

Ertüchtigung der Rheinbrücke Maxau

Möglichkeiten der Ertüchtigung orthotroper Fahrbahnplatten

Autor: Ministerialrat Dipl.-Ing. Marcel Zembrot
Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, Stuttgart

Summary: Die Rheinbrücke Maxau im Zuge der 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 so genannten UHPC-Verfahren machen zu können, wurde diese in Deutschland bislang nicht umgesetzte Verstärkungsmethode vorab des Einsatzes an der Rheinbrücke Maxau an einem kleineren Bauwerk pilothaft angewandt. Die Wahl fiel dabei auf die Bahnbrücke Beimerstetten im Zuge der 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 rund 33.000 Fahrzeuge das Bauwerk pro Tag befahren werden. Tatsächlich sind es heute an Werktagen bis zu 82.000 Fahrzeuge mit einem Schwerverkehrsanteil von rund 9 Prozent. Diese Verkehrsentwicklung hat bereits in den 1990er Jahren zu ersten Ermüdungsrisiken an den Schweißnähten geführt. Ein in diesem Zusammenhang beauftragtes Gutachten kam im Jahr 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 Jahre habe. Danach sei mit größeren Schäden zu rechnen, die unter Teil- und/oder Vollsperrung der Brücke zu sanieren wären. Dass diese Aussagen nicht nur von theoretischer Natur waren, beweisen 600 im Jahr 2007 aufgetretene Schweißnahtrisse, die unmittelbar im Rahmen einer Sofortmaßnahme saniert werden mussten.



Abbildung: Rheinbrücke Maxau

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 ergaben jedoch, 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), Blechaufklebungen mittels Epoxidharz sowie Aufbringen einer dünnen Schicht aus ultrahochfestem Beton (so genanntes UHPC-Verfahren). Auf Grundlage eines durchgeführten Vergleichs dieser vier Verstärkungsmethoden empfahl die Machbarkeitsstudie das UHPC-Verfahren als vorteilhafteste Methode 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 zum Einsatz kommenden Betone. Der UHPC wird dabei als Verbundwerkstoff in einer Schichtdicke von lediglich 6,5 cm Dicke auf die Stahlfahrbahnplatte aufgebracht.

Die besondere Herausforderung des UHPC-Verfahrens liegt in der Bauausführung. So ist die dünne, hochbewehrte Betonschicht mit sehr geringen Toleranzen hinsichtlich den Frischbetoneigenschaften sowie den klimatischen und mechanischen Einbaubedingungen herzustellen und einzubauen. In der Folge sind nicht nur eng definierte Einbaubedingungen auf der Baustelle herzustellen, 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. Die grundsätzliche Eignung des Verfahrens zur Verstärkung ist somit nachgewiesen. Um jedoch konstruktive Details erproben und eigene Erfahrungen im Hinblick auf die anspruchsvolle Bauausführung machen zu können, hat das Land Baden-Württemberg zusammen mit dem Bund beschlossen, das UHPC-Verfahren vorab des geplanten Einsatzes 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.

3 Pilotprojekt Beimerstetten

Die Bahnbrücke Beimerstetten hatte sich als Pilotprojekt angeboten, da hier ohnehin eine Instandsetzungsmaßnahme geplant war und das Bauwerk von seinem Alter und seiner Konstruktion her der Rheinbrücke Maxau vergleichbar ist. Vor diesem Hintergrund lassen die sich dort gewonnenen Erkenntnisse in betontechnologischer Hinsicht sowie hinsichtlich der 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 der Rheinbrücke Maxau vergleichbar großen Projekten 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.



Abbildung: Vorbereiteter Betonierabschnitt mit Niederhalter

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/m^3 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 wurde dann auf einen Reinheitsgrad SA 2½ kugelgestrahlt und unmittelbar im Anschluss mit einem Primer vorbehandelt. Nach dem Aufkleben der Niederhalter für die Bewehrung wurde auf das Deckblech zur Herstellung einer hohen Verbundwirkung eine 3 mm dicke Epoxidharzschicht aufgetragen, die mit kalziniertem Bauxit abgestreut wurde. Nach dem Abhärten dieser Schicht konnte die tragende Längs- und Querbewehrung mit einem Durchmesser von 12 mm und in einem Raster von 7,5 cm eingebaut werden. Vor dem Betonieren musste die gesamte Bewehrung in der Höhe überprüft und mittels höhenverstellbarer Abstands-

halter so eingestellt werden, dass die Betondeckung 20 – 25 mm betrug. Der hochfeste Beton wurde dann in einer Schichtdicke von 6,5 cm eingebaut und nach frühestens 36 Stunden 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. 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 konnten zentrale Einflussgrößen für die bauliche Umsetzung des UHPC-Verfahrens identifiziert und ein geeignetes Qualitätssicherungskonzept für nachfolgende Anwendungen entwickelt werden. Zudem haben Belastungsversuche an zu Schulungs- und Qualifizierungszwecken hergestellten Probestplatten 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 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 in den Jahren 2018/19 und Baukosten von rund 10 Millionen Euro für die Verstärkungsmaßnahme ausgegangen. Gegenüber einem Ersatzneubau an gleicher Stelle können so rund 40 Millionen Euro eingespart werden. Das UHPC-Verfahren ist damit auch eine sehr wirtschaftliche Möglichkeit zur Ertüchtigung bestehender Stahlbrücken, so dass das Verfahren künftig auch in Deutschland eine breitere Anwendung finden dürfte.