



Segmentbrücke Greißelbach als Stahlverbundbrücke ohne Abdichtung und Asphalt

Günter Seidl
Martin Hierl
Michael Breu
Martin Mensinger
Mislav Stambuk

Segmentbrücke Greißelbach als Stahlverbundbrücke ohne Abdichtung und Asphalt

Ein neues Konzept im Brückenbau wird im Pilotprojekt Greißelbach umgesetzt. Das Hauptmerkmal des Bauprinzips bildet die Trennung der Tragstruktur in ein Längs- und ein Quertragsystem und die trocken gestoßenen, voll vorgespannten Segmente ohne Abdichtung und Asphalt. Das Haupttragsystem bildet ein VFT-Rahmen als integrales Bauwerk. Durch eine Gleitebene zwischen Segment und Hauptträger bewegt sich die Fahrbahnplatte unabhängig vom Haupttragsystem. Die Bauweise weist eine hohe Qualität und sehr kurze Bauzeiten durch die Vorfertigung sowie große Flexibilität in der Nutzung aus.

Segment bridge Greißelbach as composite bridge without sealing and asphalt. *The Greißelbach bridge project implements a new construction principle. The main feature of the construction is the separation of the bridge bearing system in a main structural system in longitudinal and transversal direction in interaction with dry jointed segments without sealing and asphalt. A VFT-frame is the integral main structural system. The deck slab is independently moving of the structural system realised by a sliding surface between the segments and the main girders. The construction is characterized by its high quality level and the short construction time based on the high level of prefabrication. Furthermore the bridge implements a high degree of flexibility in service.*

1 Einleitung

Ein neuartiges Konstruktionsprinzip für den Brückenbau wurde durch Max Bögl in Zusammenarbeit mit dem Büro SSF Ingenieure entwickelt und in einem ersten Pilotprojekt umgesetzt. Ziel der Entwicklung war der Einsatz von Segmenten, die unter optimalen Bedingungen vorgefertigt werden und wegen ihrer dichten Oberfläche direkt befahren werden können. Sie liegen ohne Schubverbund auf dem Haupttragwerk auf und beteiligen sich nicht an der Längstragwirkung. Dadurch kann die Brücke durch einen Austausch der Segmente einfach angepasst oder erneuert werden. Es ergeben sich kurze Bauzeiten und eine hohe Bauqualität.

2 Segmentbauweisen im Verbundbau

Die Schalung über Verkehrswegen, die für das Betonieren einer Ortbetonplatte notwendig ist, stellt eine Einschränkung des Verkehrsflusses unter

dem Bauwerk dar und ist aufwendig in der Herstellung. Im Ausland und in Deutschland wurden Bauweisen entwickelt, die Fertigteillemente oder Halbfertigteile verwenden, um die Herstellung der Fahrbahnplatte vor Ort zu vereinfachen und zu beschleunigen.

In Deutschland kommen fast ausnahmslos Halbfertigteile zum Einsatz, die die Schaleinheit für die Ortbetonplatte bilden. Beispiele sind im Verbundbrückenbau die Verwendung von Filigranplatten mit Dübeltaschen und Ortbetonergänzung [1], [2] oder die Verbundfertigteil- (VFT-) Bauweise [3]. Das breite Einsatzgebiet der VFT-Bauweise zeigt, dass in der Herstellung der Ortbetonplatte erhebliche Einsparmöglichkeiten bei Kosten und Bauzeit liegen [4], [5].

In anderen Ländern wie Frankreich, die Schweiz [6] oder Schweden [7], [8] kommen Fertigteilplatten in voller Plattendicke zum Einsatz. Die Forderung nach einer durchgehenden Ortbetonplatte besteht in diesen Ländern nicht.

2.1 Fahrbahnplatten aus Elementen, die sich an der Haupttragwirkung beteiligen

In Frankreich haben Verbundbrücken einen hohen Grad der Standardisierung erreicht [9], [10]. Der Überbau besteht aus zwei und mehr Längsträgern, die im Abstand von ca. 6 m mit stabilisierenden Feldquerträgern verbunden sind. Die Fertigteilplatten erfassen die gesamte Bauwerksbreite. Sie werden auf den Stahlträgerrost aufgelegt und miteinander gekoppelt. Die Fugen zwischen den Elementen werden so ausgebildet, dass die Längsbewehrung darin übergreifen kann. Ein Ortbetonverguss ist nur noch im Fugenbereich erforderlich. Die Verbundmittel werden als Dübelpakete in Aussparungen angeordnet, die so groß sein müssen, dass keine zu enge Dübelanordnung auftritt. Nach der Montage werden die Aussparungen und die Fugen mit Beton vergossen, damit die Fertigteile in Längs- und Querrichtung voll mittragen.

Der Einsatz der Fertigteilplatten über die gesamte Fahrbahnbreite bringt wesentliche Vorteile im Vergleich zu herkömmlich oder mit Filigranplatten geschalteten Ortbetonplatten. Neben dem hohen Vorfertigungsgrad, der hohen Betonqualität und den kürzeren Bauzeiten spricht die Möglichkeit der einfachen Anwendung der Fahrbahnplatten für diese Bauweise. Sie hat aber auch Nachteile: Das Eigengewicht der Betonfahrbahn wirkt wie im Fall der Ortbetonplatte auf die Stahlkonstruktion. Für die Obergurte der Träger und die Aussteifung im Bauzustand sind diese Lasten bemessungsrelevant und erhöhen den Baustahlbedarf. Darüber hinaus ist eine große Präzision in der Herstellung der Stahl-

unterkonstruktion und der Fertigteile notwendig. Zur Abdichtung der Fugen zwischen den Bauteilen im Bereich des Ortbetonvergusses werden kompressible Bänder eingelegt.

Dieses Prinzip für die Herstellung der Fahrbahnplatte wurde bei der Bahretalbrücke angewandt [11], [12].

2.2 Nachträglich erzeugte Verbundsysteme

2.2.1 Verbund mit nachträglich ergänzten Kopfbolzendübeln

Vorgespannte Segmente werden in Frankreich bei der Brücke PS 13 zwischen Villefranche-sur-Cher und Theilay eingesetzt [13]. Das Bauwerk überführt die Autobahn A85 über zwei Felder mit 17,70 und 19,80 m Spannweite. Die Fahrbahnelemente aus Hochleistungsbeton sind im Mittel 0,22 m dick und werden im Match-Cast-Verfahren hergestellt. Sie werden auf Elastomerbänder, die auf die Stahlhauptträger aufgeklebt sind, aufgelegt, untereinander verklebt und anschließend mit 14 Spanngliedern im nach-

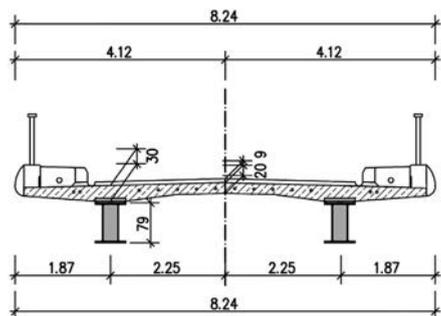


Bild 1. Querschnitt mit Betonsegmenten [9], [10]
Fig. 1. Cross-section of pc-segments

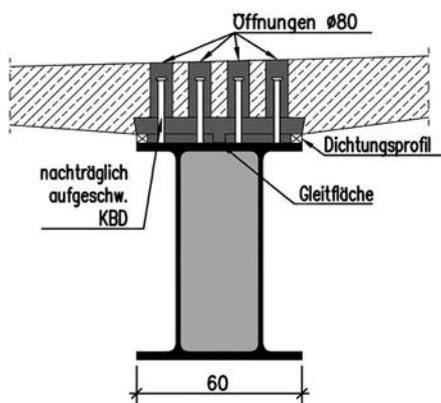


Bild 2. Verbundwirkung mittels nachträglich aufgesetzter Kopfbolzendübel und Mörtelverguss [9], [10]
Fig. 2. Composite action by post-applied headed studs and groutet joint



Bild 3. Viaduc de Vendôme/Loir, Bild der auf den Stahlträgern eingeschobenen Fahrbahnplatte aus Stahlbeton (© SSF Ingenieure)

Fig. 3. Photo of the reinforced concrete plate launched on the steel girders

träglich Verbund längs vorgespannt (Bild 1). Die Verbundwirkung zwischen Stahl und Beton wird über Kopfbolzendübel hergestellt, die nach dem Vorspannen durch runde Öffnungen $\varnothing 80$ mm in der Fahrbahnplatte auf die Stahlhauptträger aufgeschossen und anschließend mit Mörtel vergossen werden (Bild 2). Mit dieser späten Verbundwirkung wird die Fahrbahnplatte vorgedrückt, ohne dass die Vorspannung in die Hauptträger ab-

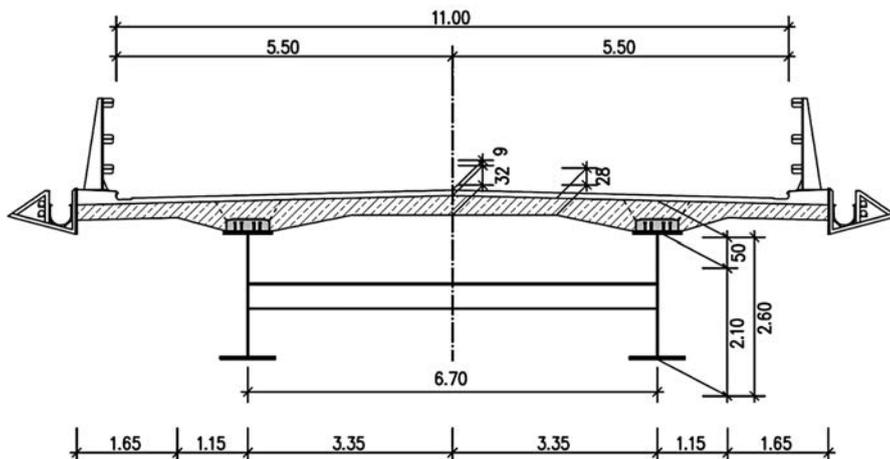


Bild 4. Querschnitt der Brücke über den Loir bei Vendôme/France [9], [10]
Fig. 4. Cross-section of the viaduct over the Loir next to Vendôme/France



Bild 5. Fahrbahnplatte mit Verbundkanal, die auf zwei PTFE-Streifen gelagert ist (© SSF Ingenieure)

Fig. 5. Concrete slab implementing the grout chanal laying on two PTFE-strips

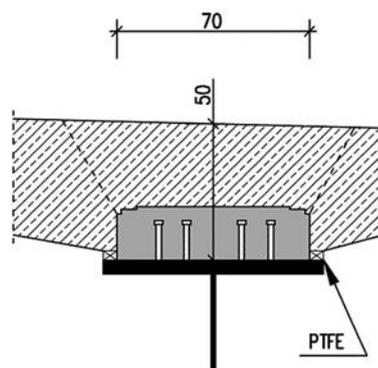
fließt. Lediglich Umlagerungen aus Schwinden und Kriechen kommen auf das Verbundsystem. Die Platte bleibt über ihre Lebensdauer ungerissen.

2.2.2 Verbundwirkung mittels Vergusskanal

In einem anderen, von der Baufirma RAZEL-BEC S.A.S. entwickelten Verfahren wird die Fahrbahnplatte im Match-Cast-Verfahren hinter dem Widerlager hergestellt. Das Verfahren wird anhand des Viaduc de Vendôme über den Loir im Zuge der Umfahrung Roche-l'Evêque erläutert (Bild 3). Die Brücke hat eine Länge von 168 m und eine Breite von rund 12 m (Bild 4).

Hinter dem Widerlager befindet sich eine Schalungseinheit, die mit einer Verschiebeinrichtung versehen ist. In die Schalung werden zur Auflagerung auf dem Hauptträger zwei linienförmige Teflonlager an den Flanken des Stahlflansches eingelegt, die als Verschieblager dienen (Bild 5).

Hinter dem Widerlager ist ein Taktkeller angeordnet. Ein vorgefer-



tiger Bewehrungskorb wird auf die Schaleinheit eingehoben und das Segment wird Nass in Trocken an die bereits bestehende Fahrbahnplatte betoniert. Der Tagestakt wird gegebenenfalls auch bei kühlen Temperaturen durch Heizen realisiert.

Jeder Plattenabschnitt besitzt drei Vergussöffnungen über jedem Hauptträger. Die Vergusskanäle sind innen profiliert, um eine ideale Schubübertragung zu erreichen.

Die Platte wird mit Pressen über die Stahlträger geschoben. Die Stahlträger sind daher gerade oder im Radius auszuführen. Ist die Platte in ihrer Endposition, wird von oben zusätzliche Bewehrung in die Vergussöffnung eingeflochten und anschließend der gesamte Kanal mit Beton vergossen. Die Fahrbahnplatte erhält eine Abdichtung und einen Fahrbahnbelag.

3 Brücke Greißelbach

Die beschriebenen Beispiele bildeten den Ausgangspunkt für die Entwicklung eines neuartigen Konzepts für Segmentbrücken, das erstmals bei der Pilotbrücke Greißelbach zur Anwendung kam. Ein nachträglicher Verguss der Verbundfuge, wie dies in Frankreich oder bei der Bahretalbrücke praktiziert wurde, wird als nachteilig in Bezug auf die Dauerhaftigkeit der Fahrbahnplatte bewertet, da in allen Verfahren Öffnungen in der Platte notwendig sind, die Störstellen bilden und in jedem Fall eine Abdichtung des Brückendecks erforderlich machen.

Die neue Bauweise sieht vor, dass die längs- und quervorgespann-



Bild 6. Blick auf die Brücke Greißelbach (© Max Bögl)

Fig. 6. Bird view on the viaduct Greißelbach/Germany

ten Betonsegmente aus selbstverdichtendem Beton mit dichter Oberfläche direkt ohne Abdichtung und Asphaltbelag befahren werden.

3.1 Verkehrliche Situation

Von Amberg kommend führt die Bundesstraße 299 über die Stadt Neumarkt in der Oberpfalz nach Neustadt an der Donau. Sie stellt für den überregionalen Verkehr eine bedeutende Nord-Süd-Verbindung im Ostbayerischen Raum dar. Die Staatsstraße 2220 ist im Netz der Staatsstraßen im Landkreis eine wichtige West-Ost-Achse und verbindet Freystadt im Westen mit Velburg im Osten.

Die 10,25 m breite Fahrbahn der Brücke ist in drei Fahrstreifen gegliedert. Dies ergibt sich aus der Abbiegespur von Freystadt kommend auf die Bundesstraße, die sich über das Brü-

ckenbauwerk erstreckt, und den beiden Richtungsfahrbahnen. Für die St 2220 kommt ein RQ 9,5 nach RAS-Q 96 [14] zur Anwendung. Die Anschlussrampen erhalten einstreifig eine Fahrbahnbreite von 5,50 m, zweistreifig 7,50 m (Bild 6). Mit dem nordseitigen Fuß- und Radweg mit 2,50 m Breite und einem südseitig angeordneten 80 cm breiten Notgehweg ergibt sich eine Gesamtbreite zwischen den Geländern von 15,55 m. Im Bauwerksbereich ist die St 2220 im Grundriss gerade trassiert. Der Kreuzungswinkel mit der B 299 beträgt ~87 gon. Der Neubau der Überführung der St 2220 über die B 299 muss ohne Mittelpfeiler im Bereich der Bundesstraße entworfen werden. Um die Sichtweiten der angrenzenden Verkehrsbeziehungen zu gewährleisten, ergibt sich eine erforderliche lichte Weite der Brücke von 32,00 m.

Tabelle 1. Bauwerksdaten Brücke Greißelbach

Table 1. Characteristic data of the Greißelbach bridge

Statisches System:	Einfeldrahmen	
Gründung:	Flachgründung	
Stützweite (im Winkel):	33,50 m	
Lichte Weite (senkrecht):	32,00 m	
Überbau:	Verbundfertigteile (VFT) als Hohlkasten mit separaten, vorgespannten Fahrbahnsegmenten	
Konstruktionshöhe:	Haupttragssystem als VFT-Träger inklusive Konstruktionsaufbau zur Einleitung der Fahrbahnlasten:	1,00 m–2,55 m
	Fahrbahnsegment über Hauptträger:	0,38 m
	Fahrbahnsegment in Bauwerksachse:	0,35 m
Fahrbahnbreite zw. den Kappen:	10,25 m im Regelquerschnitt	
Gesamtbreite zw. den Geländern:	15,55 m im Regelquerschnitt	
Brückenfläche:	521 m ²	

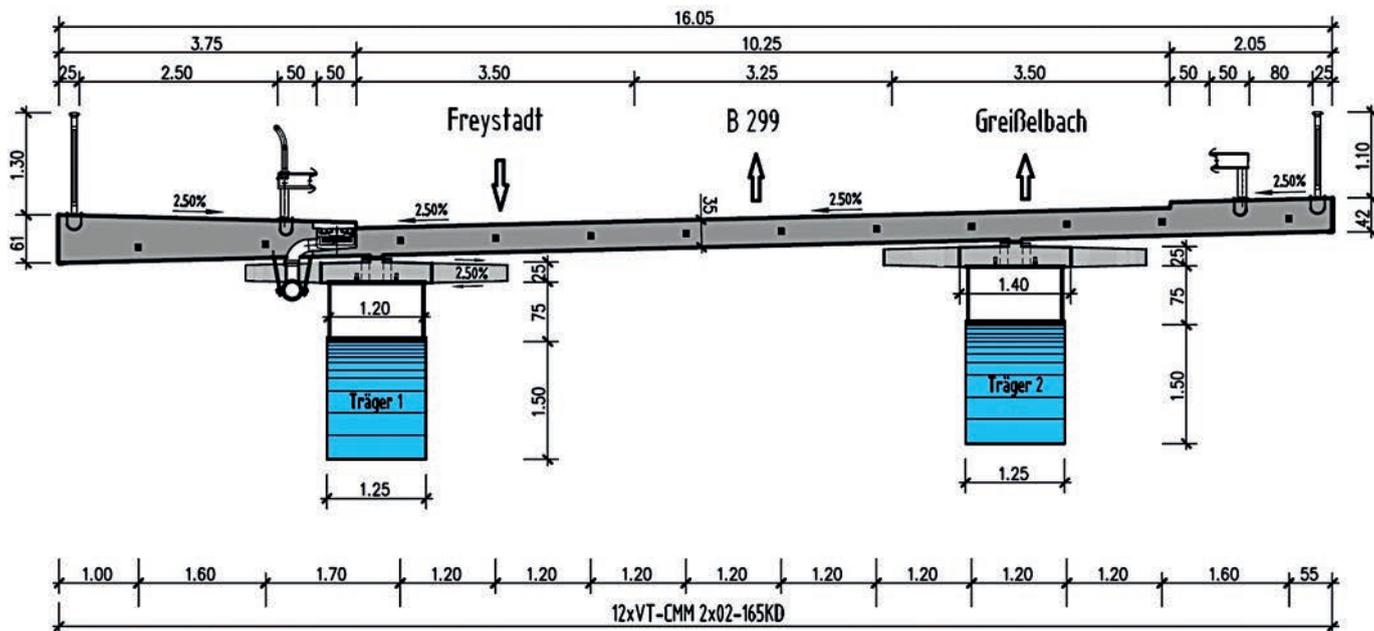


Bild 7. Querschnitt der Segmentbrücke Greißelbach (SSF Ingenieure)
 Fig. 7. Cross-section of Greißelbach bridge

3.2 Konstruktion

Der Brückenquerschnitt besteht aus zwei Hauptträgern, die die Fahrbahnplatte tragen. Auf die Längsträger werden 2,66 m breite und 16,05 m lange Betonsegmente aufgelegt. Diese haben eine konstante Dicke von 0,35 m und weiten sich im Kappenbereich auf bis zu 0,62 m auf (Bild 7, Tabelle 1).

Bei der Planung des Pilotprojekts wurden frühzeitig das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur und auch die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) beteiligt, um die Ausführung konstruktiver Detailpunkte mit allen Beteiligten zu erörtern [15].

3.2.1 VFT-Rahmen

Die beiden Riegel des Rahmens bestehen aus VFT-Trägern aus luftdicht verschweißten Stahlhohlkästen, die über eine Verbunddübelreihe mit der Fertigteileplatte schubsteif verbunden sind. Die VFT-Träger binden monolithisch in die Widerlager ein und bilden das Haupttragssystem als flach gegründeter Rahmen mit einer Spannweite von 33,50 m (Bilder 8 und 9). Auf den VFT-Obergurten liegen die Fahrbahnsegmente elastisch auf.

Stahlbau

Der Überbau in Längsrichtung besteht im Querschnitt aus zwei Ver-

bundfertigteilen mit Hohlkästen, die im Achsabstand von 8,05 m angeordnet sind. Der Abstand ist so gewählt, dass sich für die Segmente eine minimale Plattendicke ergibt. Die Stahlhohlkästen der Güte S355J2G3 haben einen Stahlstegabstand von 1,20 m. Der Stahlträger wird ausgeführt mit einer veränderlichen Höhe von 0,75 m im Feld und 2,25 m am Rahmeneck, um das Lichtraumprofil ideal zu nutzen und die Gradienten niedrig zu halten. Zur Verbundsicherung mit dem Fertigteile werden Verbunddübelreihen aufgeschweißt. Sie wirken als Verbundsicherung und gleichzeitig als Aussteifung des Obergurts beim Betonieren. Die Form der Stahldübel mit

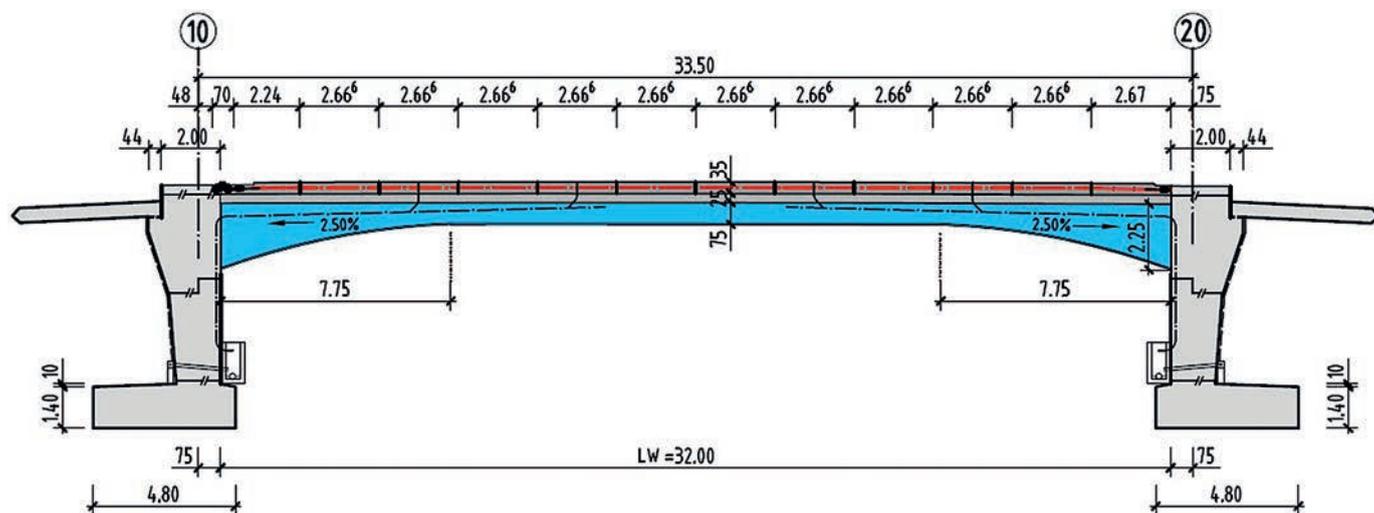


Bild 8. Längsschnitt (SSF Ingenieure)
 Fig. 8. Longitudinal section

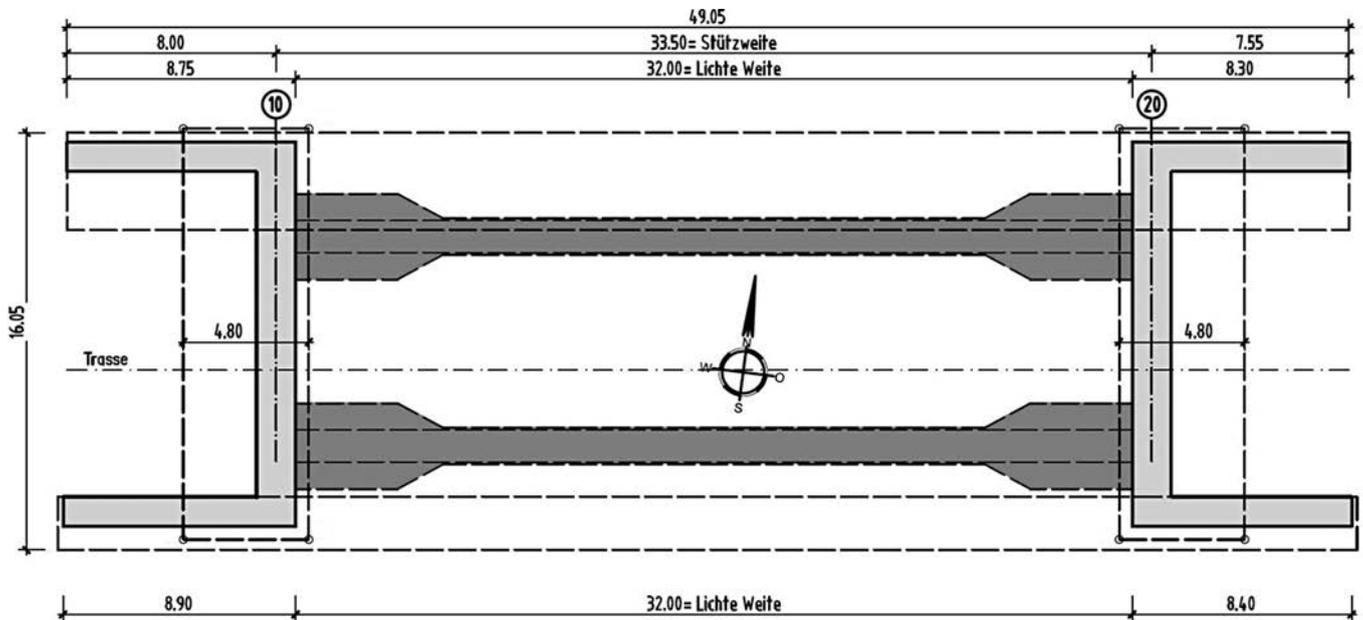


Bild 9. VFT-Rahmen als Haupttragwerk im Grundriss vor dem Auflegen der Segmente (SSF Ingenieure)
 Fig. 9. Ground view of the VFT-frame acting as main structure before setting the slab segments

der Schnittform einer Klothoide hat die Höhe 60 mm, ist alle 150 mm angeordnet (CL150/60) und fügt sich in das 15er Bewehrungsrastrer des Fertigteilflansches ein. Die Bemessung ist in der Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-26.4-56 [16] geregelt. Auf den Stahlflansch werden Vierkantrohre aus Edelstahl im Abstand von ca. 0,90 m aufgebracht. Sie dienen der Arretierung der Gleitbleche, auf denen die Segmente aufliegen.

Die Stahlhohlkästen wiegen ca. 36 t. Die Unterkanten der Träger sind im Querschnitt um 0,20 m in ihrer Höhenlage versetzt. Ziel ist eine gleichförmige Durchsenkung der VFT-Träger infolge Eigengewicht und Lasten aus der Fahrbahnplatte bei identischer Trägereausführung, um die Gradiente im Endzustand einzuhalten.

Betonflansch des VFT-Trägers

Der Stahlhohlkasten wird im Fertigteilwerk mit dem Betongurt der

Güte C50/60 ergänzt. Der Betongurt ist in der Trägerachse 0,25 m dick und verjüngt sich an den Enden auf 0,20 m. An der Oberseite des Betons wird ein Höcker ausgebildet, der zum Ausgleich von Fertigungstoleranzen nach dem Betonieren auf Grundlage eines Messprogramms im Fertigteilwerk der späteren Gradiente entsprechend geschliffen wird (Bild 10). Die Betondeckung der Bewehrung wird entsprechend vorgehalten.

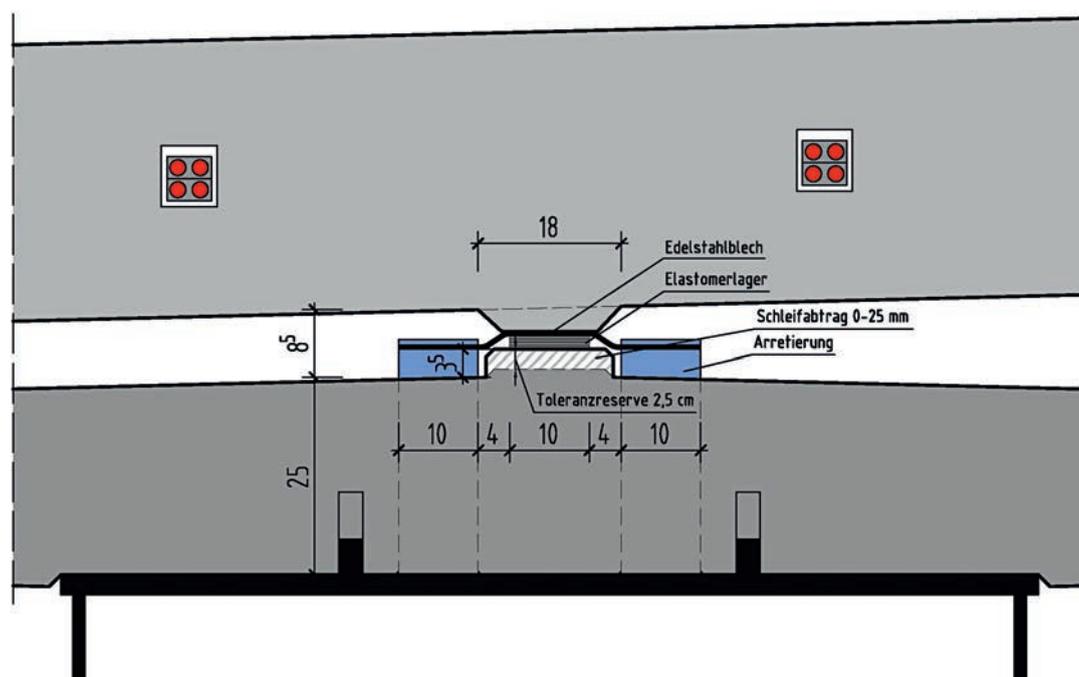


Bild 10. Ausführung des Linienauflagers der Segmente (SSF Ingenieure)
 Fig. 10. Construction detail of the line support of the segments

Der Betonflansch ist im Grundriss veränderlich, um sein Eigengewicht gering zu halten. Im Feld wird die Breite mit 1,40 m so gewählt, dass durch den seitlichen Überstand von 8,5 cm eine Tropfnase ausgebildet werden kann und die Verbundfuge geschützt wird. Um die Einspannung in das Rahmeneck bemessen zu können, weitet sich der Betonflansch vor dem Widerlager auf eine Breite von 3,30 m auf. Das Verlegegewicht eines VFT-Trägers beträgt 72 t.

3.2.2 Fahrbahnplatte in Segmentbauweise

Die Fahrbahnplatte besteht aus 12 Segmenten mit einer Regelbreite von 2,66 m und 16,05 m Länge aus selbstverdichtendem Beton der Güte C50/60 (Bild 11). Die Festlegung der Segmentbreite wird von der Pfostenteilung der Distanzschutzplanke bestimmt. Die Plattendicke beträgt im Fahrbahnbereich konstant 0,35 m zuzüglich des Auflagerhöckers auf der Unterseite der Platte. Im Geh- und Radwegbereich nimmt die Segmentdicke wegen des Gegengefalles und der Integration des Gesimskopfs auf bis zu 0,62 m zu. Auf die Abdichtung und eine Kappenausbildung in Ort beton wird verzichtet. Im Regelquerschnitt folgt die Unterseite der Segmente dem Gefälle von 2,5 % in der Fahrbahn. Das Gelände und die

Schutzplanke werden über Ankerschlaufen in den Segmenten befestigt.

Die Fahrbahnplatte bindet am Widerlager Achse 20 monolithisch ein. In Achse 10 ist die Fahrbahnplatte frei verschieblich und kann Verformungen wie Temperatur in der anschließenden Übergangskonstruktion aufnehmen. In Brückenquerrichtung wirkt die Fahrbahnplatte für horizontale Belastungen als Kragarm, der in Widerlager Achse 20 eingespannt ist.

Die Fahrbahnsegmente tragen die Lasten in Querrichtung ab. Sie sind in Längs- und Querrichtung vorgespannt. Es wird eine Spannbettvorspannung mit Spannlitzen $\varnothing 12,5$ mm der Güte St. 1570/1770 eingebaut. Die Spannlitzen sind im sofortigen Verbund und liegen an der Fertigteiloberseite und -unterseite jeweils im Regelabstand von 40 mm. Die Vorspannung unterbindet Zugspannungen in den Segmenten unter Verkehrslast. Die Litzen werden in einer konusförmigen Aussparung 3,5 cm vertieft an der Segmentstirnseite getrennt. Die Aussparung wird mit Spachtelmasse verfüllt. Die Spannlitzenenden werden über ein in Epoxidharz eingelegtes Glasfließ an der Segmentstirnseite abgeschlossen und geschützt.

In Brückenlängsrichtung sind die Fahrbahnsegmente durch einen Betonquerkraftdübel über die gesamte Länge des Segments miteinander ge-

koppelt. Der Dübel stellt die Ebenflächigkeit der Fahrbahnsegmente untereinander sicher. Er wirkt als Gelenk und wird durch die Längsvorspannung für alle Lastfälle überdrückt (Bild 12). Das Verlegegewicht eines Segments beträgt ca. 40 t.

Die Fahrbahnplatte wird über die Einspannung des Segments Nr. 12 an Achse 20 festgehalten. Nach dem Verlegen und Vorspannen in Längsrichtung wird Segment Nr. 12 am Widerlager 20 durch Einbetonieren monolithisch eingespannt. Von dort wird der Fahrbahnaufbau mit Abdichtung herangeführt. Abdichtung und Asphalt werden 0,60 m über das letzte Segment gezogen und mit einem Stahlwinkel abgeschlossen (Bild 13).

In Achse 10 wird eine Übergangskonstruktion nach Richtzeichnung Übe 1 [17] für 65 mm Dehnweg eingebaut, um Verschiebungen aus der Temperatur auszugleichen (Bild 14). Der Standardfahrbahnaufbau deckt die Fugen zwischen Ort beton und Segment ab und schützt vor dem Eindringen von Wasser.

Die hohe Abriebsfestigkeit des Betons lässt eine äußerst geringe Abnutzung durch den Verkehr erwarten. Die Fahrbahnsegmente werden nach dem Betonieren stirnseitig plan geschliffen und der Fahrbahnbereich wird für eine ausreichende Griffigkeit gestockt ausgeführt.

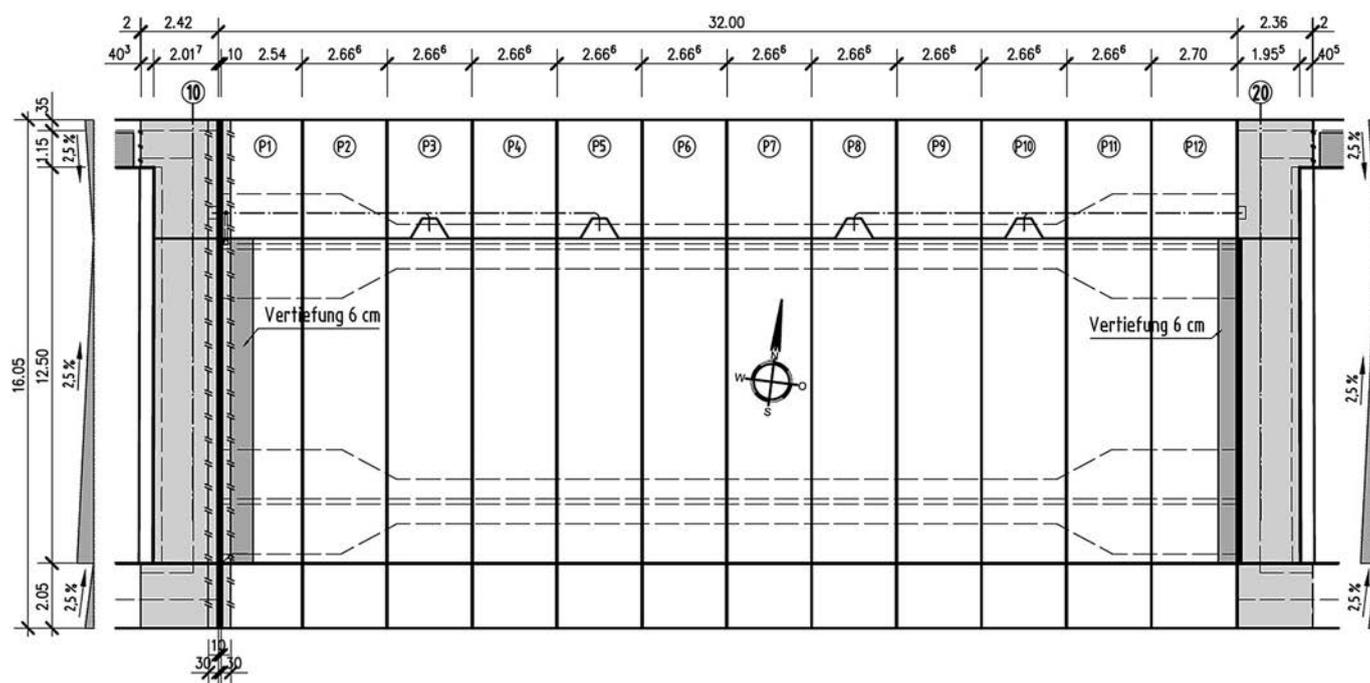
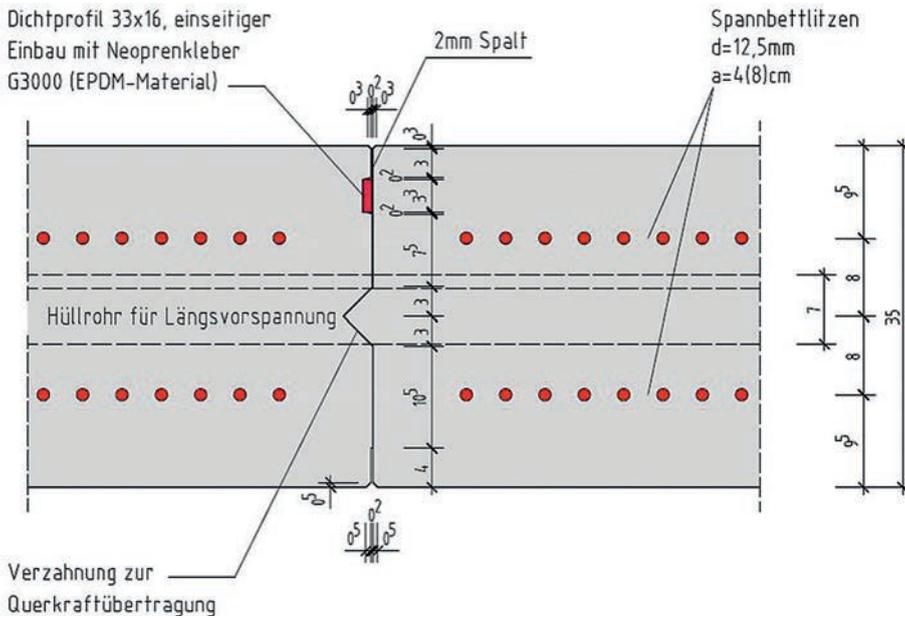


Bild 11. Aufteilung der Segmente im Grundriss (SSF Ingenieure)

Fig. 11. Pattern of the segments (ground view)



Zur Abdichtung der Fahrbahntafel wird im Stoßbereich der Fahrbahnsegmente ein 33 mm hohes und 16 mm dickes Dichtprofil aus EPDM-Material werksseitig in eine stirnseitige Aussparung eingeklebt. Unter der Längsvorspannung wird das Dichtungsband von 16 mm auf 10 mm zusammengemisst (Bild 12). Die hohe Dichtigkeit dieses Systems ist aus dem Tunnelbau mit Tübbingn mit hohen Wasserdrücken bekannt. Durch einen 2 mm breiten Spalt oberhalb des Dichtungsprofils wird verhindert, dass durch Auffrieren des Fugenwassers Abplatzungen am Beton entstehen. Fahrgeräusche an den Fugen entstehen nicht, da die Fugen sich mit Feinteilen zusetzen.

Eine Elastomerschicht stellt sicher, dass die Fahrbahnsegmente auch unter Verkehrslasten gleichmä-

Bild 12. Trockener Segmentstoß mit Dichtprofil (SSF Ingenieure)
Fig. 12. Dry joint with sealing strip

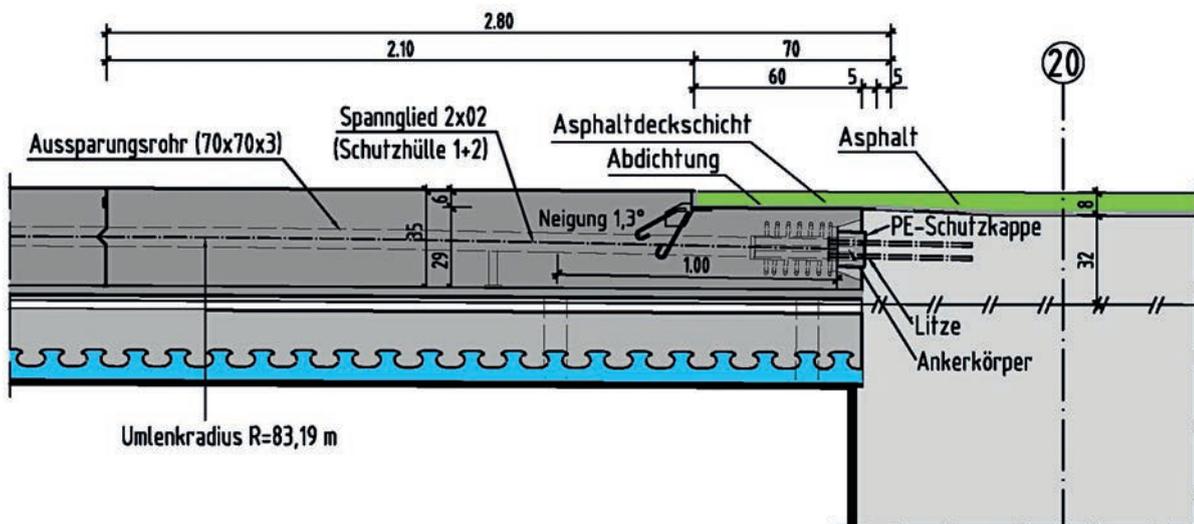


Bild 13. Festpunkt der Segmente an Achse 20 (SSF Ingenieure)
Fig. 13. Fixed side of the segments in axis 20

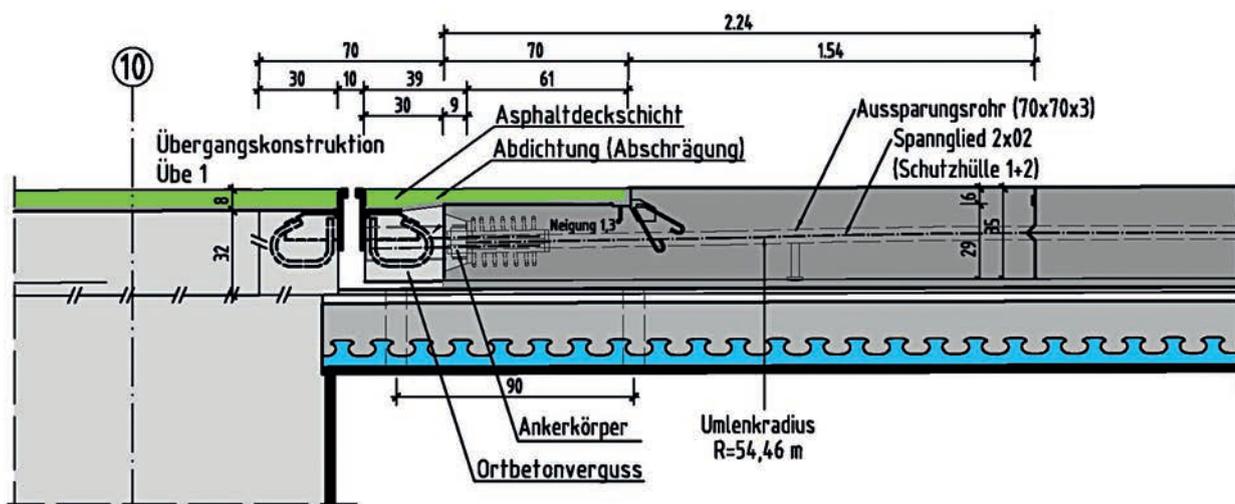


Bild 14. Übergang von der Asphaltfahrbahn auf die Betonsegmente im Bereich der Übergangskonstruktion (SSF Ingenieure)
Fig. 14. Transition of asphalt layer to the concrete deck with transition joint

ßig auf den Hauptträgern aufliegen. Verschiebungen in Längsrichtung werden zwischen der Unterkante des Segments und dem Edelstahlblech aufgenommen. Das Segment erhält eine Gleitbeschichtung, die eine Reibzahl von 0,30 über die gesamte Bauwerkslebensdauer garantiert. Durch eine Versuchsreihe, die einen Lebenszyklus simulierte, wurde der Rechenwert abgesichert. Um eine Verzerrung des Elastomers zu vermeiden, wenn eine Längsverschiebung Schubkräfte in das Edelstahlblech einträgt, werden Arretierungen in den VFT-Träger eingebaut, die das Edelstahlblech in Position halten (Bilder 15 und 18).

Nach dem Auflegen auf die VFT-Träger werden die Fahrbahnsegmente vor Ort mit dem Bandspannverfahren VT-CMM 2×02 ohne Verbund mit kompaktierten Litzen gegeneinander verspannt. Dadurch werden die Fu-

gen zwischen den Fahrbahnsegmenten permanent überdrückt. Das Spannverfahren findet auch in extern vorgespannten Spannbetonhohlkastenbrücken Anwendung. Es handelt sich um zweifach umschlossene Spannplitzenbündel, die nach dem Verlegen der Segmente eingeschossen werden. Die Spannlieder werden in den Regelsegmenten zentrisch geführt, der Kuppenradius des Überbaus beträgt 3500 m.

3.3 Herstellung

Die Stahlhohlkästen wurden im Werk luftdicht verschweißt, mit dem Fertigteilflansch ergänzt (Bild 16) und zum Haupttragssystem als Rahmen ergänzt (Bild 17). Die Edelstahlbleche wurden bereits vor dem Verlegen der VFT-Träger im Werk montiert und mit den Trägern eingehoben (Bild 18).

Die Segmente wurden in 180°-Lage im Spannbett hergestellt und gelagert. Die Stirnflächen sind geschliffen und mit dem Dichtungsprofil versehen worden (Bild 19). Das Verlegen fand unter schlechten Wetterbedingungen Mitte Dezember 2014 statt (Bild 20). Bild 21 zeigt das Gesimsband der Segmente. Trotz der schlechten Witterung, bei der die Segmente verlegt wurden, wurde das Bauwerk in außergewöhnlich guter Qualität hergestellt. Die getrennten Tragsysteme in Längs- und Querrichtung werden in Bild 22, der Übergang zwischen Asphalt- und Betonfahrbahn in Bild 23 deutlich.

3.4 Durchführung und Beteiligte

Wegen des Pilotcharakters der Brücke wurde für folgende Punkte die Zustimmung im Einzelfall durch die



Bild 15. Stahlträger mit Arretierungen der Gleitbleche (© Max Bögl)

Fig. 15. Steel girders with interlocks of the sliding plates



Bild 16. VFT-Hohlkästen im Fertigteilwerk der Fa. Max Bögl (© Max Bögl)

Fig. 16. VFT steel boxes in the precasting plant of Max Bögl company



Bild 17. Rahmensystem als Haupttragwerk vor dem Auflegen der Segmente (© SSF Ingenieure)

Fig. 17. Frame system acting as main structure before setting the slab segments



Bild 18. Edelstahlbleche auf dem Elastomerstreifen mit Arretierungen (© SSF Ingenieure)

Fig. 18. Stainless steel panels on the elastomeric strip and interlocks



Bild 19. Stirnflächen der Fahrbahnsegmente (© Max Bögl)

Fig. 19. Surfaces of the deck segments



Bild 20. Verlegen eines Segments (© SSF Ingenieure)

Fig. 20. Setting of a segment



Bild 21. Kappenband des fertigen Überbaus (© SSF Ingenieure)

Fig. 21. Parapet of the superstructure in service

Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, Bau und Verkehr erteilt:

- Spannverfahren für die Längsvorspannung
- Korrosionsschutz an den Litzenden der Quervorspannung
- Längsauflagerung der Fertigteilsegmente auf den Hauptträgern
- Dichtprofile zwischen den Betonfertigteilen
- Verwendung eines selbstverdichtenden Betons im Brückenbau

An Planung und Bau waren beteiligt:

Bauherr:

Staatliches Bauamt Regensburg

Entwicklung u. Planung:

SSF Ingenieure, Berlin, in Zusammenarbeit mit Max Bögl

Straßenplanung:

agner und Partner, München

Baudurchführung:

Max Bögl, Neumarkt

Prüfingenieur:

Prof. Martin Mensinger, München

Gutachten für Zustimmungen im Einzelfall:

Prof. Konrad Zilch +

Prof. Oliver Fischer, München

4 Einsatzbereiche der Bauweise

4.1 Einsatz bei größeren Talbrücken

Bei Talbrücken als Linienbauwerk spielt die Herstellung der Fahrbahnplatte eine zentrale Rolle in Bezug auf die Bauzeit. Bei Autobahnbrücken wird meist ein Überbau je Fahrtrichtung vorgesehen.

Werden für diese Brücken die im Projekt Greißelbach verwendeten Segmente eingesetzt, kann in der Herstellung die Bauzeit erheblich verringert werden. Am Beispiel der Talbrücke Ottendorf kann ein Bauzeitvergleich geführt werden. Die Brücke hat eine



Bild 22. Brückenuntersicht mit VFT-Trägern und Fahrbahnplatte aus Segmenten (© Max Bögl)

Fig. 22. Bottom view on the VFT girder and the deck segments

Länge von $30,00 + 4 \times 40,00 + 30,00 + 25,00 = 245,00$ m und wurde als Stahlverbundbrücke gebaut. Der Querschnitt hat eine Breite zwischen den Geländern von 11,60 m (Bild 24). Die Fahrbahnplatte wurde mit einem Schalwagen mit 20 m Länge im Pilgerschrittverfahren betoniert.

Eine Fahrbahnplatte aus Segmenten kann bei Talbrücken vor Kopf eingebaut werden oder die Platten werden hinter dem Widerlager aufgelegt und über die Gleitbleche auf die Brücke eingeschoben. Beide Verfahren gewährleisten eine große Bausehwindigkeit und unabhängiges Bauen vom unterführten Verkehrsweg. Ein Bauzeitenvergleich der Baufirma zeigt, dass sich die Bauzeit der neuen Segmentbauweise durch die Vorfertigung der VFT-Träger und der Fahrbahnplatte aus direkt befahrenen Segmenten von 21 Monaten auf 14 Monate verringert (Tabelle 2). Hauptgrund sind die Vorfertigung und die witterungsunabhängige Herstellung



Bild 23. Brücke mit direkt befahrenen Segmenten aus der Vogelperspektive; der Übergang von der Asphalt- zur Betonfahrbahn ist gut zu erkennen (© Max Bögl)

Fig. 23. Bird view on the viaduct with directly driven segments; the transition of the asphalt to the concrete carriage-way is obviously to see

der Fahrbahnplatte auf der Baustelle. Aber auch die Ausbauarbeiten reduzieren sich durch den Wegfall der Abdichtung und des Belags auf den Einbau der Schutzeinrichtungen.

Einen Schritt weiter geht diese Bauweise bei Eisenbahnbrücken mit fester Fahrbahn. Die Segmentplatten fungieren als Fahrbahntragplatte, die in Längsrichtung unabhängig vom Haupttragwerk tragen. Die Tragplatte kann in einem Zug durchgängig mit dem Oberbau verbunden werden, da sich das Tragverhalten vom Haupttragwerk der Brücke nahezu vollständig entkoppelt.

4.2 Bewertung der Bauweise

Die Brücke Greißelbach ist ein Projekt mit Pilotcharakter, um mit der neuen Bauweise Erfahrung zu sammeln.

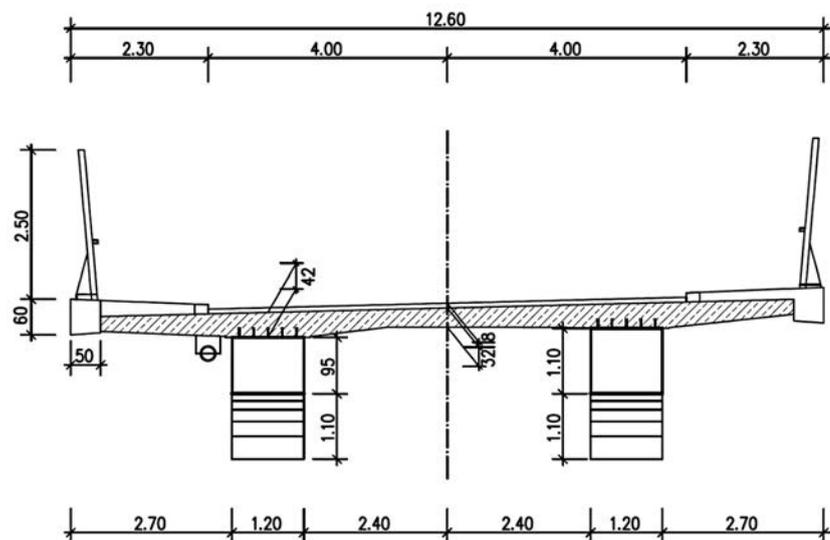


Bild 24. Verbundquerschnitt Talbrücke Ottendorf im Zuge der B97 (SSF Ingenieure)
Fig. 24. Viaduct next to Ottendorf in course of the Bundesstraße B97

Tabelle 2. Bauzeitenvergleich Talbrücke Ottendorf konventionell als Verbundbauweise und der Brücke Greißelbach in Segmentbauweise

Table 2. Comparison of Ottendorf viaduct in conventional composite construction method and the Greißelbach bridge constructed with a segmental deck

Talbrücke Ottendorf als Verbundquerschnitt

	2013			2014												2015						
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	
techn. Planung	■	■	■	■	■	■	■	■	■													
Ausführung Unterbauten		■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Ausführung Stahlüberbau							■	■	■	■	■	■										
Ausführung Verbundplatte										■	■	■	■	■	■							
Ausführung Abdichtung, Kappen, Asphalt																		■	■	■	■	■
Brückenausstattung																					■	■

Talbrücke Ottendorf in Segmentbauweise (fiktiv)

	2013			2014												2015						
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	
techn. Planung	■	■	■	■	■	■	■	■														
Ausführung Unterbauten		■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Ausführung Stahlüberbau / VFT							■	■	■	■	■											
Produktion Fahrbahnplatte (1 pro Tag)				■	■	■	■	■	■	■	■	■										
Verlegen und Vorspannen der Fahrbahnplatten												■	■									
Brückenausstattung													■	■								

meln. Die Erfahrungen bei der Herstellung zeigen:

- Hoher Qualitätsstandard aufgrund des hohen Vorfertigungsgrades der Brücke. Der Überbauriegel wird vollständig vorgefertigt. Nur die Unterbauten werden unter Baustellenbedingungen hergestellt. Die Stahlhohlkästen werden im Werk vollständig korrosionsgeschützt. Der Betonflansch wird ebenfalls nach einer Verformungskontrolle unter witterungsgeschützten Bedingungen betoniert. Die Segmente werden in einer äußerst präzisen Stahlschalung hergestellt. Die Passung der Segmente untereinander ist besser als im Match-Cast-Verfahren.
- Durch die klare Trennung des Rahmensystems von der Fahrbahnplatte entsteht ein klar definiertes statisches System. Die Segmente sind in Querrichtung, also in ihrer Haupttragrichtung, voll vorgespannt. Eine Rissbildung wird so vermieden. Durch die qualitativ hochwertige und extrem dichte Oberfläche des Betons aufgrund der Zuschläge von Microsilica, der Nachbehandlung durch Stocken und Schleifen, die volle Vorspannung in Querrichtung und die teilweise Vorspannung in Längsrichtung ist eine überdurchschnittliche Dauerhaftigkeit der Segmente zu erwarten.

- Wirtschaftlicher Verbundquerschnitt mit einem Stahlverbrauch von nur 145 kg/m² bei einer Schlankheit von 1/33 im Feld und 1/12 über der Stütze.
- Extrem kurze Eingriffe in den Verkehrsfluss der unter- und überführten Verkehrswege wegen vollständiger Vorfertigung des Überbaus im Werk.
- Die Erneuerung des Asphaltbelags auf der Brücke entfällt. Spurrinnen können in einer Betonfahrbahn nicht entstehen. Durch die dichte Betonfahrbahn mit Tübbingdichtung ist die Brücke dauerhaft abgedichtet.
- Durch die Verlagerung der Arbeiten ins Werk fallen Arbeiten auf der Baustelle in kleinerem Umfang als bei Ortbetonbauweisen an. Für das Personal stellt die Arbeit im Werk ein wesentlich sichereres Umfeld dar als auf der Baustelle.
- Eine Standardisierung für unterschiedliche Randbedingungen ist durch die Werksfertigung sehr einfach und kostengünstig möglich. Die Qualität wird dabei deutlich erhöht. Bei Talbrücken kommt dieser Effekt besonders zum Tragen. Durch das modulare Verfahren kann eine Baugeschwindigkeit von bis zu 40 m täglich erreicht werden.
- Anpassungen des Überbaus an veränderte Randbedingungen in der

Streckenführung sind sehr einfach zu verwirklichen, indem die vorhandenen Segmente durch neue Segmente ausgetauscht werden. Bei Talbrücken mit getrennten Richtungsfahrbahnen kann eine Anpassung oder eine Erneuerung der Fahrbahnplatte nachts erfolgen, wenn der Verkehr z. B. ausgeleitet werden kann bzw. über die verbleibende Richtungsfahrbahn mittels einer Verkehrsführung von kurzer Dauer geführt werden kann. Der Umbau erfolgt logistisch sehr einfach. Ein Mobilkran hebt, selbst auf der Brücke stehend, die alten Segmente vor Kopf ab. Anschließend werden dementsprechend die neuen Segmente vor Kopf montiert. So ist die Erneuerungsmaßnahme von der Verkehrsführung entkoppelt.

5 Resümee

Die konstruktive Zusammenarbeit zwischen den Beteiligten trug wesentlich zum Gelingen des Projekts bei. Aus der Sicht des Bauherrn bestätigt das Projekt die Innovationsfreude der Bauwirtschaft eindrucksvoll und stellt der öffentlichen Hand ein zukunftsweisendes Bauwerk im Bundesfernstraßennetz zur Verfügung. Die Bauweise lässt neue Dimensionen in der Baugeschwindigkeit und in der Anpassungsfähigkeit an neue Randbe-

dingungen zu. Durch den Einsatz sehr dauerhafter Materialien wie wetterfeste oder feuerverzinkte Stahlhohlkästen entsteht eine sehr robuste und dauerhafte Haupttragkonstruktion, die mehrere Erneuerungszyklen der Platte aufnehmen kann und damit weit über die bisher angesetzte Lebensdauer eingesetzt werden kann. Bei Eisenbahnstrecken mit fester Fahrbahn kann die Bauweise zu großen Einspareffekten führen.

Literatur

- [1] *Schmackpfeffer, H.*: Typenentwürfe für Brücken in Stahlverbundbauweise im mittleren Stützweitenbereich. Stahlbau 68 (1999), H. 4, S. 264–276.
- [2] *Schmackpfeffer, H., Ehrlicher, F.*: Typenentwürfe für Brücken in Stahlverbundbauweise im mittleren Stützweitenbereich (Teil II). Stahlbau 70 (2001), H. 7, S. 429–435.
- [3] *Doss, W., et al.*: VFT-Bauweise – Entwicklung von Verbundfertigteilträgern im Brückenbau. Beton- und Stahlbetonbau 96 (2001), H. 4, S. 171–180.
- [4] *Schmitt, V., Seidl, G.*: Verbundfertigteil-Bauweise im Brückenbau. Stahlbau 70 (2001), H. 8, S. 546–553.
- [5] *Seidl, G., Vogel, C., Schmitt, V.*: Untersuchungen zum verstärkten Einsatz von Stahlverbundkonstruktionen bei Brücken kleiner und mittlerer Stützweiten. Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V., Forschungsvorhaben P 629, 2005.
- [6] *Dauner, H.-G.*: Moderner Verbundbrückenbau in der Schweiz. Bauingenieur 77 (2002), März, S. 126–131.
- [7] *Collin, P., Johansson, B.*: Wettbewerbsfähige Brücken in Verbundbauweise. Stahlbau 68 (1999) H. 11, S. 908–918.
- [8] *Hällmark, R., Collin, P., Nilsson, M.*: Large-scale tests on a composite bridge with prefabricated concrete deck and dry deck joints. Stahlbau 82 (2013), Heft 2, S. 122–133. DOI: 10.1002/stab.201310014
- [9] *de Matteis, D., Léglise, R.*: Le nouveau guide de conception durable des ponts mixtes acier-béton, Ouvrage d'art, No. 65, S. 11–18, Paris, Dezember 2010.
- [10] *Le Faucheur, D.*: Le nouveau guide de conception des ponts mixtes acier-béton, Seconde partie: Dimensionnement des bipoutres aux eurocodes, Ouvrage d'art, No. 66, S. 40–50, Paris, März 2011.
- [11] *Jung, R., Heymel, U., Reintjes, K.-H., Schreiber, O.*: Die Bahretalbrücke – eine Verbundbrücke mit Vollfertigteilen. Stahlbau 78 (2009), H. 6, S. 385–393. DOI: 10.1002/stab.200910052
- [12] *Geißler, K., Reintjes, K.-H., Rode-mann, J.*: Ganzfertigteile bei der Verbundfahrbahnplatte der Bahretalbrücke. Stahlbau 78 (2009), H. 12, S. 897–906. DOI: 10.1002/stab.200910105
- [13] *Barbau, S., Baryla, J.-M., Chevallier, F., Petitjean, J., Piquet, A.*: PS Mixte en BHP à connexion différée. Le PS 13 sur A85, Bulletin de liaison diffusé par le Centre des Techniques d'Ouvrages d'Art du Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes, No. 36, S. 12–16, Paris, Dezember 2000.
- [14] Richtlinie für die Anlage von Straßen, Teil: Querschnitte (RAS-Q). Bundesministerium für Verkehr, Bonn 1996.
- [15] *Heiß, N.*: Straßenbrücke ohne Belag und Abdichtung, Pilotprojekt Greißelbach. Münchener Stahlbautage, 11/2015, erhältlich an der Technischen Universität München, Lehrstuhl für Metallbau.
- [16] *Gündel, M., Kopp, M., Feldmann, M., Gallwoszus, J., Hegger, J., Seidl, G.*: Die Bemessung von Verbunddübelleisten nach neuer Allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung. Stahlbau 83 (2014), H. 2, S. 112–121. DOI: 10.1002/stab.201410137
- [17] Richtzeichnungen für Ingenieurbauten. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Blatt Übe 1, Ausgabe 12/2012.

Autoren dieses Beitrages:

Dr. Dipl.-Ing. Günter Seidl,
SSF Ingenieure AG,
Schönhauser Alle 149,
10435 Berlin,
gseidl@ssf-ing.de

Dipl.-Ing. Martin Hierl,
Max Bögl Stiftung & Co KG,
Max-Bögl-Straße 1,
92301 Neumarkt,
mhierl@max-boegl.de

Dipl.-Ing. Michael Breu,
Staatliches Bauamt Regensburg,
Bajuwarenstraße 2d,
93053 Regensburg,
michael.breu@stbar.bayern.de

Prof. Dr.-Ing. Dipl. Wirt.-Ing. (NDS)
Martin Mensinger,
Technische Universität München,
Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt,
Lehrstuhl für Metallbau,
Arcisstraße 21, 80333 München,
mensinger@tum.de

Dipl.-Ing. Mislav Stambuk,
Tiefbauamt Dortmund,
Planung Ingenieurbauwerke,
ehemals SSF Ingenieure AG, Berlin,
mstambuk@stadtdo.de

INTELLIGENTE SEGMENTSYS-TEMBRÜCKEN OHNE BELAG UND ABDICHTUNG

IDEE, ENTWICKLUNG, PLANUNG AUSFÜHRUNG



SSF Ingenieure

PILOTPROJEKT
GREISSELBACH

ssf-ing.de