



© Luftbild Hans Blossley

- GRBV | Ingenieure im Bauwesen – Partner für Planungen im Brückenbau
- Brücke über die Salzach bei Kaprun

Nils Engelke, Jörg Frickel, Jeannette Ebers-Ernst

GRBV | Ingenieure im Bauwesen – Partner für Planungen im Brückenbau



Bild 1 Abbruch und Neubau der Wolbecker Straßenbrücke über den Dortmund-Ems-Kanal in Münster | Rückbau-, Entwurfs-, Genehmigungs- und Ausführungsplanung und Vorbereitung der Vergabe | Fertigstellung 2023

Brücken prägen Landschaftsräume seit Jahrhunderten, sie überwinden Täler und Gewässer, sie verbinden Orte und Menschen. Seit mehr als 95 Jahren entwirft, plant und überwacht GRBV Brücken aus Stahl, Stahl- und Spannbeton und hat im Laufe der Jahrzehnte eine umfassende Expertise entwickelt. Genauso prüft GRBV Bestandsbauten regelmäßig auf Standsicherheit. Bestandsaufnahme, Analyse, Planen von Instandsetzungsmaßnahmen – das Team schöpft aus langjähriger Erfahrung in der Bauwerksprüfung und Sanierung. Mit Herrn Dr. Joachim Göhlmann hat man überdies einen vom Eisenbahn-Bundesamt zugelassenen Prüfsachverständigen im Haus.

Tragwerke aus Stahl – nachhaltig, filigran, planbar

Die Wahl des richtigen Materials für Brückentragwerke wird durch zahlreiche Faktoren bestimmt: Gestaltungsparameter, Baugrund, Lebensdauer, Wirtschaftlichkeit, Zeitpläne und Infrastruktur. Die Wahl fällt oft auf Stahl, wenn filigrane, leichte Konstruktionen mit



Bild 2 Abbruch und Ersatzneubau der Hertha-Peters-Brücke in Peine | Objekt- und Tragwerksplanung | Fertigstellung 2023

einem hohen Grad an Vorfertigung gewünscht oder erforderlich sind. Fachgerechter Korrosionsschutz stellt dann eine lange Lebensdauer sicher.

Die Stahlproduzenten arbeiten daran, zukünftig den ökologischen Fußabdruck für neuen Stahl signifikant zu reduzieren. Aber bereits durch seine Recyclingfähigkeit positioniert sich der Stahl im Vergleich mit den Alternativen aus Beton und Verbundwerkstoffen deutlich davor.

Brücken über Wasserstraßen

Insbesondere im Bereich der Bundeswasserstraßen sind Stahl- und Stahlverbundtragwerke die Vorzugslösung für Neubau und Ersatz von Querungsbauwerken. Im Stützweitenbereich von 50 m bis 120 m bietet Stahl sowohl für das Tragwerk selbst als auch für Montagevorgänge erhebliche Vorteile.

So blicken die Planer und Ingenieure von GRBV auf zahlreiche realisierte Entwürfe für die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes aus den vergangenen 35 Jahren zurück. Exemplarisch genannt seien die Brücken über den Mittellandkanal im Zuge des Ausbaus der Stadtstrecke Hannover, die Wolbecker Straßenbrücke und die Prozessionswegbrücke im Zuge des Ausbaus der Stadtstrecke Münster des Dortmund-Ems-Kanals sowie die Brücken über den Küstenkanal.

Darüber hinaus besteht im Bereich des westdeutschen Kanalnetzes ein erheblicher Bedarf an Brückenersatz-Neubauten im Zuge von Ausbau- und Ersatzmaßnahmen.

Im Folgenden werden einige der realisierten Projekte vorgestellt. Ein ausführlicher Bericht über den OB-Karl-Lehr-Brückenzug über die Ruhr und den Hafenskanal in Duisburg ist Teil der aktuellen Stahlbau-Ausgabe. (Siehe S. 94)



Bild 3 Ersatzneubau der Hertha-Peters-Brücke in Peine | Rückbau-, Entwurfs-, Genehmigungs- und Ausführungsplanung, Vorbereitung der Vergabe und Objektüberwachung | Fertigstellung 2023



Bild 4 Abbruch und Neubau der ProzeSSIONswegbrücke über den Dortmund-Ems-Kanal in Münster | Rückbau-, Entwurfs- und Ausführungsplanung sowie Vorbereitung der Vergabe | Baubeginn voraus. 2025

Wolbecker Straßenbrücke (Bild 1)

Im Rahmen des Infrastrukturprojekts „Ausbau des Dortmund-Ems-Kanals“ innerhalb der Stadtstrecke Münster wurde ab 2018 die Wolbecker-Straßenbrücke Nr. 76 als Ersatzneubau an gleicher Stelle mit vergrößerter Stützweite neu errichtet. Die neue Straßenbrücke ist als anspruchsvoll gestaltete vollstählerne Stabbogenkonstruktion mit einer Stützweite von 67,20 m ausgeführt. Bei der Gestaltung des Brückenbauwerks wurde unter Einbeziehung der Unterbauten, der Nebenanlagen, der Farbgebung und eines Illuminationskonzepts ein ganzheitlicher Ansatz gewählt. In Teilen der Gründungskonstruktion sind bestehende Pfeilerelemente in den Neubau der Widerlager bzw. Tiefgründung integriert. Hyperbelbogen mit Rundstahlhängern und orthotroper Fahrbahnplatte bilden das Tragwerk des Überbaus.

ProzeSSIONswegbrücke

Veranlassung für den Ersatz der ProzeSSIONswegbrücke ist der im Bundesverkehrswegeplan von 2003 vorgesehene Ausbau der Dortmund-Ems-Kanal (DEK) Südstrecke zwischen Datteln und Bergeshövede für den Verkehr mit Großmotorgüterschiffen und Schubverbänden.

Die Ansicht der Brücke wird geprägt durch einen schräggestellten außenliegenden Fachwerkträger. Die Gurtbleche in den Knotenpunkten werden an allen Stellen ausgerundet, ebenso wie die Übergänge des Obergurts in den Lagerachsen. Aus statischen Gründen

wird der Obergurt des Versteifungsträgers beidseitig als Hohlkasten ausgebildet und im Bereich der Lagerachsen aufgevoutet.

Das Fachwerk ermöglicht bei großer Einzelstützweite eine geringe Bauhöhe für die Fahrbahn und fügt sich damit gleichzeitig harmonisch in das Landschaftsbild.

Brücken über den Küstenkanal

Im Bundesverkehrswegeplan 2030 ist der Ausbau des Küstenkanals (Kük) in den vordringlichen Bedarf eingestuft. Der zwischen 1921 und 1935 erbaute Kanal soll zukünftig für die Befahrung durch das Großmotorgüterschiff (GMS) im Begegnungsverkehr ausgebaut werden.

Entlang der 70 km langen Wasserstraße queren eine Vielzahl an Bauwerken den Kük: 31 Brücken, 14 Düker. Viele der Brücken wurden in den 1930er Jahren errichtet und nähern sich ihrem rechnerischen Ende der Lebensdauer oder wurden nach dem zweiten Weltkrieg wiederaufgebaut mit den bekannten materiellen und technischen Defiziten dieser Zeit. Aufgrund des hohen Alters und des allgemein schlechten Zustandes einer Vielzahl der Brückenbauwerke sind umfangreiche Instandsetzungsmaßnahmen zur Verbesserung des Brückenzustandes unwirtschaftlich und nicht zielführend. Um diese umfangreiche Aufgabe wirtschaftlich und zeitnah zu bewältigen, ist beabsichtigt, Planungs- und Baumaßnahmen gebündelt abzuwickeln und damit Synergieeffekte zu erzielen. Der Ersatz der Brücken am Küstenkanal ist im Bundeshaushalt mit einem Volumen von 255 Mio. Euro berücksichtigt.

Das Bündeln von Einzelmaßnahmen kann bei gemeinsamer Anstrengung von Bauherr und Planern zu verkürzten Planungszeiten führen und später zu wirtschaftlichen Vorteilen bei der Ausschreibung von attraktiven Vergabepaketten. Vor dem Hintergrund der anstehenden Aufgaben bei der Modernisierung der deutschen Infrastruktur stellen die Ansätze für den Ausbau des Küstenkanals deshalb einen weiteren vielversprechenden Lösungsansatz dar.

Hertha-Peters-Brücke (Bild 2 und 3)

Lediglich 30 Jahre alt ist die Brücke, als die Stadt Peine beschließt, das Bauwerk durch einen Neubau zu ersetzen. Seit 2017 war der Bestandsbau ein Sanierungsfall, da die Holzbrücke durch Pilzbefall morsch und schimmelig war – im Mai 2020 wurde sie endgültig gesperrt.

Aufgrund der negativen Erfahrungen beim Vorgängerbau wurde eine Lösung mit Holz als Material von vornherein ausgeschlossen. Stahlbeton, mit einem hohen Eigengewicht durch massive Querschnitte hätte u. a. zusätzliche Einschränkungen in der Bauphase mitgebracht. Weiterhin wären die Gestaltungsmöglichkeiten sehr beschränkt gewesen.

Der Bauherr wünschte eine wirtschaftliche, unterhaltsarme und dauerhafte Bauweise. Außerdem sollten notwendige Sperrungen der Bundesstraße und des Mittellandkanals während der Bauzeit so knapp als irgend möglich gehalten werden.

Abschließend ergab die Analyse, dass eine filigrane Stahlkonstruktion die wirtschaftlichste Lösung darstellt. Das reduzierte Eigengewicht erforderte nur schlanke Gründungselemente und ermöglichte variable Gestaltungsoptionen. Die Sperrungen der kreuzenden



Digitale Technik unterstützt in nahezu jeder Hinsicht die Arbeit

Mobiles Arbeiten, CAD, BIM, KI – sie erleichtern kollaboratives Arbeiten und transparente Kommunikation und helfen den Mitarbeitenden, schneller zu werden und bessere Ergebnisse zu erzielen. Und das nicht nur innerhalb des eigenen Teams, sondern auch in der interdisziplinären Zusammenarbeit in Arbeitsgemeinschaften mit anderen Unternehmen, mit Fachplanern und – zunehmend – Behörden.

Digitale Werkzeuge unterstützen GRBV maßgeblich an unterschiedlichsten Punkten seiner Arbeit. Sie helfen den Mitarbeitenden und allen Partnern, Prozesse abzukürzen, Planungsfehler zu vermeiden und Projekte wirtschaftlicher zu realisieren. So entsteht mittels BIM und virtueller Realitäten (VR) frühzeitig ein digitaler Zwilling des zu planenden Bauwerks: Konstruktion, Materialien und Kosten sind transparent nachvollziehbar für alle am Projekt Beteiligten. Mobile

Bild 5 Neubau der Gartroper Straßenbrücke über den Rhein-Herne-Kanal | Entwurfs- und Genehmigungsplanung, Vorbereitung der Vergabe (Fertigstellung 2017).

Verkehrswege konnten in der Bauphase auf ein Minimum reduziert werden, da die einzelnen Teile zu einem großen Teil im Werk vorgefertigt wurden. Durch fachgerechten Korrosionsschutz wird zudem eine lange Lebensdauer der neuen Brücke sichergestellt.

Konstruktion und Gestaltung: Die neue Brücke als eine zeitgemäße, dauerhafte Version ihrer Vorgänger

Der Neubau wurde als Schrägseilbrücke mit einem neuen Stahlpylon errichtet. Die neue Brücke orientiert sich damit in der Gestaltung an der alten Holzbrücke. Die Lage des Pylonen wurde bewusst beibehalten, um die Wirkung als spannende, auffällige Landmarke und als „Stadttor“ zu bewahren.

Da die Seile das Tragwerk regelmäßig stützen, konnte der Überbau mit zwei Stahlhohlkästen sehr schlank ausgeführt werden. Es entstand eine filigrane und verhältnismäßig leichte Konstruktion. Auf diese Weise waren die benötigten lichten Höhen über dem Mittellandkanal und der B65 leicht zu erreichen.

Um Barrierefreiheit sicherzustellen, wurde das Längsgefälle der Brücke gegenüber dem Bestand reduziert. Hierzu wurde das südliche Widerlager erhöht und die südliche Zuwegungsrampe mit einer Stahlbetonstützwand verlängert.

Die auf Bohrpfeilern tiefgegründeten Pfeiler kamen ebenfalls als Stahlhohlkästen zur Ausführung. Die Formgebung orientiert sich dabei an der Kontur des Pylonen (Diamant-Form). So entstand ein homogenes und elegantes Gesamtbild.

Zuerst wurde der neue Pylon mit einer Höhe von gut 34 m aufgestellt. Anschließend wurden die Überbausegmente u. a. über die B65 und den Mittellandkanal an zwei getrennten Terminen eingehoben. Das längste Element war dabei knapp 46 m lang und 50 t schwer. Das Einheben der Brückenteile war Millimeterarbeit, die immer eine präzise Planung und klare Kommunikation zwischen allen Beteiligten vor Ort erforderten.

Apps unterstützen, überwachen und dokumentieren Prozesse und Details vor Ort am Bauwerk. Die gesammelten Daten fließen später im Büro direkt in die Modelle und Planungsunterlagen ein.

Zertifiziertes Qualitätsmanagement

Digitale Technik ist ein wichtiger Baustein der Arbeit von GRBV, aber nicht der einzige. Seit Dezember 2020 ist das Unternehmen nach DIN EN ISO 9001:2015 zertifiziert in Bezug auf seine Beratungs-, Planungs- und Überwachungsleistungen im Bauwesen. Die Arbeitsprozesse im Hause kontinuierlich zu prüfen, zu verbessern und weiterzuentwickeln, erleichtert allen Mitarbeitenden die Arbeit im Team.

Außerdem gewährleistet sie die gewünschte Qualität aller Arbeitsschritte und der Ergebnisse und hilft dabei, diese auch für zukünftige Projekte sicherzustellen.

Das Team des Unternehmens verfügt über eine weitreichende Expertise beim Planen und Umsetzen von Tragwerken unterschiedlichster Konstruktions- und Gründungsarten sowie von Materialeinsatz – und das über alle Geschäftsfelder hinweg. Gebündeltes Fachwissen, das GRBV gerne weitergibt.

8. Ingenieurtechnisches Kolloquium am 12.09.2024 in Hannover

GRBV lädt am 12. September 2024 zum inzwischen 8. Ingenieurtechnischen Kolloquium in Hannover ein. Unter dem Motto „Bauen 2030 vordenken“ möchte das Unternehmen Impulse für zukünftige Entwicklungen im Ingenieurbau liefern. Der Keynote-Beitrag der diesjährigen Veranstaltung wird sich mit der Frage beschäftigen, inwieweit die KI bei zukünftigen Planungsaufgaben zielführend unterstützen kann und GRBV seine hochqualifizierten Mitarbeitenden zielgerichtet einsetzen kann. GRBV freut sich auf zahlreiche Teilnahme und den fachlichen Austausch!

www.grbv.de

Entwurfs- und Ausführungsplanung der Ruhr- und Hafenkilbrücke in Duisburg

Der Oberbürgermeister-Karl-Lehr-Brückenzug in Duisburg hat als eine von vier Ruhrquerungen eine übergeordnete Erschließungsfunktion für den städtischen Verkehr und insbesondere für den Wirtschaftsstandort rund um den Duisburger Hafen. Infolge der gestiegenen Belastung durch den allgemeinen Verkehr sowie die Lieferverkehre des Hafens stellte der Brückenzug einen Engpass dar. Um der zunehmenden Verkehrsbelastung gerecht zu werden und die Leistungsfähigkeit zu erhöhen, müssen die bestehenden Verkehrsflächen des Brückenzugs ausgebaut werden. Eine Grundinstandsetzung und Erweiterung der vorhandenen, teils sehr alten Brückenbauwerke war aufgrund der Bauweise und des baulichen Zustands ausgeschlossen. Daher werden alle Bauwerke entlang des Brückenzugs durch Neubauten in gleicher Lage ersetzt. Der vorliegende Beitrag erläutert die wesentlichen Aspekte der Entwurfs- und Ausführungsplanung von Ruhr- und Hafenkilbrücke, gibt Einblicke in die bauliche Umsetzung und informiert kompakt über das Gesamtprojekt.

Stichworte Brückenbau; Netzwerkbogenbrücke; Seile; Steuerstab; Montage; Baugruben; Tiefgründung; Hafen Duisburg

Basic and detail design of the Ruhr- und Harborcanal bridge in Duisburg

The Oberbürgermeister Karl Lehr bridge section in Duisburg is one of the four Ruhr crossings and has an overarching function for urban traffic and in particular for the industrial location around the port of Duisburg. As a result of the increased load from general traffic and freight traffic from the port, the bridge turned into a bottleneck. In order to cope with the increasing traffic load and increase its capacity, the existing traffic areas of the bridges needed to be expanded. A basic overhaul and extension of the existing, partly very old bridge structures, was ruled out due to their design and structural condition. Therefore, all structures along the bridge section will be replaced by new structures in the same position. This article explains the key aspects of the design and execution planning of the Ruhr and Harborcanal bridges, provides insights into the structural implementation and provides compact information about the overall project.

Keywords bridge construction; network arch bridge; ropes; steering-beam-system; assembled construction; construction pits; pile foundation; harbour Duisburg

1 Einleitung

Im Bereich des Duisburger Hafens wird derzeit der zweite Bauabschnitt des Oberbürgermeister-Karl-Lehr-Brückenzugs realisiert. Infolge der kontinuierlich gestiegenen Zunahme des Schwerverkehrs und der teilweise über 100 Jahre alten Brückenbauwerke ist die bestehende Brückensubstanz mittlerweile abgängig. Die Bauwerke entlang des Brückenzugs setzen sich aufgrund der langen Historie des Verkehrswegs sowie starker Kriegsschäden sehr inhomogen zusammen. So ist der Überbau der Strombrücke über die Ruhr ein nach dem Zweiten Weltkrieg verbrachtes Element der Kölner Hohenzollernbrücke über den Rhein (s. Bild 7).

Verkehrsprognosen rechnen mit einer Erhöhung der Umschlagkapazität der Containerterminals und einer Steigerung des Schwerlastverkehrs von ca. 80 % bis 100 %. Da die vorhandenen Brückenbauwerke nicht in der Lage sind, die zunehmende Verkehrsbelastung aufzunehmen, ist der Neubau des gesamten Brückenzugs erforderlich. Die vorhandenen Fachwerkstrukturen werden zukünftig durch stählerne Netzwerkbogenbrücken ersetzt, wie das Modell in Bild 1 zeigt.

Die Umsetzung der Gesamtmaßnahme wurde in zwei Bauabschnitte (BA) aufgeteilt (Bild 2). Der Entwurf zum 1. BA wurde bereits vom gleichen Planungsteam umgesetzt und 2015 für den Verkehr freigegeben [1]. Im Anschluss begannen die Planungen zum 2. BA. Im Rahmen einer vorgezogenen Maßnahme wurden 2019–2021 alle nicht erforderlichen Medien- und Versorgungsleitungen in eine separate Leitungstrasse außerhalb der Brückenbauwerke verlegt (in großen Teilen gedükert) [2]. Damit ist gewährleistet, dass bei den kommenden Verkehrsumlegungen bzw. Vollsperrungen keine zeitintensiven Leitungsumschlüsse zu berücksichtigen sind. Ebenfalls in 2019 wurden das umfassende Baulos für den Neubau der Ruhr- und Hafenkilbrücke sowie div. weitere Ingenieurbauwerke ausgeschrieben. Im April 2020 erhielt die Firmengruppe Max Bögl den Zuschlag.

Bauabschnitt 1 (2015 abgeschlossen):

- Neubau der Vinckekanalbrücke
- Neubau der Vinckewegbrücke
- Neubau der Verkehrsflächen vom Tausendfensterhaus bis zur Kaiserhafenbrücke

Bauabschnitt 2 (seit 2019 im Bau):

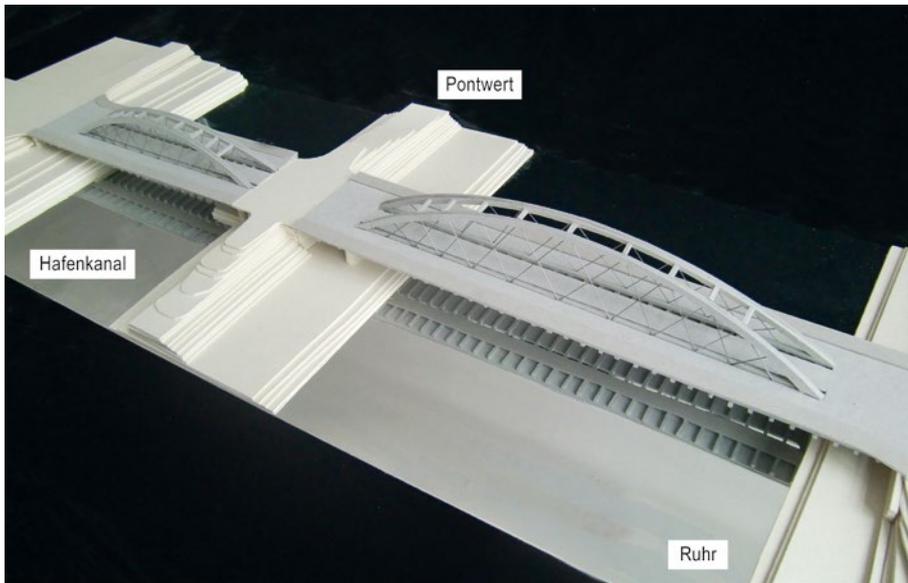


Bild 1 Modell der Variante Netzwerkbogenbrücken (Quelle: KRP Architektur GmbH)
Model of variant network arch bridge

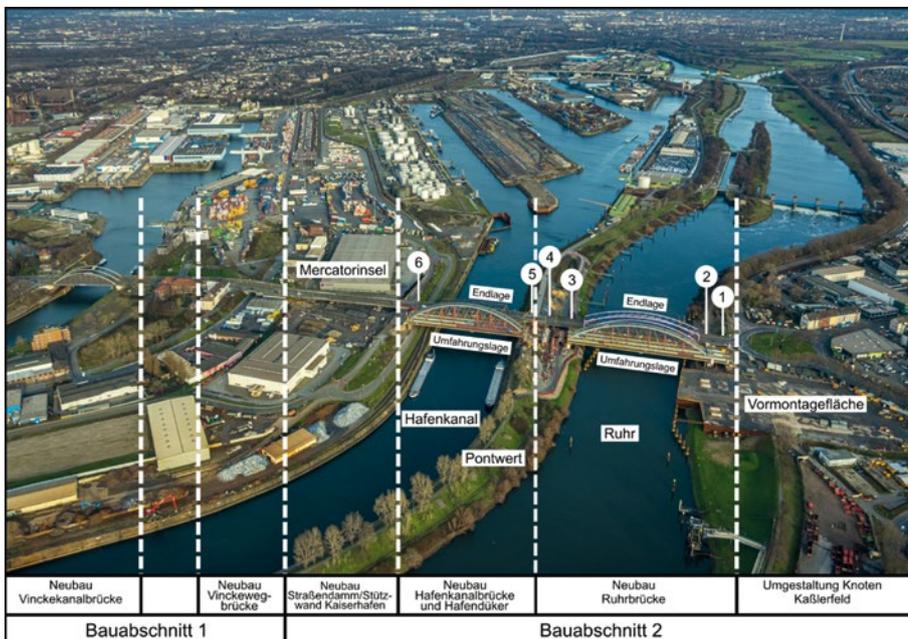


Bild 2 Gesamtübersicht Brückenzug OB Lehr, 1. und 2. BA
Overview bridge OB Lehr, 1st and 2nd construction section

- Neubau eines Leitungsdükers unter dem Hafencanal
- Rückbau der Brücke über den verfüllten Kaiserhafen; Ersatz durch einen Straßendamm mit Stützwänden
- Neubau der Hafencanalbrücke
- Neubau der Ruhrbrücke
- Neubau der Verkehrsflächen inkl. Gleisanlage vom 1. BA bis zum Kaßlerfelder Kreisel

2 Verkehrssituation und Baustellenandienung

Die Ruhrorter Straße verbindet die Stadteile Kaßlerfeld und Ruhrort im Norden Duisburgs. Aufgrund der Erschließungsfunktion und des daraus resultierenden hohen Verkehrsaufkommens ist eine längere Sperrung der Brücken für die Bauzeit nicht möglich. Der Brückenzug ist

der primäre Andienungsweg für den Lkw-Verkehr von und zu den Containerterminals des Hafens hin zu den überregionalen Autobahnen A40 und A59 (Bild 3). Mit einer Verkehrsbelastung von ca. 28.000 Kfz/d (davon ca. 3800 Lkw) und der im 7,5-Minuten-Takt verkehrenden Straßenbahnlinie 901 (ÖPNV) ist er eine der am stärksten befahrenen innerstädtischen Straßen Duisburgs.

Mittels einer Behelfsumfahrung in westlicher Parallellage können die bestehenden Verkehrsbeziehungen aufrechterhalten und mit ausreichender Leistungsfähigkeit abgewickelt werden. Dafür werden die neuen Überbauten bauzeitlich als Hilfsbrücken auf temporären Unterbauten genutzt. Anschließend werden die bestehenden Brückenbauwerke abgebrochen und an gleicher Stelle neue Unterbauten errichtet. Nach deren voraussichtlicher Fertig-

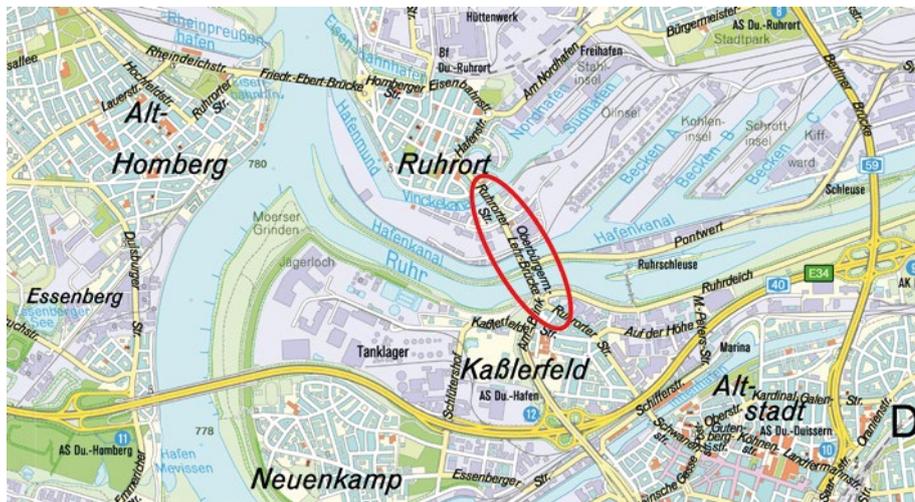


Bild 3 Lageplan Brückenzug OB Lehr im Stadtgebiet Duisburg
Location map of the bridge OB Lehr in the city area of Duisburg

stellung in 2025 erfolgt der Querverschub der zur Umfahrung genutzten Überbauten auf die neuen Unterbauten in Endlage. Dies wird unter Vollsperrung der Ruhrorter Straße mit großräumigen Umleitungsstrecken unter Einrichtung eines Schienenersatzverkehrs für die Straßenbahnlinie 901 erfolgen.

Aufgrund der beengten Platzverhältnisse im innerstädtischen Bereich und der Insellage des mittleren Baustellenbereichs stellten sich die Planung des Bauablaufs und die Andienung der unterschiedlichen Bauwerksachsen als herausfordernd dar. Mangels alternativer Flächen wurde für die Montage der Überbauten bspw. eine großflächige und hochwassersichere Vormontagefläche in Spundwandbauweise teilweise in die Ruhr gebaut (einschließlich tiefgegründeter Schwerlastplatten für einen 350-t-Raupenkrane) [3]. Dadurch war die Möglichkeit gegeben, den Transport großformatiger Stahlbauelemente und weiterer Materialien nachhaltig über den Wasserweg abzuwickeln und dadurch die Straßen zu entlasten.

3 Entwurfs- und Ausführungsplanung

3.1 Hauptabmessungen Brückenbauwerk

Ein wesentlicher Aspekt bei der Neugestaltung des Brückenzugs war die Beschleunigung des ÖPNV. Auf den Bestandsbauwerken musste sich die Straßenbahn den zuletzt infolge von Brückenschäden eingeschränkten Verkehrsraum mit dem Individualverkehr teilen. Dies führte insbesondere mit dem unmittelbar im Anschluss an den Brückenzug befindlichen Knotenpunkt Kaßlerfelder Kreisel zu starken Beeinträchtigungen. Aus diesem Grunde wurde bereits in der Vorplanung der Bahnkörper für die Straßenbahn vom Verkehrsraum für den übrigen Verkehr getrennt, indem der besondere Bahnkörper zwischen den Bögen und die jeweils zweispurigen Fahrbahnen für den Individualverkehr außerhalb der Bögen vorgesehen wurden (Bild 4). Jenseits der Fahrbahnen befinden sich jeweils noch ein Rad- und ein Gehweg.

Die Fahrbahnen für den Individualverkehr sowie die außen anschließenden Geh- und Radwege sind als klassische orthotrope Stahlfahrbahnen mittels Trapezsteifen ausgebildet. In den Achsen der Schrammborde sind jeweils Längsträger angeordnet, die die auskragenden Querträger in einem Abstand von ca. 3,2m miteinander verbinden und die Differenzverformungen begrenzen. Im Gleisbereich zwischen den Bögen befinden sich unter den Schienen für die Straßenbahn sog. Schienenträger, dazwischen sind Trapezsteifen angeordnet. Die Rillenschienen werden auf einer speziellen Vergussausgleichsmasse direkt auf das Stahldeck aufgelegt. Der gesamte Bereich wird mit einer ca. 12 cm dicken (nicht mittragenden) Stahlfaserbetonschicht vergossen, auf die anschließend eine Asphaltdeck- und -schicht ergänzt wird. Damit kann der Gleisbereich im Ausnahmefall (Havarie, Stau) durch Rettungsfahrzeuge befahren werden.

Beide Überbauten sind als stählerne Netzkorbbrücken mit gekreuzter Hängenanordnung ausgebildet. Die im Bestand mehrfeldrige Hafenkanalbrücke wird durch ein Einfeldbauwerk mit einer Stützweite von 125 m ersetzt. Die neue Ruhrbrücke ist als Dreifeldbauwerk konzipiert, dessen größte Stützweite 140 m beträgt. Die Gesamtlänge der Ruhrbrücke ergibt sich einschließlich der beiden biegesteif angeschlossenen Endfelder (25,0 m bzw. 17,2 m) zu 182,2 m. Die Regelquerschnitte beider Bauwerke sind identisch und weisen eine Gesamtbreite von ca. 34 m auf (Bestand ca. 22 m). Bedingt durch die größere Stützweite und die geringere Bauhöhe der Strombrücke vergrößert sich das Lichtprofil für die Schifffahrt über der Ruhr. Die Pfeiler rücken um mehrere Meter aus dem Flussprofil der Ruhr in Richtung der Vorlandbereiche, was sich positiv auf den Gefährdungsraum auswirkt. Zur Gewährleistung einer sicheren Navigation auf der Wasserstraße wurde auf eine radartechnisch günstige Konstruktion der Überbauten geachtet.

Die ca. 2,0 m breiten und ca. 2,2 m hohen Versteifungsträger sind als begehbare Hohlkästen entworfen. Aus ästhetischen Gründen erhalten die beiden Haupttragwerke ei-

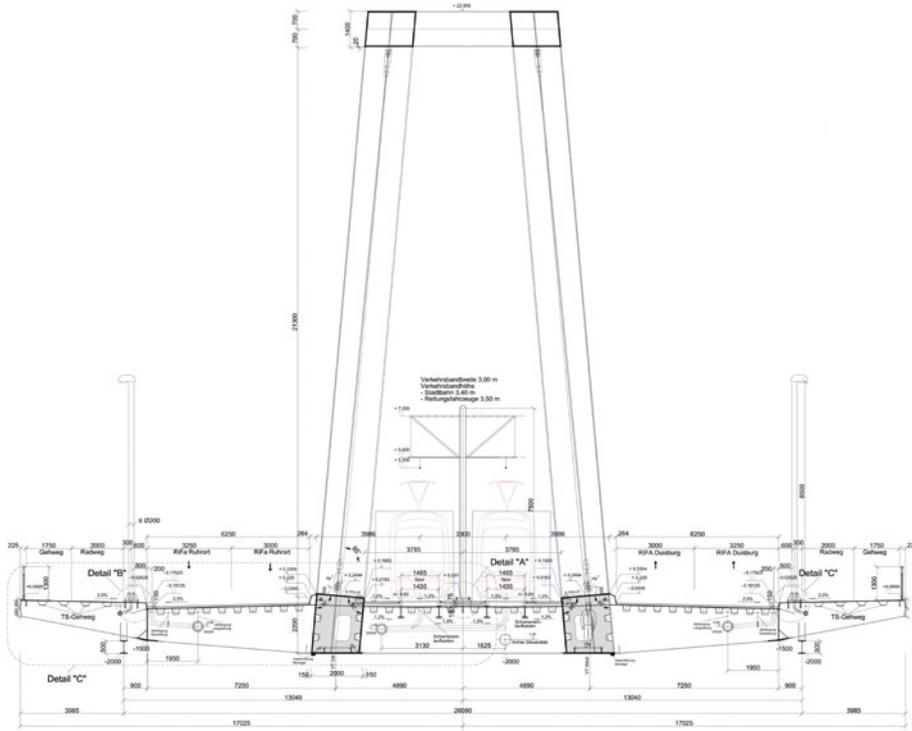


Bild 4 Regelquerschnitt Ruhrbrücke
Standard cross-section of Ruhr bridge

nen identischen Bogenstich von ca. 23 m. Die Bögen haben ebenfalls Hohlkastenquerschnitte mit einer Breite von ca. 1,9 m bzw. einer Höhe von ca. 1,4 m und sind durch sieben Querringel miteinander verbunden. Bögen und Versteifungsträger bilden zusammen mit gekreuzten Hängern aus vollverschlossenen Seilen ($d = 70 \text{ mm}$, $Z_{Rd} = 3,2 \text{ MN}$) das Haupttragwerk. Infolge der Kreuzung sind die unteren Hängeranschlüsse alternierend um $\pm 150 \text{ mm}$ aus der Achse Versteifungsträger in Querrichtung versetzt. An den Kreuzungspunkten sind sie zur Reduktion der windinduzierten Schwingungen miteinander gekoppelt. Die Hänger bzw. Seile werden mittels Gabelseilköpfen mit den Anschlussblechen verbunden, wobei die unteren Gabelseilköpfe verstellbar ausgebildet sind.

3.2 Tiefgründung

Der örtliche Baugrund ist geprägt durch mächtige Auffüllungen oberhalb der sog. Rheinterrassen in Form von Sanden und Kiesen (Quartär). Um ein unterschiedliches Setzungsverhalten auszuschließen, werden die Fundamente in allen Achsen tiefgegründet. Der Entwurf sieht verrohrt hergestellte lotrechte Großbohrpfähle mit einem Pfahldurchmesser von 1,20 m vor. Um horizontale Einwirkungen effektiv in den Baugrund einleiten zu können, wurden alle Pfähle gebettet modelliert. Die Absetztiefen der Pfähle liegen innerhalb der Terrassenablagerungen, wobei ein „Durchstanzen“ infolge der unterschiedlichen Kompressibilität des tiefer liegenden Tertiärs (Auenlehm) zu beachten war. Die Pfahllängen variieren zwischen 7 m und 14 m.

Aufgrund einer Vielzahl nahe liegender Leitungen und eines erschütterungsempfindlichen Abwassersammlers (gemauertes Gewölbe von 1922) im Bereich der Achse 1 wurde das Widerlager Süd der Ruhrbrücke – abweichend von den übrigen Bauwerksachsen – auf einem Linienlager gegründet. Die überschnittene Bohrpfahlwand ($\text{Ø } 2,00 \text{ m}$) kann im Grundriss platzsparender ausgeführt werden und dient gleichzeitig als Verbau (Bild 5). So können die bestehenden Unterbauten effektiv mittels Räumungsbohrungen durchörtert und der Abbruch auf ein Mindestmaß reduziert werden. Bauzeitlich sind zur Herstellung der Bohrpfahlwand die bestehenden Unterbauten bzw. Stützwände durch Vorschüttungen zu sichern, welche gleichzeitig als Arbeitsebene der Großbohrgeräte dienen.

Die auf Erfahrungswerten basierenden Pfahltragfähigkeiten wiesen im Entwurf sehr hohe Ausnutzungsgrade auf. Um gesicherte Erkenntnisse über die tatsächlichen Tragfähigkeiten zu erhalten, den Entwurf abzusichern und ggf. günstigere Bemessungsansätze zu erhalten, wurden im Vorfeld zwei statische Pfahlprobelastungen an Ortbetonpfählen $\text{Ø } 1,20 \text{ m}$ mit maximalen Prüflasten von 12 MN durchgeführt (ortsverteilte faseroptische Dehnungsmessung). Dabei wurden der Pfahlfußwiderstand und die Längsverteilung der Pfahlmantelreibung erfasst. Im Bereich der nicht tragfähigen Auffüllungen und Hochflutablagerungen wurde die Mantelreibung durch Einbau eines Hülsenrohrs ausgeschaltet. Auf dieser Grundlage konnten die Pfahllängen in allen Gründungsachsen optimiert werden. Alle Arbeiten des Spezialtiefbaus werden bauzeitlich durch Kampfmittelsondierungen einer spezialisierten Fachfirma land- und wasserseitig begleitet.

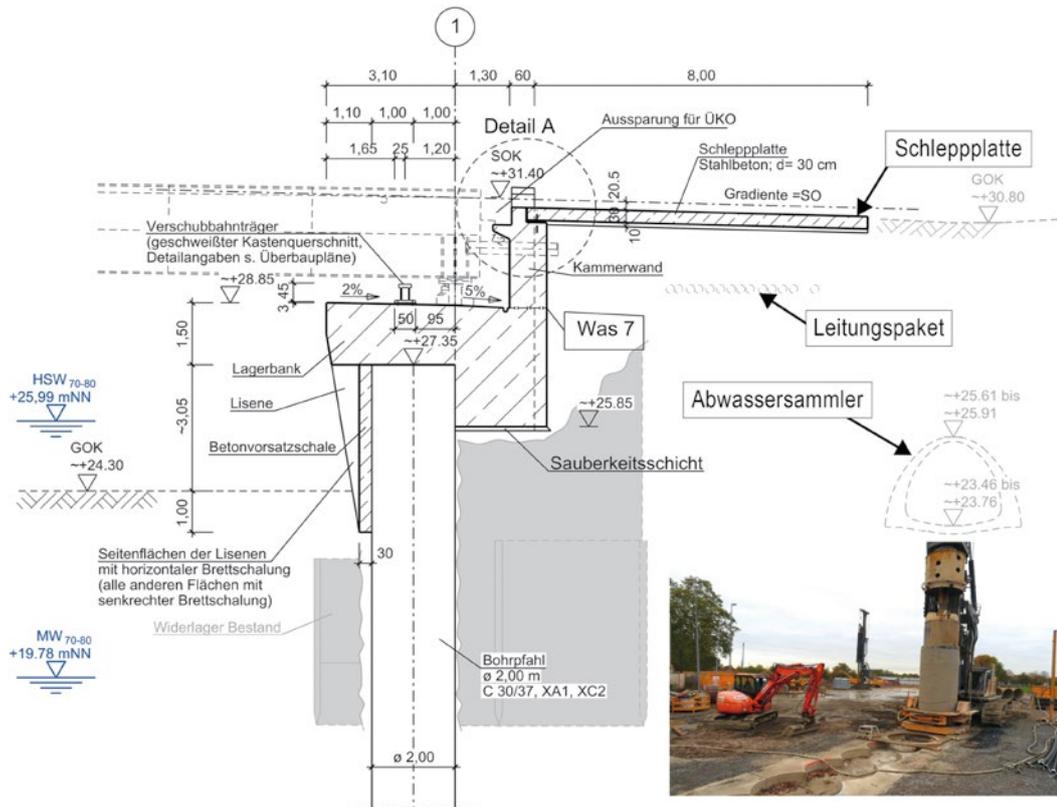


Bild 5 Vertikalschnitt Widerlager Süd Ruhrbrücke im Endzustand
Vertical section south abutment Ruhr bridge at final state

3.3 Verbauten und Leitwerk

Aufgrund der teilweise beengten Platzverhältnisse und vorherrschender Wasserstände sind zur Herstellung der Unterbauten Spundwandverbauten vorgesehen. Je nach Einsatzort werden die Spundwandbaugruben freistehend, ausgesteift oder rückverankert (Verpressanker, Mikropfähle) ausgebildet. Die Spundwandkästen zur Herstellung der Ruhrpfeiler sind bedingt durch ihre Lage im Flussprofil gedichtet auszuführen. Mit Abmessungen von 36 m × 18 m verengen sie bauzeitlich den Abflussquerschnitt der Ruhr. Mithilfe eines hydraulischen Fachgutachtens konnte die Hochwasserneutralität dieser Einbauten nachgewiesen werden. Aufgrund der zu berücksichtigenden hohen Wasserüberdrücke sowie der Lastfälle Anker- bzw. Steifenausfall kamen großformatige Gurtungen (z. B. 2 HEB 700) und Steifenprofile (z. B. RO 1120) zum Einsatz (Bild 6). Entlang der gesamten Baustrecke ist ein Mittellängsverbau angeordnet, der die Baugruben der Umfahrung und Endlage voneinander trennt und den Höhenversprung von 1,80 m infolge der Gradientenanhebung sichert.

Eine Auslegung der Verbauten auf das Jahrhunderthochwasser von 1926 am Pegel Ruhrort (+29 mNN) hätte zu sehr unwirtschaftlichen Ergebnissen bei der Spundwanddimensionierung geführt. Als Ergebnis einer Analyse der Ganglinien von Rhein und Ruhr der letzten 40 Jahre mit Pegelstandschwankungen von über 10 m wurde das 70-/80-jährliche Hochwasser als Bemessungswert festgelegt ($HW_{70-80} = +25,99 \text{ mNN}$). Bis zur Oberkante der Verbauwände von +26,85 mNN sind die Baugruben vor



Bild 6 Verbau temporärer Pfeiler Süd der Ruhrbrücke
Temporary excavation pit for south pier of Ruhr bridge

Überflutung und Verschmutzung geschützt. Zur Abdichtung gegen das anstehende Grundwasser wurden Unterwasserbetonsohlen in den Pfeilerbaugruben ausgeführt, die die bereits hergestellten Bohrpfähle als Auftriebspfähle nutzen.

Als Auflage der zuständigen strom- und schifffahrtspolizeilichen Behörde sind in der Ruhr Leitwerke zum Schutz der Pfeilerbaugruben vorzusehen. Zum sicheren Ableiten von Schiffen sieht der Entwurf Rohrdalben mit Donut-Fendern (elastische Schwimmkörper) vor, die nach Beendigung der Baumaßnahme vollständig zurückgebaut werden (Bild 7). Dadurch konnte auf aufwendige



Bild 7 Hochwasser Ruhr Frühjahr 2021
Flood event Ruhr spring 2021

und materialintensive Einbauten in Stahlbauweise verzichtet werden.

3.4 Unterbauten

Die Unterbauten an den Bauwerksenden sind als vorgezogene Widerlager mit Parallelfügeln konzipiert. Die Höhe der Widerlager variiert zwischen 8,50m und 11,0m, die Länge einschließlich der Flügel beträgt ca. 100 m (Bilder 8, 9). Je Lagerachse sind vier Kalottenlager unterhalb der Versteifungs- bzw. Längsträger des Überbaus angeordnet (Abschn. 4.3). Aus Platzgründen sind die Unterbauten nicht begehbar. Der Zugang ist nur über Leitern oder den Brückenbesichtigungswagen möglich (Abschn. 3.5). Die Auflagerbänke sind so ausgebildet, dass Querverschubbahnen später ohne zusätzliche Unterstützungsstrukturen aufgenommen werden können.

Eine Ausführung der temporären Widerlagerwände in Massivbauweise mit Hohlkörpern hält Aufwand und Kosten bei der Herstellung und dem späteren Rückbau gering. Nach erfolgtem Querverschub der Überbauten und Verlegung des Verkehrs in die Endlage werden die temporären Widerlager teilweise abgebrochen und zu

Schrägflügeln abgearbeitet. Für die gegenüberliegenden östlichen Flügelwände ist eine Konstruktion in Spundwandbauweise vorgesehen. Die rückverankerten Spundbohlen erhalten eine Vorsatzschale aus Beton und einen gelenkigen Anschluss zum Widerlager.

Aus statischen Gründen (u. a. Längskraftabtragung aus Steuerstabsystem (Abschn. 3.5)) werden die temporären Ruhrpfeiler in den Achsen 2, 3 als massive Scheiben ausgebildet ($b = 3,50\text{m}$). Nach Nutzungsende werden die temporären Pfeiler bis oberhalb der Pfahlkopfplatten abgebrochen, die Fundamente überschüttet und die Ruhrböschungen reprofiliert.

An allen Unterbauten sind div. Einbauteile vorgesehen, die die Kräfte des Steuerstabsystems ableiten und eine Feststellung der Überbauten für den Lagerwechsel ermöglichen. Ferner sind div. Anschlagpunkte für Litzenzuganlagen, Hydraulikpressen etc. für die Verschiebustände vorgesehen.

Die Unterbauten im Endzustand erhalten eine gestaltete Geometrie. Die Auflagerbank ist aus der rückseitigen Widerlagerwand „herausgezogen“. Unterhalb der Auflagerbank stützen vier leicht geneigte Lisenen die Auflagerbank. Als gestalterisches Pendant zu den Widerlagern werden die Stirnseiten der Pfeilerscheiben an der Ruhrbrücke nach unten abfallend mit 10° geneigt. Aus gestalterischen und hydraulischen Gründen werden die Stirnseiten gerundet ausgeführt. Die Oberflächen der Unterbauten im Endzustand werden mit einer Sichtflächenschalung aus gehobelter Bretterschalung hergestellt.

Zur Angleichung von Setzungsunterschieden sind im Bereich der Straßenbahngleise gelenkig gelagerte Schleppplatten mit Schienenauszugsvorrichtungen hinter den Widerlagern angeordnet. Für den Endzustand werden die Räume zwischen Widerlager und Brückenuntersicht durch eine Vogeleinflugschutzvorrichtung aus einer feuerverzinkten Drahtgitterkonstruktion mit integrierten Toren ausgekleidet. Die Strombrückenpfeiler an der

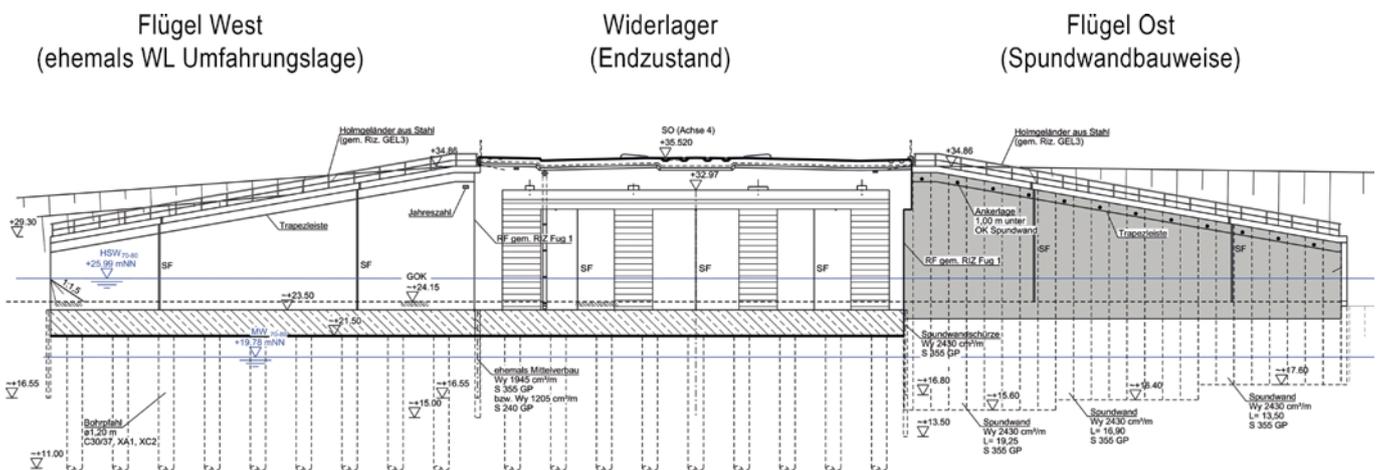


Bild 8 Ansicht Widerlager Nord Ruhrbrücke im Endzustand
View of the north Ruhr bridge abutment at final state

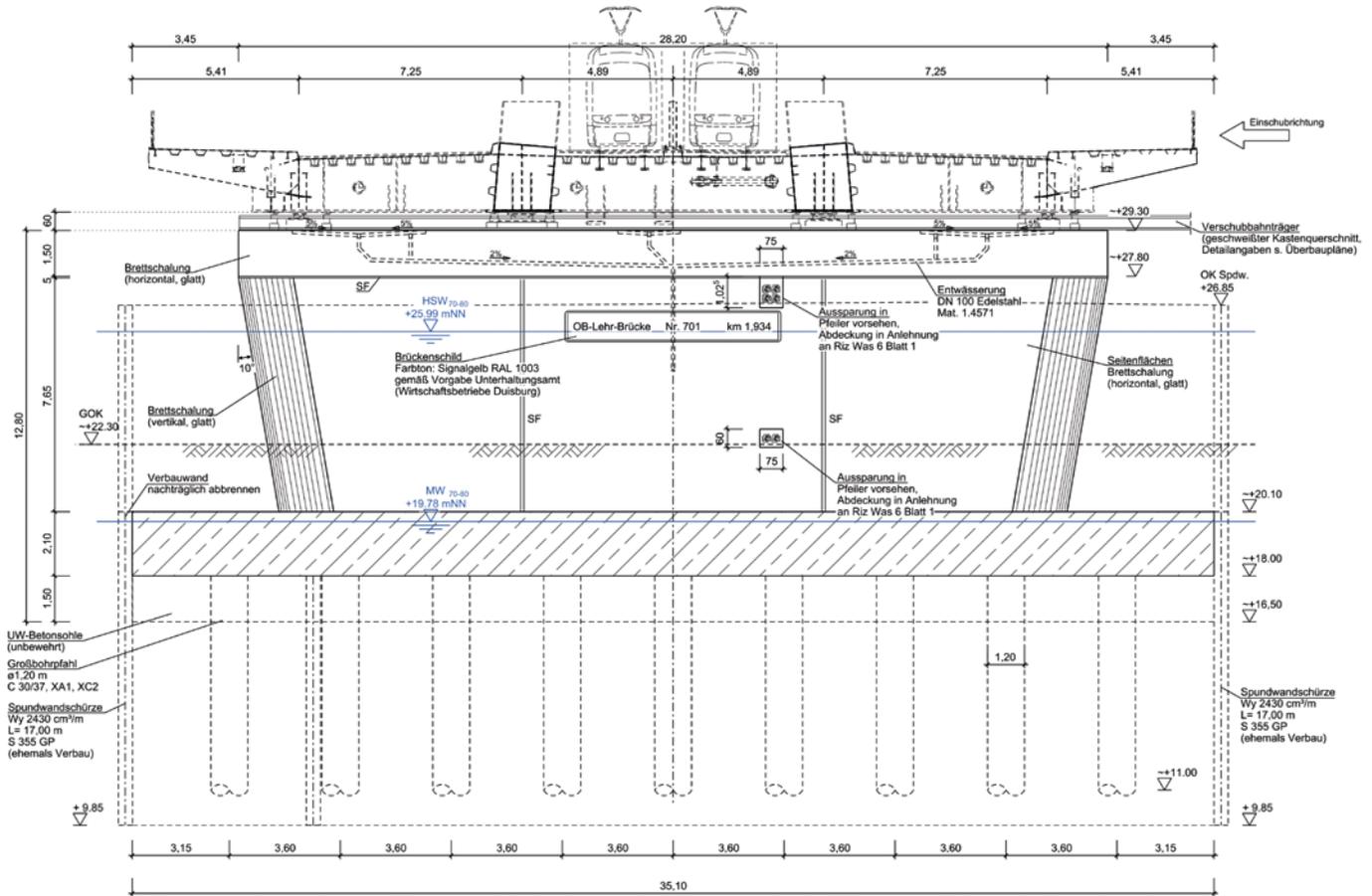


Bild 9 Ansicht und Draufsicht Pfeiler Nord Ruhrbrücke
View and top view of northern pier Ruhr bridge

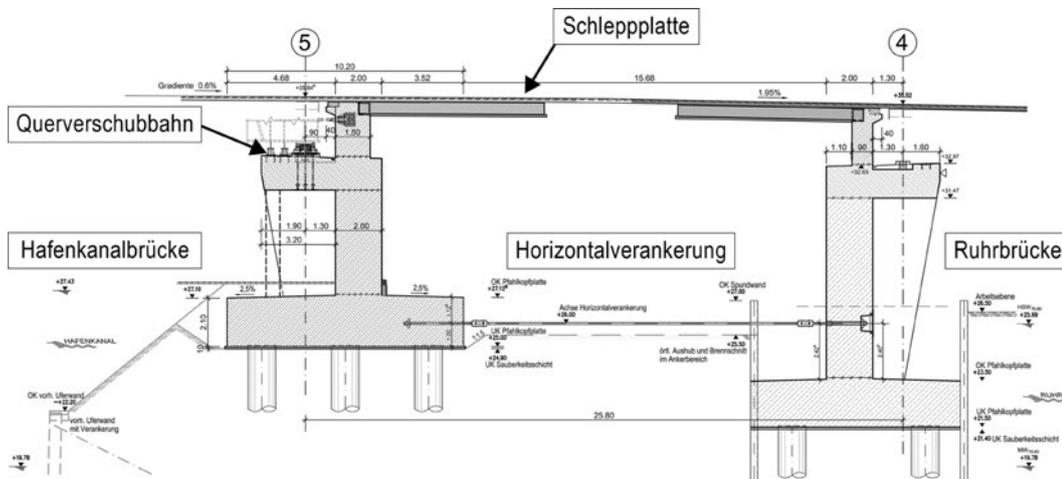


Bild 10 Längsschnitt Widerlager Achsen 4 und 5 am Pontwert
Longitudinal section of abutment axles 4 and 5 at the Pontwert

Ruhr werden für die Schifffahrt durch Radarreflektoren kenntlich gemacht.

Im Zuge der Planung mussten in einigen Achsen Lösungen gefunden werden, die von der geplanten Regelbauweise der Unterbauten abweichen. Wie in Abschn. 3.2 beschrieben, musste das Widerlager in Achse 1 als überschnittene Bohrpfahlwand mit einer Widerlagerkonstruktion als „Rucksack“ ausgeführt werden. Zur Reduzierung von Bettungsreaktionen an den Pfahlelementen wurden die benachbarten Widerlager von Ruhr- und Hafenkanalbrücke am Pontwert mittels Rundstahlankern

kurzgeschlossen (Bild 10). Durch den Einbau von Lashengelenken können Einbautoleranzen bzw. ungleichmäßige Setzungen ausgeglichen werden.

3.5 Überbauten und besondere Konstruktionsdetails

3.5.1 Netzwerkbogen

Das statische System beider Überbauten ist ein sog. Netzwerkbogen, der sich im Vergleich zum klassischen Stabbogen steifer verhält. Das kreuzförmige Netzwerk der

Ruhrbrücke hat in den Endbereichen einen Abstand der unteren Anschlusspunkte von ca. 6,2m (jeder zweite Querträger) und im mittleren Bereich von ca. 9,3m (jeder dritte Querträger). Eine besondere Eigenschaft der Netzwerkbögen ist es, dass die Veränderung einer Hängerkraft sich infolge des anderen am selben Anschlusspunkt befindlichen Hängers unmittelbar auch auf alle anderen Hängerkraften auswirkt. Ferner besteht eine wesentliche Randbedingung darin zu gewährleisten, dass unter allen Lastzuständen immer eine ausreichende Zugkraft in allen Hängern vorherrscht, weil diese ansonsten infolge des Durchhangs und der damit einhergehenden Verformungen anfällig für Ermüdungsschäden werden würden. Da es sich im vorliegenden Fall um reine Stahlkonstruktionen handelt, die im Vergleich zu Verbundkonstruktionen relativ leicht sind, stellte die Einhaltung der o. g. Randbedingung eine wesentliche Aufgabe bei der Planung und Montage der Überbauten dar. Aus diesem Grunde wurden vollverschlossene Seile mit verstellbaren Gabelseilköpfen ausgeschrieben und verbaut (Bild 11). Neben der Verstellbarkeit an sich stellt auch die Kontrolle der einzustellenden Seilkräfte eine besondere Herausforderung dar. Hierzu wurde ein fest installiertes Messsystem des Seilherstellers verwendet, welches die Ablesung der vorhandenen Seilkräfte ohne das Anbringen von Spannpressen o. Ä. erlaubte.

Zu den weiteren Besonderheiten dieser Bauwerke zählen:

3.5.2 Steuerstabsystem

Ursprünglich war die Ruhrbrücke einschließlich der Vorlandfelder als Einfeldträgerkette geplant. Die besondere Ausbildung des Gleisbetts als unregelmäßige Bauweise mittels einbetonierter Schienen ließ in den Achsen zwischen den Überbauten aufgrund der zwar stetigen, aber mit Knick versehenen Biegelinie keine dauerhafte Ausbildung des Gleisbetts erwarten. Aus diesem Grund wurden die Endfelder biegesteif an die Konstruktion der Strom-

öffnung angeschlossen, wobei der Querschnitt der Vorlandfelder dem der Strombrücke bzw. des Brückendecks ohne aufragende Bauteile (Hänger und Bögen) entspricht. Um die Übergangskonstruktionen im Gleisbereich in den Endachsen möglichst klein zu halten, wurde ein Steuerstabsystem zur Längskraftabtragung vorgesehen.

Das Steuerstabsystem dient dem zwangungsfreien und gleichmäßigen Abtrag von Längskräften und -verformungen zu beiden Überbauten. Es hat sich seit Jahrzehnten bei Bahnbrücken bewährt und ist in RIL 804 und DBS 918 464 E geregelt, bedurfte für die Anwendung im Rahmen einer Straßenbrücke mit kombiniertem Straßenbahnbetrieb jedoch der Zustimmung im Einzelfall (ZiE). Aufgrund der hier im Vergleich zur üblichen Bahnanwendung abweichenden Randbedingungen (keine Längskraftabtragung durch Oberbau, Lage vor Knotenpunkt mit LSA etc.) wurde die Steuerstabskonstruktion deutlich robuster und ermüdungsresistenter ausgebildet.

Das Steuerstabsystem befindet sich unter dem Gleisbereich zwischen den Versteifungsträgern. Es handelt sich im Prinzip um den Steuerstab (Rohrquerschnitt), der die Querträger auf gesamter Brückenlänge durchdringt und an jedem zweiten Querträger mittels Gleitlagern in Quer- und vertikaler Richtung gehalten wird. Im Bereich der Überbauten ist der Steuerstab mittels maschinenbaulicher Gelenkbauteile mit den Brems- und Haltestäben verbunden (Bild 12). Die Haltestäbe durchdringen die Auflagerquerträger und sind dort bei der Hafenkilbrücke mit der Kammerwand der Widerlager verbunden. Bei der Ruhrbrücke erfolgte der Anschluss in den Pfeilerachsen mittels in Nischen eingelassener und aufgespannter Stahlträger (Bild 13 – Pfeilermitte).

3.5.3 Aufweitung Fahrbahnen in Endachsen

Wegen der unmittelbar angrenzenden Verkehrswege und der für den Lkw-Verkehr notwendigen Schleppkurven



Bild 11 Untere Seilanschlusskonstruktion
Lower connection point of the ropes



Bild 12 Steuerstabsystem zur Längskraftabtragung
Steering-Beam-System for bearing longitudinal forces

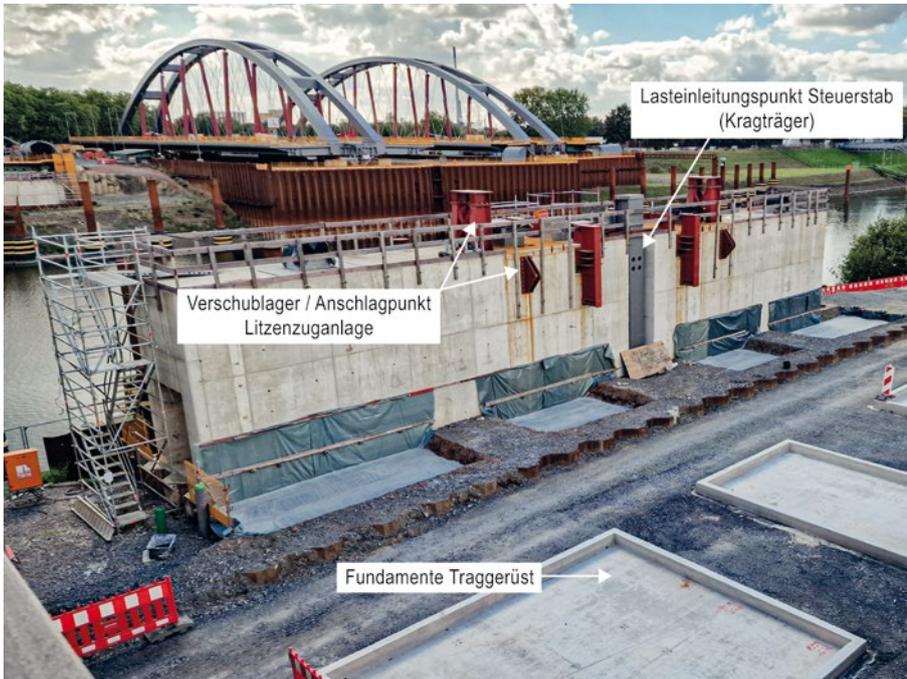


Bild 13 Temporärer Pfeiler Achse 3 vor Brückenverschub (Quelle: A. Bleckmann)
Temporary pier axis 3 before bridge displacement

zogen sich diese bis auf die beiden Bauwerke. Somit musste der Fahrbahnbereich an den Brückenenden mit unterschiedlichen Geometrien aufgeweitet werden. Der veränderliche Schrammbordverlauf und die abgesenkten Geh- und Radwegbereiche stellen damit für die stählerne Fahrbahnkonstruktion eine Besonderheit dar.

3.5.4 Brückenbesichtigungswagen

Zur Inspektion der Unterseite der Überbauten wurden verfahrbare Brückenbesichtigungswagen (BBW) vorgesehen. Die ca. 37,2m breiten BBW fahren auf Schienenträgern, welche sich in der Nähe der äußeren Längsträger befinden. Die Zugänglichkeit ist über ein Tor im Brückengeländer sowie einen seitlich vom BBW aufragenden Treppenturm gegeben. Öffnungen in den Geländern der BBW ermöglichen den Übergang auf die Widerlager und Pfeiler. Über verschließbare Öffnungen in den Untergurten der Versteifungsträger sind diese von den BBW aus zugänglich.

3.5.5 Versteifungsträger

Die als begehbare Hohlkästen ausgebildeten Versteifungsträger weisen in regelmäßigen Abständen verschließbare Öffnungen im Obergurt auf. Diese aus Gründen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes während der Inspektionen vorgesehenen Rettungsöffnungen stellen für das Haupttragglied eine entsprechend große Schwächung dar, was durch den Einsatz dickerer Bleche (bis zu 90 mm) im unmittelbaren Öffnungsbereich kompensiert wurde. Darüber hinaus kam bei der Ruhrbrücke in den Pfeilerbereichen aufgrund der Durchlaufwirkung sowie bei beiden Bauwerken infolge des Verschlusskonzepts

(Abschn. 4.2) für die inneren Stege in weiten Teilen S460 zum Einsatz.

Angesichts der Erforderlichkeiten für die Begehbarkeit, der statischen Belange für die Schottwirkung sowie der mit alternierendem Querversatz einmündenden Hängerschlussbleche mussten auch die Durchstiegsöffnungen im Wechsel angeordnet werden (Bild 14). Ferner bedurfte es aufgrund des Verschubs über die inneren Stege der beiden Versteifungsträger zusätzlicher Beulaussteifungen für die Montagezustände.



Bild 14 Besichtigungsgang im Versteifungsträger
Inspection gallery in the main girder

4 Besondere Anforderungen bei der Errichtung

4.1 Fertigung und Montage

Der komplette Stahlbau wurde im Werk Neumarkt i. d. OPf. der Firmengruppe Max Bögl gefertigt. Die bis zu ca. 90t schweren Bauteile wurden nach der Fertigung mittels Schwertransporten zum nahe gelegenen Hafen am Rhein-Main-Donau-Kanal transportiert und auf Schiffe verladen. Über den Main, Rhein und die Ruhr konnten diese unmittelbar bis zum Vormontageplatz verschifft werden (Bild 15), wo sie mittels eines Raupenkran an ihre Stelle gehoben werden konnten. Der Zusammenbau der beiden Überbauten von Ruhr- und Hafenkilbrücke auf dem Vormontageplatz erfolgte weitgehend gleichzeitig. Zunächst wurden die Fahrbahnbauteile in ihrer theoretischen Überhöhungsform auf Stapeln aufgelegt und miteinander verschweißt. Im Anschluss erfolgte die Montage der Bogenbauteile und Querriegel. Nach dem Verschweißen wurden die Seile eingehängt und der Überbau mittels hydraulischer Pressen an den Pressenpunkten hochgedrückt, sodass sich das Brückendeck freisetzte und die Seile Kräfte übernahmen. Bevor die Bogenhilfsstützen und Hilfsseile (Abschn. 4.2) für den Verschub eingebaut wurden, erfolgten eine Vermessung der Überbauten und die Kontrolle der Seilkräfte mit mehreren Spannvorgängen, um die Zielwerte zu erreichen.

4.2 Verschubkonzept

Das vielphasige Verschubkonzept der Hafenkilbrücke für die Umfahrlage kann in vier Abschnitte unterteilt werden:

1. Verschub von Vormontageplatz auf Ponton

Am vorderen Rand des Vormontageplatzes zur Ruhr hin wurden zwei Verschublager vorgesehen. Nach Fertigstellung des Stahlbaus bzw. vor dem Verschub wurde die Hafenkilbrücke auf diese umgelagert.



Bild 15 Zusammenbau auf Vormontageplatz
Assembly on construction site

Die Verschublager befanden sich in sämtlichen Achsen unter den inneren Stegen der beiden Versteifungsträger. Im hinteren Bereich wurde der Überbau auf mehreren SPMT-Einheiten abgesetzt (Bild 16). Mittels Litzen wurde der Überbau auf den in der Ruhr liegenden Ponton gezogen.

2. Einschwimmen mit Ponton in Umfahrlage/Ruhr
Nachdem der Überbau mit beidseitigen Auskragungen von ca. 51 m vollständig auf den Hilfsstützen des Pontons lag (Bild 17), konnte dieser in Richtung der Umfahrlage verbracht werden.
3. Verschub in Umfahrlage bis Hafenkilbrücke
Mit Absetzen auf dem Pfeiler in Achse 3 erfolgte der weitere (statisch bestimmte) Verschub über die Halbinsel Pontonwert mittels einer Litzenzuganlage.
4. Teilweise Übernahme auf Ponton in Hafenkilbrücke
Mit Erreichen der entsprechenden Auskragung über Achse 5 in den Hafenkilbrücke hinein konnte der Überbau wieder teilweise vom Ponton übernommen und bis in die Endposition der Umfahrlage/Hafenkilbrücke verbracht werden.

Für die Ruhrbrücke erfolgte die Montage analog zu den Abschnitten 1, 2 der Hafenkilbrücke. Die biegesteife angeschlossene Endfelder wurden nach der Montage des Stromüberbaus in Endposition der Umfahrlage angebaut. Aufgrund der notwendigen Kraftumlagerung von den Pfeilerachsen 2, 3 zu den Widerlagerachsen 1, 4 wurden die Bauteile auf den Widerlagern bereits tiefer aufgelegt und mit dem Stromüberbau verschweißt. Anschließend wurden diese auf Sollhöhe angedrückt, wodurch ein Teil der Kraftumlagerung erfolgte. Die Feinjustierung der Lagerkräfte wurde im Rahmen der Einlagerung vorgenommen (Abschn. 4.3).

Da sich die Verschublager in den verschiedenen Montagephasen an unterschiedlicher Stelle des Tragwerks befinden und sich somit vom Endzustand abweichende Systeme ergeben, wurden je Bogenebene sechs Hilfsstützen vorgesehen. Diese hatten während der Montage Kräfte bis zu ca. 15,5 MN (GZT) bei Längen bis zu ca. 21 m aufzunehmen. Die Hilfsstützen wurden teilweise durch zusätzliche Hilfsseile (gleicher Seildurchmesser wie für Endzustand) ausgekreuzt, um die Seile für den Endzustand während der Montage nicht zu überlasten. Hilfssei-



Bild 16 Hintere Auflagerung auf SPMTs für Aufschieben auf Ponton
Rearward support with SPMTs before shifting on the pontoon



Bild 17 Einschwimmen Hafencanalbrücke
Hafencanal bridge on the pontoon

le und Hilfsstützen wurden ebenfalls in den Verschublängsachsen der inneren Stege der Versteifungsträger angeordnet (Bild 18).

Nach vollständigem Rückbau der Bestandsbrücken und Neuerstellung der Unterbauten in der Endlage kann die letzte Phase der Montage erfolgen, indem beide Überbauten durch Querverschub mittels Verschubbahnen von der Umfahrungs- in die Endlage verschoben werden (voraussichtlich 2025).



Bild 18 Unterer Anschlusspunkt für Montagehilfsstütze
Lower connecting point of the flying shore

4.3 Einlagerung

Die horizontale Lagerung beider Bauwerke erfolgte in Längsrichtung jeweils mittels der Steuerstabsysteme (Abschn. 3.5). Für den Einbau dieser Steuerstabsysteme bzw. für den Anschluss des bereits mit den Überbauten eingeschoben Teils unter der Fahrbahn und den Einbauten in den Widerlagern (Hafencanalbrücke) bzw. den auf die Pfeiler in den Achsen 2, 3 aufgespannten Halte-trägern (Ruhrbrücke) wurden Möglichkeiten zum Ausgleich von Bautoleranzen in allen drei Richtungen vorgesehen, sodass die Montage reibungslos erfolgen konnte.

In Querrichtung wurden zur Minimierung der Querverformungen und der besonderen Gleisbettbauweise quer-feste Lager in den Bauwerkklängsachsen an jeweils beiden Widerlagern angeordnet. Für diese Horizontalkraftlager waren keine besonderen Maßnahmen erforderlich, jedoch musste bei der Ruhrbrücke sichergestellt werden, dass die in den Pfeilerachsen angeordneten Anschlusskonstruktionen des Steuerstabsystems keine zu große Zwangsbeanspruchung infolge der dort auftretenden Querverformungen und nicht vorhandenen Lagerung in Querrichtung erfahren.

Die vertikale Auflagerung beider Bauwerke erfolgte über vier Kalottenlager je Auflagerachse. Aufgrund der geringen Auflasten an den äußeren Lagern sowie der kleinen Auflasten in den Widerlagerachsen der Ruhrbrücke infolge der Durchlaufwirkung wurden Lasten mittels eingprägter Deformationen von den inneren Hauptlagern zu den äußeren Lagern sowie von den Pfeilerachsen zu den Widerlagerachsen hin umgelagert. Hierfür wurde ein Einlagerungskonzept erstellt und die Einlagerung mittels geprüfter Pressen in mehreren Schritten durchgeführt.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Der zweite Bauabschnitt des Oberbürgermeister-Karl-Lehr-Brückenzugs ist durch seine vielfältigen Randbedingungen und Abhängigkeiten geprägt, welche sich durch das innerstädtische Umfeld im Hafengebiet der Stadt Duisburg ergeben. Die Aufrechterhaltung von Straßenverkehr mit hohem Lkw-Anteil, Wasserstraßenbetrieb, ÖPNV (Straßenbahn) sowie von Fußgänger- und Fahrradverkehr stellten hohe Anforderungen an die Planung und den Bau der beiden Großbrücken unter sehr beengten Platzverhältnissen. Dies bedingte nicht nur einen detailliert durchgeplanten Bauablauf, sondern an vielen Stellen auch vom Standard abweichende Detaillösungen, welche nur durch das kooperative und partnerschaftliche

Miteinander aller im Planungs- und Bauprozess Beteiligten möglich waren.

Nach fast vier Jahren Bauzeit ist der wichtigste Meilenstein des Projekts, trotz mehrerer Hochwasserereignisse, vor dem Zeitplan erreicht worden. Im ersten Quartal 2024 wird die Behelfsumfahrung vollständig in Betrieb genommen. Der Abschluss der Brückenbaumaßnahme ist für 2026 geplant. Danach erfolgt als letztes Bauwerk die Umgestaltung des Knotens Kaßlerfeld. Der neue Brückenzug wird nach seiner Fertigstellung ein gelungenes Beispiel für einen leistungsfähigen und optisch ansprechenden Brückenbau sein, der den Duisburger Hafengebiet zukünftig prägen wird.

Literatur

- [1] Herbort, J.; Schubart, R. (2016) *Entwurfs- und Ausführungsplanung der Vinckekanalbrücke in Duisburg*. Stahlbau 85, H. 8, S. 534–542. <https://doi.org/10.1002/stab.201610405>
- [2] Engelke, N.; Hente, J.; Ebers-Ernst, J. (2021) *Dükerung des Hafenkilkanals in Duisburg*. Bautechnik 98, H. 12, S. 967–976. <https://doi.org/10.1002/bate.202100107>
- [3] Hente, J.; Ebers-Ernst, J. (2023) *Montagehafen an der Ruhr – OB-Lehr-Brückenzug in Duisburg*. Bautechnik 100, H. 12, S. 779–786. <https://doi.org/10.1002/bate.202300104>

Projektbeteiligte

Bauherr	Stadt Duisburg – Amt für Stadtentwicklung + Projektmanagement
Projektdurchführung	Wirtschaftsbetriebe Duisburg – AöR
Entwurfsplanung	GRBV Ingenieure im Bauwesen GmbH & Co. KG Meyer + Schubart Partnerschaft Beratender Ingenieure VBI mbB
Gestaltung	KRP Architektur GmbH (Kolb Ripke Architekten)
Bauausführung	Max Bögl SE

Autor:innen

Dipl.-Ing. (FH) Nils Engelke, M.Sc. (Korrespondenzautor:in)
n.engelke@grbv.de
GRBV Ingenieure im Bauwesen GmbH & Co. KG
Expo Plaza 10
30539 Hannover

Dr.-Ing. Jörg Frickel
frickel@meyer-schubart.de
Meyer + Schubart Partnerschaft Beratender Ingenieure VBI mbB
Hauptstraße 45
31515 Wunstorf

Dr.-Ing. Jeannette Ebers-Ernst
j.ebers-ernst@grbv.de
GRBV Ingenieure im Bauwesen GmbH & Co. KG
Expo Plaza 10
30539 Hannover

Zitieren Sie diesen Beitrag

Engelke, N.; Frickel, J.; Ebers-Ernst, J. (2024) *Entwurfs- und Ausführungsplanung der Ruhr- und Hafenkilbrücke in Duisburg*. Stahlbau 93, H. 2, S. 94–105.
<https://doi.org/10.1002/stab.202300089>