



www.maurer.eu

BRÜCKENBAU

Construction & Engineering

Ausgabe 1/2 • 2016

16. Symposium Brückenbau in Leipzig

Möglichkeiten der Ertüchtigung orthotroper Fahrbahnplatten UHPC-Pilotprojekt »Bahnbrücke Beimerstetten«

■ ■ ■ von Marcel Zembrot

Die Rheinbrücke Maxau im Zuge der Bundesstraße B 10 bei Karlsruhe muss infolge Ermüdung mittelfristig ertüchtigt werden. Eine Machbarkeitsstudie hatte im Jahr 2011 ergeben, dass die Verstärkung der orthotropen Fahrbahnplatte am besten durch das Aufbringen einer dünnen Schicht aus ultrahochfestem Beton erreicht wird. Um eigene Erfahrungen mit dem sogenannten UHPC-Verfahren gewinnen zu können, wurde diese in Deutschland bislang nicht umgesetzte Verstärkungsmethode vor dem Einsatz an der Rheinbrücke Maxau an einem kleineren Bauwerk pilothaft angewandt. Die Wahl fiel dabei auf die Bahnbrücke Beimerstetten im Zuge der Landesstraße L 1239.

1 Ausgangspunkt

Die Rheinbrücke Maxau, eine Schrägseilbrücke aus Stahl, ist im Jahr 1966 mit je zwei Fahrstreifen pro Fahrtrichtung für den Verkehr freigegeben worden. Im Rahmen der damaligen Planungen wurde davon ausgegangen, dass maximal ca. 33.000 Kfz/d das Bauwerk befahren werden. Tatsächlich sind es heute an Werktagen bis zu 82.000 Kfz mit einem Schwerverkehrsanteil von ca. 9 %. Diese Verkehrsentwicklung hat bereits in den 1990er Jahren zu ersten Ermüdungsrisiken an den Schweißnähten geführt. Ein in dem Zusammenhang beauftragtes Gutachten hatte 1997 zum Ergebnis, dass die Risse kein unmittelbares Standsicherheitsproblem darstellen. Auf Grundlage einer Betriebsfestigkeitsuntersuchung kam das Gutachten jedoch auch zum Ergebnis, dass das Bauwerk mit der anstehenden Umnutzung des Standstreifens als dritte Fahrspur noch eine Restnutzungsdauer von 15–20 Jahren habe.



1 Rheinbrücke Maxau (noch) vor der Ertüchtigung
© Regierungspräsidium Karlsruhe

Danach sei mit größeren Schäden zu rechnen, die unter Teil- und Vollsperrung der Brücke zu sanieren wären. Dass jene Aussagen nicht nur von theoretischer Natur waren, beweisen 600 im Jahr 2007 aufgetretene Schweißnahtrisse, die unmittelbar im Rahmen einer Sofortmaßnahme saniert werden mussten. Um zu untersuchen, wie die mit einer Dicke von lediglich 12 mm besonders relevante orthotrope Fahrbahnplatte so ertüchtigt werden kann, dass sie den künftigen verkehrlichen Beanspruchungen gewachsen ist, hatte das Regierungspräsidium Karlsruhe eine im Jahr 2011 veröffentlichte Machbarkeitsstudie in Auftrag gegeben, die insgesamt sieben Varianten zur Verstärkung der Fahrbahnplatte der Rheinbrücke Maxau darstellt. Die weiteren Betrachtungen zeigten aber, dass lediglich die folgenden vier Varianten geeignet sind, eine nicht nur punktuelle, sondern großflächige Verstärkung der Fahrbahnplatte zu bewirken: Aufbeton mit Kopfbolzenverankerung, Sandwich-Plate-System (zweites Deckblech mit Polyurethan-Zwischenschicht), Blech-aufklebungen mittels Epoxidharz sowie Aufbringen einer dünnen Schicht aus ultrahochfestem Beton. Auf Basis eines durchgeführten Vergleichs der vier Verstärkungsmethoden empfahl die Machbarkeitsstudie das UHPC-Verfahren als vorteilhafteste Alternative für die Verstärkung der Rheinbrücke Maxau zur weiteren Anwendung.

2 UHPC-Verfahren

Beim UHPC-Verfahren kommt ein besonders hochfester, mit Fasern und Stahlstäben bewehrter Beton (Ultra-High Performance Concrete) zum Einsatz, dessen Druckfestigkeiten zwei- bis dreimal höher sind als die der üblicherweise im Brückenbau verwendeten Betone. Der UHPC wird dabei als Verbundwerkstoff in einer Schichtdicke von lediglich 6,50 cm auf die Stahlfahrbahnplatte aufgebracht. Durch die steife Verzahnung von Beton und Stahl wird in Verbindung mit der zweilagigen Bewehrung in Längs- und Querrichtung eine stabilisierende Wirkung erreicht, die entscheidend die Lebensdauer der ermüdungsanfälligen Stahlbauteile und deren Verbindungsmittel in Form von Schweißnähten sowie Schraub- und Nietverbindungen erhöht. Darüber hinaus besitzt der UHPC aufgrund seines speziellen Gefüges extrem wenige Kapillarporen und damit hervorragende dichtende Eigenschaften, die weitere Abdichtungsmaßnahmen in Form klassischer Brückenabdichtungen mit Bitumenschweißbahnen und Asphalt-dichtungsschichten entbehrlich machen.

Die Verstärkungsmaßnahme erfolgt somit im Verhältnis zum derzeitigen Fahrbahnaufbau mit Blick auf das Einbaugewicht und die Einbauhöhe nahezu neutral, was einen der wesentlichen Vorteile der UHPC-Bauweise darstellt. So können im Ergebnis mit einem Mehrgewicht von lediglich 0,50 kN/m² die Spannungen aus lokalen Einflüssen in der Fahrbahntafel und in den Steifen um den Faktor 4–5 reduziert werden.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil der UHPC-Bauweise besteht darin, dass die durch die Baumaßnahme verursachten Verkehrsbeeinträchtigungen deutlich geringer ausfallen, als dies bei der Umsetzung einer konventionellen Verstärkungsmethode der Fall wäre. So geht das Land derzeit davon aus, dass die Ertüchtigung der Rheinbrücke Maxau mit einer Fläche von 10.160 m² in einem Zeitraum von rund neun Monaten unter Aufrechterhaltung des Verkehrs in Form einer 4+0-Verkehrsführung sowie zusätzlich 12–16 tageweiser Vollsperrungen realisiert werden kann. Die Vollsperrungen, die während der Betonage und der ersten Abbindephase des UHPC erforderlich sind, sollen dabei zur weiteren Minimierung der Verkehrsbeeinträchtigungen möglichst am Wochenende angesetzt werden.

Die besondere Herausforderung des UHPC-Verfahrens liegt in der Bauausführung. So ist die dünne, hochbewehrte Betonschicht mit sehr geringen Toleranzen hinsichtlich der Frischbetoneigenschaften sowie der klimatischen und mechanischen Einbaubedingungen herzustellen und einzubringen. In der Folge sind nicht nur engdefinierte Einbaubedingungen auf der Baustelle zu gewährleisten, die Bauausführung verlangt insbesondere auch eine hohe Qualifikation aller in der Herstellungskette Beteiligten.

Das UHPC-Verfahren ist noch nie in Deutschland, jedoch schon mehrfach in den Niederlanden angewandt worden. Seine grundsätzliche Eignung zur Verstärkung ist somit nachgewiesen. Um jedoch konstruktive Details erproben und eigene Erfahrungen im Hinblick auf die anspruchsvolle Bauausführung gewinnen zu können, hat das Land Baden-Württemberg zusammen mit dem Bund beschlossen, es vor dem geplanten Einsatz an der Rheinbrücke Maxau an einem kleineren Bauwerk pilothaft anzuwenden. Die Wahl fiel dabei auf die Bahnbrücke Beimerstetten im Zuge der L 1239 nördlich von Ulm.



2 Bahnbrücke Beimerstetten nördlich von Ulm
© Regierungspräsidium Karlsruhe

3 Pilotprojekt Beimerstetten

Die Bahnbrücke Beimerstetten hatte sich als Pilotprojekt angeboten, da hier ohnehin eine Instandsetzungsmaßnahme geplant war und das Bauwerk in puncto Alter und Konstruktion mit der Rheinbrücke Maxau vergleichbar ist. Vor diesem Hintergrund lassen sich die dort gewonnenen Erkenntnisse in betontechnologischer Hinsicht sowie in Bezug auf die Verstärkungswirkung nahezu vollständig auf die Rheinbrücke Maxau übertragen. Unterschiede ergeben sich aus den nicht vergleichbaren Größenverhältnissen beider Projekte, die zu anderen Bauabschnitten, Bauzeiten und logistischen Rahmenbedingungen bei Materialanlieferung, Aufbereitung und Beschickung, Verdichtung sowie bei der Betonnachbehandlung führen. Diesbezüglich kann jedoch auf die mehrjährigen Erfahrungen in den Niederlanden aus großen Projekten, die der Rheinbrücke Maxau ähneln, zurückgegriffen werden. Die Straßenbauverwaltung Baden-Württemberg steht hierzu seit mehreren Jahren in engem Kontakt mit der holländischen Straßenbaubehörde Rijkswaterstaat und hat die Realisierung vergleichbarer Projekte, wie zum Beispiel zuletzt die Verstärkung der Scharbergbrug bei Elsloo im Zuge der A 76, vor Ort begleitet.



3 Vorbereitete Bewehrungslage
© Regierungspräsidium Karlsruhe

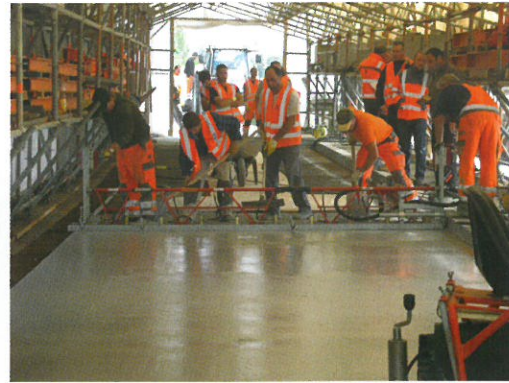


4 Anordnung der Rüttelbohle
© Regierungspräsidium Karlsruhe

Erwartungsgemäß konnte das Pilotprojekt in Beimerstetten die positiven Erfahrungen aus den Niederlanden bestätigen. Dabei kam in Beimerstetten als hochfester Beton das Produkt Ferroplan B105 der Firma Contec International GmbH, Bad Waldsee, mit einem Stahlfasergehalt von 80 kg/m³ und einer Druckfestigkeitsklasse C90/105 zum Einsatz. Da sich die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung dieses Produkts bislang nicht auf die Herstellung tragender Bauteile im Sinne des Eurocode 2 erstreckt, wurde für die Anwendung an der Bahnbrücke Beimerstetten eine Zustimmung im Einzelfall erteilt. Zum Einbau der UHPC-Verstärkung wurde zunächst die bestehende Deck- und Schutzschicht entfernt, das Deckblech dann auf einen Reinheitsgrad SA 2½ kugelgestrahlt und unmittelbar im Anschluss mit einem Primer vorbehandelt.



5 Anlieferung des hochfesten Betons
© Regierungspräsidium Karlsruhe



6 UHPC-Einbau im Schutzzelt
© Regierungspräsidium Karlsruhe

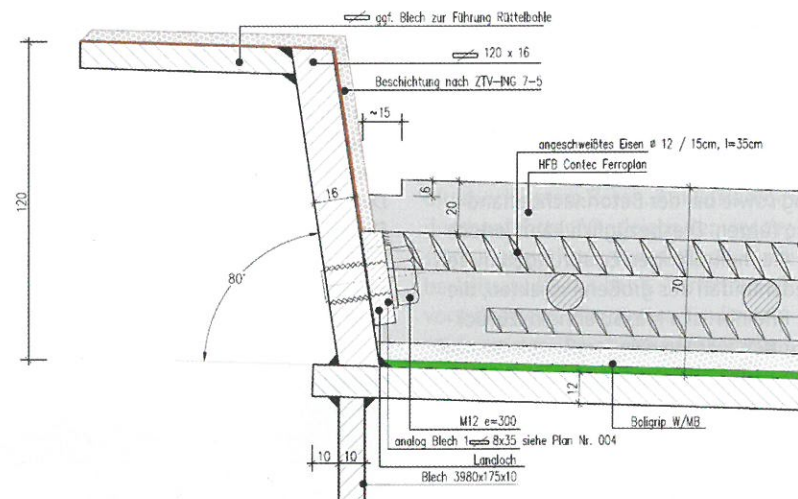


7 Betonierabschnitt nach Fertigstellung
© Regierungspräsidium Karlsruhe

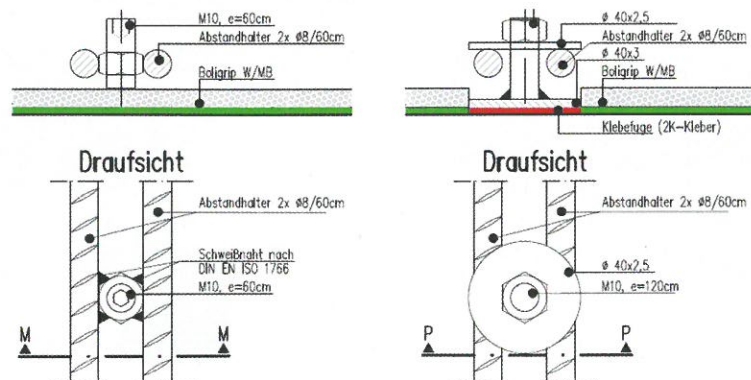
Nach dem Aufkleben der Niederhalter für die Bewehrung wurde auf das Deckblech zur Herstellung einer hohen Verbundwirkung eine 3 mm dicke Epoxidharzschicht aufgetragen und mit kalziniertem Bauxit

abgestreut. Nach dem Abhärten dieser Schicht konnte die tragende Längs- und Querbewehrung mit einem Durchmesser von 12 mm und in einem Raster von 7,50 cm angeordnet werden. Vor dem Betonieren musste die gesamte Bewehrung in der Höhe überprüft und mittels höhenverstellbarer Abstandshalter so eingestellt werden, dass die Betondeckung 20–25 mm betrug. Der hochfeste

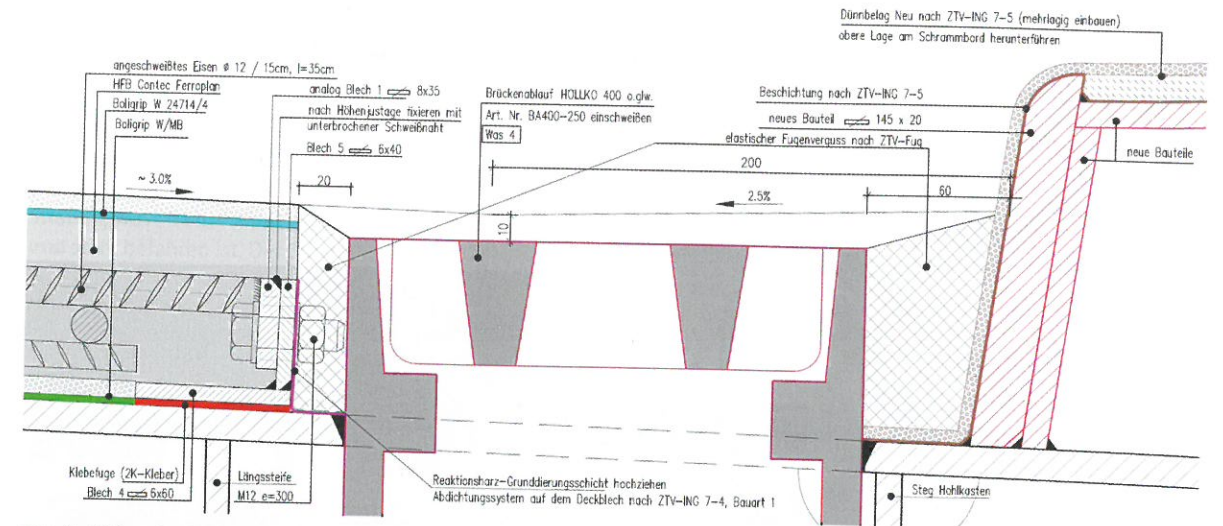
Beton wurde danach in einer Schichtdicke von 6,50 cm eingebaut und nach frühestens 36 h durch Kugelstrahlen für das Aufbringen eines Dünnschichtbelags vorbereitet. Die Ausführung eines Dünnschichtbelags in Form einer mit Bauxit abgestreuten Epoxidharzbeschichtung wurde zur dauerhaften Sicherstellung einer ausreichenden Fahrbahngriffigkeit vorgesehen.



8 9 Details: Schrammbordanschluss
© Regierungspräsidium Karlsruhe



10 11 Abstands- und Niederhalter
© Regierungspräsidium Karlsruhe



12 Ausbildung des Brückenablaufs
© Regierungspräsidium Karlsruhe

rungszwecken hergestellten Probeplatten klar bestätigt, dass das UHPC-Verfahren eine deutliche Aussteifung der Fahrbahnplatte bewirkt und somit eine Verlängerung der Restnutzungsdauer der Rheinbrücke Maxau um weitere 40–50 Jahre technisch möglich ist. Die Zielsetzungen, die mit dem im November 2014 fertiggestellten UHPC-Pilotprojekt Beimerstetten verbunden waren, wurden damit in vollem Umfang erreicht.

4 Ausblick

Auf Grundlage der Erkenntnisse aus dem Pilotprojekt in Beimerstetten werden nun von der Straßenbauverwaltung Baden-Württemberg in enger Abstimmung mit dem Bund alle weiteren planerischen Schritte hin zur Ausschreibungsreife der Ertüchtigungsmaßnahme an der Rheinbrücke Maxau durchgeführt. Es wird derzeit von einer Umsetzung der Maßnahme im Jahr 2018 und Baukosten von ca. 10 Mio. € für die Verstärkungsmaßnahme ausgegangen. Gegenüber einem Ersatzneubau an gleicher Stelle können so ca. 40 Mio. € eingespart werden. Das UHPC-Verfahren ist damit auch eine sehr wirtschaftliche Möglichkeit zur Ertüchtigung bestehender Stahlbrücken, so dass es künftig auch in Deutschland eine breitere Anwendung finden dürfte.

Autor:
Baudirektor Dipl.-Ing. Marcel Zembrot
Ministerium für Verkehr und Infrastruktur
Baden-Württemberg,
Stuttgart

Bauherr
Land Baden-Württemberg, vertreten durch das
Regierungspräsidium Tübingen

Kostenbeteiligung
Bundesministerium für Verkehr und
digitale Infrastruktur, Bonn

Entwurfplanung
Regierungspräsidium Karlsruhe
Ingenieurgruppe Bauen, Karlsruhe

Ausführungsplanung
Prof. Dr.-Ing. Heinrich Bechert + Partner, Stuttgart

Prüfingenieur
Dr.-Ing. Dietmar H. Maier, Karlsruhe

Fachtechnische Begleitung
Materialprüfungs- und Forschungsanstalt Karlsruhe,
Prof. Dr.-Ing. Harald S. Müller

Bauausführung
Leonhard Weiss GmbH & Co. KG, Göppingen

Alle Arbeiten erfolgten dabei unter definierten klimatischen Bedingungen innerhalb eines Schutzzelts. Zudem wurden die Arbeiten wissenschaftlich durch die Materialprüfungs- und Forschungsanstalt Karlsruhe begleitet. Durch diese gutachterliche Begleitung ließen sich zentrale Einflussgrößen für die bauliche Umsetzung des UHPC-Verfahrens identifizieren und ein geeignetes Qualitätssicherungskonzept für nachfolgende Anwendungen entwickeln. Zudem haben Belastungsversuche an zu Schulungs- und Qualifizie-

SANIEREN UND ERHALTEN

Mit Ihrem starken Partner in Europa

Bauwerks-Instandsetzung und Gussasphalt
LEONHARD WEISS

Die Instandsetzung von bestehenden Bauwerken aus Beton oder Stahl dient der nachhaltigen Werterhaltung. Unsere Spezialisten der Bauwerks-Instandsetzung und Gussasphalt übernehmen diese Aufgabe mit höchster Präzision. Mit Kompetenz und hohem Sachverstand beheben sie auch komplexe Schäden fachgerecht. So wurde von 2013 bis 2015 Deutschlands höchste Autobahnbrücke - die Kochertalbrücke (Bild) - durch unsere Experten ertüchtigt. Und - Stahlbrücken gehören ebenfalls zum LEONHARD WEISS-Portfolio: Die **Bahnbrücke Beimerstetten** wurde in einem bisher **einzigartigen Pilotverfahren** in Deutschland im Jahr 2014 mit hochfestem Beton verstärkt.



KONTAKT ZUM DIALOG

LEONHARD WEISS GmbH & Co. KG - BAUUNTERNEHMUNG
Leonhard-Weiss-Str. 22, 73037 Göppingen | Leonhard-Weiss-Str. 2-3, 74589 Satteldorf
bau-de@leonhard-weiss.com - www.leonhard-weiss.de

