

Erprobung von Betonfertigteilen für den Neubau und die grundhafte Erneuerung auf der duraBAST

FA 8.253

Forschungsstelle: Otto Alte-Teigeler GmbH, Bietigheim
 Bearbeiter: Villaret, S. / Riwe, A. / Tschernack, T. / Alte-Teigeler, T. / Britz, T. / Kispert, M.
 Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Bonn
 Abschluss: März 2022

1 Aufgabenstellung

Das Forschungsvorhaben hatte das Ziel, ein innovatives Fertigteilsystem für den Neubau zu erforschen und zu erproben. Als Basis sollten die Erfahrungen aus vorhergehenden Projekten zum Thema Fertigteile dienen, auch wenn diese bislang hauptsächlich auf Sanierungsvarianten ausgerichtet waren. Mithilfe eines FEM-Modells sollten die Spannungszustände in Fertigteilen zur Dimensionierung zielgenau berechnet werden können. Es war vorgesehen, Hilfsmittel und Techniken zur Verlegung der Fertigteile im größeren Verbund für den Neubau zu erforschen sowie verschiedene Kopplungsmöglichkeiten zwischen angrenzenden Fertigteilen zu erarbeiten. Durch die Herstellung eines Demonstrators auf dem duraBAST sollte schließlich die Praxistauglichkeit der verschiedenen Varianten nachgewiesen werden. Hierbei sollten auch verschiedene Oberflächentexturen zum Einsatz kommen und auf ihre Herstellbarkeit überprüft werden. Durch FWD-Messungen sollte die Querkraftübertragung und somit die Wirksamkeit der Kopplungselemente ermittelt und mithilfe dieser Ergebnisse das zuvor erstellte FEM-Modell kalibriert werden. Nach Abschluss der Forschungsarbeit sollten die notwendigen Hilfsmittel zur Verfügung stehen, die zur Dimensionierung, Herstellung der Fertigteile mit verschiedenen Oberflächen und Kopplungsmöglichkeiten und zur Verlegung der Fertigteile im Rahmen von Neubaumaßnahmen erforderlich sind. Hierdurch kann eine neue Bauweise entstehen, die durch optimale Rahmenbedingungen während der Herstellung der Fertigteile witterungsunabhängig hohe und gleichbleibende Qualität der Bauteile gewährleistet. Auch das Herstellen der eigentlichen Fahrbahn (Verlegen der Fertigteile) ist von der Witterung unabhängiger als es bei den herkömmlichen Bauverfahren in Beton- oder Asphaltbauweise der Fall ist. Eine dauerhafte, langlebige und qualitativ hochwertige Fahrbahndecke mit all ihren wirtschaftlichen Vorteilen wäre das Ergebnis.

2 Vorgehensweise/Methodik

Zentraler Punkt des Forschungsvorhabens war der Bau eines Demonstrators, um die Realisierbarkeit eines Neubaus mit Fertigteilen nachzuweisen und das FEM-Modell zu kalibrieren und fortzuschreiben. Geplant war die Herstellung eines 30 m langen und 3,90 m breiten Felds. Es wurden Fertigteile mit

verschiedenen Oberflächen hergestellt, um verschiedene Ausführungsvarianten abbilden zu können. Neben der Standardbauweise für Autobahnen, dem Waschbeton, wurden auch Oberflächen mit Besenstrich und offenporigem Beton hergestellt. Um einen Teilbereich mit einer OPB-Oberfläche versehen zu können, wurde ein rundes Fertigteil vorgesehen, das in eine zuvor verlegte Platte eingebaut werden sollte. Für das Verlegen der Fertigteile sollten unterschiedliche Höhenjustiersysteme erprobt werden. Diese mussten eine höhenmäßige Ausrichtung der Platten unabhängig von den angrenzenden Auflagerbedingungen des Bestands ermöglichen. Um die Auswirkung unterschiedlicher Unterlagen ermitteln zu können, wurde neben der vorhandenen Schottertragschicht in Teilbereichen auch eine Asphalttragschicht hergestellt.

Im Rahmen des Projekts wurden FEM-Volumenmodelle erstellt, welche das Plattenverhalten realitätsnah abbilden können. Die Modellierung der Platten als Volumenblöcke erlaubte es, verschiedene Materialsichten über den Plattenquerschnitt zu berücksichtigen. Auch nichtlineare Temperaturverläufe konnten problemlos simuliert werden. Um die Interaktion der verschiedenen Fertigteilsysteme untereinander erfassen zu können, wurden in einem Modell mehrere Platten einschließlich der unteren Tragschichten erfasst.

Die Interaktion der Platten mit dem Untergrund wurde über Kontaktformulierungen beschrieben, welche auch ein partielles Abheben der Platte von der Unterlage im Modell zulassen. Die unteren Tragschichten wurden als Volumenblock definiert, welcher über den Rand der modellierten Fertigteile hinausragt. Damit wurde auch die mittragende Wirkung der angrenzenden Bereiche des Unterbaus erfasst. Die Berechnungen lieferten damit erheblich präzisere Ergebnisse als beispielsweise bei Nutzung des Bettungsmodulverfahrens. Die verschiedenen Schichten des Unterbaus konnten so differenziert wie notwendig definiert werden.

Neben der Bettung und den Materialkennwerten sollten hygrische und thermische Belastungen genauso Eingang finden wie die üblichen mechanischen Belastungen aus Herstellungs-, Transport- und Einbauzustand sowie den Verkehrslasten.

Die Geometrien der einzelnen Fertigteile wurden entsprechend der vorhandenen Fläche (30,00 x 3,90 m) unter Berücksichtigung von wirtschaftlichen Transportbreiten sowie Transport- und Montagelasten definiert. Die Randbedingungen ergaben sich entsprechend der für den Transport und auf der Baustelle zur Verfügung stehenden Fahrzeuge und Geräte.

Nach Festlegung der Fertigteilegeometrien wurden die für die Herstellung der Fertigteile erforderlichen Schal- und Bewehrungspläne erstellt, in welche auch die Ergebnisse aus den Untersuchungen zu möglichen Kopplungssystemen (Anker, Dübel, Nut, Feder, etc.) und Höhenjustierelemente einfließen.

Für die Herstellung der Fertigteile wurde eine Verfahrensweisung erstellt, die die einzelnen Schritte beschreibt, beginnend mit der Herstellung der Schalung und Bewehrung bis hin zur Ausbildung der unterschiedlichen Oberflächen. Auch die Vorgehensweise für die unterschiedlichen Kopplungs- und Höhenjustiersysteme wurde beschrieben.

Es sollten verschiedene Höhenjustiersysteme zum Einsatz kommen. Zum einen sollte ein vorhandenes System auf seine Tauglichkeit für den großflächigen Fertigteileinsatz überprüft werden. Hierbei handelte es sich um das System "HESTER-KOMBI", das bereits zum Patent (AZ: 102016111921.0) angemeldet war. Zum anderen sollten weitere Justiermöglichkeiten diskutiert und getestet werden. Ziel war es, am Ende des For-

schungsvorhabens verschiedene Werkzeuge zur Verfügung zu haben, um Fertigteile auf verschiedenen Untergründen unabhängig von Auflagermöglichkeiten von benachbarten Bestandsplatten sowohl in der vertikalen als auch in der horizontalen Lage so zu fixieren, dass sie im Anschluss durch Einbringen von Silikatharz unter die Platten festgelegt werden können.

Zur Bauausführung waren die Randbedingungen wie zum Beispiel Platzverhältnisse, Auflager, angrenzende Flächen, etc. zu ermitteln. Auf Basis der gesammelten Daten wurde eine Grobplanung für das Verlegemuster/Fugenraster mit den verschiedenen Oberflächen-, Kopplungs- und Verlegevarianten erstellt.

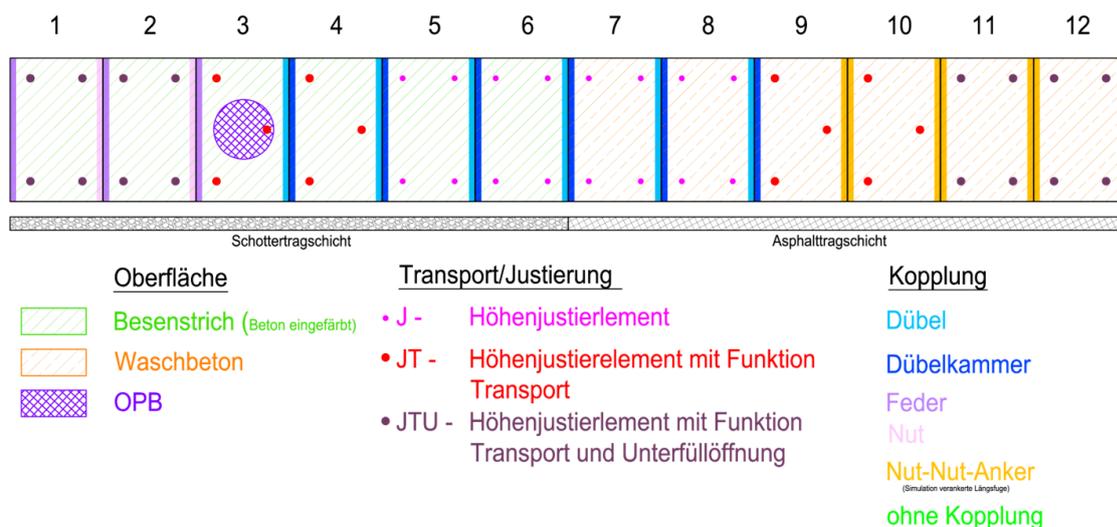


Bild 1: Fertigteilereihe

Auf Basis der Grobplanung des Demonstrators wurden die genauen Ausführungspläne sowie ein auf die Randbedingungen abgestimmter Bauablaufplan erstellt. Insbesondere waren hier die örtlichen Gegebenheiten, wie Platz auf der Baustelle, eventuell parallel laufende Maßnahmen auf dem duraBAST-Gelände und Zugänge von Ressourcen (Wasser, Strom, etc.), zu berücksichtigen.

Im vorgesehenen Einbaubereich auf dem duraBAST-Gelände war eine 16 cm starke Tragdeckschicht aus Asphalt vorhanden. Diese wurde durch Fräsen entfernt und anschließend die darunterliegende Schottertragschicht für den Einbau der Fertigteile vorbereitet. In einem Teilbereich wurde die Schottertragschicht so weit ausgebaut, dass eine Asphalttragschicht als zweite Auflagervariante für die Fertigteile eingebaut werden konnte.

Auf Basis der Schalungs- und Bewehrungspläne wurden die Fertigteile hergestellt, wobei unterschiedliche Oberflächen (Besenstrich, Waschbeton, offener Beton) und unterschiedliche Kopplungssysteme realisiert wurden. Die verschiedenen Höhenjustierungsvarianten wurden gemäß Planung an den Fertigteilen angebracht beziehungsweise eingebaut. Nach

der Lieferung der Fertigteile auf die Baustelle wurden sie auf die vorbereitete Unterlage verlegt und mithilfe der verschiedenen Systeme in ihrer Lage höhenmäßig ausgerichtet. Im Anschluss mussten die Hohlräume zwischen Fertigteil und Untergrund sowie der verschiedenen Kopplungssysteme mit Silikatharz verfüllt werden, um eine vollflächige und gleichmäßige Auflagerung und die kraftschlüssige Verbindung zwischen den Fertigteilen zu gewährleisten. Abschließend wurden die Fugen verfüllt, um das Eindringen von Wasser in den Untergrund zu verhindern. Bei der Fugenausbildung war darauf zu achten, dass die üblichen Bewegungen aus den thermischen und mechanischen Belastungen schadlos aufgenommen werden können.

Während des Einbaus erfolgte eine ingenieurtechnische Begleitung der Einbaumaßnahme. Dabei wurden sämtliche Arbeitsschritte erfasst und fotografisch dokumentiert, um Verbesserungspotenziale aufzeigen zu können.

Nach Abschluss der Bauphase wurde der Neuzustand messtechnisch untersucht und dokumentiert. Hier wurden insbesondere die Tragfähigkeiten, die Verbindungen zwischen den Fertigteilen, die Ebenheit der Übergänge zwischen benachbarten Platten, der Zustand der Fugen sowie die vollständige und

gleichmäßige Verfüllung aller Hohlräume (zwischen Platte/Untergrund und an Kopplungselementen) betrachtet, um die Entwicklung auch im anschließenden Monitoring verfolgen zu können.

Die Tragfähigkeitsmessungen erfolgten jeweils mit dem Falling Weight Deflectometer (FWD) mit einer Stoßbelastung von 50, 75 beziehungsweise 100 kN in Plattenmitte sowie an den Querfugen. Die Auswertung der FWD-Messergebnisse lieferte den äquivalenten Verformungsmodul E_s auf OK Betonplatte, den Bettungsmodul E_b und den Wirksamkeitsindex der Querkraftübertragung an den Querfugen. Die Ergebnisse der FWD-Messungen dienten einerseits der Qualitätskontrolle der Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion unmittelbar nach Einbau der Fertigteile und andererseits als Prüfwerte für das FE-Modell. Ebenheiten zwischen den benachbarten Platten wurden mittels Latte gemessen und die Fugen optisch beurteilt. Die mittels FWD ermittelten Deflexionen auf OK Fertigteil in Plattenmitte und an den Fugen dienten der Kalibrierung des FE-Modells. Betrachtet wurden dabei insbesondere die Einflüsse der unterschiedlichen Kopplungssysteme und der Auflagerbedingungen.

Zur Einschätzung der Dauerhaftigkeit der Fertigteile wurde im weiteren Verlauf ein Monitoring der Versuchsfläche durchgeführt. Hierzu wurden nach den Messungen im Neuzustand weitere Messungen derselben Kennwerte durchgeführt. Die Messungen wurden durchgeführt, nachdem die Flächen mit dem MLS30 der BAST beansprucht wurden. Die Ergebnisse der Tragfähigkeitsmessungen konnten somit auch zur Kalibrierung und Anpassung des FE-Modells genutzt werden.

3 Ergebnisse

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde eine Verkehrsfläche aus Fertigteilen mit unterschiedlichen Oberflächentexturen errichtet, die unabhängig von Bestandsflächen oder anderweitigen Randbedingungen qualitätskonform ausgelegt, höhenmäßig ausgerichtet und in der Lage fixiert wurde. Die Dauerhaftigkeit wurde durch Belastungen mit dem MLS nachgewiesen. Das System eignet sich folglich für den Einsatz im Neubau oder Ersatzneubau.

Zur Ermittlung der Spannungszustände im Fertigteilsystem wurde als Dimensionierungsgrundlage ein geeignetes FEM-Modell (3D Volumen-Elemente System) verwendet. Verschiedene technische Vorrichtungen und Vorgehensweisen zur Höhenjustierung und zur Kopplung der Fertigteile untereinander wurden diskutiert und im Rahmen des Demonstrators auf dem duraBAST erprobt. Durch FWD-Messungen nach den verschiedenen Belastungsphasen wurde zum einen die Wirkung der Kopplungselemente nachgewiesen und zum anderen wurden Messergebnisse generiert, mit denen das FEM-Modell kalibriert werden konnte. Durch die präzisierten Eingangsparameter in das FEM-Modell konnten praxisrelevante Berechnungsergebnisse erzielt werden.

Es stehen nunmehr die notwendigen Hilfsmittel zur Verfügung, die zur Dimensionierung, Herstellung der Fertigteile mit verschiedenen Oberflächen und Kopplungsmöglichkeiten und zur Verlegung der Fertigteile im Rahmen von Neubaumaßnahmen erforderlich sind. Hierdurch können Fertigteile mit all ihren Vorteilen wie eine hohe und gleichbleibende Qualität durch Herstellung unter geschützten Bedingungen, weitestgehend witterungsunabhängiger Einbau in situ, Wegfall der Aushärtezeiten nach Errichtung der Verkehrsfläche sowie eine hohe Dauerhaftigkeit auch zur Herstellung von Verkehrsflächen im Neubau eingesetzt werden.

4 Folgerungen für die Praxis

Das Forschungsvorhaben hat gezeigt, dass eine innovative Herstellung von Verkehrsflächen mit Fertigteilen möglich ist. Fertigteile können demnach auch im Neu- beziehungsweise Ersatzneubau zum Einsatz kommen und durch ihre Vorteile und Dauerhaftigkeit die Nachhaltigkeit der Verkehrsflächen verbessern. Dabei ist die schnelle Wiederverfügbarkeit der Verkehrsanlage von großem Vorteil.

Nach der Entwicklung und Validierung des Systems im kleinen Rahmen mittels Demonstrators auf dem duraBAST sind nunmehr die Grundlagen geschaffen, um Fertigteile auch in der Praxis anwenden zu können. Eine breite Nutzung wäre dabei anzustreben, um die Bauweise als Alternative etablieren zu können.

Im Rahmen der Sanierung eines hochbelasteten Kreuzungsbeziehungsweise Einfahrbereichs zu einem hochfrequentierten Industriebetrieb wurden Fertigteile beispielsweise bereits angewandt. Hier kamen nicht nur die im Forschungsverfahren erforschten Kopplungs- und Höhenjustiersysteme zum Einsatz, sondern es mussten zudem komplizierte Quer- und Längsgefälle mit entsprechenden Wechseln realisiert werden. Ausschlaggebend zur Wahl der Fertigteilbauweise war die kurze Bauzeit und unmittelbare Verkehrsfreigabe, wodurch die Störung des Betriebs verkürzt und somit die mittelbaren Kosten infolge der Baumaßnahme minimiert werden konnten.

Ein FGSV-Merkblatt zum Einsatz von Fertigteilen zur Instandsetzung und Erneuerung von Verkehrsflächen befindet sich derzeit in Bearbeitung, sodass die Ergebnisse des Forschungsvorhabens auch einfließen können.

