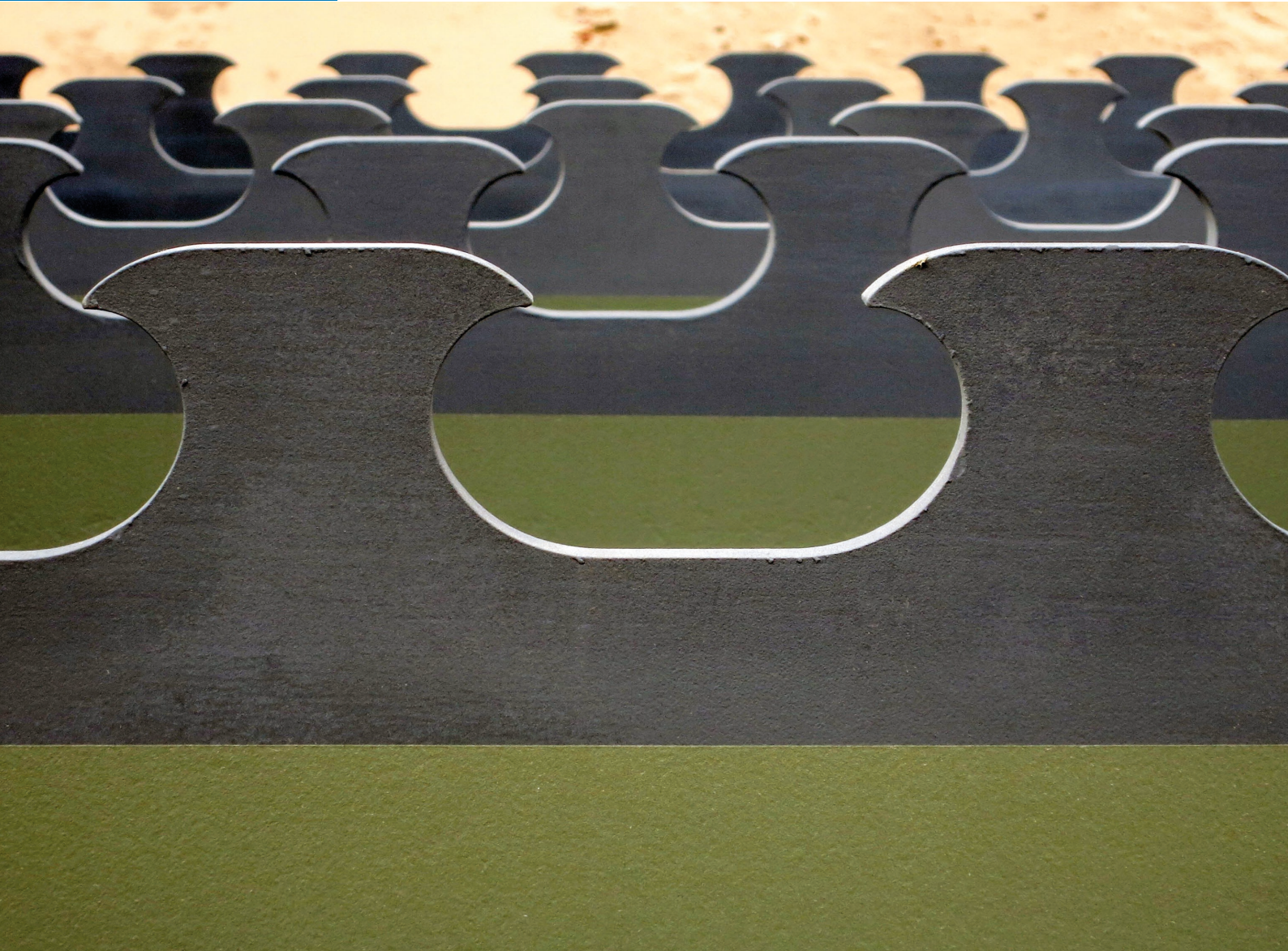


# 6

87. Jahrgang  
Juni 2018, S. 547 – 554  
ISSN 0038-9145  
A 6449

Sonderdruck

# Stahlbau



## Innovative Konstruktionen im Verbundbrückenbau

Günter Seidl  
Wojciech Lorenc

Ernst & Sohn  
A Wiley Brand

SSF Ingenieure



# Innovative Konstruktionen im Verbundbrückenbau mit Verbunddübelleisten

Der Verbundbrückenbau hat sich in Deutschland, aber auch in Polen etabliert. Gründe sind der hohe Vorfertigungsgrad, die großen Spannweiten, die mit modularen Systemen realisiert werden können, und die einfache Durchbildung von integralen Bauweisen. Daraus ergeben sich eine hohe Qualität des Bauwerks, kurze Bauzeiten und günstige Herstellkosten. Die Verbunddübelleiste ist seit 2013 in Deutschland als Konstruktionselement zugelassen. In verschiedenen Brückenprojekten kam sie in unterschiedlichen Konstruktionen zum Einsatz. Hauptsächlich werden sie im Brückenhauptträger als Schubverbund zwischen Betonfertigteile und Stahlträger angeordnet. Interessant für die Entwicklung der Bauweise sind jedoch weitere Einsatzbereiche in VFT-WIB-Platten in Brückenquerrichtung und als Verankerungselemente, um große Einzellasten in Betonbauteile einzuleiten.

**Stichworte:** Trogbrücke; Klappbrücke; VFT-WIB-Träger; Bewehrung, extern; WIB-Platte; Konstruktionsbeispiel

**Innovative solutions in bridge construction with composite dowel strips.** Composite constructions are established in bridge engineering in Germany and Poland. This success is based on the high grade of prefabrication and the large spans which can be realized by modular systems and the straightforward design of integral structures. The result is a high-quality structure, short construction times, low construction costs. Since 2013 the composite dowel strip is regulated in Germany. It was applied in several bridge projects in diverse technical solutions. The widest application is in bridge girders in the function of shear connector between prefabricated concrete element and steel girder. The progress of the construction method becomes interesting with the view to wide range of use in filler beam decks in transversal direction of the bridge and in anchorage elements to introduce high concentrated loads into concrete elements.

**Keywords:** trough bridge; bascule bridge; composite precast beam; external reinforcement; filler beam deck; design example

## 1 Einführung

### 1.1 Notwendigkeit von vorgefertigten Bausystemen

Die Investitionen für Vorhaben der Verkehrsinfrastruktur steigen in den letzten Jahren kontinuierlich. In der Aufteilung der Mittel zeigt sich seit dem Jahr 2011 eine Trendwende. Nach den Anstrengungen für den Neubau und Ausbau von Verkehrswegen stehen seit 2011 die Erhaltung und Ersatzneubauten bestehender Verkehrswege im Vordergrund. Deutlich wird dies anhand der Aufteilung der

Investitionen im Bundesfernstraßennetz (s. Bild 1). Die Mittel für den Neu- und Ausbau bleiben seit 2010 konstant bei rund 2 Mrd. Euro. Ähnlich verhält es sich bei den „sonstigen“ Investitionen. Der Etat für die Erhaltung verdoppelt sich dagegen von 2 Mrd. Euro im Jahr 2010 auf rund 4 Mrd. Euro in diesem Jahr. Ein wesentlicher Anteil der Erhaltungskosten geht dabei in Ingenieurbauwerke. Der Brückenbau steht hier im Vordergrund. Der Brückenbestand im Bundesfernstraßennetz weist bei einer Zustandsnote von 1 bis 4 einen Anteil von 10% aus, der schlechter als 3,0 bewertet wird und damit kurz bis mittelfristig ertüchtigt oder erneuert werden muss (Bild 2).

Bei einer Brückenfläche von rund 30,67 Mio. m<sup>2</sup> liegt die Fläche der Brücken, die sich in kritischem Zustand befinden, bei über 3 Mio. m<sup>2</sup>. Dies entspricht einem Bauvolumen von 9 Mrd. Euro. Den größten Anteil bilden dabei die Brücken kurzer und mittlerer Spannweite. Die kurzen Brücken mit Spannweiten bis 30 m bilden rund die Hälfte des Brückenbestands, die mittleren Spannweiten mit zwischen 30 und 50 m Spannweite immerhin noch 1/6 (Bild 3). Auf diese Spannweitenbereiche entfällt damit mittelfristig ein Bauvolumen von 2/3 und damit auf rund 6 Mrd. Euro.

Hier eröffnet sich ein enormes Potenzial für Verbundbrücken. Derzeit liegt der Anteil der Verbundbrücken bei

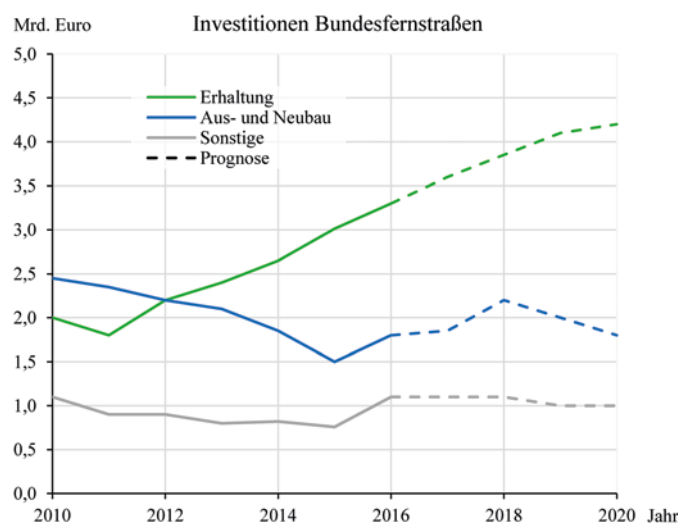


Bild 1. Investitionen in das Bundesfernstraßennetz nach dem Verkehrsinvestitionsbericht 2015 [1]

Fig. 1. Investment made in the federal trunk road network based on the transport investment report 2015 [1]

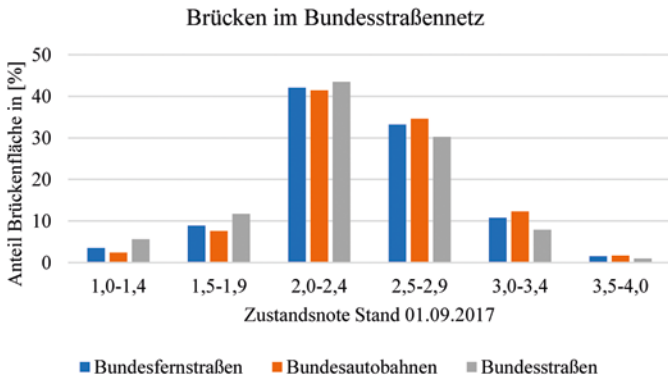


Bild 2. Verteilung der Zustandsnoten der Brücken im Bundesfernstraßennetz nach [2]  
 Fig. 2. Distribution of the score of the condition of bridges in the federal trunk road network based on [2]

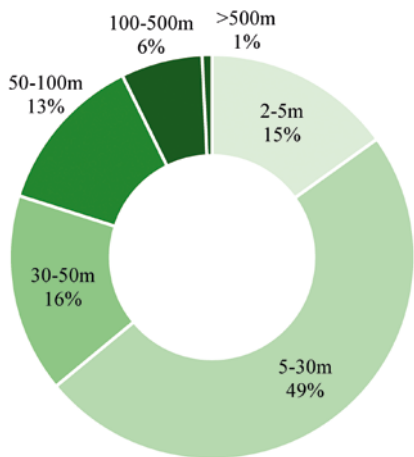


Bild 3. Verteilung der Brückenfläche nach Brückenlängen im Bundesfernstraßennetz, Stand 2017 aus [2]  
 Fig. 3. Distribution of bridge surface over bridge length in the federal trunk road network in 2017 based on [2]

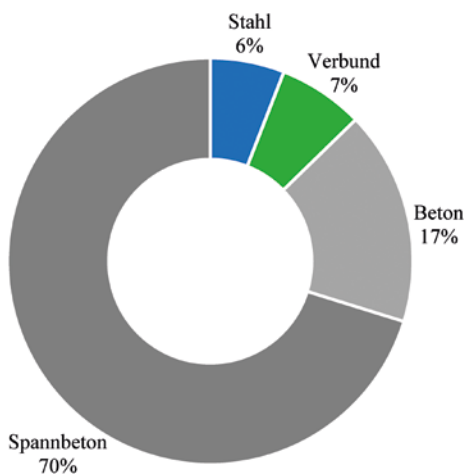


Bild 4. Verteilung der Bauweisen nach Brückenfläche im Bundesfernstraßennetz, Stand 2017 aus [2]  
 Fig. 4. Distribution of bridge construction type over the bridge surface in the federal trunk road network in 2017 based on [2]

knapp 7% im Vergleich zu anderen Bauarten. Dieser Anteil hat sich nach der Einführung der Verbund-Fertigteil-Träger (VFT)-Bauweise deutlich erhöht. Zum Zeitpunkt

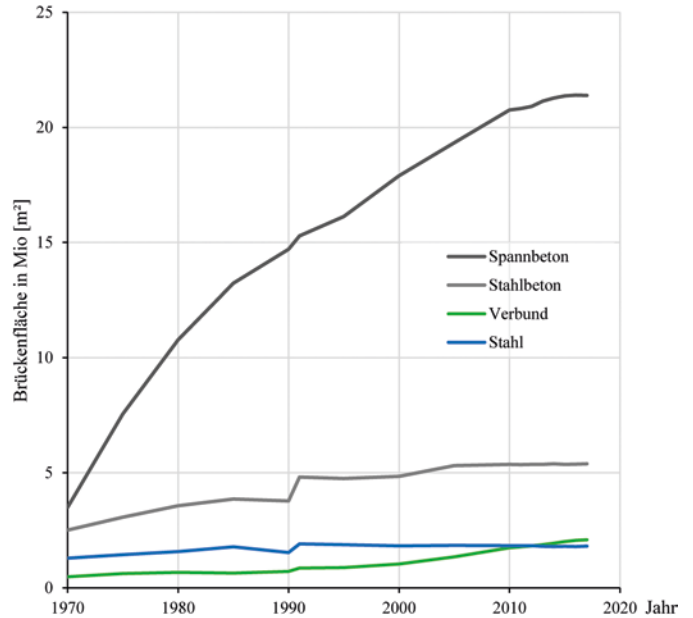


Bild 5. Brückenfläche nach Bauarten, Stand 2017 aus [2]  
 Fig. 5. Bridge surface area depending on bridge construction in 2017 based on [2]

des Baus des ersten VFT-Bauwerks im Jahr 1999 lag der Anteil bei 4,1%. In den darauffolgenden Jahren verdoppelte sich die Brückenfläche der Verbundbrücken von 1,04 Mio. m<sup>2</sup> im Jahr 2000 auf 2,09 Mio. m<sup>2</sup> im Jahr 2017 und somit stieg der Marktanteil stetig auf 6,8% im Jahr 2017 (s. Bilder 4 und 5). Der Zuwachs ist auch auf den häufigen Einsatz der VFT-Bauweise im kurzen und mittleren Stützweitenbereich zurückzuführen.

### 1.2 Brücken mit VFT-Trägern

Die Verbund-Fertigteil-Träger-Bauweise lehnt sich an die erfolgreiche Bauweise von Fertigteilen in Spannbetonbauweise an und verknüpft dabei die Vorteile der Verbundbauweise. Ein in der Regel als offener Doppel-T-Träger oder als U-förmiger Hohlkasten ausgebildeter Schweißträger wird am Obergurt mit einem bis ca. 3 m breiten Betondruckflansch bereits im Werk ergänzt. Dieser stabilisiert den Verbundträger sowohl im Transport- als auch im Montagezustand in horizontaler Richtung und führt aufgrund der Verbundwirkung bereits im Bauzustand (Erstverbund) zu einer signifikanten Erhöhung der Steifigkeit in vertikaler Richtung.

Auf der Baustelle werden die Träger mit Hilfe von Mobilkränen nebeneinander auf Auflagerpunkten abgelegt. Die breiten Betonobergurte fungieren neben statischen Gesichtspunkten auch als Schalung für die Herstellung der nachfolgenden Ortbetonergänzung, die die Verbundträger zusammen mit den Ortbetonquerträgern im Bereich der Auflagerachsen in Querrichtung zu einem monolithischen Brückendeck verbinden. In statischer Hinsicht erfolgt mit dem Betonieren der Ortbetonergänzung auf der Baustelle ein Zweitverbund, der die Steifigkeit der Verbundträger als Längstragglieder zur Aufnahme der finalen Ausbaulasten sowie Verkehrslasten nochmals erhöht. Aufgrund der hohen Quersteifigkeit der Verbundträger werden zur Herstellung der Ortbetonplatte keinerlei Aussteifungsverbände benötigt. Beim konventionellen Verbund prägen sich die

Lasten zur Erstellung der Ort beton-Fahrbahnplatte als Spannungen im Stahlträger ein, da ein Erstverbund zu diesem Zeitpunkt noch nicht vorhanden ist. Erst nach dem Erhärten des Betonobergurt wirken die Lasten aus Ausbau und Verkehr auf den vollen Verbundquerschnitt. Ober- und Untergurt des Stahlträgers müssen demgemäß auf die Aufnahme der Betonierlasten aus der Fahrbahnplatte dimensioniert und ausgesteift werden.

Beim VFT-Träger wirken die Lasten dagegen bereits auf den vollen, vorzeitigen (Erst-) Verbund. Die gesamten Eigengewichtsmomente werden durch den sehr steifen Verbundquerschnitt aufgenommen. Es werden so erhebliche Materialeinsparungen im Konstruktionsstahl gegenüber dem klassischen Verbundbau möglich. Weitere Einsparungen ergeben sich durch den Entfall von Beulsteifen in den Stegen und insbesondere aus dem Wegfall der Stabilisierungsverbände im Bauzustand. Der VFT-Träger weist damit Analogien zu der üblichen Spannbetonträger-Bauweise bei deutlich geringerem Gewicht auf. Beim Transport über die Straße sind Längen von bis zu 60 m möglich.

Anfang der 1990er Jahre wurden Verbundbrücken auf Basis von Walzträgern entwickelt, die über Ort betonquerträger gekoppelt wurden und so ohne zusätzliche Schweißarbeiten eine Durchlaufwirkung ermöglichten. In dieses System passt sich die VFT-Bauweise mit dem Stahlbeton-Fertigteilflansch hervorragend ein. In den einzelnen Auflagerachsen werden Ort betonquerträger angeordnet, über die die einzelnen VFT-Träger zu Durchlaufträgern ergänzt werden können. Die Druckkräfte aus den unteren Stahlflanschen werden dabei über Stirnplatten, Querkräfte über Kopfbolzendübel übertragen. Einfache Bewehrungsanschlüsse am vorgefertigten Betondruckgurt ermöglichen bereits im Bauzustand die Zugkraftkopplung, in der Ortbetongerganzung können die restlichen Bewehrungsanteile für die Durchlauftragwirkung herangezogen werden. Entsprechend können VFT-Träger in die Widerlager integriert werden.

Neben diesen Vorteilen sind weitere Punkte herauszuheben, die die Bauweise im Segment üblicher Spannbetonbrücken attraktiv macht: der hohe Vorfertigungsgrad bei gleichzeitig geringem Gewicht, größere Stützweiten bei gleicher Bauhöhe und die Möglichkeit zur Wahl neuer statischer Systeme. Die Qualität der Bauteile wird deutlich erhöht, indem der VFT-Träger unter gleichbleibenden Fertigungsbedingungen ohne Witterungseinfluss im Werk hergestellt wird. Der Betonflansch erzeugt einen Eigengewichtsverbund. So können Durchlaufsysteme, aber auch Rahmensysteme im Verbund rein durch Bewehrungsanschlüsse erzeugt werden. Insbesondere Rahmensysteme im Verbund ermöglichen sehr hohe Schlankheiten in Feldmitte. Veränderte geometrische Verhältnisse, die durch den bewussten Entfall von Mittelpfeilern oder durch die Wahl größerer lichter Weiten entstehen, können mit VFT-Trägern bei gleichen Konstruktionshöhen mit deutlich größeren Spannweiten überbrückt werden.

## 2 Die Verbunddübelleiste im Brücken- und Ingenieurbau bei vorgefertigten Verbundträgern

Mitte der 1980er Jahre wurde von Leonhardt und André ein gelochtes Stahlblech entwickelt, das längs der Stahlträger mit zwei Kehlnähten aufgeschweißt wird [1]. Für die so

genannte Perfobond-Leiste wurde 1991 die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung erteilt [2]. Sie kann auf Brückenträger aus Stahl in Längsrichtung in mehreren Reihen aufgeschweißt werden und fand bei zahlreichen Brücken im Ausland ihren Einsatz.

Die Perfobond-Leiste fand ihren Hauptanwendungsbereich im Brückenbau. Der Stahlträger wird dabei so konzipiert, dass er das Betoniergewicht tragen kann. Durch die Momentenbelastung in diesem Zustand ist ein entsprechend dicker Stahlobergurt notwendig. Im Endzustand ist aber dieser dicke Stahlobergurt meist nicht voll ausgelastet, weil die Betonplatte dessen Tragfunktion größtenteils übernimmt. Parallel dazu wurden von *Brendel* in Zusammenarbeit mit der Fa. Kombi-Tragwerk Trägersysteme mit Betondübeln entwickelt ([3], [4]). Für die so genannte Kombi-Verdübelung wurde im Jahr 2000 die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung erteilt [5].

Während sich die Perfobond-Leiste auf den Brückenbau ausrichtet, indem sie als Schubleiste auf die Träger geschweißt wird, ist die Kombi-Verdübelung auf Verbundträgersysteme im Hochbau fokussiert. Die übliche Praxis im Hochbau ist, die Betondecken vom unteren Geschoss durch Lehrgerüste auszusteuern. Im Falle der Kombi-Träger müssen daher die Stahlträger nicht ihr Eigengewicht und das Betoniergewicht der Betondecke tragen, sondern werden bis zum Erhärten der Betonplatte unterstützt. Erst dann wird das Konstruktionseigengewicht auf die Verbundträger umgelagert. Dadurch kann der Stahlträger auch ohne Stahlobergurt ausgeführt werden, denn durch den Eigengewichtsverbund werden die Druckkräfte von der Betonplatte übernommen.

Die Perfobond-Leiste und die Kombi-Verdübelung werden als kontinuierliche Verbundmittel bezeichnet. Im Gegensatz zu den Kopfbolzen, die die Schubkraft über den Dübelfuß punktuell in den Beton einleiten, übertragen die Dübelleisten die Schubkraft über eine Vielzahl von Löchern in der Stahlleiste in den Beton.

Mit der Entwicklung der VFT-Bauweise wird bereits im Fertigteilwerk ein Eigengewichtsverbund hergestellt. Der Stahlträger wird nicht mehr für die Lasten aus Ort beton bemessen, sondern der Verbundträger nimmt diese Lasten auf. Der erforderliche Stahlbedarf verringert sich deutlich. Der Obergurt, der beim VFT-Träger nahe der Nulllinie des Querschnitts liegt, ist in seinen Abmessungen konstruktiv auszulegen, weil er kaum Spannungen aus der Biegung des Trägers erfährt. Bei VFT-Trägern ist es naheliegend, auf den Stahlobergurt mit seinen Kopfbolzendübeln zu verzichten und den Stahlsteg direkt in das Fertigteil einbinden zu lassen. Neben der Materialersparnis im Obergurt und bei den Kopfbolzendübeln entfällt auch der Arbeitsaufwand für die beiden Halskehlnähte am Obergurt.

Um Erfahrungen im Umgang mit Verbunddübelleisten im Brückenbau zu sammeln, wurden zwei Stahlprofile nebeneinander angeordnet. Der Querschnitt wurde erstmals bei der Brücke in Pöcking eingesetzt [6]. Es wurde ein Walzträger gewählt, der mittig getrennt ist. Der Trennschnitt hat eine puzzleartige Form, die doppelt symmetrisch ist, um keinen Verlust beim Trennschnitt des Walzträgers zu haben. Untersuchungen zur Tragfähigkeit der Verbunddübelleiste wurden an der Universität der Bundeswehr in München durchgeführt, die bereits umfangreiche Erfahrungen mit Betondübeln hatte ([7], [8]). Dieser erste

Einsatz im Brückenbau war der Anstoß für die Weiterentwicklung der Verbunddübelleiste. Unterschiedliche Ausformungen der Leiste wurden untersucht. Dabei standen doppelt-symmetrische Schnittformen im Vordergrund.

Werden diese neuartigen Verbundmittel jedoch nicht ausschließlich zum Anschluss von Betongurten verwendet, ergeben sich neue Tragsysteme. Bildet der Stahlträgersteg direkt die Verbunddübelleiste, kann ein Stahlträgerobergurt, der bei der VFT-Bauweise [9] im Wesentlichen die Aufgabe hat, die Kopfbolzendübel aufzunehmen, entfallen.

Die ersten Brücken mit einem Stahlträger und Verbunddübeln im Fertigteil wurden in Österreich [10] für Straßenüberführungen über die Bahn erstellt. In letzter Zeit wurden auf Grundlage der intensiven Untersuchungen im Bereich der Ermüdung Eisenbahnbrücken gebaut. Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung von Verbunddübelleisten ([11], [12]), die im Rahmen eines Forschungsvorhabens der Forschungsvereinigung der Stahlanwendung erarbeitet wurde und durch das Deutsche Institut für Bautechnik 2013 zur Anwendung zur Verfügung gestellt wurde, wird derzeit um fünf Jahre verlängert.

Die Gesichtspunkte einer modularen Fertigung wurden seit der Entwicklung der VFT-Bauweise konsequent

weiterverfolgt und neue Systeme wurden entwickelt. Anwendungen im Brückenbau werden in [13] besprochen. Hauptmerkmal der Projekte ist das Prinzip der T-förmigen Stahlprofile, der so genannten externen Bewehrung, die an der untersten Faser des Trägers ihre Tragfunktion hat. Durch die kompakten Stahlteilen wird ihre Handhabung deutlich einfacher. Meist werden zwei Trägerhälften aus einem Walzträger in industriellem Verfahren hergestellt. Die Walzträger werden mittig in der Brennschneideanlage geschnitten. Eine Nachbearbeitung ist kaum notwendig. Lediglich Träger in Durchlauf- und in Rahmensystemen müssen mit Stirnplatten im Stahlwerk versehen werden. Wegen den kompakten Abmessungen der Stahlbauteile kamen bereits feuerverzinkte Stahlträger im Brückenbau zum Einsatz. Ein Beispiel ist die Elsterbrücke Osendorf [14].

### 3 Konstruktionsbeispiele mit Verbunddübeln

#### 3.1 Trogbrücke über die Salzach mit feuerverzinkten VFT-WIB-Platten in Querrichtung

Die Verbindungsstraße zwischen Zell am See und Kaprun wird bei Mayereinöd über die Salzach geführt. Die Salzach

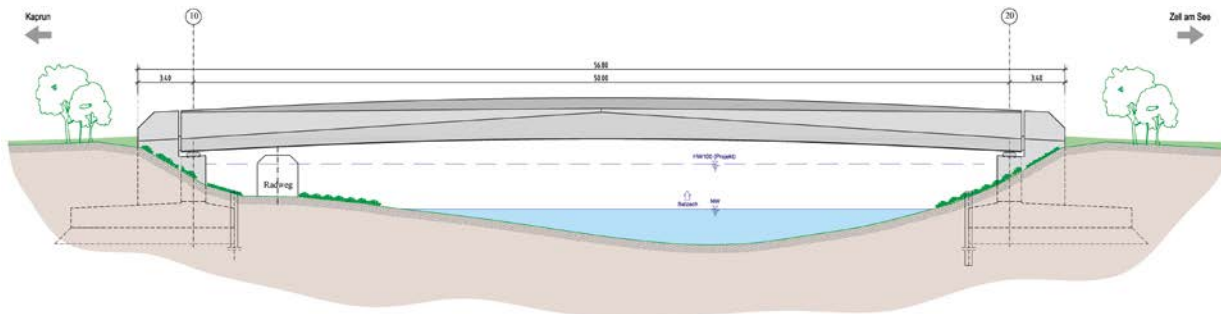


Bild 6. Ansicht der Brücke über die Salzach bei Mayereinöd  
 Fig. 6. View on the bridge across the Salzach next to Mayereinöd

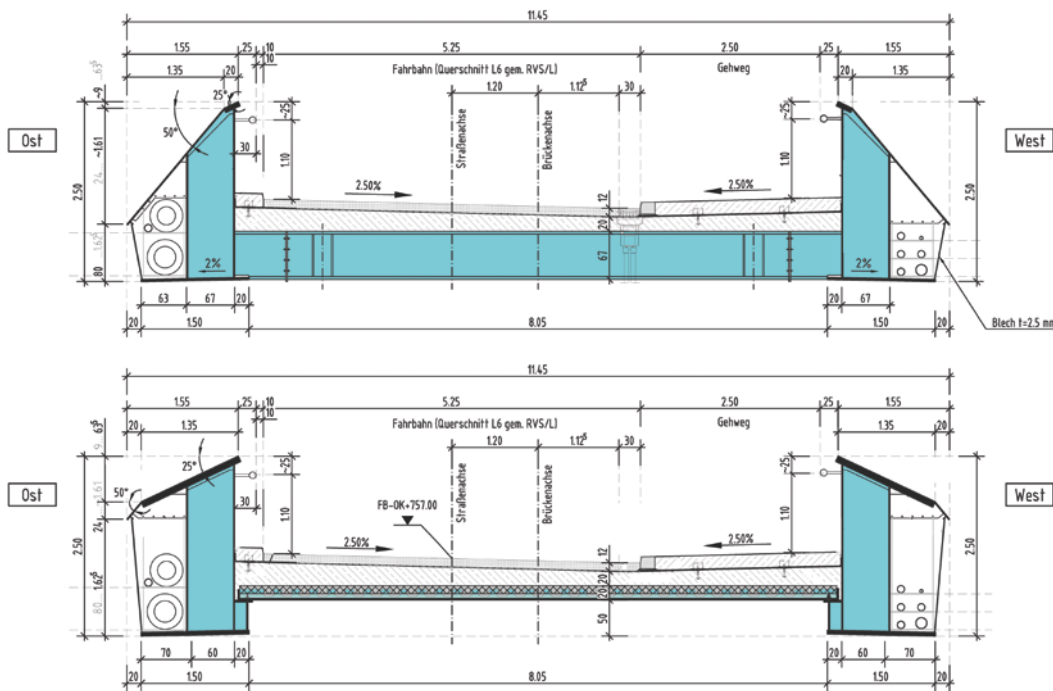


Bild 7. Querschnitte der Mayereinödbrücke am Auflager und in Feldmitte  
 Fig. 7. Cross-section of the bridge next to Mayereinöd at the bearing and in the central span



Bild 8. Blick auf die Mayereinödbrücke mit den verschränkten Obergurten der Stahlhohlkästen

Fig. 8. Visualization of the bridge next to Mayereinöd with interlaced upper flanges of the steel hollow boxes

ist stark hochwassergefährdet und wird derzeit an größere Abflussmengen angepasst. Im Bereich der bestehenden Brücke wird ein neues Bauwerk mit einer Spannweite von 50 m erforderlich (Bild 6). Der Abflussquerschnitt der Salzach ist nur mit einem obenliegenden Tragwerk zu gewährleisten, weil die Gradienten wegen der Anschlusspunkte nicht höher gelegt werden kann. Der Querschnitt ist ein Trogquerschnitt mit einer Fahrbahnplatte in Verbundbauweise (Bild 7). Die Obergurte der seitlich angeordneten Stahlhohlkästen werden geneigt ausgeführt, um ein Begehen der Obergurte auszuschließen. Der Obergurt wird in zwei dreiecksförmige Flächen aufgelöst. Die äußere Fläche des Obergurts hat eine Neigung von 50°, die innere Fläche zur Feldmitte hin eine Neigung von 25°. Es entsteht eine aufgelöste Ansichtfläche, die den 2,50 m hohen Hauptträger weniger hoch im flachen Talboden der Salzach erscheinen lässt (Bild 8). Seitlich werden die großen Rohrleitungen angeordnet. Sie befinden sich im Raum zwischen dem überstehenden Obergurt und Untergurt und werden durch ein Lochblech seitlich abgedeckt.

Die Fahrbahnplatte besteht aus VFT-WIB (Walzträger in Beton)-Platten und einer Ortbetonerfüllung. Die Platte spannt über 8,35 m in Querrichtung der Brücke. Sie muss mit einer möglichst kleinen Konstruktionshöhe auskommen, um unter der Platte noch eine Leitungsführung zu ermöglichen. Die Fertigteile werden als  $\Pi$ -Platten mit externer Bewehrung entworfen. Sie haben eine Konstruktionshöhe von 0,20 m, sind 2,30 m breit und 8,00 m lang bei einer Dicke der Fertigteilplatte von 10 cm (Bild 9). Mit einem Verlegegewicht von 8 t sind die Fertigteile mit einem leichten Mobilkran über der Salzach auf die bereits montierten Hauptträger zu verlegen. Nach dem Betonieren der 0,20 m dicken Ortbetonplatte werden die Ausbau- und Verkehrslasten im Verbund mit den VFT-WIB-Platten in die Hauptträger abgeleitet.

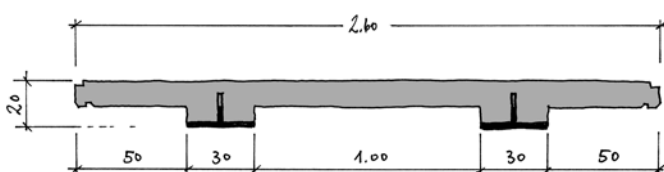


Bild 9. Querschnitt einer VFT-WIB-Platte  
Fig. 9. Cross-section of the filler beam deck



Bild 10. Stahlträger mit Verbunddübelleiste und fertigem Korrosionsschutz vor der Ergänzung der Betonfertigteilplatte  
Fig. 10. Steel girders implementing the composite dowel strip and completely coated before casting the prefabricated concrete plate

Die Stahlträger werden in der Halle des Stahlbaus mit der Kontur der Verbunddübelleiste geschnitten, mit Stirnplatten versehen und feuerverzinkt. Nach dem Sweepen des Trägers wird eine zusätzliche Schicht von 80  $\mu\text{m}$  Deckbeschichtung aufgebracht (Bild 10). So ist der Korrosionsschutz über die Standzeit der Brücke gewährleistet und eine aufwendige Erneuerung der Beschichtung über der Salzach entfällt. Die Brücke befindet sich in diesem Jahr im Bau und wird im Herbst fertiggestellt.

### 3.2 Brücke über die Martwa Wisła Śmiała auf die Halbinsel Sobieszewo bei Danzig mit VFT-WIB-Trägern und einer Verankerungskonstruktion mit Verbunddübeln

Zur Insel Sobieszewo bei Danzig führt derzeit eine bewegliche Pontonbrücke über die Martwa Wisła (dt. Tote Weichsel). Die Pontonbrücke lässt momentan eine nur sehr langsame Fahrweise der Fahrzeuge zu. Zugleich sind die Unterbrechungen sehr lang, wenn die Pontons seitlich verschwenkt werden, um ein Schiff passieren zu lassen. Die neue Hubbrücke wird die bestehende Pontonbrücke ersetzen und ist derzeit im Bau. Sie ist 173 m lang und geht über fünf Felder. Die Schifffahrtsöffnung wird mit 59,50 m + 2  $\times$  6,75 m überspannt, die vier Randfelder mit je 25 m (Bild 11).

#### 3.2.1 VFT-WIB-Bauweise in den Randfeldern

Die Randfelder werden als Fertigteilbauweise in Verbund ausgeführt. Dabei werden die Träger nicht in voller Breite hergestellt, sondern mit einer Lücke verlegt. Die Innenträger haben eine Obergurtbreite von 1,20 m, die Randträger eine Breite von 1,40 m. Die Zwischenräume werden durch Fertigteilplatten mit Abmessungen von 2,24 m  $\times$  1,12 m abgedeckt. Der Bauablauf sieht vor, die Träger auf die Pfeiler und Widerlager zu verlegen und die Rahmenecken und die Querträger zu betonieren. Anschließend werden die Betonplatten verlegt und mit der Ortbetonplatte ergänzt (Bild 12).

Die Besonderheit an den Vorlandfeldern ist die Ausführung der VFT-WIB-Träger. Die Stahlträger sind nur

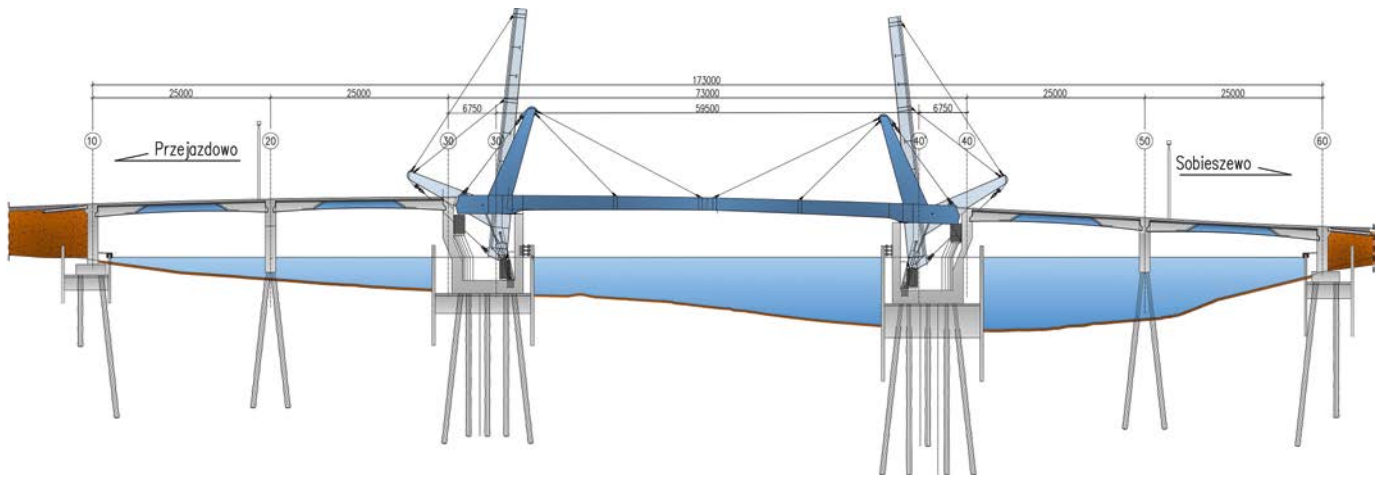


Bild 11. Längsschnitt der neuen Hubbrücke über die Martwa Wisla (Tote Weichsel) bei Danzig (Europrojekt Gdańsk)  
 Fig. 11. Longitudinal section of the new bascule bridge across the Martwa Wisla River

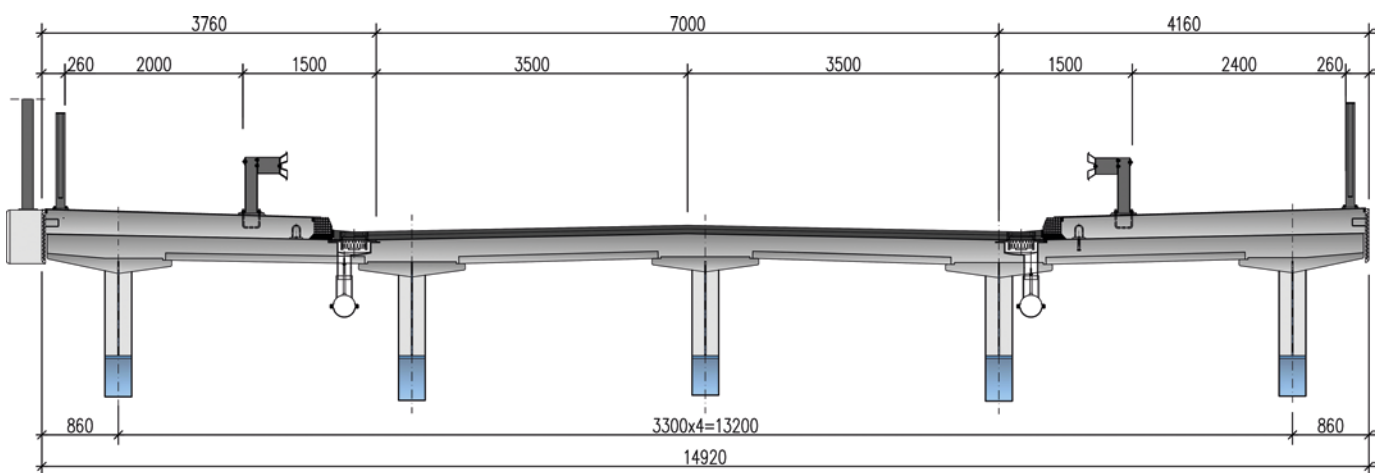


Bild 12. Querschnitt der Brücke Sobieszewo  
 Fig. 12. Cross-section of Sobieszewo Bridge

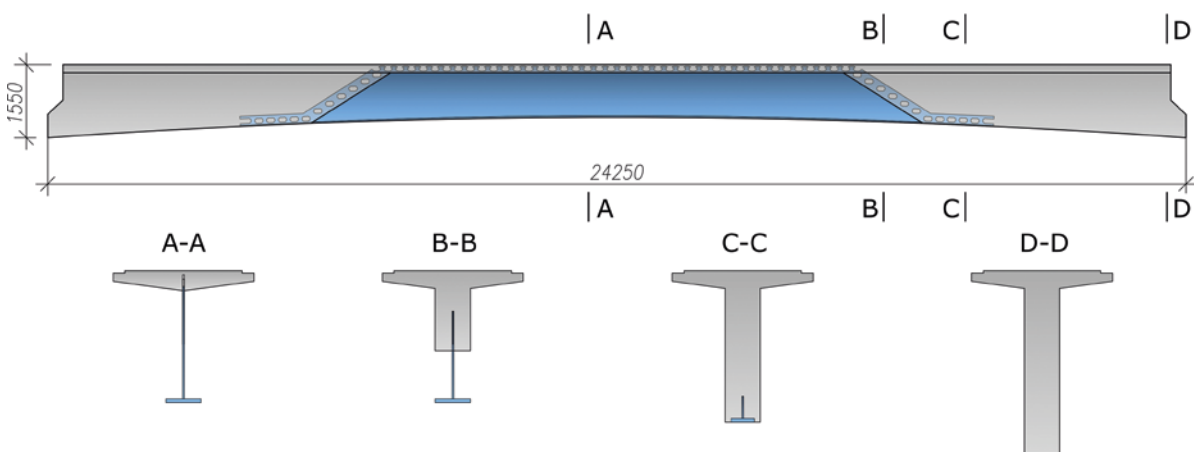


Bild 13. Ansicht eines VFT-WIB Trägers mit den zugehörigen Querschnitten  
 Fig. 13. View on a composite precast beam with corresponding cross-sections

noch im Bereich der positiven Momente angeordnet (vgl. Bild 13, Schnitt A-A). Im Stützbereich geht der Verbundträger in einen reinen Betonquerschnitt über (vgl. Bild 13, Schnitt C-C und D-D). Verbunddübel am oberen Stegende erzeugen die Schubverbindung. Die Querkräfte, die im Steg wirken, werden kontinuierlich im Übergangsbereich

(Bild 13, Schnitt B-B) über den geneigten Stahlträgersteg in den Betonsteg über durch den Stahlsteg geführte Bügel eingetragene. So werden die im Träger wirkenden Kräfte eindeutig den Materialien Beton und Stahl zugewiesen und es entsteht ein kostengünstiger Träger, der leicht und mit geringem Aufwand zu montieren ist (Bilder 14 und 15).





Bild 14. Verlegte VFT-WIB Träger (Foto: Grzegorz Mehring, gdansk.pl)

Fig. 14. Placed composite precast beam (filler beam deck)



Bild 15. Verlegen des zweiten Feldes mit Schwimmkran vom Ponton aus (Foto: Grzegorz Mehring / Łukasz Ogrodziński, gdansk.pl)

Fig. 15. Mounting of the 2nd bay by a pontoon crane

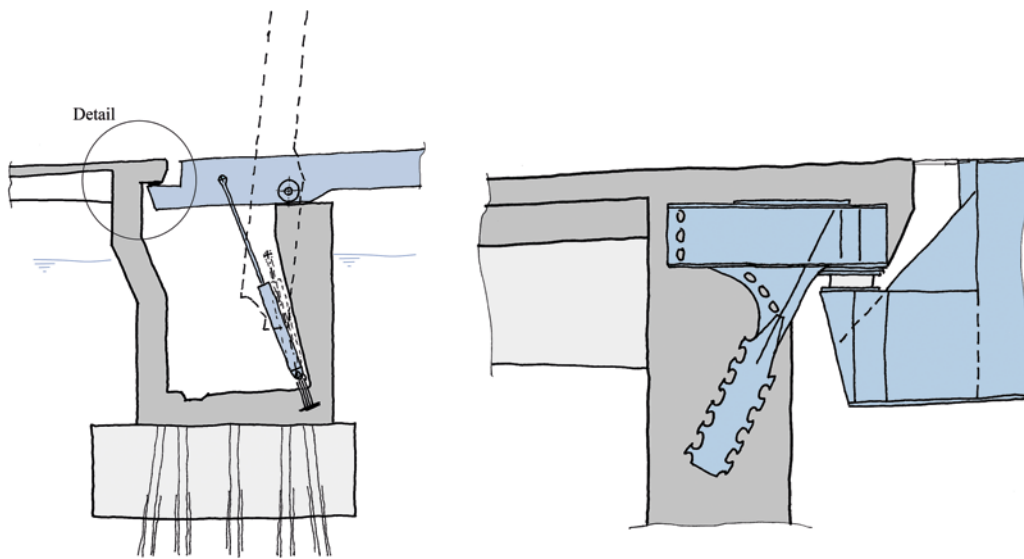


Bild 16. Schematische Darstellung der Verankerungskonstruktion mit Detail

Fig. 16. Schematic sketch of anchorage detail

### 3.2.2 Verankerung der Klappbrücke

Die Klappbrücke überspannt eine Stützweite von 59,50 m. Der Kragarm überspannt die halbe Stützweite und ist 29,75 m lang. Der Rückarm der Klappbrücke ist befahrbar. Die Brücke wird durch untenliegende Gegengewichte und eine Zughydraulik bewegt. Als Anschlag in geschlossener Stellung dient eine Lagerkonstruktion (vgl. Bild 16). Die abhebenden Kräfte im geschlossenen Zustand betragen rund 4 MN je Trägerseite und werden über eine Zugkonstruktion in die Betonpfeiler zurückgehängt. Die Größe der Zugkraft lässt es nicht zu, die Krafteinleitung über Bewehrung abzudecken. Das Drucklager wird mittig zwischen zwei Zugverankerungen angeordnet. Jede Zugverankerung leitet über drei doppelseitige Verbunddübelleisten die Kraft von rund 1,0 MN in die Betonlisen ein (Bild 16). Der Nachweis der Traglast und der Ermüdung wurde in Anlehnung an die in Deutschland eingeführte allgemeine bauaufsichtliche Zulassung von Verbunddübelleisten geführt [13]. Maßgebend sind in diesem Fall jedoch nicht die Verbunddübelleisten, sondern die Hauptzugspannungen im Ausrundungsbereich Steifenbleche (Bild 17).



Bild 17. FE-Modell zur Berechnung der Verankerungskonstruktion

Fig. 17. FE model for calculation of the anchorage system



Bild 18. Herstellung im Stahlwerk  
Fig. 18. Production in the steel plant



Bild 19. Einbau der Verankerung in den Pfeiler der Klappbrücke Sobieszewo  
Fig. 19. Placing the anchorage construction at the pier of the bascule bridge Sobieszewo

Bild 18 zeigt einen Lagerpunkt mit je zwei Verankerungskonstruktionen. Sie wurden auf der Baustelle mit einem Schwimmkran positioniert, der nach dem Verlegen der VFT-WIB-Träger für die Verankerungselemente direkt zur Verfügung stand (Bild 19).

#### 4 Ausblick

Die Verbunddübelnleiste ist im Brückenbau mittlerweile eine häufig eingesetzte Konstruktion, um Betontragglieder als Stahlträger effizient und kostengünstig in Haupttragglieder anzubinden. Grundlage für die Bemessung und konstruktive Durchbildung ist die aktuelle allgemeine bauaufsichtliche Zulassung [13], die die Anwendung regelt. Vorteilhaft ist, dass die Stahltragglieder aufgrund ihrer kompakten Abmessungen auch feuerverzinkt werden können und damit der Stahlbau dauerhaft korrosionsschutz ist. Die hohe Tragfähigkeit und die guten Eigenschaften des Verbunddübels bei nicht ruhender Beanspruchung ermöglichen aber auch Anwendungen über den reinen Schubverbund hinaus. Große punktuelle Lasten können sehr kompakt in Betonbauteile mit Verankerungen aus Verbunddübeln eingeleitet werden. Derzeit sind Netzwerkbogenbrücken in Krakau in Planung, deren Bögen aus Walzprofilen bestehen. Die Versteifungsträger und die Fahrbahntafel bilden eine längs und quer vorgespannte Betonplatte. Der Übergang von Stahl auf Beton im Bogenfußpunkt kann sehr einfach und kompakt mit Verbunddübeln gelöst werden.

Der Walzträger wird dabei mittig in der Verbunddübelgeometrie geschnitten und aufgeweitet, um in den Bogenfußpunkt mit seinen Längsspanngliedern einzubinden. So ergibt sich ein sehr schlanker Bogen, dessen Bogenfußpunkt sehr kostengünstig in Beton gelöst wird.

#### Literatur

- [1] Verkehrsinvestitionsbericht für das Berichtsjahr 2015. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Berlin, August 2017.
- [2] Brückenstatistik. Bundesanstalt für Straßenwesen, [https://www.bast.de/BASSt\\_2017/DE/Statistik/Bruecken/Brueckenstatistik.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=8](https://www.bast.de/BASSt_2017/DE/Statistik/Bruecken/Brueckenstatistik.pdf?__blob=publicationFile&v=8)
- [3] Leonhardt, F., Andrä, W., Andrä, H. P., Harre, W.: Neues, vorteilhaftes Verbundmittel für Stahlverbund-Tragwerke mit hoher Dauerfestigkeit. Beton- und Stahlbetonbau 82 (1987) H. 12, S. 325–331.
- [4] Zulassungsbescheid Z-26.1-23: Perfobond-Leiste. Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, 1991.
- [5] Deutsches Patentamt, Offenlegungsschrift DE3503410A1, 1985.
- [6] Deutsches Patentamt, Offenlegungsschrift DE3836592A1, 1989.
- [7] Zulassungsbescheid Z-26.4-39: Kombi-Verdübelung. Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, 2000.
- [8] Schmitt, V., Seidl, G., Hever, M., Zapfe, C.: Verbundbrücke Pöcking – Innovative VFT-Träger mit Betondübeln. Stahlbau 73 (2004), H. 6, S. 387–393.
- [9] Wurzer, O.: Zur Tragfähigkeit von Betondübeln. Berichte aus dem konstruktiven Ingenieurbau, Dissertation, Universität der Bundeswehr, München 1997.
- [10] Zapfe, C.: Trag- und Verformungsverhalten von Verbundträgern mit Betondübeln zur Übertragung der Längsschubkräfte. Berichte aus dem konstruktiven Ingenieurbau, Dissertation, Universität der Bundeswehr, München 2001.
- [11] Schmitt, V., Seidl, G.: Verbundfertigteil-Bauweise im Brückenbau. Stahlbau 70 (2001), H. 8, S. 546–553.
- [12] Seidl, G., Braun, A.: VFT-WIB-Brücke bei Vigaun – Verbundbrücke mit externer Bewehrung. Stahlbau 78 (2009), H. 2, S. 86–93. DOI: 10.1002/stab.200910009
- [13] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-26.4-56 „Verbunddübelnleiste“, Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, 13.05.2013.
- [14] Gündel, M., Kopp, M., Feldmann, M., Gallwoszus, J., Hegger, J., Seidl, G.: Die Bemessung von Verbunddübelnleisten nach neuer allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung. Stahlbau 83 (2014), H. 2, S. 112–121. DOI: 10.1002/stab.201410137
- [15] Seidl, G., Stambuk, M., Lorenc, W., Kolakowski, T., Petzek, E.: Wirtschaftliche Verbundbauweisen im Brückenbau – Bauweisen mit Verbunddübelnleisten. Stahlbau 82 (2013), H. 7, S. 510–521. DOI: 10.1002/stab.201310072
- [16] Seidl, G., Danders, A., Gunkel, F., Rademacher, D., Pinger, T.: Elsterbrücke Osendorf – eine feuerverzinkte Verbundbrücke mit externer Bewehrung. Stahlbau 86 (2017), H. 2, S. 175–182. DOI: 10.1002/stab.201710462

#### Autoren dieses Beitrages:

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

Dr. hab. Inż. Wojciech Lorenc,  
Technische Universität Breslau,  
Fakultät für Bauingenieurwesen,  
Lehrstuhl für Stahlbau,  
wojciech.lorenc@pwr.edu.pl



# Entwicklung mit SSF

Ein 46 m langer Rahmen in VFT-Bauweise



SSF Ingenieure



SSF Ingenieure

SSF Ingenieure AG  
Beratende Ingenieure im Bauwesen

München  
Berlin  
Halle  
Düsseldorf

[ssf-ing.de](http://ssf-ing.de)