahnplatte aus Stahlbeton. Im Bereich der Straßenbahn handelt es sich um eine offene Konstruktion, welche auf den Querträgern aufgelagert ist.

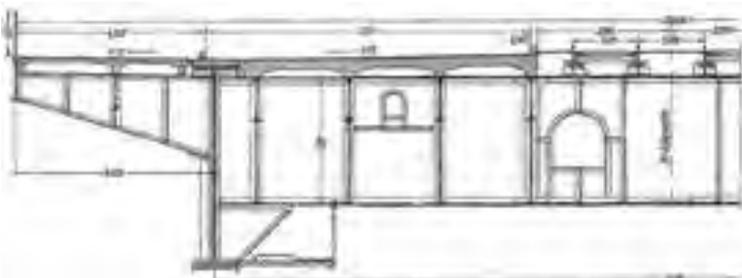
Die beiden Deichbrücken bestehen aus jeweils vier Hauptträgern mit jeweils ca. 23 m Stützweite. Die äußeren liegen auf den Hauptträgern der Flutbrücken auf, während die inneren auf Konsolen am Endquerträger der Flutbrücken auflagen.



4 Querschnitt in Strombrückenmitte © Stadt Düsseldorf



5 Querschnitt am Strompfeiler © Stadt Düsseldorf



6 Querschnitt der Flutbrücken © Stadt Düsseldorf



7 Querschnitt der Deichbrücken © Stadt Düsseldorf

**2.3 Randbedingungen für die Planung**

Neben dem Ersatzneubau der Rheinbrücke sind insbesondere die Möglichkeiten der Trassierung westlich und östlich des Bauwerks mit Anbindung an den Bestand auf der erforderlichen Länge auszuarbeiten. Die die Planung beeinflussenden angrenzenden Bereiche sind sowohl für den Endzustand als auch für die Bauzustände zu berücksichtigen.

Auf der Düsseldorfer Seite sind verschiedene Zwangspunkte für die Planung maßgebend. Hier sind insbesondere der Knotenpunkt Aderkirchweg/Südring und die Straßenbahnlinie 709 mit der Haltestelle Joseph-Kardinal-Frings-Brücke zu betrachten. Des Weiteren sind das Klärwerk Düsseldorf-Süd und der Stadtteil Düsseldorf-Hamm maßgebliche Zwangspunkte.



8 Luftbild mit Entwurfskorridor, Straßennetzklassifizierungen, Haltestellen und Bauwerken © DEGES GmbH

Ein bisher bekanntes Ingenieurbauwerk auf der Ostseite (Düsseldorf) ist die Brücke Aderkirchweg im Zuge der B 1:

- ein Teilbauwerk als Rahmentragwerk
- Walzträger in Beton-Bauweise (WiB)
- Zustandsnote > 3,0

Auf der westlichen Seite der Joseph-Kardinal-Frings-Brücke stellt der planfreie Knotenpunkt Willy-Brandt-Ring/Strese-mannallee/Rheinbahn/B1 mit den Über-führungsbauwerken von und zur A 57 sowie der Straßenbahnlinie 709 mit der Haltestelle Neuss Rhein-Park-Center einen maßgeblichen Zwangspunkt für die Trassierung dar.

Auf der Westseite sind bisher zwei Ingenieurbauwerke bekannt.

A 57, Brücke Aachener Allee (BW-Nr. 4806 505):

- zwei Teilbauwerke in Spannbeton-bauweise
- 12 m Gesamtbreite
- erstes Teilbauwerk als siebenfeldrige Hohlkastenbrücke
- Spannweiten von 29 m, 5 × 36 m und 28,50 m
- Radius von 250 m
- Zustandsnote 2,8
- zweites Teilbauwerk als sechsfeldrige Hohlkastenbrücke
- Spannweiten von 30 m, 4 × 35 m und 30 m
- Radius von 225 m
- Zustandsnote 2,7

A 57, Brücke Hammfeldweg (BW-Nr. 4806 504):

- zwei Teilbauwerke
- Stahlbetonplattenbrücke als Rahmenbrücke
- Zustandsnote 2,9

### 3 Krefeld-Uerdinger Rheinbrücke

#### 3.1 Allgemeines

Im Zuge der zur Planung notwendigen Nachrechnung des Bestandsbauwerks wurde festgestellt, dass es so starke Schäden aufweist, dass es nur noch eine begrenzte Restnutzungsdauer hat und dringend ersetzt werden muss.

Die Krefeld-Uerdinger Rheinbrücke ist Teil der B 288, die die kreisfreien Städte Duisburg und Krefeld verbindet. Täglich nutzen ca. 24.000 Kfz die Strecke, daran hat der Schwerverkehr einen Anteil von ca. 15 %. Rechtsrheinisch schließt die B 288 östlich der Ortschaft Duisburg-Mündelheim an die A 524 an, die die in Nord-Süd-Richtung verlaufenden Autobahnen A 59 und A 3 miteinander verbindet. Linksrheinisch kreuzt die B 288 im Bereich der Anschlussstelle Krefeld-Zentrum die A 57.

In direkter Nähe der Rheinbrücke liegen mit dem Chempark Uerdingen, den Binnenhäfen Krefeld und Rheinhausen sowie dem Stahlwerk Hüttenheim große Standorte der chemischen Industrie, der Stahlindustrie und der Logistikbranche. Im Bundesverkehrswegeplan ist die Krefeld-Uerdinger Rheinbrücke in der Maßnahme Nr. 259 enthalten, die den vierstreifigen Ausbau der B 288 zur A 524 als neues Vorhaben mit Planungsrecht beinhaltet.

Da ein Ersatzneubau der Rheinbrücke dringend erforderlich ist, wurde er aus dieser Maßnahme herausgelöst und soll nun unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen aus dem Verkehrswegeplan prioritär geplant und erstellt werden.

#### 3.2 Bestandsbauwerk

Die vorhandene Krefeld-Uerdinger Rheinbrücke wurde in den Jahren 1933–1936 errichtet. Der Entwurf stammt von Friedrich Voß, der auch die großen Brücken über den Nord-Ostsee-Kanal geplant hat. Sie ist als Zügelgurtbrücke konstruiert, also als »unechte Hängebrücke«, bei der die horizontalen Kraftanteile nicht an Land verankert, sondern durch den horizontalen Fachwerklängsträger abgetragen werden. Anstatt Tragseilen wurden genietete Träger verwendet, mit denen die Hänger verbunden sind. Die Fahrbahnplatte besteht aus Stahlbeton.

Die Brücke ist 858 m lang und gliedert sich in drei Abschnitte:

- linksrheinisches dreifeldriges Übergangsbauwerk als Fachwerkbalkenbrücke mit einer Gesamtlänge von 87,78 m und Einzelstützweiten von 30,00 m, 15,00 m, 27,48 m und 30,15 m
- Strombrücke als Zügelgurtstruktur mit Fachwerklängsträger mit einer Gesamtlänge von 500,00 m und Einzelstützweiten von 125,00 m (Hafeneinfahrt), 250,00 m (Stromfeld) und 125,00 m
- rechtsrheinische sechsfeldrige Flutbrücke mit einer Gesamtlänge von 270,00 m und Einzelstützweiten von 45,00 m



9 Lage der Maßnahme im Verkehrsnetz © PRINS



10 Erscheinungsbild der heutigen Krefeld-Uerdinger Rheinbrücke © DEGES GmbH

Die Pylone erheben sich ca. 32 m über die Fahrbahn, die Fahrbahnbreite beträgt 11,00 m, beidseitig sind 2,15 m breite Rad- und Gehwege angelegt. Diese Rheinbrücke ist ein Baudenkmal. Sie wurde 1987 mit der Begründung in die Denkmalliste aufgenommen, dass sie bedeutend als Dokument deutscher Geschichte, als Zeugnis der verkehrsgeschichtlichen Entwicklung des Rheinlands und einer baukünstlerischen Auffassung der angestrebten Harmonie zwischen Natur und Technik sei.

### 3.3 Planungshistorie

Im Verkehrswegeplan 2030 ist die Maßnahme, wie schon beschrieben, als vierstreifiger Ausbau zur A 524 enthalten. Bereits in den 2000er Jahren wurde im Rahmen einer Planung zur Rückverlegung des rechtsrheinischen Deichs in Mündelheim das im Verkehrswegeplan enthaltene »Bauwerk 2« geplant und 2008 mit Baurecht versehen. Derzeit wird durch die Wirtschaftsbetriebe Duisburg die Ausführungsplanung des 558 m langen Bauwerks erstellt, der Bau soll im Jahr 2025 beginnen. Dieser Neubau ist so konzipiert worden, dass er an die Gradienten des Bestandsbauwerks anschließt.

Bei Beginn der Planungen zur Umsetzung dieses Projekts gemäß Verkehrswegeplan durch den Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen (Straßen.NRW) wurde angestrebt, den Ausbau unter Weiterbetrieb der alten Rheinbrücke zur Aufnahme der Richtungsfahrbahn Duisburg voranzutreiben. 2021 wurde durch den Rat der Stadt Krefeld beschlossen, dass der Ausbau zur Autobahn auf Krefelder Stadtgebiet, also linksrheinisch, nicht vollzogen werden soll.

Die Planungen wurden infolgedessen dahingehend geändert, dass nun zwischen dem linksrheinischen Anschluss an die B 288 und dem Anschluss an die A 524/ A 59 eine vierstreifige Kraftfahrstraße zur Ausführung kommen soll. Die alte Rheinbrücke wurde für ebene Nutzung nachgerechnet.



11 Planung des Aufständerbauwerks östlich der Rheinbrücke Duisburg  
© Wirtschaftsbetriebe Duisburg AöR

Diese Nachrechnung hat ergeben, dass das Ziellastniveau LM 1 für die Bestandsbrücke nicht eingehalten wird und Verstärkungsmaßnahmen aus wirtschaftlichen Gründen nicht umsetzbar sind. Zum gleichen Ergebnis führten die Nachrechnungen bei Verringerung des Ziellastniveaus auf BK 60 und anschließend BK 30. Bei weiteren Untersuchungen wurde festgestellt, dass die entnommenen Materialproben eine Streckgrenze von nur 264 N/mm<sup>2</sup> aufweisen. Aus der Summe dieser Erkenntnisse wurden unter anderem eine Reduzierung des zulässigen Gesamtgewichts auf 30 t, eine Geschwindigkeitsbegrenzung auf 50 km/h, ein Abstandsgebot von 50 m sowie die Durchführung von Sonderprüfungen im Sechs-Monats-Intervall beschlossen. Mit einer aus der Nachrechnungsrichtlinie resultierenden Restnutzungsdauer für den motorisierten Straßenverkehr von zwölf Jahren (2035) wurde das Projektziel angepasst und die Planung in der Linienfindung vorerst darauf beschränkt, dass möglichst schnell ein Ersatzneubau für die alte Rheinbrücke geschaffen werden muss, wobei das Ziel einer vierstreifigen Erweiterung der B 288 zu berücksichtigen bleibt.

### 3.4 Randbedingungen für die Planung

Aus dieser Historie und weiteren Erfordernissen ergeben sich einige Randbedingungen für die kommenden Planungen, die nachfolgend erläutert werden.

So erwägt die Stadt Krefeld, die Zufahrt des Gewerbegebiets Rheinhafen auf die nördliche Fahrspur der B 288 leistungsfähiger zu gestalten. Dazu ist vorgesehen, im Bereich des westlichen Widerlagers einen Kreisverkehr herzustellen, bei dessen Planung die Lage des Widerlagers bzw. der ersten Brückenpfeiler berücksichtigt werden soll.

Eine deutlich erhöhte Schwierigkeit bei der Wahl der Linie und der Umsetzung des später sich aus der Linie ergebenden Bauwerksentwurfs stellen der Denkmalschutz des Bestandsbauwerks und die mit Baurecht versehene und in Realisierung befindliche Aufständerbauwerk der B 288 im Bereich des Mündelheimer Rheinbogens dar. Der zum Zeitpunkt der Errichtung des Rheinbrücke-Ersatzneubaus zurückverlegte Rheindeich beschränkt zudem die Auswahl der Bauflächen und Bauverfahren.

Das nordrhein-westfälische Denkmalschutzgesetz schreibt vor, dass bei Entfall der ursprünglichen Zweckbestimmung eines Baudenkmal eine Nutzung gewählt werden soll, die eine möglichst weitgehende Erhaltung der denkmalwerten Substanz auf Dauer gewährleistet.

Das heißt, die bestehende Rheinbrücke, die ein eingetragenes Baudenkmal ist, kann nicht ohne weiteres zurückgebaut werden, um an ihrer Stelle einen Neubau zu errichten. Daraus resultierte wiederum die Überlegung, sie für die Nutzung als Fahrradweg zu erhalten und einen Ersatzneubau in nördlicher Parallellage zu realisieren.

Zudem regelt das Denkmalschutzgesetz auch den Schutz vor Veränderungen der engeren Umgebung eines Denkmals oder eines Denkmalbereichs, soweit sie für dessen Erscheinungsbild von prägender Bedeutung ist. Zur Erfüllung ebenjener Randbedingung sind durch die obere Denkmalbehörde Anforderungen an die Gestaltung des Ersatzneubaus formuliert worden, deren Erfüllung in der Planung einen wesentlichen Teil der zu berücksichtigenden Aspekte ausmachen werden.

Die Planung der Linie in Zusammenhang mit der als unveränderlich anzunehmenden Lage der sogenannten Deichaufständerung stellte die Planer vor eine weitere Herausforderung. So war die Linie mit dem feststehenden Abschluss an das Aufständerungsbauwerk bei der Planung eines parallel verlaufenden Ersatzneubaus derart eingeschränkt, dass eine Verschwenkung nur östlich einer zu konzipierenden Strombrücke erfolgen konnte. In diesem engen Bereich von ca. 180 m Länge ließ sich aber keine regelkonforme Trassierung finden, weshalb die Lage der Strombrücke noch entsprechend verschwenkt werden muss.

## 4 Projektmanagement

### 4.1 Beispiel: Stakeholder- und Umfeldmanagement

Aufgabe im Projektmanagement als Bauherr ist es nun, diese Randbedingungen zu einer Planungsgrundlage zusammenzufassen, um einen schnell in Baurecht zu überführenden Bauwerksentwurf zu erhalten.

Neben den rein technischen Randbedingungen ist bei der Baurechtsbeschaffung insbesondere das Stakeholder- und Umfeldmanagement wesentlich für eine schnelle und klagearme Umsetzung des Planfeststellungsprozesses.

Durch die Stakeholder- und Umfeldanalyse erhält der Planer einen ersten Überblick über Personen, Gruppen oder Institutionen aus Wirtschaft und Politik, die von der Umsetzung eines Projektes betroffen sind. Projekte im Fernstraßenbau haben meist schon einen Vorlauf in der öffentlichen Wahrnehmung, die Örtlichkeit des Projekts und die Umweltverträglichkeitsuntersuchung lassen weitere Schlüsse auf mögliche Verfahrensbeteiligte zu. Die Ergebnisse dieser Analyse müssen zwingend frühzeitig in die Überlegungen zur Trassierung, zum Entwurf und zur baulichen Umsetzung einbezogen werden. Eine frühzeitige Einbeziehung aller Betroffenen und die Berücksichtigung der jeweiligen Betroffenheiten ermöglicht es, Kritikpunkte an einer Planung schrittweise zu reduzieren, so dass in der Baurechtsschaffung nur noch wenige, gegebenenfalls bislang nicht erfasste oder nicht zu vermeidende Einwendungen bearbeitet werden müssen.

Im Zuge der ersten Bearbeitungsschritte finden sich bei beiden Projekten die anliegenden Kommunen Düsseldorf, Neuss, Krefeld und Duisburg in der Liste der Stakeholder, weiterhin sind die anliegenden Logistikfirmen- und -standorte, wie die Häfen aller drei Kommunen, ein zu beachtender Partner, weil ihnen im Rahmen der Verkehrswende eine hohe Bedeutung zukommt. Der Umschlag von Waren auf und von Straße, Schiene und Schiff wird zunehmend wichtiger, so dass diese Unternehmen eine funktionierende Infrastruktur als essenziell ansehen. Industriebetriebe und die Landwirtschaft sowie deren Interessenvertretungen stellen eine weitere wichtige Gruppe der Betroffenen dar, da deren Investitions- und längerfristige Betriebsplanungen sich auch an der zur Verfügung stehenden Infrastruktur orientieren.

Aus den Interessen, die alle Beteiligten an dem Projekt und dem Projektfortschritt haben, kann sich ergeben, wie schnell, unter welchen verkehrlichen Randbedingungen und mit welchem kommunikativen und womöglich finanziellen Zusatzaufwand ein solches Vorhaben betrieben werden muss.

### 4.2 Vorgaben für die Ausschreibungen

**4.2.1 Josef-Kardinal-Frings-Brücke**  
Bisher liegen noch keine Planungen für den Ersatzneubau vor. Zunächst wird eine Machbarkeitsstudie durchgeführt. Ihr Ziel ist es, die wesentlichen Randbedingungen zu erfassen und hieraus die Grundlagen für die weiteren Planungsstufen abzuleiten. Dies beinhaltet die Empfehlung für eine Vorzugslösung bezüglich der Herstellung des Ersatzneubaus (Lage nördlich/südlich), der Trassierung der B 1 (mit oder ohne Achsversatz) sowie des Brückentyps. Dabei sind die in Kapitel 2.2 beschriebenen Bereiche bzw. Zwangspunkte planerisch zu erfassen und zu berücksichtigen, wobei auch die baurechtlichen Aspekte zu würdigen bleiben. Die Machbarkeitsstudie wird mittels Building Information Modeling (BIM) modellbasiert erstellt und durch eine Umfeldanalyse sowie ein Verkehrsgutachten begleitet. Nach ihrer Fertigstellung beginnt die Objektplanung aller Gewerke.

**4.2.2 Krefeld-Uerdinger Rheinbrücke**  
Beim Ersatzneubau der Krefeld-Uerdinger Rheinbrücke ist der nächste Schritt die Ausschreibung und Vergabe der Entwurfsplanung. Unter Berücksichtigung der bereits genannten technischen Randbedingungen und der Schlussfolgerungen aus dem Projektmanagement muss eine für den Projektzuschnitt beste Alternative zur Ermittlung der idealen Planung herangezogen werden.

Eine derzeit in Überlegung befindliche Möglichkeit ist ein Planungs- oder Gestaltungswettbewerb. Hier ist es die Aufgabe des Projektmanagements, die Bewertung der einzelnen Planungsvorschläge so festzulegen, dass die einzelnen Faktoren, zum Beispiel Gestaltung in Bezug auf den räumlichen Denkmalschutz, Wirtschaftlichkeit, Baubarkeit, Genehmigungsfähigkeit und Einhaltung der bauzeitlichen Vorgaben, es erlauben, den besten Entwurf auszuwählen. Die Anwendung von BIM kann in diesem Zusammenhang als Hilfe dienen.

## 5 Ausblick

Mit den beiden Ersatzneubau-Projekten, Josef-Kardinal-Frings-Brücke zwischen Düsseldorf und Neuss und Krefeld-Uerdinger Rheinbrücke zwischen Krefeld und Duisburg, sind zwei Großbrücken herzustellen, die es ermöglichen, in einem anspruchsvollen Umfeld und innerhalb eines engen Zeitrahmens sowohl im Projektmanagement als auch in Planung und Bau ausgetretene Pfade zu verlassen und innovativen Ideen den Weg zu bereiten.

Gerade in Zeiten, in denen die Baubranche unter einem Mangel an jungen Nachwuchskräften leidet, haben wir mit der Planung und Errichtung von Großbrücken im Ballungsraum Rhein-Ruhr eine hervorragende Gelegenheit, die Innovationskraft im und des Bauingenieurwesens eindrucksvoll darzustellen.

### Autoren:

Dipl.-Ing. Ghaddanfar Najajra  
Dipl.-Ing. Knut Ewald  
DEGES Deutsche Einheit  
Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH,  
Zweigstelle Düsseldorf

Bauherr  
Bundesrepublik Deutschland

Auftragsverwaltung  
Land Nordrhein-Westfalen

Projektdurchführung  
DEGES Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs-  
und -bau GmbH, Zweigstelle Düsseldorf

## IHR EXPERTE FÜR ANSPRUCHSVOLLE INGENIEURBAUPROJEKTE UND DEN GROSSBRÜCKENBAU

Ein Unternehmen der **HG Gruppe**

**GB** GERDUM u. BREUER  
Bauunternehmen GmbH

### Ingenieurbau

Taktschieben | Freivorbau |  
Vorschubrüstung | Traggerüst |  
Sonderkonstruktionen

### Bauwerksinstandsetzung

Brückensanierung |  
Brückenrestaurierung |  
Verankerungstechnik |  
Kunststoffverarbeitung

Max-Planck-Str. 4 | 36179 Bebra  
Telefon: 06622 507-200 | E-Mail: [info@gerdum-u-breuer.de](mailto:info@gerdum-u-breuer.de)  
[www.gerdum-u-breuer.de](http://www.gerdum-u-breuer.de)



## Europas größte Hub-Drehbrücke Die Friesenbrücke in Weener

■ ■ ■ von Günther Dorrer, Stefan Schwede

Im Dezember 2015 wurde die historische Eisenbahnbrücke über die Ems bei Weener durch einen Schiffsanprall zerstört. Der bewegliche Teil der Friesenbrücke, eine Scherzer-Klappbrücke, wurde so stark beschädigt, dass eine Instandsetzung nicht mehr möglich war. Der Brückenzug der Friesenbrücke hat eine Gesamtlänge von 337 m, wobei das Herzstück der ca. 145 m lange bewegliche Fachwerkteil der Hub-Drehbrücke ist (Bild 1). Die neue Friesenbrücke gibt für die Schifffahrt eine lichte Weite von 56,60 m frei und erfüllt somit die Anforderungen an die Sicherheit aller betroffenen Verkehrswege. Die neue Friesenbrücke im Nordwesten Niedersachsens ist ein Großprojekt, welches in seinen baulichen Dimensionen und logistischen Randbedingungen einzigartig ist. Nach ihrer Fertigstellung wird sie die größte Hub-Drehbrücke für den Eisenbahnverkehr in Europa sein.



1 Visualisierung der Brücke in geöffnetem Zustand  
© eberhardt – die ingenieure GmbH

### 1 Historischer Rückblick auf die Eisenbahnüberführung Friesenbrücke

An der Stelle der heutigen Friesenbrücke in Weener wurde bereits vor ca. 150 Jahren (1874–1876) die erste Brücke über die Ems errichtet. Es handelte sich um eine 345 m lange Brücke mit einer integrierten Drehbrücke, die zwei Schifffahrtsöffnungen mit jeweils 20 m freigeben konnte. Am 14. Juni 1922 kollidierte ein Leichter-schiff mit der Brücke, so dass sie neu errichtet werden musste. In den Jahren 1924–1926 wurde die erste Brücke durch eine stählerne Fachwerkbrücke mit einer Länge von 335 m ersetzt. Dieses Bauwerk verfügte bereits über einen Fuß- und Radweg. Die Stahlbrücke bestand aus sechs 50 m langen Feldern und einer Scherzer-Rollklappbrücke mit einem 30-Meter-Feld.

Nach der Zerstörung im Zweiten Weltkrieg wurde die Friesenbrücke 1950–1951 in der gleichen Form wiederaufgebaut. Die Durchfahrtsbreite des geöffneten Klappüberbaus von 25 m reichte für viele Schiffspassagen von und zur Meyer Werft jedoch nicht aus, weshalb 1980 ein festes Stromfeld so umgebaut wurde, dass es mit einem Schwimmkran manipuliert werden konnte. So entstand neben dem Klappfeld ein zusätzlicher beweglicher Teil, der eine Durchfahrtsbreite von 46,60 m aufwies. Im Dezember 2015 wurde der Klappteil der Friesenbrücke durch eine Kollision mit einem Frachtschiff vollständig zerstört. Seitdem ist die Bahnstrecke zwischen Leer und dem niederländischen Groningen im Bereich Weener und Ihrhove unterbrochen.



2 Ansicht des Brückenzugs  
© MCE GmbH

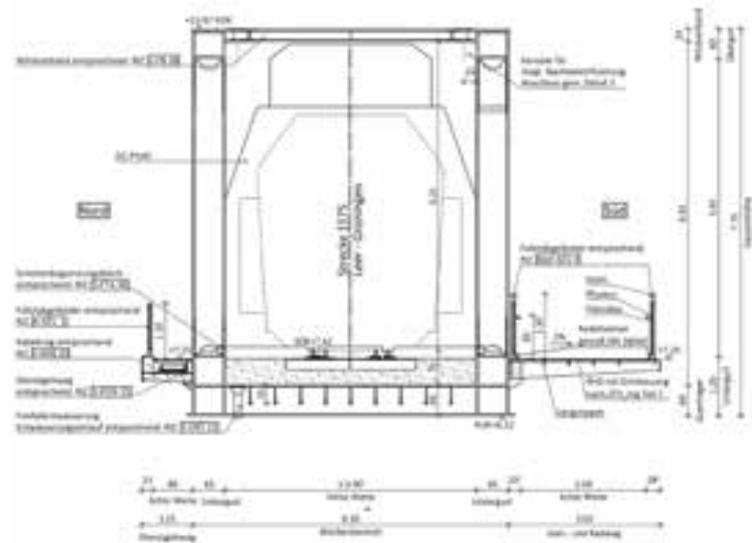
2 Die neue Friesenbrücke

2.1 Variantenuntersuchung

Aufgrund der großen regionalen sowie überregionalen Bedeutung der Friesenbrücke für den Bahn-, Fuß- und Radverkehr wurde zunächst eine schnelle Wiederinbetriebnahme mit einem Eins-zu-eins-Ersatzneubau der bestehenden Brücke in Betracht gezogen. Es stellte sich jedoch heraus, dass ein Eins-zu-eins-Ersatz nicht mehr zeitgemäß ist und auch nicht den Anforderungen an die Sicherheit der sich kreuzenden Verkehrswege gerecht wird. Für die Erneuerung der Friesenbrücke wurden daher unter Beachtung aller Randbedingungen verschiedene Varianten untersucht. Letztendlich haben sich die Entscheidungsträger für eine Hub-Drehbrücke entschieden. Die neu zu errichtende Brücke besteht aus zwei festen Überbauten zwischen den Achsen 10 und 20 auf der Seite Weener und den Achsen 40 bis 60 auf der Seite Ihrhove. Dazwischen befindet sich das Herzstück des 337 m langen Brückenzugs, der bewegliche Hub-Drehbrückenteil mit einer Länge von 145,90 m und dem Drehpfeiler inklusive Maschine in Achse 30 (Bild 2). Mit dieser Länge wird die neue Friesenbrücke nach ihrer Fertigstellung die größte Hub-Drehbrücke Europas.

2.2 Entwurfsgrundlagen

Der Neubau der eingleisigen Friesenbrücke berücksichtigt die Entwurfsgeschwindigkeit der Strecke von 120 km/h. Die Brücke wird für den regulären Eisenbahnverkehr sowie für Schwerfahrzeuge der Lastklassen LM 71, SW/0 und SW/2 dimensioniert. Des Weiteren wird in der Planung eine spätere Elektrifizierung der Strecke berücksichtigt. Auf der Südseite der Tragwerke ist ein Fuß- und Radweg mit einer lichten Breite von 2,50 m vorgesehen. Auf der Nordseite wird ein auskragender Dienstgehweg mit einer lichten Breite von 0,80 m angeordnet, der auch als Rettungsweg genutzt werden kann. Die Schifffahrtsbreite erhöht sich auf 56,60 m bei einer uneingeschränkten Durchfahrtshöhe, was die nautische Situation wesentlich verbessert.



3 Querschnitt der Vorlandbrücken © MCE GmbH

2.3 Konstruktion der Brücke

Der Überbau wird als geschweißte Stahlfachwerkkonstruktion ausgeführt und lehnt sich an das historische Vorbild an. Der Querschnitt der Brücke besteht aus zwei außenliegenden Fachwerkscheiben und der dazwischenliegenden Fahrbahn. Die Ober- und Untergurte der Fachwerkkonstruktion sind als Hohlkästen konzipiert. Die beiden Vorlandtragwerke haben eine konstante Konstruktionshöhe von 7,75 m, während bei der Drehbrücke die Konstruktionshöhe, entsprechend der Beanspruchung, zur Mitte hin linear bis zu einer Höhe von 14,85 m ansteigt. Dadurch werden die Verformungen an den Brückenspitzen verringert und der Drehpunkt in der Achse 30 wird zusätzlich optisch betont. Die Fahrbahnen der Vorlandbrücken sind als orthotrope Platten mit Längsträgern und Schottertrug ausgeführt. Im Bereich der Drehbrücke wird die Fahrbahnkonstruktion als Trägerrost mit geschlossenem Fahrbahnblech realisiert. Die Schienen werden auf stählernen Grundplatten befestigt, die direkt auf das Deckblech angeschraubt bzw. angeschweißt werden. Die Gesamtbreite der Tragwerke beträgt inklusive des seitlich auskragenden Dienstgehwegs sowie des Geh- und Radwegs 10,40 m (Bild 3). Die Spannweiten der symmetrischen Drehbrücke betragen pro Seite 72,45 m. Die Spannweite des angrenzenden Einfeldtragwerks von Achse 10 bis 20 misst 69,00 m, jene der Zweifeldbrücke von Achse 40 bis 60 55,20 m bzw. 62,10 m.

Für die Hauptbauteile kommen die Stahlsorten S355M nach EN 10025-4 zum Einsatz. Die Festlager der Vorlandbrücken sind so platziert, dass die Verformungen beim Übergang der Schienen zur Drehbrücke minimiert werden, das heißt, die Festlager sind in den Achsen 20 und 30 angeordnet. Das Lagerungsschema sieht vor, dass pro Lagerachse drei Lager installiert werden. Dabei befinden sich die festen und querfesten Lager in der Längsachse der Brücke, während unter den Fachwerkscheiben allseitig bewegliche Lager platziert sind. Das Lagerungskonzept der Drehbrücke sieht vor, dass die Maschinenbau- und Antriebskomponenten nur während der Brückenbewegung mit dem Überbau verbunden sind. Bei allen anderen Belastungszuständen ist der Maschinenbau von der Stahlkonstruktion getrennt. Die Drehbrücke weist daher drei unterschiedliche Lagerungszustände auf: die Verkehrslage, die geöffnete Endlage und den Bewegungszustand. In der Verkehrslage wird die Hub-Drehbrücke in den Achsen 20 und 40 auf allseitig verschieblichen Kalottenlagern gelagert. In der Drehachse (Achse 30) ruht sie ebenfalls auf Kalottenlagern im Bereich der Führungsstützen, wodurch die Verkehrsbelastungen direkt in den Baugrund abgeleitet werden. Diese Lager fungieren auch als Horizontalkraftlager.

Für die geöffnete Endlage werden parallel zum Leitwerk zwei separate Lagerbänke für die Brückenspitzen errichtet, an denen die Brücke ebenfalls verriegelt werden kann. Im Bewegungsfall lagert die Brücke auf Hublagern. Da die Lastwechsel beim Anheben und Absenken den größten Einfluss auf die Ermüdung und somit die Lebensdauer des Überbaus haben, wurde die Konstruktion so ausgelegt, dass die Brücke in der geöffneten Endlage nicht abgesenkt werden muss.

Die Friesenbrücke als Hub- und Drehkonstruktion stellt ein bewegliches Sonderbauwerk dar, welches in der DB-Richtlinie 804 nicht behandelt wird. Demzufolge werden für ihre Zulassung und Inbetriebnahme separate unternehmensinterne Genehmigungen (UiG) und Zustimmungen im Einzelfall (ZiE) erforderlich. Eine entsprechende Detaillierung der Entwurfsplanung für die Bauteile, die den Einflüssen aus mehreren angrenzenden Gewerken ausgesetzt sind, musste in der Ausführungsplanung vorgenommen werden. Exemplarisch sei hier der Schienenübergang genannt, für den die Gewerke Mas sivbau Pfeiler, Stahlbau Brücke, Oberbau Schiene, Hydraulik Verriegelung, Lastfluss Maschinenteknik, Anschlusskonstruktion und Sensortechnik für Gleisfreimeldung betrachtet werden mussten, deren Interaktion maßgeblich die Funktionsfähigkeit der gesamten Brücke bestimmt.

**2.4 Besonderheiten**

**2.4.1 Verkehrslager in Achse 30**

In Verkehrslage wird der Stahlüberbau der Drehbrücke in den Achsen 20, 30 und 40 gelagert. Das Verkehrslager in Achse 30 wird durch massive Konsolen am Stahlüberbau angebunden. Hier wurden Bleche mit einer Dicke bis zu 95 mm verarbeitet (Bild 4).

**2.4.2 Spitzenverriegelung**

Die Zentrierung an der Brückenspitze in der Verkehrslage besteht aufgrund der großen Spannweite und der erheblichen Horizontalverformungen aus einer Vor- und einer Endzentrierung. In der geöffneten Endlage erfolgt die Zentrierung ausschließlich über die Vorzentrierung. Über einen trichterförmigen Einlauf wird mittels einer Rolle die Parallelführung der Vorzentrierung erreicht und bei weiterem Absenken die Endzentrierung in der Gleisachse aktiviert. Die Endzentrierung der Brücke wird durch unter dem Endquerträger angebrachte Zentrierungsknaggen gewährleistet, welche die Mittelachse des Überbaus in Querrichtung fixieren.



4 Fertigung des Drehbrücken-Auflagerbereichs © MCE GmbH



5 Zentrierung und Spitzenverriegelung © MCE GmbH

Im Bereich der Achsen 20 B und 40 A werden an den Brückenspitzen jeweils zwei Verriegelungskonstruktionen unter den Brückenhauptträgern angebracht. Diese Spitzenverriegelung gewährleistet die Lagesicherheit der Brücke in der Verkehrslage (Bild 5). Das Oberteil der Spitzenverriegelung besteht aus einem Anschweißteil, welches an den Untergurt des Endquerträgers geschweißt ist, sowie aus einem Anschraubteil, welches die Bolzen- und Zylinderlagerung enthält. Der Riegelbolzen kann mittels des Hydraulikzylinders aus- und eingefahren werden.

**2.4.3 Schienenübergang**

**Dreh- zu Vorlandbrücke**

In den Achsen 20 und 40 sind Schienenübergangskonstruktionen erforderlich. Um den Bewegungsvorgang zu ermöglichen, müssen die Schienen an den Brückenden der Hub-Drehbrücke trennbar ausgeführt werden.

Die Schienenübergangskonstruktionen werden mit Zungen- und Backenschienen ausgebildet. Die Zungenbetätigung wird über einen auf der Drehbrücke angeordneten Hydraulikzylinder bewegt, wobei die Stangenseite des Zylinders mit einer Führungskonstruktion verbunden ist, über die ein Hebelmechanismus betätigt wird.



6 Schienenübergang Dreh- zu Vorlandbrücke © MCE GmbH



Friesenbrücke ©Phil Pickert

# Building Value for Generations

mce-hg.com

Unter dem Dach der HABAU GROUP planen, fertigen und montieren wir Brücken am europäischen und internationalen Markt. Gemeinsam mit unseren Partnern meistern wir so die großen Herausforderungen der Infrastruktur.

part of the family  
**HABAU  
GROUP**

Über diesen Hebelmechanismus werden zwei Betätigungsbolzen, die im spitzen Winkel zu den Backenschienen verlaufen und mit den Zungenschienen fest verbunden sind, bewegt. Durch das Zurückziehen der Führungskonstruktion über den Hydraulikzylinder bewirkt der Hebelmechanismus ein Abrücken der Zungenschienen von den Backenschienen nach innen in Querrichtung zur Gleisachse. Beim Ausfahren des Hydraulikzylinders werden die Zungenschienen in umgekehrter Reihenfolge über die Hebelkonstruktion an die Backenschienen ange-drückt (Bild 6).



7 Vormontage im Papenburger Hafen © MCE GmbH

**3 Fertigung und Vormontage**

Die Schweißkonstruktionen mussten vor allem bei der Drehbrücke höchste Genauigkeit erfüllen. Aufgrund der Größe, der Gewichte und der Geometrie wurden bei der Fertigung besondere Überlegungen für die Reihenfolge des Zusammenbaus angestellt. Aus fertigungstechnischer Sicht stellte die Realisierung des Mittelteils der Hub-Drehbrücke den Schwerpunkt dar.

Um sämtliche bauzeitlichen Vorteile für einen möglichst raschen Neubau zu nutzen, wurde entschieden, dass die Vormontage der Stahlüberbauten, losgelöst von den Wasser- und Ingenieurbauleistungen, auf einer Vormontagefläche in Papenburg ausgeführt wird.

Das Montagekonzept sieht nunmehr vor, dass die Einfeld- und die Drehbrücke komplett auf dem Vormontageplatz endmontiert, ausgerüstet und anschließend

in jeweils einem Stück in ihre Endlage eingeschwommen werden. Das Zweifeldtragwerk, welches seine Endlage im Deichvorland hat, wird zu vier Segmenten vormontiert, danach in Endlage gebracht und dort endmontiert. Eine passende Vormontagefläche mit entsprechendem Hafenzugang wurde in Papenburg auf dem Gelände des EFG Port Papenburg gefunden (Bild 7). Die Fläche wurde bereits für den Rückbau der alten Friesenbrücke genutzt.

Insgesamt werden auf der Vormontagefläche in Papenburg ca. 3.050 t Stahlkonstruktion vormontiert, die sich auf die einzelnen Tragwerke wie folgt verteilen: Einfeldbrücke 650 t, Zweifeldbrücke 1.100 t und Drehbrücke 1.300 t.

Die einzelnen Schüsse wurden in unserem Fertigungswerk MCE Nyiregyhaza Kft., Ungarn, hergestellt (Bilder 8 und 9).

Die Aufteilung der Bauteile erfolgte in Abhängigkeit von ihren Abmessungen und Gewichten. Der Transport wurde mit Sondertransporten per Lkw vom Fertigungsbetrieb nach Papenburg durchgeführt, dort wurden die Bauteile auf Montagegerüsten mittels Autokränen abgeladen, ausgerichtet und anschließend verschweißt. Aufgrund der hohen Anforderungen an die Passgenauigkeit der Stahlkonstruktion wurde besonderes Augenmerk auf die exakte Einhaltung der Schweißreihenfolge bzw. des Schweißverzugs gelegt. Nach Abschluss der Stahlbaumontage wurden die Tragwerke in Papenburg fertig korrosionsschutzgeschützt. Darüber hinaus wurden auf der Vormontagefläche auch die Brückenausrüstung, zum Beispiel Geländer, Entwässerung, Gitterroste etc., sowie Hydraulik- und Steuerungsleitungen montiert.



8 Werkseitige Vorfertigung der Stahlkonstruktion © MCE GmbH



9 Aufbringen des Korrosionsschutzes im Werk © MCE GmbH

#### 4 Transport und Endmontage

Nach Fertigstellung der Brücken auf dem Vormontageplatz wurden die Großbauteile der Zweifeld- sowie die Einfeld- und die Drehbrücke so umgelagert, dass alle Elemente auf nur zwei Achsen gelagert waren.

Die vier Großbauteile der Zweifeldbrücke wurden mit Self-Propelled Modular Transporters (SPMTs) von der Vormontagefläche über einen vordefinierten Fahrweg zur Kaimauer verfahren, dort übernahm ein Schwimmkran die Bauteile und verholte sie über die Seeschleuse in die Ems zur Baustelle nach Weener. In Weener wurden die Bauteile wieder auf SPMTs, die auf einer aufgeständerten Stahlbaukonstruktion standen, verladen und über eine Baustraße im Deichvorland bis zur Endposition gefahren. Dort wurden sie auf Hilfskonstruktionen abgesetzt, ausgerichtet und verschweißt. Danach erfolgte die Umlagerung auf die Brückenlager.

Die Einfeldbrücke wurde auf der Vormontagefläche in Papenburg hochgestapelt und mit SPMTs über Rampen auf Pontons gefahren. Anschließend wurde sie nach Passieren der Papenburger Seeschleuse mit ballastierten Pontons zur Absetzstelle geschommen. In der Endposition zwischen Achse 10 und 20 wurde die Einfeldbrücke bei entsprechendem Wasserstand auf dem Ponton um 90° gedreht und auf hydraulischen Pressen abgesetzt. Das Absetzen der Einfeldbrücke erfolgte durch Ballastieren der Pontons, durch Absenken der SPMTs und unter Ausnutzung der Tide.

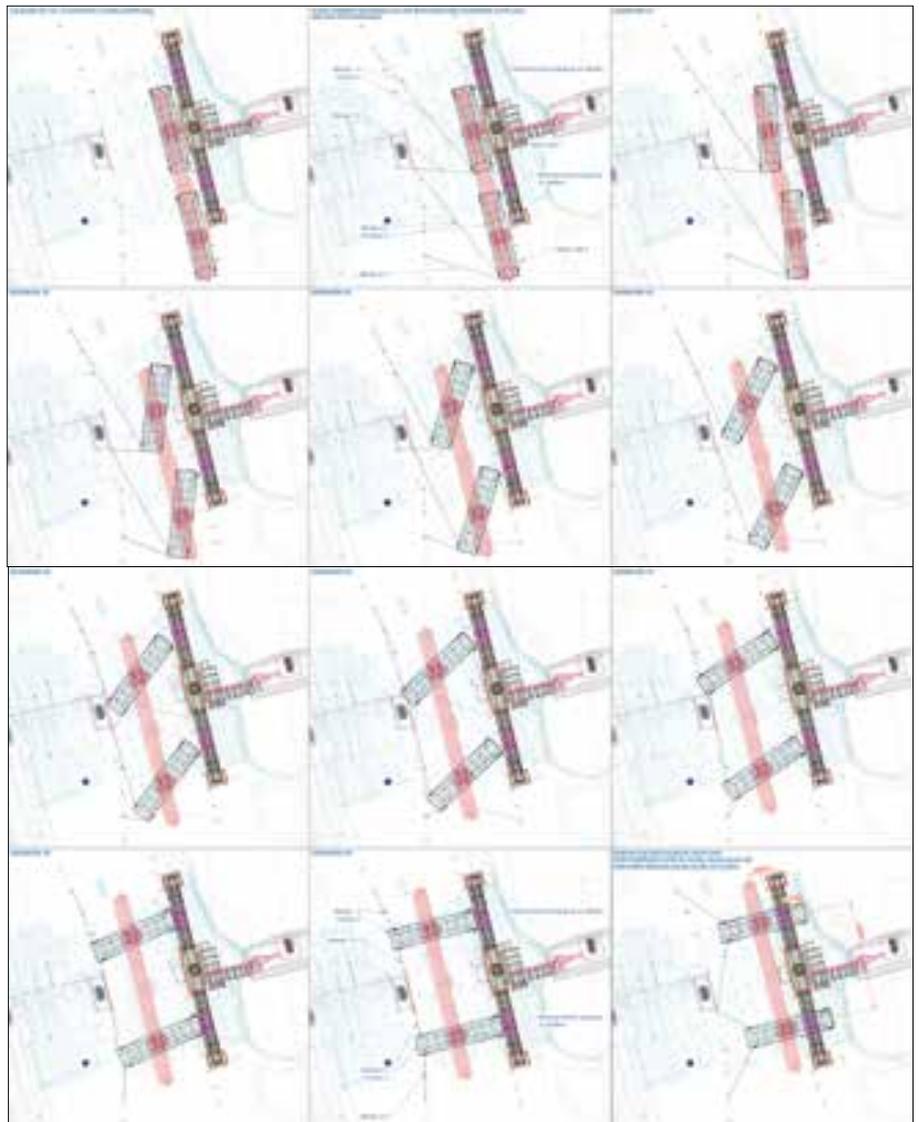
Die Drehbrücke wurde nach Fertigstellung der Vormontage hochgestapelt und mit SPMTs von der Hilfskonstruktion freigesetzt, danach wurde sie mit SPMTs über acht RoRo-Rampen auf zwei Pontons gefahren und über die Ems nach Weener transportiert. Für die Fahrt nach Weener wurden die beiden ballastierten Pontons in Längsrichtung unter der Drehbrücke positioniert (Bild 10).

Um die Brücke in Endlage abzusetzen, wurden die Pontons um 90° gedreht (Bild 11).

Dieser technisch hoch anspruchsvolle Vorgang erforderte einen definierten Wasserstand und ruhige Strömungsverhältnisse. Um die notwendigen Randbedingungen sicherzustellen, musste das Emssperrwerk bei Gandersum geschlossen werden, damit sich die Ems entsprechend aufstauen konnte. Die beiden Pontons wurden dann ober- und unterwasserseitig des Drehpfeils Achse 30 positioniert.



10 Transport der Drehbrücke mit zwei Pontons  
© MCE GmbH



11 Montageablauf: Einschwimmen der Drehbrücke  
© MCE GmbH



12 »Zusammenfügen« von Einfeld-, Zweifeld- und Drehbrücke  
© MCE GmbH

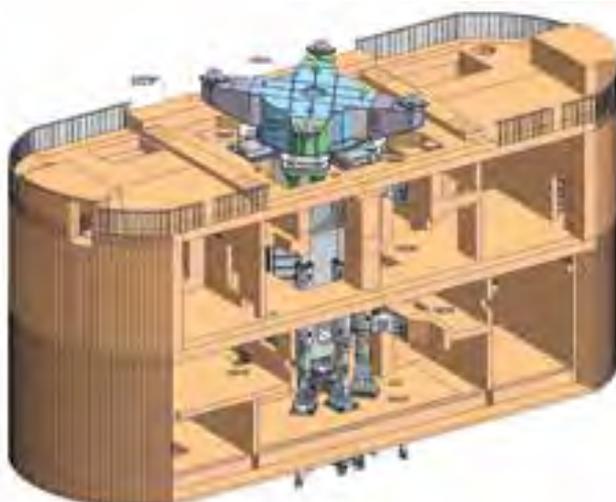
Um die Brücke in der geöffneten Endlage absetzen zu können, war es erforderlich, dass die SPMT-Einheiten ca. 15 m auf den Ponton in Richtung Endlage fahren. Die Drehbrücke wurde auf den Brückenspitzen auf Montagehilfskonstruktionen abgesetzt (Bild 12).

**5 Maschinenbau und Antriebstechnik**

Die Bedienung der Brücke erfolgt vor Ort aus dem Brückenwärterhaus, wobei im Drehpfeiler bei Achse 30 der Großteil der Maschinen-, Antriebs- und Steuerungstechnik untergebracht ist. Der Öffnungsvorgang beginnt mit der Übergabe der Fahrstrecke an den Brückenbediener. Nachdem die Schifffahrtssignale gesetzt und die Lichtsignal-

anlagen für den Fuß- und Radverkehr aktiviert sowie die Brücke abgesperrt worden sind, können die Schienenenden getrennt und die Brücke kann entriegelt werden. Danach wird die Brücke um ca. 1,30 m angehoben und um 90° gedreht. Anschließend wird der Fahrweg für die Schifffahrt freigegeben, der Schließvorgang erfolgt in umgekehrter Reihenfolge. Der Öffnungsvorgang der Drehbrücke setzt sich aus 150 s für das Anheben, 240 s für das Aufdrehen und 115 s für das Absenken zusammen, wodurch er insgesamt ca. 8,5 min dauert. Die genauen Zeiten und Optimierungspotentiale werden im Rahmen der Inbetriebnahme ermittelt.

Das Hubwerk (Bilder 13 und 14) der Hub-Drehbrücke, welches den ca. 1.800 t schweren Überbau bewegt, ist das zentrale Element der Anlage. Es setzt sich aus einer feststehenden Führungsstütze, einem beweglichen oberen Ring- und einem unteren Hubträger zusammen. Die Brücke wird durch sechs Hydraulikzylinder bewegt, die um den Ringträger angeordnet sind. Die Drehbewegung erfolgt durch acht Hydromotoren, deren Antriebsritzeln in eine Außenverzahnung des oberen Ringträgers eingreifen.



13 Visualisierung der Hub-Drehsäule  
© eberhardt – die ingenieure GmbH

Die Planung des Maschinenbaus erfolgt auf der Grundlage der für die Bemessung und Ausführung solcher Anlagenteile bei beweglichen Brücken geltenden ZTV-ING, Teil 9: Bauwerke, Abschnitt 2: Bewegliche Brücken.

Die hydraulische Anlage ist so ausgelegt, dass bei Ausfall eines Hydraulikzylinders die Brücke mit verminderter Geschwindigkeit weiter betrieben werden kann. Dafür wird der gegenüberliegende Zylinder freigeschaltet und die Brücke entsprechend in einem Vier-Zylinder-Betrieb sicher betrieben.

## 6 Schlussbetrachtung

Mit der Inbetriebnahme von Europas größter Hub-Drehbrücke und der gleichzeitigen Fertigstellung der sogenannten Wunderlinie als Anbindung der Strecke 1575 an die Friesenbrücke wird die Eisenbahnstrecke Bremen–Groningen wieder vollständig befahrbar. Die Realisierung dieses einzigartigen Projekts ist und bleibt bis zur Fertigstellung aus ingenieurtechnischer Sicht eine große Herausforderung. Die Umsetzung eines derartig komplexen und terminlich brisanten Bauvorhabens ist, trotz aller Unwegsamkeiten, nur durch eine lösungsorientierte und kooperative Zusammenarbeit aller an der Planung und am Bau Beteiligten möglich. Für die stets gute, innovative und wertschätzende Zusammenarbeit möchten wir uns bei allen Beteiligten ausdrücklich bedanken.

### Autoren:

**Dipl.-Ing. Günther Dorrer**

MCE GmbH,  
Linz, Österreich

**Dipl.-Ing. Stefan Schwede**

DB InfraGO AG

Projekte Bewegliche Brücken,

Hannover



14 Einhub der Hub-Drehsäule  
© MCE GmbH

### Auftraggeber

DB InfraGO AG, Hannover

### Entwurfsplanung

MKP GmbH, Hannover

Dr. Schippke + Partner mbB, Hannover

### Ausführungsplanung

MCC Dipl.-Ing. Cerin Consulting ZT Gesellschaft m.b.H.,  
Salzburg, Österreich

sbp schlaich bergemann partner, Stuttgart

eberhardt – die ingenieure GmbH, Barleben

### Prüfingenieur

Dipl.-Ing. Joachim Stavesand, Hamburg

### ZTV-Ing.-Koordinator

mllng GmbH, Horgenzell

### Bauüberwachung

IBL Ingenieurgesellschaft Behnen mbH, Klein Berßen  
(Leitung)

Nautitec GmbH & Co. KG, Leer (Nautik)

Dr. Schippke + Partner mbB, Hannover

(Maschinentechnik)

### Bauausführung

Arbeitsgemeinschaft EÜ Friesenbrücke

Adam Hörnig Baugesellschaft mbH & Co. KG,

Aschaffenburg

MCE GmbH, Linz, Österreich

Depenbrock Ingenieurwasserbau GmbH & Co. KG,

Hatten

# MCC Dipl.-Ing. CERIN

## Consulting ZT Gesellschaft m.b.H.

Hoch-Tief- und Brückenbau  
Konstruktiver Ingenieurbau  
Statik, Bauplanung



A-5020 SALZBURG  
TEL.: 0043 662 632 972

Franz - Wallack - Str. 47  
e-mail: office@mcc.co.at

www.mcc.co.at

## Konzeption und Bauausführung Die Talbrücke Landeskroner Weiher

■ ■ ■ von Martina Goldstein, Peter Wagner

Der sechsstreifige Ausbau der sogenannten Sauerlandlinie, der Autobahn A 45, macht es notwendig, die vorhandene Talbrücke Landeskroner Weiher durch einen Neubau zu ersetzen. Im Folgenden werden der Sprengabbruch des Bestandsbauwerks sowie die Charakteristika des Ersatzneubaus im Allgemeinen und im Hinblick auf Besonderheiten, die bei der Herstellung der neuen Talbrücke im Taktschiebverfahren vorliegen, erläutert. Dabei wird vor allem auf die Wahl der Spanngliedführung, die Anpassung des Entwurfs an das Bauverfahren, den geschickten Einsatz von Baubehelfen sowie das patentierte Verschiebe-Monitoring-System eingegangen.

### 1 Projektübersicht

Die Talbrücke Landeskroner Weiher befindet sich in Nordrhein-Westfalen, nördlich der Landesgrenze zu Hessen auf dem Streckenabschnitt der A 45 zwischen der Anschlussstelle (AS) Haiger-Burbach und der AS Wilnsdorf im Bereich der Ortslage Wilnsdorf (Bild 1).

Das Bestandsbauwerk aus dem Jahr 1967 umfasst zwei Teilbauwerke und wurde als neunfeldrige, zweizellige Spannbetonhohlkastenbrücke mit einer Konstruktionshöhe von  $h = 3,30$  m konzipiert. Die Stützweiten betragen  $34,86$  m +  $40,09$  m +  $5 \times 45,32$  m +  $40,09$  m +  $34,86$  m, die Gesamtlänge beträgt somit  $L = 376,50$  m. Beide Teilbauwerke wurden auf Vorschubrüstung hergestellt. Die Überbauten sind jeweils in Längs- und Querrichtung vorgespannt und haben eine Gesamtbreite von ca. 32 m. Sämtliche Unterbauten sind flach und an den Widerlagern wegen des in Querrichtung schräg verlaufenden Felshorizonts abgestuft gegründet.



1 Lage der Talbrücke im Zuge der A 45  
© Büchting + Streit AG

Die Widerlager wurden als Scheibenwiderlager ausgebildet und sind je Fahrtrichtung baulich getrennt. Jeder Pfeiler besteht aus zwei Schäften auf einem gemeinsamen Fundament. Die Pfeilerhöhen betragen zwischen 18 m und 37 m. Bild 2 zeigt das Bauwerk vor Beginn des Sprengabbruchs.

Der Bestand wird einschließlich der Pfeiler und Widerlager vollständig abgebrochen und wiederum durch ein Brückenbauwerk je Fahrtrichtung ersetzt. Es wird zunächst das Teilbauwerk in Fahrtrichtung Dortmund und anschließend das Teilbauwerk in Fahrtrichtung Frankfurt gesprengt und neu hergestellt. Der Brückenneubau wird eigens in Kapitel 3 behandelt.



2 Bestandsbauwerk vor Beginn des Sprengabbruchs  
© Elfirmages

## 2 Sprengabbruch des Bestandsbauwerks

In Vorbereitung der Sprengung am 30. Oktober 2022 wurde der Überbau in Fahrtrichtung Dortmund zunächst geleichtert, indem beide Kragarme um etwa 2,50 m gekürzt wurden (Bild 3). Danach war davon auszugehen, dass die Quervorspannung komplett unwirksam ist. Eine Befahrbarkeit des Überbaus war somit nicht mehr gegeben.

Die acht Pfeilerpaare wurden einer Sprengfaltung unterzogen. Dazu erhielt jeder Pfeilerschaft zwei Sprengmäuler: an der Unterkante und in der Mitte des Schaftes jeweils an der gegenüberliegenden Seite. An jedem Sprengmaul wurden zudem Kernbohrungen und Sägeschnitte vorgesehen (Bilder 4 und 5). Für die Sprengung wurden Erschütterungsprognosen erstellt, deren Höhe sich aus den Anhaltswerten nach DIN 4150 ergaben. Unterhalb des Überbaus erfolgte eine Geländemodellierung, die den schräg einfallenden Hang ausglich. Auf dieser Grundmodellierung wurde ein wellenförmiges Fallbett ergänzt (Bild 6). Insbesondere bei steilen Hängen, deren Eigenstandfestigkeit mit den angegebenen Baugrundkennwerten nahezu nicht nachweisbar ist, muss bereits im Entwurfsstadium mit dem Baugrundgutachter geklärt und bestätigt sein, dass durch die auftretende Erschütterung und den begleitenden Stoß auf den Hang keine schädliche, unkontrollierbare Hangrutschung ausgelöst werden kann. Das erste Teilbauwerk wurde erfolgreich gesprengt. Die Sprengung des zweiten Teilbauwerks in Fahrtrichtung Frankfurt ist für das Frühjahr 2025 geplant.



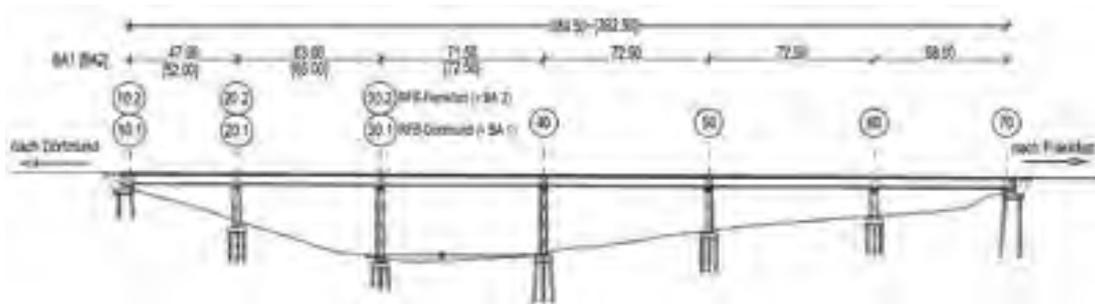
3 Leichtern des Bestandsüberbaus  
© Adam Hörnig Baugesellschaft mbH & Co. KG



4 5 Sprengvorbereitung an den Pfeilern  
© Adam Hörnig Baugesellschaft mbH & Co. KG



6 Bestandsüberbau in Fahrtrichtung Dortmund nach Sprengung im Fallbett  
© Elfirmages



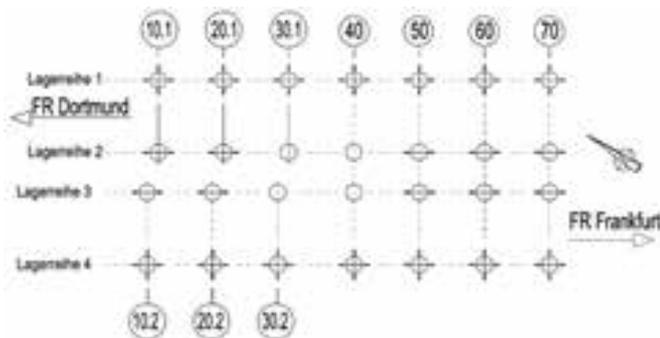
7 Längsschnitt des Ersatzneubaus in Autobahnachse © Büchting + Streit AG

3 Neubau der Talbrücke  
Landeskroner Weiher

3.1 Beschreibung der Überbauten

Die beiden Überbauten des Ersatzneubaus werden jeweils als einzelliger Hohlkasten mit einer Konstruktionshöhe von  $h = 4,50\text{ m}$  in Spannbetonmischbauweise über sechs Felder realisiert. Die Stützweiten betragen  $47,00\text{ m} + 63,00\text{ m} + 71,50\text{ m} + 2 \times 72,50\text{ m} + 58,00\text{ m}$  für die Fahrtrichtung (FR) Dortmund und  $42,00\text{ m} + 65,00\text{ m} + 3 \times 72,50\text{ m} + 58,00\text{ m}$  für die FR Frankfurt (Bild 7). Die Gesamtlängen in der Autobahnachse ergeben sich somit zu  $384,50\text{ m}$  (FR Dortmund) und  $392,50\text{ m}$  (FR Frankfurt). Die Herstellung beider Überbauten erfolgt im Taktschiebverfahren, wobei diese jeweils vom Widerlager in Achse 70 in Richtung des Widerlagers in Achse 10.1 bzw. 10.2 bergauf mit 17 Takten eingeschoben werden. Die Gesamtbreite der Überbauten zwischen den Geländern beträgt  $b = 36,30\text{ m}$ , die sich hälftig auf die Überbauten beider Richtungsfahrbahnen aufteilt.

Im Grundriss verläuft die Gradiente in der Bauwerksachse, vom Widerlager in Achse 70 kommend, bis kurz vor die Pfeiler in Achse 20.1 bzw. 20.2 in einem Radius von  $R = 4021,709\text{ m}$ . Daran schließt sich eine Klothoide mit  $A = 552,612\text{ m}$  über die Widerlager in Achse 10.1 und 10.2 hinaus an. Bedingt durch diese Trassierung und unter Berücksichtigung der Abrückmaße beider Hohlkästen ergibt sich ein Ersatzradius in der Hohlkastenachse für den Überbau der FR Dortmund (Frankfurt) von  $R = 4012,734\text{ m}$  ( $R = 4030,684\text{ m}$ ).



8 Schematische Darstellung des Lagerungssystems © Büchting + Streit AG

Im Aufriss verläuft die Gradiente beider Überbauten in einer konstanten Längsneigung von  $0,50\%$ . Abweichend hiervon folgt der Überbau der FR Dortmund ab  $19,00\text{ m}$  vor dem Pfeiler in Achse 20.1 einer Kuppenausrundung mit  $R = 48.000\text{ m}$ . Da beide Überbauten mit einer konstanten Längsneigung von  $0,50\%$  eingeschoben werden, muss der Überbau der FR Dortmund nach Erreichen seiner Endlage am Widerlager in Achse 10.1 um  $46\text{ mm}$  und am Pfeiler in Achse 20.1 um  $4\text{ mm}$  abgesenkt werden, um letztlich im Aufriss in der tatsächlichen Gradiente zu liegen.

Das Bauwerk wird nur in Längsrichtung vorgespannt und das mit internen, im nachträglichen Verbund liegenden Spanngliedern Suspa-Litze 6-15/150, St 1660/1860 und mit externen, im Hohlkasteninneren liegenden Spanngliedern Suspa-Draht Ex-66, St 1570/1770. Die externen Spannglieder werden in Feld 1 zwischen Achse 10 und 20 einfach und in den übrigen Feldern zweifach umgelenkt. Sie sind an Umlenksätteln verankert. Die internen, durchlaufenden Spannglieder werden an den Taktfugen gekoppelt. Ihr Verhältnis bei der Anordnung zwischen Fahrbahn- und Bodenplatte liegt bei  $2:1$ . Zusätzlich gibt es interne Zulagespannglieder in der Fahrbahnplatte (Stützenbereich) und in der Bodenplatte (Feldbereich). Für spätere optionale Ertüchtigungsmaßnahmen werden pro Hohlkasten vier zusätzliche externe Spannglieder vorgesehen.

3.2 Das Lagerungssystem

Für die Wahl des Lagerungssystems werden die Angaben der Entwurfsplanung übernommen, die an allen Unterbauachsen Kalottenlager vorsehen. An den Pfeilern der Achsen 30 und 40 werden die Lager längsfest und an den Achsen 10, 20 sowie 50 bis 70 längsverschieblich ausgebildet. Zudem wird in sämtlichen Achsen je ein querfestes Lager platziert. Bild 8 zeigt das Lagerungssystem der Talbrücke Landeskroner Weiher. Zur Vermeidung von Zwängungen aus der Bauwerkskrümmung im Grundriss werden die Lager tangential zum Ersatzradius des Hohlkastens angeordnet. Die Anordnung der längsfesten Lager in den Pfeilerachsen 30 und 40 hat, im Gegensatz zur Anordnung auf einem der beiden Widerlager, den Vorteil, dass aufgrund der größeren Auflast sowohl im Regelnutzungsfall als auch im Lastfall Lagerwechsel die abzutragende Horizontallast über Reibung abgetragen werden kann. Dadurch lassen sich aufwendige Verankerungskonstruktionen vermeiden.



9 Pfeiler des Ersatzneubaus  
© Adam Hörnig Baugesellschaft mbH & Co. KG

### 3.3 Beschreibung der Unterbauten

Sämtliche Unterbauten werden über Bohrpfähle  $d = 120$  cm senkrecht bzw. 8:1 geneigt in den anstehenden harten Tonschiefer gegründet, wobei die Bohrpfähle des Widerlagers in Achse 10 aufgrund des schräg verlaufenden Felshorizonts auf unterschiedlichen Höhекотen abgesetzt werden. Die kastenförmigen Widerlager sind zwischen den Richtungsfahrbahnen durch Raumbahnen getrennt und werden an den Achsen 10.1 und 10.2 in Bauwerkslängsrichtung um das Maß von 8,00 m zwischen beiden Lagerachsen versetzt angeordnet. Die Pfeiler werden als Vollquerschnitte mit Außenmaßen von  $3,20$  m  $\times$   $6,50$  m und einer architektonisch gestalteten Schalungsstruktur ausgeführt. Im Kopfbereich öffnen sie sich trichterförmig auf die Maße von  $3,66$  m  $\times$   $8,78$  m an der Oberkante Auflagerbank (Bild 9). Aufgrund des Platzbedarfs am Pfeilerkopf müssen die Pressen zum eventuellen Auswechseln der endgültigen Bauwerkslager nach innen versetzt angeordnet werden, was die Zugänglichkeit zu den Lagern von der Besichtigungsöffnung aus erschwert.

## 4 Besonderheiten

### 4.1 Wahl der Spanngliedführung

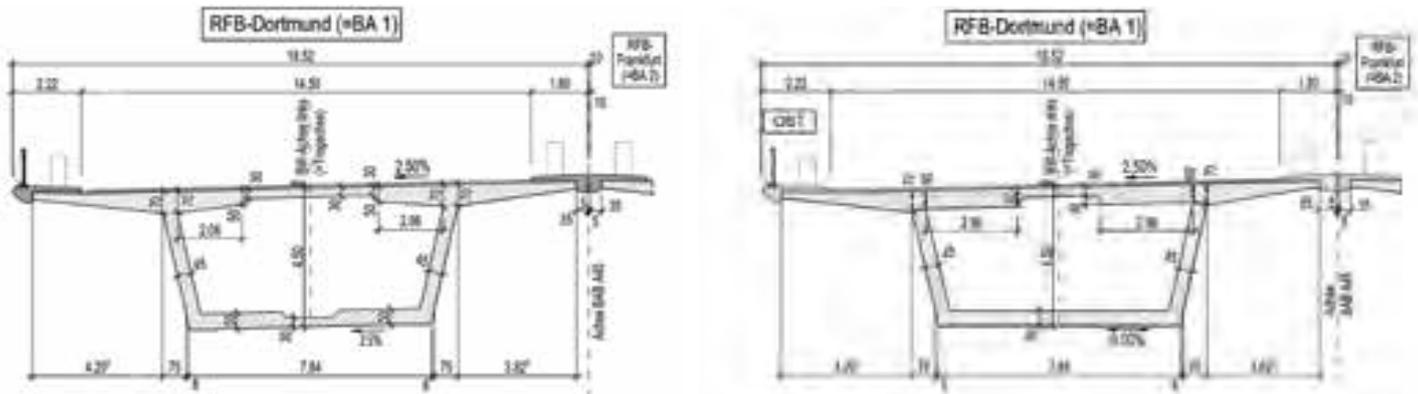
Um die Wahl der Spanngliedführung für die Talbrücke Landeskroner Weiher besser nachvollziehen zu können, werden zunächst verschiedene beim Taktschiebeverfahren übliche Begrifflichkeiten erläutert.

Beim Taktschieben spricht man von der Primärvorspannung, die bereits während des Einschubs vorgespannt wird, und der Sekundärvorspannung, die erst vorgespannt wird, wenn sich der Überbau in Endlage befindet. Weiterhin unterscheidet man zwischen der zentrischen und der exzentrischen Vorspannung. Die Spannglieder der zentrischen Vorspannung verlaufen in der Regel geradlinig in der Fahrbahnplatte bzw. in der Bodenplatte und erzeugen im Überbauquerschnitt eine annähernd zentrische Pressung. Damit dies so ist, müssen die Spannglieder aufgrund der Schwerlinienlage des Hohlkastens etwa im Verhältnis 2:1 zwischen Fahrbahnplatte und Bodenplatte aufgeteilt sein. Die exzentrische Vorspannung erzeugt hingegen keine zentrische Pressung im Überbauquerschnitt.

Früher verlief sie entweder girlandenförmig in den Hohlkastenstegen oder als Zulage in der Fahrbahn- und/oder Bodenplatte. Heutzutage wird die exzentrische Vorspannung üblicherweise als externe Vorspannung im Hohlkasteninneren eingebaut. Im Gegensatz zur externen Vorspannung bezeichnet man als interne Vorspannung die Spannglieder, die im Beton des Überbauquerschnitts im nachträglichen Verbund liegen.

Bei früheren Spanngliedführungen, ausschließlich im nachträglichen Verbund, ergab sich das wirtschaftliche Optimum dann, wenn der Anteil der Primärvorspannung so gering wie möglich war. Die Primärvorspannung bestand damals vorwiegend aus der zentrischen Vorspannung. Die für die statische Nachweise im Endzustand erforderliche Sekundärvorspannung wurde dann als exzentrische Vorspannung aufgebracht. Der Tonnagepreis für die Primär- und die Sekundärvorspannung war etwa gleich hoch. Da aber die statische Wirksamkeit der exzentrischen Vorspannung wesentlich höher ist als die der zentrischen Vorspannung, ergab sich bei der Wahl »geringe Primärvorspannung und hohe Sekundärvorspannung« das wirtschaftliche Optimum.

Die bei der Ausführungsplanung der Talbrücke Landeskroner Weiher gültige Vorschriftenlage verbot Spannglieder in den Stegen und forderte, einen Mindestanteil von 20 % der erforderlichen Spannkraft mit externen Spanngliedern abzudecken. Neben ihren unbestrittenen Vorteilen, unter anderem der Auswechselbarkeit und dem Korrosionsschutz, hat die Verwendung von externen Spanngliedern aber auch Nachteile. Dies sind zum Beispiel der hohe Platzbedarf im Hohlkasteninneren, die geringeren statischen Hebelarme, die Krafteinleitung in den Überbau und der gegenüber der internen Vorspannung deutlich höhere Preis. Daher wird in der aktuellen Entwurfspraxis für Taktschiebebrücken häufig die Spanngliedführung so gewählt, dass als exzentrische Vorspannung nahezu ausschließlich die externe Vorspannung zum Einsatz kommt. Ihr Anteil orientiert sich dabei an der Mindestforderung von 20 % der erforderlichen Gesamtvorspannkraft.



10 Regelquerschnitt der Richtungsfahrbahn Dortmund in Entwurf und Ausführung © Bücking + Streit AG

Die restliche für den Endzustand erforderliche Vorspannkraft wird dann in Form interner, zentrischer Spannglieder vorgesehen, die über die gesamte Bauwerkslänge laufen und über Spanngliedkoppungen verbunden sind. Auf eine Anordnung von exzentrischen Zulagen in der Fahrbahn- bzw. Bodenplatte wird nahezu verzichtet. Dies führt allerdings oft zu keinem wirtschaftlichen Optimum, da hierbei der Anteil der exzentrischen Vorspannung zu klein wird.

Mit der probeweisen Einführung der BEM-ING Teil 1, Abschnitt 2 für Betonbrücken Anfang 2025 ist es unter Einschränkungen wieder zugelassen, Spannglieder im nachträglichen Verbund in den Hohlkastenstegen anzuordnen. Ein Pilotprojekt hierfür wird die Talbrücke Ottfingen im Verlauf der Autobahn A 45 sein.

Bei der Spanngliedführung der Talbrücke Landeskroner Weiher wurde sich bewusst dafür entschieden, bei der Primärvorspannung neben der zentrischen Vorspannung auch exzentrische, im Verbund liegende Zulagen in der Fahrbahnplatte (Stützenbereich) und in der Bodenplatte (Feldbereich) einzusetzen. Dadurch konnte im Zuge der Ausführungsplanung der Gesamtspannstahlbedarf um ca. 35 % gegenüber der Entwurfsplanung reduziert werden.

#### 4.2 Durchbiegung und Überhöhung

Eine bis heute weit verbreitete Auffassung ist, dass Überhöhungen in den Feldmitten bei Taktschiebebrücken nicht erforderlich sind. Diese Auffassung war korrekt zu einer Zeit, als die üblichen Stützweiten bei Taktschiebebrücken zwischen ca. 35 m und 45 m betragen, Spanngliedführungen mit girlanden-förmigen Stegspanngliedern die Regel waren und sich daher die aus diesen Spanngliedführungen nach oben gerichteten Durchbiegungen mit den nach unten gerichteten Durchbiegungen aus Eigengewicht überlagerten. Dadurch war es möglich, auf Überhöhungen in den Feldmitten zu verzichten.

Bei der Talbrücke Landeskroner Weiher beträgt die maximale Stützweite im Endzustand 72,50 m. Wie unter 4.1 beschrieben, liegt der umgelenkt geführte Anteil der Gesamtspannkraft bei nur ca. 20 %. Daher reicht die nach oben gerichtete Durchbiegung aus der externen Vorspannung nicht aus, die nach unten gerichtete Durchbiegung aus Eigengewicht des Überbaus zu kompensieren. Obwohl vom Bauherrn explizit keine Überhöhung gefordert war, wurden dennoch in der Bauausführung Überhöhungen bis 3 cm in den Feldmitten vorgesehen. Im Zuge der Planung der Ausgleichsgradienten für den bereits hergestellten Überbau der FR Dortmund zeigte sich, dass diese gewählte Vorgehensweise zu einer guten Gradiententreue führte.

#### 4.3 Anpassung des Entwurfs an das Bauverfahren

Wie bereits in Abschnitt 3.1 erläutert, entsprechen die Entwurfsparameter der Bauwerksgradienten weder im Grundriss noch im Aufriss den Grundanforderungen des Taktschiebens. Im Grundriss wird für den Einschub beider Überbauten ein von der Trassierung abweichender Ersatzradius gewählt, der zu Abweichungen von ca. ± 8 cm in der Überbaubreite führt. Diese Abweichung wird durch die Ausführung unterschiedlicher Kragarm-längen kompensiert. Im Aufriss bedingt die über eine Länge von ca. 70 m vorhandene Kuppenausrundung eine maximale Höhenabweichung von ca. 5 cm: eine Abweichung, die nicht durch eine veränderliche Regelquerschnittshöhe ausgeglichen wird, sondern der Überbau wird nach erfolgtem Endverschiebung auf die endgültigen Bauwerkslager entsprechend abgesenkt. Die entstehende Zwangsbeanspruchung wird bei der Bauwerksbemessung konsequent berücksichtigt. Ein weiterer Anpassungspunkt gegenüber dem Entwurf ist die Vergrößerung der Gurtplattendicken sowohl in der Fahrbahn- als auch in der Bodenplatte. Dies war notwendig, da die in der Zulassung des Spannverfahrens angegebenen Mindeststrand- und Mindestachsabstände der Ankerköpfe unter Berücksichtigung der geforderten Betondeckung und der bauseits erforderlichen Montageeisen nicht hätten ausgeführt werden können. So gewährleistet die Vergrößerung der Gurtplattendicke im Fahrbahnplattenbereich von 50 cm auf 60 cm und gleichzeitig deren Verbreiterung von 2,06 m auf 2,96 m sowie die Vergrößerung der Bodenplattendicke auf konstante 50 cm eine gute Einbaubarkeit der Ankerköpfe, insbesondere bei den Koppelankern der zentrischen Vorspannung (Bild 10).

# Der beste Weg ist die Kombination von Wissen, Erfahrung und Kreativität.

## **Büchting + Streit AG**

Innovativer Ingenieurdienstleister  
seit über 60 Jahren.

Konstruktiver Ingenieurbau  
Brückenbau  
Tunnelbau  
Hochbau



**4.4 Taktschiebelager  
und Seitenführungen**

Die Taktschiebelager müssen nicht nur die Vertikallasten aus dem Überbau sicher in die Unterbauten ableiten, sondern es auch zulassen, dass die beim Einschub zwangsläufig auftretenden Drehwinkel in Bauwerkslängsrichtung sowie örtliche Unebenheiten in der Überbauuntersicht schadlos abgetragen werden können. Dazu ist es notwendig, zwischen dem Überbau und dem Unterbau genügend »Weichheit« zu schaffen. Für den Einschub der Talbrücke Landeskroner Weiher werden dazu zwischen der Unterkante des Überbaus und den Verschiebeplatten MDF-Platten angeordnet, die durch ihre plastische Verformbarkeit die erforderliche Weichheit gewährleisten. Insbesondere bei örtlichen Unebenheiten des Überbaus führt dieses Konzept zu einem geringeren Verschleiß der Verschiebeplatten. Offensichtlich plastisch verformte MDF-Platten werden dabei jeweils durch neue ersetzt (Bild 11).

In jedem Verschiebezustand muss gewährleistet sein, dass der Überbau auch in Querrichtung sicher gehalten ist. Dies geschieht durch Seitenführungen, die an seinen beiden Seiten angeordnet werden. Sie sollten aber so viel Spiel zum Hohlkasten haben, dass dieser nicht »klemmt«. Um beim Einschub des Überbaus die möglichen Seitenführungskräfte zu minimieren, wird die Bodenplatte beider Hohlkästen mit einer konstanten Querneigung von 0 % ausgeführt. Zur Vermeidung von Zwängungskräften aus horizontalen Bauungenauigkeiten wird der Überbau während des Einschubs durch die Seitenführungen soweit möglich nur statisch bestimmt gelagert. In den Ruhezuständen zur Herstellung des nächsten Takts werden hingegen sämtliche Seitenführungen aktiviert (Bild 12).

Eine wichtige geometrische Anforderung für die wirtschaftliche Umsetzung des Taktschiebens ist, dass man die Deckentische, das heißt die Schaltische zum Einschalen der Fahrbahnplatte zwischen den Hohlkastenstegen, jeweils aus dem vorherigen Takt in den neu herzustellenden ziehen kann. Um dies zu ermöglichen, werden die Stützquerträger, die im Entwurf monolithisch verbunden mit der Fahrbahnplatte geplant waren, im Zuge der Ausführung im Taktkeller nur bis 55 cm unterhalb der Gurtplatte realisiert. Der verbleibende Spalt wird erst in Endlage geschlossen.

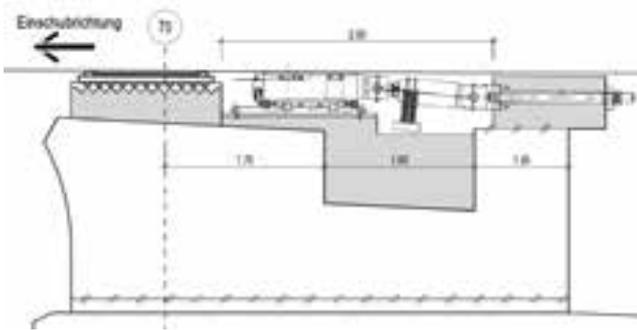
Das Taktschiebeverfahren ist ein schnelles und wirtschaftliches Bauverfahren, sofern die Bauwerkstrassierung und der Regelquerschnitt des Überbaus auf das Bauverfahren angepasst sind. Dabei ist allerdings anzumerken, dass es selbst bei einer optimalen Anpassung heutzutage kaum mehr möglich ist, bei der Herstellung eines Takts im Taktkeller eine Wochentaktung einzuhalten. Dies liegt zum einen an den derzeit üblichen größeren Taktlängen und Überbaubreiten und zum anderen an dem deutlich höheren Bewehrungsgehalt aufgrund der aktuellen Mindestbewehrungsvorgaben.



**11** Taktschiebelager mit MDF-Platte  
© Adam Hörnig Baugesellschaft mbH & Co. KG



**12** Seitenführung für den Einschubvorgang  
© Adam Hörnig Baugesellschaft mbH & Co. KG



13 Planung der Hub-Schub-Anlage auf dem Taktschiebewiderlager  
© Bückting + Streit AG



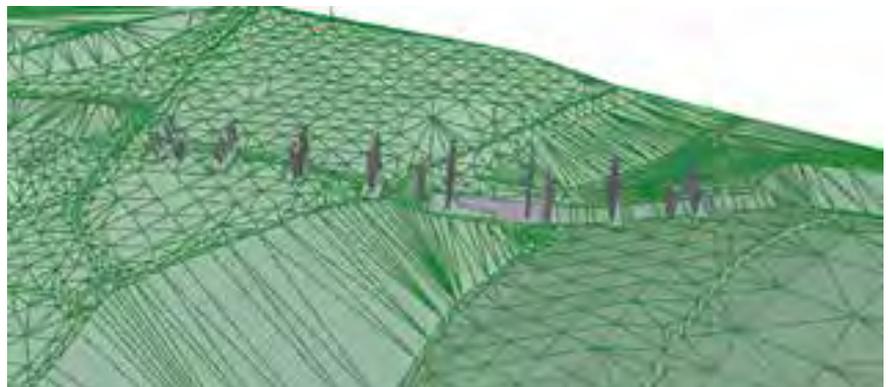
14 Ausführung der Hub-Schub-Anlage auf dem Taktschiebewiderlager  
© Bückting + Streit AG

#### 4.5 Anordnung der Taktschiebe-Baubehelfe

Wesentliche Baubehelfe für das Taktschieben sind neben dem Vorbauschnabel der Bremsattel, die Hub-Schub-Anlage, der Zwischengleitstein und der Taktkeller. Zusätzlich befinden sich bei der Talbrücke Landeskroner Weiher im Bauzustand in jedem Feld Hilfsstützen. Ausgenommen ist hiervon das Feld zwischen Achse 10 und 20.

Der Bremsattel und die Hub-Schub-Anlage werden geometrisch so auf dem Taktschiebewiderlager angeordnet, dass die Hubpressen gerade noch in der Lage sind, den Hohlkasten beim letzten Verschiebevorgang vertikal in seine Endlage anzuheben. Der Bremsattel befindet sich dabei in Verschieberichtung vor den Hubpressen und die Schubpressen hinter den Hubpressen (Bilder 13 und 14). Damit ist gewährleistet, dass der Überbau ohne einen Nachläufer eingeschoben werden kann.

Der Taktkeller wurde einerseits so weit hinter dem Widerlager platziert, dass die Bauwerkszwängungen aus Temperatur und Bauungenauigkeiten im Feld zwischen Widerlager und Taktkeller gegenüber den Eigengewichtsschnittgrößen nicht zu groß werden, und andererseits so nah, dass die Hubpressen an den Taktschiebelagern in der Lage sind, den Überbau beim Einschieben vom Bremsattel zu lösen. Auf der Hilfsstütze im ersten Feld nach dem Taktschiebewiderlager wurde ein pressengesteuertes Takt-



15 Digitales Geländemodell zur Talbrücke  
© Bückting + Streit AG

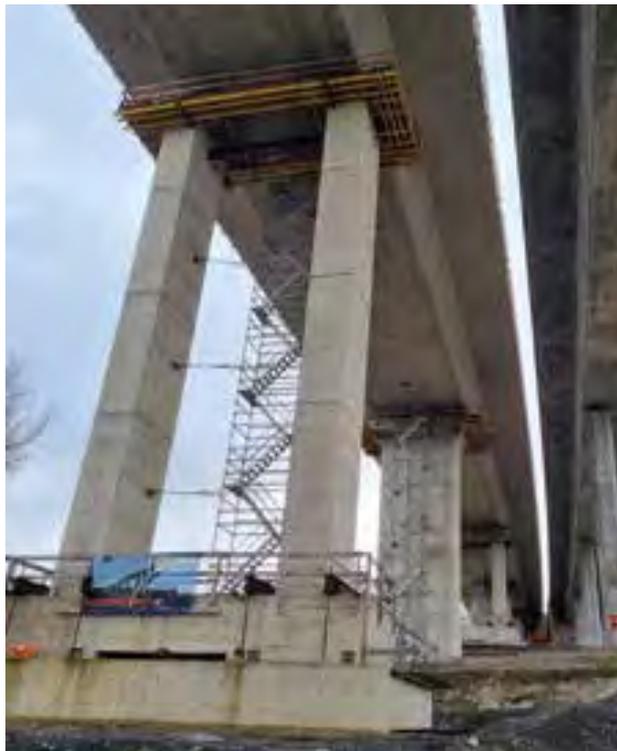
schiebelager angeordnet. Mit diesem Lager wird sichergestellt, dass in den Ruhephasen immer eine ausreichende Auflast am Bremsattel vorhanden ist, so dass der Überbau ohne Zusatzmaßnahmen über Reibung gehalten werden kann. Der zwischen Taktkeller und Taktschiebewiderlager angeordnete Zwischengleitstein wird ausschließlich beim Endeinschub aktiviert. Er stellt sicher, dass, nachdem der Überbau nicht mehr am Taktkeller aufliegt, die Auflast an den Hubpressen auf dem Taktschiebewiderlager nicht zu groß und das auskragende Moment im Überbau nicht bemessungsrelevant werden. Mit der Wahl dieser Anordnung konnte der Überbau der FR Dortmund bereits ohne weitere zusätzliche Maßnahmen eingeschoben werden.

#### 4.6 Digitale Geländemodelle

Zur Optimierung sämtlicher erforderlicher bauzeitlicher Erdbewegungen setzt die Firma Hörnig konsequent auf die Nutzung digitaler Geländemodelle. Sie kommen bei der Modellierung der Fallbette für den Sprengabbruch, bei der Festlegung der Baustraßen, temporärer Arbeitsebenen und Kranstandpunkte, bei der Optimierung der Verbauten sowie bei der Festlegung der Höhenlagen für den Querverschub der Hilfsstützen zum Einsatz. Die digitalen Geländemodelle werden mit Hilfe von Drohnenflügen erzeugt und direkt in die Geländemodellierung der Ausführungsplanung übernommen (Bild 15). Diese Vorgehensweise erzeugt ein sehr günstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis, da sowohl Erdbewegungen als auch die Verbaupläche minimiert werden können.

**4.7 Querverschub der Hilfsstützen**

Bereits im Bauwerksentwurf waren für den Bauzustand in sämtlichen Feldern, mit Ausnahme von Feld 1 zwischen Achse 10 und 20 wegen des anstehenden Steilhangs, pfahlgegründete, teils abgespannte Hilfsstützen vorgesehen. Bei der Bauausführung wird auf diese Abspannungen verzichtet. Stattdessen werden die Hilfsstützen so ausgebildet, dass sie nicht nur die auftretenden Beanspruchungen eigens abtragen, sondern auch für den Einschub des zweiten Überbaus querverschoben werden können. Dafür sind die Anordnung und die Höhenlagen der Hilfsstützen Gründungen entsprechend zu planen. Während der Nutzungszeit der Hilfsstützen werden deren Schäfte durch Gewindestäbe auf die Pfahlkopfplatten der Gründungen gespannt, diese vor dem Querverschub gelöst und nach dem Querverschub an neuer Stelle wieder angespannt (Bild 16).



**16** Auf die Pfahlkopfplatte gespannte Hilfsstütze  
© Adam Hörnig Baugesellschaft mbH & Co. KG



**17** Laser-Lot  
© Büchting + Streit AG



**18** Fadenkreuz mit Laser-Point  
© Adam Hörnig Baugesellschaft mbH & Co. KG



**19** Überwachung des Überbau-Einschubs in der Schaltzentrale  
© Büchting + Streit AG

**4.8 Digitalisierung und Verschub-Monitoringsystem**

Die Digitalisierung hält auch auf Baustellen immer mehr Einzug. So wurde zum Vorspannen der 17 Takte des ersten Überbaus bei der Talbrücke Landeskroner Weiher die Betondruckfestigkeit neben der klassischen Methode des Abdrückens von Betonprobewürfeln auch über das Betonüberwachungssystem der Firma ConcR ermittelt. Damit ist es über den Einbau von Betonsensoren möglich, Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Restfeuchte zu messen und unter Zugrundelegung der entsprechenden Betonrezeptur die Festigkeit und den Reifegrad des Betons in Echtzeit zu bestimmen. Es hat sich gezeigt, dass die Ergebnisse des Messsystems sehr gut mit den Ergebnissen der Abdrückmethode übereinstimmen.

Beim Taktschieben ist es wichtig, die Kopfauslenkungen der Bauwerkspfeiler und Hilfsstützen zu beobachten, um deren Umschieben bei einer zu großen Reibung zu vermeiden. Für den Einschub des ersten Überbaus kam hierzu neben der üblichen Seilmethode ein von der Firma Hörnig patentiertes Überwachungssystem zum Einsatz. Dabei wird mit Hilfe eines an jeder Pfahlkopfplatte angebrachten Laser-Lots ein am Pfeilerkopf montiertes Fadenkreuz anvisiert (Bilder 17 und 18). Somit kann über die jeweilige Abweichung des Laserpunkts die Kopfauslenkung in Bauwerkslängs- und Bauwerksquerrichtung gemessen und per Video in der Verschub-Schaltzentrale für sämtliche Pfeiler und Hilfsstützen überwacht werden (Bild 19). Zusätzlich lassen sich zur einfacheren Kontrolle akustische Warn- und Stoppsignale vorgeben, die die Überwachung erleichtern. In der praktischen Anwendung zeigte sich, dass dieses System hervorragend seinen Zweck erfüllt. Zudem können sämtliche Hub- und Schubkräfte angezeigt, aufgezeichnet und überwacht werden.

## 5 Resümee

Bei der Herstellung der Talbrücke Landeskroner Weiher im Taktschiebeverfahren konnten die Firma Hörnig und ihr Ausführungsplaner, die Büchting + Streit AG, ihre Innovationskraft unter Beweis stellen. Dies ist auch dem transparenten und kooperativen Umgang aller Projektbeteiligten zu verdanken. Die erfolgreich durchgeführten Anpassungen von der Entwurfs- zur Ausführungsplanung wären mit einer vorgezogenen Ausführungsplanung in dieser Qualität nicht möglich gewesen. Daher sollten wieder mehr Ingenieurgeist bei den Ausführungsplanern und innovative Ideen der ausführenden Firmen zum Einsatz kommen dürfen.

### Autoren:

**Dipl.-Ing. Martina Goldstein**  
Büchting + Streit AG,  
München

**Dipl.-Ing. (FH) Peter Wagner**  
Adam Hörnig Baugesellschaft mbH & Co. KG,  
Aschaffenburg

### Bauherr

Die Autobahn GmbH des Bundes, Niederlassung  
Westfalen, Außenstelle Netphen

### Entwurfsplanung

Krebs + Kiefer Ingenieure GmbH, Darmstadt

### Tragwerksplanung

Büchting + Streit AG, München

### Prüfingenieur

Dr.-Ing. Naceur Kerkeni, Aachen

### Bauausführung

Arbeitsgemeinschaft:  
Adam Hörnig Baugesellschaft mbH & Co. KG,  
Aschaffenburg  
Heinrich Lauber GmbH & Co. KG, Dillenburg

**WIR BAUEN BRÜCKEN**  
**RÜCKBAU VON BRÜCKEN**  
Ihr zuverlässiger Partner im Brücken- und Ingenieurbau

**ADAM HÖRNIG Baugesellschaft mbH & Co. KG**  
Magnolienweg 5 | 63741 Aschaffenburg | Tel.: +49 6021 844 - 0 | E-Mail: info@hoernig.de  
www.hoernig.de

**FOLGE UNS AUF**  
#wirbauenleidenschaft

# Planen und Bauen aus einer Hand Ersatzneubau der Talbrücke Rahmede

■ ■ ■ Daniel Wingenfeld, Sascha Grubmüller, Michael Backa, Mihai-Dan Pop, Daniel Weilke, Hans Grassl

Da der Ersatzneubau der Talbrücke Rahmede von hoher gesellschaftlicher, wirtschaftlicher und politischer Bedeutung ist, wurde mittels funktionaler Ausschreibung eine zügige Durchführung der Maßnahme angestrebt: Finalisierung des Bauwerksentwurfs, Ausführungsplanung und bauliche Umsetzung aus einer Hand, das heißt von einem Auftragnehmer, machen Zeiteinsparungen möglich. Aufgrund der gewählten Konstruktion und des Bauablaufs, bei dem die Überbauten jeweils von beiden Seiten gleichzeitig eingeschoben werden, ergeben sich vielfältige statisch-konstruktive sowie bautechnische und -logistische Herausforderungen.

## 1 Ausgangssituation

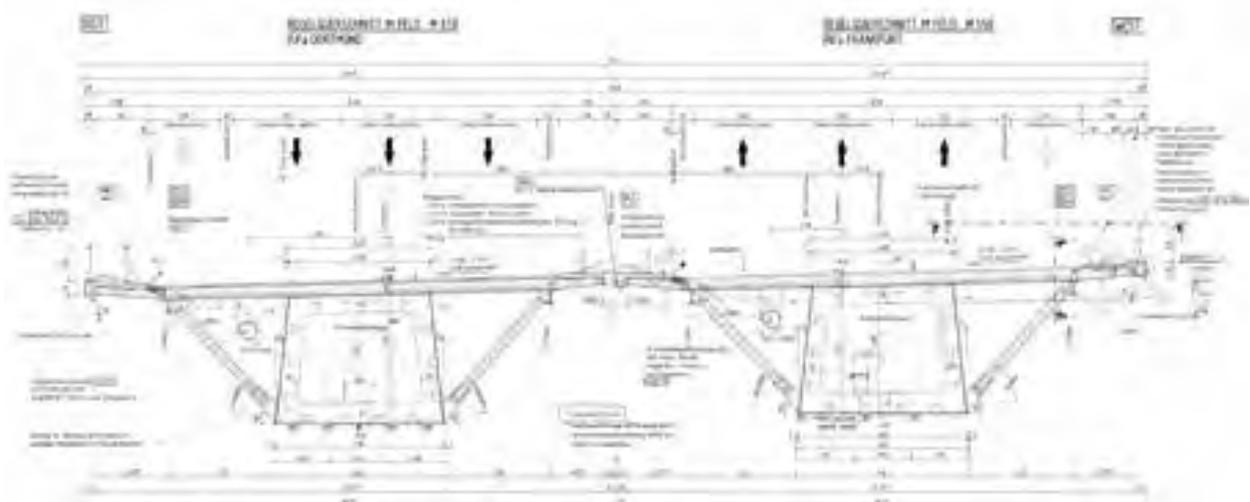
Die Talbrücke Rahmede, gelegen im Verlauf der Bundesautobahn A 45, befindet sich zwischen den Anschlussstellen Lüdenscheid-Nord und Lüdenscheid. Aufgrund festgestellter Defizite in der Tragfähigkeit im Rahmen der Bauwerksprüfung wurde die Brücke und damit der gesamte Abschnitt der A 45 zwischen den genannten Anschlussstellen dauerhaft für den Verkehr gesperrt. Der Rückbau der Brücke erfolgte durch Sprengabbruch, so dass nach Abschluss dieser Arbeiten lediglich die Widerlager, die Gründungen und die Pfeilerstümpfe bis zur Oberkante des Geländes verblieben.

Zur schnellen Realisierung des notwendigen Ersatzneubaus ist Die Autobahn GmbH des Bundes neue Wege gegangen und hat die Maßnahme (teil-)funktional ausgeschrieben, das heißt, dem Auftragnehmer wurden auch Teile der Planung und Konzeptionierung der Bauleistung übertragen. Dabei wurden in der Leistungsbeschreibung Vorgaben und Randbedingungen formuliert, die vom Auftragnehmer verbindlich einzuhalten waren. Unter Einhaltung dieser Randbedingungen konnte der Auftragnehmer für Planen und Bauen den Bauablauf freigestalten und seine technische Expertise unmittelbar einbringen. Der Leistungsumfang der Ausschreibung umfasste die Planung und Errichtung eines Ersatzneubaus der Talbrücke Rahmede in der Endlage einschließlich der angrenzenden Streckenabschnitte.

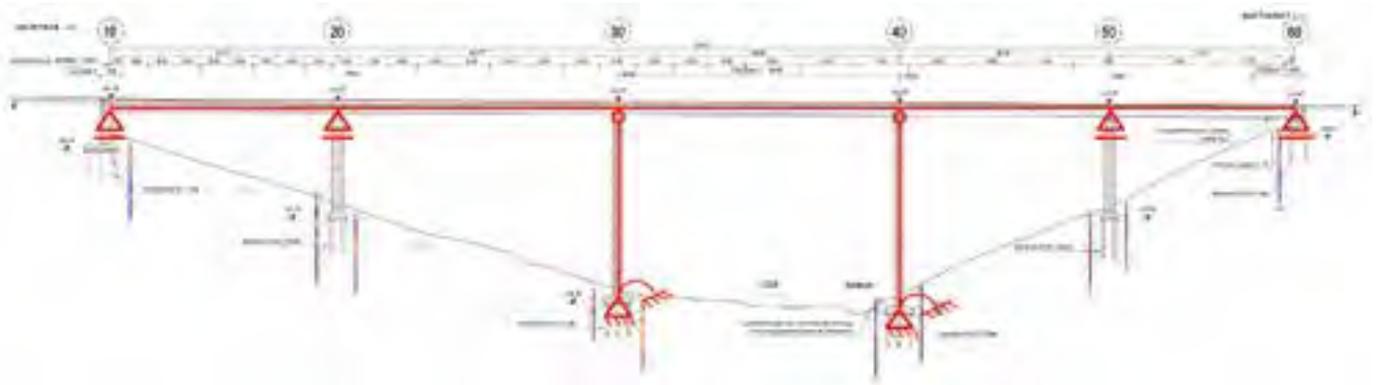
## 2 Planungsgrundlagen und Entwurfsplanung

Neben der Ausführungsplanung war auch die Finalisierung der Entwurfsplanung zu erbringen.

Eine wesentliche Grundlage für die Bauwerksplanung stellte die Trassierung dar, die sich am Bestand orientiert. Da das Bauwerk in einer Klothoide liegt, bedeutete dies eine besondere Herausforderung für Planung und Bauausführung. Der Vershub erfolgt im Radius, weshalb der Stahlbau ebenfalls im Radius ausgeführt werden muss. Aus zeitlichen Gründen wird der Vershub von zwei Seiten realisiert, wodurch zwei Ersatzradien vorgesehen werden konnten, um den Stahlbau bestmöglich an die Klothoide anzupassen. Somit ließen sich auch die Abweichungen zwischen der Achse des im Radius ausgeführten Stahlbaus und jener der Straße, die in eine Klothoide übergeht, auf ein Mindestmaß reduzieren. Der Abstand zwischen beiden Achsen variiert bis ca. 44 cm. Zur Anpassung des Bauwerks an die Verkehrsanlage wurden variable Kragarmlängen vorgesehen. Aufgrund der Lage in der Klothoide weist das Bauwerk eine veränderliche Querneigung auf, und zwar zwischen 2,50 % und 5,50 %. Dies erfordert eine variable Ausführung der jeweiligen Bauteile, wie die Höhe der Stege des Hohlkastens, die Neigung und Länge der Rohrprofile sowie deren Anschlüsse, was in der Stahlbauplanung und -ausführung im Detail zu berücksichtigen ist.



1 Regelquerschnitt des Bauwerksentwurfs  
© Ingenieurbüro Grassl GmbH



2 Statisches System des Ersatzneubaus  
© Ingenieurbüro Grassl GmbH

Im Gegensatz zum Bestandsbauwerk, das für beide Richtungsfahrbahnen aus nur einem einteiligen Überbau bestand, sind nun zwei Teilbauwerke vorgesehen, um zukünftige Instandsetzungsarbeiten ohne Sperrung der Brücke durchführen zu können (Bild 1). Pro Fahrtrichtung sind drei Fahrstreifen und ein Seitenstreifen eingeplant. Die Überbauten werden in Stahlverbundbauweise realisiert, wobei je Überbau ein einzelliger begehbare Stahlkasten angeordnet wird. Die Kragarme können bei dieser Ausführung mittels Schrägstreben oder Konsolträgern abgestützt werden.

Für den Neubau der Talbrücke Rahmede war die Variante mit Schrägstreben durch die funktionale Ausschreibung vorgegeben. Diese Lösung erfordert aufgrund der Randbedingungen eine Herstellung mittels Schalwagen, bei der die Fahrbahnplatte im Pilgerschrittverfahren von beiden Seiten gleichzeitig betoniert wird.

Der Ersatzneubau hat eine Länge von ca. 450 m, wobei die größte Stützweite 108 m beträgt.

Im Zuge der technischen Bearbeitung wurde auch der Bauwerksentwurf nach RAB-ING erstellt, welcher durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) geprüft wurde.

### 3 Herausforderungen bei Planung und Bau

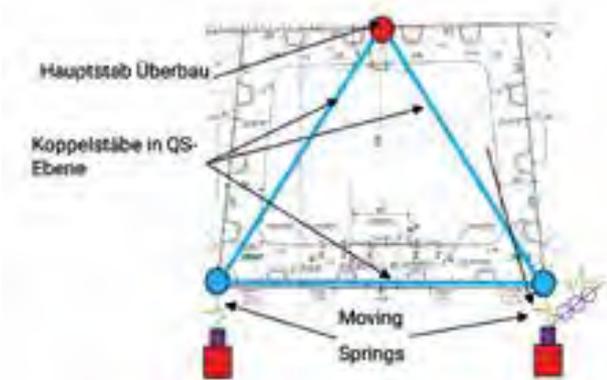
Der Vertrag über Planung und Realisierung wurde im Juli 2023 geschlossen. Die Bestellung des Stahls für die ersten Schüsse sowie der Beginn von Bohrpfahlarbeiten erfolgte bereits im Dezember 2023. Somit musste die Statik für das Haupttragwerk innerhalb kürzester Zeit erarbeitet und die Stahlbau- sowie die Schal- und Bewehrungspläne für die Bohrpfähle mussten angefertigt und geprüft werden. Dies war eine enorme Herausforderung für alle Beteiligten. Aufgrund des engen Zeitplans waren zudem die Standsicherheitsnachweise und Ausführungspläne für die Verbauten, die Unterbauten und den Überbau sowohl für den Endzustand als auch für das Taktschieben gleichzeitig zu bearbeiten, was ein großes Team und eine sehr gute Koordination bedingte.

Als statisches System wurde ein Durchlaufträger über fünf Felder gewählt (Bild 2). Um die Horizontalkräfte in Längsrichtung aufzuteilen und die Verformungen an den Widerlagern zu reduzieren, wurde ein Festpunktpfeilerpaar in den Achsen 30 und 40 vorgesehen. Dadurch ergibt sich ein statisch unbestimmtes Lagerungssystem, wodurch Zwangskräfte im Überbau entstehen, die bei der Bemessung berücksichtigt werden müssen.

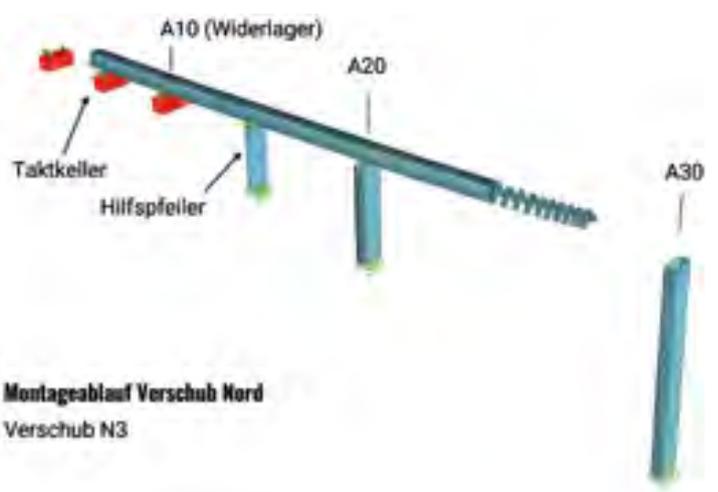
Die ganzheitliche Systembetrachtung erfolgte unter Berücksichtigung der Integration der Boden-Bauwerk-Interaktion anhand eines räumlichen Stabsystems, bestehend aus Stahl- bzw. Stahlverbundquerschnitten und Unterbauten (Bild 3). Das Haupttragwerk wurde als Ein-Stab-System modelliert. Mit diesem System können die Schnittgrößenverläufe und Überlagerungen effizient und gut prüfbar für die Hauptnachweise ermittelt werden. Der Stabquerschnitt bildet den kompletten Verbundquerschnitt mit den gerissenen Bereichen und den mitwirkenden Breiten ab. Auch die einzelnen Bauzustände wurden im Modell erfasst. Die Unterbauten wurden ebenfalls im Modell abgebildet, um die Interaktion zwischen Überbau und Unterbauten zu berücksichtigen, wobei auch Grenzfallbetrachtungen durchgeführt wurden.



3 Gesamtmodell für die Berechnung des Endzustands  
© Ingenieurbüro Grassl GmbH



4 Taktschieben: Stabsystem  
© Ingenieurbüro Grassl GmbH

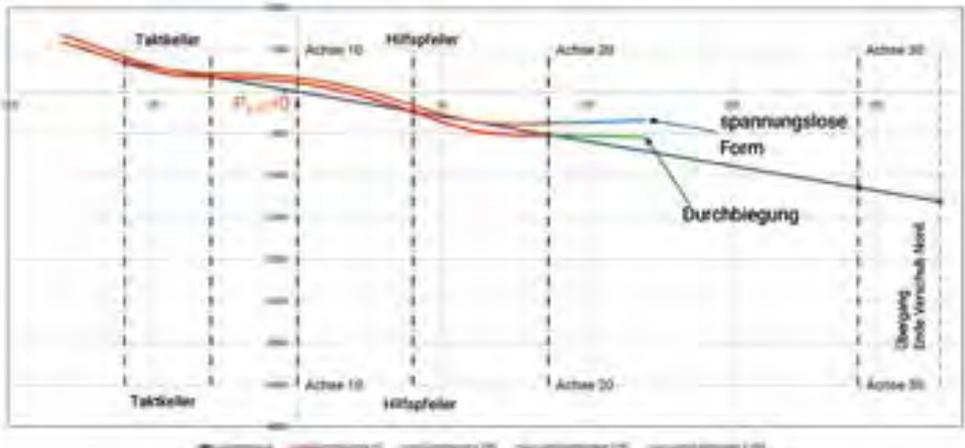


5 Modell für die Berechnung des Taktschiebens  
© Ingenieurbüro Grassl GmbH

Aus dem Gesamtmodell des Endzustands wurden die Modelle für den südlichen und den nördlichen Vershub entwickelt. Dabei wurde auch der Vorbauschnabel in vereinfachter Form modelliert. Zur Abbildung der Vershubebene wurden Koppelstäbe modelliert und über sogenannte Moving-Spring-Elemente gelagert (Bild 4). Hierbei handelt es sich um nicht-lineare Federn mit Kontaktenerkennung. Die einzelnen Vershubzustände wurden nichtlinear berechnet, um den Zugfeder ausfall, das heißt das Abheben des Überbaus, zutreffend einzupflegen. Im Modell wurde der komplette Vershub einschließlich des Taktkellers abgebildet (Bild 5). Zudem wurde zwischen dem Widerlager in Achse 10 und der ersten Pfeilerachse 20 ein Hilfspfeiler vorgesehen, um den Taktkeller zu verkürzen. Die einzelnen Montageschritte mit der Vormontage, den Vershuben und den Anbausritten wurden exakt im Modell erfasst, um das Trag- und Verformungsverhalten so realitätsnah wie möglich abzubilden. Bei der Vershubberechnung wurde auch die spannungslose Werkstattform berücksichtigt, da diese einen Einfluss auf die Lagerkräfte und die Bemessung hat.

Für die rechnerische Modellierung des Einschubs wird sowohl die Längsneigung als auch die Überhöhung der Brücke berücksichtigt und der Überbau entsprechend der spannungslosen Werkstattform gekrümmt abgebildet. Betrachtet man den zweiten Takt (Bild 6), wird deutlich, welchen Einfluss die spannungslose Werkstattform auf die Bemessung hat. Beim dargestellten Beispiel überfährt der Vorbauschnabel die Achse 20. Die Lagerachse 10 befindet sich in diesem Zustand im Bereich eines Hochpunkts der spannungslosen Werkstattform und ist somit lastfrei. Damit der Vorbauschnabel vor dem Aufahren auf den Pfeilern oberhalb ihrer Oberkante ankommt, wurde der Untergurt des Vorbauschnabels gekrümmt hergestellt. Außerdem erfolgt der Vershub in einer um ca. 1 m überhöhten Lage. Trotz dieser Maßnahmen wird ein Anheben des Vorbauschnabels bis zur Oberkante der Wippe in den Zuständen mit den größten Auskragungen, in denen

die Durchbiegung des Bauwerks rechnerisch Werte in der Größenordnung von ca. 2,50 m erreicht, erforderlich. Die durch das Anheben entstehenden Hublasten stellen Zwangskräfte dar, welche bei der Bemessung zu berücksichtigen sind. Neben den Spannungsnachweisen werden für die druckbeanspruchten Bleche auch Stabilitätsnachweise geführt. Um diese Stabilitätsnachweise effizient über die Brückenlänge sowohl für den Endzustand als auch für die Zustände des Taktschiebeverfahrens oder der Betonage erarbeiten zu können, wird ein firmenintern entwickeltes Bemessungsprogramm verwendet, mit dem sich die Spannungen und Geometrien der Beulfelder aus dem Sofistik-Modell ausgeben und in die Software zur Beulanalyse einlesen lassen. Mit dem Programm werden die kritischen Verzweigungsfaktoren der Spannungs-komponenten ermittelt. Selbige werden anschließend für die Nachweisführung mit der Methode der reduzierten Spannungen in Excel exportiert.



6 Vershubzustand zwischen den Achsen 20 und 30  
© Ingenieurbüro Grassl GmbH



# UNSERE PLANUNGEN VERBINDEN MENSCHEN

## Lückenschluss in Rekordzeit

### A45, Talbrücke Rahmede

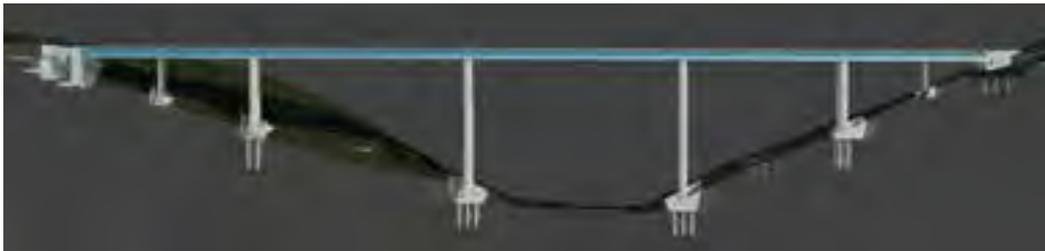
**Finalisierung Entwurfsplanung, Mitwirkung bei der Angebotsbearbeitung und Ausführungsplanung**

Ob Gesamt-, General-, Objekt- oder Tragwerksplanung für Infrastruktur-Gesamtmaßnahmen, Brücken, Tunnel, Wasserbauwerke, Gebäude und Sonderbauwerke – wir treten an für nachhaltige Ingenieurskunst. Unsere Expertise reicht von der Planung über die Prüfung bis zur Überwachung und Erhaltung.





7 *Faltwerkmodelle zur Abbildung der Querrichtung*  
© Ingenieurbüro Grassl GmbH



8 *Gründungen des Bauwerks*  
© Ingenieurbüro Grassl GmbH

Um das Trag- und Verformungsverhalten für die Querrichtung möglichst realistisch abzubilden und eine wirtschaftliche Bemessung des Quersystems zu ermöglichen, wurden diverse Teilmodelle in Form von Faltwerken erstellt (Bild 7).

Für die Gründung wurde auch eine Flachgründung untersucht. Hierbei ergab sich ein deutlich tieferer Gründungshorizont.

Aufgrund des inhomogenen Baugrunds war außerdem die Absetztiefe für die Flachgründung ungewiss, was ein bauzeitliches Risiko darstellt. Bei einem unplanmäßigen Bodenaustausch ist eine Anpassung des Verbaus nicht ohne weiteres möglich. Aufgrund dieser Risiken fiel die Entscheidung zu Gunsten der zuverlässigeren, aber kostenintensiveren Tiefgründung.

Für die hohen Pfeiler der Achsen 30 und 40 sind jeweils drei Pfahlreihen mit vier Bohrpfehlen pro Reihe vorgesehen, wie auch Bild 8 zeigt. Die Pfahllängen betragen zwischen 12 m und 15 m, es wurde ein einheitlicher Bohrpfehldurchmesser mit 1,50 m angesetzt. Die Widerlager sind ebenfalls tief gegründet. Die Pfeiler sind bis zu 73 m hoch und werden mittels Kletterschalung in Betonierabschnitten von 5 m hergestellt.



9 *Baustelle der Talbrücke Rahmede mit Blick von Achse 60 nach Norden*  
© Arbeitsgemeinschaft Talbrücke Rahmede

Die Lastermittlung für die Pfeiler erfolgte aufgrund des Festpunktpfeilerpaars am Gesamtsystem. Für ihre Berechnung und Bemessung kamen Detailmodelle zur Anwendung. Aufgrund der vorhandenen Schlankheit ist eine Berechnung am verformten System nach Theorie II. Ordnung unter Berücksichtigung effektiver Steifigkeiten erforderlich.

Im Zuge der Angebotsbearbeitung wurde auch eine Variantenuntersuchung zu den Verbauten durchgeführt: Trägerbohlwandverbauten und Nagelwände wurden untersucht. Aufgrund der bei den vorliegenden Randbedingungen besseren Eignung und ihrer möglichen Anpassbarkeit während der Ausführung wurden Nagelwände gewählt. Als Baugrund steht bereits in geringen Tiefen Fels an, daher musste bei der Bemessung auch die Felsmechanik Beachtung finden und infolge der stark variierenden Kluft- und Schichtenneigung mussten verschiedene Berechnungen zwischen vorgegebenen Grenzwerten durchgeführt werden.

#### 4 Stand und Ausblick

Die Bauarbeiten an der Talbrücke Rahmede schreiten gut voran. Der aktuelle Fokus liegt auf der Fertigstellung des Stahlüberbaus des ersten Teilbauwerks. Da der Versub von zwei Seiten aus erfolgt, ist ein Lückenschluss, bei dem beide Überbauhälften miteinander verbunden werden, über dem Rahmedetal erforderlich. Parallel dazu werden die Gründung und die Pfeiler des zweiten Teilbauwerks errichtet (Bild 9).

##### Autoren:

**Dr.-Ing. Daniel Wingefeld**  
Ingenieurbüro Grassl GmbH,  
München  
**Dipl.-Ing. Sascha Grubmüller**  
MCE GmbH,  
Linz, Österreich  
**Michael Backa M.Sc.**  
**Mihai-Dan Pop M.Sc.**  
**Daniel Weilke M.Sc.**  
**Dr. sc. tech. Hans Grassl**  
Ingenieurbüro Grassl GmbH,  
München

##### Bauherr

Bundesrepublik Deutschland

##### Ausschreibung, Vergabe und Leitung der Maßnahme

Die Autobahn GmbH des Bundes,  
Niederlassung Westfalen, Außenstelle Hagen

##### Bauwerksentwurf, Ausführungsplanung und Bauausführung

Arbeitsgemeinschaft A 45 Neubau Talbrücke Rahmede:  
Habau Hoch- und Tiefbaugesellschaft m.b.H.,  
Perg, Österreich  
Bickhardt Bau SE, Kirchheim  
MCE GmbH, Linz, Österreich  
mit Ingenieurbüro Grassl GmbH, München

##### Prüfingenieure

Dr.-Ing. Berthold Dobelmann, Bochum  
Dipl.-Ing. Ulrich Fust, Bochum

##### Baugrundgutachter

Dr. Spang Ingenieurgesellschaft für Bauwesen,  
Geologie und Umwelttechnik mbH, Witten

##### Bauoberleitung und Bauüberwachung

Ingenieurgemeinschaft:  
eberhardt – die ingenieure GmbH  
Schübler-Plan Ingenieuresellschaft mbH  
SSF Ingenieure AG

# Ingenieurdienstleistungen

## Straßen-, Brücken-, Ingenieurbau und Straßenverkehrstechnik

- › Bauwerksprüfungen für alle Baulastträger
- › Bauwerksprüfungen im Unterwasserbereich
- › Bauwerksprüfungen mit Höhenzugangstechnik
- › Stahl- und Maschinenbau
- › Nachtragsmanagement
- › Überwachung Stahlbau- / Korrosionsschutzarbeiten
- › HOAI Lph 1-9
- › Bauüberwachung
- › Vermessung
- › SiGeKo
- › Sicherheitsaudit



Hintergrundbild: Friesenbrücke Weener

Tecklenburg ▪ Rhein-Main ▪ Nordhorn ▪ Münster ▪ Magdeburg ▪ Dresden ▪  
Brohtal ▪ Berlin ▪ Belm ▪ Arnsberg

Statik und Vergabe

## Ersatzneubau der Rader Hochbrücke

■ ■ ■ von Thomas Lechner, Martin Steinkühler

Die 1972 mit dem Bau der Bundesautobahn A 7 errichtete Rader Hochbrücke ist ein Bauwerk der Superlative. Mit einer Länge von ca. 1.500 m und in einer lichten Höhe von 42 m überspannt sie den Nord-Ostsee-Kanal sowie die Rader Insel und den Borgstedter See. Da die bestehende Brücke dem gestiegenen Verkehrsaufkommen nicht mehr gewachsen ist, wird ein Ersatzneubau notwendig, der sich bereits in Realisierung befindet. In diesem Beitrag wird über die Vergabe des Neubaus im Zuge eines Verhandlungsverfahrens und über die vorher erstellte Genehmigungsplanung berichtet.

### 1 Rückblick

#### 1.1 Bestandsbauwerk

Das Bestandsbauwerk der Rader Hochbrücke wurde von 1969 bis 1972 errichtet und ist eine über 15 Felder durchlaufende filigrane Deckbrücke als Stahlkonstruktion mit einem einteiligen Querschnitt. Sie überspannt den Nord-Ostsee-Kanal, die Rader Insel und den Borgstedter See (Bild 1).

Der 29,50 m breite Stahlüberbau wurde als zweistegiger Plattenbalken mit orthotroper Fahrbahnplatte und offenen I-förmigen Hauptträgern ausgeführt (Bild 2). Die Hauptträger haben untereinander einen Abstand von 17 m, die orthotrope Platte krägt dementsprechend beidseitig um 6,25 m aus [1]. Die Konstruktion weist die für die damalige Zeit typischen minimalistischen Konstruktionsabmessungen mit engmaschigen Blechabstufungen und dem häufigen Wechsel der früher üblichen Stahlgüten St 37 und St 52 auf.

Die für den damaligen Verkehr materialsparend optimierte Rader Hochbrücke ist dem gestiegenen Verkehrsaufkommen nicht mehr gewachsen. Insbesondere die Intensität des Schwerverkehrs hat dem Bauwerk zu schaffen gemacht. Gravierende Schäden an den Pfeilerköpfen führten 2013 bereits zu einer Teilspernung für Lkws über 7,50 t, die nach einer Instandsetzung wieder aufgehoben werden konnte. Ein Gutachten zur Beurteilung des Überbaus ergab eine eingeschränkte Restnutzungsdauer bis Ende 2026, weshalb kurzfristig die Planung für den Ersatzneubau eingeleitet wurde.



1 Bestandsbauwerk der Rader Hochbrücke über den Nord-Ostsee-Kanal  
© DEGES GmbH



2 Querschnitt des Bestandsbauwerks  
© aus [1]



3 Finaler Entwurf des Ersatzneubaus  
© DEGEG GmbH



4 Finale Form von Voute und Hybridpfeilern  
© DEGEG GmbH

## 1.2 Entwurfsplanung

Im Zuge einer Variantenuntersuchung fiel die Wahl auf eine gevoutete Deckbrücke in Stahlverbundbauweise. Im Hauptfeld mit mehr als 200 m Spannweite sollte eine integrale Hybridbauweise für die notwendige Steifigkeit sorgen. Obenliegende Tragwerke wurden aufgrund der vorliegenden Verhältnisse und der Höhenlage des Bauwerks mit 50 m über dem Grund unter anderem aus gestalterischen Aspekten ausgeschlossen. Obwohl in Deutschland bisher noch keine Stahlverbundbrücke mit einer Spannweite von mehr als 200 m als Deckbrücke realisiert wurde, lag die Überzeugung vor, dass diese innovative Bauweise für die Rader Hochbrücke die beste Lösung darstellt.

Die Entwurfsplanung führte zu Regelstützweiten von ca. 80 m. Über dem Nord-Ostsee-Kanal wurde die Hauptstützweite mit 224 m festgelegt. Sie ist damit noch etwas größer als beim Bestandsbauwerk (Bild 3).

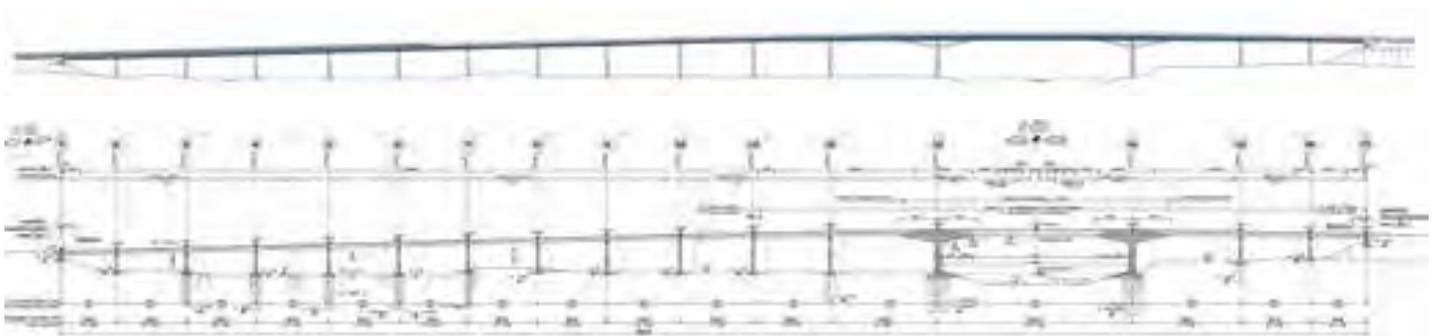
Das Tragwerk wird im Bereich des Kanals als gevoutete hybride Rahmenkonstruktion ausgeführt. Die massiven Kanalpfeiler werden dabei durch Betonvouten erweitert, die monolithisch mit der Stahlverbundbrücke in Kastenbauweise verbunden sind.

Die genaue Ausbildung der Pfeiler und der Betonvouten ergab sich aus einem Zusammenspiel der gestalterischen Vorschläge mit den statischen Notwendigkeiten und dem Zwangspunkt des frei zu haltenden Lichtraums für die Schifffahrt. Hierbei wurden iterativ die Mindestabmessungen zur Lastabtragung sowie die Maximalabmessungen zur Begrenzung der Steifigkeiten mit den Gestaltungs-ideen abgeglichen und schließlich in Einklang gebracht.

Die finale Lösung, die in Bild 4 zu sehen ist, gelang letztlich, als die Voute von einer parabelförmigen in eine gerade Form in Analogie einer Schrägstrebe abgeändert wurde, die sich aus dem Untergurt und dem Steg zusammensetzt. Die Form des Untergurts, die sich bis zur Basis der Pfeiler fortsetzt, ermöglichte für die Kanalpfeiler eine breite Basis zur Lastabtragung von zum Beispiel Windlasten und somit auch reduzierten Zwangsschnittgrößen des integralen Systems. Das Resultat ist eine innovative Lösung, die in dieser Dimension weltweit wohl einmalig sein dürfte.

Im September 2017 wurde entschieden, den Ersatzneubau im Hinblick auf einen zukünftigen sechsstreifigen Ausbau der A 7 zu planen. Die Gesamtbreite vergrößerte sich damit auf 37,10 m. Die neue Querung besteht aus zwei getrennten Teilbauwerken für jeweils eine Richtungsfahrbahn der A 7. Um den Verkehr auch während des Baus vollständig aufrechtzuerhalten, wird zunächst das schon in Realisierung befindliche östliche Teilbauwerk (Fahrrichtung Flensburg) unmittelbar neben dem Bestand errichtet. Danach wird der Verkehr mit einer 4+0-Verkehrsführung über das neuerrichtete Teilbauwerk geleitet.

Damit besteht Baufreiheit für den Rückbau der Bestandsbrücke und die Realisierung des zweiten Teilbauwerks (Fahrrichtung Hamburg). Nach der Gesamtfertigstellung kann der Verkehr dann mit jeweils drei Fahrstreifen über die beiden neuen Überbauten geführt werden. Weitergehende Informationen zum Bestandsbauwerk sowie zur Vor- und Entwurfsplanung finden sich in [2].



5 Übersichtsplan zur Rader Hochbrücke  
© Schübler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH/SSF Ingenieure AG

2 Genehmigungsstatik

2.1 Überblick

Aufgrund der innovativen Bauweise und des hohen Schwierigkeitsgrads bei Planung und Herstellung des neuen Bauwerks wurde entschieden, dass vor der Vergabe eine geprüfte Genehmigungsplanung vorliegen sollte, um alle »Knackpunkte« des Bauwerksentwurfs statisch bis in die Ausführungsreife untersucht zu haben. Dies sollte sicherstellen, dass sich der Entwurf in der gewählten Form realisieren lässt.

Der Neubau der Rader Hochbrücke wurde, wie in Bild 5 dargestellt, mit Stützweiten von 64 m + 2 × 80 m + 84 m + 4 × 80 m + 84 m + 88 m + 124 m + 224 m (Kanalfeld) + 124 m + 80 m + 64 m geplant.

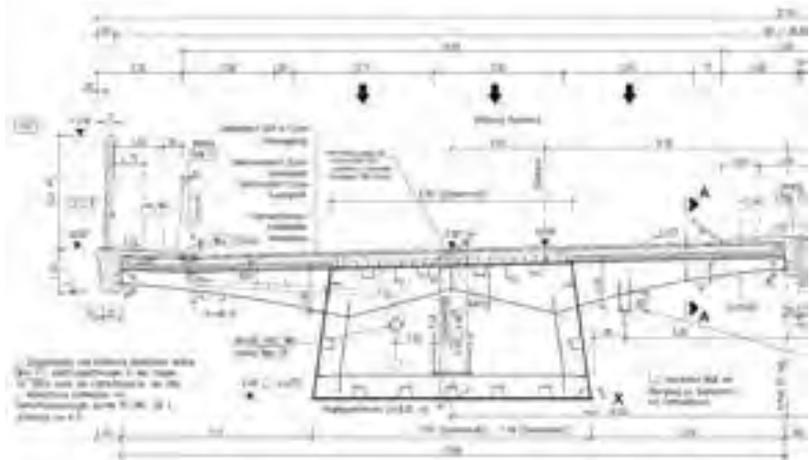
Alle Lagerachsen sind rechtwinklig zur Bauwerksachse angeordnet und in jeder Achse gibt es ein querfestes Lager. Die Kanalpfeiler in den Achsen 130 und 140 sind über die Betonvouten integral mit dem Überbau verbunden. Sie bilden somit auch den Festpunkt in Brückenlängsrichtung.

Im Zuge der Genehmigungsstatik für den Überbau und die Unterbauten wurde ein besonderes Augenmerk auf die konstruktive Durchbildung des Stahlbaus sowie der Hybridpfeiler gelegt und diese wurden detailliert untersucht. Hierzu erfolgte die Modellierung des Überbaus sowie der Kanalpfeiler inklusive der Bewehrung als BIM-Projekt in 3-D. So konnten mögliche Konfliktstellen bzw. Probleme bereits in dieser »vorgezogenen« Statik sehr früh erkannt werden.

2.2 Regelquerschnitt

Der Regelquerschnitt liegt als geschlossener Stahlhohlquerschnitt vor mit auskragenden seitlichen Konsolen und mit einer Verbundfahrbahnplatte mit 35 cm Dicke, bestehend aus Fertigteilen und Ortbetongergänzung. Wie sich in Bild 6 erkennen lässt, ist der Kastenbergurt schmaler als der -untergurt, wodurch eine Kastenaufweitung nach unten erreicht wird.

Die Konstruktionshöhe beträgt im Regelbereich 4 m. Zur Anpassung der Konstruktionshöhe an die Stützweiten erfolgt im Bereich der Gradientenkuppe (Hochpunkt über dem Nord-Ostsee-Kanal) eine Ausrundung des Untergurts mit einem größeren Radius als dem Kuppenradius. Die so entstehende variable (sichelförmige) Überbauhöhe reicht ungefähr von Achse 110 bis 160. Die maximale Konstruktionshöhe ergibt sich zu 6 m in Kanalmitte. Die Neigung der Kastenstege bleibt konstant, weshalb sich der Kastenuntergurt in diesem Bereich verbreitert.



6 Regelquerschnitt des Überbaus  
© Schüßler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH/SSF Ingenieure AG



7 BIM-Modell des Regelquerschnitts  
© Schüßler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH/SSF Ingenieure AG

Die Konsolträger werden mit einem offenen Querschnitt ausgeführt und besitzen, genau wie die Querrahmen, einen Abstand von 4 m. Die maximale Konsolträgerlänge beträgt 5,60 m bei einer Höhe von 1,20 m. Wie auf Bild 7 zu erkennen ist, wird jeder zweite Querrahmen zur besseren Aussteifung des Kastenquerschnitts verstärkt ausgeführt.

2.3 Querschnitt im Kanalbereich

Im Bereich der Kanalpfeiler und über dem Nord-Ostsee-Kanal kommt abweichend vom Regelquerschnitt eine so genannte Orthoverbundplatte über eine Länge von ca. 310 m zum Einsatz. Die Kombination aus klassischer orthotroper Platte und Verbundfahrbahn (mit nur 15 cm Betondicke) führt zu einer sehr leichten, aber gleichzeitig robusten Konstruktion.

Insbesondere die Gewichtsreduktion im Bereich des Kanalfelds war ein wichtiger Faktor zur Auswahl dieser Bauweise, für die aufgrund der geringen Ortbeton-schicht eine Zustimmung im Einzelfall (ZiE) erforderlich wurde, die im Wesentlichen die Ermüdungsnachweise der Kopfbolzendübel betraf.

Die Nachweisführung für die Orthoverbundplatte erfolgte mit Hilfe eines detaillierten Schalenmodells, mit dem die lokalen Effekte für die Beanspruchung der Kopfbolzendübel abgebildet werden konnten. Bild 8 zeigt den Querschnitt im Kanalfeld des Nord-Ostsee-Kanals und einen Ausschnitt aus dem Finite-Elemente-(FE-)Modell, bei dem die Trapezsteifen und das Deckblech in der Untersicht zu erkennen sind.



8 BIM-Modell des Kanalquerschnitts mit Orthoverbundplatte und FE-Modellierung  
© Schüßler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH/SSF Ingenieure AG



9 BIM-Modell des Hybridpfeilers  
© Schübler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH/SSF Ingenieure AG

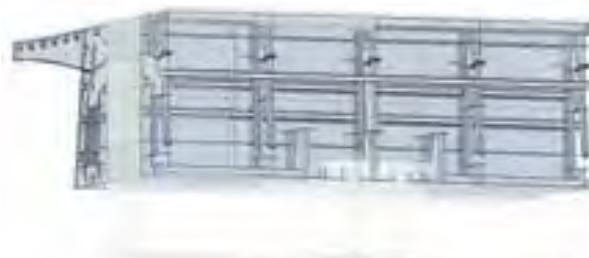


10 Detaillierte Modellierung von Stahlbau und Bewehrung am Hybridpfeiler  
© Schübler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH/SSF Ingenieure AG

## 2.4 Kanalpfeiler

Der Beton der Kanalpfeiler-Vouten bindet mittig in den Hohlkastenquerschnitt ein und teilt in diesem Bereich den Stahlquerschnitt in zwei seitlich verlaufende kleinere Hohlkästen, die über Querrahmen miteinander verbunden sind und damit insgesamt vier Stege aufweisen. Die Verbindung des Stahlüberbaus zu den Betonvouten der Kanalpfeiler erfolgt flächig über Kopfbolzendübel an den inneren Stegen der Hohlkästen. Bild 9 zeigt das BIM-Gesamtmodell des Hybridpfeilers, bei dem sowohl der Stahlüberbau als auch Beton und Bewehrung enthalten sind.

Im Anfangs- und Endbereich der Voutenausbildung werden die Kräfte vom reinen Stahl- auf den Hybridquerschnitt mit innenliegendem Beton übertragen (Bild 10). Dort wird neben Kopfbolzendübeln auch mit massiven Zug- und Druckplatten sowie entsprechender Bewehrungsführung gearbeitet, um die Lasten vom Stahl in den Beton umleiten zu können.



11 BIM-Modell: Übergang vom Regelquerschnitt zum Orthoverbund  
© Schübler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH/SSF Ingenieure AG

Zur Reduktion des Steifigkeitsunterschieds zwischen den beiden Querschnittstypen erfolgt die Einbindung der Betonvoute in den Stahlquerschnitt schrittweise über mehrere Querrahmenfelder.

Bei der konstruktiven Durchbildung der Bewehrung wurde anhand der 3-D-Modellierung darauf geachtet, dass es nicht zu Kollisionen zwischen Bewehrung und Stahlbau, insbesondere den Kopfbolzendübeln, kommt und dass die Bewehrung im Hinblick auf das gewählte Bauverfahren im Voutenbereich einbaubar ist.

Neben dem Anfangs- und Endbereich der Voute war vor allem der Knotenbereich, wo der Untergurt der Voute in den Pfeiler und der Pfeiler dann weiter in den Stahlüberbau läuft (Bild 11), von besonderer Bedeutung. Für beide Bereiche wurde aufgrund der hohen Bewehrungskonzentration ebenfalls eine 3-D-Planung vorgenommen und die Bewehrung auf das vorgesehene Herstellkonzept abgestimmt.



© DEGES/Wolfframm



SSF Ingenieure

## Kompetenz trifft Innovation. Wir planen Zukunft.

Partnerschaftliche Zusammenarbeit und Bauwerke, die begeistern. Das ist SSF Ingenieure – seit über 50 Jahren.

### A7 / Rader Hochbrücke

Ersatzneubau in semiintegraler Bauweise über den Nord-Ostsee-Kanal, Hauptstützweite 224 m

### SSF Leistungen

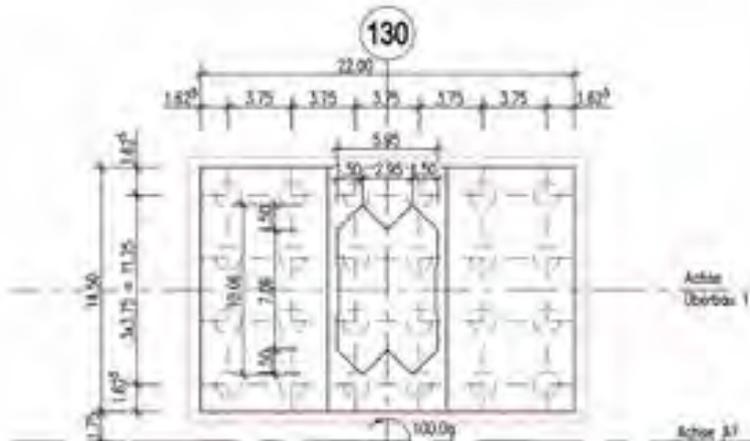
Tragwerksplanung

[ssf-ing.de](http://ssf-ing.de)

2.5 Gründungen

Alle Pfeiler werden mit Tiefgründungen mit Großbohrpfählen aus Stahlbeton hergestellt. Im Bereich des Borgstedter Sees, also an den Achsen 40–60, ist die Pfahlherstellung vom Wasser aus vorzunehmen. Die Realisierung der Großbohrpfähle mit 1,50 m Durchmesser sollte von einer Arbeitsplattform aus erfolgen, die schwimmend im Bereich der zu errichtenden Pfähle positioniert und in der Lage fixiert wird. Die Pfähle im Borgstedter See werden im oberen Bereich mit Hülssenrohren ausgeführt, da unterhalb der Gewässersohle eine Muddeschicht mit großer Mächtigkeit ansteht. Es war geplant, die genaue Pfahlposition aufzumessen und daraufhin eine verlorene Betonschalung zur Herstellung der Pfahlkopfplatte anzufertigen. Die Sohle war als Fertigteil geplant, die Wände sollten schließlich noch in Ortbeton vor Ort ergänzt werden.

Die Kanalpfeilergründungen werden ebenfalls mit Großbohrpfählen ausgeführt. In der Entwurfsplanung ergaben sich dabei Abmessungen der Pfahlkopfplatten von 24,00 m × 18,00 m mit 24 Bohrpfählen (d = 1,80 m, l = 45,00 m). Auf Basis von Pfahlprobelastungen und unter Berücksichtigung der Plattenwirkung der bis zu 5,50 m dicken Pfahlkopfplatte konnten die Abmessungen im Zuge der Genehmigungsplanung deutlich reduziert werden. Dazu erfolgte der Nachweis der äußeren Standsicherheit der Gründung als kombinierte Pfahl-Platten-Gründung (KPP) durch den Bauwerksachverständigen mit Hilfe von 3-D-FE-Berechnungen. Auf Basis erster Ergebnisse zu den Beanspruchungen der KPP wurde mit Hilfe dieser Berechnungen auch die hieraus resultierende Gründungssteifigkeit ermittelt. Mit den nun vorliegenden Gründungssteifigkeiten wurde eine erneute Tragwerksberechnung der Rader Hochbrücke durchgeführt, um die neuen Kräfte für die Gründungen zu ermitteln. Auf Basis von Sensitivitätsstudien sowie von definierten oberen und unteren Grenzwerten für die Steifigkeit der Gründung und der Kanalpfeiler konnte schließlich iterativ die finale Lösung für die KPP der Kanalpfeiler erarbeitet werden.



12 Kanalpfeilergründung in der Draufsicht © Schüssler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH/SSF Ingenieure AG

Wie auf Bild 12 zu erkennen ist, ließ sich die Abmessung der Pfahlkopfplatte auf 22,00 m × 14,50 m reduzieren. Es werden weiterhin 24 Pfähle notwendig. Die Durchmesser haben sich jedoch auf 1,50 m und die Länge auf 31,00 m verkürzt. Mit einer Dicke bis zu 5,50 m liegt auch weiterhin eine Gründung vor, die die enormen Lasten aus der Hauptöffnung über dem Kanal inklusive der großen Momentenbeanspruchungen infolge Rahmenwirkung abtragen kann.

2.6 Bauablauf und Montage

Jede Statik für Brückenbauwerke benötigt als Grundlage einen vorgesehenen Bauablauf, der wesentlich vom gewählten Bauverfahren abhängt. Gerade bei Großbrücken können Bauzustände bemessungsrelevant sein. Wird die Statik »vorgezogen«, also vor der Ausschreibung und ohne die Kenntnis der vom späteren Auftragnehmer Bauausführung präferierten oder teils auch möglichen Bauverfahren erstellt, werden im Allgemeinen bewährte Verfahren gewählt, die schon häufiger in der Praxis zur Anwendung kamen.

Im vorliegenden Fall wurden für den Bauablauf die folgenden Annahmen getroffen:

- Gründung im Borgstedter See schwimmend vom Wasser aus sowie Herstellung der Pfahlkopfplatten als verlorene Schalung
- Taktschieben des Stahlüberbaus nur von Norden aus bis zur Achse 110 im Bereich einer konstanten Untergurtbreite des Überbaus
- Kranmontage kombiniert mit Litzenhub von der Achse 110 bis zum Beginn der Voute bei Kanalpfeiler Achse 130 und im Süden zwischen Beginn der Voute in Achse 140 und Achse 170

- im direkten Bereich der Hybridpfeiler mit Betonvouten Kranmontage des Stahlüberbaus im Freivorbau sowie mit abschnittsweiser nachträglicher Betonage der Vouten an Hängeschalungen unterhalb des bereits vorhandenen Stahlüberbaus
- Einhub des Kanalfelds per Litzenheber (Länge: ca. 120 m) über dem Nord-Ostsee-Kanal zwischen den Enden der Betonvouten

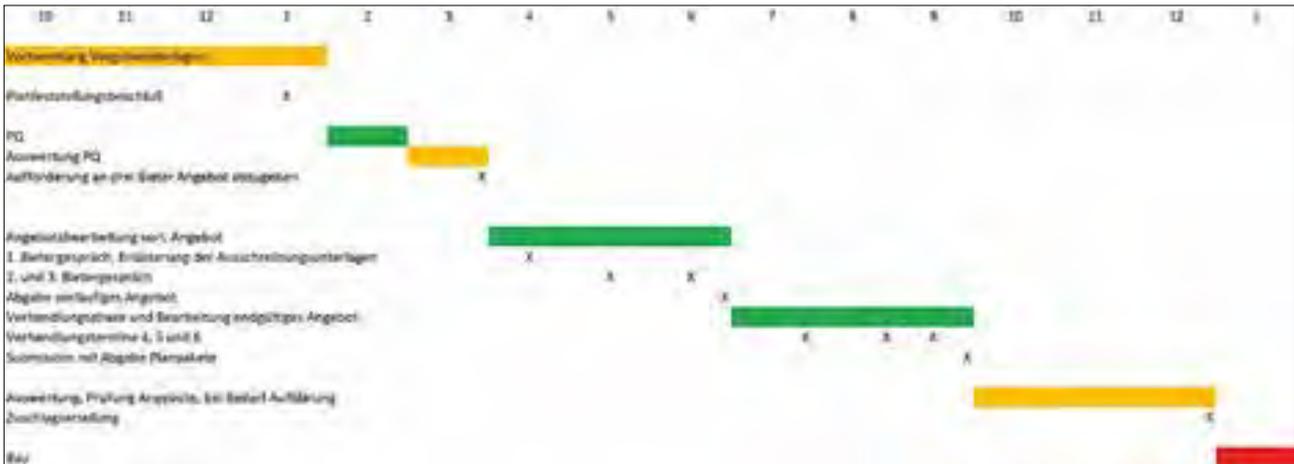
3 Vergabe als Verhandlungsverfahren

3.1 Übersicht und Ablauf des Verfahrens

Die seitens der Planer gewählten Bauverfahren waren machbar, aber es erschien durchaus möglich, dass Bieter andere Ideen haben, die sich positiv auf Kosten und Bauzeit auswirken. Da Nebengebote für öffentliche Bauherren wegen der damit verbundenen Wertungskriterien und dem Rüterisiko problematisch sind, wurde ein dreistufiges Verhandlungsverfahren gewählt (Bild 13):

- 1) Teilnahmewettbewerb mit Präqualifikation
- 2) Auftraggeberseitiges Vorstellen des Projekts, bieterseitige Einarbeitung und indikatives Angebot
- 3) Bieterseitige Optimierungen in zugelassenen Teilpauschalen und finales Angebot

Das eigentliche Verhandlungsverfahren wurde auf drei Bieter mit entsprechenden Referenzen beschränkt. Diesen wurden dann umfangreiche Ausschreibungsunterlagen mit einer grüdgeprüften auftraggeberseitig erstellten Genehmigungsstatik übergeben.



13 Ablauf des Verhandlungsverfahrens bei Los 3.1 der Rader Hochbrücke  
© DEGES GmbH

Mit dem finalen Angebot hatte jeder Bieter Planungspakete abzugeben. Der Bieter mit der besten technischen Lösung sollte das wirtschaftlichste Angebot abgeben.

Im Verhandlungsteam des Auftraggebers (AG) saßen auch der Planer der Genehmigungsstatik sowie der Prüfenieur. Diese berieten den AG in der Bewertung der Optimierungsvorschläge.

Um die Zeit für ein Verhandlungsverfahren zu gewinnen, wurden vorlaufende Bauleistungen wie Baustraßen in einem bauvorbereitenden Los ausgeschrieben und parallel zum Verhandlungsverfahren ausgeführt. Nach Zuschlagserteilung sollte der Auftragnehmer (AN) in der Lage sein, unmittelbar mit den Bauleistungen zu beginnen.

### 3.2 Verhandlungsgegenstände

Seitens des AG waren drei Verhandlungsgegenstände vorgesehen, die die Art der Herstellung betrafen. Das Bauwerk sollte am Ende im Wesentlichen dem Entwurf entsprechen, der auch die Grundlage des Planfeststellungsverfahrens war. Aber die Bauweise sollte dem AN überlassen werden. Dazu wurden die betreffenden Positionen des Leistungsverzeichnisses (LV) in drei Teilpauschalen zusammengefasst:

- Teilpauschale 1: Gründung im Borgstedter See bis Oberkante Pfahlkopfplatte
- Teilpauschale 2: Herstellung der Kanalpfeiler mit den Vouten ab Oberkante Pfahlkopfplatte
- Teilpauschale 3: Herstellung des Stahlüberbaus

Zu jeder Teilpauschale lag ein Unter-LV mit Mengen vor. Die Bieter konnten nun wählen: Angebot auf den »Amtsentwurf« oder Erarbeitung eines optimierten Alternativvorschlags mit einer entsprechenden AN-seitigen Anpassung des Unter-LVs. Mit Beauftragung sollten diese Teilpauschalen so weit pauschaliert werden, dass die Bieter für ihre Änderungen an der Genehmigungsstatik des AG auch verantwortlich sind.

Die Bieter waren aufgefordert, ihre Optimierungsvorschläge vor Abgabe des Angebots in vertraulichen Verhandlungsrunden mit dem AG zu besprechen und sich selbige vor Abgabe des Angebots auch technisch bestätigen zu lassen. So sollte ausgeschlossen werden, dass Angebote eingehen, die die Mindestkriterien nicht einhalten. Als Ergebnis sollte auch die Bauzeit eingehalten werden. Die Terminplanung des Bieters ging in die Wertung der Angebote mit ein.

### 3.3 Bieteranschläge

Bieter 1 arbeitete verschiedene Optimierungsvorschläge aus. Die Gründung im Borgstedter See sollte mit zwölf 180er Bohrpfählen (statt 16 Stück 150er) von einer Hubinsel aus eingebracht werden. Für die Herstellung der Pfahlkopfplatte wollte er die verlorene Schalung komplett in einem Stück vorfertigen und nach Realisierung der Bohrpfähle einschwimmen.

Für die Hybridpfeiler sah Bieter 1 vor, sie weitestgehend vor dem Stahlüberbau herzustellen und die Vouten mittels Freivorbaugerät anzufertigen.

Der Überbau sollte dann komplett bis an den Kanal geschoben werden, sowohl von Norden als auch von Süden. Dies bedeutete wegen der veränderlichen Untergurtbreite des Überbaus seitenverschiebliche Verschiebewippen. Nach dem Abstapeln des Überbaus sollte dann die Voute vervollständigt werden.

Bieter 2 befand den Amtsentwurf als sehr gut und sah für sich keine Notwendigkeit, hier nach anderen Bauweisen oder Optimierungen zu suchen. Er scheute das Risiko einer AN-seitigen Planungsänderung und stellte im Laufe des Verfahrens nur marginale Verbesserungen vor.

Bieter 3 überraschte mit den weitestgehenden Vorschlägen. Er fragte an, ob die Änderung der Höhe des Überbaus im Bereich der Kanalpfeiler nicht auch mit einer konstanten Untergurtbreite ausgeführt werden könnte. Dazu hätte man in diesem Bereich das Stegblech verwenden müssen, welches gemäß Amtsentwurf eine konstante Neigung hatte. Bieter 3 wollte also auch bis zum Kanal schieben, sogar bis zur Kanalmitte, und damit auf den Schlusseinhub des Kanalfelds verzichten. Und er schlug vor, die Orthoverbundplatte über die komplette Überbaulänge einzubauen. Damit konnte er auf eine zeitraubende Fertigteilmontage verzichten. Für den Bereich der Voute wurden ebenfalls umfangreiche Verbesserungen vorgeschlagen. Nach außen wäre das Erscheinungsbild des Bauwerks identisch geblieben, das statische System der Voute hätte sich aber geändert. Da ein Teil seiner Vorschläge mit den Mindestkriterien kollidierte, die technische Idee aber überzeugend war, wurden AG-seitig die Mindestkriterien im Laufe des Verfahrens angepasst und allen Bietern mitgeteilt.



14 Taktziehen von Norden im November 2024  
© DEGES GmbH/Wohlfromm

### 3.4 Zuschlagserteilung

Bei der Submission lag schließlich Bieter 1 vorn. Sein Konzept war die Basis für das wirtschaftlichste Angebot. Die unterlegenen Bieter wurden für ihren Aufwand und die Teilnahme an diesem Verfahren mit je 300.000 € entschädigt.

Der Auftrag wurde am 5. Dezember 2022 an die Arbeitsgemeinschaft aus Implenia, Plauen Stahl Technologie und Zwickauer Sonderstahlbau erteilt.

Da bereits während der Verhandlungsphase umfangreiche statische Unterlagen seitens der Bieter erstellt wurden, war ein kurzfristiger Baubeginn möglich.

### 4 Fazit

Nach dem Abschluss der Entwurfsplanung wurde die Komplexität der Planungs- und Bauaufgabe der neuen Rader Hochbrücke für alle Beteiligten deutlich. Daher wurde entschieden, den Baufirmen schon bei der Auftragsvergabe eine geprüfte Statik zur Verfügung zu stellen. Um die Erfahrung und das Wissen der Baufirmen bei der Herstellung dieser innovativen Großbrücke dennoch berücksichtigen zu können, erfolgte die Vergabe in Form eines Verhandlungsverfahrens. Dabei wurde den beteiligten Bietern die Freiheit gelassen, in abgesteckten Grenzen Optimierungen vorzunehmen und den Bauablauf nach ihren persönlichen Vorzügen mit Blick auf Ausrüstung, Personal und Erfahrung anzupassen. Das grundsätzliche Erscheinungsbild der Rader Hochbrücke sollte sich dabei nicht ändern.

Im Zuge des Verhandlungsverfahrens entwickelten die Baufirmen eine Reihe von Ideen für die Bauausführung, die von den bisherigen Planungen abwichen. Durch die vollständig vorliegende geprüfte Genehmigungsstatik konnten diese Ideen während des Verfahrens bewertet und den Bietergemeinschaften wertvolle Hinweise für die weitere Angebotsbearbeitung gegeben werden.



15 Taktziehen von Süden im November 2024  
© DEGES GmbH/Wohlfromm

Die Kombination aus vorgezogener Statik und der Vergabe in einem Verhandlungsverfahren mit Möglichkeiten zur Anpassung des Bauablaufs hat zu einem optimierten Gesamtkonzept für den Neubau der Rader Hochbrücke geführt. Dieses »Erfolgsmodell« kann insbesondere für komplexe Bauaufgaben bei Großbrücken uneingeschränkt empfohlen werden. Wichtig ist dabei, dass alle Beteiligten tatsächlich bereit sind, Ablauf und Struktur des Verfahrens anzunehmen. Die Bauunternehmen sollten, wie früher bei Nebenangeboten, versuchen, die eigenen Ideen und Stärken einzubringen, und der Auftraggeber sollte gemeinsam mit seinem Planer offen für Änderungsvorschläge sein, den Bietern alle vorliegenden Informationen übermitteln und eine echte partnerschaftliche Zusammenarbeit anstreben.

**Autoren:**

**Dr.-Ing. Thomas Lechner**  
Abteilungsleiter Stahl- und Großbrücken,  
SSF Ingenieure AG,  
München

**Dipl.-Ing. Martin Steinkühler**  
Abteilungsleiter Bau Hamburg,  
DEGES Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs-  
und -bau GmbH,  
Berlin

**Literatur**

- [1] Kahmann, R.; Schröter, H.-J.: Die Stahlkonstruktion der Hochbrücke »Rader Insel« über den Nord-Ostsee-Kanal; in: Der Stahlbau, 46. Jg., 1977, Hefte 8 und 9.
- [2] Gebert, G.; Brüchner, J.: Ersatzneubau der Rader Hochbrücke. Technische Innovation und Bauwerksgestaltung; in: Brückenbau, 13. Jg., Ausgabe 1/2, 2021.

**Bauherr**

Die Autobahn GmbH des Bundes, Berlin

**Projektdurchführung**

DEGES Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs-  
und -bau GmbH, Berlin

**Vor- und Entwurfsplanung, Genehmigungsplanung  
und Ausschreibung**

Ingenieurgemeinschaft:  
Schübler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH, Berlin  
SSF Ingenieure AG, München

**Prüfingenieur**

Prof. Dr.-Ing. Karsten Geißler, Berlin

**Bauausführung**

Arbeitsgemeinschaft:  
Implenia AG, Hamburg  
Plauen Stahl Technologie GmbH, Plauen  
Zwickauer Sonderstahlbau GmbH, Zwickau



Zwickauer Sonderstahlbau GmbH

**IHR ZUVERLÄSSIGER PARTNER  
FÜR DEN ANSPRUCHSVOLLEN**

**STAHLBAU**



**Durch unsere traditionsreiche Vergangenheit und  
Erfahrung im Stahl- und Brückenbau können wir  
auch zum Erfolg Ihres Projektes beitragen.**



ZSB Zwickauer Sonderstahlbau GmbH @zsb\_sonderstahlbau

ZSB Zwickauer Sonderstahlbau info@zsb-sonderstahlbau.de

## Außergewöhnliche Herausforderungen in der Planung einer Großbrücke Ersatzneubau der ersten Hochbrücke Levensau

■ ■ ■ von Andreas Meisel, Andreas Rasmus, André Zühlke

Aufgrund des erforderlichen Ausbaus des Nord-Ostsee-Kanals und der materialbedingten Ermüdung des seinerzeit verwendeten Schweißeisens ist der Ersatzneubau der bestehenden, 163 m weit gespannten Fachwerkbogenbrücke bei Kiel geplant. Die zukünftige Spreizbogenbrücke mit ca. 186 m Spannweite muss in der bestehenden Trasse errichtet werden und zudem das bestehende Widerlager Süd überbauen. Dieses Widerlager bleibt als Naturhabitat für eines der größten bekannten mitteleuropäischen Überwinterungsquartiere des Großen Abendseglers, einer streng geschützten Fledermausart, erhalten. Um die verhältnismäßig kurzen Sperrpausen der Verkehrswege einhalten zu können und gleichzeitig die Auswirkungen des Baugrundrisikos zu minimieren, sind die Unterbauten bereits hergestellt bzw. bereichsweise noch in der Bauausführung. Neben den Bauabläufen haben die Anforderungen der Deutschen Bahn großen Einfluss auf die Konzeption und Bemessung des zukünftigen Stahlüberbaus und der Widerlager.



1 Verlauf des Nord-Ostsee-Kanals und Lage der Levensauer Hochbrücken  
© Landeshauptstadt Kiel

### 1 Einführung und Motivation

#### 1.1 Nord-Ostsee-Kanal

Der 1895 fertiggestellte Nord-Ostsee-Kanal (NOK, international: Kiel Canal) ist die meistfrequentierte künstliche Seeschiffahrtsstraße der Welt. Der Kanalbau verfolgte offiziell vorwiegend militärisch-strategische Ziele. Nach acht Jahren Bauzeit wurde der Kanal eröffnet. Bis zu 8.900 Arbeiter bewegten ca. 80 Mio. m<sup>3</sup> Erdreich. Der Kanal war in dieser ersten Ausbaustufe 67 m breit und 9 m tief. Die immer größer werdenden Marineschiffe konnten bereits ab 1900

den Kanal aus geometrischen Gründen nicht mehr passieren. Daher wurde er 1907–1914 das erste Mal ausgebaut. Die Wasserspiegelbreite wurde von 67 m auf 102 m und die Tiefe von 9 m auf 11 m erhöht.

Im Bereich der Levensauer Hochbrücken am nördlichen Rand der Landeshauptstadt Kiel liegt heute die navigatorische Engstelle im Gesamtverlauf des NOK vor (Bild 1).



2 Levensauer Hochbrücken im Juni 2023  
© Wasserstraßenneubauamt Nord-Ostsee-Kanal/Carsten Bernot



3 Erste Levensauer Hochbrücke aus Sicht der Schifffahrt  
© Wasserstraßenneubauamt Nord-Ostsee-Kanal/Carsten Bernot

### 1.2 Levensauer Hochbrücke(n)

Die Einweihung der ersten Levensauer Hochbrücke erfolgte am 3. Dezember 1894 nach nicht einmal zwei Jahren Planungs- und Bauzeit. Mit ca. 163 m Spannweite war sie die am weitesten gespannte Bogenbrücke im Kaiserreich. Die Zweigelenkbögen überspannen den Kanal mit einer lichten Höhe von 42 m. Als Baumaterial kam Schweißisen zur Anwendung [2] [5] [6].

Die zweite Hochbrücke Levensau wurde 1982–1984 errichtet und überführt die B 76 von Kiel nach Eckernförde. Es handelt sich um eine dreifeldrige, stählerne Hohlkasten-Balkenbrücke mit Spannweiten von 92 m, 183 m und 92 m.

### 1.3 Aufgabenstellung

Für den Ersatzneubau und den einhergehenden Kanalausbau sind folgende Gründe zu nennen:

- Das vorhandene Brückenbauwerk überspannt die engste Stelle im Streckenverlauf des NOK. Um den Anforderungen durch gestiegene Schiffsgrößen entgegenzukommen und die Kanalpassagezeiten durch die Ermöglichung von Begegnungsverkehren zu reduzieren, soll der Kanal auf den östlichen ca. 20 km und somit auch im Bereich der Levensauer Hochbrücken verbreitert werden.
- Die bestehenden Bögen ragen deutlich in das Lichtraumprofil für die Schifffahrt (Bild 3). Zum Schutz des bestehenden Bauwerks regeln derzeit organisatorische Maßnahmen den Begegnungsverkehr. Die uneingeschränkte Nutzung des NOK in Lichtraumhöhe und -breite kann nur durch einen Ersatzneubau gewährleistet werden.

- Das vorhandene Brückenbauwerk ist nicht für die nach den heutigen Normen geforderten Anpralllasten aus Schiffsberührungen dimensioniert. Um die uneingeschränkten Anforderungen an die Verkehrssicherheit zu gewährleisten, ist der Ersatzneubau zwingend erforderlich.
- Die technische, aufgrund der Ermüdung des verwendeten Schweißisens vorgegebene Restnutzungsdauer des Brückenüberbaus endete 2024. Daher begleiten jährliche Sonderprüfungen die aktuelle Nutzung am Ende der technischen Lebensdauer. Zusätzlich vorhandene Querschnittsverluste der Tragstruktur erfordern zudem Nutzungseinschränkungen in Form einer halbseitigen Sperrung des Straßenverkehrs auf der Brücke. Ertüchtigungsarbeiten wären mit einem hohen monetären Aufwand und massiven Nutzungseinschränkungen des NOK verbunden und darüber hinaus nicht mit den Ausbauzielen vereinbar.

2009 erteilte daher der Bund der Planungsgruppe für den Ausbau des NOK im Wasser- und Schifffahrtsamt (WSA,

inzwischen umbenannt in Wasserstraßen-Neubauamt Nord-Ostsee-Kanal) Kiel-Holtenau den Auftrag, die bestehende Brücke »HB-Lev 1« durch einen Neubau zu ersetzen. Die Ingenieurgemeinschaft »Erste Hochbrücke Levensau« plant seit 2012 den Ersatzneubau.

Der für den Ersatzneubau erforderliche Planfeststellungsbeschluss nach §14 ff. WaStrG ist seit Februar 2018 bestandskräftig [3]. Es kam zu keinen Klagen, jedoch sind folgende wesentliche Auflagen des Beschlusses zu erfüllen, die im Zuge des Verfahrens mit den Trägern öffentlicher Belange vereinbart worden sind:

- Neubau unter längstmöglicher Weiternutzung des Bestandsbauwerks
  - Neubau in der bestehenden Trasse
  - maximale Sperrzeiten für den NOK und die DB-Strecke nach Vorgabe
  - Umgang mit dem Fledermaushabitat, Erhalt Widerlager Süd, Bauzeitenfenster, Berücksichtigung einer neuen Widerlagerkammer im Norden
- Diese Auflagen haben vor allem in ihrer Kombination einen erheblichen Einfluss auf das Demontage- und Montagekonzept des Ersatzneubaus.

## 2 Planungsrandbedingungen

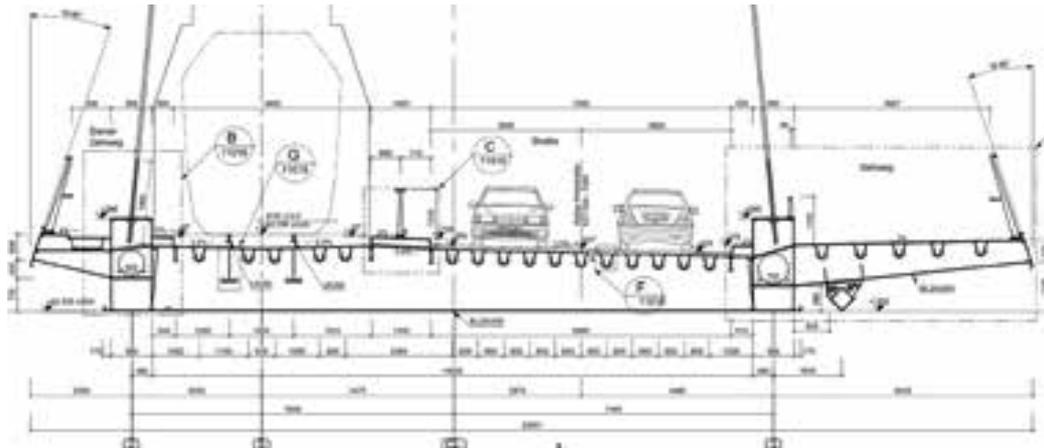
### 2.1 Trasse und Gestaltung

Aufgrund der örtlich beengten Platzverhältnisse zwischen einem Wohngebiet im Westen und der B-76-Brücke im Osten kommt nur ein Ersatzneubau in der bestehenden Trasse in Frage.

Bild 4 zeigt die Zielvariante für den Ersatzneubau: eine Spreizbogenbrücke mit ca. 186 m Spannweite. Die Planungen sehen vor, dass unter anderem die zukünftigen Bogenwiderlager in vorgezogenen Baumaßnahmen neben dem Bestandsbauwerk errichtet werden. Infolgedessen kann der Eisenbahnverkehr über weite Phasen der Bauausführung aufrechterhalten werden.



4 Visualisierung der Zielvariante  
© Ingenieurgemeinschaft Erste Hochbrücke Levensau/Blunck & Morgen Architekten



5 Regelquerschnitt  
© Ingenieurgemeinschaft Erste Hochbrücke Levensau

2.2 Nutzung

Der Ersatzneubau hat analog zum Bestand eine eingleisige Bahnstrecke, eine zweistreifige Kreisstraße und einen kombinierten Geh- und Radweg zu überführen (Bild 5). Des Weiteren wird auch der Dienstweg der Bahn wiederhergestellt. Daneben entsprechen die Entwurfsgeschwindigkeiten ebenfalls dem Bestand und betragen für die Straße 50 km/h und für das Gleis 100 km/h.

2.3 Sperrzeiten

Für die Erstellung des Ersatzneubaus sind zum einen Anforderungen der Schifffahrt zu beachten, so darf die Wasserstraße nicht mehr als 48 h gesperrt werden. Zum anderen ergibt sich aus den Anforderungen des Bahnverkehrs eine Bahnsperre von maximal 130 Tagen. Für die Errichtung der Widerlagergründungen ist darüber hinaus eine zehnwöchige Bahnsperre notwendig gewesen. Der Straßenverkehr kann bei Bedarf über die benachbarte B-76-Brücke umgeleitet werden. Dazu ist es jedoch notwendig, den vorhandenen Status einer Kraftfahrstraße für den Zeitraum der Umleitung aufzuheben.

Für Phasen, in denen der Geh- und Radverkehr eingeschränkt werden muss, wird ein Busersatzverkehr mit Fahrradmitnahmemöglichkeit durch den Bauherrn organisiert.

Im Jahr 1894 bestanden solche Zwänge dagegen nicht (Bild 6). Der NOK war bereits fertiggestellt und mit Wasser gefüllt, aber noch nicht in Betrieb. Daher konnte der Überbau auf einem hölzernen Lehrgerüst errichtet werden.



6 Herstellung der ersten Hochbrücke Levensau auf einem Lehrgerüst aus Holz  
© Wasserstraßenneubauamt Nord-Ostsee-Kanal

2.4 Artenschutz

Die beiden Bestandswiderlager beherbergen eines der größten bekannten mitteleuropäischen Überwinterungsquartiere verschiedener streng geschützter Fledermausarten, insbesondere die des Großen Abendseglers [7]. Voraussetzung für die Genehmigungsfähigkeit des Ersatzneubaus ist die Sicherstellung der Kontinuität der ökologischen Funktion. Daher muss das südliche Bestandswiderlager als »Maßnahme zur Sicherung des Erhaltungszustandes« dauerhaft als Naturhabitat erhalten werden. Um die Population nicht zu gefährden, sind deshalb alle Bauarbeiten während der Überwinterungsphase auf die artenschutzrechtlichen Vorgaben abzustimmen.

Die Fledermäuse überwintern in den frostfreien Spalten zwischen dem Gewölbe und den Flügelwänden (Bild 7). Infolge des Ersatzneubaus muss die Höhe des südlichen Bestandswiderlagers verringert werden. Damit in den von den Fledermäusen bewohnten Spalten die Frostsicherheit dennoch gewährleistet



7 Südliche Gewölbekammer im Jahr 2018  
© WKC Hamburg GmbH

bleibt, wurde bereits 2019 eine thermische Ertüchtigung des Gewölbes ausgeführt. Zudem werden alle Bauaktivitäten von einer Umweltbaubegleitung flankiert. So können Anforderungen zur Verhinderung und Minimierung von Störwirkungen auf die Fledermäuse kontinuierlich beachtet und entsprechende Maßnahmen umgesetzt werden.



**Brücken planen, prüfen und überwachen.**  
Partnerschaftlich in allen Dimensionen  
und Leistungsphasen.

**Generalplanung und Überwachung  
Alte Ostebrücke**

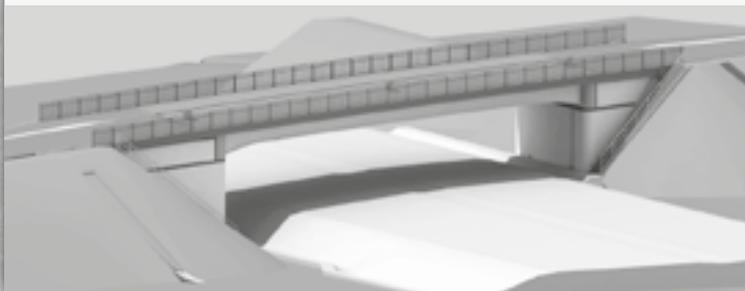


**Instandsetzungsplanung  
Peenebrücke**

**EBA-Prüfung EU Zollkanal**



**BIM-Modell A14-Brücke**



**Generalplanung und Überwachung Brücke Harsefeld**



8 Direkte Schienenbefestigung auf dem Deckblech  
© Ingenieurgemeinschaft Erste Hochbrücke Levensau/  
Ingenieurgesellschaft Dannenberg GmbH

3 Entwurf

3.1 Oberbau

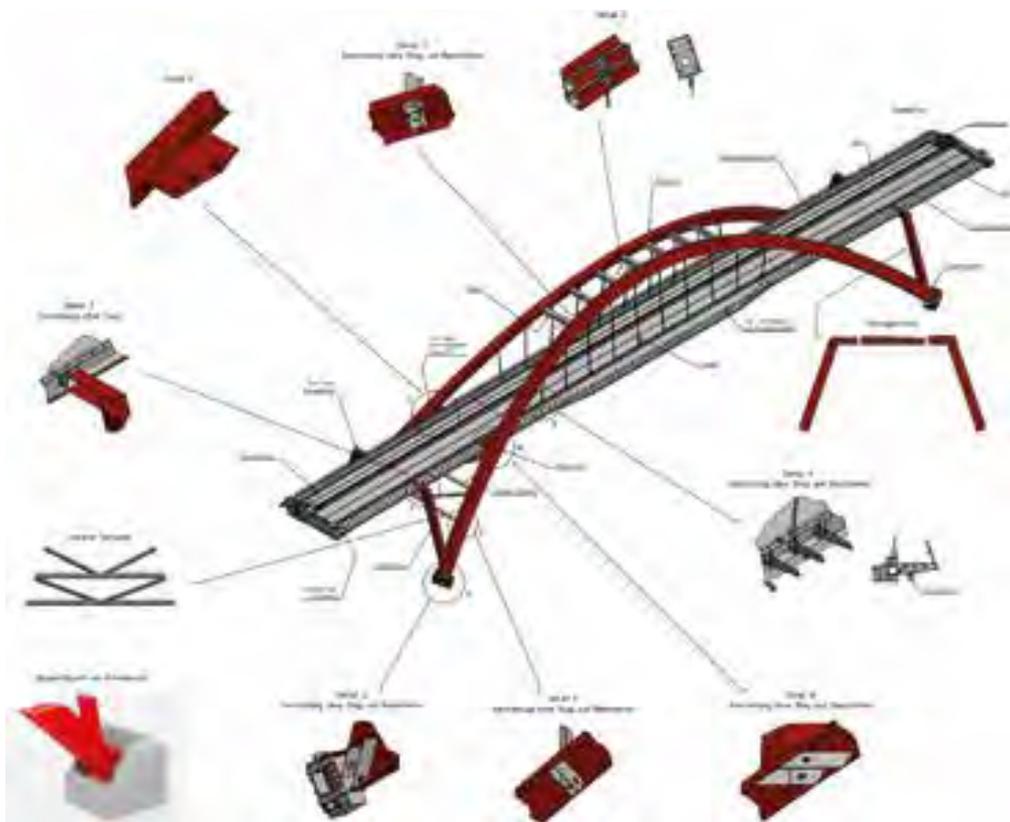
Aufgrund des Lichtraumprofils für die Schifffahrt und der vorgegebenen Gradienten des Gleises beträgt die Höhendifferenz zwischen der Schienenoberkante und der Unterkante des neuen Überbaus lediglich 1,75 m. Gleichzeitig misst die Spannweite der Querträger ca. 15 m. Ein klassischer Schotter-Oberbau kommt daher nicht in Frage. Die Anwendung einer geregelten Feste Fahrbahn mit Gleistragplatten ist aufgrund ihrer Verformungsbeschränkungen auf L/2.000 (vorhanden: L/1.260) ebenfalls nicht umsetzbar. Somit wurde speziell für dieses Projekt eine direkte Schienenbefestigung auf dem Deckblech entwickelt (Bild 8).

Um die Eignung des Überbaus für die Feste Fahrbahn nachzuweisen, wurden die Schienenstellungen wie die Schienenstützpunktkräfte ermittelt. An den Widerlagern sind zur Verringerung der Endtangential-Drehwinkel und zur Einhaltung des maximal zulässigen Abstands der Schienenstützpunkte Ausgleichsplatten des Herstellers Stog vorgesehen. Auf den Widerlagern und zum Teil auf den Dämmen schließt eine geregelte Feste Fahrbahn des Typs »Rheda 2000« an.

3.2 Überbau

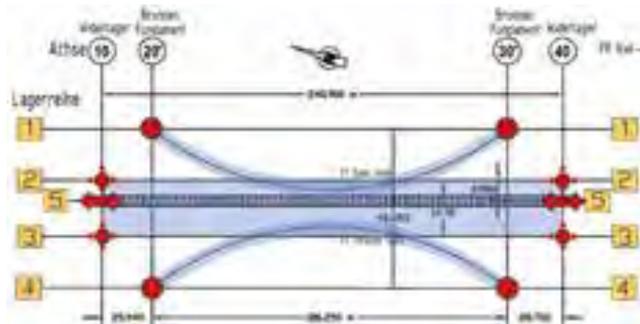
In der Vorplanung vermochte sich die Spreizbogenbrücke mit 186,00 m Spannweite zwischen den Bogenfußpunkten und einer Gesamtlänge von 240,90 m insbesondere aufgrund ihrer gestalterischen Vorzüge gegenüber den Netzbogenvarianten durchzusetzen. Um das Bestandswiderlager Süd lastfrei überbauen zu können, mussten die beiden Bögen an den Fußpunkten auf ca. 42 m gespreizt und um 18,70° zueinander geneigt werden. Bei den Bögen handelt es sich um stählerne Hohlkästen mit einem Querschnitt von 2,00 m x 3,50 m und einem Bogenstich von ca. 48 m (Bild 9).

Die Fahrbahn befindet sich auf etwa halber Bogenstichhöhe und ist mit massiven Querträgern biege- und torsionssteif mit den Bögen gekoppelt. Bei den Versteifungsträgern der Fahrbahn handelt es sich um stählerne Hohlkästen mit einem Querschnitt von 1,00 m x 2,17 m. Die I-förmigen Querträger sind alle 3,10 m angeordnet und bilden gemeinsam mit dem Deckblech und den Trapezsteifen in Längsrichtung die orthotrope Fahrbahn. Unterhalb der Schienen sind zusätzliche I-Profile als Gleislängsträger vorgesehen. Die Versteifungsträger sind im Bogenmittelpunkt an jedem dritten Querträger über Flachstahlhänger von den Bögen abgehängt. Aufgrund der Neigung der Bögen weisen die Hänger unterschiedliche Winkel gegenüber der Brückenlängsachse auf. Nahe den Bogenfußpunkten sind sogenannte Schrägstützen zur zusätzlichen Unterstützung der Versteifungsträger angeordnet.

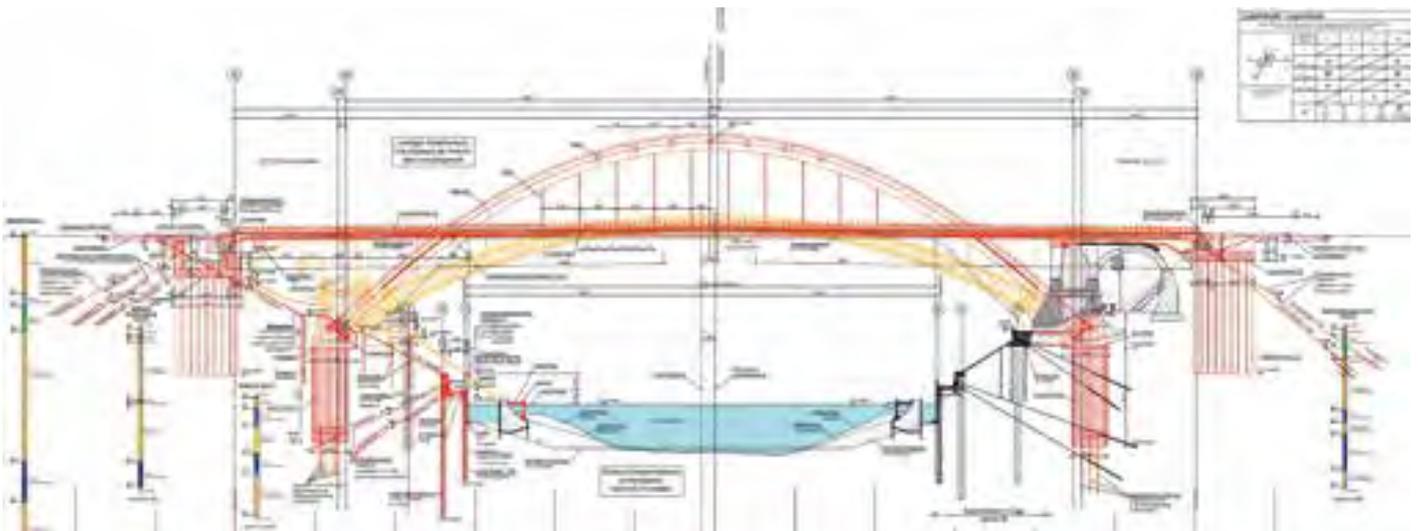


9 Visualisierung des Stahltragwerks inklusive ausgewählter Details  
© Ingenieurgemeinschaft Erste Hochbrücke Levensau

Die Bögen sind oberhalb der Fahrbahn mittels eines Vierendeel-Verbands ausgesteift, unterhalb der Fahrbahn dienen K-Verbands zur Aussteifung. Aus geometrischen Gründen (Kollision mit dem Betriebsweg) können diese Verbände nicht bis zu den Bogenfußpunkten geführt werden. Daher wird der größere Teil der Lasten in Brückenquerrichtung über die Fahrbahnplatte in die Widerlager eingeleitet.



10 Lagerschema  
© Ingenieurgemeinschaft Erste Hochbrücke Levensau



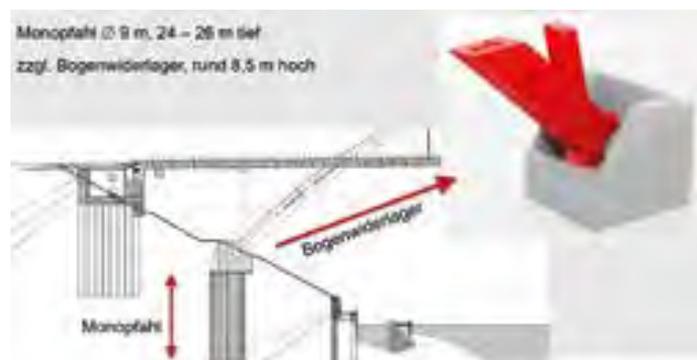
11 Schematischer Längsschnitt inklusive Bogengründung  
© Ingenieurgemeinschaft Erste Hochbrücke Levensau

Die Gesamtlänge des Überbaus beträgt 241 m, die Fläche 4.780 m<sup>2</sup>, die Tonnage im Endzustand insgesamt ca. 5.400 t. Die Bogenfußpunkte in den Achsen 20 und 30 sind gelenkig und allseits unverschieblich gelagert (Bild 10). Hier besteht die Möglichkeit, gegebenenfalls auftretende Setzungen bzw. Setzungsdifferenzen durch den Einbau von Stahlplatten auszugleichen. An den Widerlagern in den Achsen 10 und 40 sind unter den Versteifungsträgern allseits verschiebliche Lager vorgesehen. Um an den Endwiderlagern Zuglager zu vermeiden, sind Ballastgewichte und ein entsprechender Bauablauf erforderlich. Aufgrund der Festen Fahrbahn handelt es sich bei allen Vertikalkraftlagern um Kalottenlager mit reduziertem Lagerspiel. In der Gleisachse liegen doppelt einstellbare H-Kraftlager vor. Um die ca. ± 40 cm großen Längsbewegungen des Überbaus an den beiden Widerlagern aufnehmen zu können, sind Schwenktraversenübergänge geplant.

### 3.3 Unterbauten

Die Wirtschaftlichkeit des Überbaus bedingt eine hohe horizontale Steifigkeit der Gründung an den Bogenfußpunkten. Die Kämpferkräfte der Bögen in Höhe von je 66 MN (Bemessungswert einschließlich 20 % Ausbaureserve) werden in die 8,50 m hohen Bogenwiderlager eingeleitet (Bilder 11 und 12). Aufgrund der geometrisch beengten Platzverhältnisse und der Anforderung, die Gründung des

neuen Überbaus während des uneingeschränkten Betriebs der Bestandsbrücke herzustellen, lagern die Bogenwiderlager auf je einem Monopfahl. Die Monopfähle haben einen Durchmesser d = 9 m und eine Absetztiefe ≤ 26 m. Ihre Herstellung erfolgt über einen überschnittenen Bohrpfehlring, dessen Innenraum ausgehoben, bewehrt und ausbetoniert wird.

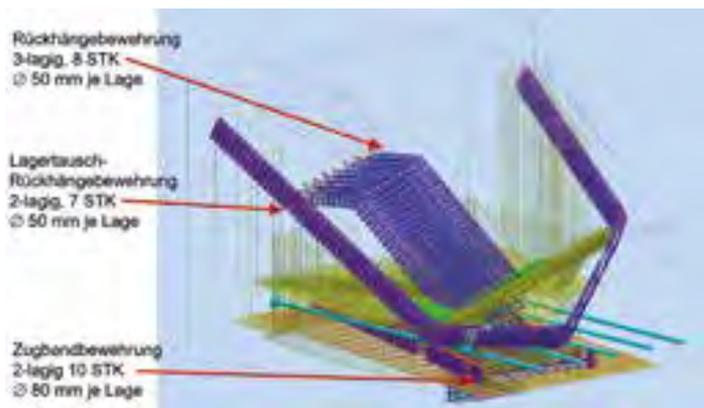


12 Darstellung und 3-D-Modell des Bogenwiderlagers  
© Ingenieurgemeinschaft Erste Hochbrücke Levensau

Die Interaktion des Überbaus mit dem Baugrund wurde in Form von Federsteifigkeiten berücksichtigt. Dabei musste auch beachtet werden, dass der Baugrund extrem heterogen ist und zu starken Kriechverformungen neigt [1]. Die Bogenwiderlager müssen die Abstützung der Bogenfußpunkte auch gestalterisch angemessen repräsentieren. Dies bezieht sich sowohl auf die Geometrie der Bogenwiderlager als auch auf deren Sichtflächen, weshalb dort ein dunkel eingefärbter Sichtbeton zur Ausführung kommt. Die Abdeckung der Bogenwiderlager hat zugleich demontierbar zu sein, um einen zukünftigen Lagertausch vornehmen zu können.

Die Bewehrung der Bogenwiderlager besteht insbesondere an den Oberflächen vorwiegend aus Stäben mit  $d = 20$  mm. Für die Haupttragbewehrung nach Bild 13 sind dagegen Durchmesser  $d = 50$ – $80$  mm in mehreren Lagen erforderlich. Auf der Südseite ist zudem eine Kopplung mit der Bohrpfahlwand der Bestandswiderlager in Form von Einstabankern ( $d = 140$  mm) mit aufgeschmiedeten Endverankerungen geplant. Herausfordernd sind hierbei nicht nur die Bewehrungsgeometrie und die hohen Bewehrungsgrade, sondern auch die bauzeitlichen Baubehelfe aus Profilstahl, um die Bewehrung in ihrer Lage zu halten.

An den Widerlagern der Vorlandfelder Nord und Süd schließen bis zu 18 m hohe Dämme aus locker gelagerten Auffüllungen an. In den Achsen 10 und 40 sind daher die Kastenwiderlager auf Großbohrpfählen mit  $d = 1,50$  m tief gegründet.



13 Haupttragbewehrung der Bogenwiderlager im BIM-Modell  
© Ingenieurgemeinschaft Erste Hochbrücke Levensau

Die Widerlager sind vorwiegend nach Steifigkeitskriterien für die bis zu 3,75 MN hohen Lasten in Brückenquerrichtung dimensioniert. Im nördlichen Widerlager musste aus artenschutzrechtlichen Gründen noch eine 7 m hohe neue Kammer integriert werden.

Die bestehenden Dämme können aus technischen und bauzeitlichen Gründen lediglich erweitert und verstärkt, aber nicht vollständig neu errichtet werden. Außerdem ist davon auszugehen, dass sich die Dämme auch zukünftig um ca. 1 mm/a setzen. Um die Feste Fahrbahn hier dauerhaft schadensfrei vom Damm auf das Widerlager zu führen, wurden biegesteif an die Widerlager angeschlossene Übergangsplatten konstruiert. Infolge der zu erwartenden Dammsetzungen müssen die Übergangsplatten rechnerisch nach 30 Jahren in ihrer Höhe neu ausgerichtet werden.

### 3.4 Bauablauf

Maßgebend für den Bauablauf der Demontage des Bestands und der Montage des Ersatzüberbaus sind die in Abschnitt 2.3 genannten Sperrzeiten, welche zwingend einzuhalten sind. Deshalb müssen sämtliche Tiefgründungsarbeiten vorab und unter weitestgehender Aufrechterhaltung der Verkehre realisiert werden. Für die südliche Uferwand und die Sicherung des Bestandswiderlagers wird hier auf [8] verwiesen. Die Gründung der Bögen erfolgte seitlich neben den vorhandenen Widerlagern und erforderte nur die Sperrung des kanalparallelen Betriebswegs. Für die Herstellung der neuen Widerlager der Vorlandfelder Nord und Süd war unter anderem jedoch eine zehnwöchige Gleissperrpause im Jahr 2024 unvermeidbar. Alle vorbereitenden Arbeiten sollen 2025 abgeschlossen werden.

Die Bauablaufplanung für die 130-tägige Bahnsperrpause sieht vor, dass die neuen Vorlandfelder auf zuvor vorbereiteten Flächen im Süden und im Norden des Baufelds zusammengebaut werden. Im Anschluss werden sie auf den Dämmen mittels SPMTs in Richtung Widerlager verfahren. An den Widerlagern werden zeitgleich Traggerüste errichtet. Die Vorlandfelder werden mit Hilfe von Vorbaustrahlern auf die Querträger der Gerüsttürme vorgeschoben und mittels aufgebrachtener Derricke verstärkt. Von diesen Derricken aus soll der zuvor geleichterte Bestandsüberbau auf einen Ponton abgelassen werden (Bild 14). Für den Ablassvorgang ist ein temporäres Zugband, welches den Bogenschub der Fachwerkbögen aufnimmt, notwendig. Der Mittelteil des über 2.800 t schweren Bestandsüberbaus wird in einem Stück ausgeschwommen und der Verwertung zugeführt.



14 Visualisierung der Demontage des Bestands  
© Ingenieurgemeinschaft Erste Hochbrücke Levensau/Blunck & Morgen Architekten

Der ca. 4.000 t schwere Mittelteil des neuen Überbaus wird außerhalb des Baufelds gefertigt und auf einem Ponton eingeschwommen. Westlich des Baufelds, in der sogenannten Schwartenbeker Kurve, ist dank der Kanalbreite die Drehung des Überbau-Mittelteils möglich. Nach dem Hochstapeln des Überbaus wird er auf einem seilgeführten Ponton seitlich in die Sollage eingeschwommen und von den Derricken weiter angehoben. Nachdem die westlichen Gerüstflügel und die temporären Auflagerquerträger auf den Gerüstträgern vorgeschoben wurden, kann der Mittelteil abgesetzt werden. Der Kanal darf erst ab diesem Zeitpunkt wieder befahren werden. Der Bauablauf in der 48-h-Sperrpause des NOK wurde im Stundentakt geplant.

Die fehlenden Teile des Überbaus, insbesondere die Bogenfußpunkte, werden mittels Kranen, zum Teil Schwimmkrane, eingehoben und miteinander verschlossen. Zuletzt werden die Derricke entfernt, die Schrägstützen ein- und die Gerüsttürme zurückgebaut.



15 Visualisierung der Montage des neuen Überbaus  
© Ingenieurgesellschaft Erste Hochbrücke Levensau/Blunck & Morgen Architekten

#### 4 Aktueller Stand und Ausblick

##### 4.1 Planungen

Derzeit wird die Ausführungsplanung für den Überbau und die Unterbauten durch die Ingenieurgesellschaft fertiggestellt. Die Genehmigungsstatiken liegen zum überwiegenden Teil geprüft vor. Aufgrund der außergewöhnlichen Randbedingungen und der Dimensionen des Projekts sind Abweichungen von den

Regelwerken, wie unter anderem der RiL 804, unvermeidbar. Im Moment wird davon ausgegangen, dass neun unternehmensinterne Genehmigungen (UiG) von der DB eingeholt werden müssen. Diese sind beantragt, zum Teil auch bereits gutachterlich bearbeitet, jedoch noch nicht genehmigt.



Ingenieurgesellschaft  
für Bauwesen



## Brücken planen Zukunft gestalten

BRÜCKEN · BEWEGLICHE BRÜCKEN · STAHLWASSERBAU · KRANE · STAHLHOCHBAU · OBJEKT- & TRAGWERKSPLANUNG · WERKSTATTPLANUNG · FERTIGUNGSÜBERWACHUNG

Kunden aus ganz Deutschland und der ganzen Welt vertrauen auf die Zuverlässigkeit und Qualität unserer Planungen. Mit langjähriger Erfahrung aus verschiedenen Bereichen des konstruktiven Ingenieurbaus bieten wir auch Ihnen durch interdisziplinäres Denken innovative und kreative Lösungen für Ihr Bauwerk.

Lust auf Karriere? Dann melden Sie sich bei uns! Wir bieten ein vielfältiges Aufgabengebiet und spannende Projekte. Für erfahrene Ingenieure und Absolventen (m/w/d).

ANWIKAR CONSULTANTS GmbH · 97080 Würzburg · Telefon 0931 98096-0 · info@anwikar.de

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



16 17 Übersicht: Baufortschritt auf Kanal-Südseite und -Nordseite  
© Wasserstraßenneubauamt Nord-Ostsee-Kanal/Carsten Bernot

4.2 Bauarbeiten

Bei der Herstellung von Brücken kommt es infolge baugrundbedingter Verzögerungen immer wieder zu erheblichen Mehrkosten aufgrund von nicht termingerecht einbaubaren Überbauten. Um dies auszuschließen, wurde bereits 2012 vertraglich festgelegt, die Unterbauten und den Überbau in getrennten Losen auszuschreiben. Um schon während des Planfeststellungsverfahrens mit ersten Bauarbeiten, zum Beispiel der thermischen Ertüchtigung des Bestandswiderlagers Süd, beginnen zu können, wurde die Baumaßnahme schlussendlich in zehn Lose unterteilt.

Die Lose 1–7 sind fertiggestellt bzw. im Bau. Sie umfassen unter anderem die Sicherung des Bestandswiderlagers, die südliche Uferwand, alle Gerüstturmgründungen, die Monopfähle an den Bogenfußpunkten und die Widerlager Süd und Nord (Bilder 16 und 17).

Im Zuge der Herstellung der Tiefgründungen kam es wiederholt zu baugrundbedingten Herausforderungen in Form von extremer Überkonsolidierung, großen Granitblöcken und lokaler Bodenerosion. Die Verzögerungen lagen zum Teil im Bereich von Monaten und die Mehrkosten erreichten Millionenhöhe.



18 Visualisierung der Zielvariante des geplanten Brückenbauwerks  
© Ingenieurgemeinschaft Erste Hochbrücke Levensau/Blunck & Morgen Architekten

### 4.3 Ausblick

Das Los 8 umfasst die Fertigstellung der Unterbauten, die Demontage des Bestands und die Herstellung und Montage des neuen Überbaus. Die Ausschreibung hierfür wurde Ende 2024 veröffentlicht. Die Montage des Überbaus soll im Sommer 2027 erfolgen. Für das Gesamtprojekt, die Lose 1–10 inklusive Ufersicherungen umfassend, wird von Baukosten in Höhe von 215 Mio. € ausgegangen (Stand 2020).

#### Autoren:

**Dr. techn. Andreas Meisel, SFI**  
WKC Hamburg GmbH,  
Hamburg

**Dipl.-Ing. Andreas Rasmus**  
Wasserstraßenneubauamt Nord-Ostsee-Kanal,  
Kiel

**Dipl.-Ing. André Zühlke, SFI**  
Anwikar Consultants GmbH,  
Würzburg

#### Literatur

- [1] Bundesanstalt für Wasserbau: Ersatzneubau der Hochbrücke Levensau, NOK. Geotechnischer Bericht. Karlsruhe, 2013.
- [2] Fülischer, J.; Schultz, H.: Der Bau des Kaiser Wilhelm-Canals. Berlin, 1899.
- [3] Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt, Standort Kiel, Planfeststellungsbehörde: Planfeststellungsbeschluss für den Ersatzneubau der alten Levensauer Hochbrücke und den Ausbau des Nord-Ostsee-Kanals. Kiel, 22.11.2017.
- [4] Ingenieurgemeinschaft Erste Hochbrücke Levensau: Entwurf des Ersatzneubaus der Hochbrücke Levensau. Stand: 30.09.2020.
- [5] Jensen, K.: Kieler Kanalbrücken. Verlorene Wahrzeichen einer Ostseestadt. Heide, 2010.
- [6] Kaiserliche Kanal-Kommission: Statische Berechnungen zur Hochbrücke über den Nord-Ostsee-Kanal bei Levensau. Kiel, 1894.
- [7] Landeshauptstadt Kiel: Die Fledermäuse der Levensauer Hochbrücke; abrufbar unter [www.kiel.de/de/umwelt\\_verkehr](http://www.kiel.de/de/umwelt_verkehr).
- [8] Meisel A.; Albiker J.; Drude O.; Rasmus A.; Seppmann M.: 128 Jahre 1. Hochbrücke Levensau, das Kanalufer: Boden-Bauwerks-Interaktion von interagierenden Bohrpfehlwänden; in: Bauingenieur, Bd. 98, Heft 3, 2023.
- [9] Wasserstraßenneubauamt Kiel: Planarchiv mit historischen Fotos und Zeichnungen.
- [10] [www.kanalkiosk.de](http://www.kanalkiosk.de): Der Nord-Ostsee-Kanal (mit technischen Daten vom Wasser- und Schifffahrtsamt Brunsbüttel); veröffentlicht 2020.

#### Bauherr

Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Wasserstraßenneubauamt Nord-Ostsee-Kanal, Kiel

**Entwurf, Ausführungsplanung und Ausschreibung**  
Ingenieurgemeinschaft Erste Hochbrücke Levensau:  
WKC Hamburg GmbH (Federführung), Hamburg  
Anwikar Consultants GmbH, Würzburg

#### Oberbauplanung

Ingenieurgesellschaft Dannenberg mbH, Norderstedt

#### Straßenplanung

eds-planung, beratende ingenieure GmbH, Gettorf

#### Geotechnik

Bundesanstalt für Wasserbau, Referat Geotechnik Nord,  
Hamburg  
IGB Ingenieurgesellschaft mbH, Hamburg

#### Prüfingenieure und EBA-Sachverständige

Prof. Dr.-Ing. Karsten Geißler, Dresden (Metallbau)  
Dr.-Ing. Hans Scholz, Berlin (Massivbau)  
Dipl.-Ing. Heiko Vierck, Hamburg (Geotechnik)

#### Bauausführung

Bemo Tunnelling GmbH, Niederlassung West, Berlin  
(Lose 3–7)

# BEMO

DEIN TRAUMJOB  
BEI BEMO

Wir bauen die  
Zukunft – mit Dir

Als international tätiges Bauunternehmen mit einem breiten Portfolio im Tunnelbau, Spezialtiefbau, Ingenieurbau und vielem mehr, suchen wir stets nach Mitarbeiter:innen, die unser Team verstärken.



← Dein Traumjob wartet hier

Besuche unsere Website

↓  
**BEMO.NET**

BEMO Tunnelling GmbH  
office@bemo.net



## Anlass, Konzept und Umsetzung Nutzungsdauerverlängerung der Alzbrücke Seebruck

■ ■ ■ von Otto Wurzer, Florian Paukner

Die Alzbrücke Seebruck befindet sich im Landkreis Traunstein in der Ortsdurchfahrt von Seebruck, unmittelbar am nördlichen Ufer des Chiemsees. Sie überführt die Staatsstraße 2095 über die Alz, in die der Chiemsee in diesem Bereich mündet. In der näheren Umgebung stellt die Brücke die einzige Alzquerung auch für Fußgänger und Radfahrer dar. Der Überbau des bestehenden Bauwerks wies erhebliche Schäden auf, was einen Brücken(teil)neubau erforderlich machte. Langfristig ist allerdings vorgesehen, eine Ortsumgehung für die Staatsstraße St 2095 zu errichten, wobei auch die Umwidmung der Alzbrücke in eine Fuß- und Radwegbrücke erfolgen soll. Bis zu diesem Zeitpunkt muss jedoch die uneingeschränkte Nutzung als Straßenbrücke aufrechterhalten werden.

### 1 Anforderungen und Gestaltungsvorgaben

Für die Erneuerung des Bauwerks durfte die Staatsstraße St 2095 aus verkehrlichen Gründen höchstens eine Bausaison lang gesperrt werden. Im Bereich der Mündung des Chiemsees in die Alz liegt aufgrund der anstehenden großmächtigen Seetone eine ungünstige Baugrundsituation vor. Die für eine vollständige Erneuerung des Bauwerks notwendigen Gründungsmaßnahmen in Bestandslage erschienen im genannten Zeitrahmen als nicht umsetzbar. Eine eingehende geotechnische Begutachtung und zerstörungsfreie Prüfungen zeigten, dass die vorhandenen Gründungskonstruktionen, Flachgründungen und tief in den Seeton einbindende Holzpfähle, noch uneingeschränkt tragfähig sind. Vor diesem Hintergrund wurde nach reiflicher Prüfung aller Optionen entschieden, nur den Überbau zu erneuern und die vorhandenen Unterbauten nach geeigneter statisch-konstruktiver Ertüchtigung weiterhin zu nutzen.



1 Lage des Bauwerks  
© WTM Engineers München GmbH



2 Umgebung der Alzbrücke Seebruck  
© WTM Engineers München GmbH



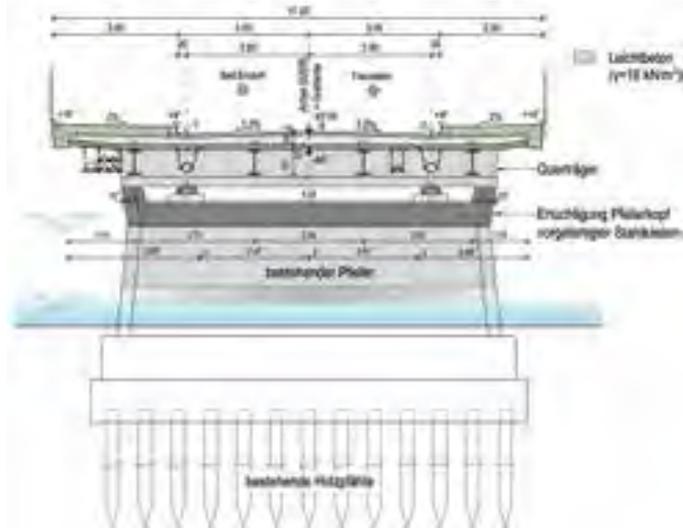
3 Bestandskonstruktion mit Schäden  
© WTM Engineers München GmbH

**2 Entwurf und Konstruktion**

Die Alzbrücke Seebruck liegt in einem landschaftlich äußerst attraktiven Umfeld. Von der Brücke aus bietet sich nach Süden ein geradezu malerischer Ausblick über den Chiemsee auf die Alpen. Die Alz und ihre Uferzonen gelten als ökologisch hochwertig und sensibel.

Bei einem solchen Umfeld kann die grundlegende Gestaltungsidee nur heißen, die Brücke selbst möglichst minimalistisch und schlicht auszubilden, damit sie hinter die benachbarten »Naturschönheiten« zurücktritt. Es galt also, mit den geometrischen und konstruktiven Randbedingungen, die die Weiterentwicklung der bestehenden Unterbauten vorgeben, den neuen Überbau in seiner Form als schlankes und funktionales Band zu konzipieren. Bereits die bestehende Brücke hatte gestalterisch den Charakter einer »Hafen- bzw. Pierbrücke«. Auch diese Assoziation sollte wegen der Nachbarschaft zum nahen Freizeithafen erhalten bleiben.

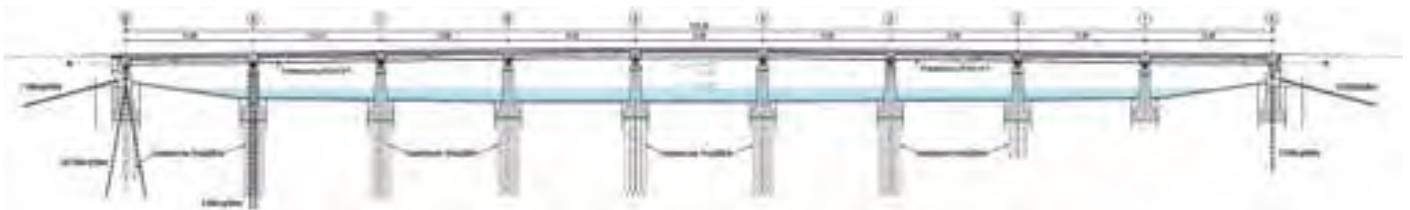
Trotz der angestrebten großen Überbauschlankheit muss der neue Überbau aber, zumindest bis zum Nutzungsende als Straßenbrücke, hinsichtlich seiner Tragfähigkeit in der Lage sein, die Verkehrslasten gemäß EC 1 aufzunehmen. Damit die vorhandenen und weiter zu nutzenden Unterbauten und Gründungen keine zusätzlichen Setzungen erfahren, war in Anbetracht der höheren Verkehrslasten das Überbaugewicht zu minimieren.



**4** Regelquerschnitt des neuen Überbaus  
© WTM Engineers München GmbH

Da für die Überbauerneuerung eine Vollsperrung der St 2095 notwendig war, musste die Maßnahme innerhalb einer Bausaison umgesetzt werden. Für die Erneuerung des Brückenüberbaus wurde deshalb auf der Grundlage einer Variantenuntersuchung eine Stahlverbundkonstruktion mit einem hohen Vorfertigungsgrad und einer gewichtssparenden Ausführung gewählt. Um die Auflagerkräfte aus dem neuen Überbau aufnehmen zu können, wurden die Köpfe der bestehenden Pfeiler mit vorgefertigten Stahlkonstruktionen ertüchtigt. Ein elegantes Erscheinungsbild der teilerneuerten Brücke wurde durch die Form- und Farbgestaltung der neuen Stahlbauteile erreicht.

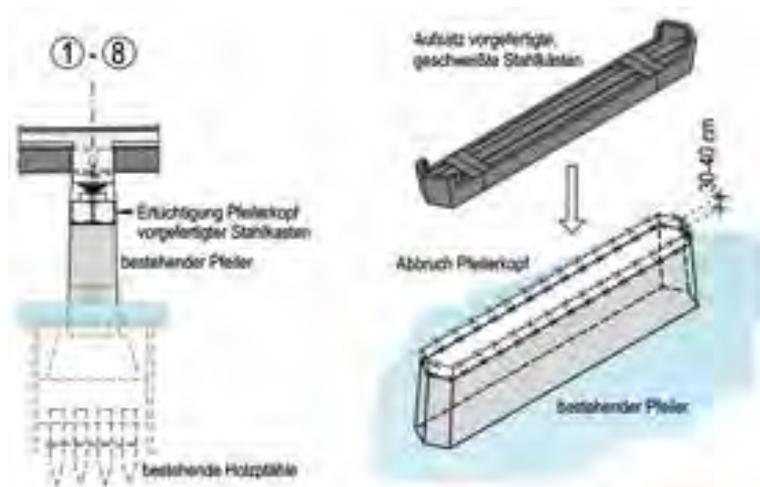
Die aufgesetzten Pfeilerköpfe erhielten einen Anzug und wurden so an die Außenkanten der Querträger angepasst. Als wesentliches Element der Brückengestaltung sollten die Oberflächen der Pfeilerköpfe, des Überbaus, der Stahlkonstruktion und des Geländers einheitlich farblich ausgeführt werden. Bei der Ausbildung der Geländer wurde auf große Transparenz geachtet. Die Wahrnehmung der umgebenden Landschaft sollte durch das Geländer möglichst nicht eingeschränkt werden. Auch das Lichtkonzept zeichnet sich durch Minimalismus und Funktionalität aus, entfaltet aber bei Dunkelheit und Dämmern reizvolle Perspektiven durch Spiegelungen in Alz und Chiemsee.



**5** Längsschnitt der neuen Brücke  
© WTM Engineers München GmbH



**6** Ansicht der neuen Brücke  
© WTM Engineers München GmbH



7 Schematische Darstellung der Pfeilerkopfertüchtigung  
© WTM Engineers München GmbH



8 Pfeiler unterhalb des Überbaus  
© WTM Engineers München GmbH

Der neue Überbau der Alzbrücke Seebruck wurde als eine über neun Felder durchlaufende Stahlverbundkonstruktion ausgeführt. Die Herstellung erfolgte je Feld aus vier Verbundfertigteilträgern mit schlaff bewehrter Ortbetonergänzung. Die Stege des vierstegigen Plattenbalkenquerschnitts werden durch offene geschweißte Stahlträger mit einer Querschnittshöhe von 524 mm gebildet. Die Träger wurden werksseitig mit Überhöhungen hergestellt, um die Durchbiegungen aus dem Eigengewicht und der Betonage der Ortbetonfahrbahnplatte auszugleichen. Entsprechend den Standorten der vorhandenen Unterbauten wurde das Bauwerk mit Stützweiten von je 12,80 m errichtet. Bei einer Konstruktionshöhe von im Mittel 0,85 m ergibt sich eine Schlankheit  $l/h = 15$ . Zum Zweck der Gewichtsreduktion wurden die Fertigteilplatten werksseitig mit einem Leichtbeton LC35/38 mit einer Wichte von  $\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$  hergestellt. Auch bei den Kapfen wurde eine erhebliche Gewichtsreduktion erzielt, indem sie in Leichtbeton LC25/28 LP mit einer Wichte von  $\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$  realisiert wurden.

Um die Auflagerkräfte aus dem neuen Überbau aufnehmen zu können, wurden die Köpfe der bestehenden Pfeiler ertüchtigt. Hierfür kamen vorgefertigte Stahlkästen zum Einsatz.



9 Einhub der Verbundfertigteilträger  
© WTM Engineers München GmbH

Die tragende Konstruktion dieser Stahlkästen besteht aus einem steifen Trägerrost, der die Lagerlasten aus dem Überbau möglichst gleichmäßig auf die vorhandenen, unbewehrten Pfeilerschäfte verteilt. Die neuen Stahlkästen wurden bei der Montage in ein Mörtelbett gesetzt. Die Hohlräume im Inneren der Stahlhohlkästen wurden bauseits bewehrt und ausbetoniert. Durch eingebaute und eingeklebte Bewehrung erfolgt die kraftschlüssige Verbindung zwischen neuem Pfeilerkopf und »altem« Pfeilerschaft.

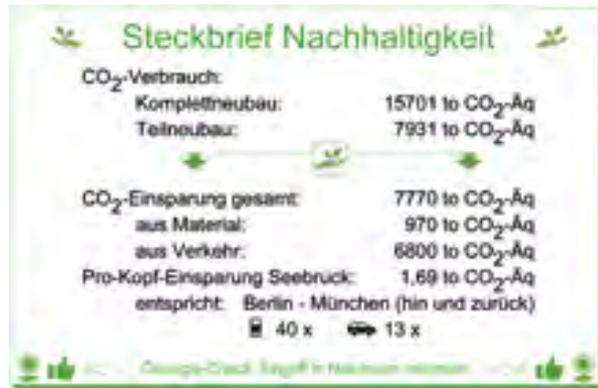
Zur Verstärkung der Pfeilergründung wurden außerdem in Achse 8 im Zuge der Pfeilerkopfertüchtigung Mikropfähle durch den Pfeiler in den Baugrund eingebracht.

Auch die Auflagerbänke der beiden Widerlager wurden zur Aufnahme der Beanspruchungen aus dem erneuerten Überbau ertüchtigt. Am westlichen Widerlager (Achse A) ist die Längsfesthaltung für den Überbau angeordnet. Zur Aufnahme der auftretenden Längskräfte wurde die Auflagerbank durch Mikropfähle im Baugrund rückverankert. Im Bauzustand befand sich eine temporäre Längsfesthaltung des noch nicht fertiggestellten Überbaus am Widerlager Ost, weshalb dort auch Rückverankerungen mittels geeigneter Mikropfähle hergestellt wurden. Zum Ausgleich der Längsbewegungen des Überbaus wurde am Widerlager Ost eine Mattendehnfuge vorgesehen, die für Gesamtdehnwege bis 160 mm ausgelegt ist.

**3 Kleine Eingriffe, große Nachhaltigkeit**

Mit dem Erhalt der bereits über 90 Jahre alten Unterbauten und deren Gründungen wurde ein bedeutender Beitrag für nachhaltiges Bauen geleistet. Der noch immer einwandfreie Zustand der Bestandsbauteile konnte mit intensiven geotechnischen Begutachtungen und dem Einsatz modernster zerstörungsfreier Untersuchungsmethoden nachgewiesen werden.

Dank einer konsequenten Minimierung des Gewichts des neuen Überbaus durch die Konzeption einer leichten und leistungsfähigen Stahlverbundkonstruktion und die innovative Verwendung von Leichtbeton ließ sich die Weiternutzung der Pfeiler und Gründungen trotz der über die Lebensdauer des Bauwerks deutlich gestiegenen Verkehrsbelastung sicherstellen. Dadurch wurden Eingriffe in das sensible Ökosystem der Alz auf ein Minimum begrenzt und ein nennenswerter Teil der im Bestand vorhandenen grauen Energie erhalten.



10 Übersicht über die Ökobilanz  
© WTM Engineers München GmbH

Die Reduktion der Bauzeit durch die gewählte Bauweise beschränkte die notwendige Vollsperrung des Straßenverkehrs auf 13 Monate. Damit wurde der Umleitungsverkehr zeitlich erheblich verkürzt und die aus ihm resultierenden zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich reduziert.

Einen Überblick über die Einsparungen des CO<sub>2</sub>-Verbrauchs durch die Entscheidung, eine Teilerneuerung des Bauwerks statt eines Komplettneubaus durchzuführen, vermittelt der »Steckbrief Nachhaltigkeit«.

Minimierung ökologischer Risiken: Um auch die Unterbauten und Gründungen der Alzbrücke Seebruck vollständig zu erneuern, wären aufwendige Baugrubenverbauten im Bereich der Widerlager und Pfeiler erforderlich geworden. Diese hätten aus statischen Gründen tief in den Seeton einbinden müssen. Einbringen und Ziehen der Spundbohlen hätten erhebliche Auswirkungen auf den Alzgrund und die ökologisch sensiblen Uferbereiche gezeitigt. Dies gilt sicherlich auch für die notwendigen Tiefgründungsarbeiten für Widerlager und Pfeiler.



11 Erscheinungsbild der neuen Brücke von Süden  
© WTM Engineers München GmbH



12 Schrägansicht des Bauwerks  
© WTM Engineers München GmbH



13 Spiegelungen im See mit Alpen im Hintergrund  
© WTM Engineers München GmbH

Außerdem hätten die mit Verbau- und Gründungsarbeiten einhergehenden Vibrationen und akustischen Emissionen sowie Verschmutzungen erhebliche negative Beeinträchtigungen für die Flora und Fauna in Alz und Chiemsee zur Folge gehabt. Beim Abbruch der bestehenden Unterbauten wie beim Betonieren neuer

Widerlager und Pfeiler hätte überdies ein erhöhtes Risiko der Gewässerverschmutzung bestanden. Vor diesem Hintergrund wurden durch den Erhalt von Unterbauten und Gründung die Einwirkungen auf und die Risiken für die Ökosysteme in Chiemsee, Alz und deren Uferzonen auf ein Minimum reduziert.

Lückenschluss im Chiemsee-Radrundweg: Im Zuge der Teilerneuerung der Brücke wurde deren Überbau verbreitert. Dadurch konnte eine erhebliche Verbesserung der Geh- und Radwegverbindung über die Alz erreicht und eine Lücke im Chiemsee-Rundweg geschlossen werden.



14 Heutige Alzquerung in der Dämmerung  
© WTM Engineers München GmbH

Dies ist gelungen, indem der Radweg künftig separat auf der Nordseite der Brücke geführt wird und der Gehweg auf der Seeseite. Insbesondere die Interaktion von Fußgänger- und Radverkehr ließ sich auf diese Weise konfliktfreier für die Zukunft gestalten. Es ist nun genügend Platz auf der Brücke, damit Fußgänger wie Radfahrer auch an den touristisch hoch frequentierten Wochenenden einmal verweilen können, um von der Brücke aus das großartige See- und Alpen-Panorama zu genießen.

Die durch die Teilerneuerung der Alzbrücke Seebruck erreichte Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur für Fußgänger und Radfahrer wird am Chiemsee sicherlich zu einem nachhaltigeren Mobilitätsverhalten von Anwohnern und Touristen beitragen – ganz im Sinne von Natur und Mensch.

#### 4 Zusammenfassung

Nach einer Bauzeit von knapp 14 Monaten wurde die teilerneuerte Alzbrücke Seebruck am 21. Dezember 2022 wieder für den Straßenverkehr freigegeben. Bis Ende Mai 2023 erfolgten noch Restarbeiten an angrenzenden Stützwänden.

Da in unmittelbarer Nähe des Bestandsbauwerks eine Behelfsbrücke hergestellt wurde, hat der Fußgänger- und Radverkehr während der gesamten Bauzeit keine Einschränkungen erfahren.

Das teilerneuerte Brückenbauwerk fügt sich heute harmonisch in seine besondere landschaftliche Umgebung ein und bietet ohne Einschränkungen die Leistungsfähigkeit einer modernen Verkehrsinfrastruktur. Wegen der erreichten CO<sub>2</sub>-Einsparungen und der äußerst begrenzten Eingriffe in das ökologisch wertvolle Umfeld der Brücke stellt die »Nutzungsdauerverlängerung der Alzbrücke Seebruck« sicherlich ein hervorragendes Beispiel für nachhaltiges Bauen dar.

##### Autoren:

**Dr.-Ing. Otto Wurzer**

WTM Engineers München GmbH,  
München

**Dipl.-Ing. Florian Paukner**

Staatliches Bauamt Traunstein,  
Traunstein

##### Bauherr

Staatliches Bauamt Traunstein, Traunstein

##### Objekt- und Tragwerksplanung

WTM Engineers München GmbH, München

##### Örtliche Bauüberwachung

Staatliches Bauamt Traunstein, Traunstein

##### Prüfingenieur

Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Maximilian Fuchs, Traunstein

##### Bauausführung

Josef Rädlinger Ingenieurbau GmbH, Windorf



Da schauen wir  
gerne genau hin.

Der genaue Blick – unterstützt durch Bauwerksdiagnostik, Nachrechnung und kreativen Ingenieurverstand – lohnt. Wie bei der Erneuerung der Alzbrücke Seebruck. Wir erarbeiten maßgeschneiderte Lösungen, um leistungsfähige Infrastruktur und verantwortungsvollen Umgang mit Ressourcen zu vereinen: Mit kühnen Ideen die Zukunft gestalten.

## Ersatzneubau im Stadtzentrum Die Bybrua in Drammen

■ ■ ■ von Martin Lechner, Georg Ebner, Philipp Egly, Peter Burghart

Drammen ist eine Kleinstadt im Süden Norwegens und befindet sich etwa eine Autostunde von Oslo entfernt. Die Bybrua (Stadtbrücke) liegt in der Mitte der Stadt und ist bereits der dritte Übergang, der hier realisiert wird. Die 280 m lange Straßen- und Fußgängerbrücke überspannt sowohl den Fluss Drammenselva als auch den Bahnhof von Drammen. Die Flussquerung stellt mit ihren untenliegenden, flachen Stahlbögen das zentrale Element dieses Bauwerks dar. Die einzelnen Segmente wurden über den Wasserweg antransportiert und die Montage erfolgte durch Einhub mittels Großkränen auf Pontons auf Pontons.



1 Rendering der Brückenfamilie in Drammen mit der Stadtbrücke im Vordergrund © SAAHA/Knight Architects

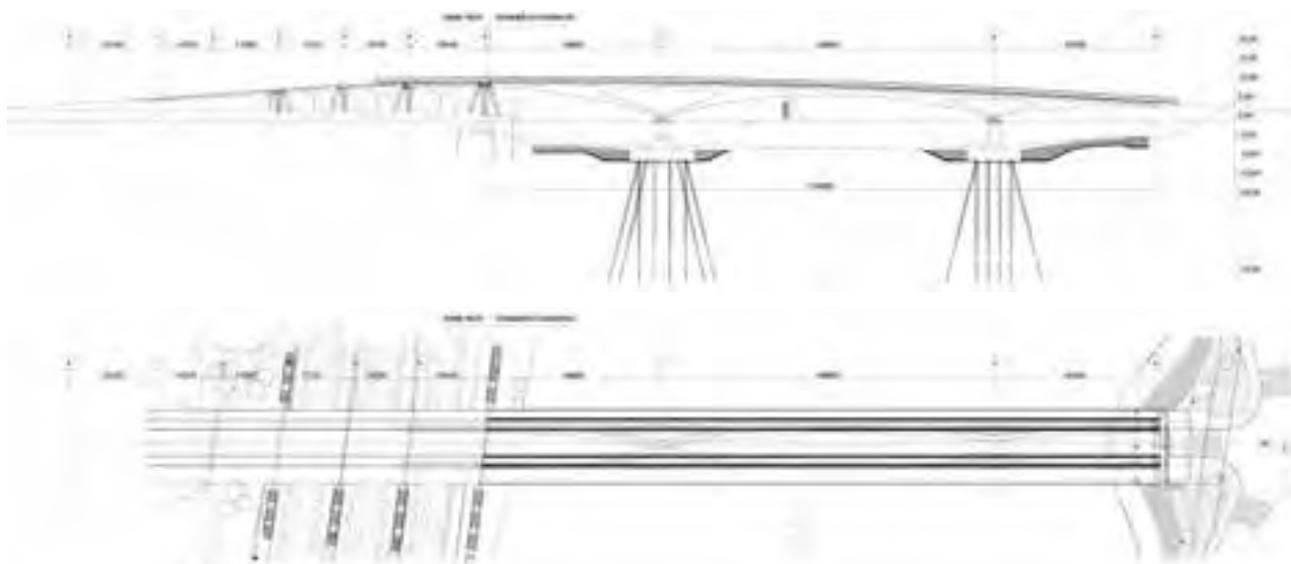
### 1 Die Stadtbrücke

#### 1.1 Die Stadt Drammen

Die Stadt Drammen liegt im Süden Norwegens, in einer Entfernung von etwa einer Autostunde südwestlich von Oslo am Drammensfjord und hat ca. 150.000 Einwohner.

An der Hauptverkehrsachse zwischen den Stadtteilen Strømsø und Bragernes befindet sich die Bybrua.

Die erste Generation dieser Brücke wurde in den Jahren 1812–1813 erbaut und 1934–1936 durch die zweite Generation ersetzt. Die dritte Generation (Bild 1) soll die Bedeutung der Stadt als attraktives Ziel für Besucher, Wirtschaft und Bewohner deutlich machen und verstärken.



2 3 Ansicht und Grundriss der Stadtbrücke © Porr Bau GmbH

Die Nutzung der Brücke erfolgt über zwei Fahrspuren durch den öffentlichen Verkehr sowie durch Fußgänger und Radfahrer in davon getrennten Bereichen. Das gesamte Bauwerk weist eine Länge von 280 m auf und überspannt sowohl den Bahnhof von Drammen als auch den Fluss Drammenselva. Der Abschnitt über dem Bahnhof fällt in die Zuständigkeit der Eisenbahngesellschaft Bane NOR, während für die Flussbrücke die Kommune verantwortlich ist.

Vom Hauptplatz der Stadt Drammen, dem Bragernes Torg, steigt die Brücke in einem sanften Bogen bis über den Bahnhof an und fällt dann auf der Strømsø-Seite wieder ab, um in den Bahnhofplatz einzumünden (Bilder 2 und 3).

## 1.2 Die Flussbrücke

Die Flussbrücke über die Drammenselva stellt mit ihren untenliegenden, flachen Stahlbögen das zentrale Element des Bauwerks dar. Diese Bögen überspannen 85 m, wobei durch die sehr schmale Lagerung an den beiden Hauptpfeilern, die der Brücke eine unverwechselbare Form verleiht, ein leichter, schwebender Eindruck entsteht.

Die Spannweiten der dreifeldrigen Flussbrücke betragen 46 m, 86 m und 42 m und sie hat eine Masse von 1.300 t. Die Fahrbahn ist 19 m breit, davon werden ca. 7 m für die Busspuren und ca. 5 m bzw. 7 m für die getrennten, beidseitigen Fußgänger- und Fahrradspuren verwendet (Bilder 4 und 5). Über den Stahlbögen liegt eine Betonverbunddecke. Die Gründung unter den Hauptpfeilern erfolgt über Stahlpfähle, die bis zum Grundgestein geführt werden. Die maximale Tiefe bis zum Fels beträgt 75 m. Die Bauzeit reicht von Mai 2021 bis August 2025.

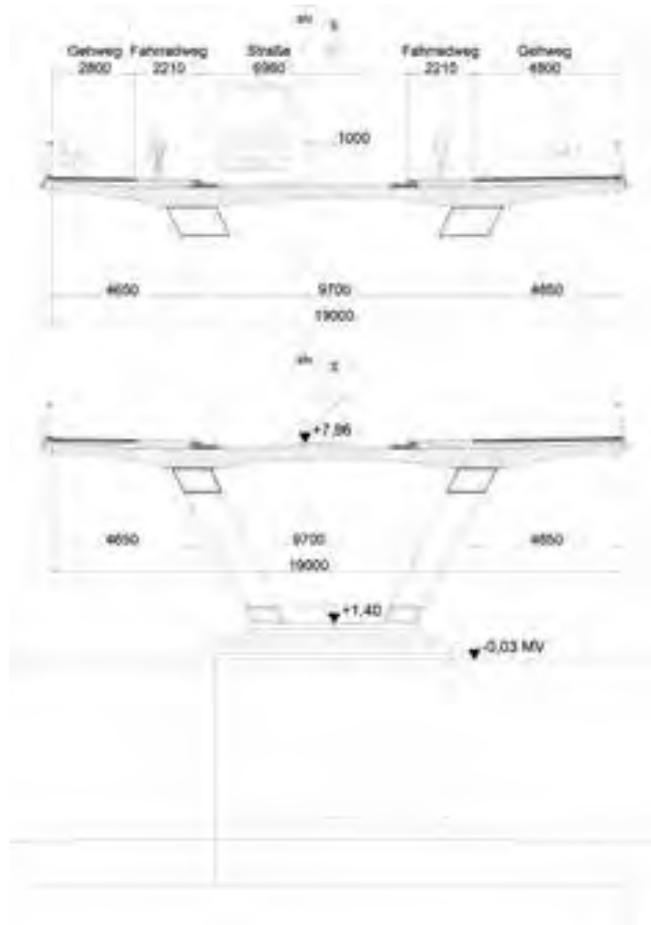
## 2 Leistungsumfang

Die PNC Norge AS wurde mit dem Gesamtauftrag zur Errichtung der Hauptbrücke über die Drammenselva betraut. Sie ist eine 100 %ige Porr-Tochter, von der Porr-Gruppe sind des Weiteren die Porr Bau GmbH und die Porr Stahl- und Systembau GmbH & Co. KG an diesem Bau beteiligt. Der Leistungsumfang umfasst im Wesentlichen folgende Bestandteile:

- Herstellung einer temporären Fußgängerbrücke
- Abbruch der Brücke von 1936
- Fundamente auf bis zu 75 m langen Bohrpfehlern
- Pfahlköpfe auf Flussbettniveau
- Stahlbau und Korrosionsschutz
- Verbundplatte
- Umgestaltung des Uferbereichs auf Seite Bragernes, Granit- und Steinlegearbeiten, Beleuchtung, Luftblasenanlage zur Eisfreihaltung der Pfähle und Randbereiche

## 3 Statisches System der Flussbrücke

Die Flussbrücke hat eine eingespannte Festlagerung aus Stahl in Achse 7 und ein längs verschiebliches Lager in Achse 8, das während der Montage gesperrt ist. Der Einbau der Stahlbausegmente erfolgt in zwei Abschnitten, dem Strømsø-Abschnitt, beginnend mit Achse 7, und dem Bragernes-Abschnitt, beginnend mit Achse 8. Zwischen den beiden Abschnitten sowie in Richtung der Bahnhofsoberbrückung werden zwei 300 mm breite Fensterstöße offengelassen. Nach dem Verschlossern und dem Verschweißen der Stahlbauabschnitte wird die Verbundplatte in den beiden Abschnitten aufgebracht. Zu diesem Zeitpunkt sind die Abschnitte statisch voneinander unabhängig und liegen auf vordefinierten Hilfsunterstützungen auf. Nach dem Betonieren der Einzeltragwerke werden die Fensterstöße geschlossen. Anschließend erfolgt das Entsperren des verschieblichen Lagers und das Absenken der Hilfsunterstützungen, wobei sich im Zuge dieses Absenkens das Loslager in Achse 8 um 50 mm verschiebt.



4 5 Typischer Feldquerschnitt und Querschnitt in Achse 8  
© Porr Bau GmbH

Dieses spezielle Lagersystem hat zudem Auswirkungen auf die Überhöhung der Brücke, die nicht nur eine vertikale Komponente aufweist. Ausgehend vom Festlager in Achse 7 ist auch eine Längskomponente einzuplanen, die das Tragwerk in Richtung Achse 8 »verkürzt« bzw. in Richtung der Bahnübergangsbrücke »verlängert«. Genau am Loslager in Achse 8 beträgt jene Komponente 50 mm.

**4 Werksfertigung Stahlbau**

Die im Projekt verwendeten Stähle sind im Wesentlichen S355ML+Z25 und S460ML+Z25. Der Großteil der Blechdicken liegt zwischen 30 mm und 60 mm. Abweichend von der Ausschreibung wurden die Saumbleche an den Obergurten der Kästen eingeführt (Bilder 6 und 7). So war es möglich, die engen Kästen von außen zu schließen, ohne sie durch mehrere Querschotte hindurch begehen zu müssen: ein wesentlicher Vorteil in Bezug auf die Arbeitssicherheit. Basierend auf einer Konstruktion mit Saumblechen, wurden auch die Schalwagenstühle so angepasst, dass die Kräfte aus dem Schalwagen möglichst direkt in die Stege eingeleitet werden.

Im Vorfeld der Werksfertigung wurde ein sogenanntes Mock-up hergestellt, das allen Projektbeteiligten zur Begutachtung des Vorbereitungsgrads P3, der Schweißnahtqualität und des Korrosionsschutzes diente.

**5 Korrosionsschutzsystem**

Für die Konstruktion dieser Brücke wurde in Abweichung zu den nationalen technischen Vertragsbedingungen des Handbook R-762, welches in Norwegen als obligatorisch einzuhalten gilt, in den Kämpferbereichen ein spezifisches Korrosionsschutzsystem vom Auftraggeber gefordert. Dies war notwendig, um den anspruchsvollen Umgebungsbedingungen und Korrosionsbelastungen standzuhalten. In periodischen Abständen kommt es am Bauplatz aufgrund von Schmelzwasser zu Wasserwechselzonen im Bereich der Brückenpfeiler, welche auch die unteren Teile der Stahlstützenfußpunkte betreffen. Darüber hinaus werden diese durch den Anprall von Treibeis mechanisch beansprucht, was im kalten Klima eine zusätzliche Belastung für die Beschichtung darstellt.

Aus den genannten Umständen resultieren neben der im Handbook R-762 atmosphärisch anzusetzenden Korrosivitätskategorie C 5 (sehr starke Korrosivität) mit einer Schutzdauer von mindestens 25 Jahren (sehr lang bzw. very high nach EN ISO 12944-1) besondere Bedingungen bei der Auswahl eines geeigneten Beschichtungssystems. Aus den Anforderungen der erhöhten Korrosivitätskategorie durch das Zusammenwirken mehrerer Belastungen ergaben sich somit Bereiche der Kategorie Im1 (Stahlbauten in Kontakt mit Süßwasser), die zusätzlich einer Sonderbelastung, nämlich der mechanischen Beanspruchung im Wasser durch Treibeis, ausgesetzt sind.

Um all diesen Anforderungen gerecht zu werden, wurde in Zusammenarbeit mit der Firma Hempel auf der Grundlage des anzuwendenden nationalen Handbook R-762 in Verbindung mit dem Offshore-Standard NORSOK M-501 Edition 6 folgendes Beschichtungssystem spezifiziert:

- Grundbeschichtung: 100 µm, Spritzverzinkung ZnAl15
- Versiegelung: 25 µm Hempadur 15590
- erste Zwischenbeschichtung: 300 µm Hempadur Multi-Strength 45703
- zweite Zwischenbeschichtung: 300 µm Hempadur Multi-Strength 45753
- Deckbeschichtung: 60 µm Hempathane 55610 (RAL 9002)

Dieses System hat eine spezifizierte Trockenschichtdicke von 760 µm. Es ist eine Kombination aus einer thermisch gespritzten Zink-Aluminium-Grundbeschichtung, die eine hohe Beständigkeit gegenüber chlorid- und schwefeldioxidbelasteter Umgebung aufweist und in Verbindung mit zwei nachfolgenden abrieb- und korrosionsbeständigen Zwischenbeschichtungen, sogenannten High-Build-Epoxidbeschichtungen, und einem aliphatischen Polyurethan-Deckanstrich zu einem farbbeständigen Gesamtbeschichtungssystem aushärtet.



6 Werksfertigung von Segment 5 mit noch offenem Kasten © Porr Bau GmbH



7 Werksfertigung von Segment 7 mit bereits geschlossenen Hauptträgern 1 und 2 © Porr Bau GmbH



# RELAST® – DIE LÖSUNG FÜR BRÜCKENSANIERUNGEN UNTER FLIESSENDEM VERKEHR

**Ressourcenschonend. Sicher. Schnell.**

Mit dem zugelassenen und innovativen Verstärkungssystem RELAST® von Würth lassen sich Brücken während des Betriebs kosteneffizient sanieren.



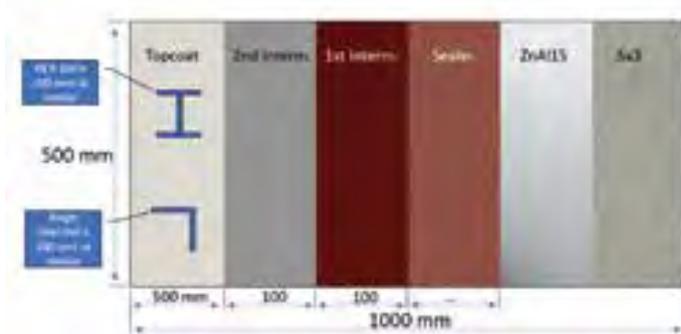
#### **Innovatives Verstärkungssystem mit bauaufsichtlicher Zulassung**

- Erhebliche Steigerung der Querkraft- und Durchstanstragfähigkeit
- Deutliche Erweiterung der Nutzungsdauer des Bauwerks
- Verwendung für dynamisch (nicht-ruhend) belastete Tragwerke
- Sofortige Belastbarkeit
- Schnelle Installation unter Aufrechterhaltung des Betriebs
- Minimierung wirtschaftlicher Schäden durch Vermeidung von Staus
- Ressourcenschonend

**MEHR ERFAHREN!**

[www.wuerth.de/brueckensanierung](http://www.wuerth.de/brueckensanierung)  
[relast@wuerth.com](mailto:relast@wuerth.com)





8 Schematische Darstellung des Probeblechs  
© Porr Bau GmbH

Um die Ausführungsqualität der Beschichtungsarbeiten während der gesamten Bauzeit aufrechtzuerhalten und zu überprüfen, wurden sogenannte Coating Procedure Tests, das heißt Kontrollproben bzw. Probebleche (Bild 8), parallel unter den gleichen Bedingungen und in der gleichen Weise wie das Bauwerk selbst vorbehandelt, beschichtet, ausgehärtet bzw. getrocknet und anschließend umfangreichen Prüfungen, von der visuellen Inspektion bis hin zu Haftzugprüfungen, unterzogen. Darüber hinaus wurden die Strahl- und Beschichtungsarbeiten durch externe Frosio-Beschichtungsinspektoren des Auftraggebers ständig überwacht und jeder Haltepunkt gemäß projektspezifischem Inspektions- und Testplan (ITP) abgenommen und dokumentiert. Durch diese qualitätssichernden Maßnahmen konnte eine einwandfreie Ausführung der Beschichtungsarbeiten und damit die geforderte Dauerhaftigkeit sichergestellt werden. Die einzelnen Segmente wurden anschließend fachgerecht verladen und abtransportiert.

6 Montage Stahlbau

6.1 Transport und Arbeiten am Vormontageplatz

Der Antransport der Bauteile erfolgte mittels Seetransport bis zum Hafen Drammen (Bild 9). Dort wurden die Segmente gewaschen, um salzhaltige Rückstände durch den Transport über das Meer zu beseitigen.



10 Segmente in Brückenmitte mit Montagekonsole  
© Porr Bau GmbH

Das Auflagersegment in Achse 8 war mit Abmessungen von 8.600 mm × 8.050 mm × 1.910 mm für den Antransport in einem Stück zu groß. Aus diesem Grund wurde es in drei Einzelteilen angeliefert und am Vorzusammenbauplatz final verschweißt. Hierfür wurde die Heftvorrichtung aus der Werksfertigung noch einmal wiederverwendet.

Anschließend erfolgte die Beförderung mittels Pontons und Schubschiffen auf die Baustelle. Der Wasserstand der Drammenselva ist hierfür von ausschlaggebender Bedeutung, da einerseits bei zu hohem Wasserstand der Transport unter den bestehenden Brücken nicht möglich ist und andererseits bei zu niedrigem Wasserstand das Risiko des Aufliegens auf der Flusssohle besteht. Außerdem können die Pontons bei zu großen Durchflüssen  $\geq 900 \text{ m}^3/\text{s}$  nicht mehr durch die Schubschiffe bewegt werden. Während der Montagearbeiten wurden alle zuvor genannten Randbedingungen tatsächlich überschritten und haben zu tage- und wochenweisen Adaptierungen der Montageterminpläne geführt.



9 Transport der Segmente 3, 4 und 6 per Hochseeschiff  
© Porr Bau GmbH

6.2 Hilfsunterstützungen

Die Bestands Pfeiler der zweiten Bybrua wurden als Untergrund für die Hilfsunterstützungen während der Stahlbaumontage verwendet. Diese Bestands Pfeiler wurden in den 1930er Jahren ohne Bewehrung hergestellt und sind auf Holzpfählen gegründet. Aufgrund des schlechten Erhaltungszustands wurde der Bestand am oberen Ende zusammengepresst und ein zusätzlicher Deckel aufbetoniert.



11 Hilfsunterstützung auf Bestands Pfeiler nahe Achse 7  
© Viktoria Grötzl

Zudem musste darauf geachtet werden, dass die im Grundriss schräg liegenden Bestandsfundamente unter jeder der beiden Hauptachsen zentrisch belastet werden. Dies führte zu unterschiedlichen Details in den beiden Hauptträgern und zu einer speziellen Konsolenkonstruktion in Brückenmitte (Bild 10). Darüber hinaus durften keine Biegemomente in die Bestandspfeiler eingeleitet werden. Die Montagehilfskonstruktionen wurden als Rohrkonstruktion konzipiert, zentrisch auf den Bestandspfeilern platziert und als Pendelstützen ausgeführt (Bild 11). Rund um die Pfeiler 7 und 8 wurden große Arbeitsplattformen errichtet (Bild 12), die auch auf die Montagelasten der Lieferteile ausgelegt sind. Diese Plattformen wurden auf den neuen Pfeilern und deren Spundwänden sowie teilweise auch auf den alten Pfeilern gelagert. Sie sicherten die Zugänglichkeit zu allen wesentlichen Stellen während der Einhubvorgänge und dienten außerdem als lokaler Lagerplatz für Gasflaschen, Verschlosserungsbleche, Werkzeuge und vieles mehr. Zugleich übernahm die Plattform bei Achse 7 eine lastableitende Funktion für die Brückenteile selbst, die mit Hilfe modularer Unterstellungen temporär abgestützt wurden. Zusätzlich war ein Monitoring der Bestandsstützen notwendig. Hierfür wurden Bauwerkssetzungen mittels Vermessung kontrolliert und regelmäßig Hydraulikdrücke abgelesen und dokumentiert. Um den Einfluss der Horizontalkräfte aus Wind zu erfassen, wurden an mehreren Diagonalen der Hilfsunterstützungen Dehnmessstreifen angebracht. An den Bestandspfeilern wurde mittels Inklinometern überprüft, ob sich die Längsneigung der Pfeiler derart ändert, dass man auf ihr Versagen schließen könnte.

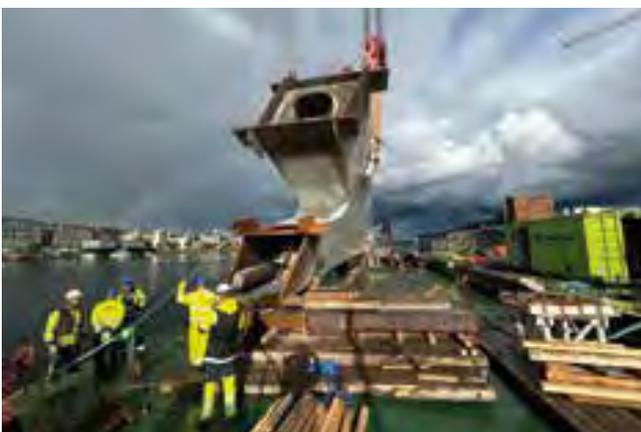


12 Baustelle mit Arbeitsplattform in Achse 8 © PNC Norge AS

### 6.3 Einhub der Segmente

Der gesamte Montagevorgang erfolgte vom Wasser aus. Ein 600-t-Mobilkran wurde hierfür auf einem Ponton mit Abmessungen von 60 m × 17 m platziert. Die Hubmassen betragen bis zu 105 t. Aufgrund der beschränkten lichten Höhe unter der bestehenden Brücke mussten einige Teile in liegender Position auf dem Transportponton vom Hafen zur Baustelle befördert werden. Vor dem Einhub war es daher notwendig, diese Bauteile von der liegenden in die vertikale Position zu drehen (Bild 13). Da asymmetrische Teile nicht ohne Hilfe aufrecht stehen können, wurde ein temporärer Stabilisierungsträger montiert. So war es möglich, den Kran nach dem Aufdrehen zu entlasten und die Schlingen für den Hub in die Endlage anzuschlagen.

Aufgrund der Asymmetrie der einzuhebenden Segmente wurden die jeweiligen Schwerpunkte, die genauen Positionen der Anschlaglaschen und die Längen der Rundschnitten im Vorfeld am 3-D-Modell festgelegt (Bild 14 und 15). Jeder Einzelschritt der Montage wurde mittels Flächenmodellen durchgerechnet, um die Spannungen und Verformungen unter Kontrolle zu halten. Teilweise mussten während der Stahlbaumontage zusätzliche Bauteile eingefügt werden, die vor dem Aufbringen der Fahrbahnplatte wieder zu entfernen waren. Gerade die Hosenstücke in Richtung Brückenmitte stellten eine Besonderheit dar, da sie auskragend einzubauen waren. Durch die dreidimensionale, im Querschnitt nach außen kippende Geometrie ergaben sich Schnittkräfte und -momente in allen Richtungen an den Verschlosserungen.



13 Aufdrehen eines Hosenstücks in die vertikale Lage © Porr Bau GmbH



14 Einhub eines Hosenstücks: Segment 5, Hauptträger 2 © Porr Bau GmbH

6.4 Schalwagen

Aus terminlichen Gründen musste der Zusammenbau des Schalwagens zu einem Zeitpunkt erfolgen, an dem die Strømsø-Brückenhälfte noch nicht vollständig verschweißt war (Bild 16). Aus diesem Grund wurden die Verschlösungen und Hilfsunterstützungen auch auf das Gewicht des Schalwagens ausgelegt bzw. mussten einige Schweißstöße bereits zu einem gewissen Anteil verschweißt sein, bevor mit dem Aufbau des Schalwagens begonnen werden konnte.

In der Montagestatik wurde zudem nachgewiesen, dass der Schalwagen zwar vorzeitig zusammengebaut werden kann, es aber keinesfalls möglich ist, mit der Betonage der Fahrbahnplatte zu beginnen, bevor die Schweißarbeiten an einer Brückenhälfte vollständig abgeschlossen sind.



15 Einhub von Segment 8, Hauptträger 2 und wasserseitige Arbeiten am Pfeiler in Achse 8 © PNC Norge AS



16 Strømsø-Brückenhälfte mit Montagehilfskonstruktionen, Hängegerüsten und Schalwagen © Viktoria Grötzl



17 Strømsø-Brückenhälfte mit fertiggestellter Verbundplatte im Dezember 2024 © Drammen Kommune



18 Rendering der Stadtbrücke Drammen in Abendstimmung © SAAHA/Knight Architects

## 7 Offene Arbeiten

Im Dezember 2024 wurde die Betonage der Fahrbahnplatte für die Strømsø-Brückenhälfte abgeschlossen (Bild 17), die der Bragernes-Brückenhälfte war in Arbeit. Im ersten Quartal 2025 wird der Fensterstoß in Brückenmitte geschlossen; in direkter Verbindung damit steht das Öffnen des Lagers der Achse 8 in Längsrichtung. Anschließend kann der Fensterstoß in Achse 6 geschlossen werden. Nach dem Lückenschluss der Fahrbahnplatte werden die temporären Stützen abgesenkt. Aus Sicht des Stahlbaus sind anschließend noch Korrosionsschutzarbeiten auszuführen sowie Hilfsstützen, Arbeitsplattformen und Hängegerüste zu demontieren. Bauseits sind ebenfalls Montagehilfskonstruktionen abzubauen, die Bestandpfeiler abzutragen und Ausbaugewerke fertigzustellen. Die Bauzeit endet im August 2025.

Nach dem Abschluss der Bauarbeiten wird die neue Stadtbrücke den Bewohnern zur Verfügung stehen und als neues Wahrzeichen die Entwicklung der Stadt nachhaltig beeinflussen (Bild 18).

### Autoren:

**Dipl.-Ing. Martin Lechner**  
Gruppenleiter Stahlbau  
**Dipl.-Ing. Georg Ebner**  
Projektleiter Stahlbau  
**Dipl.-Ing. Philipp Egly**  
Statiker Stahlbau  
**Ing. Peter Burghart**  
Konstrukteur Stahlbau  
Porr Bau GmbH,  
Wien, Österreich

### Literatur

- [1] Drammen Komune: Bybrua; unter <https://www.drammen.kommune.no/om-kommunen/organisasjon-administrasjon/prosjekter/bybrua/> (Zugriff am: 30.12.2024).
- [2] Drammen Kommune: Bybrua tar form – les siste nytt her; unter <https://www.drammen.kommune.no/om-kommunen/aktuelt/siste-aktueltaker-om-bybrua/dette-skjer-rundt-bybrua/> (Zugriff am: 30.12.2024).
- [3] Wikipedia: Bybrua (Drammen); unter [https://no.wikipedia.org/wiki/Bybrua\\_\(Drammen\)](https://no.wikipedia.org/wiki/Bybrua_(Drammen)) (Zugriff am: 30.12.2024).

### Bauherr

Drammen Kommune, Norwegen

### Entwurf

SAAHA, Oslo, Norwegen  
Knight Architects, London, England

### Tragwerksplanung

Degree of Freedom, Oslo, Norwegen

### Fundamentplanung

Norconsult ASA, Sandvika, Norwegen

### Landschaftsplanung

Asplan Viak, Oslo, Norwegen

### Bauausführung

PNC Norge AS, Oslo, Norwegen

### Stahlbau

Porr Bau GmbH, Wien, Österreich  
Porr Stahl- und Systembau GmbH Co KG,  
Zahna-Elster, Deutschland



**Wir können Gerüstbau, Hebeteknik,  
Maschinenbau und Stahlbau.**

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

Rendsburg, Rader Hochbrücke

**Teupe. Kann nicht jeder.**

Bauen im Bestand inmitten der Stadt

## Umbau des Brückenknosens Berlin-Marzahn

■ ■ ■ von Arne Huhn

Bauen im Bestand unter weitestgehender Aufrechterhaltung der bestehenden Verkehrswege ist nur eine der Zielsetzungen dieser wichtigen Infrastrukturmaßnahme im östlichen Berliner Stadtbezirk Marzahn. Ein schlechter Bauwerkszustand, fehlende Verkehrssicherheit und geänderte Nutzungsanforderungen erfordern den Ersatzneubau von mehreren Brückenbauwerken und den Umbau einer autobahnähnlichen innerstädtischen Verkehrsanlage mit einer Vielzahl von Randbedingungen und Einflussfaktoren – und dies alles gemäß den bestehenden planrechtlichen Grundlagen, über mehrere Gleisanlagen hinweg und bei hohem Verkehrsaufkommen. Ein Blick auf die Ausgangssituation, die zurückliegenden Planungen und auf den aktuellen Stand der Bauausführung zeigt die besonderen Herausforderungen dieser Baumaßnahme in Berlin.

### 1 Darstellung der Baumaßnahme

#### 1.1 Allgemeines

Das Land Berlin, vertreten durch die Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt, plant die Umgestaltung der Brückenbauwerke im Knotenpunktbereich von Landsberger und Märkischer Allee und über die Gleisanlagen der Deutschen Bahn (DB) AG im Berliner Stadtbezirk Marzahn-Hellersdorf. Der Anlass der Planung ist der erforderliche Neubau der Brücken aufgrund ihres schlechten baulichen Zustands. Die Landsberger Allee ist eine Hauptverkehrsstraße im Osten Berlins. Die Märkische Allee verbindet die Landsberger Allee mit der Straße Alt-Friedrichsfelde/Alt-Biesdorf (B 1/B 5). Im Bezirk Marzahn-Hellersdorf wird die Landsberger Allee über die Anlagen der Fern- und S-Bahn sowie über die Märkische Allee geführt und ist an diese über innen- und außenliegende Rampen angeschlossen. Parallel zur westlichen Fahrbahn der Märkischen Allee und zur nördlichen Fahrbahn der Landsberger Allee kreuzt die Straßenbahn niveaugleich. Der Verkehrsknoten ist geprägt von einer Vielzahl von Ingenieurbauwerken, die sich zum Teil in einem desolaten Zustand befinden. Dazu zählen die »Marzahner Brücken« und ein Fußgängertunnel im Zuge der Landsberger Allee. Sowohl der Zustand der Ingenieurbauwerke als auch die gegenwärtige Verkehrsführung für alle Verkehrsarten und

die Erreichbarkeit der anliegenden Gewerbegebiete erfordern eine Neuordnung des gesamten Kreuzungsbereichs. Die Landsberger Allee stellt eine Hauptverbindung aus Richtung Osten in das Zentrum von Berlin dar (Straßenkategorie VS II). Westlich der Märkischen Allee (B 158) beträgt die durchschnittliche tägliche Verkehrsbelastung an Wochentagen (DTVw) ca. 56.000 Kfz/d. Das Bauvorhaben umfasst die kreuzenden Verkehrswege (Bahngewerke), die Verkehrsanlagen im Abschnitt Frank-Schweitzer-Straße sowie die Verkehrsanlagen der Landsberger Allee im Abschnitt West, der Märkischen Allee und der Landsberger Allee im Abschnitt Ost. Zur Erhaltung und Verbesserung der verkehrstechnischen Leistungsfähigkeit sowie zur Erhöhung der Verkehrssicherheit ist vorgesehen, die vorhandenen Brückenbauwerke durch neue zu ersetzen und die Fahrbahnbereiche der Landsberger Allee, der Märkischen Allee sowie der Frank-Schweitzer-Straße neu zu gestalten. Der Knoten Landsberger Allee/Märkische Allee wird zu einer höhenungleichen Stadtstraßenkreuzung mit lichtsignaltechnischer Regelung umgebaut. Die derzeitigen vorhandenen innenliegenden Auf- und Abfahrtsrampen werden zurückgebaut. Der Anschluss der Gewerbegebiete wird über eine neue lichtsignaltechnisch geregelte Kreuzung erfolgen.



1 Lageplan zum Verkehrsknoten Marzahn  
© www.berlin.de



2 Lage des Bauvorhabens  
© Geoportal des Landes Berlin

Der Fußgängertunnel im Bereich der Straßenbahnhaltestelle für das Gewerbegebiet soll saniert werden. Für die zum Verkehrsknoten gehörende Straßenbahnbrücke ist ebenfalls ein Ersatzneubau vorgesehen.

Von der Neugestaltung der Verkehrsführung der Ingenieurbauwerke und der Verkehrsanlagen werden Gewerbebetriebe unmittelbar profitieren und im weiteren Umfeld sind entzerrende verkehrliche Effekte für die Anbindung von zusätzlichen Gewerbegebieten zu erwarten. Diese Gewerbegebiete sind ausgewiesene Vorranggebiete im Stadtentwicklungsplan. Der Verkehrsknoten mit seiner Verknüpfung zur B 1/B 5 gehört zur Kategorie übergeordnete Hauptverkehrsstraße im Stadtentwicklungsplan Verkehr. Die Bauwerke, die im Knotenpunkt der Straßen Landsberger Allee und Märkische Allee (B 158) liegen, dienen der unmittelbaren Erschließung der Gewerbegebiete und der angrenzenden Betriebe, die sich am Standort »CleanTech Business Park« in Berlin-Marzahn angesiedelt haben. Dort befinden sich auch Störfallbetriebe, welche im Zuge des Umbaus der Verkehrsanlage der Landsberger Allee besser angeschlossen werden, so dass ihre schnelle Erreichbarkeit sichergestellt werden kann.

Über den Verkehrsknoten Marzahn verläuft gemäß den Ergebnissen einer qualitativen Prüfung des Verfahrensmanagements für Großraum- und Schwertransporte-Anträge (VEMAGS) und den Erfahrungen der Genehmigungsbehörde eine der wichtigsten Routen für Großraum- und Schwertransporte in Berlin. Aufgrund der Brückenbemessung nach aktuellem Regelwerk (Eurocode) ist grundsätzlich von einer höheren Tragfähigkeit als im Bestand auszugehen, das heißt, dass generell Schwerlasttransporte mit einer höheren Tonnage als im Bestand über das Bauwerk geführt werden können. Zusätzlich wurde bei der Bemessung ein 240-t-Schwerlasttransport gemäß Zeichnung 87, Bl. 1 berücksichtigt. Damit ergeben sich keine Restriktionen für den mitfließenden Verkehr und zugleich eine bessere verkehrliche Situation für den Wirtschaftsverkehr. Das Bauvorhaben wird aus Fördermitteln zur Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur kofinanziert.

### 1.2 Notwendigkeit der Baumaßnahme

Im Rahmen der Bauwerksprüfungen wurden Schäden an der vorhandenen Bausubstanz festgestellt, die insbesondere deren Dauerhaftigkeit beeinträchtigen. Die begutachteten Schäden haben nur geringen Einfluss auf die Verkehrssicherheit sowie auf die Standsicherheit, die beide weiterhin gegeben sind. In den Prüfberichten wird der Bauzustand mit der durchschnittlichen Zustandsnote 2,7 beurteilt. Aufgrund des eingesetzten spannungsrissskorrosionsgefährdeten Spannstahls, welcher zu einem plötzlichen Versagen der Tragfähigkeit des Bauwerks führen kann, ist eine entsprechende Traglasteinstufung von mindestens Index III erfolgt.

Ein Ersatzneubau ist wegen der Vielzahl von Bauwerksschäden mit einem Bauwerksmonitoring zu begleiten und kurzfristig umzusetzen. Hinsichtlich der Aufrechterhaltung von Individual- und öffentlich-privatem Nahverkehr, einer uneingeschränkten Freigabe für Schwerverkehr sowie der Bereitstellung einer zukunftsfähigen Infrastrukturlösung in zentraler urbaner Lage ist ein Rückbau und Ersatzneubau der bestehenden Verkehrsanlage und der damit verbundenen Ingenieurbauwerke vorgesehen. Der Umbau der Verkehrsanlage im Zuge der Erneuerung der maroden Brücken stellt keinen erheblichen Eingriff dar und ist damit keine wesentliche Änderung im Sinne der anzuwendenden Straßengesetze. Ein Planrechtsverfahren ist nicht erforderlich. Auch die Prüfung der Umweltverträglichkeit (UVP-Vorprüfung mit Untersuchungen zur Landschaftspflegerischen Begleitplanung sowie hinsichtlich Lärm, Luftschadstoffen und Erschütterungen) ergab keine wesentlichen Änderungen, so dass ein Planrechtsverfahren nicht erforderlich ist.

### 2 Bestand

Der Bestandszustand der verschiedenen Verkehrsanlagen und Ingenieurbauwerke, welche in den 1980er Jahren errichtet wurden, muss als sehr schlecht bezeichnet werden. Vorhandene Schäden an Brücken, unter anderem Spannungsrissskorrosion, der schlechte Zustand der Straßen und Entwässerungsanlagen, die unübersichtliche und unzureichende Verkehrsorganisation am Gesamtknoten mit mehreren Unfallschwerpunkten mit Gefährdungspotenzial für alle Verkehrsarten, insbesondere für Fuß- und Radverkehr infolge fehlender oder unzureichender Zuordnung von Verkehrsräumen, sind die wesentlichen Gründe für den zwingend erforderlichen Ersatzneubau. Darüber hinaus verdeutlichen geänderte Regelwerke, Gesetze und Vorschriften sowie neue Anforderungen und erhöhte Verkehrsbelastungen die Notwendigkeit einer Investition in die Infrastruktur. Die Landsberger Allee als eine wichtige Hauptverkehrsstraße verbindet angrenzende Stadtgebiete, aber auch die überregionalen Bereiche der Metropolregion Berlin-Brandenburg. Es besteht eine direkte Verbindung zum Autobahnnetz, hier insbesondere zum Berliner Ring, der Bundesautobahn A 10. Die Landsberger Allee wurde im Zuge der Neubauvorhaben und Neugründungen des Stadtbezirks Berlin-Marzahn in den 1980er Jahren realisiert. Je Richtungsfahrbahn sind drei Fahrstreifen und ein schmaler Randbereich vorhanden, welcher aktuell vom Geh- und Radverkehr genutzt wird. Es sind keine eigenständigen Radverkehrsanlagen vorhanden, der Radverkehr ist derzeit auf den Gehwegen freigegeben. Die Straßenentwässerung erfolgt über Straßenabläufe.



3 Querschnitt der Landsberger Allee im Bestand  
© Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt



4 Darstellung des Projektraums mit Bauwerksangaben: Bestand und Planung  
© Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt

Der Verkehrsknoten Marzahn lässt sich in drei Brückenknoten unterteilen:

- Brückenknoten 1 im Zuge der Landsberger Allee mit zwei Teilbauwerken (BW 10 und BW 3) für den Straßenverkehr und einem Teilbauwerk für die Straßenbahngleise. Alle drei Teilbauwerke sind als Mehrfeldbrücken aus BT-70-Fertigteilsprengbeton über die Gleisanlagen der DB errichtet.
- Brückenknoten 2 mit zwei auseinanderliegenden Richtungsfahrbahnen und den Bauwerken BW 13 und BW 12 über die Gleisanlagen der DB und der Berliner S-Bahn
- Brückenknoten 3 über die B 158 mit der innerstädtischen Bezeichnung Märkische Allee. Hier befinden sich die ebenfalls aus Spannbetonfertigteilen errichteten Bauwerke BW 15 und BW 16.

Zwischen den Brückenknoten 1 und 2 liegen Haltestellen der Straßenbahn, welche zur Anbindung der umliegenden Gebiete durch einen Fußgängertunnel verbunden sind.

Anhand der folgenden Beispiele zum Brückenknoten 1 werden die wesentlichen Bauleistungen beschrieben. Als erster Bauabschnitt der Umgestaltung des Brückenknotens Marzahn wird das Bauwerk BW 13n als Ersatzneubau für das vorhandene BW 10alt errichtet, das auf zwei Teilbauwerken die beiden Richtungsfahrbahnen der Landsberger Allee mit je drei Fahrspuren, straßenparallelen Geh- und Radwegen über sechs Bahngleise (DB-Gleis 201, 1 Gleis DB-Strecke 6160, 2 Gleise DB-Strecke 6080, 2 Gleise S-Bahn-Strecke 6012), eine Fernwärmeleitung und die Frank-Zappa-Straße überführt.

Neben der bauwerksspezifischen Problematik des spannungsrissegefährdeten Spannstahls wurden bei allen Bauwerken verschiedene Schäden an der Betonstruktur, an der Fahrbahnabdichtung und am Fahrbahnbelag sowie fortschreitende Bewehrungskorrosion infolge fehlender Betondeckung und Chloridbelastung festgestellt. Neben Rissbildungen mit verschiedenen Rissbreiten, Betonabplatzungen und diversen Einzelschäden ergeben sich noch Instandsetzungsbedarfe an den Leitungstrassen.



5 Exemplarische Zusammenstellung der Bauwerksschäden am Brückenknoten Marzahn  
© Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt



# SETZPFANDT

Beratende Ingenieure

Ingenieurbauwerke

Tragwerke

Verkehrs- und Freianlagen

Pfahl- und Ankerprüfungen

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



## **A 26 - Süderelbequerung Hamburg**

Durchführung einer Pfahlgruppenprobelastung  
im Auftrag von DEGES und Porr Spezialtiefbau GmbH  
Maximallast 120 MN

PÜZ-Überwachungsstelle  
für den Einbau von Verpressankern

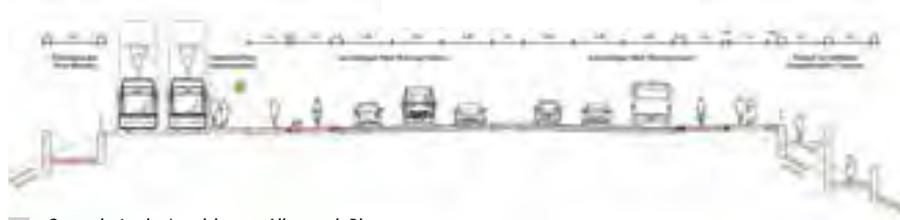
Pfahl- und Ankerprüfungen  
von der Konzeption bis zur Auswertung

Eigene Belastungsausrüstung  
bis 30 MN (Pfähle) und 3,5 MN (Anker)

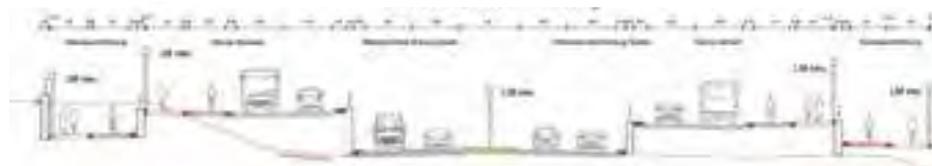
Eigene Meßtechnik  
für Verformungs- und Dehnungsmessungen



6 Querschnitt der Märkischen Allee im Bestand  
© Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt



7 Querschnitt der Landsberger Allee nach Planung  
© Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt/EIBS GmbH/Setzpfandt Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG



8 Querschnitt der Märkischen Allee nach Planung  
© EIBS GmbH/Setzpfandt Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG

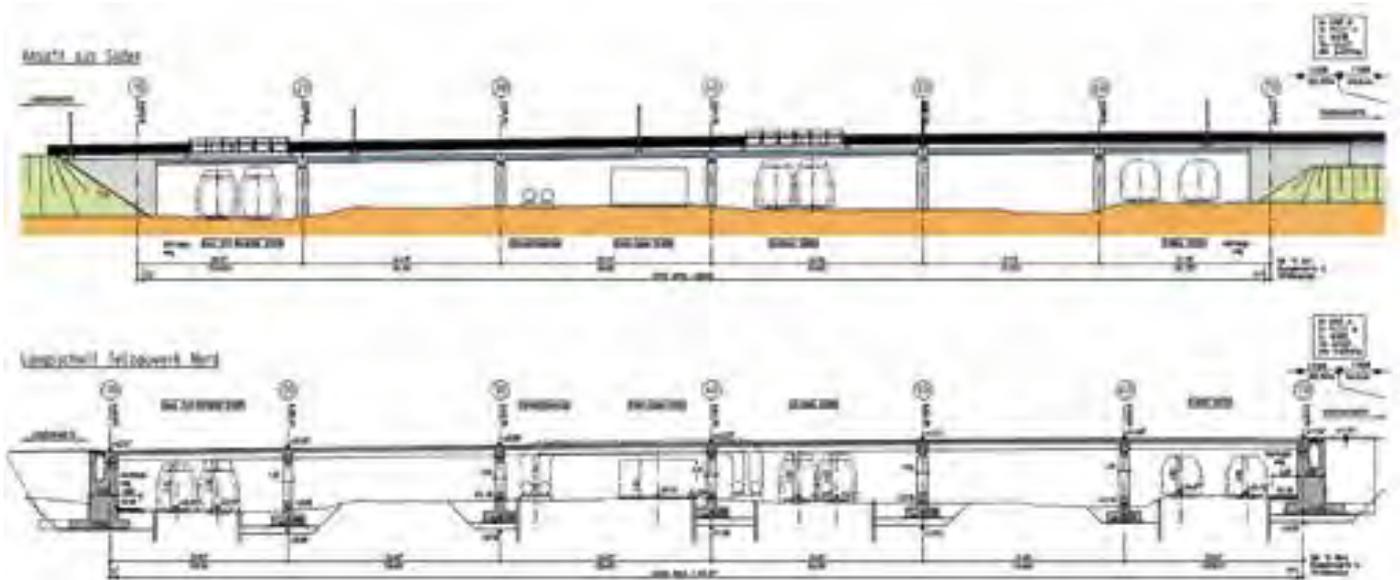
Die im Brückenknoten 3 überführte B 158, Märkische Allee, hat eine konzentrierende Verbindungsfunktion zwischen den verschiedenen Stadtbezirken. Aktuell werden im Zuge der Märkischen Allee jeweils drei Fahrstreifen je Richtungsfahrbahn berücksichtigt. Ein regelkonformer Geh- und Radwegbereich ist nur in Teilbereichen vorhanden. Im Kreuzungsbereich zwischen der Landsberger Allee und der Märkischen Allee werden die verschiedenen Richtungsfahrbahnen über autobahnähnliche Verbindungsfahrbahnen und Rampenbauwerke verknüpft, die bislang ohne Steuerung und Absicherung mittels Lichtsignalanlagen ausgestattet sind. Zudem erfordert der Zustand der Märkischen Allee einen grundhaften Ausbau und eine Erneuerung der Entwässerungsanlagen.

**3 Bauvorhaben**  
**3.1 Angaben zur Planung**

Die Vorzugsvariante des Umbaus des Brückenknotens Marzahn sieht vor, zur Erhaltung und Verbesserung der verkehrstechnischen Leistungsfähigkeit sowie zur Erhöhung der Verkehrssicherheit und Tragfähigkeit der Ingenieurbauwerke die Fahrbahnbereiche der Landsberger Allee zwischen den Brücken neu zu gestalten. Der Knoten Landsberger Allee/Märkische Allee soll zu einer höhenungleichen Stadtstraßenkreuzung mit Ampelschaltung um- und die derzeit vorhandenen innenliegenden Auf- und Abfahrtsrampen sollen zurückgebaut werden.

Der Anschluss der Gewerbegebiete »Knorr-brems« und »Alba« wird über eine durch Ampeln geregelte Kreuzung erfolgen. Der Fußgängertunnel im Bereich der Straßenbahnhaltestelle für das Gewerbegebiet soll instand gesetzt werden. Im Zuge der Maßnahmenrealisierung ist auch die Erneuerung des westlichen Bauwerks der Berliner Verkehrsbetriebe (Straßenbahnbrücke) geplant. Der Ersatzneubau des Marzahner Knotens führt zu einer Verbesserung der Verkehrsbeziehungen in die angrenzenden Gebiete, insbesondere in die Gewerbegebiete. Darüber hinaus wird die Verkehrssicherheit aller Verkehrsarten mit der klaren und übersichtlichen Neuordnung der Verkehrsflächen und Zufahrten verbessert. Die Gesamtbaumaßnahme gliedert sich in mehrere Bauabschnitte, Bauphasen, Baulose und Brückenknoten. Die vorliegenden Randbedingungen und die daraus resultierende Komplexität des Vorhabens stellen eine wesentliche Anforderung an die Planung und Konstruktion der verschiedenen Straßen, Brücken und Tunnelbauwerke dar, so dass sowohl spezielle konstruktive Lösungsansätze als auch bautechnologisch vorteilhafte Bauweisen gefragt sind. Neben den bereits vorhandenen drei Fahrstreifen je Richtungsfahrbahn werden mit dem Umbau der Landsberger Allee nunmehr breite Verkehrsflächen für den Fuß- und Radverkehr angeordnet.

Zur barrierefreien und fahrradtauglichen Anbindung der in Böschungslage befindlichen Trasse der Landsberger Allee werden neue Rampenbauwerke errichtet. Mit dem Umbau des Verkehrsknotens Marzahn werden neben einem zentralen neuen Brückenbauwerk parallel liegende Rampenbauwerke errichtet, welche eine Zusammenführung aller Verkehrsarten auf einem lichtsignalgesteuerten Kreuzungsbereich ermöglichen. Damit wird die Verkehrssicherheit deutlich erhöht. Aufgrund der seitlich begrenzten Ausweitungspotenziale wird auch unter Berücksichtigung der vorhandenen Verkehrsbedarfe die Fahrstreifenanzahl im Zuge der Märkischen Allee reduziert. Es sind nunmehr pro Richtungsfahrbahn jeweils zwei Fahrstreifen vorgesehen. Darüber hinaus wird durch die Anordnung von vier Tunnelbauwerken unter den Rampenbauwerken eine unterbrechungsfreie Fahrverbindung für den Radverkehr geschaffen, der im Zuge der Märkischen Allee diesen stark belasteten Kreuzungsbereich ungehindert durchfahren kann. Am Beispiel des Brückenknotens 1 werden die Planungen zum Ersatzneubau der Brückenbauwerke dargestellt. Das bestehende Acht-Feld- wird durch ein Sechsfeld-Bauwerk als Durchlaufträger in Stahl-Verbundbauweise ersetzt.



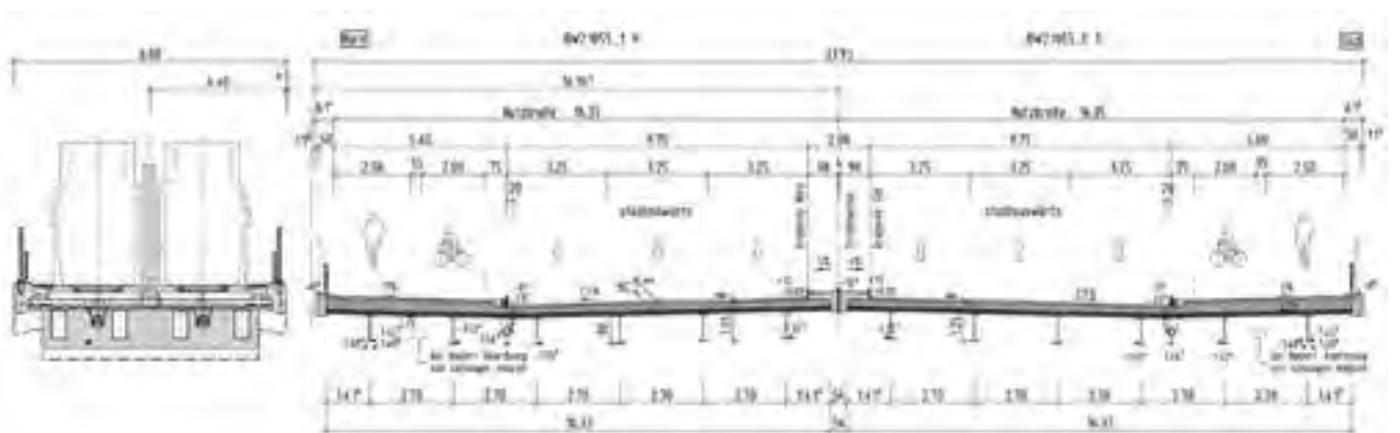
9 10 Längsschnitte am Brückenknoten 1 gemäß Planung  
© EIBS GmbH/Setzpfandt Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG

3.2 Angaben zur Bauausführung

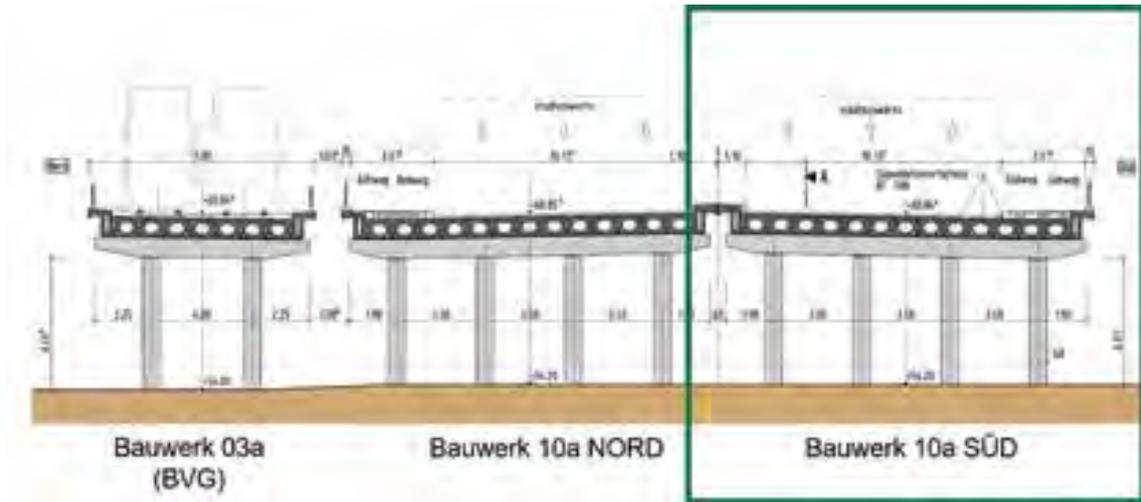
Der Umbau des Brückenknotens Marzahn stellt ein großes Infrastrukturprojekt für das Land Berlin dar. Mit in Summe fünf Brückenbauwerken mit ca. 8.571 m<sup>2</sup> Brückenfläche, vier Tunnelbauwerken, 20 Stützbauwerken mit einer Fläche von ca. 3.120 m<sup>2</sup>, drei Verkehrszeichenbrücken, Straßenbau in einer Länge von ca. 2 km und damit verbundenen ca. 4.000 m Radverkehrsanlagen, ca. 46.000 m<sup>2</sup> Asphaltfläche, ca. 230.000 m<sup>3</sup> Bodenbewegungen, ca. 21.500 m<sup>3</sup> Betonbewegungen, ca. 10.000 m Markierungsarbeiten, ca. 180 Beleuchtungsmasten und sieben Lichtsignalanlagen sowie 222 Bäumen mit 60.000 m<sup>2</sup> Ausgleichsfläche werden die Dimensionen des Vorhabens deutlich.

Eine Vielzahl von Ingenieur-, Gutachter-, Planungs- und Bauleistungen sind in einem komplexen Ausschreibungs- und Vergabeprozess umzusetzen. Zudem ist eine große Zahl von Beteiligten zu koordinieren und die notwendigen Genehmigungen sind einzuholen. Zu Beginn der Gesamtbaumaßnahme wird der Verkehr auf das nördliche Teilbauwerk verlegt, wodurch das südliche Teilbauwerk abgebrochen werden kann. Nach Errichtung des neuen südlichen Teilbauwerks erfolgen die Umverlegung des Verkehrs dorthin und anschließend der Abbruch des nördlichen Teilbauwerks.

Für die Umverlegung des Verkehrs muss auf der Nordseite des südlichen Bauwerks ein provisorisches bauzeitliches Geländer mit Elektrifizierungsschutz über den Fernbahngleisen hergestellt werden. Danach wird das Teilbauwerk Nord neu errichtet. Durch die schrittweise Erneuerung der Teilbauwerke und die aufeinanderfolgenden Bauphasen kann die weitestgehende Aufrechterhaltung aller Verkehrsbeziehungen gewährleistet werden. Nur für die eigentlichen Rückbau- und Neubauleistungen in den jeweiligen Brückenfeldern, welche unmittelbar über den DB-Gleisanlagen liegen, müssen die erforderlichen Sperrpausen der DB AG berücksichtigt werden.

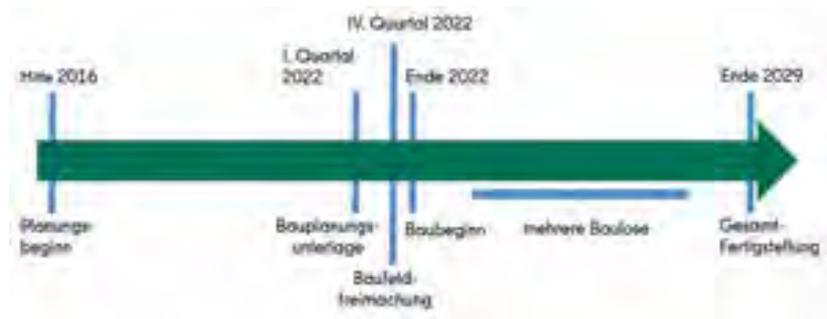


11 12 Querschnitte am Brückenknoten 1 gemäß Planung  
© EIBS GmbH/Setzpfandt Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG



13 Querschnitt am Brückenknoten 1 mit Bauphasen  
© EIBS GmbH/Setzpfandt Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG

Durch die Randbedingungen aus dem Bauen im Bestand, den beengten Platzverhältnissen, den eisenbahnspezifischen und kreuzungsrechtlichen Randbedingungen sowie insbesondere aus der Vorgabe zur weitestgehenden Aufrechterhaltung aller Verkehrsbeziehungen entstehen Abhängigkeiten, die einen kaum beeinflussbaren Zeitrahmen für die Planungs- und Ausführungsphase vorgeben.



14 Zeitstrahl zum Planungs- und Ausführungszeitraum  
© Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt



15 Erscheinungsbild des im Bau befindlichen Brückenknotens im Januar 2025  
© Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt

#### 4 Fazit

Der Umbau des Brückenknötens Berlin-Marzahn stellt aufgrund der Randbedingungen sowie der verkehrlichen Bedeutung als innerstädtischer Verkehrsknotenpunkt hohe Anforderungen an die Planung und Realisierung. Zusammenfassend ist auch bei diesem Projekt festzuhalten, dass nur durch die Anwendung von anderen Verfahrensweisen, Projektstrukturen und Vertragsgestaltungen die enormen Herausforderungen im Brücken- und Infrastrukturbereich bewältigt werden können. Beginnend mit einem geschätzten Gesamtkostenrahmen von ca. 50 Mio. €, wird mit einer deutlichen Anpassung des Projektvolumens auf ca. 200 Mio. € gerechnet. Hierbei ist es aus meiner Sicht wichtig, dass auch die Projektstruktur sowie das Finanzierungs- und Vergabekonzept im Auge behalten werden. Insbesondere zur Einhaltung der bahnspezifischen Sperrpausen ist eine kleinteilige Objekt- und Anlagenstruktur notwendig, um für die dann tatsächlichen Vergabepakete entsprechend reagieren zu können. Hinzu kommen die finanzierungsseitigen Auflagen, welche ebenfalls Vorgaben bezüglich der Jahresscheiben und Auftragsstrukturen zur Folge haben. Dem gegenüber stehen vorhandene Wünsche nach frühzeitiger Beauftragung von möglichst großen Vergabepaketen und nach hoher Flexibilität in den Ausführungsinhalten. Auch ohne konkrete vertragliche Regelungen wurde von Beginn an eine mehrstufige Lösungs- und Konfliktbearbeitung verfolgt, welche durch turnusmäßige Abstimmungs- und Feedbacktermine unterstützt wurde. Letztlich hängt der Erfolg davon ab, wie bereit und willens alle Beteiligten sind, die projektbezogenen Aufgaben zu lösen, jeder in seiner Rolle, aber ebenso gemeinsam und mit einem Blick für die Aufgaben der Anderen und auf das große Ganze.

#### Autor:

**Dipl.-Ing. Arne Huhn**  
Bereichsleiter  
Bereich Brücken- und Ingenieurbau  
Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr,  
Klimaschutz und Umwelt,  
Berlin

#### Bauherr

Land Berlin, Senatsverwaltung für Mobilität,  
Verkehr, Klimaschutz und Umwelt

#### Entwurfsplanung

Setzpfandt Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG, Berlin

#### Ausführungsplanung

IBJ Ingenieurgesellschaft mbH, Leipzig  
(Subunternehmer der Strabag AG)

#### Verkehrsplanung

EIBS GmbH, Berlin

#### Bahnplanung

Deutsche Bahn AG, Berlin

#### Prüfingenieure

panta prüfingenieure GmbH & Co. KG, Berlin

#### Lichtplanung

Wosnitza & Knappe, Berlin

#### Landschaftsplanung

ecoplan Thiede, Berlin

#### Verkehrssicherheitsaudit

Schübler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH, Berlin

#### Lärm- und Schadstoffgutachten

IBC Ingenieurbüro Czekalla, Potsdam

#### Baugrundgutachten

CDM Smith Consult GmbH, Bochum

#### Bohr- und Untersuchungsarbeiten

Vormann & Partner Bohr GmbH & Co. KG, Stralsund

#### Gesundheitsschutz

PST GmbH, Werder (Havel)  
InVo Ingenieurbüro Vogt, Berlin

#### Bauausführung

Strabag AG, Berlin (Brückenknoten 1)  
BUG Verkehrsbaue SE, Berlin (Brückenknoten 1 und 2)

Planung über den Tag hinaus.  
Sprung über die Emscher

 Schübler-Plan



Fuß- und Radwegbrücke, Wasserkreuz Emscher/Rhein-Herne-Kanal, Castrop-Rauxel

Berlin · Düsseldorf · Frankfurt am Main · Darmstadt · Dortmund · Dresden · Erfurt  
Halle (Saale) · Hamburg · Hannover · Karlsruhe · Köln · Leipzig · Ludwigshafen · Mainz  
Mannheim · München · Neustrelitz · Nürnberg · Potsdam · Stuttgart · Warschau  
[www.schuessler-plan.de](http://www.schuessler-plan.de)



Ausbau und Verbreiterung der A 15 bei Arnheim

ViA15 als Paradigmenwechsel beim Brückenentwurf

■ ■ ■ von Laurent Ney, Toon Maas, Eric Bodarwé, Karl Burgmann

Der Bau neuer Autobahninfrastruktur verbessert die Zugänglichkeit und die Verkehrssituation. Der positive Einfluss auf die unmittelbare Umgebung ist jedoch weniger offensichtlich. Dieser Beitrag thematisiert die Projektvision und den Entwurf der Brücke über den Pannerdensch Kanaal und das umliegende Natura-2000-Gebiet. Das Projekt ist Teil der Verlängerung der A 15 und ihrer Anbindung an die A 12 in Gelderland, Niederlande. Bei der Konzeption neuer Autobahnen ist der motorisierte Verkehr oft der größte Gewinner, die Verlierer hingegen sind »der lokale Lebensraum«: die Bevölkerung, Radfahrer und Fußgänger sowie Flora und Fauna. Ein Paradigmenwechsel ist notwendig und bildet die Grundlage für die geplante naturinklusive Infrastruktur mit der längsten überdachten Fahrradbrücke der Welt.

1 Kontext

1.1 Das ViA15-Projekt

ViA15 ist ein Infrastrukturprojekt in der Region um Arnheim und Nimwegen in den Niederlanden. Es umfasst eine 12 km lange Verlängerung der A 15 sowie die Verbreiterung der vorhandenen Autobahnen A 12 und A 15 auf einer Länge von insgesamt 23 km. Mit diesem Projekt will Rijkswaterstaat zusammen mit der Provinz Gelderland die Stauprobleme in der Region lösen. Durch die Verlängerung der A 15, die an die A 12 anschließt, entsteht eine direkte Verbindung zwischen dem Hafen von Rotterdam und Deutschland. ViA15 verbessert zudem die Vernetzung und den regionalen Verkehrsfluss. Dadurch können Verkehrsteilnehmer schneller zwischen Arnheim, Nimwegen, den Liemers und der Achterhoek reisen, was der regionalen Wirtschaft und dem Pendlerverkehr zugutekommt.

Die nachfolgenden Ausführungen konzentrieren sich auf die Projektvision, den gestalterischen Entwurf der Brücken und die ingenieurtechnischen Herausforderungen bei der Planung.

1.2 Ein Brückenkomplex

Die größte Herausforderung des ViA15-Projekts liegt im zentralen Abschnitt, wo die neue A 15 auf einer Länge von 2,5 km verschiedene natürliche Hindernisse und Infrastrukturen kreuzt. Von Westen nach Osten sind dies:

- die Betuweroute, eine Güterbahnstrecke zwischen dem Hafen von Rotterdam und Deutschland
  - die N 838, eine Provinzstraße
  - der Rijndijk, der westliche Deich
  - die westlichen Überschwemmungsgebiete
  - der Pannerdensch Kanaal, ein Nebenarm des Rheins
  - die östlichen Überschwemmungsgebiete, einschließlich eines Natura-2000-Gebiets als Teil eines europäischen Netzwerks von Naturschutzgebieten
  - der Kandiadijk, der östliche Deich
- Zur Überwindung dieser Hindernisse ist die Errichtung einer Vielzahl von Brückenbauwerken notwendig. Dazu zählen
- die »Pergola« zur Querung der Betuwe-Bahnlinie,
  - die Freivorbaubrücke, die den Kanal mit einer Gesamtlänge von 340 m und einer Hauptspannweite von 170 m überquert,
  - die östlichen und westlichen Vorlandbrücken,
  - die Fahrradbrücke, die von den Vorlandbrücken und der Strombrücke abgehängt ist und die beiden Deiche verbindet.



1 Projektgebiet der ViA 15 © Ney & Partners



2 Der neue A-15-Brückenkomplex © Ney & Partners



3 Ganzheitliches Entwerfen: neun Prinzipien von Ney & Partners © Ney & Partners

### 1.3 Der Entwurfsrahmen

Das Projekt wurde im Rahmen eines Design-and-build-Verfahrens geplant. Die Vergabestelle legte den Entwurfsrahmen fest, der aus zwei zentralen Komponenten besteht: Der erste Teil, der sogenannte Tracébesluit (Routenbeschluss), definiert die Trassenführung und die Positionierung der Infrastruktur. Der zweite Teil ist das Esthetisch Programma van Eisen (Ästhetisches Anforderungsprogramm), welches die gestalterische Vision des Projekts beschreibt und gleichzeitig den Genehmigungsrahmen für Architektur und Landschaftsintegration vorgibt. Die Qualität dieses Programms ist maßgebend für die Gesamtqualität des finalen Projekts. Die Erstellung eines solchen Dokuments ist jedoch anspruchsvoll, da es klare Zielsetzungen und Konzepte beinhalten muss, ohne dabei ein konkretes Design vorzuschreiben. Es gilt, eine ausgewogene Balance zwischen der Sicherstellung der gewünschten gestalterischen Qualität und ausreichender Freiheit für kreative Entwürfe zu finden.

## 2 Projektvision

### 2.1 Herausforderungen

Ein Infrastrukturvorhaben dieser Größenordnung verbessert zweifellos die Mobilität und erfüllt somit übergeordnete, großräumige Ziele. Gleichzeitig ist es essenziell, dass jedes Projekt auch auf lokaler Ebene eine breite Akzeptanz bei den Anwohnern und Interessengruppen findet.

Das Hauptanliegen dieses Projekts besteht darin, Verbindungen zu schaffen – sowohl zwischen Menschen als auch zwischen ihnen und der heimischen Flora und Fauna. Die Brücke soll dabei nicht nur als funktionales Bauwerk dienen, sondern ebenso als Symbol für die neuen Verbindungen stehen und den Stolz der Region verkörpern.

Um dieses Ziel zu erreichen, wurde zusätzlich zu den Vorgaben des ästhetischen Anforderungsprogramms eine Reihe zentraler Gestaltungsthemen definiert:

- ganzheitliches Entwerfen
- Ehrlichkeit
- Paradigmenwechsel
- naturinklusive Gestaltung

Diese Themen bilden die Grundlage für die Konzeption und die Umsetzung des Projekts.

### 2.2 Ganzheitliches Entwerfen

Integriertes Design ist eine notwendige Perspektive beim Entwerfen und Bauen und ein Hauptziel in der Entwurfspraxis von Ney & Partners. Große Infrastrukturprojekte werden täglich realisiert und sollen Generationen überdauern. Sie prägen die Landschaft für Jahrhunderte und haben einen direkten Einfluss auf das Leben von Millionen Menschen. Infrastrukturprojekte dieser Art haben in der Vergangenheit die Geschichte mitbestimmt und werden auch in Zukunft eine bedeutende Rolle spielen. Daher glauben wir, dass der klassische Ansatz für solche Aufgaben nicht ausreicht. Eine solche Perspektive ist zu eng und ihre Zukunftsausrichtung zu kurz. Das derzeitige Modell führt nur zufällig zu geeigneten Konstruktionen für die Gesellschaft. Die Alternative ist das integrierte Design. Wir verlassen die enge Perspektive und berücksichtigen den Kontext sowie die langfristige Nützlichkeit. Die Natur und die Kultur, in die die Konstruktion eingebettet ist, sind von großer Bedeutung. Darüber hinaus werden das Wissen und die Fähigkeiten der größtmöglichen Anzahl von Menschen genutzt. Schließlich geht es um weit mehr als das künstlerische Ego einer oder zweier Personen.

### 2.3 Ehrlichkeit

»Ehrlichkeit« ist für uns als Planer von Infrastrukturprojekten mehr eine Selbstverständlichkeit als ein Thema. Wir entwerfen Architektur, die zu 100 % Tragwerk ist. Das bedeutet, dass hinter dem Entwurf Wahrheit und Ehrlichkeit stehen. Architektur und Tragwerk sind untrennbar miteinander verbunden, und gerade diese Integration macht den Entwurf robust.

### 2.4 Paradigmenwechsel

Für dieses Projekt ist das Gestaltungsthema »Paradigmenwechsel« besonders relevant. Mit der Verlängerung der A 15 zur A 12 wird das Auto natürlich der große Gewinner sein. Der Verkehrsfluss in der Region wird sich erheblich verbessern, die Zugänglichkeit steigern.



4 Paradigmenwechsel © Ney & Partners

Um die neue Straße zu bauen, muss aber Platz für die Autobahn innerhalb der bestehenden Landschaft geschaffen werden. Der lokale Lebensraum, also die Bewohner sowie Flora und Fauna, hat sich an die neue Straße anzupassen, und ein Teil des Natura-2000-Gebiets wird durchquert. Die Gestaltungsvision dieses Projekts ist es, einen Paradigmenwechsel zu schaffen. Die lokalen Bewohner sowie Flora und Fauna sollen hier genauso große Gewinner werden! Dies ist die perfekte Gelegenheit, die Akzeptanz auf lokaler Ebene zu erweitern. Wir möchten eine Autobahn bauen, auf die die Region letztendlich stolz ist, bei der Menschen, Pflanzen und Tiere profitieren. Wir tun viel mehr für die Biodiversität, als in einem herkömmlichen Infrastrukturprojekt nach den gesetzlichen Vorgaben (Naturschutzgesetz) erforderlich wäre. Daher auch der Name des Auftragnehmerteams »GelreGroen«: abgeleitet vom Namen der Provinz Gelderland und »groen«, was auf Niederländisch »grün« bedeutet.

### 2.5 Naturinklusive Gestaltung

Eine Folge dieses Paradigmenwechsels ist ein maßstabsübergreifendes Denken, das im Entwurf des Projekts eine entscheidende Rolle spielte. Die Herausforderung bei der Gestaltung eines so groß angelegten Infrastrukturvorhabens besteht nicht allein in der technischen Ausarbeitung, sondern vor allem in der Integration des Projekts auf verschiedensten Ebenen, wie zum Beispiel Landschaft, ökologische Systeme und lokale Lebensräume. Diese verschiedenen Maßstabebenen kohärent in einem Entwurf zu verbinden, stellt die (!) Herausforderung eines gelungenen Infrastrukturdesigns dar.

Ein Beispiel dafür ist die Freivorbaubrücke über den Pannerdensch Kanaal, wo eine Großbrücke in einem Natura-2000-Gebiet auch Radfahrern und Fußgänger Platz bieten soll. Das Gestaltungsthema kann als »Gerechtigkeit« in einer natürlichen Umgebung verstanden werden: eine Integrität, die beim Entwurf von größter Bedeutung war. Es versteht sich daher von selbst, dass bei der Gestaltung von Infrastrukturbauwerken bis hin zur Ebene der Fauna geplant wird. Dabei geht es um besondere Aufmerksamkeit für Quer- und Längsverbindungen, für Migration, für Nist- und Nahrungsoptionen der Tiere (»Bed and Breakfast«).



5 6 Regelquerschnitt: Vorgabe im Tracébesluit und im ästhetischen Anforderungsprogramm © Ney & Partners

### 3 Der Brückenentwurf

#### 3.1 Gestaltungsthemen

Die zuvor erwähnten Gestaltungsthemen »Integriertes Design« und »Ehrlichkeit« sind beide von zentraler Bedeutung. Als grundlegende Denkweisen bei Ney & Partners durchziehen sie das gesamte Portfolio des Büros. Die anderen Gestaltungsthemen, »Paradigmenwechsel« und »Naturinklusive Gestaltung«, hatten jedoch ebenfalls einen sehr deutlichen und spürbaren Einfluss auf das Brückendesign. Im Folgenden konzentrieren wir uns auf diese Themen und deren Anwendung im vorliegenden Fall.

Hauptanforderungen des öffentlichen Auftraggebers waren

- ein Überbau für beide Richtungsfahrbahnen,
- ein einzelner Brückenpfeiler mit einer auf ein Fünftel des Überbaus begrenzten Dimension
- die Anordnung eines Fahrradwegs neben der Autobahn.

#### 3.2 Paradigmenwechsel

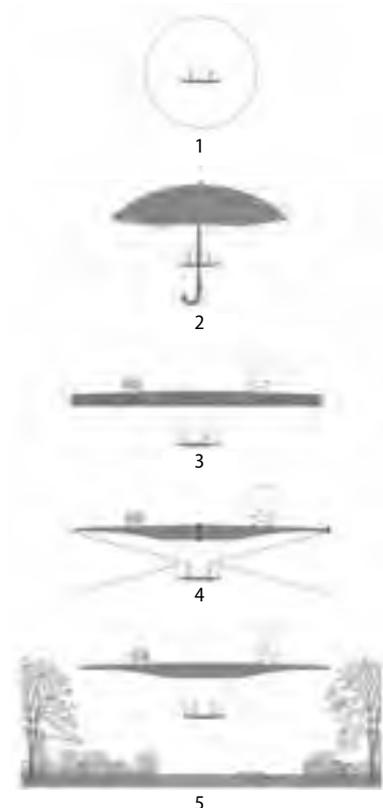
Wie bereits erwähnt, ist das Hauptziel dieses Projekts das Schaffen von Verbindungen. Der Paradigmenwechsel hilft uns, nicht nur für Autos und die Autobahn zu entwerfen, sondern die Perspektive des »lokalen Lebensraums« und damit der umliegenden Bewohner sowie der Flora und Fauna einzunehmen. Die Gestaltung des Brückenquerschnitts ist ein Beispiel dafür. Er wurde so konzipiert, dass er Radfahrern und Fußgängern eine angenehmere, sicherere und naturverbundene Überquerung ermöglicht. Dabei wurde die Flexibilität genutzt, die im Designrahmen des Auftraggebers vorgesehen war, um bessere Lösungen zu entwickeln.

Der Überbauquerschnitt wurde in fünf konzeptionellen Schritten entwickelt:

- Lokaler Lebensraum im Zentrum: Im Mittelpunkt des Entwurfs stehen buchstäblich und sinnbildlich die Bedürfnisse der lokalen Lebensgemeinschaft, sowohl der Menschen als auch von Flora und Fauna.
- Schutz vor Regen: Da die Niederlande ein regenreiches und gleichzeitig ein Fahrradland sind, wird den Radfahrern Schutz vor Regen geboten.
- Autos fahren auf dem Regenschutz der Radfahrer: Die Fahrbahn wird über diesem Schutz positioniert.
- Optimierung der Konstruktionshöhe: Um den Radfahrern eine maximale Durchfahrtshöhe zu bieten und gleichzeitig Ausblicke auf die umliegende Landschaft zu ermöglichen, wurde die Bauhöhe des Brückenüberbaus an den Seiten minimiert.
- Optimierte Verbindungen: Diese Änderungen führten zu einer Vereinfachung der Anbindung an die Deiche. Radfahrer müssen jetzt einen geringeren Höhenunterschied überwinden, was die Überquerung sicherer und komfortabler macht.

Eine zusätzliche Optimierung ermöglichte die Schaffung einer Plattform oberhalb des Pannerdensch Kanaal, die als

Aussichtspunkt dient. Eine weitere unerwartete Möglichkeit war die Herstellung einer direkten Verbindung zwischen den westlichen und östlichen Überschwemmungsgebieten, die ursprünglich nicht im Auftrag enthalten war. Die Gestaltung der Fahrrad- und Fußgängerbrücke berücksichtigt bewusst die Maßstäblichkeit des Nutzers und orientiert sich an der natürlichen Umgebung. Aus diesem Grund wurde wetterfester Stahl für die Struktur gewählt, da er natürlich altert und wartungsfrei ist. Edelstahl wurde für die Geländer und Aufhängungen verwendet, um eine maximale Transparenz zu gewährleisten und die Ausblicke auf die Natur nicht zu stören.



7 Entwicklung des Überbauquerschnitts in fünf Schritten © Ney & Partners



8 Die längste überdachte Fahrradbrücke der Welt © Ney & Partners



9 Fahrradfahren mit Panoramablick © Ney & Partners



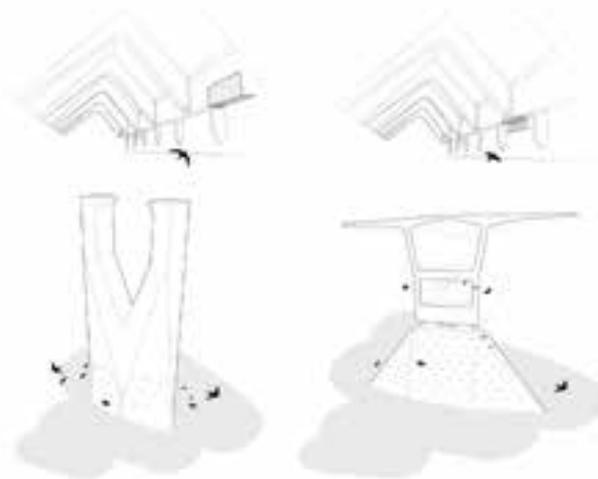
10 Naturinklusive Detailausbildung  
© Ney & Partners

### 3.3 Naturinklusive Gestaltung

Der Brückenkomplex erfordert aufgrund seiner Lage im Natura-2000-Gebiet eine naturinklusive Gestaltung. Diese beinhaltet die Schaffung von Räumen für Flora und Fauna innerhalb der Infrastruktur. Beispiele hierfür sind:

- Nistkästen für Mauersegler an den Rändern der Brücke
- Vorsprünge für Mehlschwalben zum Nesterbauen
- Fledermausquartiere in den Widerlagern und Hohlräumen des Haupttragwerks
- Sandkästen in den Brückenpfeilern für Uferschwalben als Schutz vor Landraubtieren während der Nistzeit
- eine fledermausfreundliche Beleuchtung (bernsteinfarben) auf der Fahrradbrücke, keine Beleuchtung auf der Autobahnbrücke selbst

Zusätzlich werden ökologische Maßnahmen wie Amphibienbecken und Wildtierüberführungen in die Landschaft integriert. Darüber hinaus wird die gesamte ViA15-Infrastruktur energieneutral sein: Die Brückenränder werden mit Solarzellen ausgestattet, die über die komplette Länge des Bauwerks Strom erzeugen. Dank einer Fläche von 8.800 m<sup>2</sup> werden dies 1.292 MWh/a sein.



11 Pfeiler und Überbau  
© Ney & Partners



12 Solarpaneele am Kapfenrand  
© Ney & Partners

## 4 Planung der Vorlandbrücken

### 4.1 Der Überbau

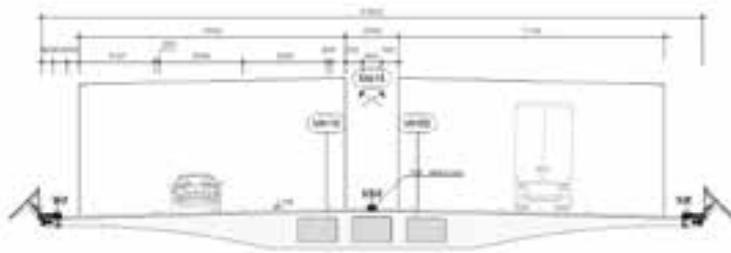
Die westliche und die östliche Vorlandbrücke haben eine Länge von jeweils 1.280 m und 703 m bei einer Überbauweite von 27,63 m. Beide Richtungsfahrbahnen sowie je eine Notfallspur pro Fahrtrichtung befinden sich auf einem Überbau.

Die Spannweite von ca. 36 m ist das Ergebnis eines Optimierungsprozesses, der folgende Parameter berücksichtigt:

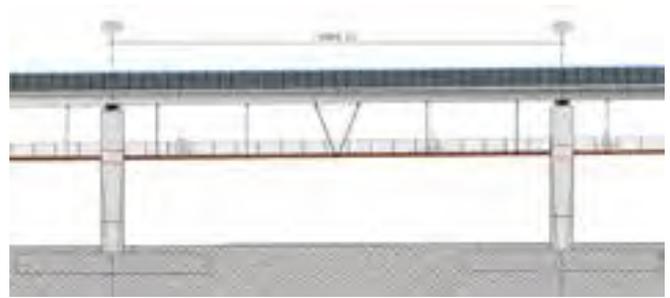
- die Position der zu überquerenden Verkehrswege und Deiche
- die Kosten
- das Bauverfahren
- die Bauablaufs- und Bauzeitenplanung



13 Einteilung in Brückenabschnitte  
© Ney & Partners



14 Seitenansicht der Vorlandbrücke  
© Ney & Partners

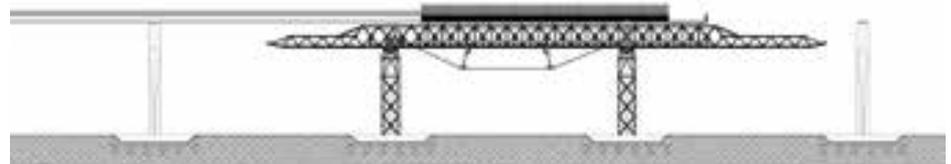


15 Regelquerschnitt der Vorlandbrücke  
© Ney & Partners

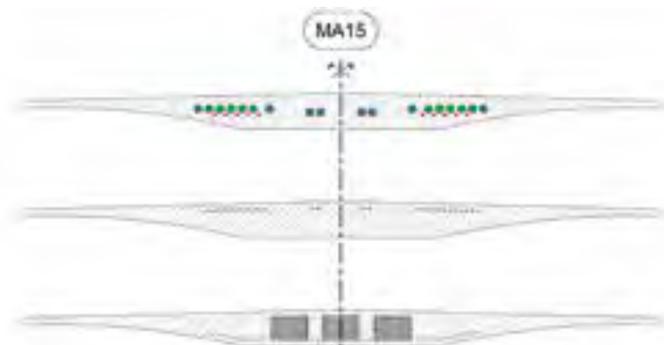
Der letzte Parameter erweist sich als entscheidend, da der Bauzeitenplan für die Vorlandbrücke auf dem kritischen Pfad des Projekts liegt. Die relativ kurze Spannweite ermöglicht einen kompakten Querschnitt mit einer Bauhöhe von 1,60 m, der in einem Arbeitsgang auf einer Schalung betoniert werden kann: Sie wird von einem verschiebbaren Schalungssystem, einem Movable Scaffolding System (MSS) getragen, wie in Bild 16 dargestellt. Die Herstellung eines Felds erfolgt im Zwei-Wochen-Takt.

Der Überbau ist sowohl in Längs- als auch in Querrichtung vorgespannt: in Längsrichtung mit 28 Kabeln zu je 22 Litzen und in Querrichtung mit Spanngliedern zu je fünf Litzen im Abstand von 600 mm. Bild 17 zeigt den Querschnitt mit 28 Längskabeln, von denen acht in jedem Feld verankert sind. Die verbleibenden 2 x 10 Kabel werden abwechselnd in jedem zweiten Feld verankert. Die Anzahl der Kabel, die in der Konstruktionsfuge gekoppelt sind, ist auf 64 % begrenzt.

Das Konstruktionsgewicht des Überbaus wird durch die Verwendung von Polystyrolblöcken verringert. Besonderes Augenmerk wurde darauf gelegt, das Aufschwimmen der Polystyrolblöcke während des Betonierens zu verhindern. Da der Schalungsdruck des Frischbetons nicht allein durch das Gewicht der Bewehrung und der Spannglieder ausgeglichen werden kann, wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Ausführungsteam und Betonspezialisten eine projektspezifische Betonierabfolge entwickelt, bei der der Beton lagenweise (vier Lagen) eingebracht wird, um das Eigengewicht des erhärtenden Betons zu nutzen. Um die Betonierabfolge, die Konsistenz des Betons, die Fixierung der Schaumstoffblöcke sowie die Temperaturentwicklung im Querschnitt zu überprüfen, wurde ein maßstabsgetreues Modell des Überbaus hergestellt und umfassend getestet.



16 Einsatz eines beweglichen Schalungssystems  
© Ney & Partners



17 Querschnitt über Pfeiler und in Feldmitte  
© Ney & Partners

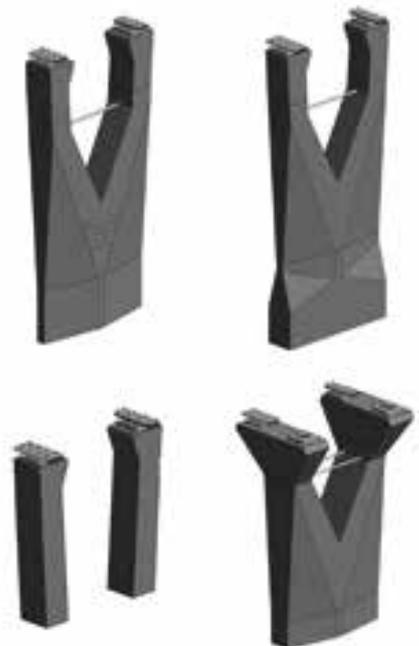
Beide Vorlandbrücken sind frei von Dehnungsfugen. Bei der westlichen Vorlandbrücke wurden Übergangskonstruktionen an beiden Enden der 1.280 m langen Struktur angeordnet, der Fixpunkt in der Endlage befindet sich auf den vier Pfeilern in Bauwerksmitte.

Der Überbau der östlichen Vorlandbrücke ist monolithisch mit dem östlichen Widerlager verbunden; die einzige Übergangskonstruktion befindet sich am Trennpfeiler mit der Strombrücke. Die Dilatationslänge ist daher für beide Brücken ähnlich und beträgt ca. 600 m.

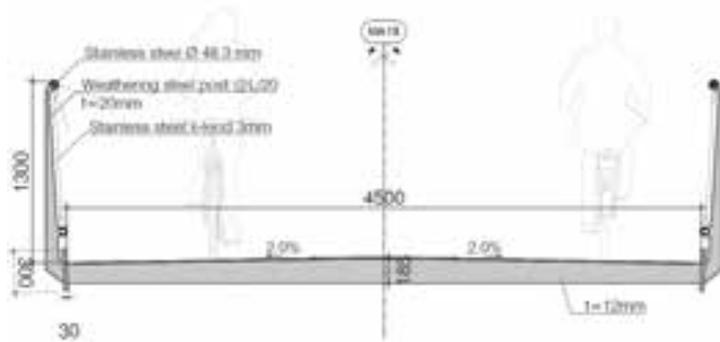
#### 4.2 Die Unterbauten

Der Überbau der Vorlandbrücken wird von insgesamt 54 Pfeilern getragen, die jeweils mit zwei Lagern ausgestattet sind, mit einem querfesten und einem frei verschieblichen. Bild 18 zeigt die verschiedenen Pfeilertypen:

- Pfeilertyp A befindet sich in den Überflutungsgebieten zwischen den beiden Deichen und hat eine V-Form, um die Durchfahrt der Fahrradbrücke zu ermöglichen.



18 Ausbildung der Pfeilertypen  
© Ney & Partners



19 Regelquerschnitt der Fahrradbrücke  
© Ney & Partners

- Pfeilertyp B befindet sich in den niedrigeren Bereichen der Brücke, wo der Radweg ebenerdig verläuft, und besteht aus zwei leicht geneigten Stützen.
  - Die zwei Pfeiler des Typs C befinden sich am Übergang zwischen den Vorlandbrücken und der Strombrücke und sind am Pfeilerkopf konsolenartig ausgebildet, um beide Bauwerke aufzulagern. Querkraftkräfte werden über Zugstangen kurzgeschlossen.
- Aufgrund ihrer großen Schlankheit und einer Höhe bis zu 19,10 m sind die Pfeiler nach Theorie II. Ordnung großen Biegemomenten ausgesetzt: in Längsrichtung bei allen Typen und in Querrichtung nur bei Typ B. Um diese Effekte zu begrenzen, wurden die Abmessungen der höchsten Pfeiler des Typs A (Untertyp A 3+) unterhalb der Wasserlinie vergrößert. Dadurch konnte der Momentenzuwachs infolge von Effekten aus Theorie II. Ordnung auf einen Wert von 1,25 begrenzt werden. Resultierend aus seiner besonderen V-Form, treten bei Pfeilertyp A durch vertikale Belastungen Querkraftkräfte auf. Um diese aufzunehmen, wird bei den Pfeilertypen A und C ein zusätzliches Konstruktionselement integriert: ein Zugstab, der die beiden Stützen im oberen Bereich miteinander verbindet. Durch seine höhere Position im Pfeiler wirkt das Zugglied effizienter und reduziert den Bedarf an Zugbewehrung.

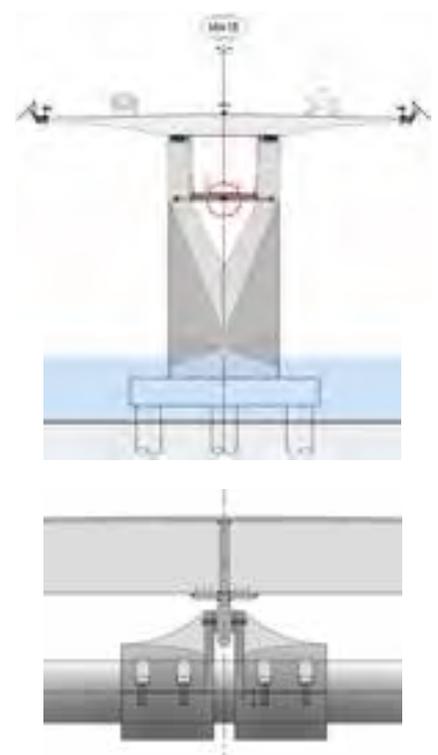
Für die Gründungen der Pfeiler werden unterschiedliche Typen verwendet:

- Kelly-Pfähle an Landstandorten mit weichen Deckschichten
- Großbohrpfähle für Pfeiler im See, der durch eine ehemalige Sandgrube entstanden ist. Die Wassertiefe und die Mächtigkeit der hoch kompressiblen Bodenschichten im See betragen etwa 10 m. Um den Momentenzuwachs infolge von Effekten aus Theorie II. Ordnung auf maximal 1,25 zu begrenzen, sind Pfähle mit großem Durchmesser erforderlich.
- Flachgründungen an Standorten ohne weiche Bodenschichten, in Kombination mit Bodenverbesserungen zur Begrenzung von Setzungen

#### 4.3 Die Fahrradbrücke

Die Fahrradbrücke mit einer Nutzbreite von 4,50 m ist im Abstand von 7,50 m über Zugstangen am Spannbetonüberbau aufgehängt. Der Querschnitt aus wetterfestem Stahl (Cortenstahl) besteht aus zwei Seitenblechen und einem mit Querrippen ausgesteiften Deckblech. Das Hauptaugenmerk bei der Konstruktion und Bemessung lag auf folgenden Punkten:

- Detailausbildung in Bezug auf mögliche relative Bewegungen zwischen der Fahrradbrücke und dem Spannbetonüberbau
  - Montage der Stahlkonstruktion
- In Längsrichtung werden die Horizontallasten über die V-förmig ausgebildeten Hänger abgeleitet. Um Längenänderungen infolge von Temperaturunterschieden und Langzeiteffekten zwischen den beiden Konstruktionen aufnehmen zu können, wurde die Fußgängerbrücke an den Brückenpfeilern mit Dehnfugen ausgestattet. In Querrichtung ist sie mit den Pfeilern verbunden, das entsprechende Verbindungsdetail ermöglicht freie Bewegungen in vertikaler und in Längsrichtung.



20 Festhaltung in Querrichtung  
© Ney & Partners

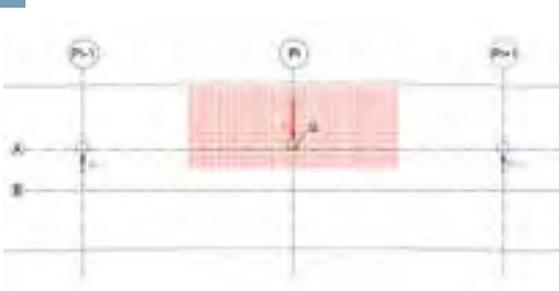
## 5 Interaktion zwischen Überbau und Unterbauten

### 5.1 Herausforderung

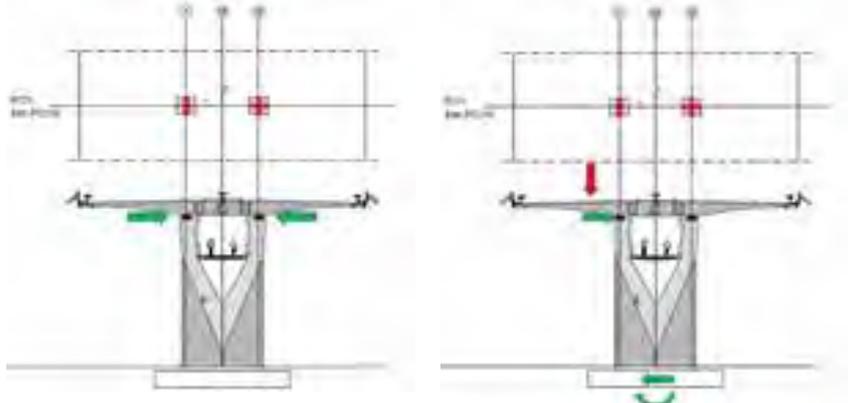
Eine Herausforderung bei der Bemessung der Lager und Unterbauten war die Interaktion zwischen Überbau und Unterbauten aufgrund der spezifischen Merkmale der Vorlandbrücken. Die in Brückenquerrichtung wirkenden Kräfte werden durch die Lager (Kalottenlager) vom Überbau in die Unterbauten eingetragen (und umgekehrt!).

- Die einwirkenden Kräfte in Querrichtung resultieren aus den folgenden Effekten:
- Windlasten
  - horizontaler Temperaturgradient
  - Verformung durch Eigengewicht
  - Verformung aufgrund exzentrischer Belastung
  - Verformung durch Effekte in Längsrichtung (Temperatur und Langzeiteffekte)

Während die ersten beiden Einwirkungen sich auch in entkoppelten Modellen (Überbau–Unterbau) berücksichtigen lassen, können die anderen Effekte nur mit Betrachtungen am Gesamtmodell unter Beachtung der Boden-Bauwerk-Interaktionen untersucht werden. Die entsprechenden Phänomene werden nachfolgend näher erläutert.



21 Lagerkräfte bei benachbarten Pfeilern  
© Ney & Partners/Besix Engineering



22 23 Lagerkräfte in Querrichtung unter Eigengewicht und unter exzentrischer Belastung  
© Ney & Partners/Besix Engineering

5.2 Verformung durch Eigengewicht

Resultierend aus der Pfeilergeometrie, erzeugt eine vertikale Last eine Querverschiebung an beiden Auflagerpunkten des Pfeilers. Die Auflagerkraft im querverfesten Lager wird zunächst durch Reibung am frei verschieblichen Lager ausgeglichen.

Durch die Bewegung der Stützen (Öffnen des Pfeilers) wird die Reaktionskraft nach innen gerichtet, was sich positiv auf die Schnittgrößen des Pfeilers auswirkt. Allerdings wird durch die Verformung in Längsrichtung die Reibung in Längsrichtung mobilisiert, wodurch die Reibung in Querrichtung verschwindet. Der positive Effekt der Reibungskraft kann daher nicht in allen Lastkombinationen berücksichtigt werden.

Wenn die Reibung verschwindet, geht auch die Reaktion im geführten Lager verloren und der Überbau bewegt sich in Richtung jener Seite, an der alle querverfesten Lager angeordnet sind. Da die Quersteifigkeit der Pfeiler unterschiedlich ist – insbesondere die schlanken Pfeiler vom Typ B sind weniger steif –, führt diese Bewegung zu einer Reihe von Querkräften und Querkraftreaktionen zwischen den verschiedenen Pfeilern.

5.3 Verformung aufgrund exzentrischer Belastung

Aufgrund der großen Breite des Überbaus erzeugen exzentrische Belastungen eine Rotation der Unterbauten und folglich eine Querverschiebung am Pfeilerkopf. Die Rotation des Pfeilers wird durch zwei Effekte begrenzt:

- die Rotationssteifigkeit der Gründung
- Die angrenzenden Pfeiler und der Überbau wirken der Rotation des belasteten Pfeilers entgegen und erzeugen eine horizontale (nach innen gerichtete) Reaktion am Pfeilerkopf.

Diese horizontale Kraft ist beim belasteten Pfeiler nach innen orientiert, während die Reaktionskraft bei den angrenzenden Pfeilern nach außen gerichtet ist (maßgebender Fall). Die Verteilung der Lasten zwischen Gründung und angrenzenden Pfeilern ist das Ergebnis einer komplexen Wechselwirkung und hängt von der relativen Steifigkeit der Gründung (Verschiebung und Verdrehung), der Pfeiler und des Überbaus an jedem Pfeilerstandort ab.

Im Rahmen der Ausführungsplanung wurde daher eine Sensitivitätsanalyse der Gründungssteifigkeit durchgeführt. Die Auswirkungen auf die Interaktionskräfte wurden direkt in die Bemessungswerte der horizontalen Lasten einbezogen, die auf die querverfesten Lager wirken.

5.4 Verformung durch Effekte in Längsrichtung

Die Längsverformung des Überbaus wird durch Temperaturänderungen sowie Langzeiteffekte hervorgerufen. Wie bereits erwähnt, sind in den Vorlandbrücken keine Dehnungsfugen vorgesehen, die Dehnungslänge der Vorlandbrücken beträgt ca. 600 mm.

Aufgrund der kumulierten Reibungskräfte an den Gleitlagern entstehen große Rückstellkräfte an den Festpunkten. Eine Gruppe von vier Pfeilern in der Mitte der westlichen sowie das Widerlager der östlichen Vorlandbrücke bilden die Festpunkte der beiden Brücken.

Resultierend aus der Krümmung im Grundriss, entstehen durch die Ausdehnung des Überbaus an den querverfesten Lagern Lagerkräfte, die jeweils vom Winkel zwischen der lokalen Richtung des Lagers und der Sehne zum Festpunkt abhängen. Die Reaktion nimmt mit zunehmendem Abstand zum Festpunkt zu, da sowohl die Dilationslänge des Überbaus relativ zum geführten Lager als auch der Winkel zwischen der Lagerrichtung und der Sehne zum Festpunkt aufgrund der horizontalen Krümmung der Brücke steigen.

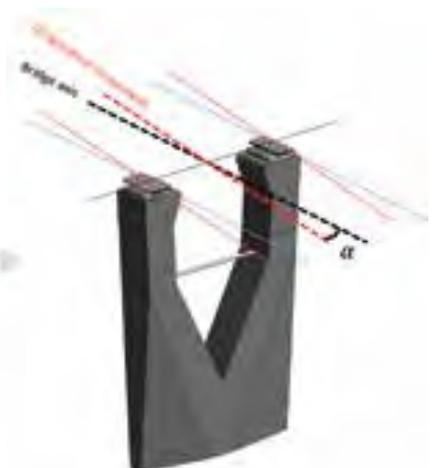
Die Toleranz bei der Installation (Rotation um die vertikale Achse des Lagers) beeinflusst die Lagerkraft, wobei dieser Effekt mit wachsendem Abstand vom Fixpunkt an Bedeutung gewinnt. Bei der Bemessung wurde eine zusätzliche Lagerkraft in Abhängigkeit der vereinbarten Montagetoleranz von 1 mm/m definiert.

Die Lagerreaktionen in Querrichtung haben sich durch die Berücksichtigung dieser Effekte im Gesamtmodell verdreifacht, das heißt im Vergleich zu einer entkoppelten Berechnung des Überbaus unter Berücksichtigung der Einwirkungen aus Wind und eines horizontalen Temperaturgradienten.

Eine Brücke von solcher Komplexität kann daher nur in einem Gesamtmodell untersucht werden und erfordert eine enge Zusammenarbeit aller Planungsteams.



24 25 Östliche Vorlandbrücke mit Querlasten aufgrund von Temperatureinflüssen  
© Ney & Partners/Besix Engineering



## 6 Fazit

Bei vielen Infrastrukturprojekten fehlt eine breite Akzeptanz auf lokaler Ebene. Große Infrastrukturvorhaben lösen häufig ein Not-in-my-backyard-Gefühl aus. Gerade weil der hier vorliegende Entwurf den lokalen Lebensraum in den Mittelpunkt stellt und einen Paradigmenwechsel herbeiführt, kann das ViA15-Projekt die Unterstützung der lokalen Bevölkerung gewinnen.

Der Paradigmenwechsel wurde zudem als Ansatz verwendet, um den Entwurf für dieses spezifische Projekt und seinen Kontext zu gestalten. Unter Berücksichtigung aller Maßstabebenen und der naturinklusive Gestaltung führte dies zu einer unverwechselbaren Infrastruktur, wobei die solcherart erzielten Ergebnisse nur dank der Flexibilität des vom Auftraggeber vorgegebenen Entwurfsrahmens möglich waren.

Ein Paradigmenwechsel im Brückenentwurf kann aber auch als Metapher dafür gesehen werden, nicht nur funktionale Infrastruktur von Punkt A nach Punkt B zu planen und zu bauen, sondern über den Tellerrand hinauszudenken.

Es ist unsere Aufgabe, bessere und vielfältigere Verbindungen auf sämtlichen Ebenen zu schaffen und die Entwurfsqualität und Baukultur ganzheitlich zu verbessern.

Das ViA15-Projekt wurde durch die strengen Vorschriften zu Stickstoffemissionen erheblich verzögert. Im Januar 2021 stellte der Staatsrat in einer ersten vorläufigen Entscheidung Mängel in den vom Auftraggeber angefertigten Stickstoffberechnungen fest, was zur sofortigen Aussetzung der Bauarbeiten führte. Erst nach einer Überprüfung der Einhaltung aller Umweltvorgaben in weiteren Zwischenurteilen im April 2023 und im März 2024 konnte das Projekt voranschreiten. Im Oktober 2024 erteilte der Staatsrat schließlich nach Vorlage der notwendigen Klarstellungen durch das Ministerium für Infrastruktur und Wasserwirtschaft die endgültige Genehmigung. Aktuell laufen Verhandlungen zwischen der Regierung, Rijkswaterstaat und den Auftragnehmern über die Wiederaufnahme der Bauarbeiten.

## Autoren:

Laurent Ney  
Toon Maas  
Eric Bodarwé  
Karl Burgmann  
Ney & Partners BXL n.v.,  
Brüssel, Belgien

## Literatur

- [1] [www.via15.nl](http://www.via15.nl)
- [2] Ney, L.; Poulissen, C.; Van Synghel, K.: Integrated Design. 9 principles. Ney & Partners, Brussels 2024.
- [3] Maas T.; Ney L., Bodarwé E.: ViA15. A Paradigm Switch for Bridge Design. IABSE 2021 conference proceedings.
- [4] Verbraken H.; Bauduin C.; Gamme X.; Bodarwé E.; Toon M.; Bolhuis J.: Design and behavior analysis of a long free expansion length, multi-span, V-shaped pier supported bridge. IABSE Symposium Prague 2022.

## Bauherr

Rijkswaterstaat, Ministerie van Infrastructuur en waterstaat, Amsterdam, Niederlande

## Entwurf

Ney & Partners BXL n.v., Brüssel, Belgien

## Tragwerksplanung

Ney & Partners BXL n.v., Brüssel, Belgien  
Besix Engineering B.V., Woluwe-Saint-Lambert, Belgien  
Hochtief Nederland, Amstelveen, Niederlande

## Bauausführung

Arbeitsgemeinschaft GeleGroen:  
Hochtief Nederland, Amstelveen, Niederlande  
Besix Engineering B.V., Woluwe-Saint-Lambert, Belgien  
Dura Vermeer Groep N.V., Rotterdam, Niederlande  
John Laing plc, London, Großbritannien  
Van Oord N.V., Rotterdam, Niederlande

**ABDICHTUNGEN**  
nach ZTV-ING 3-3, 6-1, 6-3  
und H HANV

**BETONZUSATZMITTEL**  
für die perfekte  
Einstellung des Betons

**INJEKTIONEN**  
nach DIN EN 1504-5

**OBERFLÄCHENSCHUTZ**  
nach den ZTV-ING,  
OS-A bis OS-F

**BETONINSTANDSETZUNG**  
nach den ZTV-ING  
(RM, RC, SRM)

**GESAMTKOMPETENZ BRÜCKE**  
INNOVATION UND TRADITION

Weitere Informationen unter  
[www.sika.de/bruecke](http://www.sika.de/bruecke)

BUILDING TRUST

# Ersatzneubau mit komplexen Herausforderungen Hahnwaldbrücke in Niedernhausen

■ ■ ■ von Udo Schölch, Timm Wetzel

Bei dem Ersatzneubau im Zuge der L 3027 handelt es sich um eine Straßenbrücke über elf Bahngleise im Ortskern von Niedernhausen mit einer Stützweite von 73 m. Die Planung erfolgte unter hohem Zeitdruck, da die Bestandsbrücke noch vor Erreichen der Restnutzungsdauer wegen Pfeilerschiefstellungen außer Betrieb genommen werden musste und ein Ersatz aus verkehrlichen Gründen dringlich war. Da die Sicherheitsanforderungen der Deutschen Bahn (DB) eine Änderung der Konstruktion vorsahen, ist das neue Bauwerk als Stabbogenbrücke ausgebildet. Neben der Anpassung des Bauwerks an den Stand der Technik wurde auch ein Radfahrstreifen im Straßenquerschnitt integriert. Die Herstellung des Überbaus erfolgte aus transportablen Einzelteilen auf einem Montageplatz in ca. 600 m Entfernung oberhalb der Ortslage Niedernhausen. Im Frühjahr 2023 wurde die ca. 600 t schwere Stahlkonstruktion durch den Ort Niedernhausen transportiert und anschließend über eine Zwischenstützung in die Endlage eingeschoben. Die Bauausführung ab dem Zeitpunkt des Abbruchs der Bestandsbrücke bis zum Einschub der neuen Stabbogenstruktur dauerte von September 2021 bis Juni 2023. Mit dem vorliegenden Bericht soll der Bogen von den Herausforderungen des Erhaltungsmanagements für die Bestandsbrücke über die Planung des Ersatzneubaus bis zur Bauausführung und Verkehrsfreigabe gespannt werden.

## 1 Historischer Rückblick

### 1.1 Bestandsbauwerk

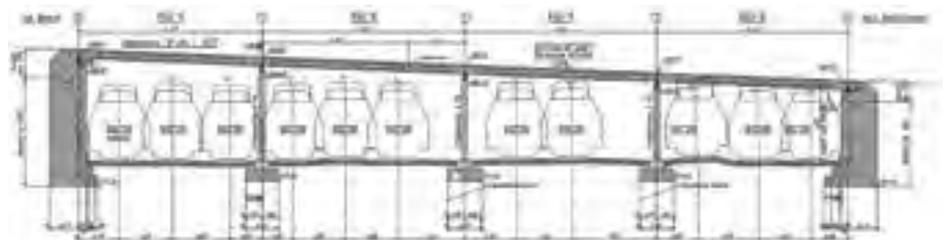
Das Bestandsbauwerk wurde im Jahr 1969 als Vierfeld-Konstruktion errichtet. Der Kreuzungswinkel zur DB-Strecke beträgt ca. 92 gon. Das Bauwerk überführte elf Gleise der DB. Als lichte Höhe zwischen Oberkante der Schiene und Unterkante der Brückenkonstruktion waren als Mindest-Istmaß 5,878 m dokumentiert.

Den Überbau bildete eine Spannbetonplatte mit einer Dicke von 69–73 cm und einer Breite von 9 m. Beidseitig waren Kragarme mit einer Breite von 1,45 m angeordnet. Zur Gewichtsreduzierung waren in den Feldbereichen jeweils 12 Hohlräume mit einem Durchmesser von 40 cm vorhanden. Der Überbau wurde mit Holzmann und Interspan Frankfurt, System KA 141/40, vergüteter Spannstahl Sigma oval 40, St 145/160, gerippt, vorgespannt. Dieser Spannstahl gilt als gefährdet für Spannungsrissskorrosion.

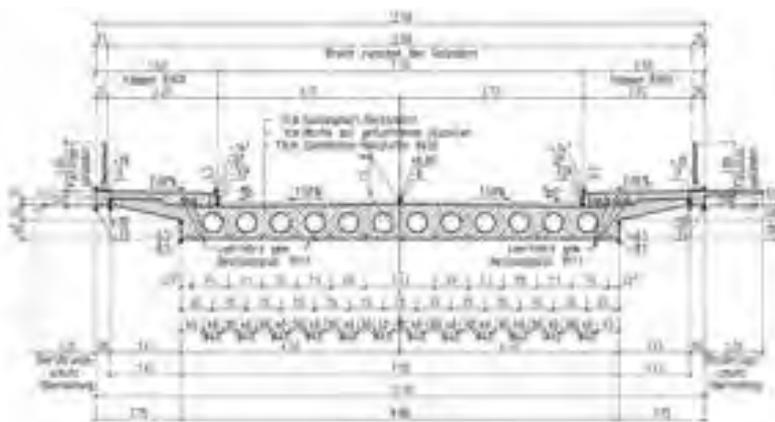
Die Lagerung des Überbaus erfolgte über Rollenlager aus Edelstahl (Achsen 0–3) bzw. Elastomerlager mit Festhaltekonstruktion (Achse 4). Die Mittelpfeiler bestanden aus Pfeilerreihen zu jeweils vier Einzelpfeilern aus Stahlbetonfertigteilen. Die Gründung aller Unterbauten war als Flachgründung ausgeführt. Das Brückenbauwerk war in die Brückenklasse 60/30 eingestuft.

### 1.2 Statische Nachrechnung

Das Brückenbauwerk wurde im Jahr 2010 nach DIN 1072 (12/1985) sowie DIN 1075 und DIN 4227 für die Brückenklasse 60/30 nachgerechnet. In Bezug auf die Tragfähigkeit konnten der Überbau und die Widerlager in die Brückenklasse 60/30 nach DIN 1072 [1] eingestuft werden. Jedoch ergaben die Dauerhaftigkeitsuntersuchungen nach Handlungsanweisung an den Koppelfugen [2], dass nach Stufe 1 und 2 die Schwingbreiten des Spannstahls nicht eingehalten sind.



1 Längsschnitt in Bauwerksachse (schiefwinklig) aus Bestandsplan © Hessen Mobil



2 Regelquerschnitt aus Bestandsplan © Hessen Mobil

Hinzu kam, dass die Auftretenswahrscheinlichkeit eines unangekündigten Versagens infolge Spannungsrisskorrosion oberhalb der in der Handlungsanweisung [3] festgelegten Grenze lag. Da der komplette Überbau im Jahr 1987 mit einer Kunststoffbeschichtung versehen worden war, konnte die Versagensankündigung ohnehin eingeschränkt sein, sofern die Beschichtung rissüberbrückend war.

### 1.3 Festlegung einer Restnutzungsdauer

Das Bauwerk wurde im Jahr 2019 einer Brückensonderprüfung nach DIN 1076 unterzogen und als Ergebnis mit der Zustandsnote 3,2 bewertet. Gemäß RI-EBW-PRÜF entspricht diese Bewertung einem »nicht ausreichenden Zustand«. Mängel fanden sich insbesondere in Form von Rissen, Absackungen und Durchfeuchtungen sowie Korrosionsschäden an den Lagern und Übergangskonstruktionen.

Das Ankündigungsverhalten des Bauwerks gemäß Handlungsanweisung Spannungsrisskorrosion musste als nicht ausreichend angesehen werden, weil eine visuelle Rissdetektion an der Überbauunterseite wegen der Spritzbetonschale und im Stützenbereich auf der Überbauoberseite aufgrund der vorhandenen Fahrbahn mit Abdichtung nicht möglich war. Wegen der zahlreichen Hohlstellen an der Spritzbetonschale der Überbauunterseite mussten die Bauwerksprüfungen auf jährliche handnahe Sonderprüfungen verdichtet werden.

Im Rahmen der Prüfungen und Kontrollen wurde im Juli 2019 festgelegt, die Brücke vierteljährlich messtechnisch zu überwachen.

Das Ende der Restnutzungsdauer des Bauwerks wurde für das Jahr 2021 festgelegt. Aufgrund der unterführten Verkehrswege der DB sollte das Bauwerk spätestens zu diesem Zeitpunkt abgerissen werden.

### 1.4 Zwischenzeitliche Sperrung und Sicherung

Im Rahmen des ab Juli 2019 angeordneten Vermessungsmonitorings zeigte sich im Juli 2020 eine Schiefstellung an Pfeiler 1 in Achse 1. Das Bauwerk wurde daraufhin am 10. September 2020 für den motorisierten Verkehr gesperrt. Mit Zunahme der Pfeilerverschiebung erfolgte dann am 30. September die Sperrung der Gleise 7–10. Zur Reduzierung aller Verkehrslasten wurde nach der gutachterlichen Empfehlung eines Prüfstatikers auch die Sperrung für Fußgänger angeordnet.



3 Notgerüst zur Sicherung in Pfeilerachse 2  
© Hessen Mobil

Im Rahmen einer Gleissperrung konnte am 26. und 27. November 2020 eine Sonderprüfung an dem Bauwerk vorgenommen werden. Hierbei wurde festgestellt, dass die Pfeiler in Achse 2 eine starke Außermittigkeit aufwiesen und die Rollenlager dadurch abrollgefährdet waren. Folgerichtig wurden am 1. Dezember 2020 aus Sicherheitsgründen alle Gleise gesperrt. Hessen Mobil und die DB trafen die notwendigen Maßnahmen zur Errichtung eines Notgerüsts zur Sicherung von Pfeilerachse 2, um die Bahnstrecke unter dem Bauwerk wieder freigeben zu können. Das dazu verwendete Trestle-System ist eine variable Fachwerkkonstruktion zur Abstützung von Brücken oder Arbeitsgerüsten und basiert auf einer englischen Entwicklung des militärischen Eisenbahnbaus.

Nach Abschluss der Notmaßnahmen erfolgte am 21. Dezember 2020 die Freigabe der Gleise.

## 2 Randbedingungen für Abbruch und Neubau

Aufgrund der erreichten Zustandsnote wurde im Jahr 2016 die Maßnahme mit einem Planungslos versehen: Planungsziel war ein Ersatzneubau unter Berücksichtigung der bestehenden örtlichen Zwangspunkte, der Belange der DB sowie der Anforderungen eines neuen Bauwerks an den Stand der Technik.

Die Vorgaben der Bahn umfassten zum einen die Erhöhung der lichten Höhe des Fahrdrachts über Gleis wegen der Bahnhofsnahe von 5,90 m auf 6,20 m und zum anderen die Berücksichtigung der Lichtraumprofile der Schienenfahrzeuge. Somit war auch der Abschluss einer entsprechenden Eisenbahnkreuzungsvereinbarung finanzrechtlich geboten und beim neuen Bauwerk eine Anpassung der Gradienten, des Überbaus und der Stützenstellung erforderlich.

Aufgrund der Nähe des angrenzenden Wohn- und Gewerbegebiets war es durch die zu erwartende Baulärmproblematik vorgesehen, die Maßnahme durch ein Planfeststellungsverfahren baurechtlich abzusichern, um das zu erstellende Baulärmgutachten für die betroffenen Anlieger verbindlich zu machen und somit die Entschädigungsansprüche zu fixieren.

Um die mittlerweile eingetretene Sperrung aufgrund der Pfeilerschiefstellung so kurz wie möglich zu halten, wurden die erstellten Planunterlagen mit Stand Voruntersuchung bzw. Vorentwurf für den Abriss des Bestandsbauwerks umgehend angepasst und um eine unmittelbare Sicherung ergänzt, so dass zumindest der Bahnbetrieb wiederaufgenommen werden konnte. Die Straße blieb weiter voll gesperrt.

Die technischen und landespflegerischen Unterlagen zeigten, dass außer bei der Baulärmthematik keine baurechtliche Absicherung durch ein Planfeststellungsverfahren erforderlich gewesen wäre, so dass sich Hessen Mobil in enger Abstimmung mit dem Verkehrsministerium entschied, das Projekt als Erhaltungsmaßnahme zu deklarieren.

Da das erstellte Baulärmgutachten Vorgaben zu lärmindernden Arbeitsweisen beinhaltet und Hessen Mobil sich verpflichtete, dieses Gutachten auch ohne rechtliche Absicherung mittels Planfeststellung als Grundlage für Entschädigungsansprüche anzuerkennen, ergab sich für die schnellstmögliche Freigabe der DB-Strecke nunmehr ein erheblicher Abstimmungsbedarf mit der DB.

Hierbei wurde als Abrissvariante das Anheben des gesamten Überbaus und anschließend der Einbau eines Traggerüsts gewählt, auf dem das Bauwerk abgelegt wurde. Danach wurden der Überbau und die Mittelstütze lärm-schonend mit Seilsägen zerteilt und mit Schwerlastkränen Stück für Stück ausgehoben. Nach dem Abbruch des Überbaus und der Mittelstützen konnte die Bahnstrecke wieder freigegeben werden.

Ebenfalls zur Vermeidung des Baulärms war die Herstellung des gewählten Überbaus als Stabbogenbrücke nicht im unmittelbaren Baufeld möglich. Es wurde daher ein Montageplatz am Ortsrand von Niedernhausen gewählt, der ca. 600 m von der Kreuzungsstelle entfernt ist – mit der Folge, dass der gesamte Überbau nach der Vormontage zur Einschubstelle transportiert werden musste. Hierfür waren umfangreiche Abstimmungen mit den Anliegern erforderlich, da deren Freianlagen teilweise in Anspruch genommen werden mussten (mit Rückschnitt von Bäumen und Hecken etc.). Neben dem eigentlichen Ersatzneubau der Brücke war es notwendig, eine angrenzende Stützwand und die Verkehrsanlagen vor und hinter dem Bauwerk zu erneuern sowie den Montageplatz herzurichten und eine temporäre Zuwegung anzulegen, um die Erreichbarkeit von Anwohnern und eines Gewerbebetriebs während der Bauzeit sicherzustellen.



4 Seilsägen und Ausheben der Teile  
© Hessen Mobil

### 3 Bauwerksentwurf

#### 3.1 Örtliche Randbedingungen

Eine Neutrassierung der Bahnanlage war nicht geplant. Auf Verlangen der DB sollte das Lichtraumprofil, das heißt Höhe und Breite, angepasst werden. Daher musste die Straße in Richtung Niedernhausen um ca. 80 cm angehoben werden, so dass sich ein konstantes Längsgefälle von 3,5 % ergab. Im gesamten Bauwerksbereich besitzt die Straße ein Dachgefälle von 2,5 %. Die Brückenbreite von 10 m resultierte aus den Anforderungen der Straßenkategorie nach RIN [4] und dem Geltungsbereich der RAS 06 [5].

#### 3.2 Variantenuntersuchung

Im Zuge der Vorplanung (Leistungsphase 2) wurden unterschiedliche Bauwerkssysteme untersucht.

Variante 1: Zweifeld-Rahmen in Stahlverbundbauweise

Die Stützweiten betragen 48,10 m und 17,80 m. Das kleine Feld befindet sich im Bereich der geringen lichten Höhe (Gleise 401–403), der Überbau ist als mehrstegiger Plattenbalken aus Stahlprofilen mit Betonfertigteilen und Aufbeton (VFT) ausgebildet. Widerlager und Mittelstütze werden massiv ausgeführt, die Gründung erfolgt ausschließlich über Großbohrpfähle.

Variante 2: Einfeld-Rahmen in Stahlverbundbauweise mit WIB-Platte

Die Stützweiten entsprechen jenen der Variante 1. Die Ausbildung des großen Felds erfolgt als integrales Bauwerk, als Überbau dient ein mehrstegiger Plattenbalken aus Stahlprofilen mit Betonfertigteilen und Aufbeton (VFT). Das kleinere Feld ist konventionell als WIB-Platte mit gelenkiger Lagerung vorgesehen. Widerlager und Mittelstütze sind massiv ausgeführt, die Gründung erfolgt ausschließlich über Großbohrpfähle.

Variante 3: Stabbogen mit 73-m-Stützweite  
Das Tragwerk besteht aus zwei parallelen Stabbögen mit vertikalen Hängern. Die Haupttragglieder sind als Stahlhohlkästen konzipiert, die Querträger als offene Stahlprofile im Verbund. Die Lagerung erfolgt zwängungsfrei über Kalottenlager. Die Widerlager sind massiv ausgebildet, die Gründung erfolgt ausschließlich über Großbohrpfähle. Durch das Vergrößern der lichten Weite können die Widerlager ohne Eingriffe in die Gleisanlagen errichtet werden.

Variante 4: Stabbogen mit 66,27-m-Stützweite

Diese Lösung entspricht Variante 3 mit geringerer Stützweite.

Variante 5: Strebenfachwerk mit 73-m-Stützweite

Das Tragwerk bilden zwei parallele Fachwerkbinder als Strebenfachwerk. Die Realisierung aller Fachwerkstäbe erfolgt als Stahlhohlkästen. Die Fahrbahntafel besteht aus quer gespannten Stahlträgern im Verbund. Die Lagerung erfolgt zwängungsfrei über Kalottenlager. Die Widerlager werden massiv ausgeführt, die Gründung erfolgt ausschließlich über Großbohrpfähle. Durch das Vergrößern der lichten Weite können die Widerlager ohne Eingriffe in die Gleisanlagen errichtet werden.

Als Ergebnis der Vorplanung wurde Variante 3 Stabbogen mit einer Stützweite von 73 m als Vorzugsvariante für die weitere Planung festgelegt. Die Vorteile liegen in der stützenfreien Ausbildung und der geringen Konstruktionshöhe von maximal 85 cm für die Einhaltung der lichten Höhe von mindestens 6,20 m. Durch die Vergrößerung der Stützweite können die Widerlager ohne Eingriffe in die Gleisanlagen und somit ohne Sperrpausen unterhalten werden. Durch den Stabbogen (Höhe Bogenstich: ca. 11 m) entsteht eine filigrane Konstruktion, die sich gut in die Umgebung einfügt.

### 3.3 Brückenkonstruktion

#### 3.3.1 Unterbauten

Die Widerlagerwände wurden mit einer Dicke von 3,05 m in Achse 20 (Seite Niedernhausen) und 4,10 m in Achse 10 (Seite Naurod) zur Aufnahme der mehrfaltigen Übergangskonstruktion als begehbares Widerlager und sämtliche Flügelwände mit einer Dicke von 1 m als Parallelfügel geplant. Als Verblendung der freistehenden Bohrpfähle wurde unterhalb der Pfahlkopfplatte eine Schürze angeordnet, welche 1 m tief in den Baugrund einbindet.

Für die Herstellung der Großbohrpfähle waren die Bestandswiderlager bis in Höhe der Bohrebene und damit 4–5 m unter Gelände abzubrechen. Für die Bewegung des Bohrgeräts wurde eine Rampe von maximal 20 % Neigung erforderlich. Dazu wurden am Widerlager in Achse 10 Verbauten erforderlich, die durch tangierende Bohrpfähle zu realisieren waren. Die Herstellung der Flügel- und Widerlagerwände sollte konventionell bis auf Straßenniveau erfolgen und die Flügelkappen sollten erst nach Einschub des Überbaus hergestellt werden.

#### 3.3.2 Überbau

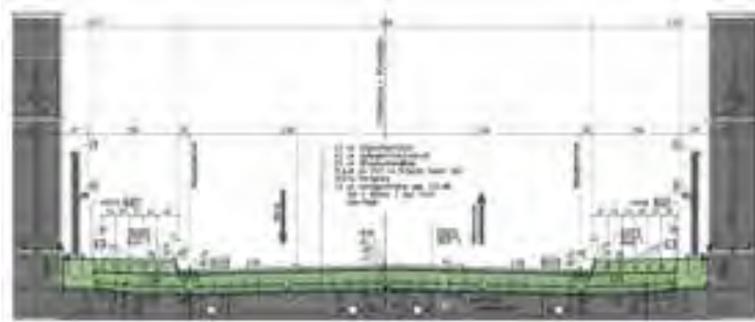
Den Überbau bilden zwei außenliegende, parallel angeordnete Stabbögen mit vertikalen Hängern. Die Bögen und Versteifungsträger wurden als luftdicht verschweißte Stahlhohlkästen und die Hänger aus Vollstahl mit Kreisquerschnitt konzipiert. In Querrichtung sind im Abstand von 2,10 m bzw. 2,40 m Stahlträger angeordnet, die gemeinsam mit dem Aufbeton als Verbundquerschnitt wirken. Die Regelquerträger wurden als offene Schweißprofile, die Endquerträger als luftdicht verschweißte Stahlhohlkästen geplant. Bezüglich der neuen Straßen- und Schienenprofile und der erforderlichen lichten Höhe über Schienenoberkante (SOK) ergeben sich für das Bauwerk Konstruktionshöhen von 0,77–0,85 m. Die Stichhöhe des Bogens beträgt 11 m, für die Stützweite von 73 m ergibt sich ein Verhältnis von Stichhöhe zu Spannweite von ca. 1 : 6,6. Die Bögen wurden als geschweißte Hohlkästen mit einer konstanten Breite von 80 cm und einer variablen Höhe von 0,80–2,00 m parabolisch ausgebildet. Die Blechdicken betragen 30–40 mm. Aus montage- und ästhetischen Gründen entfällt der Windverband zwischen den Bögen, die in die Endquerträger eingespannt wurden.

Die Hänger sind in einem Abstand von 6,30 m (in der Ebene) senkrecht angeordnet und als reine Zugstäbe ausgebildet. Durch den Einsatz von hochfestem Stahl sind schlankere Querschnitte möglich. Die Anschlüsse sollten als werkmäßige Gabelstücke bzw. Schweißverbindungen realisiert werden. Die Lastweiterleitung in die Hohlkästen erfolgt über Anschlussbleche und Querschotte.

Die Versteifungsträger wurden als Hohlkästen mit einer konstanten Breite von 80 cm und einer konstanten Höhe von 1,20 m geplant. Die Blechdicken betragen 30–40 mm. Für den Versub über die Bahn wurde eine Verstärkung in einem Teilbereich erforderlich.

Die Aufteilung in Längsrichtung erfolgte in einem Raster von 2,10 m. Die Querträger wirken zusammen mit der Fahrbahnplatte als Verbundquerschnitt. Die Schubsicherung wird über Kopfbolzendübel gewährleistet. Die Regelquerträger wurden als offene Schweißquerschnitte mit variabler Höhe und konstanter Breite vorgesehen, die Endquerträger als Hohlquerschnitte. Die Untergurte verlaufen horizontal, die Obergurte entsprechend der Dicke und des Quergefülls der Fahrbahnplatte. Der Anschluss an die Versteifungsträger erfolgte biegesteif.

Die Fahrbahnplatte besteht aus Fertigteilen mit einer Dicke von 12 cm und einer Ortbetonergänzung von ca. 21 cm. Aufgrund der hohen Bauwerkslasten und Dehnwege erfolgt die Lagerung des Überbaus über Kalottenlager jeweils am Bogenfuß, somit ist eine direkte Lastenleitung gegeben. Die Längsfesthaltung der Brücke ist am Widerlager in Achse 20, die Quersicherung befindet sich jeweils in Lagerreihe 1 (West).



5 Querschnitt  
© Hessen Mobil



6 Bauwerksansicht  
© Hessen Mobil



7 Herstellung der Baugrube in Achse 10  
© Hessen Mobil

Als Farbgebung wurde in Absprache mit der Gemeinde Niedernhausen der Farbton Anthrazit nach DB-Standard festgelegt. Der Korrosionsschutz der Stahlbauteile wurde gemäß ZTV-ING Teil 4.3 Tab. A4.3.2 [6] vorgesehen. Um ein gleichmäßiges Erscheinungsbild zu gewährleisten, wurde die letzte Deckbeschichtung vor dem Transport auf dem Montageplatz appliziert. Da die Hohlkästen dicht ausgebildet wurden, ist ein Korrosionsschutz für die Innenflächen gemäß ZTV-ING Teil 4.3 Tab. A4.3.2 Nr. 1.3.3 nicht erforderlich. Zur Kontrolle sind Schraubstopfen angeordnet.

Die Planung der Brückenbeleuchtung erfolgte im Rahmen eines großflächigen Beleuchtungskonzepts durch die Gemeinde. Dabei wurden vier Beleuchtungskörper direkt am Bogen mit einer dicht verschweißten Verkabelung im Bogen verbaut.

#### 4 Bauausführung und besondere Herausforderungen

Der Ersatzneubau startete im Juni 2022 und die Brücke wurde am 7. Mai 2024 feierlich für den Verkehr freigegeben. Sie trägt seitdem den Namen »Hahnwaldbrücke« in Anlehnung an den bewaldeten Höhenrücken oberhalb der Straße »Schöne Aussicht«, an dessen höchstem Punkt sich der sogenannte Hahnberg erhebt. Außerdem war seit den 1920er Jahren bis 1976 der Sportplatz am Hahnwald die Heimstätte des SV 1913 Niedernhausen, so dass die Namenswahl des Niedernhausener Ortsbeirats auf »Hahnwaldbrücke« fiel. Die Kosten für den Ersatzneubau beliefen sich auf ca. 17 Mio. €.

Besondere Herausforderungen kurz vor und während der Errichtung waren der Ukraine-Krieg mit explodierenden Stahlpreisen und die Schwierigkeiten bei der Beschaffung von Stahl, der Transport der fertigen 600-t-Brücke über 600 m durch die Ortschaft Niedernhausen und der Vershub über elf Gleise. Während des Baus musste aus zeitlichen Gründen wegen unvorhergesehener Bodenverhältnisse und der anstehenden DB-Sperrpausen zudem die Gründung geändert werden. Die gesamte Brücke wurde auf Bohrpfählen errichtet. Ein großer Teil des Verbaus wurde, um die Anlieger zu schonen und die großen Baugruben zu sichern, ebenfalls als Bohrpfahlgründung ausgeführt.



8 Herstellung der Stahlstabbogenbrücke im Werk  
© Hessen Mobil



9 Errichtung der Widerlager  
© Hessen Mobil

Insgesamt wurden ca. 40 Bohrpfähle für die Brücke selbst und ca. 80 für den Verbau benötigt. Um in den anstehenden Quarzit gründen zu können, war die Baugrube an Achse 10 sehr tief. Wegen der anstehenden Bebauung musste unter sehr engen Verhältnissen gearbeitet werden.

Die ersten Sperrpausen im Januar 2023 dienten dazu, die alten Widerlager abreißen zu können. Bis dahin sollten die Fundamente der neuen Brücke fertiggestellt werden. Allerdings wurde der anstehende Quarzitboden an Achse 10 direkt unterhalb der Geländeoberkante vorgefunden, so dass die Bohrarbeiten einen enormen Materialverschleiß und sehr lange Einsatzzeiten bedingten. Da die Bohrzeiten zu viel Zeit beanspruchten und die erste Sperrpause nicht hätte gehalten werden können, wurde gemeinsam von Ausführungsplaner, Prüfingenieur, Bauunternehmen und Auftraggeber in intensiver Zusammenarbeit eine neue Ausführungsplanung als abgetreppte Flachgründung direkt auf dem anstehenden Quarzit erarbeitet. So ließen sich die Sperrpausen retten und der Zeitplan einhalten. Die Widerlager wurden in der ersten größeren Sperrpause abgerissen.

Währenddessen war die Vorfertigung der Brücke beim Stahlbauer in vollem Gang. Hier wurden die Teile zusammengesweißt, vormontiert und die erste Lage der Korrosionsschutzschicht aufgebracht.



10 Vormontage der Stabbogenbrücke  
© Hessen Mobil

Nachdem die Problematik der Fundamente gelöst war, wurden die Widerlager auf beiden Seiten hergestellt und hinterfüllt. Parallel wurde der Vormontageplatz in der Nähe der Baustelle für die Brücke vorbereitet.

Im Frühjahr 2023 wurden die ersten Teile der Brücke mittels Sondertransport von den Stahlwerken auf den Vormontageplatz geliefert, dort vormontiert und mit entsprechenden Schutzschichten versehen. Die Auflagerpunkte hatten eigens konstruierte Fertigteilfundamente. Zudem wurde das kurvige und bis 7% Steigung aufweisende Gelände für den Transport im Sommer vorbereitet. Damit während des Transports und Verschubs die vertikalen Hänger, die nur auf Zugbelastung ausgelegt sind, nicht belastet werden, wurden sie durch mobile Hilfskonstruktionen gesichert.

Im Juni 2023 war es dann soweit: Die 600 t schwere Brücke sollte durch die Ortschaft zur Baustelle transportiert und in der folgenden Woche verschoben werden, und zwar mittels entsprechender Self-Propelled Modular Transporters (SPMT). Hierzu wurde sie aufgestapelt, auf den SPMT gesichert und für den Transport vorbereitet. Vorgesehen war dafür ein Arbeitstag am Wochenende. Viele Interessierte begleiteten die Brücke auf ihrem Weg durch die Ortschaft. Vor dem Widerlager pünktlich angekommen, wurde sie von den SPMT auf Stapel-elementen abgesetzt und von selbigen weiter aufgebockt, um sie für den Verschub vorzubereiten.



11 12 Transport und Verschubvorbereitung  
© Hessen Mobil





13 Errichtung einer temporären Mittelstütze  
© Hessen Mobil



14 Verschub der vormontierten Brücke  
© Hessen Mobil

Vor und nach dem Transport erfolgten Parallelarbeiten: Damit die Brücke über den kompletten Bahnbereich ohne zu kippen verschoben werden konnte, wurde eine Hilfsunterstützung zwischen den Gleisen aufgestellt.

Nachdem die Gleitlager auf den Widerlagern platziert waren, konnte die Brücke auf ihre Verschubvorrichtung aufgelegt werden. Über das Wochenende, während einer großen Sperrpause der Deutschen Bahn, erfolgte der Verschub, wofür ein Teil der SPMT genutzt wurde. Um ein Kippen vor der Hilfsunterstützung zu verhindern, wurden die Betonfertigteile der Fahrbahnplatten auf die hintere Seite der Brücke ballastiert. Innerhalb von 48 h war die Brücke verschoben und kurz darauf in ihrer Endposition zum Absenken platziert.

Mit dem Verschub der Brücke war die enge Zeitschiene, bedingt durch die Sperrpausen, erfolgreich gemeistert worden. Nun konnte der Endausbau starten: Absenken in Endlage, Setzen der Halfertigteile der Fahrbahn, Betonage des Überbaus, Abdichtungsarbeiten auf der Brücke, Fertigstellung der Anschlussbereiche, Profilierung der Böschungsbereiche, Wiederherstellung des Endzustands der Versorgungsleitungen, Pflasterarbeiten am Gehweg, Asphaltarbeiten, Aufstellen des Berührschutzes und der Geländer auf und neben der Brücke.

Die letzten Arbeitsschritte waren der Rückbau des Vormontageplatzes und der Baustraßen und die Wiederherstellung des ursprünglichen Zustands.

### 5 Fazit und Danksagung

Durch die gute Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten (Hessen Mobil, Gemeinde Niedernhausen, Bauunternehmung Albert Weil und Stahlbau Magdeburg, IGS-Ingenieure, Prüffingenieurteam und Deutsche Bahn) auf Augenhöhe ließ sich die Brücke trotz aller Widrigkeiten innerhalb kürzester Zeit im Kostenrahmen realisieren. Die Fertigstellung des Ersatzneubaus konnte unter den gegebenen Umständen Einschränkungen für die Verkehrsteilnehmer auf ein mögliches Minimum reduzieren.

Der gelungene Bauwerksentwurf wurde aus planerischen und technischen Zwängen heraus entwickelt und schafft es nichtsdestotrotz, einen wichtigen Beitrag zur Baukultur in Niedernhausen zu leisten. Hierfür möchte Hessen Mobil den Projektbeteiligten den gebührenden Dank aussprechen.

**Autoren:**  
Dipl.-Ing. Udo Schölich  
Dr.-Ing. Timm Wetzel  
Hessen Mobil Straßen- und Verkehrsmanagement,  
Wiesbaden



15 Betonage und Aufbringen der Abdichtung  
© Hessen Mobil



16 Heutiges Erscheinungsbild der Hahnwaldbrücke  
© Hessen Mobil

#### Literatur und Anmerkungen

- [1] DIN 1072: Straßen- und Wegbrücken, Lastannahmen. Berlin, Dezember 1985.
- [2] Bundesanstalt für Straßenwesen: Handlungsanweisung zur Beurteilung der Dauerhaftigkeit vorgespannter Bewehrung an älteren Spannbetonüberbauten. Bergisch Gladbach, Ausgabe 1998.
- [3] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Handlungsanweisung zur Überprüfung und Beurteilung von älteren Brückenbauwerken, die mit vergütetem, spannungsrissskorrosionsgefährdetem Spannstahl erstellt wurden (Handlungsanweisung Spannungsrissskorrosion). Bonn, Ausgabe 06/2011.
- [4] Forschungsgemeinschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Verkehrsplanung: Richtlinien für integrierte Netzgestaltung RIN. Köln, Ausgabe 2008.
- [5] Forschungsgemeinschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf: Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen RAS. Köln, Ausgabe 2006.
- [6] BMDV Bundesministerium für Digitales und Verkehr: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten ZTV-ING. Ausgabe 10/2022.
- [7] Schölch, U.; Wetzel, T.; Ramolla, T.; Keller, T.; Schmitz, A.; Cemhan, S.: Vom Abriss zum Neubau. Die Hahnwaldbrücke in Niedernhausen; in: Bau-technik 101, H. 11, 2024, S. 685–693.
- [8] Bei dem vorliegenden Beitrag handelt es sich um die überarbeitete Fassung der unter [7] genannten Erstveröffentlichung.

#### Bauherr

Land Hessen, vertreten durch Hessen Mobil  
Straßen- und Verkehrsmanagement, Wiesbaden

#### Entwurf und Tragwerksplanung

IGS Ingenieure Meiningen GmbH, Meiningen

#### Prüfingenieur

Dr.-Ing. Jens U. Neuser, Rödermark

#### Bauausführung

Arbeitsgemeinschaft:  
Bauunternehmung Albert Weil AG, Limburg  
Stahlbau Magdeburg GmbH, Magdeburg

**Projekte, die  
verbinden**

albertweil.de

## Eine moderne Brücke für die Altstadt Stadtgrabenbrücke in Lübeck

■ ■ ■ von Constantin Schäfer

Das neue Bauwerk 227 überspannt auf dem Weg vom Hauptbahnhof zur Wallhalbinsel der Lübecker Altstadt den Stadtgraben. Die Gesamtlänge der integralen Dreifeldbrücke beträgt ca. 66 m, wobei sich die Hauptspannweite des Mittelfelds auf ca. 36 m, die Spannweiten der Randfelder auf ca. 13 m bzw. 14 m belaufen. Das Haupttragwerk bilden die beiden außenliegenden Hohlkästen, welche teils untenliegend mit einer Voute, teils obenliegend als Trogquerschnitt fungieren. Der Geh- und Radweg wird von einer 12 cm schlanken Orthoverbundplatte mit nichtmetallischer Bewehrung und regelmäßig angeordneten Querträgern getragen. Die Stahlkonstruktion selbst wurde mit einer Spritzverzinkung dauerhaft gegen Korrosion geschützt. Die Stadtgrabenbrücke erfüllt damit alle Anforderungen an die gestalterische Qualität, die Randbedingungen zur Nutzung und die Voraussetzungen für ein langlebiges und wartungsarmes Bauwerk.

### 1 Städtebauliche Einordnung

Die Hansestadt Lübeck hat die Planung einer neuen altstadtnahen Fuß- und Radwegbrücke über den Stadtgraben (Stadtgrabenbrücke) an Leonhardt, Andrä und Partner und gmp vergeben. Die Brücke wird die Werner-Kock-Straße im Westen verlängern und auf der Ostseite in die Willy-Brandt-Allee führen. Zusätzlich soll der Uferweg östlich des Stadtgrabens an den neuen Verkehrsweg angebunden werden. Die Lage der geplanten Stadtgrabenbrücke ist von besonderer Bedeutung, da sie sich in unmittelbarer Nähe zur Lübecker Altstadt befindet, die als Unesco-Weltkulturerbe anerkannt ist. Bei der Planung musste daher besonders auf den Erhalt der schützenswerten Aussicht auf die Altstadt geachtet werden. Dabei ist nicht nur der Blick auf den historischen Stadtkern von Bedeutung, sondern es mussten auch die nahegelegene Puppenbrücke sowie das berühmte Holstentor in den Sichtachsen beachtet werden. Zudem spielte der weite Freiraum auf der Ostseite des Planungsgebiets eine Rolle, der durch die Musik- und Kongresshalle und deren angrenzende Parkflächen entsteht. Dadurch wird es möglich sein, von der zukünftigen Stadtgrabenbrücke in Richtung Osten auf die historische Altstadt zu blicken.

Im Südwesten des Planungsgebiets befindet sich der Hauptbahnhof in fußläufiger Entfernung, so dass die Brücke nach ihrer Fertigstellung eine direkte Verbindung für Fußgänger und Radfahrer zwischen Bahnhof und Altstadt bieten wird. Diese Maßnahme trägt auch dazu bei, den Unfallschwerpunkt am »Lindenteller« zu entlasten.

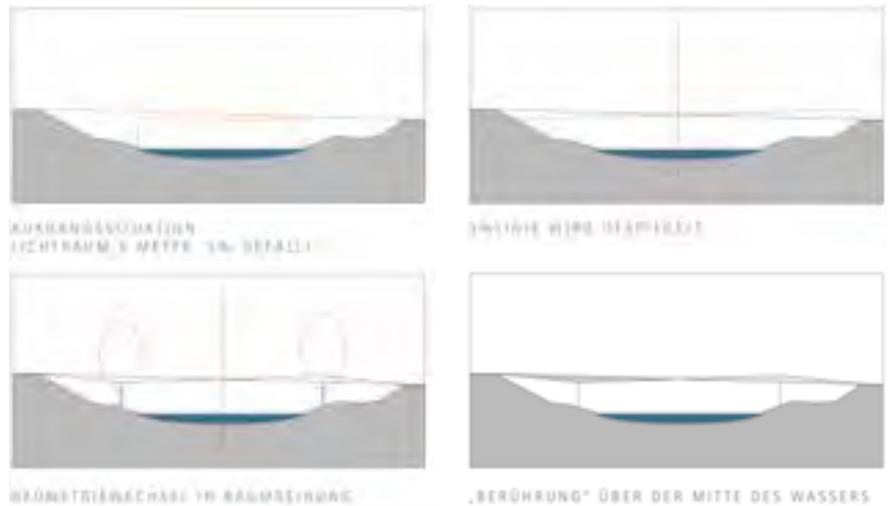
### 2 Örtliche Randbedingungen

Das Entree zur Lübecker Altstadt mit all ihren kulturellen Sehenswürdigkeiten wird für die Bewohner und Besucher der Hansestadt künftig nicht nur durch die Puppenbrücke und das Holstentor, sondern auch durch die neue Stadtgrabenbrücke als zusätzliche Verbindung geprägt. Das Gelände westlich des Stadtgrabens liegt ca. 7,20 m und die Willy-Brandt-Allee ca. 4 m über Normalnull, was einen Höhenprung von 3,20 m erfordert. Damit die Brücke für mobilitätseingeschränkte Menschen und Radfahrer komfortabel nutzbar ist, ohne dass Zwischenpodeste notwendig werden, wurde ein Gefälle von 3 % vorgesehen. Mit einer Gesamtlänge von ca. 120 m lässt sich der Höhenunterschied auf diese Weise mit einer gleichmäßigen Neigung überwinden, ohne das frei zu haltende Lichtraumprofil des Stadtgrabens und des östlichen Uferwegs zu beeinträchtigen.



1 Lage und Umgebung der künftigen Stadtgrabenbrücke  
© gmp Architekten

Um die Nutzung der Brücke flexibel zu gestalten, wurde beim Entwurf auf eine räumliche Trennung von Geh- und Radweg verzichtet. Für den Gehweg ist eine Breite von 2,50 m und für den Radweg von 4,00 m vorgesehen, so dass sich eine lichte Fahrbahnbreite von 6,50 m ergibt. Der Radweg kann aufgrund der komfortablen Breite sowie der Geländerhöhe von 1,30 m in das Radschnellwegenetz der Hansestadt eingegliedert werden. Die erforderliche Beleuchtung der Fahrbahn zur Gewährleistung der Verkehrssicherheit wird durch eine Kombination aus Handlaufbeleuchtung und Beleuchtungsmasten erreicht. Da es sich bei dem überführten Stadtgraben um ein Flora-Fauna-Habitat-(FFH-)Schutzgebiet handelt, wurde darauf verzichtet, Maste auf die Brücke zu stellen, sondern entschieden, diese jeweils an den Bauwerksenden anzuordnen. So wird der Eingangsbereich des Überführungsbauwerks betont. Die Beleuchtung im Handlauf verläuft durchgängig auf beiden Seiten und wird durch Linsentechnik so gestreut, dass ein Ausleuchten bis auf die Brückenachse problemlos möglich ist, die Nutzenden jedoch nicht geblendet werden und auch keine Lichtstreuung bis in den Naturschutzraum erfolgt.



2 Herleitung der Geometrie © gmp Architekten

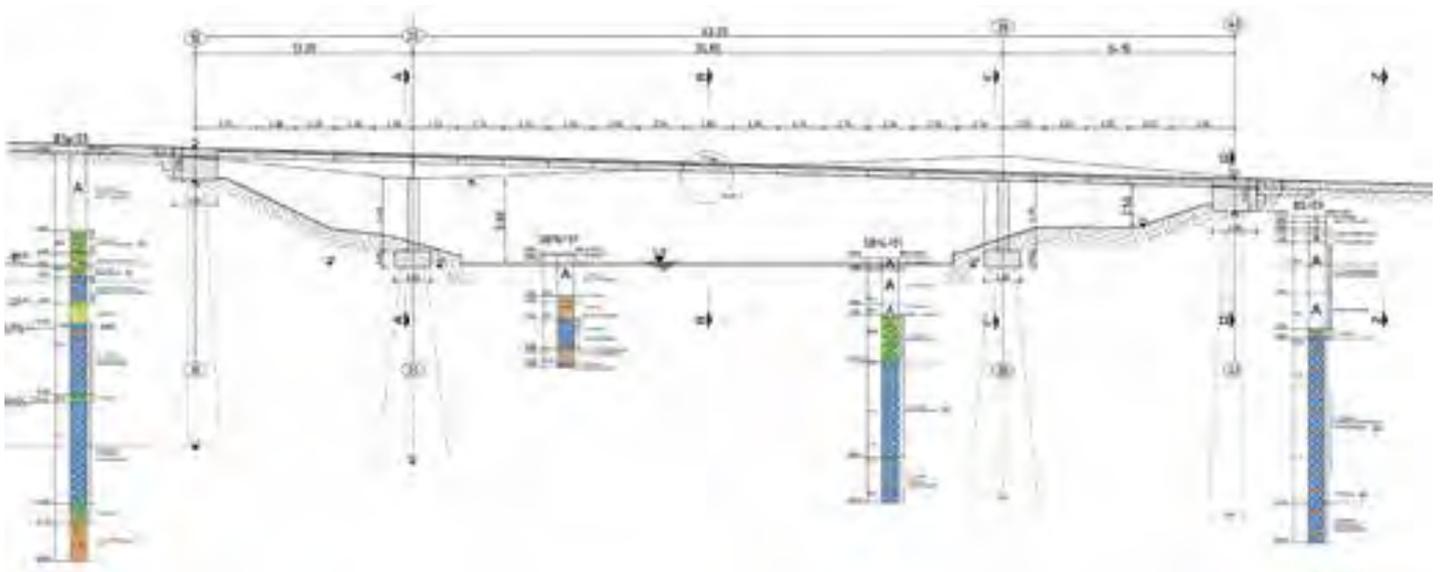
3 Entwurfsidee

3.1 Bauwerksgestaltung

Die aus der Vorplanung hervorgegangene Vorzugslösung besteht durch die raffinierte Aufnahme der asymmetrischen Umgebung. Das hier geschaffene Alleinstellungsmerkmal entsteht durch die Spiegelung des Gefälles von 3 % an der Horizontalen und bringt zwei dreiecksförmige Ansichtsflächen hervor, welche zusätzlich durch Schattierungen betont werden. Das erforderliche Lichtraumprofil von 5 m über dem Stadtgraben wird so geschickt frei gehalten. An den notwendigen Pfeilern wurde ein Geometriewechsel vorgenommen, welcher den Kraftfluss verdeutlicht. Die Pfeiler stehen somit gleichzeitig in der vorhandenen Baumreihe und bieten die bestmögliche Integration in den sensiblen Naturraum des Stadtgrabens.

3.2 Tragwerksbeschreibung

Der Überbau ist in seiner Grundstruktur ein Durchlaufsystem über drei Felder. Die Stützweiten der Endfelder betragen 13,25 m bzw. 14,10 m, die Stützweite des Hauptfelds 35,85 m. Die Gesamtlänge des Bauwerks von Widerlager zu Widerlager ergibt sich zu 65,90 m bei einer komfortablen Breite zwischen den Geländern von 6,50 m.



3 Längsschnitt in Gradiente © Leonhardt, Andrä und Partner AG

Der Querschnitt ist über die Länge des Tragwerks veränderlich. Durch die statisch sinnvolle Anordnung der größeren Überbauhöhen über den Stützen wird er an den sich einstellenden Momentenverlauf angepasst. Die Bauhöhe über den Stützen beträgt 1,50 m gegenüber 0,50 m in Feldmitte. Dadurch wird in der Ansicht eine minimale Schlankheit von  $L/72$  im Feld beziehungsweise  $L/24$  über den Stützen erreicht.

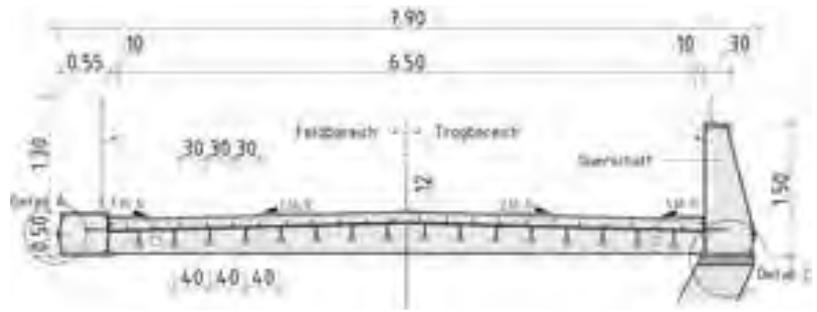
Zwei außenliegende Hohlkästen kommen als Längsträger zum Einsatz, dazwischen spannen Querträger aus zusammengesetzten Blechen. In Längsrichtung spannt ein Deckblech aus Stahl mit Flachsteifen zur Unterstützung über die Querträger. Als Fahrbahntafel ist eine Orthoverbundplatte mit Verbunddübelleisten und nichtmetallischer Bewehrung vorgesehen. Der Aufbeton kann dadurch mit 12 cm Dicke sehr schlank ausgebildet und auch ohne Abdichtung direkt befahren werden.

Durch den monolithischen Anschluss der Stützen mittels Federblech und die eingespannten Stahlträger in die Widerlager ließ sich zudem auf teure Lagerkonstruktionen verzichten.

**4 Technische Besonderheiten**

**4.1 Umsetzungsaspekte**

Bei der Ausarbeitung innovativer Bauweisen und Details ist zu bedenken, dass vor Ort Menschen das Bauwerk erschaffen. Praktikable Lösungen müssen gefunden werden, um den Entwurf bestmöglich, aber auch realisierbar umzusetzen. Neben den Leistungen der Objekt- und Tragwerksplanung hat Leonhardt, Andrä und Partner auch die örtliche Bauüberwachung sowie die Werksüberwachung des Stahlbaus übernommen. So konnte sichergestellt werden, dass die komplexe Ausführungsplanung entsprechend realisiert wird. Die Zusammenarbeit von Bauherr, Planern und ausführendem Gewerk ist unerlässlich für den Erfolg des Projekts.



4 Veränderlicher Querschnitt © Leonhardt, Andrä und Partner AG

**4.2 Integrale Brücke**

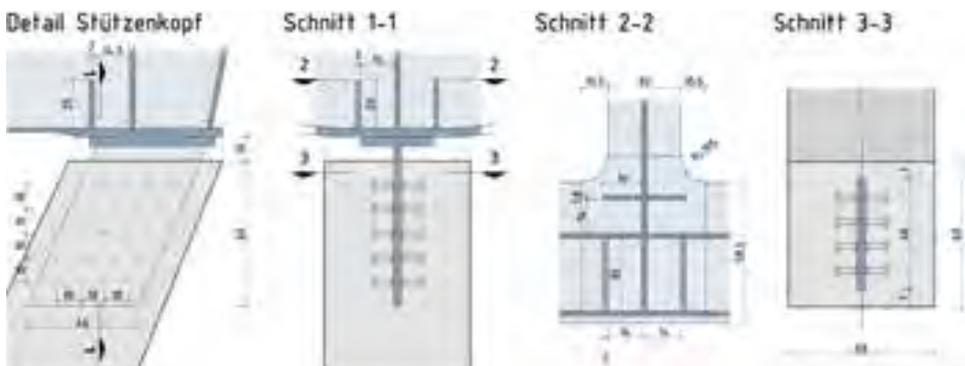
Der Begriff »Integrale Brücke« hat sich im heutigen Sprachgebrauch durchgesetzt und bedeutet wörtlich übersetzt »Brücke aus einem Stück« [1]. Integrale Brücken sind Tragwerke, in denen alle Bauteile monolithisch miteinander verbunden sind, weder Lager noch Fugen vorgesehen werden und auch auf Fahrbahnübergangskonstruktionen verzichtet wird. Im vorliegenden Projekt wurde die monolithische Verbindung der Unterbauten mit dem Überbau genutzt, um die unausgewogenen Stützweitenverhältnisse auszugleichen. An den Widerlagern wurde eine Einspannwirkung erzeugt, wodurch sich der Überbau in Feldmitte schlanker konstruieren ließ, was gleichzeitig ein geringeres Eigengewicht der Konstruktion zur Folge hat. Der Kraftfluss und die Verformungsfigur konnten hierdurch positiv beeinflusst werden.

Aufgrund der geringen Widerlagerhöhen von weniger als 1,95 m im Mittel sind die anzusetzenden Erddrücke aus der Bauwerksbewegung sehr niedrig, so dass sich die negativen Einflüsse aus der Interaktion von Bauwerk und Hinterfüllung auf ein Minimum begrenzten. Lediglich im Übergangsbereich zur geschütteten Rampe auf der östlichen Uferseite wurde zur Aufnahme möglicher Differenzsetzungen eine Schleppplatte ausgeführt.

Neben den Widerlagern wurde auch an den Pfeilern aufgrund der gewünschten Schlankheit in der Stützenansicht eine monolithische Verbindung mit dem Stahlüberbau hergestellt, woraus zugleich eine günstigere Knickspannungsfigur resultierte. Die Schnittstelle zwischen dem Untergurt aus Stahl und dem Betonquerschnitt der Stütze wurde mittels gelenkigem Federblech hergestellt.

Der Überbau lagert auf dem horizontalen Blech auf und wird verschweißt. Die Abtriebskräfte in Querrichtung des Überbaus aus Stützenschiefstellung werden über den Querträger als Zugband kurzgeschlossen. Die Übertragung der einzuleitenden Lagerkräfte erfolgt mittels angeschweißter Kopfbolzendübel am stehenden Blech, welches im Stützenkopf eingesetzt und mit Bewehrung eingefasst ist.

Da der Bewehrungsgehalt am Stützenkopf bei knapp unter 4 % liegt und an einem Federblech mit den in Summe 40 Kopfbolzendübeln Kollision und Engstellen wahrscheinlich sind, wurde im Zuge der Ausführung entschieden, das Größtkorn im eingesetzten C40/50 auf 8 mm zu begrenzen. Bei der Betonage wurden neben vorher abgelassenen Innenrüttlern auch Außenrüttler an der Schalung befestigt. Der Beton wurde durch Stahlrohre mit einem Durchmesser von 8 cm eingebracht. Die Betonage erfolgte abschnittsweise in Höhen von ca. 1 m, um eine optimale Verdichtung zu gewährleisten. Um eine Sichtbetonqualität zu erreichen, wurde eine saugende Schalungsplatte auf die Schalungstafeln gelegt. Diese nimmt das sich bildende Anmachwasser aus den Betonrandzonen auf und kann es zeitverzögert wieder abgeben. Das Ergebnis ist eine gleichmäßige Oberfläche mit erhöhter Randfestigkeit und weniger Poren, so dass auch die Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einflüsse gesteigert wird.



5 Stützenkopf im Detail © Leonhardt, Andrä und Partner AG

Die Montage eines integralen Bauwerks kann aufgrund geringerer Ausgleichsmöglichkeiten für Herausforderungen sorgen. Insbesondere beim vorliegenden Projekt ist die Schnittstelle zwischen Betonbau und Stahlbau hinsichtlich der unterschiedlichen Herstellungstoleranzen äußerst kritisch zu bewerten. Der Bauablauf sah vor, die Randfelder West und Ost auf die bis zur Arbeitsfuge betonierten Widerlager sowie die in Lage eingemessenen Federbleche aufzulegen. Besonders am Widerlager musste passgenau gearbeitet werden, um die Verankerung des Hauptträgers mit Gewindestangen anschließen und verspannen zu können. An den Stützenköpfen wurden Ausgleichsmöglichkeiten in der Höhe durch Futterplatten vorgehalten. Am zweiten Tag der Montage wurde das Mittelfeld mit insgesamt drei Mobilkränen, zwei 300-t- und einem 650-t-Kran, zwischen die Randfelder gehoben. Die beiden Mobilkräne auf der Ostseite des Stadtgrabens mussten das ca. 90 t schwere und 36 m lange Stahlsegment zunächst in Richtung der Endlage manövrieren. Der Gittermastkran auf der Westseite wurde über dem Wasser zusätzlich angeschlagen. Bevor das Mittelteil eingefädelt werden konnte, hatten die Kräne auf der Ostseite die Last mittels Triangel zu übergeben, ohne das Brückenteil abzulegen. Erst im Anschluss waren zwei Kräne in der Lage, die geforderte Ausladung im Tandemhub zu bewältigen und das Mittelfeld in die vorgesehene Knaggenkonstruktion einzuhängen.

#### 4.3 Orthoverbund-Fahrbahnplatte mit nichtmetallischer Bewehrung

Bei integralen Brücken wird insbesondere die Dauerhaftigkeit gesteigert, also die Fähigkeit des Bauwerks, die Gebrauchstauglichkeit und Tragfähigkeit bei vorgesehener Nutzung möglichst lange aufrechtzuerhalten [2].

Um diese Entwurfsmaxime weiterzuverfolgen, entschied man sich für eine Fahrbahnplatte ohne Abdichtung. Infolgedessen ist die Fahrbahnplatte mit nichtmetallischen Verbundstäben aus Carbonfaser und Vinylester-Harz der Firma Deutsche Basalt Stab bewehrt, welche für die Rissbreitenbegrenzung und die Aufnahme der Spaltzugkräfte aus den Verbunddübeln bemessen sind. Der Kraftübertrag erfolgt über den Stoffverbund von Faser und Harzmatrix sowie den Formenverbund der seitlichen Flanken, wobei die Verankerungslängen deutlich kürzer als bei konventionellem Betonstahl ausfallen.



6 7 Federblech im Werk und in der offenen Schalung  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG

Es wurden weitestgehend Stäbe mit 33 Carbonfaserrovings des Typs C33 [3] eingesetzt. Die Kurzzeit-Zugbruchfestigkeit für diesen Stabtyp beträgt ca. 94 kN (Fraktilwert), was einer Bruchspannung von ca. 2.900 N/mm<sup>2</sup>, bezogen auf die Faserquerschnittsfläche von 32,60 mm<sup>2</sup>, entspricht. Bei einem Elastizitätsmodul der Carbonfaser von 235.000 N/mm<sup>2</sup> ergibt sich die Bruchdehnung zu  $2.900/235.000 = 12\%$ . Die Stäbe können nicht korrodieren und kommen daher mit einer sehr geringen konstruktiven Betondeckung aus, welche sich wiederum positiv auf das Rissverhalten des Betons auswirkt. Die Tragwirkung der Fahrbahnplatte wird durch Verbunddübeln komplettiert (= Orthoverbundplatte), welche in Längsrichtung der Brücke auf dem Deckblech angeordnet sind. Die Form entspricht dem Typ »Puzzle« und ist mit einer Zulassung bauaufsichtlich geregelt (Z-26.4-56). Die Orthoverbundplatte stellt den lokalen Lastabtrag sicher und ist in Verbindung mit der nichtmetallischen Bewehrung

vor allem für den Gebrauchstauglichkeitszustand ausgelegt. Der Einsatz der Verbunddübeln in Verbindung mit nichtmetallischer Bewehrung erforderte eine Zustimmung im Einzelfall (ZiE), welche von der Hansestadt Lübeck erteilt wurde.

Die Dicke der Fahrbahnplatte konnte durch die geringe notwendige Betondeckung von  $\geq 2$  cm und die nichtrostende Bewehrung auf ein Maß von 12 cm gesenkt werden. Allein hierdurch ließen sich 33 % des in der Fahrbahnplatte verbauten Betons sowie in der Primärtragstruktur durch die geringere Auflast nochmals Stahltonnage einsparen. Ebenso reduzierte sich der Materialeinsatz bei der Gründungsstruktur aus verpressten Mikropfählen.

Bereits in der Stahlbaufertigung musste darauf geachtet werden, dass die Sicken der Verbunddübeln entlang der Brückenlängsrichtung alle zueinander ausgerichtet sind. Dies ist erforderlich, um die vorkonfektionierte Mattenbewehrung kollisionsfrei verlegen zu können.



8 Montage mit drei Kränen  
© Christian Wese



9 Verlegen der Carbonbewehrung  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG



10 Betonage der Orthoverbundplatte  
© Leonhardt, Andrä und Partner AG

Die Brückenfläche von etwas mehr als 400 m<sup>2</sup> ließ sich mit zwei Mattenlagen und Bügelgirlanden in den Randbereichen innerhalb von zwei Tagen mit vier Personen per Hand verlegen – ein enormer Vorteil in der Verarbeitung auf der Baustelle.

Der direkt begangene Beton sollte gemäß ZiE einer Festigkeitsklasse C35/45 entsprechen. Um den Beton ausreichend gegen äußere Einflüsse zu schützen, entschied man sich für die Zugabe von Mikrohohlkugeln. Die Herstellung eines herkömmlichen »Kappenbetons« mit Luftporenbildner wäre deshalb unvorteilhaft gewesen, da dieser nur mit einem CEM I (Portlandzement) zulässig ist und die Festigkeit herabsetzt. Es hätte somit ein C40/50 angemischt werden müssen, wobei eine hohe Hydratationswärmeentwicklung zu erwarten gewesen wäre. Durch die Verwendung eines handelsüblichen C35/45 mit CEM III/A (Hochofenzement) wurde zudem der Nachhaltigkeitsgedanke weiterverfolgt, verursacht dieser prozessbedingt doch geringere CO<sub>2</sub>-Emissionen als ein Zement gleicher Festigkeit.

Die Betonage erfolgte in zwei Abschnitten in einem Abstand von einer Woche mit einem plastischen Beton. Dies hatte den Vorteil, dass die Nachbehandlung direkt beginnen konnte.

Die Betonoberfläche wurde zunächst mit einem Besenstrich in Querrichtung zur Erhöhung des Rutschwiderstands für die Verkehrsteilnehmer und mit einer Flüssigfolie benetzt. Das Ergebnis wurde von allen Beteiligten als sehr positiv bewertet.

#### 4.4 Spritzverzinkung

Eine weitere Innovation wurde auf Wunsch des Bauherrn beim Korrosionsschutz der Brücke umgesetzt. Die Stahlkonstruktion wurde im Duplex-System, bestehend aus Spritzverzinkung, Zwischen- und Deckschicht, ausgeführt. International genießt die Spritzverzinkung als kathodischer Korrosionsschutz bereits hohes Ansehen. In Deutschland ist die Spritzverzinkung im Brückenbau noch nicht gänzlich angekommen, findet jedoch in der Sanierung von Brücken und in Pilotprojekten bereits häufiger Anwendung. Im vorliegenden Projekt wurde die thermische Spritzverzinkung in Dicken von 100 µm bei den äußeren Sichtflächen des Stahlüberbaus sowie bei den betonberührten Flächen mit einer Dicke von 200 µm aufgebracht. Der Aufbau im Duplex-System der äußeren Sichtflächen setzt sich mit 100 µm Zwischen- und 100 µm Deckbeschichtung fort, die betonberührten Flächen werden lediglich mit einem Sealer nichtmessbarer Dicke versehen.

Der Korrosionsschutz mittels Spritzverzinkung verspricht eine längerfristige Funktionstüchtigkeit von mindestens 50 Jahren und soll auch in naher Zukunft über eine Aktualisierung des Blatts 100 Einzug in die ZTV-ING erhalten [4].

#### 5 Zusammenfassung

Im Zusammenhang mit kleineren Querschnitten und dem Wegfall von teuren vorgefertigten Lagerkonstruktionen konnten die Herstellkosten des Bauwerks gesenkt werden. Der innovative Ansatz wird beim Korrosionsschutz weiterverfolgt, welcher als Spritzverzinkung im Duplex-System lange Funktionstüchtigkeit verspricht. Des Weiteren wurden die Unterhaltskosten dadurch gesenkt, dass Lager- und Fahrbahnübergangskonstruktionen, deren kürzere Lebensdauer und Schadensanfälligkeit sich finanziell aufwendig dargestellt hätten, entfielen und kein konventioneller Korrosionsschutz umgesetzt wurde.

Die Brücke wurde aus einer Kombination von Stahl und Beton errichtet, wobei moderne Fertigungsverfahren zur Anwendung kamen. Die Wahl dieser Materialien ermöglichte eine maximale Tragfähigkeit bei gleichzeitig geringerem Gewicht.



11 Stadtabrücke in Lübeck als Visualisierung  
© gmp Architekten

Die Montage wurde entsprechend optimiert, um dem Materialeinsatz gerecht zu werden. Das besonders schlanke Brückendeck wird durch die nur 12 cm dünne Orthoverbundplatte mit nichtmetallischer Bewehrung so gering wie nur möglich belastet und ist dabei noch nachhaltig.

Durch ihre durchdachte Konstruktion und das innovative Design erfüllt die Stadtgrabenbrücke sowohl funktionale Anforderungen als auch ästhetische Ansprüche. Ihre Konstruktion stellt eine herausragende Ingenieurleistung dar, die alle Anforderungen an Belastbarkeit, Langlebigkeit und Anpassung an das städtische Umfeld erfüllt.

**Autor:**

**Constantin Schäfer M. Eng.**  
Leonhardt, Andrä und Partner  
Beratende Ingenieure VBI AG,  
Hamburg

**Literatur**

- [1] Geier, R.; Grauber, C.-A.; Kohoutek, J.; Angelmaier, V.: Integrale Brücken. Entwurf, Berechnung, Ausführung, Monitoring. Berlin, 2017.
- [2] Pötzl, M.: Robuste Brücken. Vorschläge zur Erhöhung der ganzheitlichen Qualität. Wiesbaden, 1996.
- [3] Deutsche Basalt Stab GmbH: DBS C-33, Technisches Datenblatt. Stuttgart, 2023.
- [4] <https://www.bast.de/DE/Ingenieurbau/Fachthemen/b2-korrosionsschutz.html> (Homepage der Bundesanstalt für Straßenwesen BAST; abgerufen am 19.12.2024).

**Bauherr**

Hansestadt Lübeck, Bereich Stadtgrün und Verkehr,  
Abteilung Brückenbau

**Entwurf**

Leonhardt, Andrä und Partner  
Beratende Ingenieure VBI AG, Hamburg  
gmp Architekten von Gerkan, Marg und Partner, Berlin

**Genehmigungs- und Ausführungsplanung**

Leonhardt, Andrä und Partner  
Beratende Ingenieure VBI AG, Hamburg

**Verkehrsanlagenplanung**

Sellhorn Ingenieurgesellschaft mbH, Hamburg

**Prüfung**

Prüfam für Standsicherheit der Hansestadt Lübeck

**Baubausführung**

Becker GmbH & Co. KG, Meppen

**BECKER**  
BAUUNTERNEHMEN

Wir sind die  
Brückenbauer.

Ihr Weg – unsere Verbindung



Stadtgrabenbrücke  
Hansestadt Lübeck



## Die Erneuerung der Salzachbrücken Komplexität im inneralpinen Eisenbahnbrückenbau

■ ■ ■ von Franz Forstlechner, Richard Zedlacher

Ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurden in Österreich von den damaligen kaiserlich-königlichen Staatsbahnen im Rahmen eines großen und imposanten Eisenbahnbauprogramms zahlreiche Bahnbrücken errichtet bzw. erneuert. Eine große Anzahl dieser überwiegend genieteten Stahlbrücken befindet sich auch heute noch in Betrieb, wobei einige der historischen Bauwerke aktuell zur Generalinstandsetzung oder Erneuerung anstehen. Davon sind unter anderem zahlreiche Stahlbrücken im Bundesland Salzburg betroffen, wie beispielsweise die Salzachbrücke Unterlend. Neben erneuerungswürdigen Konstruktionen befinden sich auch historische Tragwerke in Betrieb, die trotz des hohen Alters einen akzeptablen Zustand aufweisen und mit überschaubarem Aufwand instand gesetzt werden können bzw. konnten. Eisenbahnbrücken sind aufgrund ihres außerordentlich langen Erneuerungszyklus von mehr als 100 Jahren Unikate und werden bei der Festlegung des Reinvestitionszeitpunkts stets Einzelbetrachtungen unterzogen. Der vorliegende Artikel ist ein Rückblick auf 150 Jahre Eisenbahngeschichte und beschreibt die Herausforderungen und Komplexitäten im inneralpinen Eisenbahnbrückenbau und -betrieb der Vergangenheit und heute.



1 Salzachbrücke beim Pass Lueg, Erneuerung 2018–2019 [1]  
© Robert Deopito

### 1 Einleitung

Der Eisenbahnbau im inneralpinen Raum ist von besonderen geografischen und geologischen Herausforderungen und Randbedingungen geprägt. Das gebirgige Gelände der österreichischen Alpen legt mit seinen sich von Westen nach Osten erstreckenden Gebirgszügen und Flüssen weitestgehend den Verlauf der Hauptverkehrsverbindungen fest. Die Eisenbahnstrecke Salzburg–Wörgl ist eine inneralpine Hauptverkehrsstrecke und verbindet die Bundesländer Salzburg und Tirol. Sie verläuft im Abschnitt von der Stadt Salzburg nach Zell am See durch das Salzachtal und ist durch zahlreiche Tunnel-, Brücken- und Stützbauwerke gekennzeichnet. Die Brücken des zweigleisigen Streckenabschnitts wurden zu Beginn des 20. Jahrhunderts errichtet und haben in absehbarer Zeit das Ende ihrer technischen Lebensdauer erreicht. Daher wurden und werden gegenwärtig die Eisenbahnbrücken über die Salzach im Abschnitt von der Stadt Salzburg nach Zell am See sukzessive erneuert bzw. instand gesetzt (Bild 1).

### 2 Geschichte

Die heute durchgehend zweigleisige Salzburg-Tiroler-Bahn, früher auch als »Erzherzogin-Giselabahn« bekannt, ist eine Hauptbahn in Österreich, die von der Stadt Salzburg über Bischofshofen im Pongau und Zell am See im Pinzgau durch das Brixental in Nordtirol nach Wörgl verläuft. Der Bahnabschnitt wurde nach Erzherzogin Gisela Luise Marie von Österreich benannt, der zweiten Tochter von Kaiser Franz Joseph I. und Kaiserin Elisabeth. Tirol war seit 1858 durch die Eisenbahn mit Salzburg und dem Osten Österreichs verbunden. Die Strecke führte jedoch über bayerisches Gebiet (»Bayerische Maximiliansbahn«), was insbesondere nach der Auflösung des Deutschen Bundes als strategischer Nachteil Österreichs angesehen wurde. Daher wurde neben der 1871 eröffneten Drautal- und Pustertalbahn eine weitere innerösterreichische Ost-West-Verbindung geplant [2] [3] [4].

Die erste Konzession wurde 1869 für den Bau und Betrieb der Strecke Salzburg–Hallein erteilt. Diese ging 1871 in Betrieb. Der Abschnitt Hallein–Wörgl wurde zwischen 1873 und 1875 errichtet und führt von Hallein über Bischofshofen, Zell am See und Kitzbühel nach Wörgl.

Die Normalspurstrecke verläuft durch das Salzachtal, wobei insbesondere der Bahnhof Bischofshofen aufgrund der Abzweigung der Ennstalbahn von besonderer Bedeutung ist (Bild 2). Bei Wörgl trifft die Salzburg-Tiroler-Bahn auf die Bahnverbindung München–Innsbruck, die in Österreich Teil der Strecke Kufstein–Brenner ist, die ehemals von der Südbahngesellschaft betrieben wurde. Mit der Fertigstellung der Bahnstrecke gab es erstmalig eine lückenlose Bahnverbindung zwischen den europäischen Weltstädten Paris, Zürich, Wien und Budapest bis nach Istanbul im damaligen Osmanischen Reich.

1905 wurde die Nordrampe der Tauernbahn zwischen Schwarzach-St. Veit und Bad Gastein eröffnet und 1909 war die Tauernbahn inklusive Tauerntunnel bis nach Villach fertiggestellt. Infolge der Errichtung der Tauernbahn wurde auch die Zulaufstrecke Salzburg–Schwarzach-St. Veit zweigleisig ausgebaut. Von 1913 bis 1915 wurde außerdem der 125 km lange, eingleisig betriebene Abschnitt zwischen Schwarzach-St. Veit und Wörgl zweigleisig ausgebaut. Aufgrund der beengten Lage unmittelbar neben der Salzach musste das zweite Gleis in Teilbereichen separat mit eigenen Tunneln und Brücken trassiert werden. Die kaum zweieinhalbjährige Bauzeit bedeutet eine umso anerkennenswertere Leistung, da sie in die Ereignisse des Ersten Weltkriegs fiel und der Bau ohne Unterbrechung des Eisenbahnverkehrs durchgeführt wurde. Damit war die Salzburg-Tiroler-Bahn in ihrem gesamten Verlauf zweigleisig ausgebaut. 1925 wurde mit der Elektrifizierung der Strecke begonnen, welche bis 1930 fertiggestellt wurde.

### 3 Geologie

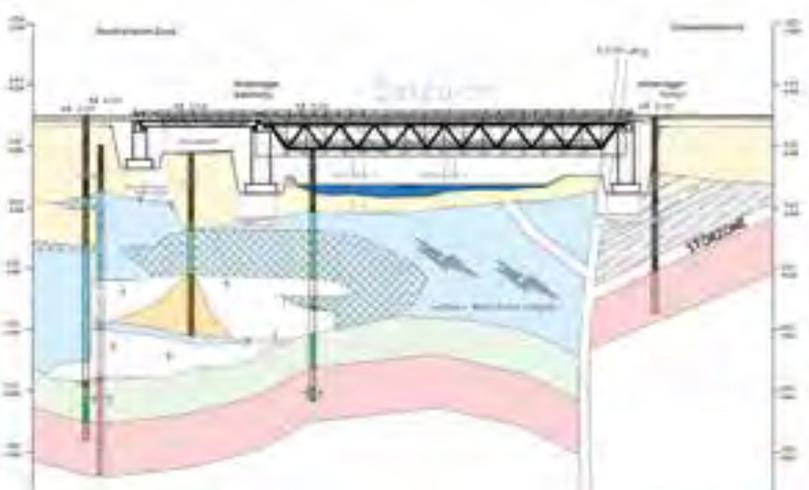
Der Streckenabschnitt von Bischofshofen bis Zell am See liegt im Einflussbereich einer geologischen Störungszone, welche sich über eine Länge von ca. 400 km von Innsbruck bis ins Wiener Becken erstreckt. Die Salzachtal-Störungsline trennt die Grauwackenzone im Norden vom Tauernfenster im Süden. In der nördlichen Grauwackenzone werden die Festgesteine der sogenannten Glemmtal-Einheit zugeordnet. Die südlich der Störungsline angrenzenden Festgesteine der Glockner-Decke sind von Kalkglimmerschiefer, triassischem Dolomit und Rauwacke gekennzeichnet. Im direkten Bereich der Störungsline zeigen die geologischen Verhältnisse kleinräumig wechselnde und sehr unterschiedliche Untergrundverhältnisse. Dabei lagern auf kleinstem Raum sehr kompakte Gesteine der Grauwackenzone neben porösen Formationen der triassischen Rauwacke.



2 Bischofshofen um 1875: Ennstalbahn (links) sowie Salzburg-Tiroler-Bahn  
© ETH-Zürich-Bibliothek

Die Lithologien im Gebiet der Gemeinde Lend lassen die Vermutung zu, dass sich die Salzachtal-Störungsline hier nahe der Salzach befindet. Der auf der orografisch linken Seite angetroffene Kalkglimmerschiefer wird der Grauwackenzone zugeordnet. Die auf der orografisch rechten Seite angetroffenen mächtigen triassischen Gletschollen aus Kalk, Rauwacke und Gipsen bilden den Nordrand des Tauernfensters. Innerhalb der triassischen Gletschollen bildeten sich durch Lösungsprozesse teilweise große Hohlräume, welche mit Salzachwässern gefüllt sind und deren Wasserspiegel mit der Salzach korrelieren. Die Hohlräume sind zerklüftet und weisen unterschiedliche Formen und Breiten auf, wobei auf kurze Engstellen breite Kavernen folgen können (Bild 3). In den Bereichen mit Hohlräumen im anstehenden Festgestein ist in der Regel die Abtragung der Bauwerkslasten in die tiefer liegenden, tragfähigen Fels-

horizonte erforderlich. Die Tiefgründungen lassen sich mittels Injektionskörpern, langen Bohrpfählen oder auch durch eine Kombination aus Injektionskörpern und kurzen Bohrpfählen realisieren. Im Fall der Salzachbrücke Unterlend wurde die Tiefgründung mittels Fächerinjektion bis zu einer Tiefe von 50 m umgesetzt [6] [7]. Im Zuge des postglazialen Talschubs entstanden im Bereich des Salzachtals außerdem mächtige Blockschutt- und Bergsturzmassen. Die übersteilten Hänge wurden nach Abschmelzen der Gletscher aufgrund fehlender Eisauflast zunehmend instabil und begannen in Richtung des Salzachtals abzurutschen. Aufzeichnungen dieses Talschubs gibt es bereits seit dem 16. Jahrhundert. Zahlreiche Hänge insbesondere auf der orografisch rechten Seite der Salzach sind auch heute noch von intensiver geologischer Dynamik gekennzeichnet mit stellenweisen Verformungsgeschwindigkeiten  $\leq 1$  cm/a [8].



3 Geologischer Schnitt der Salzachbrücke Unterlend  
© Premstaller Geotechnik ZT-GmbH

#### 4 Restlebensdauer der Bestandstragwerke

Aufgrund der großen Anzahl von historischen Stahlbrücken im Salzbachtal mit einem Alter von über 100 Jahren ist die treffsichere Bestimmung der Restlebensdauer eine wichtige Maßnahme zur Festlegung des Reinvestitionszeitpunkts. Im Rahmen des von der österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft FFG geförderten und 2024 abgeschlossenen Forschungsprojekts »Rail4Future – Railways for Future: Resilient Digital Railway Systems to Enhance Performance« wurden vom Institut für Stahlbau der Technischen Universität Graz (TU Graz) und vom Austrian Institute of Technology (AIT), Center for Transport Technologies zahlreiche Maßnahmen aufgezeigt, wie die Restlebensdauerprognose von genieteten bzw. geschweißten Eisenbahnbrücken verbessert werden kann (Bild 4) [9] [10] [11]. Die Lebensdauer von Stahlbrücken ist bei regelmäßiger Instandhaltung und intaktem Korrosionsschutz durch die Ermüdung des Werkstoffs Stahl bestimmt. Da das für den Neubau verwendete Konzept der Wöhlerlinien und  $\lambda$ -Werte gemäß Eurocode nicht ausreichend treffsicher für die Restlebensdauerermittlung von historischen Stahlbrücken ist und auf der konservativen Seite befindliche Berechnungs- und Belastungsansätze beinhaltet, kann die Restlebensdauer von Eisenbahnbrücken aus Stahl unter Umständen unterschätzt und der Reinvestitionszeitpunkt der Anlage früher als notwendig festgelegt werden [12] [13] [14]. Das übergeordnete Ziel des Forschungsprojekts Rail4Future war daher die Erhebung der Grundlagen für die Schaffung eines zukünftigen ingenieurpraktischen Nachrechnungsleitfadens zur treffsicheren Bewertung des Alterungsverhaltens von Stahlbrücken infolge Ermüdung. Im gegenständlichen Forschungsprojekt und auch in vorangegangenen Forschungsprojekten des Instituts für Stahlbau der TU Graz zeigte sich, dass sowohl auf der Einwirkungs- als auch auf der Widerstandsseite Potenzial zur Verlängerung der theoretischen Lebensdauer vorliegt [15] [16] [17].



4 Ziele des Forschungsprojekts Rail4Future »Zuverlässige Eisenbahnbrücken« © ÖBB-Infrastruktur AG/Technische Universität Graz

Für die Restlebensdauerbestimmung von zum Teil schon über 100 Jahre alten Brücken ist es erforderlich, den historischen Verkehr auf den Brücken möglichst realistisch zu erfassen. Dies setzt profunde Kenntnisse des historischen Eisenbahnbetriebs voraus. Aufgrund des Umstands, dass die Ermüdung von Eisenbahnbrücken in hohem Maße vom eingesetzten Wagenmaterial und von den Lokomotiven abhängt, kann der Bahnbetrieb grob in die Perioden Dampftraktion, Dieseltraktion und Elektrotraktion unterteilt werden. Auf der Strecke Salzburg–Wörgl zeigen die historischen Recherchen, dass der Zeitraum der Dampftraktion bis 1930 durch eine große Anzahl von verhältnismäßig niedrigen Lokomotivachslasten gekennzeichnet ist, während die unmittelbar darauffolgende Elektrotraktion durch höhere Achslasten bei geringer werdender Anzahl von Achsen geprägt ist [18] [19]. Der zukünftige Nachrechnungsleitfaden für Eisenbahnbrücken aus Stahl soll auf einem stufenweisen Bewertungskonzept basieren und auch die Einbindung von Mess- und Monitoringdaten ermöglichen. Die einzelnen Berechnungsstufen sehen dabei unterschiedliche Detaillierungsgrade bei der Ermittlung von Einwirkungs- und Widerstandsseite vor, so dass sich je nach geforderter Restlebensdauer bzw. Prognosegenauigkeit ein adäquater Berechnungsaufwand ergibt.

#### 5 Monitoring an Bestandstragwerken

Die abgesicherte Verlängerung der Restlebensdauer von historischen Brücken unter Berücksichtigung der Anforderungen an die Zuverlässigkeit ist in der Regel mit einem erhöhten Überwachungsaufwand der Tragwerke verbunden. Dies kann durch verdichtete Inspektionsintervalle bzw. automatisierte Mess- und Überwachungssysteme erfolgen. Das Forschungsprojekt Rail4Future wurde dafür genutzt, geeignete Monitoringssysteme für Stahl- bzw. Verbundbrücken zu erproben und zu validieren. Beispielsweise wurde die Salzachbrücke Eschenau während ihrer letzten Betriebsjahre vor der Erneuerung mit einem umfangreichen Messsystem ausgestattet, um das Alterungsverhalten von Stahlbrücken zukünftig noch besser zu verstehen (Bilder 5 und 6) [20]. Monitoringsysteme dienen dazu, die Zuverlässigkeit und somit auch die Sicherheit von Brücken zu erhöhen und potenzielle Veränderungsprozesse zu detektieren, welche die Tragwerkszuverlässigkeit negativ beeinflussen. In der Regel geht die messtechnische Erfassung mit einer Nachrechnung und gegebenenfalls einer Systemkalibrierung einher. In Zusammenhang mit Alterung und Ermüdung von Stahltragwerken zeigten Pilotprojekte, dass die Schallemissionstechnologie ein vielversprechendes Werkzeug für Eisenbahnbrücken darstellt. Diese Technologie ist im Druckbehälterbau bereits etabliert und kann, wie durchgeführte Messungen an Eisenbahnbrücken aus Stahl zeigten, auch auf Eisenbahntragwerke übertragen werden [21].



5 Salzachbrücke Eschenau: Baujahr 1904 bzw. 1914  
© Franz Forstlechner/ÖBB-Infrastruktur AG



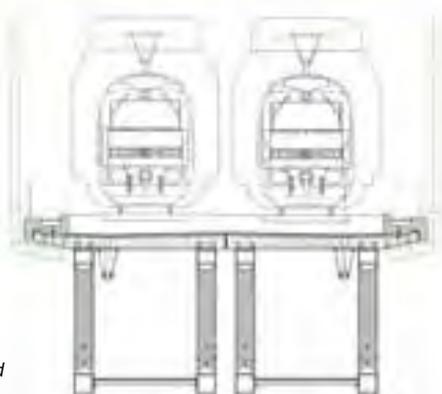
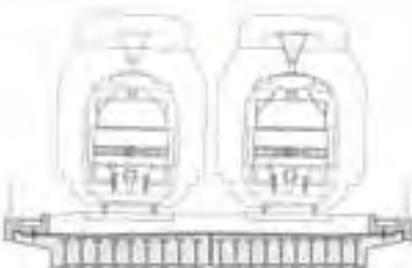
6 Messtechnische Installationen am Stahltragwerk  
© Stefan Lachinger/Austrian Institute of Technology

### 6 Tragwerksformen im Zuge der Erneuerung

Bei der Wahl der Tragwerksform für ein Ersatzbauwerk ist die Frage der Weiternutzung des Bestandswiderlagers ein wichtiges Entwurfskriterium. Die gegenständlichen Bestandstragwerke über die Salzach wurden zur Minimierung der Spannweite mittels schiefer Lagerung ausgeführt. Die Erfahrungen der letzten 100 Jahre Brückeninstandhaltung zeigten, dass diese schiefe Lagerung insbesondere im Auflagerbereich aufgrund der unsymmetrischen Tragwerkssteifigkeiten zu zusätzlichen Zwängungen bzw. Ermüdungsbeanspruchungen führt.

Auch die Erhaltung von schiefen Tragwerksfugen hat sich in der Vergangenheit als aufwendig herausgestellt. Daher wurde bzw. wird beim Neubau der Salzachbrücken in der Regel einer rechtwinkligen Lagerung der Vorzug gegeben, was mit größeren Spannweiten bzw. einer Neugestaltung der Widerlager bei gleichzeitiger Nutzung der Bestandsfundierungen verbunden ist. Da die Widerlager noch aus der Gründungszeit der Bahnstrecke im Jahr 1875 stammen, ist deren Neubau vertretbar.

Die Bestandstragwerke über die Salzach weisen überwiegend eine obenliegende, offene Fahrbahn auf, wobei die Schienen mittels Brückenhölzern am Stahllängsträger befestigt sind. Bei der Erneuerung der Salzachbrücken kommen meist Verbundtragwerke mit untenliegendem Stahlfachwerk und obenliegender Betonplatte zur Anwendung. Der Vorteil von Verbundtragwerken ist die relativ leichte Stahlkonstruktion, welche zugleich das Lehrgerüst für die nachfolgende Betonplatte darstellt. Die abgedichtete Betonplatte ist außerdem ein wirksamer Witterungsschutz für die darunter angeordnete Stahlkonstruktion (Bilder 7 und 8). Die Bauhöhe von Verbundtragwerken kann in der Regel gegenüber dem Bestand reduziert werden, was eine wasserbauliche Verbesserung darstellt (Vergrößerung Lichtraumprofil) [22]. Wo die wasserbaulichen Randbedingungen es erforderten, wurden die Bestandsbrücken auch mit untenliegender Fahrbahn ausgeführt wie beispielsweise bei der Salzachbrücke Pass Lueg.



7 8 Ansicht und Querschnitt der Salzachbrücke Unterlend  
© SBV ZT-GmbH



9 Salzachbrücke Pass Lueg: Aus- und Einhub mittels Schwerlastkran  
© Robert Mosser/ÖBB Holding AG

### 7 Bauverfahren bei Neubauten

Die bestehenden Eisenbahnbrücken über die Salzach mit Längen von ca. 60 m wurden als nebeneinanderliegende eingleisige Stahlfachwerke ausgeführt, was auch die Erneuerung der Bestandstragwerke unter Aufrechterhaltung des eingleisigen Bahnbetriebs ermöglicht. Bei der Erneuerung von Eisenbahnbrücken unter laufendem Betrieb stellt die Wahl des Herstellungsverfahrens ein wichtiges Entscheidungskriterium dar, um minimale Betriebsstörungen und Sperrzeiten zu gewährleisten. Im Salzachtal sind beengte Bauplätze und stark schwankende Wasserstände erschwere Randbedingungen und bestimmen das Brückenbaugeschehen. Sofern die technischen Randbedingungen es zulassen, stellt der Aus- und Einhub der Stahltragwerke mittels Schwerlastkran in einem Stück ein geeignetes Bauverfahren dar. Begrenzende Entwurfsparameter sind neben den örtlichen Platzverhältnissen die Tragfähigkeit des Kranuntergrunds sowie die maximale Hublast des Krans bei meist großen Ausladungen. Ein derartiger Aus- und Einhub in einem Stück wurde beispielsweise bei der Erneuerung der Salzachbrücke Pass Lueg angewandt, die in einer fünfwöchigen Gleissperre realisiert wurde (Bild 9).

Sofern die maximale Hublast der verfügbaren Kräne nicht ausreicht, sind der Ein- und Aushub in mehreren Teilen und die bauseitige Zwischenlagerung und Montage auf Hilfsjochen eine praktikable Alternative. Für die Errichtung der Hilfsjoches ist in der Regel eine Schüttung im Gewässer erforderlich, welche üblicherweise in der Niederwasserperiode eingebracht werden muss. Bei der Ausführung als Fachwerk-Verbundbrücke mit oberliegender Stahlbetonplatte stellt das

Hilfsjoch außerdem einen günstigen Bauzustand dar, durch den statisch gewünschte Vorverformungen und Vorspannkräfte ins Tragwerk eingebracht werden können. Eine weitere Möglichkeit bei ausreichendem Platz ist der seitliche Zusammenbau der Stahlkonstruktion auf einem Zwischenmontageplatz und das anschließende Einschieben mit Längs- und Querverschub. Auf diese Weise lässt sich auf Schwerlastkräne und Hilfsjoch verzichten, wodurch der Bauablauf weniger eng an die Wasserperioden des Gewässers gebunden ist.

### 8 Hochwasser und Naturgefahren

Das Salzachtal ist aufgrund seiner steilen Bergflanken und der engen Täler von Naturgefahren wie Muren, Lawinen und Hochwasser stark betroffen. Um im Bereich von besonders gefährdeten Abschnitten Streckensperren zu verhindern, sind Bahntunnel ein geeignetes Mittel.

Im Juli 2022 begann die ÖBB-Infrastruktur AG mit der Planung einer 5 km langen Neubaustrecke im Bereich der Salzachöfen beim Pass Lueg, welche auch einen 3 km langen Bahntunnel beinhaltet. Planungen und Bewilligungsverfahren inklusive Umweltverträglichkeitsprüfung lassen einen Baubeginn ab 2029 erwarten [23].

### 9 Zusammenfassung und Ausblick

Wie in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben, stellen Eisenbahnbrücken im inneralpinen Raum eine besondere Herausforderung hinsichtlich Bau und Instandhaltung dar. Neben den alpinen Naturgefahren und geologischen Besonderheiten des Salzachtals ist die durchgängige Dokumentation von über 100 Jahren Eisenbahnbetrieb zur Festlegung des optimalen Neubauzeitpunkts hier ein zentraler Aspekt. Um auch heute noch so qualitativ hochwertige Konstruktionen zu realisieren wie in der Gründerzeit des Bahnbaus, müssen die bewährten Methoden der vergangenen 150 Jahre Eisenbahngeschichte mit dem gegenwärtigen Stand der Technik verknüpft werden. Auf diese Weise werden zukünftige Brücken auch weiterhin so langlebig und robust wie ihre historischen Vorgänger sein.

### 10 Dankagung

Exemplarisch für die Erneuerung der Eisenbahnbrücken im Salzachtal wird an dieser Stelle der zuletzt erfolgte Neubau der Salzachbrücke Unterlend angeführt [24]. Die Autoren bedanken sich bei allen Projektbeteiligten für die konstruktive und erfolgreiche Zusammenarbeit.

Autoren:  
Dipl.-Ing. Dr. techn. Franz Forstlechner  
Ing. Richard Zedlacher  
ÖBB-Infrastruktur AG,  
Wien, Österreich



10 Salzachbrücke Unterlend nach Erneuerung in den Jahren 2023–2024  
© Franz Forstlechner

## Literatur

- [1] Spektakulärer Brückenbau am Pass Lueg: <https://salzburg.orf.at/v2/news/stories/2929672/> (geprüft am 11.01.2025).
- [2] Sachslehner, J.: Auf Schienen durch das alte Österreich. Nostalgische Reminiszenzen an die k.k. Eisenbahnwelt, an legendäre Dampfloks und die ersten großen Linien, an mondäne Luxuszüge und goldene Reiseromantik. Wien, 2001.
- [3] Salzburg-Tiroler-Bahn: <https://www.sn.at/wiki/Salzburg-Tiroler-Bahn> (geprüft am 11.01.2025).
- [4] Salzburg-Tiroler-Bahn: <https://de.wikipedia.org/wiki/Salzburg-Tiroler-Bahn> (geprüft am 11.01.2025).
- [5] Fotografie Bischofshofen um 1875: <http://doi.org/10.3932/ethz-a-000098583> (geprüft am 11.01.2025).
- [6] Exner, C.: Geologie des Salzachtales zwischen Taxenbach und Lend; in: Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt. Wien, 1979, S. 1–73.
- [7] Premstaller Geotechnik GmbH: Geotechnisches Gutachten Neubau Salzachbrücke Unterlend. Beauftragt durch die ÖBB-Infrastruktur AG 2019 (unveröffentlicht).
- [8] iC consulenten Ziviltechniker GmbH: Geotechnisches Gutachten Neubau Salzachbrücke Eschenau. Beauftragt durch die ÖBB-Infrastruktur AG 2021 (unveröffentlicht).
- [9] Kurzvorstellung COMET-Projekt Rail4Future – Railways for Future: Resilient Digital Railway Systems to Enhance Performance: <https://projekte.ffg.at/projekt/3915326> (geprüft am 11.01.2025).
- [10] Factsheet Rail4Future – Railways for Future: Resilient Digital Railway Systems to Enhance Performance: [https://www.ffg.at/sites/default/files/allgemeine\\_downloads/strukturprogramme/COMET/Factsheets\\_Projekte\\_DE/COMET\\_FactSheet\\_Projekt\\_C8\\_Rail4Future\\_de.pdf](https://www.ffg.at/sites/default/files/allgemeine_downloads/strukturprogramme/COMET/Factsheets_Projekte_DE/COMET_FactSheet_Projekt_C8_Rail4Future_de.pdf) (geprüft am 11.01.2025).
- [11] Projekt-Homepage: <https://www.rail4future.com/de/> (geprüft am 11.01.2025).
- [12] Forstlechner, F.; Unterweger, H.: Restlebensdauer von Eisenbahnbrücken aus Stahl. Vortrag gehalten beim 32. Stahlbautag am 16./17.05.2019 in Salzburg: [https://eventmaker.at/uploads/13612/downloads/15\\_restlebensdauer\\_eisenbahnbruecken\\_aus\\_stahl\\_franz\\_forstlechner\\_harald\\_unterweger.pdf](https://eventmaker.at/uploads/13612/downloads/15_restlebensdauer_eisenbahnbruecken_aus_stahl_franz_forstlechner_harald_unterweger.pdf) (geprüft am 11.01.2025).
- [13] Forstlechner, F.; Zedlacher, R.: Eisenbahnbrücken aus Stahl: Aktuelle Entwicklungen in Neubau und Erhaltung; in: Wissenschaft und Praxis, Bd.195. Hrsg. v. Akademie der Hochschule Biberach, Tagungsband 43. Stahlbauseminar am 24./25.02.2023 in Wien und Biberach, 2023, S. 7-1 bis 7-8.
- [14] Forstlechner, F.: Anti-Aging Maßnahmen für Eisenbahnbrücken aus Stahl; in: Curbach, M.; Marx, S. (Hrsg.): Tagungsband zum 33. Dresdener Brückenbausymposium. Planung, Bauausführung, Instandsetzung und Ertüchtigung von Brücken am 13./14.03.2024 an der TU Dresden. Dresden, 2024, S. 97–106.
- [15] Institut für Stahlbau, TU Graz: Bruchzähigkeitsuntersuchungen alter genietet Stahlbrücken. Probenentnahme, Versuchsprogramm, Ergebnisdokumentation. Forschungsbericht beauftragt durch die ÖBB-Infrastruktur AG 2017.
- [16] Unterweger, H.; Derler, C.: Fatigue tests and calibrated fracture mechanics approach for historical riveted steel girders; in: Journal of Constructional Steel Research 176, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2020.106353>.
- [17] Unterweger, H.; Derler, C.: Unerwartete Ermüdungsrisse an Hauptträgern einer Eisenbahnbrücke. Dehnungsmessungen unter Betrieb und bruchmechanische Analyse; in: Stahlbau 92, 2023, H. 4, S. 298–317. DOI: <https://doi.org/10.1002/stab.202300005>.
- [18] Brunner H.: Ermittlung des historischen Verkehrs am Objekt »Eschenauer Salzachbrücke«. ÖBB-Strecke Salzburg–Wörgl, Technischer Bericht. Beauftragt durch die ÖBB-Infrastruktur AG (unveröffentlicht).
- [19] Derler, C.: Zutreffende Restlebensdauerprognose bei stählernen, historischen Eisenbahnbrücken. Dissertation Institut für Stahlbau, TU Graz 2024.
- [20] Lachinger, S.; Pissermayr, S.; Ralbovsky, M.; Vorwagner, A.: Case Study: Impact of route specific load and numerical model calibration on fatigue assessment of an existing railway bridge; in: Institute of Structural Analysis and Antiseismic Research; School of Civil Engineering; National Technical University of Athens (NTUA) Greece (Hrsg.): Proc. of 9th International Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering (COMPdyn 2023), 12.–14.06.2023 in Athen, 2023, S. 1321–1336.
- [21] Forstlechner, F.; Schwald, C.: RISE: Safeguarding structural health for steel bridges. Konferenzbeitrag International Railway Safety Council 2024, 17.–21. 09.2024, Wien.
- [22] Enzinger, P. et al.: Eisenbahnbrücke über die Salzach bei Schwarzach/St. Veit. Erfahrungen beim Bau eines 46 m langen VFT-Rahmens (2017) 4, S. 772–777. DOI: <https://doi.org/10.1002/stab.201710531>.
- [23] Neuer Bahntunnel gegen Naturgewalten: <https://salzburg.orf.at/stories/3164030/> (geprüft am 11.01.2025).
- [24] Hundert Jahre alte Eisenbahnbrücke abgetragen: <https://salzburg.orf.at/stories/3191124/> (geprüft am 11.01.2025).

## Bauherr

ÖBB-Infrastruktur AG, Wien, Österreich

## Projektleitung

ÖBB-Infrastruktur AG, Geschäftsbereich Streckenmanagement und Anlagenentwicklung, Region Mitte

## Bauwerksplanung

SBV ZT-GmbH, Salzburg, Österreich

## Prüfingenieur

Dipl.-Ing. Wolfgang Kirchmair, Gallneukirchen, Österreich

## Geologie

Premstaller Geotechnik ZT-GmbH, Zell am See, Österreich

## Geotechnik

IGT Geotechnik und Tunnelbau ZT-GmbH, Salzburg, Österreich

## Wasserbau

Ingenieurbüro Wölfler ZT-GmbH, Salzburg, Österreich

## Örtliche Bauaufsicht

ILF Consulting Engineers Austria GmbH, Rum, Innsbruck, Österreich

## Baumanagement

Infraconsult GesmbH, Spittal/Drau, Österreich

## Qualitätsüberwachung

Austro Steel, Graz, Österreich (Stahlbau)  
Niehsner GmbH, Linz, Österreich (Korrosionsschutz)

## Bauausführung

Steiner-Bau GesmbH, St. Paul/Lavanttal, Österreich  
NCA Container- und Anlagenbau GmbH, St. Paul/Lavanttal, Österreich



## Abdichtungssystem unter Asphalt

- vereint ETAG 033 und ZTV-ING
- rissüberbrückend bis einschließlich -30 °C
- sehr gute Haftzugsfestigkeiten zum Untergrund (Beton und Stahl)



Innovative Entwürfe in Holzbauweise

## Zwei Wildtierquerungen – einmal ganz anders

■ ■ ■ von Jean-Marc Waeber, Stéphane Cuennet

Die Wildtierquerungen entlang der Nationalstraßen wurden seit Anfang der 2000er Jahre bis 2021 aus Stahlbeton und Spannbeton errichtet, 2021 wurden dann die ersten beiden Wildtierquerungen aus Holz in Betrieb genommen. Seither sind zahlreiche weitere Bauwerke in Holzbauweise entstanden. Nachfolgend werden zwei unterschiedliche und innovative Entwürfe vorgestellt.

### 1 Vorwort

Die Verkehrsinfrastrukturen des Menschen, insbesondere die eingezäunten Nationalstraßen erster und zweiter Klasse, stellen für Wildtiere häufig Hindernisse dar.

Durch die Einzäunung dieser Nationalstraßen kann das Kollisionsrisiko zwar stark reduziert werden, gleichzeitig führt sie aber zu einer vollständigen Zerschneidung der Landschaft für viele Tierarten. Die bekannten Folgen solcher Lebensraumzerschneidungen sind Artenverlust und Isolation von Populationen. Nicht zu vergessen sind auch Wildschäden mit oft erheblichen Folgekosten, wenn zum Beispiel Rothirsche und Wildschweine in ihrem Nahrungsraum eingeschränkt werden.

Um die Durchlässigkeit der Nationalstraßen zu erhöhen und damit die Zerschneidungswirkung zu verringern, gibt es neben dem Bau von teuren Wildtierquerungen verschiedene Möglichkeiten.

### 2 Wildtierüberführungen

Eine Wildtierüberführung ist ein Bauwerk, das speziell für die Nutzung durch Wildtiere errichtet wird. Sie dient vor allem größeren Wildsäugern wie Rothirsch, Reh und Wildschwein, aber auch anderen Tierarten, wie unter anderem Reptilien, Amphibien und Insekten, als Querungshilfe.



1 *Situierung des Bauwerks*  
© ASTRA

Wildtierquerungen aus Holz über Nationalstraßen werden in der Schweiz erst seit kurzem realisiert. In Deutschland gibt es bereits einige Beispiele. Die Vorteile der Holzbauweise liegen in der schnellen Montage relativ leichter Bauteile. Die Dauerhaftigkeit von Holzkonstruktionen ist gut, wenn sie vor Witterungseinflüssen geschützt sind, wie alte gedeckte Holzbrücken beweisen. Holz ist auch unempfindlich gegen Salzeinflüsse. In der Schweiz werden wichtige Holzkonstruktionen seit jeher mit konstruktivem Holzschutz gegen Witterungseinflüsse geschützt, im Gegensatz zum Beispiel zu den skandinavischen Ländern, wo häufig offene, der Witterung ausgesetzte Brückenkonstruktionen aus imprägniertem Holz anzutreffen sind.

### 3 Wildtierüberführung Mühleberg

#### 3.1 Lage des Bauwerks

Die Wildtierquerung in Mühleberg befindet sich auf der Nationalstraße N01 Bern–Lausanne. Am Ort der Querung liegt die Nationalstraße in einem Einschnitt und die Wildtierquerung überspannt die Nationalstraße in der Art einer Brücke.

#### 3.2 Ziel des Projekts

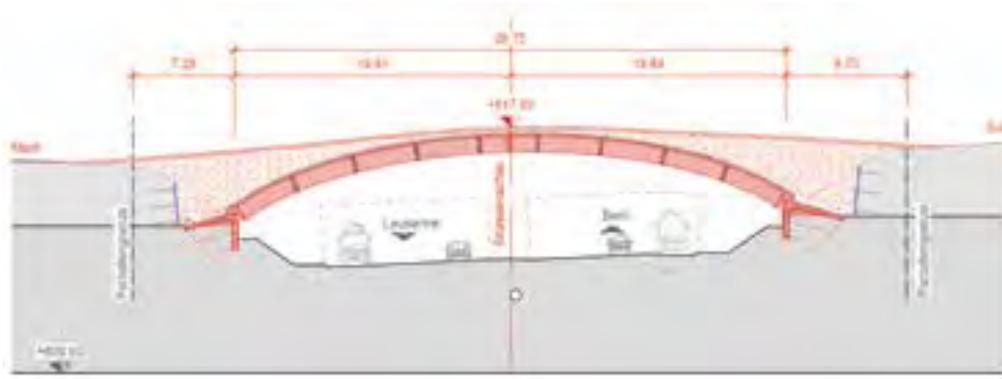
Die Wildtierquerung Mühleberg ist Teil einer der 51 überregionalen Wildtierkorridore, die im Jahr 2001 definiert wurden. Aufgrund einer Evaluation verschiedener Lösungsmöglichkeiten hat sich das Bundesamt für Strassen ASTRA für die Ausführung der Querung mit einem Holzbogen entschieden.



2 *Wildtierkorridor in Umfang und Lage*  
© ASTRA

#### 3.3 Varianten und Beurteilung

Zu Beginn der Planung wurden sowohl Balken- als auch Bogentragwerke skizziert. Holzbalkentragwerke haben zwar den Vorteil der schnellen Montage, sie erfordern jedoch eine starke Unterkonstruktion in Form von Betonstützwänden. Im Gegensatz zu einem Betonrahmen können die Holzträger nicht zur oberen Abstützung der seitlichen Stützwände gegen den Erddruck herangezogen werden. Diese Stützwände müssen daher wesentlich stärker ausgeführt werden als bei einer Betonrahmenstruktur. Dies relativiert die Vorteile der Holzbauweise. In einem zweiten Schritt wurden Bogentragwerke mit einer und mit zwei Öffnungen genauer miteinander verglichen. Der Baugrund mit dem hoch anstehenden Molassefels ist für die Gründung von Bogenstrukturen gut geeignet.



3 Längsschnitt: Fahrbahn geneigt, Überführung horizontal  
© ASTRA

Bogenkonstruktionen in Holzbauweise weisen einen geringeren Materialverbrauch als Balkentragwerke auf und es kann auf seitliche Stützwände im Bereich der Fahrbahn verzichtet werden. Es wurden Varianten von Holztragwerken mit und ohne Verbund mit einem Aufbeton untersucht. Schließlich wurde entschieden, die Lösung eines großen Bogens mit Beton im Gleitverbund weiterzuvollziehen.

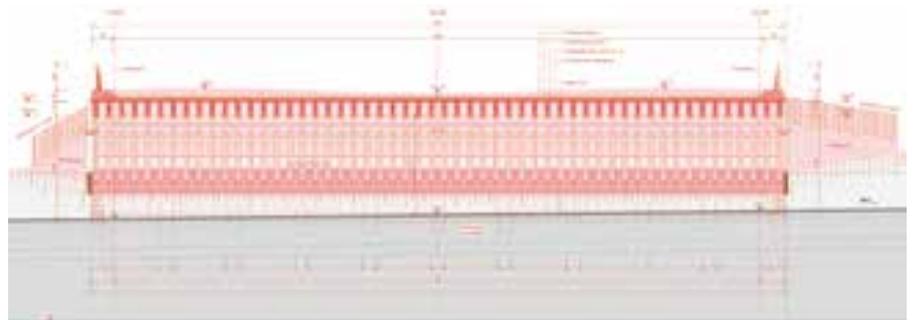
Die Varianten der Bogentragwerke in Holz (eine bzw. zwei Öffnungen, verschiedene Verbundarten) wurden hinsichtlich Kosten, Verkehrsführung während der Bauzeit, Bauablauf, Unterhalt und Ästhetik verglichen.

### 3.4 Beschreibung des Bauwerks

Die Überquerung ist als breite Bogenbrücke konzipiert. Sie ruht auf parallelen Zweigelenkbögen aus Holz, die mit einem Überbeton versehen sind. Die Bögen werden dachförmig mit Erde überschüttet. Die seitlichen Abschlüsse bestehen aus Trockensteinmauern.

Das Holztragwerk bilden elliptisch gekrümmte Brettschichtholzbinde in Fichte bzw. Tanne. Die stärker der Witterung und dem Sonnenlicht ausgesetzten Randträger bestehen aus splintfreier Lärche. Die Dauerhaftigkeit des Tragwerks wird durch konstruktiven Holzschutz gewährleistet, Imprägnierungen sind nicht nötig.

Die Holzbögen werden mit einer 12 cm dicken Betonschale übergossen, die mit den Bögen in einem »gleitenden Verbund« steht, das heißt, es gibt keine direkte mechanische Verbindung zwischen Holzbogen und Betonschale. Einzig die Querschotten sind mit dem Beton verbunden; diese Verbindung ist in der Bogenebene jedoch nachgiebig.



4 Querschnitt der Überführung Mühleberg mit hölzernem Bogen  
© ASTRA

Die Betonschale stützt sich auf die Auflagerschuhe an den Kämpfergelenken. Im Übrigen erfolgt die Verbundwirkung nur über den aufliegenden Kontakt zwischen Beton und Holz. Statisch wirkt das Tragwerk als Zweigelenkbogen. Die Montage erfolgt in zwei Hälften. Der Stoß im Scheitel wird biegesteif ausgeführt. Dadurch entfallen Dilatationen der Betonschale im Bereich des Bogenscheitels, was die Dauerhaftigkeit verbessert.

Grundmodul des Holztragwerks ist ein Element mit zwei Bögen aus Brettschichtholz, die durch eine Beplankung und Querschotten miteinander verbunden sind. In Analogie zu den vorfabrizierten betonierten  $\pi$ -Platten im Hochbau können wir hier von hölzernen  $\pi$ -Elementen sprechen.



5 Erscheinungsbild des fertiggestellten Bauwerks  
© ASTRA

Bei der Montage werden die Fahrspuren einer Richtung gesperrt und die darüber zu liegen kommenden  $\pi$ -Elemente montiert. Die Elemente sind knick- und kippstabil, sie werden am unteren Rand der Bögen durch Schraubenbolzen verbunden.

Nach erfolgter Montage der Holzelemente wird die Betonschale gegossen. Nach genügendem Austrocknen des Betons schließen sich die Abdichtungsarbeiten an. Danach werden die Flügelmauern und die Stirnmauern erstellt und das Gelände aufgefüllt.

Die Portalbereiche werden mit Stirnmauern in Trockensteinmauerwerk versehen. Dadurch entfallen konstruktiv komplizierte geneigt-gebogene Randträger und unterhaltsintensive Böschungflächen. Die Trockensteinmauer kann auf die geringen Bewegungen der Holzträger ohne Schäden reagieren.

### 3.5 Foundationen

Die Gründung der Tragwerke erfolgt über Betonwiderlager in die standfeste Molasse, die Krafteinleitung in den Fels über vertikale Betonscheiben im Abstand von 6 m. Dafür werden zuvor im Fels entsprechende Schlitzte ausgehoben, in die der Beton direkt eingefüllt wird. Dadurch entsteht zudem eine intensive seitliche Verzahnung und die Kräfte können sowohl über die Stirn- als auch die Seitenflächen abgetragen werden. Darüber wird eine nach außen geneigte Betonplatte gegossen. Damit wirkt die beträchtliche Erdauflast vollflächig auf die Foundation. Sie sorgt für eine tiefere Lage der Resultierenden bei der Krafteinleitung in den Fels und aktiviert zusätzlich Reibungskräfte zwischen Beton und Fels.

### 3.6 Gestaltung

Die Wildbrücke ist ein Landschaftselement, das vom erhöhten Gelände aus nur durch die Schutzzäune als Bauwerk wahrgenommen wird. Von der Umgebung aus betrachtet, wirkt sie relativ unauffällig. Ganz anders ist ihre Wirkung auf den Autofahrer: Die Portale machen die Dimension des Ingenieurbauwerks eindrucksvoll sichtbar. Sie sind so gestaltet, dass sie zeigen, was »Sache ist«. Dicke hölzerne Bogenträger tragen eine schwere Abdeckung. Aus diesem Grund wurde auf eine Verkleidung des äußersten Bogenträgers verzichtet, die Ausführung in Lärchenholz gewährleistet trotz der etwas exponierten Lage gegenüber UV-Strahlung und Schlagregen eine ausreichend lange Lebensdauer.

Die ohne Mörtel aus präzise geschichteten Werksteinen in Kalkstein errichteten Stirnmauern verweisen auf die Erdüberschüttung der Bögen. Die Wahl des Trockenmauerwerks hat zunächst technische Gründe (Anpassungsfähigkeit an Verformungen des Tragwerks), die mit der Zeit etwas vermoosenden Fugen passen aber auch gut zu einem naturnahen Bauwerk. Die auf den ersten Blick überraschende Tatsache, dass hier massive Steine auf einem Holzbauwerk lagern, gibt dem Ganzen eine Dramatik, die die Bedeutung der Wildtierüberführung unterstreicht. Die seitlichen Flügelmauern, die auf gewachsenem Boden gegründet sind, werden als Schwergewichtsmauern mit Blocksteinen im Verbund hochgezogen. Ein Bewuchs dieser Mauern ist erwünscht, denn er betont den Kontrast zwischen den Trockenmauern auf den Holzbalken und den durch Bewuchs relativ unauffälligen Flügelmauern.

### 3.7 Dauerhaftigkeit und Unterhalt

Der konstruktive Holzschutz wird durch die monolithische Betonschale sichergestellt, mit der das Holztragwerk überdeckt wird. Sie wird mit einer mehrlagigen Abdichtung versehen. Die Dauerhaftigkeit einer Holzkonstruktion im Freien hängt davon ab, dass das Holz nicht durchnässt wird. Darin liegt ein wichtiger Grund für die Anordnung der Betonschale, die eine robuste Unterlage für eine wirksame und langlebige Abdichtung bildet. Die Betonschale wird monolithisch ausgeführt, deswegen verfügen die Zweigelenbögen über keine Bewegungsfugen im Scheitel. Die Holzbögen bestehen aus Brettschichtholz GL24h in Fichte bzw. Tanne, die für nicht direkt bewitterte Bauteile geeignet sind. Die Träger sind vor direkter Bewitterung geschützt und gut belüftet, so dass eine lange Lebensdauer gewährleistet ist. Eine gelegentliche Durchfeuchtung durch die von Fahrzeugen aufgewirbelten Sprühnebel ist unschädlich. Lediglich die äußeren Bogenträger, die der Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind und auch von Schlagregen benetzt werden können, bestehen aus Lärchenbrettschichtholz mit Polyurethanverleimung.

Diese äußeren Bogenträger sind als »Opferschicht« ausgebildet. Sie lassen sich durch eine mittlere Hilfsstütze oder ein von oben abgehängtes Gerüst ersetzen. Die neuen Träger können von unten gegen die Betonschale gedrückt werden, so dass sie wieder an der Lastabtragung beteiligt sind. Diese äußeren Träger übernehmen die Funktion, die sonst einer Schalung zukäme. Im Bedarfsfall wäre der Austausch einer aus vielen Einzelteilen bestehenden Schalung über den Fahrbahnen umständlicher und teurer als der eines zusammenhängenden Bogenstücks. Brettschichtholz ist unempfindlich gegen Tausalz. Die metallischen Verbindungen werden in Edelstahl A4 ausgeführt, das ebenfalls unempfindlich gegenüber Salzeinwirkungen ist.

### 3.8 Risiken

Brand und Explosion nimmt das ASTRA als Bauherrenrisiko in Kauf. Eine Studie zum Brandrisiko wurde erstellt: Sie kommt zu dem Schluss, dass Pkw-Brände eine relativ große Chance haben, von der Feuerwehr gelöscht zu werden, bevor ein Brandübergriff auf das Tragwerk stattfindet. Ein Übergriff des Brands auf das Tragwerk ist erst nach 20 min zu erwarten. Damit bleiben der Feuerwehr noch ca. 10 min Zeit, um den Brand zu löschen.

Die Stahlteile im Scheitel liegen nicht direkt an der Holzoberfläche, was den Brandwiderstand erhöht. Das Tragwerk der 2024 fertiggestellten Überführung ist so konzipiert, dass einzelne Träger ohne Totalabbruch ausgewechselt werden können.

**Bauherr**  
Bundesamt für Strassen ASTRA, Bern Schweiz

**Entwurf und Tragwerksplanung**  
Conzett Bronzini Partner AG, Chur, Schweiz

**Prüfingenieure**  
Dr. Marcel Muster, Prof. Dr. Andrea Frangi,  
ETH Zürich, Schweiz

## 4 Wildtierüberführung Koppigen

### 4.1 Lage des Bauwerks

Die Nationalstraße N01 stellt bei Koppigen im Kanton Bern eine Barriere für Wildtierkorridore von nationaler Bedeutung dar. Um dieser Barrierewirkung der Autobahn entgegenzuwirken, wird hier eine Wildtierquerung in Form einer Überführung errichtet, die 2025 fertiggestellt sein soll.

### 4.2 Ziel des Projekts

Die Wildtierkorridore werden als beeinträchtigt oder sogar weitgehend unterbrochen angesehen. Die östlich liegende Bahnstrecke und vor allem die Autobahn (N01) wirken hier als größte Trennelemente. Dabei sind beide Wildtierkorridore von nationaler Bedeutung und bilden zusammen ein Zwischenglied zur Vernetzung von Jura und Voralpen. Die betroffenen Zielarten sind insbesondere Wildschweine, Rothirsche, Baummartener, Dachse, Luchse und Rehe. Mit dem Bau der Wildtierpassage sollen die Wildtierkorridore für alle Zielarten reaktiviert und angestrebt werden. Der Projektperimeter wird durch das flache Gelände und die Wälder auf beiden Seiten der Straßen gekennzeichnet.



6 Situierung im Kontext  
© ASTRA

### 4.3 Varianten

Für die Umsetzung liegen drei Ausführungsvarianten vor, benannt nach Form und Material der Hauptträger über der Autobahn:

- Variante 1: Bogenträger aus Holz
- Variante 2: Gerader Träger aus Holz
- Variante 3: Gerader Träger aus Spannbeton

Die Variante 1 kann als schlechteste Lösung eingestuft werden und wird verworfen. Aus dem Variantenstudium lässt sich allerdings kein Optimum eruieren. Die Varianten 2 und 3 sind bezüglich »Nutzen und Kosten« nahezu identisch. Der gerade Träger aus Holz wird als Bestvariante empfohlen, da er folgende Vorteile gegenüber Variante 3 bietet:

- geringere graue Energie und geringerer CO<sub>2</sub>-Ausstoß
- leichtere Träger und damit Vereinfachung der Montage (Mobilkraneinsatz)
- leichter Vorteil bei der Portalgestaltung durch den Baustoff Holz
- Förderung des regionalen Baustoffs Holz

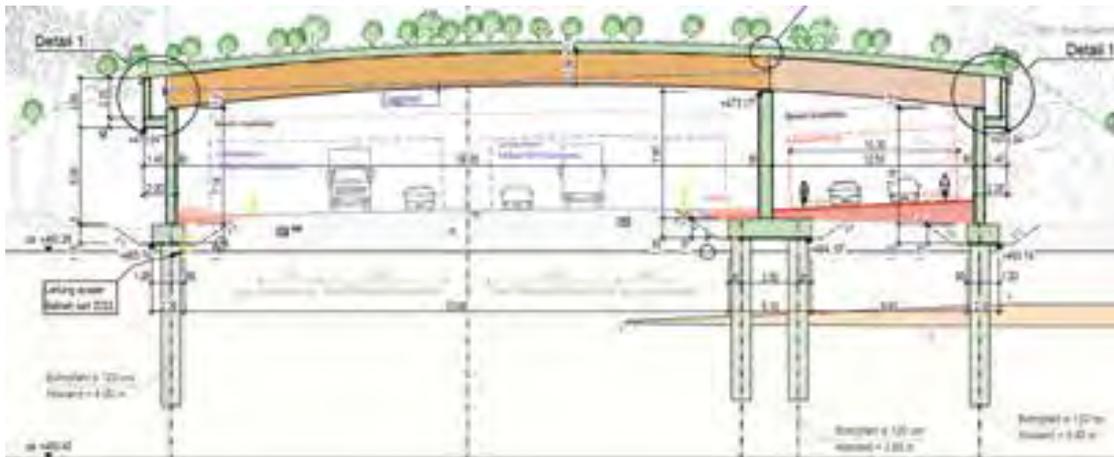
### 4.4 Beschreibung des Bauwerks

#### 4.4.1 Struktur und Konstruktion

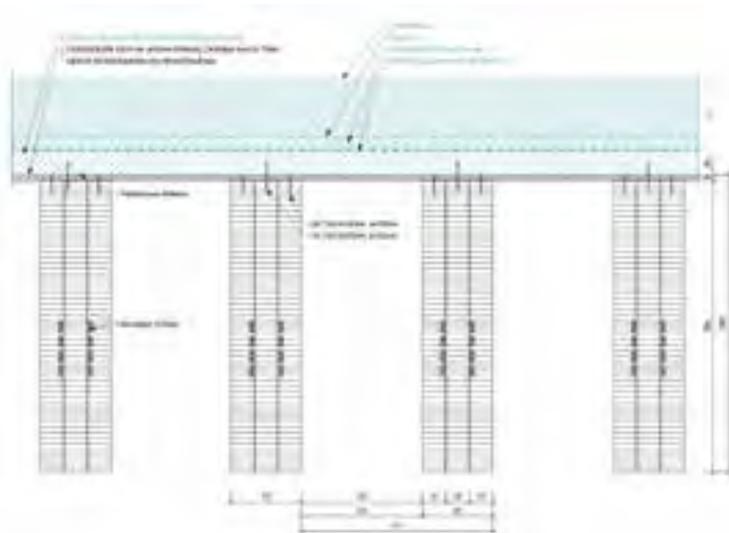
Die Wildtierüberführung besteht aus Holzträgern, die mit einer Überbetonplatte miteinander verbunden werden und auf zwei Widerlagern und einer Mittelabstützung aufgelagert sind. Die Flügelmauern, die Widerlager und die Mittelabstützung werden als geschlossene Stahlbetonwände ausgeführt. Die Mittelabstützung befindet sich zwischen der National- und der Kantonsstraße. Widerlagergänge ermöglichen Platz für Inspektionen und Unterhaltsarbeiten an Lagern und Trägern. Die Mittelabstützung weist eine Wanddicke von 0,80 m auf. Daraus ergibt sich eine Gesamtlänge der Wildtierüberführung, gemessen zwischen den Innenseiten der Widerlager, von 49,30 m. Mit Einbeziehung der Widerlagergänge beträgt die Gesamtlänge 53,30 m. Die Gesamtbreite der Wildtierüberführung unter Berücksichtigung der Portalelemente ergibt sich zu ca. 62 m. Die Holzträger sind jeweils 2 m hoch und leicht gekrümmt. Sie erscheinen als von Widerlager zu Widerlager durchgehende leichte Bögen (Stich: ca. 0,77 m). Die leichte Bogenform wurde aus ästhetischen (Durchbiegungen) und aus Tragsicherheitsüberlegungen (Exzentrizität der Vorspannung) gewählt.



7 Ungefähre Lage der Wildtierüberführung  
© ASTRA



8 Querschnitt der Überführung Koppigen  
© ASTRA



9 Querschnitt: vorgespannte Holzträger im Bereich der Nationalstraße  
© ASTRA

Auf die Ausführung eines Bogenträgers mit einem größeren Stich wurde aus folgenden Gründen verzichtet:

- Ein flacherer Bogen erzeugt eine bessere Nutzwirkung der Passage durch die Fauna und ermöglicht eine bessere Gestaltung der Oberfläche, zum Beispiel das Anlegen von Teichen für Amphibien.
- Der Baugrund aus Lockergestein ist ungeeignet für die Abtragung großer Normalkräfte aus der Bogenform im Bereich der Auflager.

Ab Fahrbahnoberkante wird eine Höhe von mehr als 6 m von tragenden Bauteilen frei gehalten, um die Anprallgefahr zu minimieren.

Die Brettschichtholzträger sind jeweils 2,00 m hoch und 0,48 m breit. Auf den Holzträgern liegt eine Dreischichtplatte aus Massivholz und darauf eine 0,16 m dicke Stahlbetonplatte (Überbetonplatte).

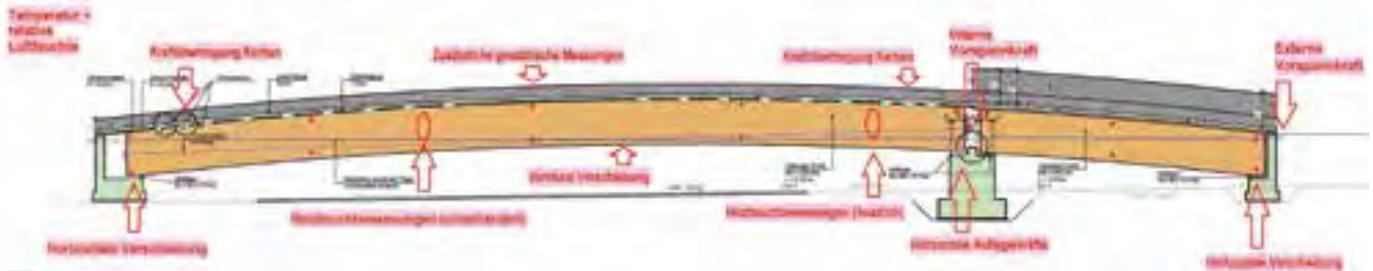
Die Dreischichtplatte dient als verlorene Schalung der Überbetonplatte und hat nur während der Bauphase eine stabilisierende und eine tragende Funktion. Der Schubverbund zwischen den Holzträgern und der Überbetonplatte erfolgt mittels Schubkerfen mit Stahlbügeln. Die Überbetonplatte wirkt im Verbundquerschnitt als Biegedruckglied. Auf der Überbetonplatte wird anschließend die Abdichtung des Bauwerks verlegt und der Bodenaufbau der Überführung aufgeschüttet.

#### 4.4.2 Holzträger

Im Bereich der Nationalstraße weisen die Holzträger folgende Eigenschaften auf:

- Brettschichtholz GL24h, Erscheinungsklassierung I (Industrie), Querschnitt 480 mm x 2.000 mm, blockverklebt aus drei Querschnitten 160 mm x 2.000 mm; dreifacher Anstrich mit farbloser wasserverdünnter Mittelschichtlasur auf feinstteiler Reinacrylatbasis als Oberflächenbehandlung
- Spannweite: 36,70 m
- Der horizontale Trägerabstand bis auf die letzten vier Träger im Portalbereich beträgt 1,30 m. Die Träger werden mit je 16 Monolitzen vorgespannt, 42 vorgespannte Holzträger befinden sich über der Nationalstraße.

- Der horizontale Abstand der letzten vier Träger im Portalbereich misst 1 m. Die Träger werden nicht vorgespannt, es handelt sich um acht Stück über der Nationalstraße.
- Dreischichtplatte auf Holzträger, 40 mm dick, die Decklagen sind quer zu den Trägern ausgerichtet. Oberflächenbehandlung: Unterseite mit einfachem Anstrich mit farbloser wasserverdünnter Mittelschichtlasur auf feinstteiler Reinacrylatbasis



10 Messpunkte am Versuchsträger © ASTRA

### 4.4.3 Versuchsträger

Von Projektleitung und Projektverfasser wurde nach einer Evaluation entschieden, das gewählte Tragsystem anhand eines Versuchsträgers im Maßstab 1:1 zu überprüfen. Der Versuchsträger wurde Ende 2021 auf dem Lagerplatz im Bereich des Rastplatzes Gurbrü errichtet und von der ETH Zürich mit Messtechnik versehen. Folgende Ziele wurden hier verfolgt:

- Untersuchung der Verbundwirkung des Holz-Beton-Trägers
  - Untersuchung des Verhaltens des Trägers bei Aufbringen der Vorspannung
  - Langzeitverhalten des Verbundquerschnitts beim Kriechen und Schwinden sowie bei Feuchtigkeitsänderungen im Holz
  - Untersuchung der Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit der Träger: Durchbiegungen und Witterungsbeständigkeit unter ähnlichen Umgebungsbedingungen (Sprühnebel) wie bei der vorgesehenen Nutzung
  - Erhöhung der Kostensicherheit
  - Eichung der Modellbildung für die statischen Berechnungen, Erhöhung der Planungssicherheit
- Die in Abbildung 10 dargestellten Messpunkte werden kontinuierlich aufgezeichnet.



11 Versuchsträger nach Herstellung © ASTRA

### 4.4.4 Vorspannung

42 Holzträger über der Nationalstraße werden mit je 16 Monolitzen pro Träger extern vorgespannt. Die Litzen werden gerade durch die gebogenen Holzträger geführt. Dadurch befindet sich der Schwerpunkt der Litzen bei den Auflagern im Zentrum des Trägers und in der Mitte am unteren Rand desselben. Mit dieser Anordnung wird im Träger ein negatives Moment erzeugt, mit welchem dem Moment aus Eigengewicht und Auflast größtenteils entgegengewirkt wird. Um den Korrosionsschutz zu gewährleisten, sind die Litzen eingefettet und

ummantelt. Die ummantelten Monolitzen werden durch ein zusätzliches Kunststoff-Hüllrohr in die genuteten Träger eingelegt. Das Hüllrohr ermöglicht die Auswechslung einzelner Litzen und verhindert zudem ein Verkleben der Monolitzen mit dem Holz während der Blockverklebung der Holzträger. An den Endverankerungen ist jeweils eine Schutzhaube vorgesehen. Die Ankerplatten werden feuerverzinkt. Zwischen Ankerplatte und Holz wird eine 5 mm dicke Isolations Scheibe eingebaut (Hinweis: keine elektrische Isolierung).

## SCHMEES & LÜHN

HOLZ- UND STAHLINGENIEURBAU

**WIR REALISIEREN BRÜCKEN UND INGENIEURBAUWERKE AUS HOLZ UND STAHL!**

**WIR SIND #brueckenbauer.**

**SCHMEES & LÜHN**  
Holz- und Stahlingenieurbau GmbH & Co. KG  
Lathener Str. 1 • 49779 Niederlangen  
www.schmees-luehn.de

70+

Brücken im Jahr

3000+

Fertiggestellte Brücken

75+

Kollegen im Team

30+

Jahre Erfahrung

INDIVIDUELLE BRÜCKEN ONLINE BESTELLEN!

Nutzen Sie unseren Brückenkonfigurator für eine Brücke nach Maß.

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

4.4.5 Verbundwirkung

Die Holzträger und die Überbetonplatte bilden zusammen einen Verbundquerschnitt, der die Kräfte aus dem Oberbau in die Widerlager und in die Mittelabstützung weiterleitet.

Um Zwängungen im Verbundträger zu verhindern, werden die Holzträger bereits vor Fertigstellung der Überbetonplatte vorgespannt. Die Überbetonplatte wird dabei in mehreren Etappen mit Schwindgassen betoniert, damit der Schubverbund nur vorübergehend unterbrochen bleibt.

Mit dem Schließen der Schwindgassen wird der Schubverbund zwischen Träger und Überbeton hergestellt.

4.5 Dauerhaftigkeit und Unterhalt

Bei landschaftspflegerischen Unterhaltarbeiten auf der Wildtierüberführung können Gartenbaufahrzeuge und -geräte eingesetzt werden, denn die Tragkonstruktion wurde auf Nutzlasten eines 16 t schweren Fahrzeugs ausgelegt.

Der Zugang zu den Widerlagergängen erfolgt durch einen Einstiegsschacht und eine Leiter auf der Wildtierüberführung. Der Schacht hat quadratische Abmessungen mit einer Breite von 1,20 m und ist mit einer wasserdichten Abdeckung verschlossen. Jeder Widerlagergang verfügt über einen Einstiegsschacht. Unterhaltgeräte können auch straßenseitig mit einem Hebegerät in den Widerlagergang eingeführt werden.

Die Zustandskontrolle und der Unterhalt der Holzträger erfolgen von der Seite der Verkehrsträger und der Widerlagergänge aus. Je nach untersuchtem Trägerbereich muss eventuell ein Teil der Straße gesperrt und der Verkehr provisorisch umgeleitet werden.

Der Austausch eines Trägers kann bei Beschädigung infolge eines außergewöhnlichen Ereignisses, zum Beispiel einer Explosion, nicht ausgeschlossen werden. Aufgrund des gewählten Tragsystems ist dies mit einem entsprechenden Aufwand realisierbar: lokales Entfernen der Auffüllung, der Abdichtung und des Überbetons, Demontage des beschädigten Holzträgers mit einem Mobilkran.

4.6 Fundationen

Im Projektperimeter besteht der Baugrund aus Lockergesteinsschichten. Die Schichtgrenzen verlaufen ähnlich wie die Terrainoberfläche nahezu horizontal. Die Gründungslasten werden innerhalb der gut tragfähigen kiesig-sandigen Fazies der Emme-Schotter abgegeben.

Die Tieffundationen werden mit verrohrten Großbohrpfählen durchgeführt. Diese ermöglichen hohe Widerstände und stellen ein bewilligungsfähiges Verfahren in Bezug auf den Grundwasserschutz dar.

Die Großbohrpfähle übertragen die Fundationslasten in die kiesig-sandigen Fazies des Emme-Schotters und weisen einen Abstand zwischen Pfahlfuß und Oberkante der Seeablagerung vom dreifachen Pfahldurchmesser auf (Vermeidung der Durchstanzgefahr).

Baugrundverbesserungsmaßnahmen sind aus wirtschaftlichen und gewässerschutzrechtlichen Gründen nicht möglich.

4.7 Beurteilung der Brandeinwirkung

Sollte sich das Tragwerk durch einen Pkw-Brand entzünden, bleiben der Feuerwehr ca. 15–25 min, um den Brand zu löschen bzw. die Brandausbreitung einzudämmen, bevor er zu groß wird. Um die Sicherheit der Feuerwehr zu garantieren, muss die Tragwerksstabilität in dieser Zeit gewährleistet sein. Da die Endverankerungen aus ungeschütztem Stahl bestehen, leiten sie die Wärme in die Holzbauteile und begünstigen so die Verkohlung. Die Verkohlung mindert die Vorspannwirkung, so dass mit einem Verlust der Vorspannwirkung gerechnet werden muss.

Bei einer erfolglosen Intervention ist mit einem stetigen Abbrand der Träger zu rechnen (kein Abklingen des Brands). In diesem unwahrscheinlichen Fall muss von einem Tragwerksversagen ausgegangen werden.

Bauherr

Bundesamt für Strassen ASTRA, Bern, Schweiz

Entwurf

Rothpletz, Lienhard + Cie AG, Bern, Schweiz  
Pini Smart Engineering, Grono, Schweiz  
Pirmin Jung Schweiz AG, Sursee, Schweiz

Tragwerksplanung

Rothpletz, Lienhard + Cie AG, Bern, Schweiz

Prüfingenieur

Jürg Konzett von Konzett Bronzini Partner AG, Chur, Schweiz

5 Schlussfolgerungen

Die beiden Tierüberführungen zeigen, wie sich die ortsspezifischen Zwänge auf die Wahl der geeignetsten Struktur auswirken.

Bei der Wildtierpassage in Mühleberg ist der Baugrund mit dem hochliegenden Molassefels für die Gründung von Bogen-tragwerken gut geeignet.

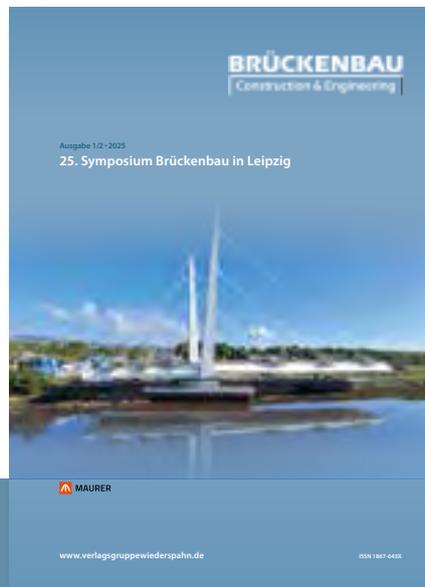
Bogen-tragwerke in Holz verursachen einen geringeren Materialverbrauch als Balken-tragwerke und auf seitliche Stützwände in der Nähe der Fahrbahnen kann verzichtet werden.

Für die Wildtierpassage in Koppigen ist eine Bogenkonstruktion aufgrund der Geologie und der danebenliegenden Kantonsstraße nicht geeignet. In diesem Fall ist die innovative Konstruktion des vorgespannten Holz-Beton-Verbund-trägers die bestmögliche Lösung. Bei beiden Holzbauwerken ist in erster Linie der Witterungsschutz für die Gebrauchstauglichkeit entscheidend. Die großflächige Betonplatte und die darauf angebrachte Abdichtung mit entsprechendem Gefälle zu den Seiten sind bewährte Lösungen zur Abdichtung, die eine lange Dauerhaftigkeit versprechen. Die tragenden Strukturen dieser Wildtierpassagen folgen einem sinnvollen Konzept, das dank des Enthusiasmus der Planer gut ausgearbeitet wurde.

»Stay away from negative people. They have a problem for every solution.«  
(Albert Einstein)

Autoren:

Jean-Marc Waeber  
Bereichsleiter  
Stéphane Cuennet  
Fachspezialist Kunstbauten  
Bundesamt für Strassen ASTRA  
Bern, Schweiz



# Wo werben?

## BRÜCKENBAU Construction & Engineering

... ist diejenige Fachzeitschrift der VERLAGSGRUPPE WIEDERSPAHN, die sich dem Brückenbau widmet.

Dessen gesamtes Spektrum thematisierend, erscheint sie seit 2009 viermal pro Jahr und erreicht national und international bei einer Auflage von 3.500 Exemplaren weit mehr als 5.000 Planer sowohl in den Bauverwaltungen als auch in Baufirmen, Ingenieurbüros und an Hochschulen.

Im Verbund mit der Online-Version, die stets als komplettes Heft verfügbar ist, wird dieser Fachtitel somit je Ausgabe von mindestens 10.000 Verantwortlichen und Entscheidern gelesen.

Lassen Sie sich überzeugen von einer Publikation, die als einzige im deutschsprachigen Raum den Brückenbau in all seinen Facetten beleuchtet – und als Tagungsband zudem die jährlich stattfindenden Symposien »Brückenbau« begleitet.

**Sicher wird auch Ihre Zielgruppe damit von uns erreicht.**

**Informieren Sie sich unter: [www.verlagsgruppewiederspahn.de](http://www.verlagsgruppewiederspahn.de). Dort finden Sie die Mediadaten.**

VERLAGSGRUPPE  
WIEDERSPAHN  
mit MixedMedia Konzepts

Biebricher Allee 11 b | 65187 Wiesbaden | Tel.: +49/611/98 12 920 | Fax: +49/611/80 12 52  
kontakt@verlagsgruppewiederspahn.de  
[www.verlagsgruppewiederspahn.de](http://www.verlagsgruppewiederspahn.de) | [www.mixedmedia-konzepts.de](http://www.mixedmedia-konzepts.de) | [www.symposium-brueckenbau.de](http://www.symposium-brueckenbau.de)

## Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt »Concreting under Traffic« Herausforderungen beim Betonieren unter Verkehr

■ ■ ■ von Alois Vorwagner, Michael Kleiser, Christian Gasser

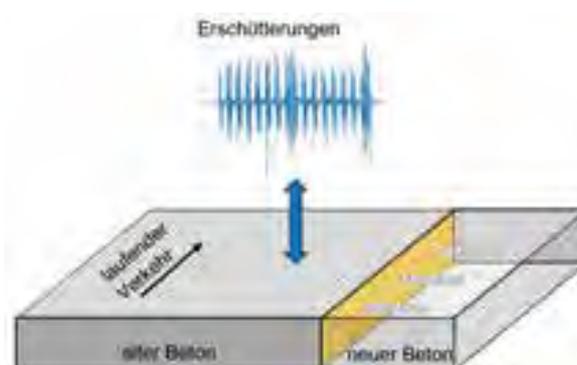
Die Forderung nach Bauen im Bestand unter rollendem Rad bei voller Aufrechterhaltung des Verkehrs führt immer wieder zu der Frage, wie sich Erschütterungen aus Verkehrseinwirkungen auf den Erhärtungsverlauf von Stahlbeton auswirken. Viele dieser Fragen sind noch weitgehend ungeklärt, so streuen die Grenzwertangaben in der Literatur sehr stark. Auf der Einwirkungsseite wurde auf Initiative der ASFiNAG die Schwingungsanfälligkeit von Brücken bereits umfassend untersucht, die Frage nach Grenzwerten und Schädigungsgrößen auf der Widerstandsseite war jedoch noch offen. Aus diesem Grund wurden im Projekt »Concreting under Traffic (COUNT)« die Auswirkungen von Verkehrserschütterungen auf jungen Beton detailliert untersucht. Ziel war es, anhand von Versuchsreihen Schädigungsgrößen und eventuell auch Schwingungsgrenzwerte zu ermitteln. Die Proben unterschiedlicher Größe wurden sowohl mit künstlichen harmonischen Schwingungen als auch mit real simulierten Brückenschwingungen aus Zug-, Lkw- und Pkw-Verkehr in der kritischen Phase belastet. Untersucht wurden die Auswirkungen auf den Werkstoff Beton selbst, auf das Verbundverhalten zwischen Beton und Bewehrung sowie auf den Verbund zwischen bestehenden und neuen Betonbauteilen.

### 1 Einleitung

Ein wesentlicher Bestandteil für das klimaschonende Betreiben von verkehrlichen Infrastrukturen ist die Notwendigkeit, die bestehende Bausubstanz so lange wie möglich zu erhalten und zu nutzen sowie auf Ersatzneubauten weitgehend zu verzichten. Notwendige bauliche Maßnahmen an bestehenden Bauwerken, wie Instandsetzungen, Tragwerksertüchtigungen und -erweiterungen, dürfen jedoch den laufenden Verkehr nicht beeinträchtigen, da Staus und Verkehrsverlagerungen zusätzliche CO<sub>2</sub>-Emissionen verursachen, die vermieden werden müssen.

Die Anforderung des Bauens im Bestand unter voller Aufrechterhaltung des Verkehrs führt daher immer wieder zu der Frage, wie sich Erschütterungen durch Verkehrseinwirkungen auf den Erhärtungsprozess von Beton und die Verbundeigenschaften des Bewehrungsstahls auswirken. Dies betrifft zum Beispiel Erneuerungen von Brückenrandbereichen wie Kragarme und Randkappen, Verbreiterungen von Tragwerken für weitere Fahrstreifen zur Kapazitätserweiterung, aber gelegentlich auch komplette Neuerrichtungen von Stahlbetontragwerken in halbseitiger Bauweise ohne Trennfugen (Bild 1).

Um eine Abschätzung des Schädigungsrisikos treffen zu können, hat sich die Gegenüberstellung der vorhandenen verkehrsinduzierten Schwinggeschwindigkeiten mit den in experimentellen Untersuchungen ermittelten zulässigen Schwinggeschwindigkeiten von 10–20 mm/s in einem entsprechenden kritischen Zeitfenster von ca. 2–12 h der Erhärtungsphase etabliert [1][2][3][4][5][6]. Dabei ist anzumerken, dass die Vorschläge für diese Grenzwerte in der Literatur eine große Bandbreite sowie erhebliche Streuungen aufweisen. Für die Ermittlung der dynamischen Einwirkungen sind oft aufwendige Schwingungsmessungen im Voraus wie in [4] notwendig, um die entsprechenden Vorkkehrungen rechtzeitig vor Beginn der Baumaßnahmen einzuplanen. Um eine vereinfachte, allgemein anzuwendende Vorgehensweise bei der Vielzahl der aktuellen und zukünftigen Baumaßnahmen im Bestand zu erreichen, hat die ASFiNAG in einem ersten Schritt ein vereinfachtes Prognosemodell der erwartbaren verkehrsinduzierten Schwinggeschwindigkeiten auf Basis einer detaillierten Parameterstudie durchgeführt [9]. Darin wurde der Einfluss der unterschiedlichen Tragwerkssysteme wie Balken- und Plattenbalkenbrücken in Abhängigkeit von der Brückenlänge, den zulässigen Fahrgeschwindigkeiten, den Ebenheitsbedingungen der Fahrbahnoberfläche und der Entfernung der Erschütterung zum betonierten Bauteil untersucht und in einer einfachen Abschätzformel dargestellt; weitere Details dazu sind in [9] zu finden.



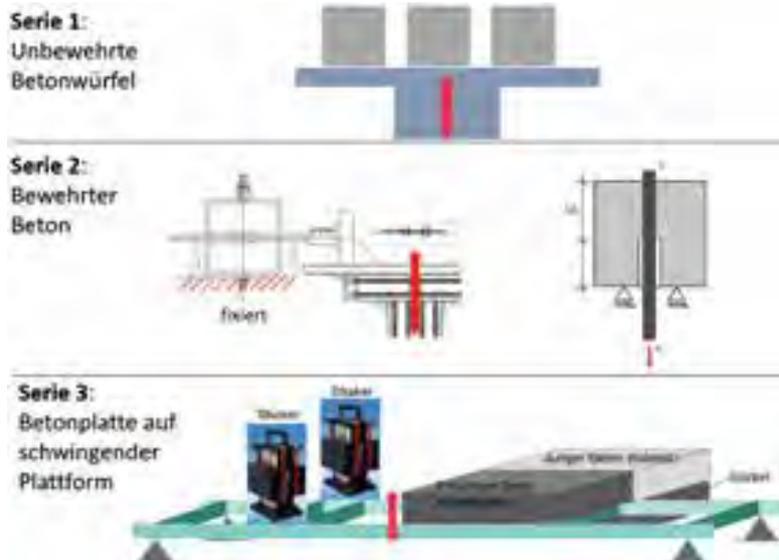
1 Darstellung des generellen Problems: junger Beton in Kontakt zum schwingenden bestehenden Bauteil © Aus [7]

In einem darauffolgenden Schritt wurde in einem nächsten Forschungsprojekt nun die Widerstandsseite betrachtet, die die angegebenen Grenzwertermittlungen hinterfragt. Ziel des Projekts COUNT war es, den Einfluss von Schwingungen auf jungen Beton umfassend und realistisch zu untersuchen. Ein breites Spektrum harmonischer Schwingungen sowie verkehrsbedingter Erschütterungen mit unterschiedlichen Intensitäten und Frequenzen wurde angewendet und mit Schwingungserregern künstlich kontrolliert aufgebracht. Später wurden an den erhärteten Prüfkörpern sowie an Referenzkörpern eine Reihe von Materialparametern bestimmt: Druckfestigkeit, Zugfestigkeit, Elastizitätsmodul, Massendichte. Laboruntersuchungen wurden durchgeführt, um Fehler, Risse und Veränderungen im Gefüge festzustellen. Der Verbund zwischen Beton und Bewehrung wurde mit Hilfe von Ausziehversuchen und Biegeversuchen untersucht.

**2 Testprogramm**

**2.1 Allgemeines**

Um die Ursachen und Mechanismen von Schäden zu untersuchen, wurde ein aus drei Serien bestehendes Prüfprogramm erstellt, das in Bild 2 übersichtlich zusammengefasst ist. Bei den meisten Versuchen wurde die Betonsorte B3, eine in Österreich geläufige Bezeichnung, verwendet, die üblicherweise im Brückenbau eingesetzt wird. Sie entspricht C30/37 mit CEM II/B-M (S-L) 42,5N. Für die künstliche Schwingungsanregung wurden sowohl harmonische Signale als auch reale Brückenschwingungen infolge der Überfahrt von Fahrzeugen (transiente Signale) verwendet. Die Schwingungen selbst wurden mit Shakern und einem Mobile Seismic Simulator erzeugt und kontrolliert aufgebracht. Die Gesamtdauer der Anregung betrug für alle Signaltypen in der Regel 15 h, wobei die Anregung selbst in Sequenzen erfolgte.



2 Die drei Serien des Versuchsprogramms © Austrian Institute of Technology

**2.2 Serie 1: Unbewehrte Betonprobekörper**

Die Kleinprobekörper aus Beton wurden durch einen Vibrationsgenerator angeregt. Ziel dieser Serie war es, die grundsätzlichen Auswirkungen der Schwingungen auf den reinen Betonkörper in der Erstarrungsphase zu untersuchen. Dazu wurden Kleinproben aus unbewehrtem Beton (150-mm-Würfel sowie Prismen) erzeugt und mit unterschiedlichen Signalen und Amplituden durch einen Schwingungsgenerator während der ersten Stunden der Erhärtung angeregt. Intention war es, die Auswirkungen von Schwingungen auf den Baustoff Beton an sich zu untersuchen. Denkbare Schädigungen waren hierbei insbesondere Risse und Entmischung der Bestandteile.

**2.3 Serie 2: Stahlbetonwürfel und Ausziehversuche**

In dieser Serie wurden Betonproben untersucht, in die ein Bewehrungsstab eingebracht wurde (Bild 3). Während die Probekörper fixiert waren, wurde der Bewehrungsstab bewegt. Mit ebenjenem Aufbau wurde ein Szenario nachgebildet, bei dem ein frisch gegossenes Bauteil auf einem Gerüst ruht, das über Bewehrungsstäbe mit einer schwingenden bestehenden Brücke verbunden ist.



3 Betonproben eingespannt, Erschütterungsanregung des Bewehrungsstabs © Austrian Institute of Technology

Die Auswirkungen der während der Erstarrung aufgetragenen Bewegungen wurden später durch Ausziehtests am 28 d alten Beton ermittelt. Der Beton-Stahl-Verbund wurde untersucht, indem der Bewehrungsstab aus dem Betonkörper entsprechend einem RILEM-Test herausgezogen wurde, wobei die aufgetragene Zugkraft und der Schlupf der Bewehrungsstäbe am gegenüberliegenden Ende gemessen wurden. Bild 4 zeigt das Prinzip der Ausziehversuche und ein typisches Ergebnisdiagramm. Bei den vorangegangenen Erschütterungsanregungen waren für jede Art und Intensität des Erschütterungssignals jeweils vier bewehrte Probekörper auf dem Vibrationstisch und zwei weitere daneben als Referenz auf dem Boden ruhend platziert worden. Damit stand für jede Anregungsart eine repräsentative Anzahl von Probekörpern plus zwei Referenzprobekörper zur Verfügung. Das Diagramm in Bild 4 zeigt deutlich, dass die vier zuvor angeregten Probekörper V1–V4 eine deutlich geringere maximale Auszugskraft erreichten als die beiden Referenzprobekörper REF, hier als gestrichelte Linie dargestellt.

**2.4 Serie 3: Kontakt zwischen erhärteten und jungen Betonplatten**

Bei Versuchsserie 3 wurde eine bereits ausgehärtete Betonplatte auf eine schwingfähige Stahlplattform gelegt, die durch zwei Shaker harmonisch angeregt wurde. Dadurch sollten Brückenüberfahrten simuliert werden. Eine weitere Platte aus frischem Beton wurde daneben auf einem unbeweglichen Sockel hergestellt und sollte die neuen Brückenanschlussbauteile simulieren (Bild 5).

Die beiden Betonteile standen in direktem Kontakt miteinander und waren zusätzlich durch Bewehrungsstäbe verbunden. Die darunter angeordnete Schalung war aber nicht durchgehend, sondern hatte einen Spalt zwischen dem alten und dem neuen Betonteil. Auf der gegenüberliegenden Seite der neuen Platte wurde eine »ruhende« Arbeitsfuge gefertigt, sie diente zur Entnahme von Referenzproben für die späteren Laboruntersuchungen.

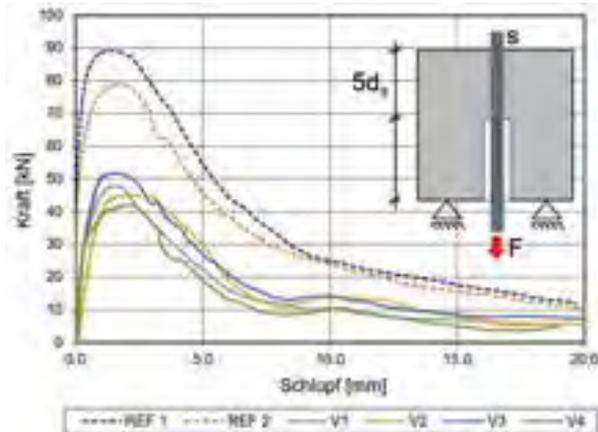
Ziel dieser Versuchsreihe war es, die Auswirkungen starker Erschütterungen bzw. Bewegungen auf den Verbund zwischen den beiden Betonplatten sowie den Verbund zwischen den Bewehrungsstäben und dem neu gegossenen Beton zu ermitteln. Verbundstörungen wurden später anhand von Rissmessungen und Biegeversuchen an Balken analysiert, die am Übergang zwischen der alten und

der neuen Platte herausgeschnitten wurden. Außerdem wurden Permeabilitätstests durchgeführt, um festzustellen, ob die Dauerhaftigkeit beeinträchtigt war.

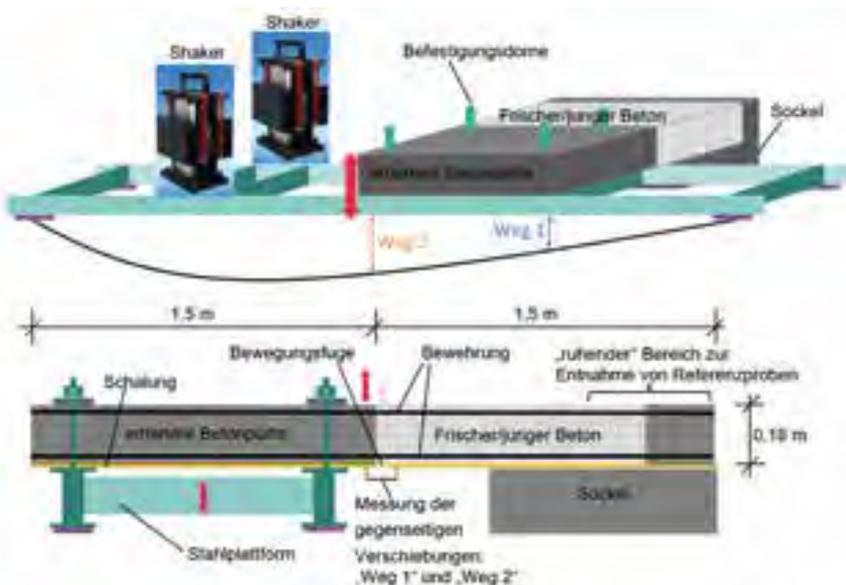
Die Schwingungsanregung wurde über 15 h aufrechterhalten. Um eine ausreichend große Schwingungsamplitude zu erreichen, musste das System Stahlplattform-Betonplatte in Resonanz versetzt werden. Die Resonanzfrequenz betrug 11,50 Hz.

Die so entstandenen »Gesamtplatten« wurden einige Tage später, nachdem sie eine ausreichende Festigkeit erreicht hatten, von der Stahlplattform gehoben und im Freien gelagert. Die Testbalken wurden einige Wochen nach der Schwingungsanregung aus den Platten herausgeschnitten.

Bild 6 zeigt einen Blick auf die Schwingungsversuche der Serie 3. Links ist die Stahlplattform zu sehen, auf der einer der beiden Schwingerreger und die ausgehärtete Betonplatte befestigt sind. Unmittelbar neben dieser Platte wurde kurz vor Beginn der Schwingungsanregung eine Frischbetonplatte betoniert.



4 Ausziehversuche zur Bestimmung des Beton-Bewehrungs-Verbunds: Versuchsaufbau und typisches Ergebnisdiagramm © Aus [7]

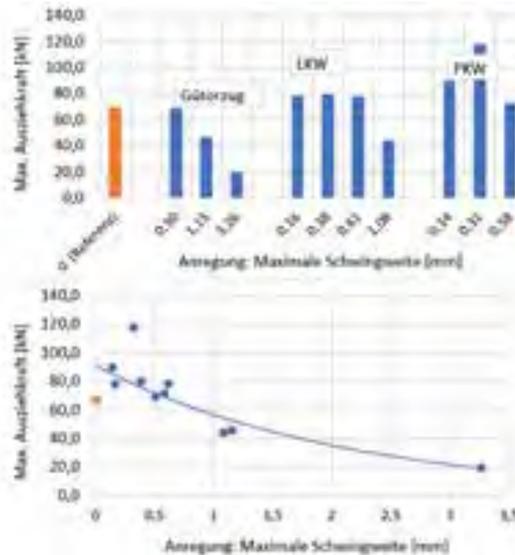


5 Versuchsanordnung bei Schwingungsanregung von Serie 3 © Aus [8]



6 Blick auf die Schwingungsexperimente der Serie 3 © Austrian Institute of Technology

Bei den Versuchen mit der stärksten Schwingungsintensität betrug die Differenzverschiebung zwischen alter und neuer Platte direkt nach dem Betoniervorgang ca. 2 mm. Die Differenzverschiebung (Schwingweite) wurde an der Unterseite der Schalungsplatten an der Bewegungsfuge gemessen. Nach einigen Stunden verringerte sie sich rasch, da die Viskosität des jungen Betons zunahm. Diese Abnahme der gemessenen Differenzverschiebungen zwischen zwei Betonplatten, die mit der Zeit »zusammenwachsen«, ist natürlich und wird auch auf einer realen Baustelle auftreten. Da jedoch die maximal erreichbare Schwingweite im Experiment auf Resonanz beruhte, was bei einer realen Brücke weit weniger der Fall ist, könnte die Schwingungsabnahme früher und schneller eingetreten sein, als dies in einer realen Situation der Fall wäre. In dieser Hinsicht lag das Experiment also nicht »auf der sicheren Seite«, das heißt, die daraus resultierenden Schäden waren womöglich weniger ausgeprägt als in einer vergleichbaren realen Situation. Andererseits führte die Lücke in der Schalung dazu, dass im Bereich zwischen altem und neuem Beton deutliche Differenzverschiebungen auftraten. Dies kann als »Worst-Case-Szenario« angesehen werden. Bei realen Brückenverbreiterungsprojekten wird die Schalung für den neuen Beton oft an der vorhandenen Fahrbahn befestigt. Wenn zum Beispiel zwei bestehende Fahrbahnen durch eine Schwindfuge verbunden werden sollen, erfolgt der Einbau des neuen Betons oft auf einer durchgehenden Schalung, die kaum sprunghafte Verschiebungsdifferenzen zulässt.



7 Maximal erreichte Ausziehkraft in Abhängigkeit der zuvor aufgetragenen maximalen Verschiebung: Peak-to-Peak-Amplitude des Schwingwegs © Aus [7]

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Serie 1: Unbewehrte Betonprobekörper

In Versuchsreihe 1 wurden kleine Proben aus unbewehrtem Beton während der Erstarrung systematisch durch künstliche Schwingungen angeregt. An den Proben wurden nach 28 d Prüfungen der Druckfestigkeit, der Spaltzugfestigkeit, der Rohdichte und des Elastizitätsmoduls durchgeführt. Außerdem wurden die erschütterten Proben und die Referenzproben auf Risse und mögliche Entmischungen untersucht. Es wurde kein Hinweis darauf gefunden, dass herkömmliche Verkehrsschwingungen die Betoneigenschaften signifikant beeinträchtigen, vorausgesetzt, die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung ist gut proportioniert – wie es beim Beton B3 der Fall ist. Diese Aussage gilt jedoch nicht für Sonderbetone, Einzelheiten können [7] und [8] entnommen werden.

#### 3.2 Serie 2: Stahlbetonwürfel und Ausziehversuche

Zu Beginn des Forschungsprojekts war unklar, ob die Schwinggeschwindigkeit oder der Schwingweg als Maß für die Erschütterung besser geeignet ist. Eine wichtige Erkenntnis war schließlich, dass der Schwingweg bzw. die differentiellen Verschiebungen die ausschlaggebende Größe für eventuelle Schäden sind. Aus diesem Grund sind die Ergebnisse der Ausziehversuche in Bild 7 in Abhängigkeit der zuvor aufgetragenen Verschiebungen aufgetragen. Die Verschiebungen wurden sinnvollerweise in Form von Schwingweiten (peak to peak) angegeben. Dargestellt sind jeweils die gemittelten Ergebnisse von zumindest vier Probekörpern.

Es ist deutlich zu erkennen, dass jene Proben, die während der Erstarrung sehr großen differentiellen Verschiebungen ausgesetzt waren, eine reduzierte Verbundfestigkeit aufweisen. Überdies sehr interessant ist die Beobachtung, dass Erschütterungen sehr kleiner Intensität den Verbund offenbar verbesserten. Jedenfalls wurde im Mittel bei allen Probekörpern, die einer Schwingweite  $\leq 1$  mm ausgesetzt waren, unabhängig von der Anregungsart eine höhere Ausziehkraft erreicht als bei den Referenzkörpern (orange). Dieses Verhalten weist auf einen dynamischen Nachverdichtungseffekt hin.

Umgekehrt verhält es sich bei den nachteiligen Effekten bei zu großen Bewegungen. Nach den aus den Versuchen gewonnenen Erkenntnissen gehen wir davon aus, dass die Ursachen für das im Forschungsprojekt untersuchte Problem der Schädigung von jungem (Stahl-)Beton unter Verkehrsschwingungen wahrscheinlich nicht »dynamischer Natur« im Sinne von Massenträgheit sind, sondern dass Schäden grundsätzlich durch Differenzverschiebungen beim Erhärten des Betons verursacht werden können. Es handelt sich also eher um ein kinematisches Problem. Die Ergebnisse von Serie 2 deuten darauf hin, dass eine Verschlechterung des Verbunds bei Schwingweiten  $\geq 1$  mm zu erwarten ist.

Situation 1	Situation 2	Situation 3
Herkömmlicher Tragwerksbeton ohne Kontakt zu Bewehrung oder bestehenden Bauteilen – Serie 1	Getrennte Schalungen; Bewegungsfuge unter dem Übergang alter/neuer Beton: abrupte differentielle Bewegungen, »Sprung in der Biegelinie« – Serie 2 und Serie 3	Durchgehende Schalung am Übergang von altem zu neuem Bauteil – Serie 3
Schadigungsgröße: Es wurde kein schädigender Einfluss aus simulierten Verkehrsschwingungen auf die Betonfestigkeit bei herkömmlichen Betonen festgestellt.	Schadigungsgröße: Begrenzung der differentiellen Verschiebung sowohl für Verbund als auch für Anschlussfuge. Die »Situation 2« sollte weitgehend vermieden werden.	Schadigungsgröße: Begrenzung der Verkrümmung, wobei in [2] und [3] Richtwerte angegeben sind.

8 Situationen und Einflüsse für verkehrsbedingte Erschütterungen und Bewegungen: Einwirkungen auf jungen Beton © Aus [8]

3.3 Serie 3: Kontakt zwischen alten und neuen Betonplatten

Bei den beiden am stärksten angeregten Platten wurde bereits einen Tag nach dem Betonieren ein Riss oberhalb der Bewegungsfuge festgestellt. Dieser Riss verlief parallel zur Schnittstelle zwischen dem »neuen Beton« und der vorgefertigten Platte und erstreckte sich über den vollen Querschnitt. Auf der gegenüberliegenden Seite der Platte, die keinen Differenzbewegungen ausgesetzt war (Referenzbereich), wurden dagegen keine Risse beobachtet. Die Rissbreiten wurden mit einem Rissbreitenlineal gemessen, wobei sich herausstellte, dass bei Versuchen mit Schwingungen, die eine Differenzverschiebung von ca. 1 mm bewirkten, Risse mit einer Breite  $\leq 0,30$  mm entstehen konnten. Im Unterschied dazu wie zu den Ergebnissen der Serie 2 ließ sich in den Balkenbiegeversuchen kein grundsätzlich schlechteres Verhalten der zuvor »bewegten« Probekörper feststellen. Obwohl diese Balken einen durchgehenden Riss ungefähr in ihrer Mitte aufwiesen, trat Versagen nicht bei geringerer Belastung ein als bei den Referenzbalken. Ebenso ergaben die Tests zur Karbonatisierung und Chlorideindringung, dass der Beton in dem Bereich, der den Vibrationen ausgesetzt war, nicht schlechter abschnitt als jener im ruhenden Referenzabschnitt. Dies gilt nur für Proben aus Bereichen, die nahe an den Differenzbewegungen lagen, allerdings natürlich nicht für Proben, die direkt von Rissen betroffen waren. Die detaillierten Ergebnisse der Serie 3 können [8] entnommen werden.

4 Diskussion der Erkenntnisse

Eine wesentliche Erkenntnis aus den drei Versuchsserien war, dass es sich beim Problem »Betonieren unter Verkehr« auf Widerstandseite mehr um ein kinematisches als um ein dynamisches Problem handelt. Damit ist insbesondere gemeint, dass differentielle Verschiebungen bei jungem Beton zu späteren Verbundstörungen führen können, wohingegen sich die untersuchten Proben bemerkenswert stabil gegenüber Effekten der Massenträgheit gezeigt haben. Daher ist es sinnvoll und notwendig, bei der Formulierung von Praxisempfehlungen nicht nur die dynamischen Effekte von Fahrzeugüberfahrten über Brücken zu berücksichtigen, sondern auch die tatsächlichen Verschiebungen (Durchbiegungen) im Anschlussbereich. Die Überfahrt eines Fahrzeugs über eine Brücke bewirkt (quasi)statische Durchbiegungen der Brückenfelder, die an der aktuellen Position des Fahrzeugs am größten sind. Darüber hinaus entstehen auch dynamische Schwingungen, verursacht durch verschiedene Unregelmäßigkeiten der Aufstandsfläche und der Trägheitskräfte, welche die statische Durchbiegung überlagern. Diese dynamische Vergrößerung ist in aller Regel kleiner als die statische Durchbiegung und wird üblicherweise mit Schwingbeiwerten berücksichtigt. Weiterhin gilt es zu bedenken, dass die bei Serie 3 (und auch bei Serie 2) von COUNT herangezogene Versuchsanordnung wegen der Bewegungsfuge ein Worst-Case-Szenario darstellte. Das Ausbetonieren von Schwindfugen etc. erfolgt in der Praxis zumeist auf Schalungen, die vom bestehenden Tragwerk auskragen und die Fugen überbrücken und somit sprunghafte differentielle Verschiebungen unterbinden.

Untersuchungen zum Einfluss von Verkehrserschütterungen auf jungen Beton, der auf einer durchgehenden Schalung eingebaut wurde, also zu einer Situation, die keine sprunghaften differentiellen Verschiebungen zulässt, sind weltweit äußerst rar, konnten aber in [2] und [3] gefunden werden. Die darin beschriebenen Experimente und Ergebnisse sollten daher ergänzend für weitere Betrachtungen einbezogen werden. Eine Rissbreite von 0,30 mm wurde in [3] erstmals bei einer Krümmung von  $45 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$  beobachtet. In Bild 8 sind die Situationen nochmals für herkömmliche Tragwerksbetone zusammengefasst.

5 Zusammenfassung

Beim Betonieren unter rollendem Rad treten dynamische Effekte auf, die sowohl auf der Einwirkungs- als auch auf der Widerstandsseite zu berücksichtigen sind. Beim Betonieren von Brücken und Viadukten unter Verkehr ist der junge Beton Bewegungen ausgesetzt, welche den Erhärtungsprozess und das Verbundverhalten beeinflussen. Eine wichtige Erkenntnis war, dass das »Betonieren unter Verkehr« auf der Widerstandsseite eher ein kinematisches als ein dynamisches Problem ist. Dies bedeutet insbesondere, dass differentielle Verschiebungen in jungem Beton zu späterem Verbundversagen führen können, während sich die untersuchten Proben als bemerkenswert stabil gegenüber Massenträgheitseffekten erwiesen. Festigkeit und Steifigkeit von unbewehrtem Beton wurden im Allgemeinen nicht durch Schwingungen beeinträchtigt, die durch normale Verkehrsbedingungen verursacht werden. Diese Erkenntnisse beziehen sich auf »normale« Tragwerksbetone mit stabilem Korngerüst und ohne Kontakt zu anderen Bauteilen.

Die Versuche mit bewehrten Betonproben haben jedoch gezeigt, dass Bewegungen größerer Schwingungsintensitäten den Verbund zwischen Beton und Bewehrung beeinträchtigen. Die Analyse von Proben, die unterschiedlichen Schwingungsintensitäten ausgesetzt waren, deutet darauf hin, dass größere differentielle Bewegungen während der Erstarungsphase die Fähigkeit des Betons, die Bewehrungsstäbe zu umschließen, verringern. Der Schädigungsmechanismus ist also eher kinematischer Natur. Daraus folgt, dass die differentiellen Verschiebungen der geeignete Parameter sind, um die Auswirkungen von verkehrsbedingten Bewegungen auf jungen Beton zu bewerten.

Großmaßstäbliche Versuche, bei denen der junge Beton mit einem bestehenden Bauteil in Kontakt stand, haben gezeigt, dass eine Schwingweite von 1 mm auch zu Rissen  $\geq 0,30$  mm führen kann. Bei den Biegeversuchen schnitten die »bewegten« Balken jedoch nicht schlechter ab als die Referenzbalken. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass die Schwächung des Verbunds nur in einem relativ engen Bereich in der Nähe der Fuge auftrat entlang derer die Verschiebungen stattfanden.

Außerdem ist zu bedenken, dass die verwendete Schalungsanordnung ein Worst-Case-Szenario darstellt und in der Praxis weitgehend vermieden werden sollte. In vielen realen Situationen wird eine durchgehende Schalung unter der Übergangszone installiert, welche auch anzustreben ist. Aus diesem Grunde sollten künftig auch besser die Verkrümmung und die Verformung als Grenzwert herangezogen werden.

## 6 Danksagung

Das Forschungsprojekt »Concreting under Traffic (COUNT)« wurde vom Austrian Institute of Technologie AIT und von der Smart Minerals GmbH durchgeführt sowie finanziell und inhaltlich unterstützt vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG), von ASFINAG, ÖBB Infrastruktur AG, Stadt Wien (MA 29), Porr, Strabag, Habau, Doka, KMP-ZT GmbH, IBBS-ZT GmbH und Mayer Ingenieurleistungen ZT.

### Autoren:

**Dipl.-Ing. Dr. Alois Vorwagner**  
AIT Austrian Institute of Technology GmbH,  
Wien, Österreich  
**Dipl.-Ing. Dr. Michael Kleiser**  
ASFINAG Bau Management GmbH,  
Wien, Österreich  
**Dipl.-Ing. Dr. Christian Gasser**  
AIT Austrian Institute of Technology GmbH,  
Wien, Österreich

### Literatur

- [1] Manning, D. G.: Effects of traffic-induced vibrations on bridge-deck repairs; in: National Cooperative Highway Research Program. Synthesis of Highway Practice 86. Washington, 1981.
- [2] Kwan, A. K. H.; Ng, P. L.: Effects of traffic vibration on curing concrete stitch. Part I, test method and control program; in: Engineering Structures 29, 2007, H. 11, S. 2871–2880.
- [3] Ng, P. L.; Kwan, A. K. H.: Effects of traffic vibration on curing concrete stitch. Part II, cracking, debonding and strength reduction; in: Engineering Structures 29, 2007, H. 11, S. 2881–2892.
- [4] Krohn, S.; Schrick, M.; Maurer, R.: Betonieren unter Verkehr. Einfluss von Erschütterungen auf die Betonerhärtung; in: Beton- und Stahlbetonbau 116, 2011, H. 2, S. 89–100.
- [5] Bonzel, J.; Schmidt, M.: Einfluss von Erschütterungen auf frischen und auf jungen Beton. Beton-technischer Bericht, S. 80–81. Düsseldorf, 1980.
- [6] SBB AG: Erschütterungen von jungem Beton bei Neubauten und Instandsetzungen. Empfehlungen für Beurteilungen, Vermeidung und Massnahmen. Internes Dokument, 2016.
- [7] Gasser, C.; Vorwagner, A.; Manninger, T.; Klackl, S.; Krispel, S.; Stadler, C.; Kleiser, M.: Auswirkungen von Verkehrserschütterungen auf jungen Beton. Teil 1; in: Beton- und Stahlbetonbau 119, S. 20–30. <https://doi.org/10.1002/best.202300073>
- [8] Gasser, C.; Vorwagner, A.; Manninger, T.; Klackl, S.; Krispel, S.; Stadler, C.; Kleiser, M.: Auswirkungen von Verkehrserschütterungen auf jungen Beton. Teil 2; in: Beton- und Stahlbetonbau 119, Online-Veröffentlichung, 21.10.2024.
- [9] Ralbovsky, M.; Vorwagner, A.; Kleiser, M.; Kozakow, T.: Abschätzung von verkehrsinduzierten Schwingungen von Straßenbrücken vor Betonierarbeiten; in: Beton- und Stahlbetonbau 115, 2020, S. 438–447.

## BRÜCKEN LÄNGER LEBEN LASSEN

Brücken auf der ganzen Welt ächzen unter der Last von immer mehr und immer schwereren Lkw. So altern die ohnehin in die Jahre gekommenen Bauwerke noch schneller. Die Zustandsüberwachung per Structural Health Monitoring ist ein wirksames Mittel, um die Nutzungsdauer von Brücken zu maximieren – sowohl bei Neubauten als auch im Bestand.

[www.kistler.com/bridges](http://www.kistler.com/bridges)

**KISTLER**  
measure. analyze. innovate.

## Hochwertige Spezialelemente von Maurer Neue Rheinbrücke in Leverkusen

Seit Februar 2024 ist die erste Schrägseilbrücke des Ersatzneubaus der Leverkusener Rheinquerung in Betrieb und trägt den gesamten Verkehr mit 150.000 Kfz/d. Sie hat zwei markante A-Pylone und verfügt über eine Länge von 1.068,50 m. Die Breite von über 33 m wird derzeit für je drei eingeebte Fahrspuren in Richtung Koblenz und in Richtung Dortmund genutzt, wird aber künftig vier Fahrspuren, zwei Auf- und Abfahrspuren plus Standstreifen und einen 3,25 m breiten Radweg aufweisen. 2025 soll die Errichtung der zweiten, parallel angeordneten Teilbrücke erfolgen, deren Fertigstellung für 2027 geplant ist.



Erste Schrägseilstruktur über den Rhein  
© Maurer SE



Installation der Lager  
© Maurer SE



Systemdarstellung eines Lagers  
© Maurer SE

Die ebenfalls von Maurer gelieferten drei Übergangskonstruktionen (Ükos) sind schon aufgrund ihrer Länge außerordentlich: Die größte ist 36,30 m lang und hat sieben Profile sowie zwei Randprofile. Ihre Anordnung erfolgt in Achse 10 am Anfang der Stromquerung, an deren Ende und dem der Vorlandbrücke befinden sich die beiden weiteren Ükos. In allen drei Fällen handelt es sich um sogenannte Schwenktraversen-Übergangskonstruktionen. Ihre Besonderheit ist, dass sie Bewegungen in alle Richtungen zulassen: Verschiebungen quer, längs und vertikal zur Fahrtrichtung sowie jegliche Verdrehungen. Und sie sind geräuschgemindert, das heißt, oben aufgeschweißte, speziell profilierte Rauten reduzieren den Geräuschpegel um 30–50 %.

[www.maurer.eu](http://www.maurer.eu)

Die beiden neuen, getrennten Brückenbauwerke bestehen jeweils aus einer Strom- und einer linksrheinischen Vorlandbrücke. Sowohl die Stromquerung mit einem Stahlüberbau als auch der Vorlandbereich in einer Betonhohlkastenvariante werden über moderne Brückenlager mit Sonderfunktionen verfügen. So lieferte bzw. liefert Maurer für beide Teilstrukturen jeweils 44 MSM®-Kalottenlager.

Die Strombrücke überträgt auf diese Lager unterhalb des Pylons eine enorme Auflast von ca. 100.000 kN. Und hier bewährt sich erneut der patentierte Gleitwerkstoff MSM®, da er eine weitaus höhere Lebensdauer und eine doppelte Druckbeständigkeit bietet. Das führt im Übrigen dazu, dass die Lager auch kleiner ausgebildet werden können.

Ein Teil von ihnen wird in Leverkusen durch eine spezielle Bauweise in horizontaler Richtung temporär festgehalten und nach Bedarf kontrolliert und allmählich entspannt bzw. gelöst. Das erhöht die Arbeitssicherheit im Bauablauf und schützt die angrenzenden Bauteile gegen unkontrollierte Stoßbelastung.

Die Vorlandbrücken wiederum nutzen ebene temporäre Festhalteeinrichtungen zur Realisierung eines wandelnden Festpunkts, die Strombrücken aktivieren die Festhaltungen beim notwendigen Lagerwechsel.



Übergangskonstruktion im Werk und auf der neuen Brücke  
© Maurer SE



## Umfassendes Monitoringsystem von Kistler Washington Bridge in Providence

Providence ist nicht die einzige Stadt in den USA, die anfällige Infrastrukturen schützen muss – aber eine der wenigen in den USA, die dazu hochmoderne Technologie verwendet: Derzeit wird der nördliche Brückenbogen der Washington Bridge abgerissen, ein neuer ist bereits in Planung. Um den Verkehr dennoch aufrechtzuerhalten, wurde der südliche Brückenbogen um zwei Fahrspuren erweitert. Dessen Tragfähigkeit ist zwar ausreichend, trotzdem überwacht das Verkehrsministerium von Rhode Island seinen Zustand in Echtzeit, um mögliche negative Auswirkungen der zusätzlichen Verkehrslast zu erkennen und sofort reagieren zu können. Eingesetzt wird hier das Structural Health Monitoring (SHM) von Kistler.

Die sensorbasierten SHM-Lösungen von Kistler liefern Echtzeitdaten, so dass sich vorausschauende Analysen durchführen und frühzeitig präventive Instandhaltungsmaßnahmen ergreifen lassen. Dazu gehört auch ein speziell angepasstes Kistler Digital Weigh In Motion (WIM) System, das eine Echtzeitauswertung und Überwachung der genauen Verkehrslast der Brücke gewährleistet. Basierend auf der Einschätzung der Ingenieure, welche Strukturen am ehesten belastet werden und welche Bereiche reparaturbedürftig sind, wird die Hardware für das SHM-System aus Beschleunigungssensoren, Dehnmessstreifen, Temperatursensoren, Neigungsmessern und einer Meteorologiestation auf der Brücke installiert. Das WIM-System umfasst wiederum Lineas Digital Quarzsensoren von Kistler, die direkt unter der



Hochmoderne digitale Plattform zur Überwachung der Verkehrslasten  
© Kistler Instrumente AG



Dynamische Messtechnik mit Datenübertragung in Echtzeit  
© Kistler Instrumente AG

Fahrbahnoberfläche angebracht werden, sowie Ladungsverstärker zur Aufbereitung der elektrischen Signale von den Sensoren. Komplettiert wird dieses System durch Datenlogger zur Verarbeitung der Daten in Echtzeit und LPR-Kameras, die so positioniert sind, dass sie die Lkws in puncto Klassengröße identifizieren und sie anhand ihrer Räder und Achsen auf unzulässige Überladung überprüfen können.

Die SHM- und WIM-Systeme von Kistler sind miteinander verbunden, was den Austausch wichtiger Daten sicherstellt und infolgedessen erlaubt, über ein Gesamtbild des Brückenzustands in Echtzeit zu verfügen – als eine oder die entscheidende Prämisse, damit die Weiternutzung der südlichen Brückenhälfte in keiner Weise gefährdet ist.

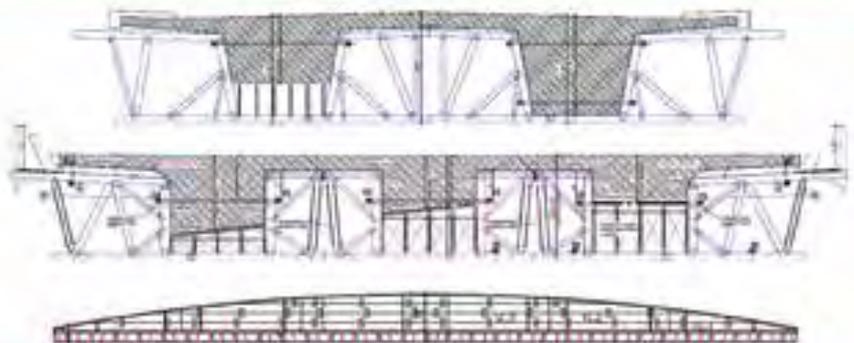
[www.kistler.com](http://www.kistler.com)

Wir liefern bundesweit aus - CNC Zuschnitt mit neuester Technik - Laserüberwachte Binderproduktion



Schalungsträger in Nagelplattenbinderbauweise  
Überhöhungsteisen - Vortrieblehnen - Schalungskämme

0174-9303545 Grenzstraße 2 - 03130 Sellsen  
L.kloppenberg@sk-holzbau.net 177 [www.sk-holzbau.com](http://www.sk-holzbau.com)



## Zukunftsweisende Vermessungslösung von Riegl Lidar™-Technologie auch für BIM-Prozesse

Der österreichische Laserscanner-Hersteller Riegl hat auf der BAU 2025 in München erstmals seine Lidar-Vermessungslösung vorgestellt, also die zahlreichen Vorteile des Einsatzes der Riegl Ultimate Lidar™ Technology im Bereich Hoch- und Ingenieurbau sowie bei der Integration in den digitalen BIM-Prozess. Der unglaublich vielseitige, extrem schnelle Laserscanner von Riegl setzt neue Maßstäbe in der 3-D-Vermessung und adressiert genau die Merkmale, auf die es bei einer konsequenten Realisierung einer BIM-Baustelle ankommt. So geht beispielsweise schon bei der Erfassung der Ausgangsdaten in der Planungsphase kein Detail verloren: Insbesondere bei großen Bauwerken wie Autobahnbrücken oder großen Tiefbauprojekten ist diese Genauigkeit auch auf große Entfernung ein Muss, und zwar selbst dann, wenn für die großflächige Datenerfassung nur eine extrem kurze Zeitspanne zur Verfügung steht. Und es macht einen erheblichen Unterschied, ob ein Scan mit Panoramabild in 30 s oder bei gleichen Parametern in 3 min fertig ist. Bei über 200 Scanpositionen ergibt das eine Zeitersparnis von ca. 5 h. Ein weiterer entscheidender Aspekt ist die Reichweite, wenn große Bauwerke effizient erfasst werden sollen. Mit einer Messreichweite bis 1.000 m bietet der Riegl-Laserscanner hier beste Voraussetzungen, wobei es zu seinem Standardprogramm gehört, ca. 300 Scanpositionen an einem einzigen Arbeitstag hochgenau aufzunehmen. Baustellen sind keine Reinräume, die



Laserscanner für alle Arten von Baustellen  
© Riegl Laser Measurement Systems GmbH



Bestandserfassung bei Brückenbauwerken  
© Riegl Laser Measurement Systems GmbH



Monitoring und Ebenheitsprüfung in Tunneln  
© Riegl Laser Measurement Systems GmbH

Ausrüstung muss daher rauen Einsatzbedingungen mit Staub und Feuchtigkeit standhalten. Der Riegl-Scanner mit Schutzklasse IP64 ist bestens auf solche raue Einsatzumgebungen vorbereitet und liefert sogar unter anspruchsvollsten Bedingungen zuverlässige Messergebnisse. Darüber hinaus wartet er mit einer KI-unterstützten Gesichts- und Kennzeichenerkennung auf, die es erlaubt, Gesichter wie Autokennzeichen in den Fotos zu »verpixeln«, um den notwendigen Datenschutz zu gewährleisten. Die Beschaffung eines Laserscanners ist ohne Frage eine Investition, weshalb ein

solches Gerät möglichst vielseitig zum Einsatz kommen sollte. Ein Riegl bietet deshalb über das allbekannte Scannen von Bauwerken hinaus weitere Optionen, die interessant für einen Einsatz auf der Baustelle sind, wie z. B. Bauwerksmonitoring oder Ebenheitsprüfungen. Definierte Ziele lassen sich dabei über Prismen und Targets überwachen, eine vollflächige Überwachung ist durch einen Vergleich der zu unterschiedlichen Zeitpunkten aufgenommenen Punktwolken ebenfalls realisierbar.

[www.riegl.com](http://www.riegl.com)

## Lesen Sie – wann und wo immer Sie wollen!



Der BRÜCKENBAU stand und steht auch online zur Verfügung.

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

VERLAGSGRUPPE  
WIEDERSPAHN  
mit MixedMedia Konzepts

## Witterungsunabhängiges Reaktionsharz von MC-Bauchemie Brückenabdichtung mit offizieller Listung

Der Anstieg des Kfz- und insbesondere des Schwerverkehrs belastet das Straßennetz erheblich. So muss nach heutigen Erkenntnissen ein nicht geringer Teil der ca. 130.000 Brückenbauwerke in Deutschland kurzfristig erneuert werden. Gleichzeitig wird es immer schwieriger, ausreichende Sperrzeiten für diese Maßnahmen durchzusetzen, so dass möglichst kurze Bauzeiten das Gebot der Stunde sind. Die Abdichtung der Fahrbahntafel von Brücken ist von wesentlicher Bedeutung, um die komplexen Bauwerke dauerhaft vor Oberflächenwasser und Tausalzen zu schützen. Die gebräuchlichste Methode mit langjährigem Erfahrungshintergrund ist gemäß der ZTV-ING Teil 6-1, Brückenbeläge auf Beton mit einer Dichtungsschicht aus einer Polymerbitumen-Schweißbahn herzustellen, wobei die Behandlung der Betonoberfläche mit einem hitzebeständigen Reaktionsharz vor Applikation der Schweißbahn die Abdichtungsqualität signifikant erhöht. Epoxidharze, die hier seit Dekaden erfolgreich zur Anwendung kommen, weisen jedoch lange Aushärtezeiten auf und sind gegenüber hoher Luftfeuchte empfindlich, was die Bauzeitenfenster im Frühjahr und Herbst erheblich verkürzt.



■ *Vorzug der ganzjährigen Verwendbarkeit*  
© MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG

Eine reduzierte Bearbeitungsdauer und die Ausweitung der Ausführungsphasen in kalte und feuchte Jahreszeiten können in dem Zusammenhang also helfen – und lassen sich durch den Einsatz schneller und feuchtigkeitstoleranter Baustoffe auch erreichen. So härtet das Reaktionsharz von MC-Bauchemie, geprüft nach dem neuen Hinweisblatt, unabhängig von Feuchte- und Witterungseinflüssen aus. Im Gegensatz zu gängigen Epoxidharzen ist dieses Spezial-Polyurethan-Harz bereits ab 2 °C und hoher Luftfeuchte anwendbar und damit sogar im Winter. Da es sich zudem durch kurze Reaktions- und Überarbeitungszeiten auszeichnet, sind alle Prämissen erfüllt, um das Aufbringen einer Versiegelung oder Kratzspachtelung und das Aufschweißen der Polymerbitumen-Schweißbahn an nur einem Tag unabhängig von irgendwelchen Witterungsbedingungen realisieren zu können.

Und: Es lässt sich sogar auf fünf Tage alten Beton und Untergründe mit Taupunktproblematik applizieren. Seine Verarbeitung erfolgt wie bei einem konventionellen Epoxidharz, ein Dosieren von Katalysatoren oder anderen Hilfsmitteln ist nicht nötig. Das Produkt von MC-Bauchemie ist seit kurzem als erstes Reaktionsharz in der Zusammenstellung der zertifizierten Stoffe und Stoffsysteme für Betonbrücken der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) gelistet.

[www.mc-bauchemie.de](http://www.mc-bauchemie.de)

Die jeweils aktuelle Ausgabe finden Sie auf unserer Website: [www.verlagsgruppewiederspahn.de](http://www.verlagsgruppewiederspahn.de)

Ältere Hefte, alle weiteren Zeitschriften und sämtliche Tagungsbände sind unter folgendem Link abrufbar:  
[www.issuu.com](http://www.issuu.com)

Die Lektüre via Smartphone, Tablet oder Laptop ist also jederzeit möglich.

**Dieses »digitale« Angebot war und bleibt kostenlos.**

(Sämtliche Texte und Abbildungen sind natürlich urheberrechtlich geschützt.)

**BRÜCKENBAU**  
Construction & Engineering

## Querverschub mit Fahrbahnübergängen dank Maurer Teilbauwerk der Rheinbrücke Duisburg-Neuenkamp

Das erste Teilbauwerk der neuen Rheinbrücke Duisburg-Neuenkamp im Zuge der Autobahn A 40 ist bereits unter Verkehr, aber es wird nicht bleiben, wo es ist: Es ist ein spektakulärer Querverschub geplant, den auch die Fahrbahnübergänge mitmachen müssen.

Letztendlich entsteht eine zehnspurige Schrägseilbrücke mit zwei getrennten Überbauten und angehängten Geh- und Radwegen. Die neue Rheinquerung ist insgesamt 803 m lang, mit einer Hauptspannweite von 428 m über den Rhein. Die acht Pylone in den Überflutungsbecken der Rheinwiesen sind 68 m hoch und tragen jeweils doppelte Schrägseile. Da das Bauwerk am Ende wieder in der Achse der A 40 liegen soll, wurde der südliche Überbau zunächst in Seitenlage erstellt und Ende 2023 eingeweiht.



■ Südlicher Überbau der neuen Rheinquerung  
© Maurer SE

Derzeit wird die alte Brücke zurückgebaut und dann der zweite, nördliche Überbau errichtet. In einem finalen Schritt wird voraussichtlich 2026 die südliche Brücke in ihre endgültige Position um 14,40 m querverschoben, und zwar einschließlich der Pylone.

Dieser Querverschub birgt eine besondere Herausforderung: Da der südliche Überbau bereits unter Verkehr ist, verfügt er auch über voll funktionsfähige Fahrbahnübergänge.

Maurer hat nun spezielle Elemente entwickelt, die sich mitverschieben lassen. Das heißt, die Verankerung der Übergänge erhielt eine Stahlkonstruktion, die vor dem Querverschub gelöst werden kann. Die Übergangskonstruktion (Üko) wurde zudem mit Magerbeton einbetoniert, der vor dem Querverschub entfernt wird. In Endlage wird die Üko dann mit dem üblichen schnellhärtenden Beton eingebaut.

Einen Querverschub von Ükos in dieser Größe hat es noch nie gegeben. Die Herausforderung lag nicht im Dehnweg von 900 mm, sondern in der Geometrie der Ükos, weisen sie doch ein variierendes Quergefälle und eine enorme Länge von 48 m auf.

[www.maurer.eu](http://www.maurer.eu)



■ Einhub eines Fahrbahnübergangs  
© Maurer SE



■ Lösbare Konstruktion: noch offen (links) und bereits eingebunden  
© Maurer SE

## Zielorientierter Digitaler Zwilling von Hexagon Modellierung der Umweltbedingungen



Reale Datenauswertung als Beispiel  
© Hexagon AG

Die hessische Gemeinde Hofbieber arbeitet mit Hexagon zusammen, um einen kommunalen Digitalen Zwilling zu entwickeln, der die Fortschritte der Kommune auf dem Weg zur Klimaneutralität bis 2030 begleitet und überwacht. Dieser Digitale Zwilling nutzt Umweltdaten und 3-D-Simulationen, um die realen Bedingungen nachzubilden, was von den CO<sub>2</sub>-Emissionen über die Wärmeausbreitung bis zu Überschwemmungsrisiken reicht.

Das nur 6.300 Einwohner zählende Hofbieber – es liegt ca. 100 Kilometer nordöstlich von Frankfurt am Main – liefert ein ideales Beispiel, wie sich auch kleinere Städte und Gemeinden effektiv für den Klimaschutz einsetzen können. So sollen hier durch ein modernes Umwelt- und Stadtmanagement, das durch die Modellierungen des Digitalen Zwillings ermöglicht wird, auch andere Effekte erzielt werden, wie nicht zuletzt höhere Immobilienwerte, niedrigere Versicherungsprämien, eine stärkere wirtschaftliche Entwicklung und ein Wachstum im Bereich Tourismus.

Durch das Monitoring der CO<sub>2</sub>-Emissionen mittels Digitalen Zwillings kann Hofbieber seine Fortschritte überwachen und mit anderen Gemeinden vergleichen. Der Digitale Zwilling lässt sich zudem so programmieren, dass in Zukunft Überschwemmungsrisiken, Wärmeinseln, innerörtliche Luftströmungen, Verkehr und vieles mehr simuliert werden.

Andere größere Kommunen, für die Hexagon Digitale Zwillinge erzeugt hat, sind zum Beispiel Klagenfurt und Villach in Österreich und der Kanton Zug in der Schweiz. Aufgrund der mit 87 km<sup>2</sup> relativ kleinen Fläche von Hofbieber konnte Hexagon zum ersten Mal einen Digitalen Zwilling auf Basis von Drohnenflügen anstatt mit herkömmlichen Luftbildaufnahmen erstellen.

[www.hexagon.com](http://www.hexagon.com)

### AKTUELLE SOFTWARE 2025

- Projekt-Controlling
- Bautagebuch
- Projektmanagement
- Flucht- & Rettungspläne
- Honorarabrechnung
- E-Rechnung
- SiGe-Koordination
- Bildverortung
- Brandschutznachweise
- Formularsoftware
- Brandschutzordnung



Weise Software GmbH | Bamberger Straße 4-6 | 01187 Dresden  
Telefon: 03 51/87 32 15-00 | Telefax: 03 51/87 32 15-20 | [info@weise-software.de](mailto:info@weise-software.de)

[www.weise-software.de](http://www.weise-software.de)



## Recycling-Forschung an der Technischen Universität Berlin Neue Materialrezeptur für Gleistragplatten

Sie unterhalten sich über Mischungen, Mischungsverhältnisse und Zusatzstoffe und es klingt, als seien Lasse Hansen und Jonathan Gerstel in einer Küche und reden über die Zutaten für ein neues Gericht. Aber die Ingenieure stehen im Technikum, einer riesigen Versuchshalle der Technischen Universität (TU) Berlin, an einer Spritzgussmaschine. Dort experimentieren sie mit recycelten Kunststoffabfällen, Quarzsand und Glasfaserresten von Rotorblättern ausrangierter Windräder. »Na ja«, so Lasse Hansen, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Bahnbetrieb und Infrastruktur der TU Berlin, »in gewisser Weise tüfteln wir schon an einem Rezept. Nur ist es ein Rezept für Gleistragplatten aus recycelten Kunststoffen.«

Diese Tragplatten, auf die die Bahngleise montiert werden, sollen die seit den 1970er Jahren bei der Deutschen Bahn im Einsatz befindlichen Elemente aus Beton ersetzen. Ein Grund: Beton ist ein Klimakiller und schwer recycelbar. »Etwa 8 % des weltweiten CO<sub>2</sub>-Ausstoßes gehen auf das Konto der Betonproduktion«, so Lasse Hansen. Dabei galten die Beton-Gleistragplatten einst als Lösung für ein Problem, das mit den Hochgeschwindigkeiten aufgetreten ist, denn den mit 330 km/h über die Gleise rasenden Zügen hält der Schotteroberbau nicht mehr dauerhaft stand. Messungen ergaben dann wiederum, dass Betonplatten lauter und durch eine höhere Steifigkeit reparaturanfälliger sind als der Schotteroberbau.



■ Prüfung der Materialkennwerte verschiedener Recyclingmischungen  
© Technische Universität Berlin



Um die Nachteile der festen Fahrbahn aus Beton zu beheben, entstand die Idee, den Beton durch ein leistungsfähiges Material aus recycelten »Zutaten« zu ersetzen, »zum Beispiel aus alten Rotorblättern von Windkraftanlagen und aus Plastikverpackungen. Vor allem die nach ca. 25 Jahren an ihr Lebensende kommenden Rotorblätter werden bislang kaum nachhaltig wiederverwertet«, so Jonathan Gerstel, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Polymerwerkstoffe und -technologien.

Aus der Idee wurde das Projekt »Feste Fahrbahn (FF) aus recycelten Kunststoffen als innovativer Oberbau der Eisenbahninfrastruktur«, an dem auch die TU-Fachgebiete Strukturmechanik und Strukturberechnung, Schienenfahrzeuge, Technische Akustik sowie die Technische Universität Graz und zwei Industriepartner beteiligt sind.

Das Ziel der Wissenschaftler ist ambitioniert: Sie wollen einen Prototyp entwickeln, dessen Material, bestehend aus recycelten und neuen Anteilen, selbst wieder recycelbar sein soll und dabei alle sicherheitstechnischen Anforderungen erfüllt.

[www.tu-berlin.de](http://www.tu-berlin.de)

## Beginn der Ausschreibung Verzinkerpreis 2025

Der Industrieverband Feuerverzinken e. V. schreibt zum 19. Mal den Verzinkerpreis für Architektur und Metallgestaltung aus. Mit dieser renommierten Auszeichnung, die 1989 erstmals verliehen wurde, werden innovative Bauwerke, Objekte und Produkte gewürdigt, die im Wesentlichen feuerverzinkt sind oder durch interessante Details aus feuerverzinktem Stahl überzeugen.

Architekten, Ingenieure, Stahl- und Metallbauer, Designer sowie Metallgestalter können ab sofort ihre Projekte einreichen. Der Preis ist mit 15.000 € dotiert und wird in den Kategorien »Architektur« und »Metallgestaltung« verliehen. Bedingung ist, dass ebene Projekte nach 2022 fertiggestellt und mit feuerverzinktem Stahl realisiert wurden. Die Bewerbungsfrist endet am 1. März 2025, die feierliche Preisverleihung wird dann am 15. Mai 2025 in München im Rahmen des Branchen-Events erfolgen.

[www.feuverzinken.com](http://www.feuverzinken.com)



■ Auslobungsunterlagen zum Download  
© Industrieverband Feuerverzinken e. V.

## Würdigung bayerischer Ingenieurleistungen Bayerischer Ingenieurpreis 2025

Drei bayerische Ingenieurbüros werden für ihre herausragenden Projekte mit dem Bayerischen Ingenieurpreis 2025 ausgezeichnet. Der erste Platz geht an die Technische Hochschule Augsburg für die Surfwellen Augsburg, Platz zwei an die pbb Planung + Projektsteuerung für den SWI Schnellladepark am incampus in Ingolstadt und Platz drei an Dr. Schütz Ingenieure für die Instandsetzung der denkmalgeschützten Echelsbacher Brücke über die Ammerschlucht. Drei weitere Büros erhalten jeweils eine Anerkennung.

Mit insgesamt 10.000 € dotiert, wird der Bayerische Ingenieurpreis von der Bayerischen Ingenieurekammer-Bau vergeben. Die diesjährigen Preise werden am 17. Januar im Rahmen des 33. Bayerischen Ingenieuretags von Prof. Dr. Norbert Gebbeken, dem Kammerpräsidenten, und dem Bayerischen Bauminister Christian Bernreiter überreicht.

Die Jury begründet ihre Entscheidung für den ersten Platz mit den Worten: »Das innovative, von einem jungen Team realisierte Ingenieurbauprojekt der Surfwellen Augsburg beeindruckt durch seine Interdisziplinarität sowie die Bereitschaft und den Mut, Risiken einzugehen und neue Wege zu beschreiten. Das betrifft vor allem die Wahl des Baustoffs, aber auch

die gesamte Herangehensweise. Ein solches Vorhaben (...) zu planen und umzusetzen, ist eine besondere Herausforderung, die mit Bravour bewältigt wurde.«

Im Fall des zweiten Platzes schreibt sie: »Der SWI Schnellladepark überzeugt durch seinen ganzheitlichen Ansatz. Er integriert alle wichtigen Elemente eines modernen und weitestgehend autarken Gebäudes und erfüllt die notwendigen Anforderungen an Nachhaltigkeit und technische Innovation.«

Und für Platz drei lautet ihre Erklärung: »Die unter Denkmalschutz stehende Echelsbacher Brücke über die Ammerschlucht ist die älteste Melan-Bogenbrücke der Welt. Die charakteristischen Bögen mit einer Spannweite von 130 m und einer Bogenhöhe von 32 m konnten bei der Instandsetzung erhalten und harmonisch mit dem Neubau verbunden werden. Besonders beeindruckt hat die Jury der respektvolle und baukulturelle Umgang mit Denkmalschutz und Naturschutz, der den Bestand bewahrt und gleichzeitig innovative Lösungen bietet.« Die Anerkennung für die Fuß- und Radwegbrücke Offenbachstraße Nord in München und damit für WTM Engineers München begründet das Preisgericht mit der Formulierung: »Die Fuß- und Radweg-

brücke Offenbachstraße zeichnet sich durch ihre optimale Anpassung an die örtlichen Gegebenheiten aus und berücksichtigt in ihrer Komplexität verschiedene und schwierige Verkehrssituationen, einschließlich der benachbarten Bahnstrecke München-Pasing. Die sorgfältige Materialwahl trägt dazu bei, dass die Brücke besonders wartungsarm ist und zugleich ein elegantes und nutzerfreundliches Design bietet.«

Das Votum für die zweite Anerkennung, die Regenbrücke in Roding von Mayr Ludescher Partner, basiert wiederum auf folgender Beurteilung: »Das wunderschöne, schlanke und unaufdringliche Bauwerk folgt dem Prinzip ›Form follows function‹. (...) Die durchdachte und umweltfreundliche Gestaltung macht die Brücke zu einem besonderen Beispiel für funktionale und ästhetische Ingenieurbaukunst, die sich unauffällig in die natürlichen Gegebenheiten einfügt.« Und bei der dritten Anerkennung, einem seriellen Wohnungsbau mit Typengenehmigung, eingereicht von Fire & Timber .Ing, ist die Jury insbesondere vom Mut der Bauherren und der ausführenden Firma beeindruckt.

[www.bayerischer-ingenieurpreis.de](http://www.bayerischer-ingenieurpreis.de)  
[www.bayika.de](http://www.bayika.de)



■ Surfwellen in Augsburg  
© Matthias Leo/Technische Hochschule Augsburg



■ Schnellladepark in Ingolstadt  
© Corinna Franke



■ Echelsbacher Brücke bei Rottenbuch  
© Dr. Schütz Ingenieure



■ Fuß- und Radwegbrücke in München  
© Markus Lederwascher/WTM Engineers München GmbH

## Praxisprojekt der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden Brückenbau mit modularen Fertigteilssystemen

Zahlreiche Brückenbauwerke in ganz Deutschland sind derzeit in einem schlechten Zustand, vielerorts ist ein Ersatz dringend nötig. Den Großteil machen hier aber nicht die talüberspannenden Konstruktionen aus, sondern kleinere, kurze Überführungen mit Spannweiten  $\leq 30$  m. In ihrem Fall bieten sich die Realisierung modularer Systeme sowie die Verwendung von Fertigteilen an, um schneller und kostengünstiger bauen zu können.

Um das Basiswissen in die Praxis umzusetzen, entwickelte eine Forschergruppe an der Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Dresden zusammen mit Hentschke Bau den Prototyp einer vorgespannten Straßenbrücke mit nicht-metallischer Bewehrung in modularer Bauweise. An Teilen des Forschungsvorhabens wirkte auch das Institut für Massivbau der RWTH Aachen mit, wobei ein maximaler Vorfertigungsgrad, besonders kurze Baustellenzeiten sowie der Einsatz von Carbonbewehrung im Vordergrund standen.



Anlieferung eines carbonbewehrten Trägers  
© Jakob Putz/HTW Dresden

Im Rahmen dieses Projekts wurde nun eine solche Struktur unter realen Bedingungen getestet. Das heißt, während der Sanierung zweier Brücken im Verlauf der vielbefahrenen Bundesstraße 173 diente eine aus Carbonbeton-Fertigteilen errichtete Behelfsquerung als temporäre Umfahrung. Dafür wurden im Werk von Hentschke Bau in Bautzen fünf 16 m lange, mit Carbon bewehrte Träger vorge-

fertigt – die ersten dieser Art in Deutschland. Per Tieflader gelangten die Module zur Baustelle nahe Freiberg, wo Monteure sie durch Quervorspannung zusammenfügten, was nur einen Tag dauerte. Begleitet von einem Permanent-Monitoring floss der Verkehr dann mehr als ein Jahr lang über die Behelfsbrücke: Sie bestand den Test und kommt demnächst an anderer Stelle erneut zum Einsatz.

[www.htw-dresden.de](http://www.htw-dresden.de)

## Pilotanlage der Technische Universität Bergakademie Freiberg Neues Eisen aus altem Bergbauschlamm

Es klingt wie eine Utopie: Bergbauschlamm verwandelt sich in wertvolle Metalle und neue Baustoffe. In den vergangenen drei Jahren haben Forscher der Technischen Universität (TU) Bergakademie Freiberg in einer Pilotanlage diesen innovativen Prozess erfolgreich erprobt: Dem Team gelang es, aus Bergbauschlämmen und -abwässern Eisen und Zink zu gewinnen und die Reste zu einem Baustoff, basierend auf der Geopolymer-technologie, weiterzuverarbeiten. In das Ursprungsgewässer entlassen sie am Ende sauberes Wasser. Dass dieser Prozess tatsächlich funktioniert, bewiesen die Chemiker am sogenannten Roten Graben bei Freiberg – und sind deshalb der Meinung, dass die solcherart getestete Recyclingtechnologie auch Lösungsansätze für den Nachbergbau in anderen Regionen liefern könnte.

In dem ehemaligen Bergbaubereich sickern eisenhaltige Wässer und mehr als 13.000 m<sup>3</sup> Schlamm aus dem Freiburger Revier in einen künstlich angelegten Bach, den »Roten Graben«. Was bisher als Altlast angesehen, aufwendig ausgebagert und deponiert werden muss, wird im neuen Verfahren durch eine Filterpresse gepumpt und entwässert, wobei sauberes Wasser und ein Restschlamm entstehen. Aus selbigen werden die Wertmetalle Eisen und Zink gewonnen, und zwar auf Basis eines bereits etablierten Verfahrens, so dass sich der Gesamtprozess wirtschaftlich betreiben lässt. Und sogar den verbleibenden mineralischen Rückstand verwerten die Chemiker, indem sie ihn in Geopolymerbaustoffe transformieren.



Entnahme einer Bodenprobe  
© Technische Universität Bergakademie Freiberg

Geopolymere sind im Übrigen Bindemittel, die in ihrer Zusammensetzung natürlichen Mineralien nachempfunden sind und über Eigenschaften verfügen, die jenen von Zement gleichkommen oder diese sogar übertreffen.

[www.tu-freiberg.de](http://www.tu-freiberg.de)  
[www.recomine.de](http://www.recomine.de)



## BAUUNTERNEHMEN



ADING Bau GmbH  
Zamenhofstraße 15  
D-42109 Wuppertal  
Tel.: +49 (0) 202 42 92 44-0  
Fax: +49 (0) 202 42 92 44-29  
www.ading.de

BAUWERKSÜBERWACHUNG  
UND ERDBEBENSCHUTZ

mageba gmbh  
Im Rinschenrott 3a  
37079 Göttingen  
info.de@mageba-group.com

## BEHELFSBRÜCKEN



Locapal-Deutschland  
Leader für temporäre Bauwerke  
Martin Seiser  
T. 07191970754  
M. 01743164129  
www.locapal.fr  
mseiser@locapal.fr  
Industriestr. 28/2  
D-71573 Almersbach

## BRÜCKENAUSRÜSTUNGEN



Maurer SE  
Frankfurter Ring 193  
D-80807 München  
Tel.: +498932394-0  
Fax: +498932394-329  
www.maurer.eu

## BRÜCKENBAU



Maurer SE  
Frankfurter Ring 193  
D-80807 München  
Tel.: +498932394-0  
Fax: +498932394-329  
www.maurer.eu

BRÜCKENBELEUCHTUNG  
LED-HANDLAUF

LUX GLENDER GmbH  
Schreinerstraße 6/1  
73257 Köngen  
www.lux-glender.com  
info@lux-glender.com  
+49 72024 40595310

## BRÜCKENENTWÄSSERUNG



Bridge Drainage  
Business Park Stein 108  
6181 MA Elsloo LB  
The Netherlands  
Tel: +0031 046 207 70 08  
E-Mail: info@bridge-drainage.com  
www.bridge-drainage.com

## BRÜCKENLAGER



BT Bautechnik GmbH  
Lemsahler Weg 23  
D-22851 Norderstedt  
Tel.: 0 40/52 98 33 90  
Fax: 0 40/52 98 33 94  
info@bt-bautechnik-gmbh.de  
www.bt-bautechnik-gmbh.de

BRÜCKENLAGER UND  
FAHRBAHNÜBERGÄNGE

mageba gmbh  
Im Rinschenrott 3a  
37079 Göttingen  
info.de@mageba-group.com

## BRÜCKENSANIERUNG

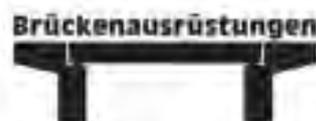


BT Bautechnik GmbH  
Lemsahler Weg 23  
D-22851 Norderstedt  
Tel.: 0 40/52 98 33 90  
Fax: 0 40/52 98 33 94  
info@bt-bautechnik-gmbh.de  
www.bt-bautechnik-gmbh.de



mageba gmbh  
Im Rinschenrott 3a  
37079 Göttingen  
info.de@mageba-group.com

## FAHRBAHNÜBERGÄNGE



Jannasch GmbH + Co. KG  
Albstraße 15  
73765 Neuhausen  
Tel.: 07158/9060-0  
Fax: 07158/9060-26



Maurer SE  
Frankfurter Ring 193  
D-80807 München  
Tel.: +498932394-0  
Fax: +498932394-329  
www.maurer.eu

## LÄRMSCHUTZWÄNDE



R. Kohlhauser GmbH  
Draisstr. 2  
76571 Gaggenau  
Tel.: 0 72 25/97 57-0  
Fax: 0 72 25/97 57-26  
E-Mail: info@kohlhauser.com  
www.kohlhauser.com

## NICHTROSTENDE BEWEHRUNG



Steeltec AG  
Emmenweidstrasse 90  
CH-6020 Emmenbrücke  
Tel.: +41 41 209 5151  
E-Mail: [bauprodukte@steeltec-group.com](mailto:bauprodukte@steeltec-group.com)  
[www.steelforconstruction.com](http://www.steelforconstruction.com)  
[www.steeltec-group.com](http://www.steeltec-group.com)

## PROJEKTRAUM FÜR DMS, PLAN- UND NACHTRAGSMANAGEMENT



EPLASS project collaboration GmbH  
Schweinfurter Str. 11  
97080 Würzburg  
Tel.: 09 31/3 55 03-0  
Fax: 09 31/3 55 03-7 00  
E-Mail: [contact@eplass.de](mailto:contact@eplass.de)  
[www.eplass.de](http://www.eplass.de)

## SCHALUNGSTRÄGER



S&K Holzbau GmbH  
Grenzstraße 2  
D-03130 Sellßen  
Tel.: +49/174/930 35 45  
[t.koppenberg@sk-holzbau.net](mailto:t.koppenberg@sk-holzbau.net)  
[www.sk-holzbau.net](http://www.sk-holzbau.net)

## SCHWERLASTBEFESTIGUNGEN FÜR DEN BRÜCKENBAU



Wilhelm Modersohn GmbH & Co. KG  
Industriestraße 23  
D-32139 Sprengel  
Tel.: +49 5225 8799-0  
E-Mail: [info@modersohn.de](mailto:info@modersohn.de)  
[www.modersohn.eu](http://www.modersohn.eu) | [shop.modersohn.eu](http://shop.modersohn.eu)

## SCHWINGUNGSTILGER



Spezialist für Schwingungstilger für Brücken / Decken / Bühnen  
KTI Schwingungstechnik GmbH  
Tel.: 02104-8025 75  
Fax: 02104-8025 77  
[info@kti-trautmann.com](mailto:info@kti-trautmann.com)  
[www.kti-trautmann.com](http://www.kti-trautmann.com)

## VERANSTALTUNGEN



FLUGHAFENBAU  
NATIONAL + INTERNATIONAL  
BAU VON SPORTSTÄTTEN + STADIEN  
BRÜCKENBAU  
BAU VON PARK- + RASTANLAGEN

Biebricher Allee 11 B  
D-65187 Wiesbaden  
Tel.: 0611/84 65 15  
Fax: 0611/80 12 52  
[kontakt@verlagsgruppewiederspahn.de](mailto:kontakt@verlagsgruppewiederspahn.de)  
[www.verlagsgruppewiederspahn.de](http://www.verlagsgruppewiederspahn.de)



EXKURSIONEN UND TOUREN  
PLANUNG UND MODERATION  
VON FIRMENEVENTS

Biebricher Allee 11 B  
D-65187 Wiesbaden  
Tel.: 0611/84 65 15  
Fax: 0611/80 12 52  
[kontakt@verlagsgruppewiederspahn.de](mailto:kontakt@verlagsgruppewiederspahn.de)  
[www.verlagsgruppewiederspahn.de](http://www.verlagsgruppewiederspahn.de)

## VOGELABWEHR UND PROFESSIONELLE BRÜCKENREINIGUNG

in ganz Deutschland



Taubenabwehrsysteme und Taubenkotbeseitigung nach Biostoffverordnung BGI 892



toppp Unternehmensgruppe  
Moosbergstraße 26  
66773 Schwalbach  
Tel.: 0 68 31-7 69 37 80  
Fax: 0 68 31-7 69 37 86  
[info@toppp.de](mailto:info@toppp.de)  
[www.toppp.de](http://www.toppp.de)

## VOGELINFLUGSCHUTZ



TONI Bird Control Solutions GmbH & Co. KG  
Offenbacher Landstr. 74  
D-60599 Frankfurt  
Tel.: 0 69/48 00 97 79  
Fax: 0 69/48 00 97 78  
[info@vogelabwehr.de](mailto:info@vogelabwehr.de)  
[www.vogelabwehr.de](http://www.vogelabwehr.de)

**BRANCHENREGISTER IM BRÜCKENBAU –  
AUF DIESEN SEITEN KÖNNTE AUCH IHR EINTRAG STEHEN**

Ein Bestellformular mit weiteren Informationen finden Sie unter [www.zeitschrift-brueckenbau.de](http://www.zeitschrift-brueckenbau.de).

Für Fragen und weitere Informationen steht Ihnen gerne Frau Leitner zur Verfügung.

Mail: [office@verlagsgruppewiederspahn.de](mailto:office@verlagsgruppewiederspahn.de)  
oder Tel.: 06 11/84 65 15

## BRÜCKENBAU

ISSN 1867-643X

17. Jahrgang

Ausgabe 1/2 · 2025

[www.zeitschrift-brueckenbau.de](http://www.zeitschrift-brueckenbau.de)

### Herausgeber und Chefredakteur

Dipl.-Ing. Michael Wiederspahn

[mwiederspahn@verlagsgruppewiederspahn.de](mailto:mwiederspahn@verlagsgruppewiederspahn.de)

### Verlag

VERLAGSGRUPPE  
WIEDERSPAHN  
mit MinedMedia Konzept

Biebricher Allee 11 b

D-65187 Wiesbaden

Tel.: +49 (0)6 11/84 65 15

Fax: +49 (0)6 11/80 12 52

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

### Anzeigen

Ulla Leitner

Zur Zeit gilt die Anzeigenpreisliste vom 14. Oktober 2024.

### Satz und Layout

Christina Neuner

### Bild Titel und Inhaltsverzeichnis

Clyde Crossing in Schottland

© Maurer SE

### Druck

Görres-Druckerei und Verlag GmbH & Co. KG

Niederbieberer Straße 124, 56567 Neuwied

### Erscheinungsweise und Bezugspreise

Einzelheft: 16 Euro

Doppelheft: 32 Euro

Sonderpreis Tagungsband: 66 Euro

Abonnement: Inland (4 Ausgaben) 64 Euro  
Ausland (4 Ausgaben) 66 Euro

Der Bezugszeitraum eines Abonnement beträgt mindestens ein Jahr. Das Abonnement verlängert sich um ein weiteres Jahr, wenn nicht sechs Wochen vor Ablauf des berechneten Bezugszeitraums schriftlich gekündigt wird.

### Copyright

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlags in irgendeiner Form reproduziert oder in eine von Maschinen verwendbare Sprache übertragen werden.

Mit Ausnahme der gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine Verwertung ohne Einwilligung des Verlags strafbar.

# BRÜCKENBAU

Construction & Engineering



## Tagungsbände zum Sonderpreis

Wir sind stolz auf 25 Jahre »Symposium Brückenbau in Leipzig«.

Anlässlich dieses Jubiläums haben Sie die Möglichkeit, die Tagungsbände der vergangenen fünf Jahre zu einem Sonderpreis zu erwerben:

Wir bieten Ihnen die fünf Tagungsbände der Jahre 2020 bis 2024 zum einmaligen Sonderpreis von 225,00 € plus Porto plus Mehrwertsteuer an.

Jeder Tagungsband beinhaltet die detaillierten Schriftfassungen aller Vorträge, ist reich bebildert mit Fotos, Zeichnungen und Plänen und führt zudem die Namen sämtlicher Referenten und Projektbeteiligten auf.

Einen besseren Querschnitt durch den Brückenbau der letzten fünf Jahre werden Sie im deutschsprachigen Raum kaum finden können.

VERLAGSGRUPPE  
WIEDERSPAHN  
mit MixedMedia Konzepten



Biebricher Allee 11 b | 65187 Wiesbaden | Tel.: +49/611/98 12 920 | Fax: +49/611/80 12 52

[kontakt@verlagsgruppewiederspahn.de](mailto:kontakt@verlagsgruppewiederspahn.de)

[www.verlagsgruppewiederspahn.de](http://www.verlagsgruppewiederspahn.de) | [www.mixedmedia-konzepts.de](http://www.mixedmedia-konzepts.de) | [www.symposium-brueckenbau.de](http://www.symposium-brueckenbau.de)

# MAURER

## MSM<sup>®</sup> Schwenktraversen-Dehnfugen

IZMIT BAY BRIDGE, IZMIT, TÜRKEI | 4. LÄNGSTE HÄNGEBRÜCKE DER WELT MIT HOHEN ERDBEBEN ANFORDERUNGEN



### Anwendung:

Der Einbau von MAURER Schwenktraversen soll die Hängebrücke befahrbar machen und im Falle eines Erdbebens vor horizontaler Überlast schützen.

### Vorteile:

- Uneingeschränkte Aufnahme der spezifizierten Bewegungen und gleichzeitige Übertragung von Verkehrslasten
- Überfahrbarkeit der Dehnfuge für Notfallfahrzeuge nach Erdbebenfall
- Überlastschutz des Brückendecks von zu großen Horizontalkräften
- Wartungsfreie Dehnfuge
- Langlebigkeit durch hohe Qualität der verwendeten Materialien
- Erdbebenverschiebung in Brückenlängsrichtung von ca. 4 m
- 10 x höhere Verschiebegeschwindigkeit im Servicebetrieb von bis zu 20 mm/sek
- Korrosionsschutz durch wasserdichte Mittelträgerverbindung

### Referenzen:

- Bahia de Cadiz, Spanien
- Hochmoselübergang, Deutschland
- Izmit Bay Bridge, Izmit, Türkei
- Mainbrücke Randersacker, Deutschland
- Rheinbrücke Schierstein, Deutschland
- Rion Antirion, Griechenland
- Russky Island Bridge, Wladiwostok, Russland
- Tsing Ma, China
- Viadukt Millau, Frankreich