



Eisenbahnüberführung über die Salzach bei Schwarzach/St. Veit

Erfahrungen beim Bau eines 46 m langen VFT-Rahmens

Peter Enzinger
Thomas Petraschek
Günter Seidl
Chao Yu
Robert Garn
Mathias Dassler

Eisenbahnüberführung über die Salzach bei Schwarzach/St. Veit

Erfahrungen beim Bau eines 46 m langen VFT-Rahmens

Zwei Stahlfachwerkbrücken über die Salzach wurden auf der Strecke der Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB) von Salzburg nach Wörgl durch einen Rahmen aus Verbundfertigteilträgern erneuert. Die Verbundkonstruktion wurde gewählt, um die Bau- und Sperrzeiten der hoch belasteten Bahnstrecke abwickeln zu können. Im Zuge der Maßnahmen des Baus der Bahnbrücke wurden eine Radwegunterführung als Stahlbetonrahmen unter der Bahn und eine Fuß- und Radwegbrücke über die Salzach ebenfalls neu gebaut. Der Aufsatz beschreibt die beiden Verbundbauwerke in ihrer Konstruktion und die Erfahrungen beim Bau der Brücken.

Railway viaduct nearby Schwarzach/St. Veit – Challenges by the realisation of a 46 m long VFT composite frame. *In the railway link of the Austrian Federal Railways (ÖBB) from Salzburg to Wörgl two trasswork bridges out of steel over the river Salzach were renewed by a frame construction out of prefabricated composite girders. This composite construction has been chosen to realize the construction work in the short track possessions of the high-stressed railway link. In the scope of the reconstruction of the railway viaduct also a cyclist underpass as a reinforced concrete frame beneath the railway and a pedestrian and cyclist viaduct over the river Salzach have to been rebuilt. The article describes the two composite constructions due to their constructional details and the experiences by building the bridges.*

1 Einführung

Die Bahnstrecke von Salzburg nach Wörgl ist 1875 eingleisig in Betrieb gegangen. Sie überquert bei km 65,462 die Salzach bei der Ortschaft Schwarzach/St. Veit im Pongau mit einem untenliegenden Eisenfachwerk. Bei der Erweiterung um ein zweites Gleis im Jahr 1905/1906 wurde das zweite Fachwerk erstellt. Die Strecke hat eine zentrale Bedeutung als Zubringer für den Alpen transit und ist dementsprechend hoch belastet. Beide Tragwerke hatten ihre Lebensdauer erreicht und das ältere Tragwerk wurde für Schwertransporte verstärkt. Die beiden Brücken und ein davorliegender Radwegdurchlass mussten erneuert werden.

Am oberwasserseitigen Tragwerk der Bahnbrücke wurde nachträglich ein Fußgänger- und Radwegsteg im Jahr 1989 ergänzt. Dieser sollte beim Ersatzneubau von der Eisenbahnbrücke entkoppelt und durch ein eigenes Überführungsbauwerk ersetzt werden.

Die Brücke überspannt das Oberwasser der Staustufe des Wasserkraftwerks St. Veit. Die bestehende Trassierung führt mit einem Übergangsbogen auf das Bauwerk und liegt ab der Brückenmitte in einer Geraden bis zum Bauwerksende in Richtung Wörgl. Die Trassierung im Grundriss und Aufriss bleibt dem Bestand nach erhalten.

Der östlich der Brücke geführte Radweg erhält eine optimierte Radwegführung und wird mit einem separaten Bauwerk unterführt. Der vorhandene Querungssteg für Fußgänger und Radfahrer am stromoberseitigen Tragwerk wird durch eine Radwegbrücke neben der Eisenbahnüberführung ersetzt (Bild 1).

2 Überlegungen zur Erneuerung der Bahnbrücke

Die beiden bestehenden Überbauten aus den Jahren 1875 und 1905 waren direkt befahrene Fachwerkbrücken mit Holzschwellen. Die Spannweite beider Tragwerke betrug 40,00 m mit einer Konstruktionshöhe von 4,30 m. Die Widerlager aus Mauerwerk und Beton, parallel zur Salzach gegenseitig versetzt, wurden zwischenzeitlich durch einen im Flussbett angeordneten Bohrpfahlschirm vor Auskolkung geschützt.

Für die Erneuerung der beiden Brücken stand eine Sperrung je eines Gleises für rund vier Monate zur Verfügung. Mit Verbundrahmenbrücken wurden bereits in Deutschland gute Erfahrungen gesammelt. Speziell mit Verbundfertigteilträgern konnten kurze Bauzeiten bei günstigen Herstellkosten realisiert werden [1]. Anfangs wurde die Idee verfolgt, die bestehenden Unterbauten mit dem neuen Tragwerk zu überspannen, um die alte Gründung nicht mit Großbohrpfählen durchhörtern zu müssen. Daraus ergab sich eine Stützweite von 60 m für das Rahmentragwerk. Die statische Berechnung der Variante zeigte schnell, dass damit die Grenze des Machbaren überschritten wurde. Die Stützweite wurde auf 46,00 m reduziert. In Betracht kamen ein Rahmen mit vier Verbundfertigteilträgern und eine Verbundbrücke mit zwei Hohlkästen und Verbundplatte. Für die Herstellung waren die kurze Bauzeit von vier Monaten und die Verlegewichte der Träger von wesentlicher Bedeutung. Es zeigte sich, dass ein Stahlhohlkasten nahezu genauso schwer war wie ein Verbundfertigteilträger (VFT-Träger), sodass für beide Varianten ähnlich schwere Hebezeuge verwendet werden mussten. Die Vorteile eines Überbaus aus VFT-Trägern [2] waren daher:

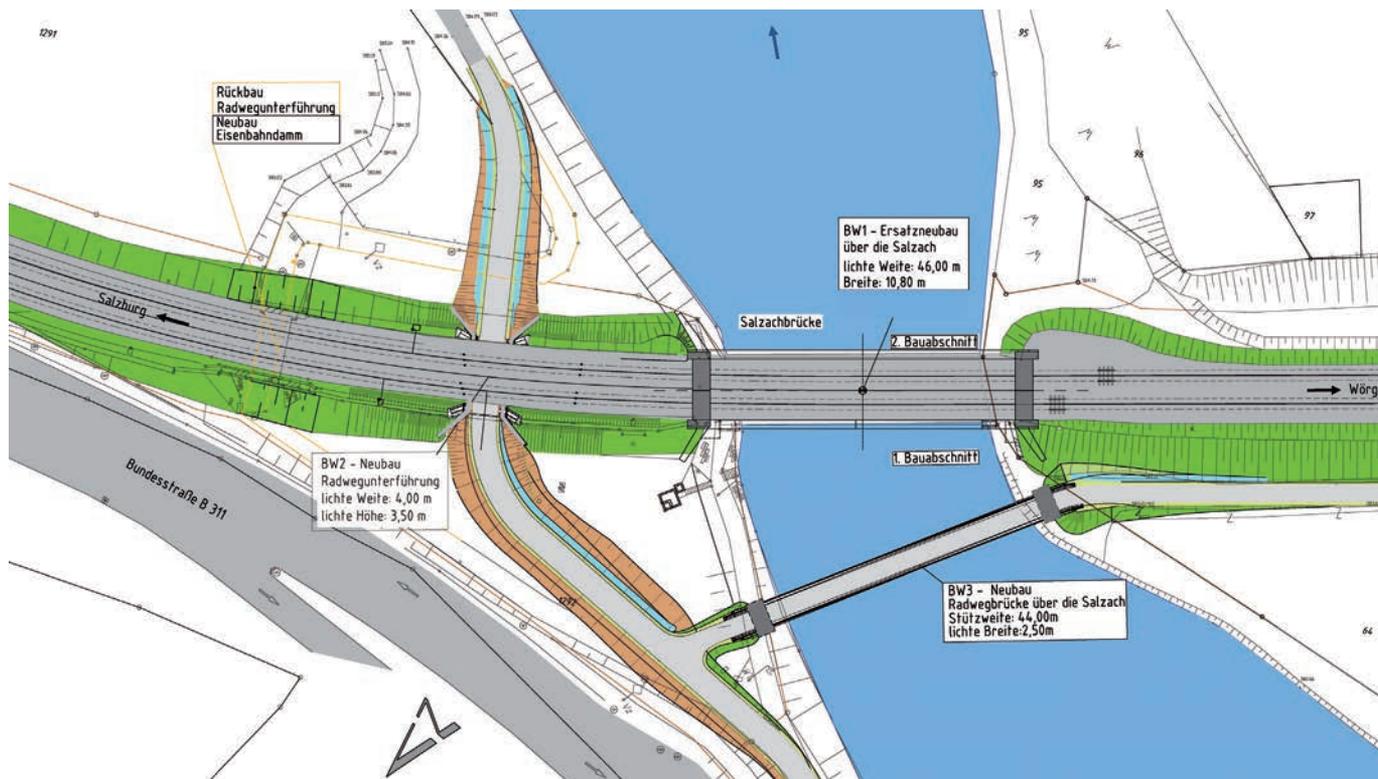


Bild 1. Lageplan der neuen Salzachbrücken mit Bahnbauwerk und Fuß- und Radwegbrücke (© SSF Ingenieure)
Fig. 1. Layout of the new viaducts over the Salzach concerning the railway viaduct and the pedestrian and cyclist viaduct

- Ein VFT-Träger besitzt ein nahezu gleiches Verlegegewicht wie ein Stahlhohlkasten.
- Über der Salzach werden keine Schalungsarbeiten erforderlich.
- Der Betonfertigteilstflansch des VFT-Trägers erzeugt sehr effektiv die Einbindung für die Rahmenwirkung in die Widerlagerwand.
- Durch den hohen Vorfertigungsgrad wird die Bauzeit deutlich verkürzt.

Der Fußgänger- und Radfahrersteg sollte sich von der Gestaltung der Bahnbrücke anpassen. Durch die Breite des Radwegs von 2,50 m konnte die Brücke mit einem Verbundfertigteilm hergestellt werden.

3 Konstruktion der Eisenbahnüberführung

Das Bauwerk wurde als einfeldriges Rahmentragwerk in Verbundfertigteilm- (VFT-) Bauweise entworfen. Der Überbau ist monolithisch in die Widerlager eingespannt und ermöglicht so eine gleichmäßige Verteilung der Bremskräfte auf die beiden Unterbauten. Durch die Verformung wird der Erddruck der Widerlagerhinterfüllung geweckt und die Bremskräfte können sehr effektiv aufgenommen werden. Durch den Entfall von Lagern und Fahrbahnübergängen ist die Konstruktion besonders erhaltungsfreundlich. Die neu zu erstellenden zwei Teilbauwerke in Parallellage mit je 46,00 m Stützweite wurden am bestehenden Standort in einer Gleissperrpause gebaut. Schienenauszüge waren bei dieser Bauwerkslänge nicht erforderlich.

Den Querschnitt bildeten zwei Überbauten in Form eines zweistegigen Plattenbalkens in Stahlverbundbau-

weise aus VFT-Trägern mit vorbetoniertem Betonobergurt und einer 0,50 m dicken Ortbetonplatte über die Brückenbreite (Bild 2). Die Stahlträger mit Doppel-T-Querschnitt haben eine veränderliche Höhe mit gevoutetem Untergurt, einem horizontalen Obergurt mit Kopfbolzendübeln und den Steg mit veränderlicher Höhe. Am Widerlageranschnitt beträgt die Konstruktionshöhe des Gesamtquerschnitts 3,50 m und verjüngt sich bis in Feldmitte auf 2,15 m (Bild 3). Bei einer Stützweite von 46,00 m ergibt sich eine Schlankheit von 1/13 am Widerlager und 1/21 in der Feldmitte.

Die Stahlträger sind offene Blechträger der Güte S355J2+N mit einer veränderlichen Höhe von 1,65 bis 3,00 m. Der Obergurt ist 500 mm breit mit Blechdicken von 20 bis 25 mm. Der veränderlich hohe Steg wird durch eine Trapezsteife ausgesteift und variiert zwischen 20 und 25 mm Dicke. Der Untergurt ist 1,20 m breit und 65 mm dick. Vertikalsteifen sind alle 4,90 m vorgesehen. Die Querkräfte werden über Kopfbolzen auf der Stirnplatte des Trägers in das Rahmeneck eingeleitet.

Der Fertigteilstflansch ist im Überbau des ersten Bauabschnitts 2,60 m breit, im zweiten Bauabschnitt 2,65 m breit. Er ist am Anschnitt 12 cm dick und verjüngt sich auf 10 cm, um ein möglichst geringes Verlegegewicht zu erreichen. Die Schubsicherung zum Stahlträger übernehmen Kopfbolzendübel mit 100 und 250 mm Höhe.

Beide Brückenhälften wurden vollständig getrennt voneinander ausgeführt. Die Fahrbahnplatte aus Ortbeton ist im Mittel 0,50 m dick und hat ein Quergefälle von 2,5%. Die Mittelfuge zwischen den Überbauten wird durch eine Fugenabdeckung nach den Richtlinien der Deutschen Bahn [3] abgedeckt, da es zu Verschiebungen der beiden Brücken untereinander von bis zu 5 cm kommt.

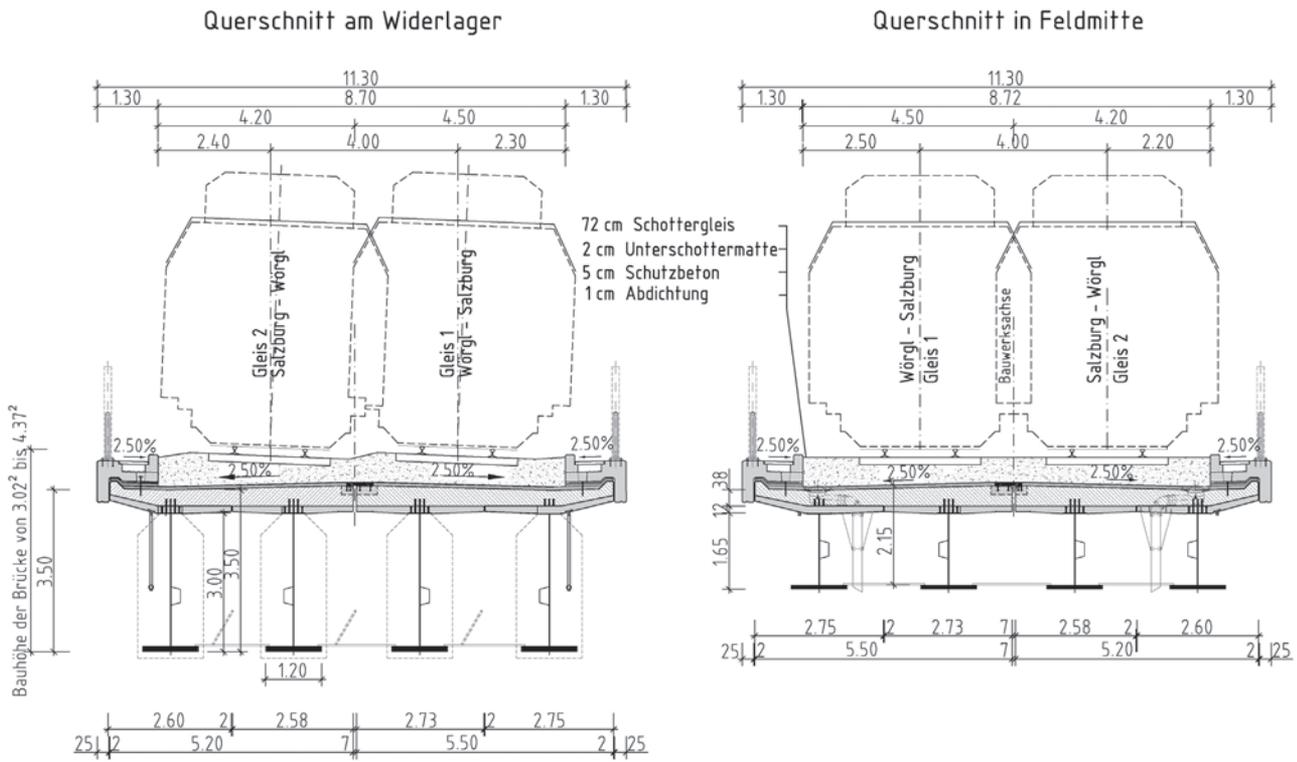


Bild 2. Querschnitt der Bahnbrücke mit je zwei VFT-Trägern in Feldmitte (© SSF Ingenieure)
 Fig. 2. Cross-section of the railway viaduct in the midfield with two VFT girders each

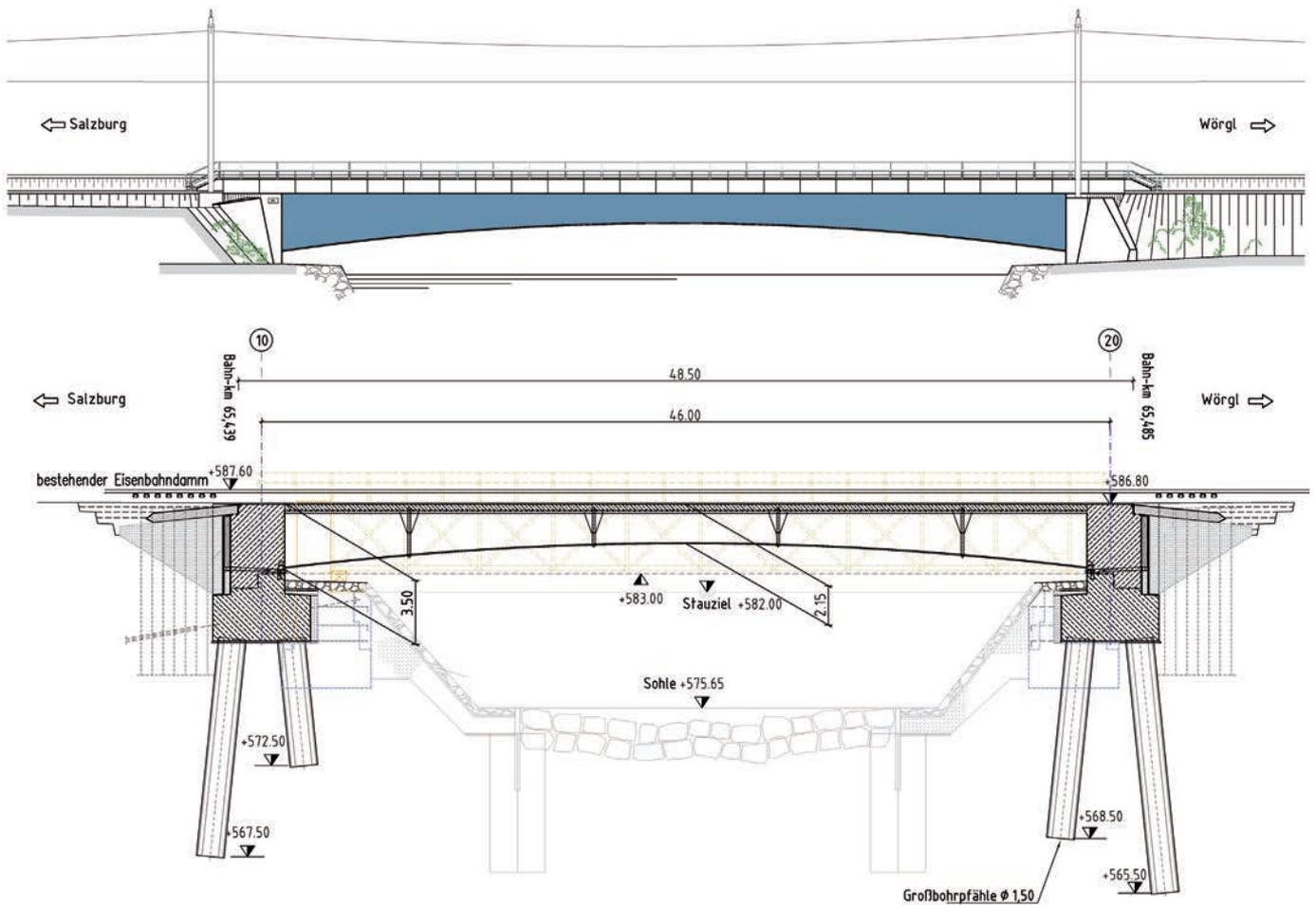


Bild 3. Ansicht der Bahnbrücke und Längsschnitt durch Rahmentragwerk (© SSF Ingenieure)
 Fig. 3. View on the bridge and longitudinal section of the frame construction

Die bestehenden Unterbauten wurden bis zur Fundamentoberkante abgebrochen. Die verbleibenden Fundamente mussten durchörtert werden, um die Lasten über zwei Reihen Großbohrpfähle mit einem Durchmesser von 1,50 m in die tiefer liegenden Sedimente abzutragen. Das Pfahlbild wurde etwas ausmittig zur Gleisachse angeordnet, um die inneren Pfähle mit ausreichend Abstand zum Fahrdrabt des anderen Gleises, das während des Baus im Betrieb blieb, zu haben. Die Bremslasten werden über die Bockwirkung des Pfahlrostes abgetragen. Die hintere Pfahlreihe erfährt Zugkräfte und muss länger als die vordere Pfahlreihe ausgeführt werden.

Die beiden Bauabschnitte wurden durch einen Mittelverbau zwischen den Gleisen getrennt. Im ersten Bauabschnitt Gleis 2 wurde als Hinterfüllmaterial Magerbeton gewählt, um ein Umsteifen für den zweiten Bauabschnitt zu vermeiden.

4 Konstruktion der Fuß- und Radwegbrücke

Die Fuß- und Radwegbrücke spannt als gevoutete Rahmenkonstruktion mit einem mittig angeordneten VFT-Hohlkasten und einer Stützweite von 44,50 m über die Salzach (Bild 4). Der Überbau wird mit einem Stahlverbundfertigteile und Ortbetonergänzung ausgebildet. Für den Stahlverbundquerschnitt war ein luftdicht geschweißtes, gevoutetes Kastenprofil vorgesehen (Bild 5). Die Unterseite des Trägers liegt in einem Bogen über der Salzach. Der VFT-Träger wird über der Salzach mit einer 0,25 m dicken Ortbetonplatte mit 2,5 % Quergefälle ergänzt. Durch die Anvoutung an den Widerlagern ist eine minimale Konstruktionshöhe von 1,10 m in Feldmitte möglich. Im Anschnitt zur Widerlagerwand beträgt die gesamte Konstruktionshöhe 2,0 m. Daraus ergibt sich im Feld eine Schlankheit von $l/h = 1/40$ und $1/22$ im Rahmeneck. Der

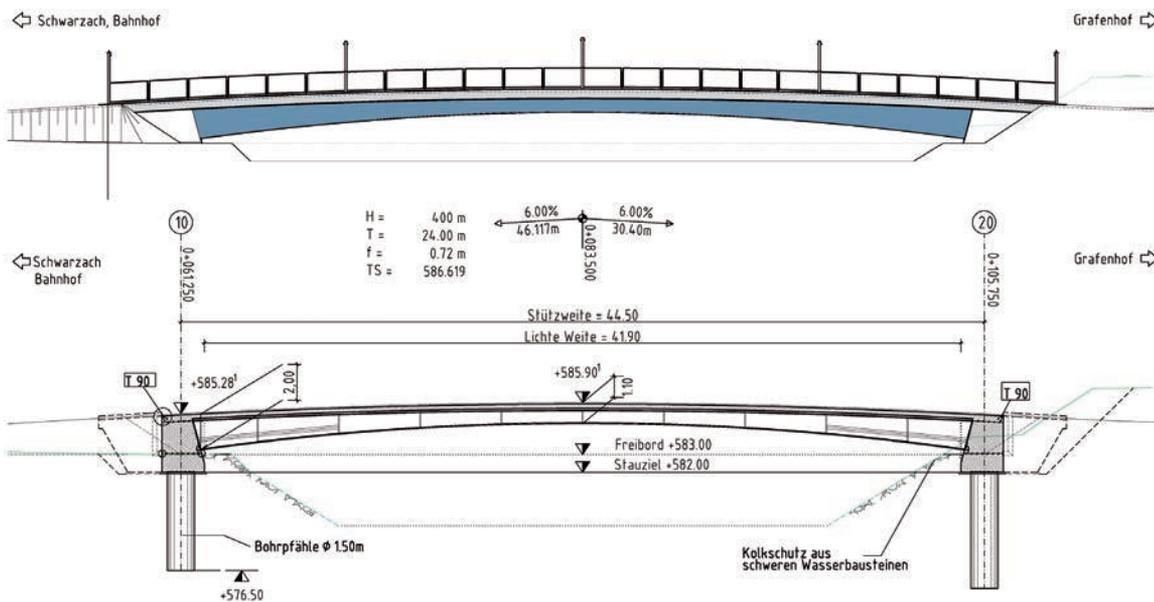


Bild 4. Ansicht und Längsschnitt der Fuß- und Radwegbrücke mit 44,00 m Stützweite (© SSF Ingenieure)
 Fig. 4. View and longitudinal section of the pedestrian and cyclist bridge with a span of 44,00 m

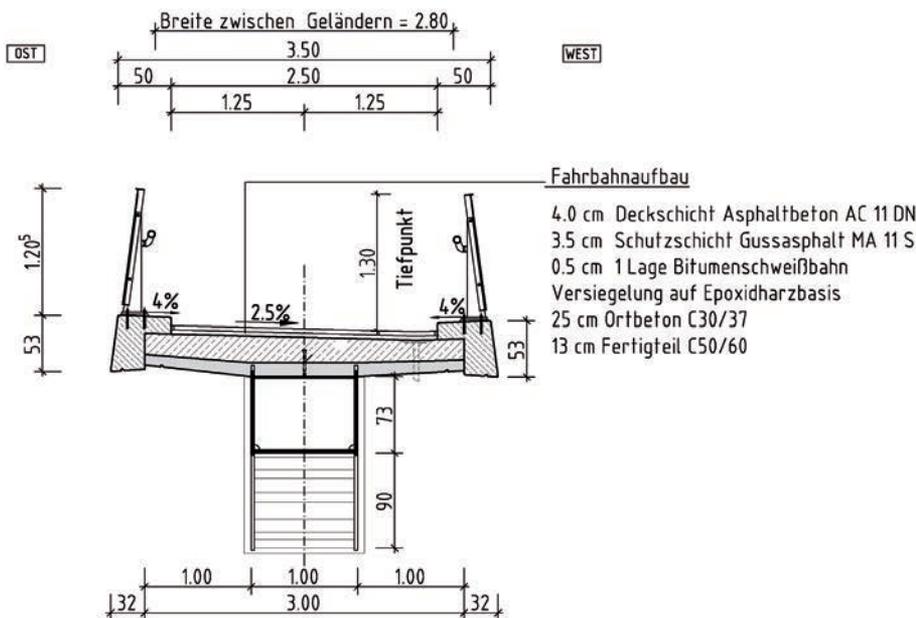


Bild 5. Querschnitt der Fußgängerbrücke (© SSF Ingenieure)
 Fig. 5. Cross-section of the pedestrian bridge

Rahmen ist auf jeder Seite mit zwei Großbohrpfählen $\varnothing 1,50$ m gegründet, die über einen kurzen Rahmenstiel in den Überbau einbinden .

Der Stahlhohlkasten der Güte S355J2+N ist 1,00 m breit und 0,73 m im Feld und 1,63 m am Widerlager hoch. Die Stege variieren zwischen 12 und 14 mm. Der Obergurt und der Untergurt werden zwischen die Stege gesetzt und sind zwischen 30 und 50 mm (Untergurt) und zwischen 20 und 25 mm (Obergurt) dick. Eine Besonderheit bildet die Verbindung des Stahlhohlkastens mit der Betonfertigteileplatte. Die Stahlstege des Hohlkastens werden in den Betonfertigteileflansch geführt und im Bereich über den Stahlobergurt mit je einer Verbunddübelleiste versehen. Die Verbunddübelleiste hat die Form CL150/60 [4]. In die Verbunddübelleiste wird die Bewehrung, idealerweise als vorgefertigter Korb, eingebaut und der Flansch betoniert.

Der Fertigteileflansch ist 3,00 m breit und 0,10 m dick. Die 0,20 bis 0,24 m dicke Fahrbahnplatte in Ortbeton wird nach dem Verlegen des Fertigteils zusammen mit dem Rahmeneck ergänzt. Die 0,50 m breiten Kappen als Ortbeton tragen die 1,30 m hohen Geländer.

5 Bau der Brücken

Es waren drei Bauwerke zwischen 2015 und 2017 neu herzustellen. Neben der Bahnbrücke musste auch die Radwegunterführung als Mauerwerksbogen kurz vor der Salzachbrücke aufgelassen werden. Dies erfolgte in einem Abschnitt unter einer Hilfsbrücke in Gleis 1 während der Sperrzeit von Gleis 2. Die neue Unterführung wurde als einzelliger Stahlbetonrahmen ausgeführt.

Für den Ersatzneubau der Flussbrücken waren zwei längere, eingleisige Sperrungen vorgesehen. In der ersten Vollsperrung des Gleises 2 von August bis November 2015 wurde der Überbau Richtung Wörgl innerhalb von vier Monaten erneuert. Ausgeschrieben waren ein Rückbau der alten Brücke und ein Einschwimmen der VFT-Träger mit Pontons. Gewählt wurde seitens der Baufirma ein Abbruch des Fachwerks mit einem Autokran. Der Überbau wurde durch ein Zurückziehen des Überbaus hinter das Widerlager vor Ort zurückgebaut und die Widerlager bis zum Fundament abgebrochen. Das Bohrgerät stellte die sechs Bohrpfähle in der Neigung 1:10 her. Im Anschluss wurden die beiden Bohrpfähle für die Fußgängerbrücke hergestellt, um eine zusätzliche Einrichtung des großen Bohrpfahlgeräts zu vermeiden. Dann wurden die Widerlager der Bahnbrücke erstellt. Die beiden Stahlträger wurden vom Stahlwerk in das nahe gelegene Betonwerk transportiert, in dem der Betonflansch ergänzt wurde. Beide VFT-Träger mit 45 m Länge und über 3,50 m Höhe wurden rund 1,5 km auf der Bundesstraße zur Baustelle transportiert (Bild 6). Die 80 t schweren VFT-Träger wurden mit zwei Autokranen eingehoben, die auf jeder Uferseite standen (Bild 7). Nach dem Auflegen wurden die Rahmenecken zusammen mit der Ortbetonplatte betoniert. Anschließend wurden die Widerlager mit Magerbeton hinterfüllt, um das Umsteifen des Längsverbaus zwischen den Gleisen entfallen lassen zu können. Nach der Ergänzung der Randbalken und des Schotterbetts ging die Brücke am 2. Dezember 2015 in Betrieb.

Von Januar bis Anfang Mai 2016 wurde der zweite Überbau in Gleis 1 Richtung Salzburg erneuert. Für die



Bild 6. Transport des 45 m langen und 3,50 m hohen VFT-Trägers zur Baustelle (Foto: Peter Enzinger)
Fig. 6. Transportation of the 45 m long and 3,50 m high VFT girder to the construction site



Bild 7. Einheben des zweiten, 80 t schweren VFT-Trägers in Gleis 2 (Foto: Peter Enzinger)
Fig. 7. Placing of the 2nd VFT girder with 80 tons weight in track 2



Bild 8. Die Bahnbrücke über die Salzach unter Verkehr (Foto: Florian Schreiber/SSF Ingenieure)
Fig. 8. The railway viaduct under traffic

Zufahrt zum Widerlager Wörgl wurde im Vorfeld eine Zuwegung für die Bohrpfahlgeräte und den Autokran geschaffen. Der Bauablauf war vergleichbar zum 1. Bauabschnitt. An diesem Überbau wurden mehrere Messungen zur Ermittlung der Eigenfrequenzen und der Dämpfung des



Bild 9. Einheben des 80 t schweren VFT-Hohlkastens
(Foto: Florian Schreiber/SSF Ingenieure)

Fig. 9. Placing VFT steelbox girder with 80 tons self weight



Bild 10. Fuß- und Radwegbrücke über die Salzach
(Foto: Florian Schreiber/SSF Ingenieure)

Fig. 10. Pedestrian and cyclist bridge over the Salzach

Rahmenbauwerks durchgeführt. Eine ausführliche Beschreibung der Messkampagne findet sich in [5]. Der zweite Überbau ging am 8. Mai 2016 unter Verkehr (Bild 8).

Für die Fuß- und Radwegbrücke wurden die Bohrpfähle bereits mit dem ersten Bauabschnitt der Bahnbrücke erstellt. Der Stahlhohlkasten wurde auf die Baustelle transportiert und der Betonfertigteilstflansch seitlich vor Ort hergestellt. Das 80 t schwere Verbundfertigteile wurde mit zwei Kränen eingehoben (Bild 9) und wurde im Juli 2016 fertiggestellt (Bild 10).

6 Fazit

Mit der Erneuerung der Bahnbrücke über die Salzach als VFT-Rahmen wurde eine Bauweise gewählt, die sich in der kurzen Bauzeit von vier Monaten je Gleis durch den hohen Vorfertigungsgrad als sehr leistungsfähig bewiesen hat. Auch die Baukosten mit 7 640 €/m² Brückenfläche sind für ein Bauwerk mit derart komplizierten Randbedingungen als sehr kostengünstig anzusehen, was auch für die Fußgängerbrücke mit rund 3 120 €/m² festgestellt werden kann.

An der Umsetzung des Projekts Beteiligte:

Bauherr: Österreichische Bundesbahnen, Wien
Planung: SSF Ingenieure AG, Berlin
Prüfingenieur/
Bauüberwachung: Schimetta Consult, Salzburg
Baufirma: Strabag AG, St. Johann i. Pongau
Stahlbau: Stahlbau Oberhofer, Saalfelden am St. Meer

Die Baukosten des Projekts beliefen sich auf das Bauwerk bezogen auf:

Baukosten brutto: Bahnbrücke ü.d. Salzach
3,784 Mio. € (entspricht 7 640 €/m²)
Fuß- u. Radwegbrücke ü.d. Salzach
0,390 Mio. Euro (entspricht 3 121 €/m²)

Literatur

- [1] Schmitt, V., Seidl, G.: Eisenbahnbrücken in Stahlverbundbauweise: Stahlbau 79 (2010), H. 3, S. 159–166. DOI: 10.1002/stab.201001313
- [2] Doss, W. et al.: VFT-Bauweise, Entwicklung von Verbundfertigteilen im Brückenbau. Beton- und Stahlbetonbau 69 (2001), H. 4, S. 171–180.
- [3] Richtzeichnung M-ÜF 1967, Richtlinie 804, Modul 9030, DB Netz AG, 2011.
- [4] Gündel, M. et al.: Die Bemessung von Verbunddübelleisten nach neuer Allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung. Stahlbau 82 (2014), H. 2, S. 112–121. DOI: 10.1002/stab.201410137
- [5] Bigelow H. et al.: Dynamische Messungen an einer Eisenbahnbrücke als Stahlbetonverbundrahmen – Untersuchung der Eisenbahnüberführung über die Salzach bei Schwarzach/St. Veit. Stahlbau 86 (2017), H. 9, S. 778–788, DOI: 10.1002/stab.201710524

Autoren dieses Beitrages:

Ing. Peter Enzinger,
ÖBB-Infrastruktur AG, Geschäftsbereich BT KI,
Bahnhofsstraße 3,
A-4020 Linz,
peter.enzinger@oebb.at

Dr. Thomas Petraschek,
ÖBB-Infrastruktur AG,
Nordbahnstraße 50,
A-1020 Wien,
thomas.petraschek@oebb.at

Dr. Günter Seidl,
gseidl@ssf-ing.de
M.Sc. Chao Yu,
M. Eng. Robert Garn,
SSF Ingenieure AG,
Schönhauser Allee 149,
10435 Berlin

Dipl.-Ing. Mathias Daßler,
SSF Ingenieure AG,
Schillerstraße 46,
06114 Halle/Saale

