

Einsatz vorgespannter Fertigteilträger aus hochfestem Beton für das Überführungsbauwerk Fuelbecker Straße

Der Einsatz von hochfestem Beton bei integralen Brücken ermöglicht schnelle und schlanke Ersatzneubauten vieler zu erneuernder Überführungsbauwerke mit großen Spannweiten. Im folgenden Beitrag wird das Potenzial von vorgespanntem hochfestem Beton der Klasse C80/95 für Fertigteilträger am Beispiel eines integralen Überführungsbauwerks über eine sechsspurige Autobahn mit 56 m Spannweite aufgezeigt. Es werden der Planungsprozess mit den wesentlichen Herausforderungen und Lösungen sowie die Umsetzung in der Bauausführung beschrieben. Vergleichbare Bauwerke werden bereits in Stahlverbundbauweise errichtet. Das hier vorgestellte Bauwerk zeigt eine Erweiterung dieser Bauweise um Überbauten aus Spannbetonfertigteilen aus hochfestem Beton.

Stichworte Fertigteilbauweise; hochfester Beton; integrale Brücken; schnelles Bauen

1 Einleitung

1.1 Allgemeines

Die Vielzahl von bestehenden Infrastrukturbauwerken erfordert zunehmend die schnelle und effiziente Errichtung von Ersatzneubauten. Diese tragen unmittelbar zur Aufrechterhaltung des Verkehrsflusses, zur Stärkung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit sowie zur Reduzierung von Kosten, Umweltbelastungen und Verkehrseinschränkungen bei. Die Planung und Umsetzung solcher Projekte stellt eine gemeinsame Aufgabe von Bauherren, Planern und ausführenden Unternehmen dar, mit dem Ziel, Bauzeiten zu verkürzen und die Beeinträchtigungen des fließenden Verkehrs auf ein Minimum zu reduzieren. Durch die Verwendung von hochfestem Beton der Klasse C80/95 in Kombination mit einer Vorspannung können größere Spannweiten und schlankere Querschnitte erreicht werden, die sich gleichzeitig durch eine hohe Dauerhaftigkeit auszeichnen (vgl. u. a. [1, 2]). Das hohe Potenzial dieser Bauweise zeigt sich unter anderem darin, dass Überführungsbauwerke über sechsspurige Autobahnen als Rahmen mit über 50 m Spannweite ohne Zwischenstützen (Bild 1) in kürzesten Bauzeiten hergestellt werden können.

1.2 Schnelles und modernes Bauen

Schnell realisierte Bauprojekte tragen entscheidend zur Aufrechterhaltung des Verkehrsflusses und zur effizien-

Application of prestressed precast high-strength concrete girders for the Fuelbecker Straße overpass structure

The use of high-strength concrete in integral bridges enables the fast and efficient replacement of many overpass structures in need of renovation with large spans. The following article illustrates the potential of prestressed high-strength concrete C80/95 for precast girders using the example of an integral overpass structure spanning a six-lane motorway with a span of 56 m without intermediate supports. This includes a description of the planning process with the main challenges and solutions, as well as realisation in the construction phase. Similar structures are already being built using composite steel construction methods. The structure presented here shows an extension of this construction method to include superstructures made of precast prestressed concrete elements from high-strength concrete.

Keywords prefabricated construction; high-strength concrete; integral bridges; fast construction

ten Nutzung der Straßeninfrastruktur bei. Zügig errichtete Brücken gewährleisten die Erreichbarkeit wichtiger Verkehrsachsen und fördern die volkswirtschaftliche Entwicklung, indem sie den Zugang zu Arbeitsplätzen und Versorgungseinrichtungen sicherstellen. Verkürzte Bauzeiten senken zudem die Gesamtkosten, da Personal- und Geräteeinsatz sowie Baustelleneinrichtungen reduziert werden. Gleichzeitig verringert sich das Risiko von Kostensteigerungen infolge von Preisänderungen oder unvorhergesehenen Einflüssen.

Ein wesentlicher Bestandteil des modernen Brückenbaus ist die modulare Fertigteilbauweise, bei der unter kontrollierten Bedingungen hergestellte Elemente „just in time“ angeliefert und präzise montiert werden. Unterstützt wird



Bild 1 Bauwerk Fuelbecker Straße (Quelle: Echterhoff)
Fuelbecker Straße Overpass

dies durch digitale Planungs- und Steuerungstechnologien wie 3D-Modellierung, parametrische Querschnittsgestaltung und digitales Projektmanagement, die eine effiziente Koordination und hohe Ausführungsqualität ermöglichen.

Der Einsatz von Fertigteilen beschleunigt die Bauprozesse, da sich die Arbeiten auf der Baustelle und damit auch Bauzeit, Kosten sowie CO₂-Emissionen verringern. Allerdings erfordern Fertigteilkonstruktionen eine umfassende und frühzeitig abgeschlossene Planung, da die Bauteile vor Produktionsbeginn vollständig durchgearbeitet sein müssen. Im Gegensatz dazu bedingt die konventionelle Bauweise eine sequenzielle Ausführung mehrerer Gewerke und führt zu längeren Bauzeiten vor Ort. Zudem würde ein traditionelles Traggerüst bei größeren Spannweiten nicht nur erhebliche Mehrkosten verursachen, sondern auch zusätzliche Mittelunterstützungen mit entsprechenden Gründungen erfordern. Durch die direkte Anbindung des Kappengerüsts an die montierten Fertigteile entfällt hier dieser zeitintensive Montageschritt, der bei der konventionellen Bauweise erforderlich wäre. Im Durchschnitt lassen sich mit vorproduzierten Überbauten etwa zwei Monate Bauzeit gegenüber einem traditionell geschalteten Überbau einsparen.

Diese Bauweise ist für Überbauten sowohl für Stahlverbund- als auch Spannbetonquerschnitte mittlerweile gängig. Allerdings sind die wirtschaftlichen Spannweiten für Betonquerschnitte aufgrund ihrer Transportgewichte begrenzt. Mit dem Einsatz von hochfestem Beton in Verbindung mit einer möglichen gewichtsreduzierenden Querschnittsgestaltung sind nun auch Rahmentragwerke mit Stützweiten von über 50 m wirtschaftlich umsetzbar.

1.3 Vorteile von hochfestem Beton

Hochfester Beton bietet im Brückenbau eine Reihe entscheidender Vorteile. Durch die mögliche Aufbringung der höheren Vorspannkräfte lassen sich Querschnitte schlanker ausführen, wodurch die Eigenlasten reduziert und der Betonbedarf verringert werden. Aktuell sollen diese Vorteile beim Einsatz von hochfestem Beton noch nicht voll ausgeschöpft werden. Die Zustimmung im Einzelfall des BMV beschränkt die für die Nachweisführung nutzbare Klasse auf C50/60.

Der Vorteil beim Einsatz des hochfesten C80/95 liegt unter anderem in der hohen Dauerhaftigkeit des Bauteils. Das Betongefüge ist äußerst dicht, sodass das Bauteil weniger empfindlich gegen Umwelteinflüsse wird. Dies belegen Pilotprojekte, die äußerst gute Bewertungen bei Bauwerksprüfungen aufweisen. Eine der ersten deutschen Autobahnbrücken aus hochfestem Beton war die 1998 errichtete Brücke „Wirtschaftsweg Im Eichenloh über die A 96“ bei Buchloe – sie wurde 2022 im Rahmen der Bauwerkshauptprüfung nach DIN 1076 umfassend bewertet. Mit einer Gesamtzustandsnote von 1,8, insbesondere 1,1 für den hochfesten Überbau, zeigt sich der Überbau nach 25 Jahren Nutzung noch immer in einem nahezu neuer-



Bild 2 Bestandsbauwerk (Quelle: Die Autobahn GmbH)
Old structure

tigen Zustand [1]. Die Überbauten der sechs weiteren Bauwerke im Brückenbestand der Autobahn GmbH des Bundes wurden nach etwa 20 Jahren Nutzung gar mit der Note 1,0 bewertet [1].

2 Bauwerksbeschreibung

2.1 Bestand

Im vorliegenden Fall war der Ersatzneubau einer Brücke erforderlich, die eine Gemeindestraße über die sechsstreifige Bundesautobahn A 45 führte. Das 4-Feldbauwerk mit einer Gesamtlänge von 64,22 m überführte die Fuelbecker Straße im Abschnitt zwischen den Anschlussstellen Lüdenscheid und Lüdenscheid-Nord (Bild 2). Der Ersatzneubau wurde aufgrund der Einstufung in den Traglastindex V sowie des sechsstreifigen Ausbaus der A 45 mit Anpassung der Autobahnachse erforderlich. Das Bauwerk liegt in dem Autobahnabschnitt, der durch die Sperrung der Talbrücke Rahmede außer Verkehr gesetzt war.

2.2 Vorplanung – Variantenuntersuchung

Brückenbauwerke, die Verkehrswege über eine sechsstreifige Autobahn führen, müssen bei begrenztem Lichtraumprofil i. d. R. mit Pfeilern im Mittelstreifen der Autobahn ausgeführt werden. Für deren Herstellung ist die Einrichtung einer Inselbaustelle erforderlich, was entsprechend negative Auswirkungen auf den fließenden Autobahnverkehr hat. Frei spannde Systeme ohne Mittelpfeiler sind dagegen häufig deutlich teurer, da aufwendige Bogensysteme hergestellt werden müssen, mit mehr oder weniger großem Einfluss auf den Verkehrsfluss. Stahl-Verbund-Systeme sind als Rahmentragwerke in der Lage, schlanke Überbauten ohne Mittelpfeiler zu realisieren. Durch Vorfertigung und Verwendung von Beton-Teilfertigteilen lässt sich der Eingriff in den fließenden Verkehr mit dieser Bauweise minimieren. Allerdings werden Stahlbauteile in Brücken nach ZTV-Ing [3] i. d. R. durch Beschichtungssysteme vor Korrosion geschützt, die über die Lebensdauer erneuert werden müssen. Diese Instandsetzungsaufwände verursachen zusätzliche Kosten und führen zu weiteren Eingriffen in den Verkehrsfluss. Eine Alternative stellt die Verwendung von Spannbetonfertigteilträgern aus hochfestem Beton dar.

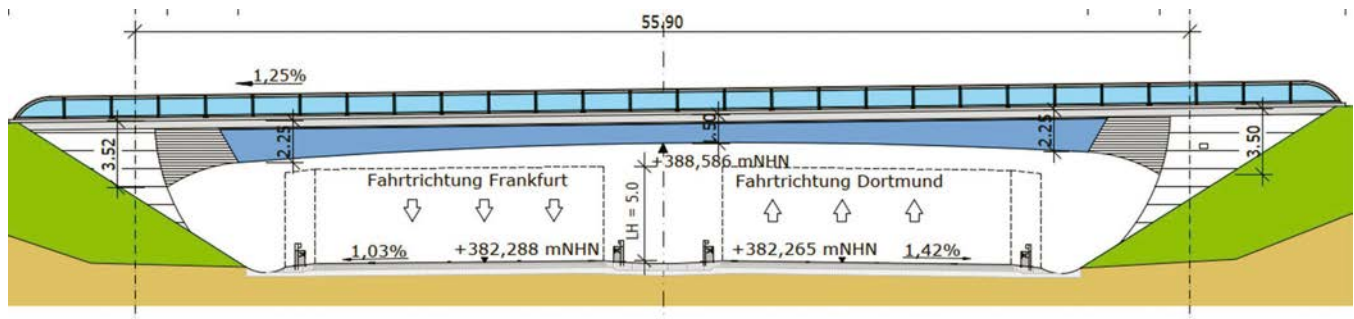


Bild 3 Variante 1 – Stahlverbundbrücke als Rahmentragwerk (Quelle: Doser Kempen Krause Ingenieure)
Variant 1 – Steel composite bridge as a frame structure

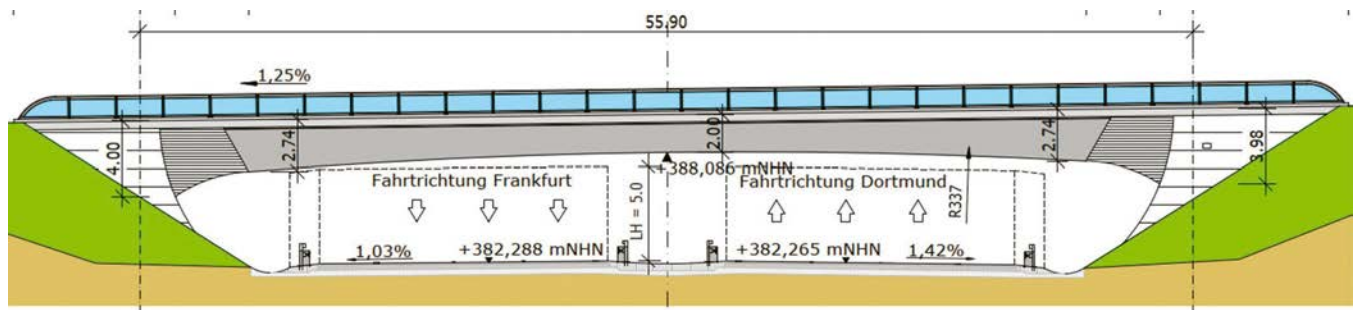


Bild 4 Variante 2 – Spannbetonbrücke als Rahmentragwerk in Ort beton
Variant 2 – Prestressed concrete bridge as a frame structure in in-situ concrete

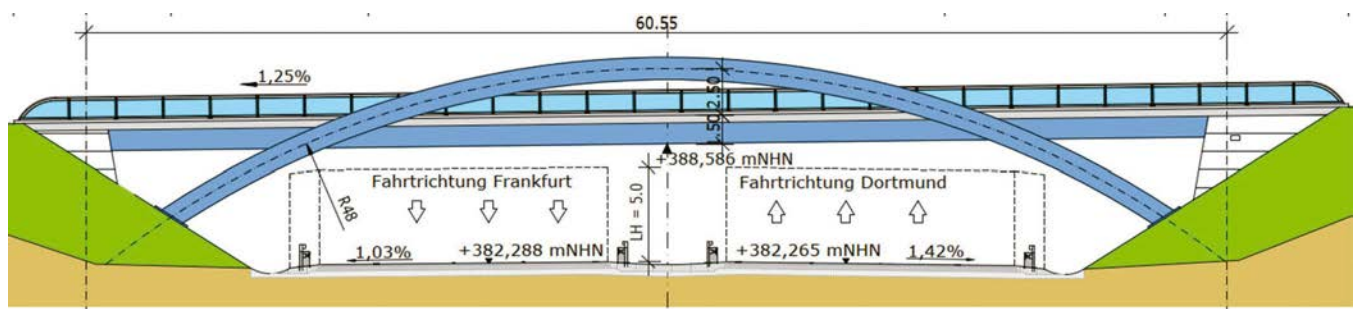


Bild 5 Variante 3 – Stabbogen mit Stahlverbund-Überbau
Variant 3 – Arch with steel composite superstructure

Für den Ersatzneubau waren die folgenden Randbedingungen einzuhalten:

- Lichte Weite zwischen den Widerlagern > 51 m (in BW-Achse: 53,9 m).
- Lichte Höhe > 5,0 m
- Entfall des Pfeilers im Mittelstreifen (keine „Inselbaustelle“)
- Baugrund: Flachgründung auf Fels möglich
- Lichtraumprofil der Autobahn für Baustellenverkehr freihalten
- Bauzeit möglichst minimieren

Für die vorgenannten Randbedingungen sind verschiedene diverse Ausführungsvarianten denkbar (Bilder 3–6), die sich am Gestaltungshandbuch des Bauherrn zum Autobahnabschnitt orientieren sollen. Als Überbauquerschnitt wurden ein Hohlkasten sowie mehrstellige Plattenbalken mit offenen und geschlossenen Profilen untersucht. Die Variantenuntersuchung konzentrierte sich dabei auf die in den Bildern 3–6 gezeigten Systeme. In Variante 4 wurden 45 m lange Betonfertigteile verwendet, um beim Einhub eine ausreichende lichte Weite des Auto-

bahnquerschnitts sicherzustellen. Dies ist in der aktuellen BEM-ING [4] bereits abgedeckt, war jedoch in der zum damaligen Zeitpunkt gültigen BEM-ING noch nicht enthalten ($L < 35$ m), sodass eine Zustimmung im Einzelfall (ZiE) erforderlich war. Die Bewertung der unterschiedlichen Varianten führte dennoch zur Vorzugsvariante 4. Die Vorteile bezüglich Kosten, Herstellungsweise und Dauerhaftigkeit überwogen die Nachteile einer ZiE für die überlangen und schweren Betonfertigteile (Tab. 1).

2.3 Überbau

Der Überbau ist als fünfstufiger Plattenbalkenquerschnitt aus C80/95 Fertigteilträgern mit Halbfertigteilplatte und Ortbetonergänzung konzipiert. Die Fertigteilträger sind entsprechend dem Momentenverlauf gevoutet und werden zu den Widerlagern hin mit Ortbeton verlängert und dort in eine Rahmenecke eingebunden. Die Konstruktionshöhe der Längsträger variiert zwischen 3,29 m (Rahmenanschnitt) und 1,35 m (Momentennulldurchgang). Zur Feldmitte hin vergrößert sich die Konstruktionshöhe mit einem parabelförmigen Verlauf auf 1,75 m.

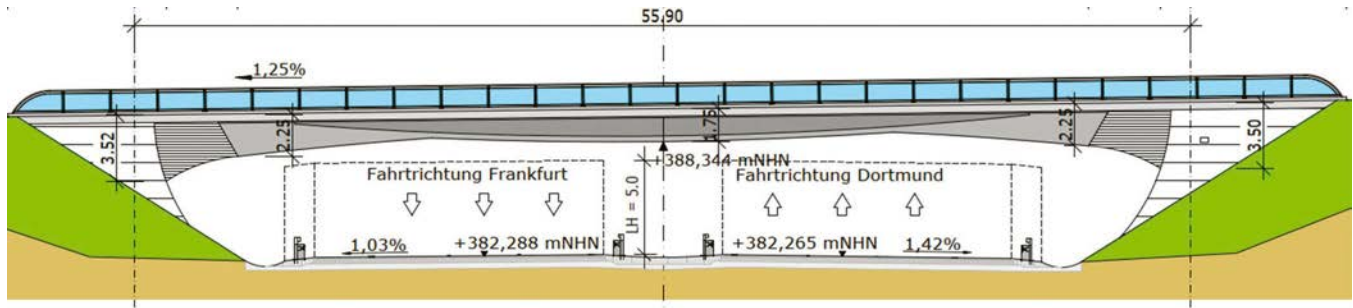


Bild 6 Variante 4 – Spannbeton-Rahmentragwerk mit Betonfertigteilen
Variant 4 – Prestressed concrete frame structure with precast concrete elements

Tab. 1 Bauwerksdaten Ersatzneubau
Building data for replacement building

Stützweite	55,90 m		
Verlauf Querschnittshöhe	3,30 – 1,75 – 1,35 – 1,75 – 1,35 – 1,75 – 3,30 m		
Schlankheit	L/H = 32		
Länge Fertigteilträger	45,00 m	> 35 m	→ ZiE
Transportgewicht	~97 t		
Betonfestigkeit Fertigteil	C80/95	> C50/60	→ ZiE
Baugrund	Verwitterungshorizont Tonstein/Grauwacke	Flachgründung	$\sigma_{Rd} = 1200 \text{ kN/m}^2, k = 300 \text{ MN/m}^2$

Die Fertigteile wurden mit einer Länge von 45 m hergestellt und antransportiert. Zusammen mit den Ortbetonverlängerungen zu den Widerlagern von 4,45 m ergibt sich eine lichte Weite von 53,90 m und damit eine Schlankheit von ~ 32 (Bild 7). Der Querschnitt (Bild 8) mit einer Konstruktionsbreite von 9,40 m setzt sich aus fünf Plattenbalken mit Achsabständen von 1,88 m zusammen. Die Stege sind an der Fahrbahnplatte 90 cm breit und verjüngen sich an den tiefsten Punkten in Feldmitte und der Fuge zum Ortbeton auf eine Breite von 50 cm. Mit dieser Breite wird der Ortbetonsteg nach unten fortgeführt. Die Fertigteile sind als „Hundeknochen“ ausgebildet. Die Stege reduzieren sich auf eine Breite von 35 cm, der untere „Flansch“ wird zur Aufnahme der vier Hüllrohre dimensioniert. Die Oberseite wird mit 45° abgeschrägt und folgt dem Spanngliedverlauf in Richtung Auflager. Dadurch wird der Steg entsprechend der erhöhten Querkraft zum Auflager hin bereits deutlich massiver bei

einer gleichzeitig sehr ansprechenden Querschnittsgestaltung. Mit diesen Maßnahmen beträgt das Gewicht des schwersten Fertigteils 97 t.

Die Fertigteile sind werkseitig mit jeweils zwei Spanngliedern mit nachträglichem Verbund vorgespannt. Zunächst erfolgte eine Vorspannung von etwa 30 % (Schwindvorspannung), um eine Dekompression beim Ausschalen (Bild 9) sicherzustellen. Unmittelbar vor dem Verlassen des Werks wurden die Spannglieder auf 100 % vorgespannt, um auch während der Betonage der Ortbetonergänzung den Dekompressionsnachweis einzuhalten. Zwei zusätzliche Hüllrohre dienen der Aufnahme von Baustellenspanngliedern, die vor Ort eingebaut und hinter den Rahmenecken verankert werden. Die Baustellenspannglieder verhindern im Endzustand das Auftreten von Zugspannungen an der stirnseitigen Arbeitsfuge zwischen Fertigteilende und Ortbetonergänzung sowie in

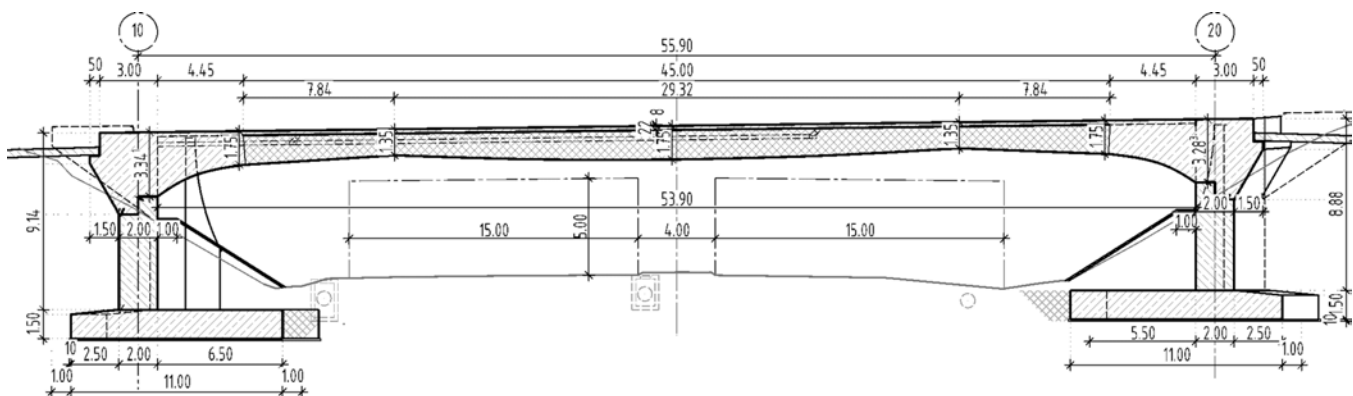


Bild 7 Längsschnitt der Brücke (Quelle: Doser Kempen Krause Ingenieure)
Longitudinal section of the bridge

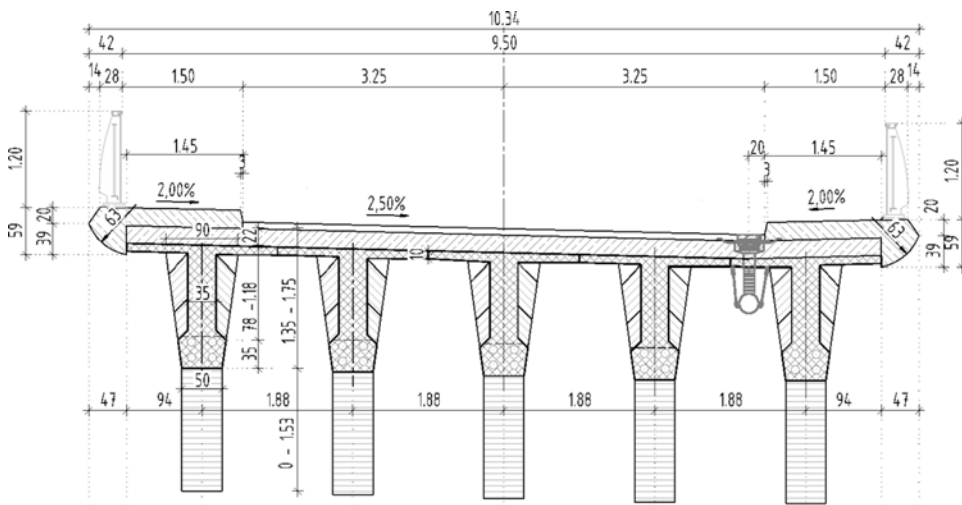


Bild 8 Querschnitt der Brücke (Quelle: Doser Kempen Krause Ingenieure)
Cross-section of the bridge

der Feldmitte und an den Oberseiten der Rahmenecke (Dekompressionsnachweis). Gleichzeitig ermöglichen sie eine Reduzierung der erforderlichen Bewehrung in der Rahmenecke.

Im Zuge der Ausführungsplanung der Betonfertigteile wurde eine detaillierte Arbeitsanweisung erstellt. Diese umfasst die Festlegung der Überhöhungswerte für die Schalung, die Lagerungs- und Transportbedingungen, die Betonieranweisungen sowie sämtliche erforderlichen Abstimmungen mit der ausführenden Baufirma.

2.4 Unterbauten

Die Ortbetonwiderlager wurden als Kastenwiderlager mit angehängten Parallelfügeln aus Stahlbeton ausgeführt. Zur Durchführung der Spannglieder und zur Anordnung einer Schleppplatte verbreitern sich die Widerlagerwände im Bereich der oberen Rahmenecke von 2,00m auf 3,50m Dicke (Rucksack). Um der Gestaltungsvorgabe des Handbuchs für die A 45 zu entsprechen, erhielten die Vorderseiten der Widerlager seitliche Kammerwände mit einer Dicke von 40cm. Diese

wurden erst nach dem Einbau der Endvorspannung hergestellt, um einen möglichst hohen Anteil der Vorspannung im Überbau zu erhalten; die Steifigkeit der seitlichen Flügel würde zu einer teilweisen Ableitung der Vorspannung in den Baugrund führen. Zur weiteren Reduzierung der Biegebeanspruchung des Überbaus wurden die erdseitigen Fundamentsporne minimiert und die luftseitigen deutlich verlängert, sodass das Bauwerk quasi „auf Zehenspitzen“ gründet (vgl. Bild 7). Der verlängerte Sporn dient gleichzeitig als Auflager für das Traggerüst der Fertigteilträger und des Ortbetonbereichs (Bild 10).

Mit dieser Querschnittsgestaltung ergibt sich eine sehr ansprechende Bauwerksform, die hinsichtlich Transportgewichten und Ressourcenverbrauch optimiert ist. Vor diesem Hintergrund wurden auch bspw. die Ortbetonbereiche des Überbaus mit den vorhandenen Stegbreiten fortgeführt und nicht als Vollquerschnitt im Sinne eines Endquerträgers ausgeführt (Bild 11). Der hier erhöhte Schalungsaufwand wird durch die eingesparten Betonkubaturen (und damit CO₂-Einsparung) gerechtfertigt.

3 Nachweisführung

3.1 Grundlagen

Das statische System der Brücke wurde im Rahmen der Nachweisführung umfassend untersucht. Nach mehreren Iterationen zur Optimierung des Querschnitts und des Spanngliedverlaufs konnte ein System entwickelt werden, bei dem alle Spannungsnachweise in allen Gebrauchszuständen erfüllt sind und die erforderliche schlaffe Bewehrung in den kritischen Bereichen konstruktiv einbaubar bleibt. Besonderes Augenmerk lag auf der Ausbildung der Rahmenecken, der äußeren Standsicherheit (klaffende Fuge) sowie auf dem Verhalten der Fugen zwischen Fertigteil und Ortbetonergänzung. Grundlage für die Nachweisführung war die RE-Ing [5] mit ihrer Einstufung des Bauwerks in die Anforderungsklasse 4.



Bild 9 Aushub Fertigteile aus der Schalung (Quelle: ELO Beton Elementbau Osthessen)
Excavation Precast elements from the formwork



Bild 10 Traggerüst der Fertigteilträger (Quelle: Echterhoff)
Support structure for precast girders

3.2 Rahmenecke

Durch die integrale Bauweise können größere Schlankheiten erzielt werden, zugleich entstehen jedoch zusätzliche Zwangsschnittgrößen [6], die bei dem Projekt eine detaillierte Untersuchung der Machbarkeit im Bereich der Rahmenecke (D-Bereich) erforderlich machten. Nach RE-Ing Teil 2-5 Abschnitt 4.3 wird für die Rahmenecke die Entkopplung der Spannbewehrung von der Eckbewehrung durch die Anordnung eines „Rucksacks“ empfohlen. Durch den 1-m-Überstand des Überbaus über die Widerlagerwand ist eine gleichmäßige Spannkrafteinleitung in der Rahmenecke sichergestellt. Die Lastübertragung vom vorgespannten Überbau in die schlaff bewehrten Widerlagerwände wurde mithilfe ergänzender Schalenmodelle überprüft.

Der in Bild 12 dargestellte Spannungsverlauf resultiert aus den äußeren Lasten und der Vorspannung und lässt folgenden Kraftfluss erkennen: Der Einfluss des negativen Moments in der Widerlagerwand aus äußeren Einwirkungen ist an den verbleibenden vertikalen Zugspannungen (rote Trajektorien) an der Erdseite des Widerlagers und den luftseitigen Druckspannungen (blaue Trajektorien) deutlich zu erkennen. Im Überbaubereich dominieren die unterseitigen Druckspannungen, die sowohl aus äußeren Lasten (negatives Rahmeneckmoment) als auch der Druckkraft der Vorspannung rühren. Die oberseitigen Druckspannungen sind zwar gering, es ist aber deutlich zu erkennen, dass sich keine Zugspannungen einstellen. Hier überdrückt die Vorspannkraft die Zugkomponente der Rahmenecke. Entsprechend kann auch die Betonstahlbewehrung in diesem Bereich deutlich reduziert werden. Dennoch ist zu gewährleisten, dass der Kraftfluss der Rahmeneckbewehrung aus dem Widerlager mit der Vorspannkraft sichergestellt ist. Dafür wird die dreilagige Bewehrung Ø28/15 aus dem Widerlager mit der großen



Bild 11 Einbindung Überbau in Widerlager (Quelle: Echterhoff)
Integration of superstructure into abutment

Biegerolle in den Überbau geführt und dort mit einer Übergreifung mit den Spanngliedern ausgebildet.

3.3 Fuge zwischen Fertigteilende und Ortbetonverlängerung

Die vertikale Fuge zwischen dem Ende des Fertigteils und der Ortbetonverlängerung (Bild 13) wurde bereits in der Entwurfsphase als eine der kritischen Stellen des Bauwerks identifiziert. Bei der Beurteilung dieser Fuge wirken die durchlaufenden Baustellenspannglieder günstig und werden so angeordnet, dass sie die Fuge gezielt überdrücken. Da an der Höhe des oberen verankerten Spannglieds die nach DIN EN 1992-1-1, 8.10.4 (108) [7] geforderte Mindestdruckspannung von 3 N/mm^2 nicht erreicht wurde, kam dort eine 35%-Rückhängebewehrung zum Einsatz. Zusätzlich wurden Rissbreitenbewehrung für späten Zwang (Zugkeildeckung gegen f_{ctm}), eine geneigte Fuge als Verkeilung sowie eine Fugenverzahnung vorgesehen. In Summe konnte damit ein Lösung erarbeitet werden, die neben der Einhaltung der erforderlichen Nachweise eine gute Betonierbarkeit gewährleistete.

3.4 Klaffende Fuge

Bei integralen Brücken wirken Boden und Tragwerk zusammen. Die Bodensteifigkeit hat relevanten Einfluss auf die Nachweisführung des Überbaus. Daher fordert die RE-ING eine Betrachtung der Bodensteifigkeit in einer nennenswerten Bandbreite. Im vorliegenden Fall wurde die nach RE-ING empfohlene Bandbreite zwischen 0,5- und 2,0-facher mittlerer Bodensteifigkeit vom Baugrundgutachter für die Bauwerksuntersuchungen bestätigt. Bereits in der Entwurfsplanung erfolgten enge Abstimmungen mit dem Bodengutachter, um wirtschaftliche Querschnitte zu erzielen. Die Bauwerkssteifigkeit im

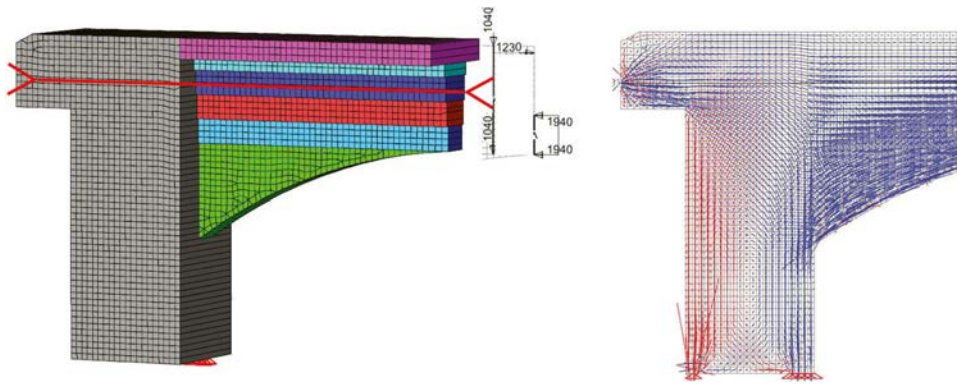


Bild 12 Schalenmodell der Rahmenecke mit dem Spannungsverlauf (Quelle: Doser Kempfen Krause Ingenieure)
Shell model of the frame with the stress distribution

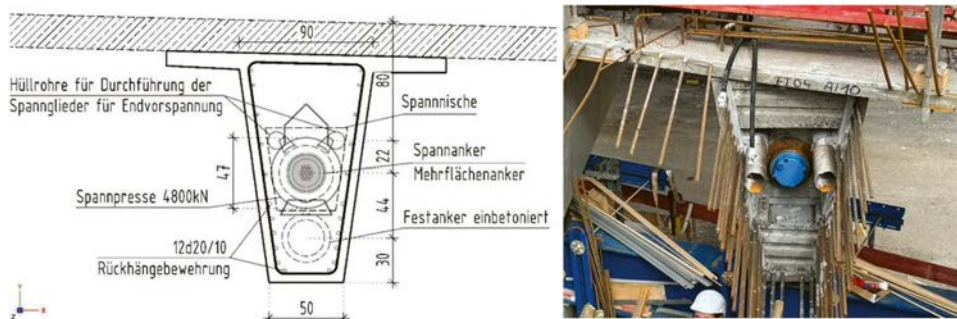


Bild 13 Vertikale Stirnfuge am Fertigteilende (Quelle: Doser Kempfen Krause Ingenieure)
Vertical joint at the end of the precast element

Verhältnis zur sehr hohen Felssteifigkeit führte dazu, dass beim doppelten Bettungsmodul (oberer Grenzwert) unter ständigen Lasten lokal abhebende Bodenpressungen im erdseitigen Sporn auftraten. Damit ergab sich rechnerisch eine zunächst unzulässige „klaffende Fuge“. Dieser Umstand wurde im vorliegenden Fall jedoch akzeptiert, da das Rahmenbauwerk kein Stabilitätsproblem aufweist. Der Einfluss auf Setzungen oder andere ungünstige Effekte wurde durch den Baugrundgutachter bewertet. Der Nachweis der Kernweite erfolgte über die Sohldruckresultierende [8], die vollständig innerhalb der Kernweite blieb.

Bauablauf dar. Die Betonage konnte aber dennoch bereits Ende März stattfinden. Bis zur Fertigstellung mussten neben den üblichen Arbeiten zu Abdichtung, Kappenherstellung, Asphalt einbau, Montage der Schutteinrichtung und Geländer noch die luftseitigen Flügel hergestellt werden. Im Mai 2025 konnte das Bauwerk wieder für den Verkehr freigegeben werden (Tab. 2).

Damit betrug die Gesamtbauzeit lediglich neun Monate. Dies ist das Ergebnis einer sehr konstruktiven und lösungsorientierten Zusammenarbeit von Bauherrn, Planer und Prüfingenieur bereits in der Entwurfsphase und

4 Bauausführung

Nach der Genehmigung des Entwurfs durch das BMVI und die Autobahn GmbH des Bundes wurde die Ausschreibung sehr zeitnah veröffentlicht. Mit der Maßnahme beauftragt wurde die Firma Echterhoff aus Westerkappeln, die bereits im August 2024 mit den Arbeiten vor Ort beginnen konnte. Nach dem Abbruch des Bestandsbauwerks wurden die beiden Widerlager ohne die luftseitigen Flügel bis zum Jahresende fertig gestellt, sodass das Traggerüst für die Schalung der Ortbetonergänzungen und die Lagerung der Überbauträger aufgebaut werden konnte. Diese wurden im Fertigteilwerk hergestellt und just-in-time zum Einhub angeliefert. Ende Februar 2025 konnte deren Einhub stattfinden (Bild 14). Die Verlegung der komplexen Bewehrungsführung innerhalb der Rahmenecke und der Trägerverlängerungen stellte noch eine Herausforderung im



Bild 14 Fertigteile (Quelle: Echterhoff)
Girders lifting

Tab. 2 Bauablauf
Construction schedule

August 2024	Beginn der Einrichtung
September 2024	Abbruch und Herstellung der Baugruben
Oktober/November 2024	Herstellung Fundamente und Widerlager (ohne luftseitige Flügel)
Dezember 2024/Januar 2025	Restarbeiten Unterbauten + Aufbau Traggerüste
Januar 2025	Fertigung der Fertigteile im Werk
Ende Februar 2025	Einhub der Fertigteile
Ende März 2025	Betonage Ortbetonergänzung und Rahmenecken
April 2025	Abdichtungsarbeiten + Herstellung der Kappen
Mai 2025	Abdichtung und Asphalt Fahrbahn; Markierung, Schutz Einrichtung, Geländer; Herstellung der luftseitigen Flügel; Fertigstellung der Gesamtmaßnahme
Mai 2025	Verkehrsfreigabe
Gesamtbauzeit	9 Monate

auch der ausführenden Firma während der Umsetzung. Durch die frühen Abstimmungen zu den relevanten Nachweis- und Konstruktionspunkten bereits in der Entwurfsphase konnte die Ausführungsplanung äußerst reibungslos umgesetzt werden. Dabei half wohl auch, dass im vorliegenden Fall die Entwurfs- und Ausführungsplanung in einer Hand lagen. Die Bauausführung fand zudem ohne nennenswerte Zwischenfälle statt.

Der Ersatzneubau des Überführungsbauwerks wurde im Schatten der Sperrung der Talbrücke Rahmede umgesetzt, welche im gleichen Streckenabschnitt 2,5 km weiter nördlich liegt. Beim Bau war daher nicht mit öffentlichem Verkehr, jedoch mit dem Baustellenverkehr der Talbrücke Rahmede zu rechnen. Da die Bauweise durch den Einsatz der hochfesten Fertigteile die stützenfreie Überbrückung des Lichtraumprofils der sechsstreifigen Autobahn auch im Bauzustand ermöglicht, sind bauzeitliche Verkehrsführungen problemlos umsetzbar. Um die Reduzierung der Verkehrseinschränkungen bei Umsetzung eines Einfeldbauwerks mit Fertigteilen zu verdeutlichen [9], werden diese in Tab.3 einer üblichen Maßnahme als Zweifeldbauwerk in Ortbetonbauweise gegenübergestellt.

Die Verwendung des hochfesten Betons der Klasse C80/95 wurde betontechnologisch durch Gutachter Prof. Rolf Breitenbücher begleitet. Daher wurden die wesent-

lichen Eigenschaften der vorgesehenen Betonrezeptur durch die Materialprüfungsanstalt Darmstadt untersucht. Bei den Baustoffprüfungen wurde eine Erhöhung der Druckfestigkeiten von ca. 5 % festgestellt, was sich günstig auf die Druckspannungsnachweise auswirkt. Der E-Modul war um ca. 17 % erhöht. Eine Überprüfung am statisch unbestimmten Gesamtsystem ergab vernachlässigbare Auswirkungen. Zum Kriech- und Schwindverhalten konnte keine zuverlässige Aussage über relevante Abweichungen zu den nach Norm anzusetzenden Eigenschaften festgestellt werden, sodass die Berechnungen hier unverändert bleiben. Aufgrund der geringen Abweichungen war keine Anpassung der Betonrezeptur erforderlich.

Nach Fertigstellung des Bauwerks wurde ergänzend zu den Bestandsunterlagen ein As-Built-Modell (Bild 15) erstellt. Der Digitale Zwilling nach der BIM-Methode dient als „digitale Bauwerksakte“ und enthält detaillierte Informationen zur Ausführung, zu verwendeten Materialien, Produkten und zugehörigen Prüfunterlagen. Mit der Umsetzung des Anwendungsfalls 190 (Projekt- und Bauwerksdokumentation) konnten folgende Mehrwerte erzielt werden:

– Zentrale und eindeutige Ablage („Single Source of Truth“) durch Verknüpfung von Revisionsunterlagen mit 3D-Objekten

Tab. 3 Mögliche Verkehrsführungen und Verkehrseinschränkungen bei laufendem Verkehr
Possible traffic management measures and restrictions during ongoing operations

Bei Überbaufertigteilen	Bei Ortbetonüberbau	Grund der Einschränkung
-	2+2 außen	Einrichtung Inselbaustelle
2+2 innen	2+2 innen	Herstellung Baugruben / Widerlager
kurze Vollsperrung	-	Auflegen der Fertigteile, inkl. Kappengerüst/Entwässerung
-	längere Vollsperrung	Montieren des Traggerüste mit Schutzgerüst oberhalb Verkehr
-	kurze/halbseitige Vollsperrung	Montieren der Kappenschalung
kurze/halbseitige Vollsperrung	kurze/halbseitige Vollsperrung	Ausschalen der Kappen
-	ggfs. kurze Vollsperrung	Einbauen der Entwässerungsleitung
-	2+2 außen	Rückbau Inselbaustelle



Bild 15 As-Built-Modell (Quelle: Doser Kempen Krause Ingenieure)
As-Built-Modell

Tab. 4 Projektbeteiligte
Main participants

Bauherr	Die Autobahn GmbH des Bundes Niederlassung Westfalen – Außenstelle Netphen
Prüfingenieur	Prof. Dr.-Ing Maurer (Dr.-Ing. J. Heinrich) KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft mbH Dortmund Beratende Ingenieure
Baugrundgutachter	ETN Ingenieurbüro für Geotechnik
Ausführende Firma	Bauunternehmung Gebr. Echterhoff GmbH & Co. KG
Planung Bauwerk	Doser Kempen Krause Ingenieure GmbH

- Langfristige Sicherung der digitalen Daten durch herstellerneutrale Archivformate
- Verbesserte Datengrundlage für den Betrieb und die Instandhaltung

5 Zusammenfassung

Im Rahmen des Ersatzneubaus der Fuelbecker Straße über die sechsstreifige Autobahn A 45 wurde eine integrale Brücke mit Fertigteilen aus hochfestem Beton (C80/95) geplant. Ziel war die Verkürzung der Bauzeiten, die Minimierung von Verkehrsbeeinträchtigungen und die Nutzung schlanker Querschnitte bei großen Spannweiten von über 50 m ohne Zwischenstützen. Die Vorplanung resultierte in einer Vorzugsvariante mit vorgespannten Fertigteilträgern. Diese weisen eine Länge von 45 m auf, um stützenfrei den sechsstreifigen Autobahnquerschnitt überspannen zu können. Beide Aspekte waren zum Planungszeitpunkt nicht in den einschlägigen Regelwerken (u. a. [4, 5]) geregelt, sodass eine Zustimmung im Einzelfall beim BMVI erwirkt wurde.

Die 97 Tonnen schweren Fertigteilträger wurden im Werk vorgefertigt und die Trägerspannglieder vorgespannt. Auf der Baustelle wurden diese mit den Ortbetonergänzungen zu einem durchgehenden, vorgespannten Rahmensystem verbunden. Durch die Anordnung der Baustellenspannglieder konnten die Dekompressionsnachweise eingehalten und auch die vertikale Arbeitsfuge zwischen

Fertigteilende und Ortbetonverlängerung überdrückt werden. Zur weiteren Sicherung dieser Fuge wurden eine verzahnte Oberfläche, eine geneigte Fugenkante als Verkeilung sowie neben der Robustheits- auch eine Mindestrissbewehrung für späten Zwang angeordnet.

Die Planung der integralen Brücke folgte den Vorgaben der RE-ING [5] und erforderte damit die vertiefte Betrachtung der Interaktion von Bauwerk und Baugrund. Die Wahl der Vorspannung muss alle Nachweise unter Berücksichtigung der oberen und unteren Grenzwerte der Bodensteifigkeit erbringen. Im vorliegenden Fall wurde die Rahmenecke zusätzlich am Schalenmodell untersucht, wobei die Wirksamkeit der Vorspannkraft nach [7] entsprechend den Konstruktionsangaben der RE-ING belegt werden konnte. Der Nachweisführung der äußeren Standsicherheit ergab bereichsweise eine klaffende Fuge unter ständigen Lasten. Beim vorliegenden Rahmentragwerk konnten diese vernachlässigt werden.

Durch die Kombination aus hochfestem Beton, modularer Fertigteilbauweise und digital gestützter Planung konnte die Bauzeit deutlich reduziert werden. Gleichzeitig wurden Verkehrsbehinderungen während der Bauphase minimiert und die Ressourceneffizienz gesteigert. Die Umsetzung zeigt das Potenzial integraler, vorgespannter Brückenbauwerke, sowohl in Bezug auf Tragfähigkeit, Schlankheit und Dauerhaftigkeit als auch auf eine wirtschaftliche, robuste und nachhaltige Bauweise (Tab. 4).

Literatur

- [1] Haveresch, K.; Maurer, R.; Breitenbücher, R. (2024) *Fertigteilüberbauten für Brücken aus Hochfestem Beton – schneller, schlanker und nachhaltiger*. Beton- und Stahlbetonbau 119, H. 2, S. 131–144. <https://doi.org/10.1002/best.202300080>
- [2] Heinrich, J.; Maurer, R.; Reddemann, T.; Schnetgöke, T.; Yavuz, T. (2023) *Schnellbauweise für Brücken mit weitgespannten Fertigteilträgern aus C80/95*. Beton- und Stahlbetonbau 118, H. 11, S. 779–787. <https://doi.org/10.1002/best.202300063>
- [3] ZTV-ING: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur [Hrsg.] (2023) *Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten – ZTV-ING 12-2023*.
- [4] BEM-ING: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur [Hrsg.] (2022) *Regelungen und Richtlinien für die Berechnung und Bemessung Ingenieurbauten*.
- [5] RE-ING (2023) *Richtlinien für den Entwurf, die konstruktive Ausbildung und Ausstattung von Ingenieurbauten – Teil 2 Brücken*. Bundesministerium für Digitales und Verkehr. Stand März 2023.
- [6] Engelsmann, S., Schlaich, J.; Schäfer, K. (1999) *Entwerfen und Bemessen von Betonbrücken ohne Fugen und Lager* in: DAfStb [Hrsg.], Heft 496 der Schriftenreihe, Beuth, Berlin.
- [7] DIN EN 1992-2 inkl. NA (2013) *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 2: Betonbrücken Bemessungs- und Konstruktionsregeln*. Berlin: Beuth.
- [8] DIN 1054 (1997) *Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1*. Berlin: Beuth.
- [9] Dommès, C.; Camps, B.; Hegger, J. (2024) *Planungshilfe zur Umsetzung modularer Brückenbausysteme in Deutschland*, Ostfildern: Technische Akademie Esslingen, S. 419–426.

Autor:innen



Dipl.-Ing. Hans-Peter Doser
(Korrespondenzautor:in)
hpdosер@doserkempenkrause.de
Doser Kempen Krause Ingenieure
Uersfeld 24
52072 Aachen



Evald Virsumirski, M.Sc.
evirsumirski@doserkempenkrause.de
Doser Kempen Krause Ingenieure
Uersfeld 24
52072 Aachen



Tim Reinold, B.Eng.
treinold@echterhoff.de
Bauunternehmung Gebr. Echterhoff
GmbH & Co. KG
Industriestr. 9
49492 Westerkappeln

Zitieren Sie diesen Beitrag

Doser, H.-P.; Virsumirski, E.; Reinold, T. (2026) *Einsatz vorgespannter Fertigteilträger aus hochfestem Beton für das Überführungsbauwerk Fuelbecker Straße*. Beton- und Stahlbetonbau 121, H. 2, S. 116–125. <https://doi.org/10.1002/best.70071>

Dieser Aufsatz wurde in einem Peer-Review-Verfahren begutachtet.
Eingereicht: 6. November 2025; angenommen: 12. Dezember 2025.