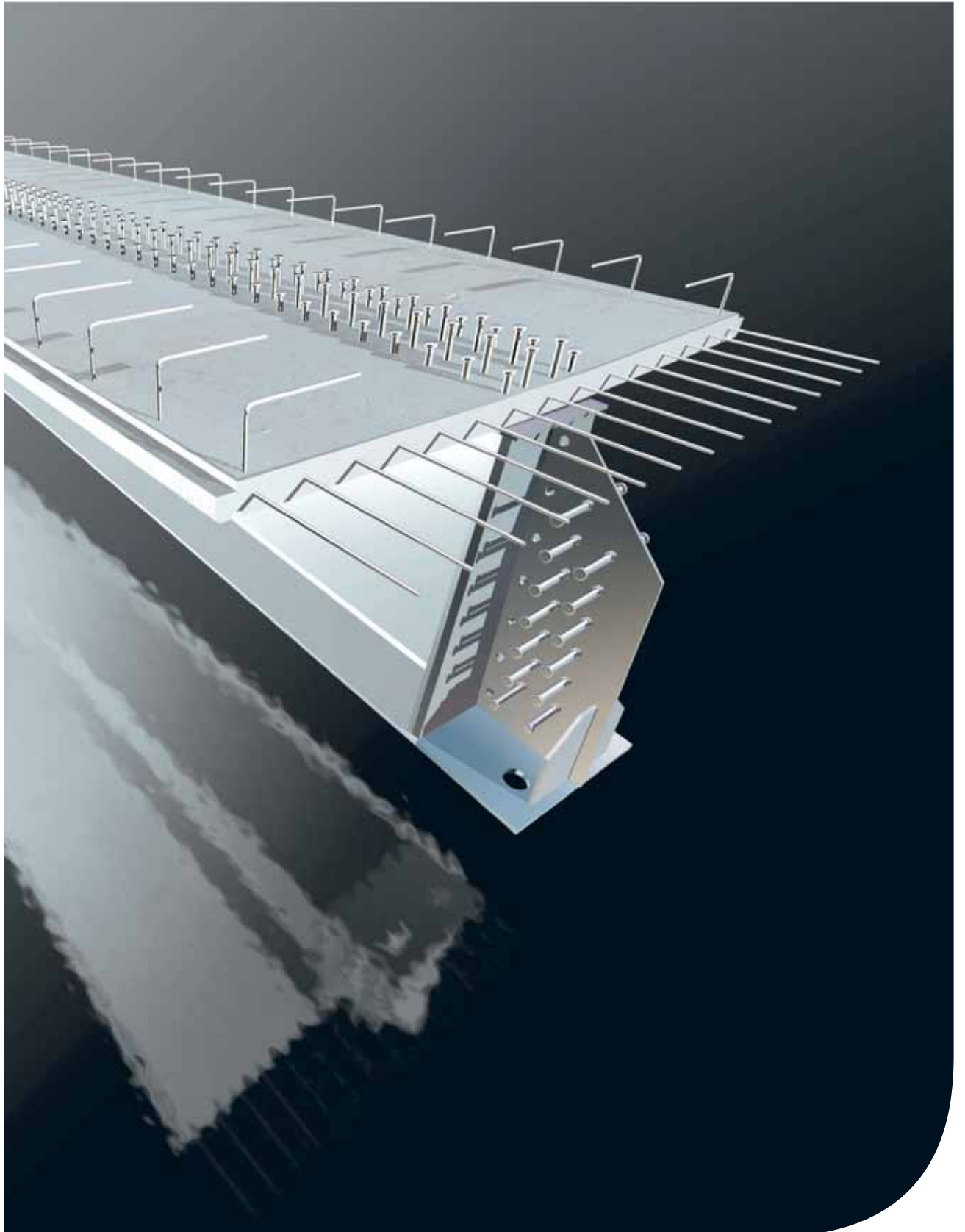


## Brücken mit Verbund-Fertigteil-Trägern

VFT®-Bauweise



SSF Ingenieure

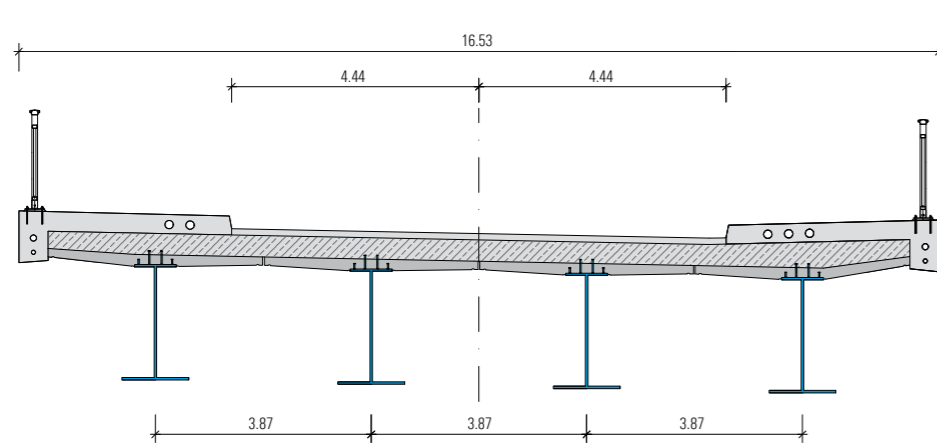


### Allgemeines / Präambel

Die Verbundbauweise zeichnet sich durch den material- und beanspruchungsgerechten Einsatz der Werkstoffe Stahl und Beton und durch einen hohen Vorfertigungsgrad mit entsprechender Baueffizienz aus.

Eine Domäne des Verbundbaus ist dabei die wirtschaftliche Überbrückung großer Stützweiten mit geringen Gewichten und gut handhabbaren Montageschüssen bei vertretbaren Bauhöhen und gleichzeitigem Verzicht auf Lehrgerüste. Im modernen Stahlbrückenbau stellen sich zwei Bauweisen dem wirtschaftlichen Wettbewerb mit der Spannbetonbauweise: der reine Stahlbau mit einer orthotropen Fahrbahnplatte und die Verbundbauweise mit einer mitwirkenden Betonfahrbahnplatte. Eine rein orthotrope Konstruktion ist in der Regel nur bei großen Stützweiten oder in Sonderfällen wirtschaftlich. Die Stahlverbundbauweise, die sich durch die optimierte Kombination der positiven Eigenschaften der Baustoffe

Stahl und Beton auszeichnet, kann sich schon bei Stützweiten ab 25 m unter bestimmten Voraussetzungen im Wettbewerb mit der Spannbetonbauweise durchsetzen. Vorteile ergeben sich für diese Bauweise auch für Bauzustände, bei denen ein Zwischenverbund genutzt werden kann oder für Stützbereiche von Durchlaufträgern, bei denen der Doppelverbund herangezogen werden kann. Aufgrund der hohen Biege-Zug-Festigkeit werden Stahlträger üblicherweise als Haupttragglieder eingesetzt. Bei der Fahrbahnplatte nutzt man die guten Eigenschaften des Betons bei Druckbeanspruchung. So können punktförmige Einzellasten flächig in die Haupttragglieder abgetragen werden. Stahlverbundkonstruktionen ermöglichen den Bau von schlanken, gestalterisch anspruchsvollen Brücken in kürzester Zeit. Diese Brücken sind robuste Tragwerke, effizient und einfach in ihrer Unterhaltung und Prüfung.



**Neubau der Straßenbrücke über die Saale im Zuge der Bundesstraße B181 in Merseburg.** Einfeldrahmen in VFT®-Bauweise für eine 4-spürige Straßenbrücke über die Saale; 2 x 4-stegiger, offener Verbundquerschnitt, Stahlträger S355J2+N als Vollwand-Schweißträger mit veränderlicher Steghöhe; vorgefertigter VFT®-Obergurt C45/55; Obergurtbreite 2,56 m, Stützweite 55,40 m; Schlankheit Feldmitte 1/31,7; Schlankheit Rahmeneck 1/21,7; Stärke Ortbeton 0,25 m; Kreuzungswinkel 100 gon, Gründung Widerlager über jeweils 8 Bohrpfähle  $\varnothing$  1,20 m; Verlegegewicht VFT®-Träger rund 69 Tonnen



**Straßenbrücke über die BAB A 8 West, Abschnitt Augsburg – München.** Einfeldrahmen in VFT®-Bauweise; Stützweite 47,25 m; Kreuzungswinkel 84,4 gon; Schlankheit Feldmitte 1/48,5; Schlankheit Rahmeneck 1/22,8

## VFT®-Bauweise

Die VFT®-Bauweise lehnt sich an die erfolgreiche Bauweise von Fertigteilen in Spannbetonbauweise an und verknüpft dabei die Vorteile der Verbundbauweise.

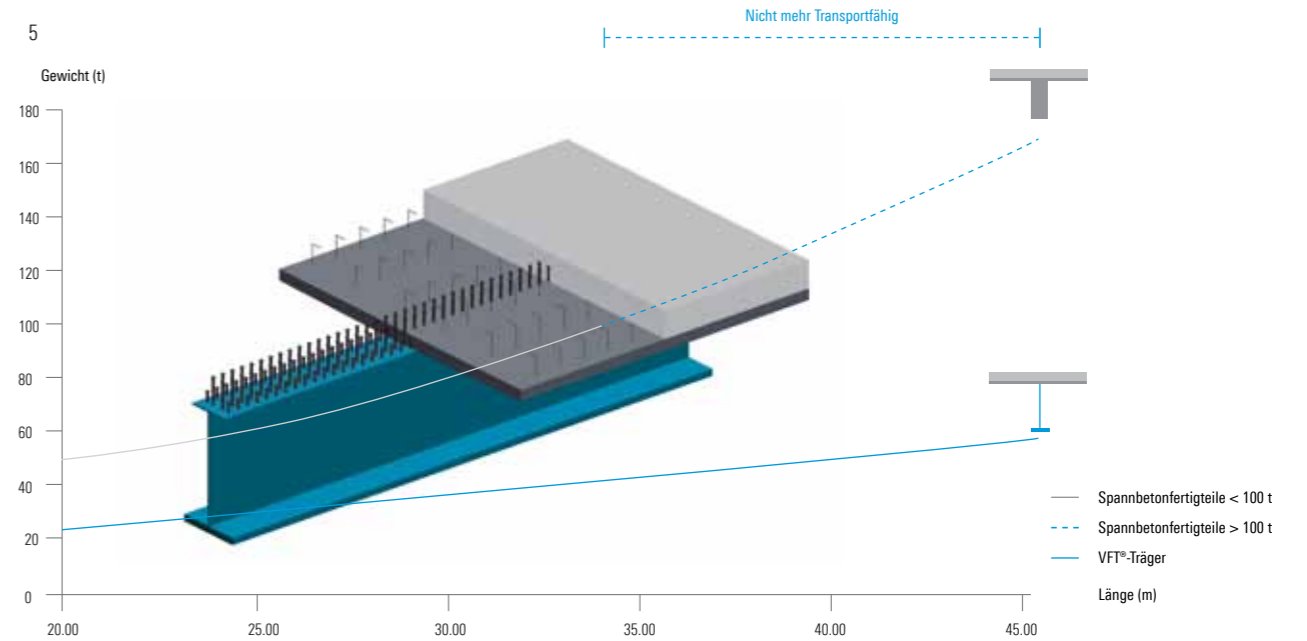
Ein in der Regel offener (Doppel-T-Träger) oder als U-förmiger Hohlkasten ausgebildeter Schweißträger wird am Obergurt mit einem bis ca. 3 m breiten Betondruckflansch bereits im Werk ergänzt. Dieser stabilisiert den Verbundträger im Transport- als auch im Montagezustand in horizontaler Richtung und führt 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 temporären Auflagergerüsten / Joche (die vor den Widerlager- und Pfeilerschäften angeordnet sind), direkt auf Auflagerbänken oder bei integralen Rahmenbauwerken temporär auf den Rahmenstielen abgelegt. Die Montage der Träger erfolgt mit einem lichten Fugenabstand der Betonobergurte zueinander von 2 cm.

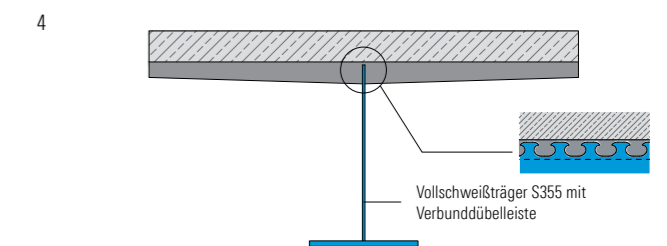
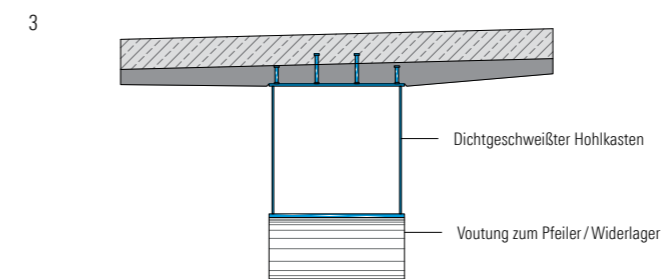
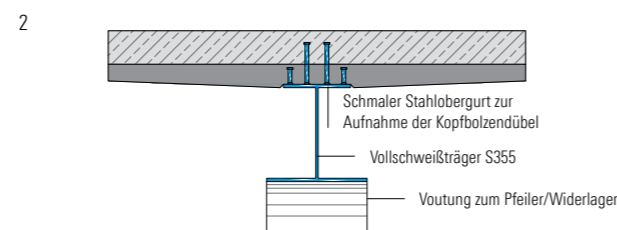
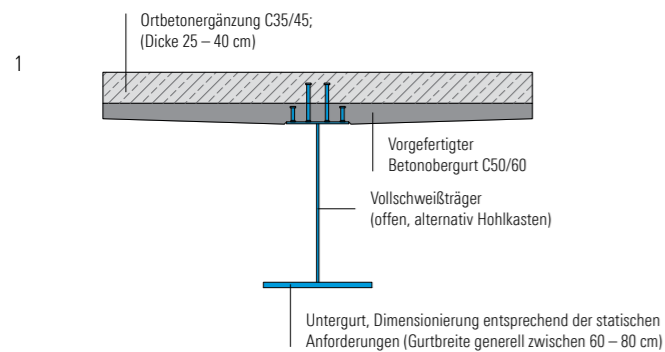
Die breiten Betonobergurte fungieren neben statischen Gesichtspunkten auch als Schalung für die Herstellung der nachfolgenden Ortbetonergänzung, die die Verbundträger zusammen mit den Ortbetonquerträgern im Bereich der Auflagerachsen in Querrichtung zu einem monolithischen Brückendeck verbinden. In statischer 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 Ortbeton-Fahrbahn-

platte als Spannungen rein im Stahlträger ab, da ein Erstverbund zu diesem Zeitpunkt nicht vorhanden ist. Erst nach dem Erhärten des Betonobergurtes wirken die Lasten aus Brückendeck-Ausbau und Verkehr auf den 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 und über das Wasser, abhängig von der Länge der Schleusenkammern, bis etwa 100 m möglich.

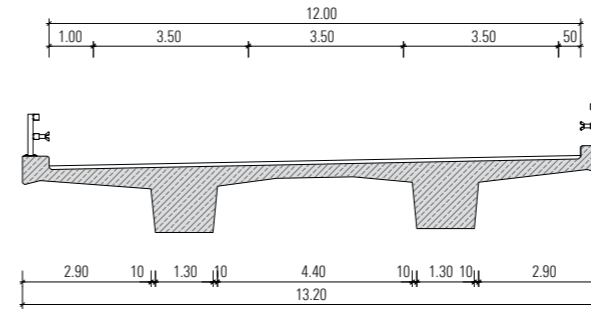


- VFT®-Träger als offener Vollschweißträger** mit konstanter Bauhöhe
- VFT®-Träger als offener Vollschweißträger** mit veränderlicher Bauhöhe, vorzugsweise für Durchlaufträger / semiintegrale oder integrale Brücken
- VFT®-Träger als dichtgeschweißter Hohlkasten**, mit veränderlicher Bauhöhe
- Weiterentwicklung der offenen VFT®-Vollschweißträger**, ohne Obergurt / ohne Kopfbolzendübel; mit Verbunddübelleiste
- Vergleich Transport / Verlegegewichte** von Spannbetonfertigteile (T-Form) mit VFT®-Trägern
- Talbrücke Oberharthmannsreuth**: Einsatz von 2 x 2 offenen VFT® Vollschweißträgern mit einer Bauhöhe von 2,65 m, Breite Fertigteil-Obergurt 3,10 m, Einsatz Schalwagen zur Herstellung der Verbundplatte, Dicke Ortbetonschicht 29 - 34 cm; Verlegegewicht max. 80 t (Einsatz 850 t-Mobilkran)

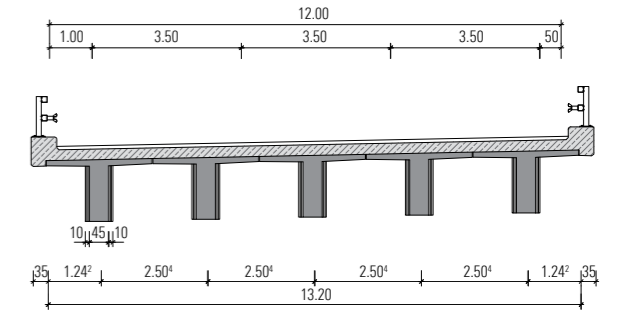




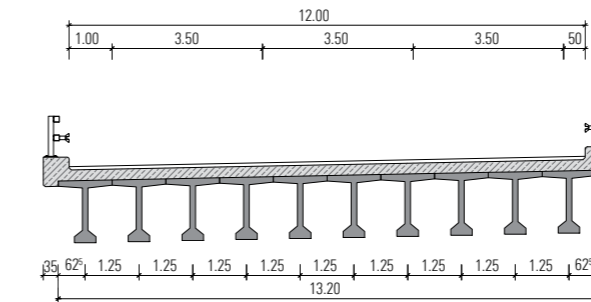
1



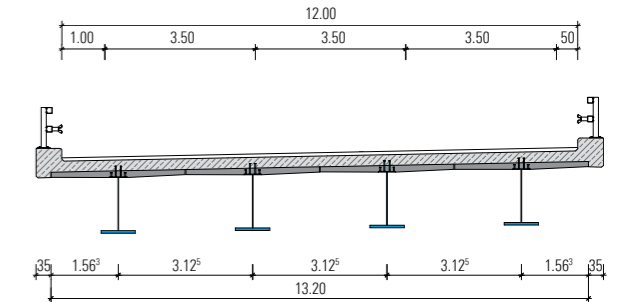
2



3



4



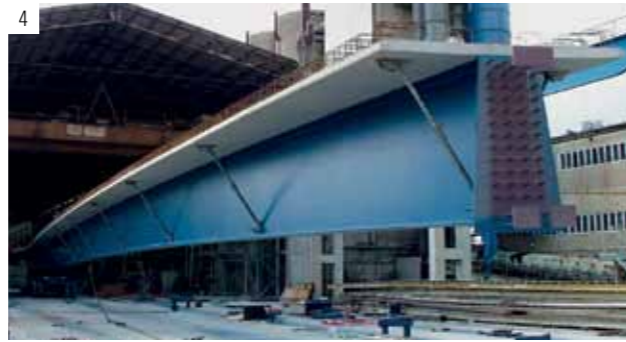
Anfang der 90er Jahre wurden Verbundbrücken auf Basis von Walzträgern entwickelt, die über Ortbetonquerträger gekoppelt wurden und so ohne zusätzliche Schweißarbeiten eine Durchlaufwirkung ermöglichten. In dieses System passt sich der VFT®-Trägerbauweise mit dem Stahlbeton-Fertigteilsch hervorstechend ein. In den einzelnen Auflagerachsen werden Ortbetonquerträger angeordnet, über die die einzelnen VFT®-Träger zu Durchlaufträgern ergänzt werden können. Die Druckkräfte aus den unteren Stahlflanschen werden dabei über Kontaktstöße, Querkräfte über Kopfbolzendübel übertragen. Einfache Bewehrungsanschlüsse am vorgefertigten Betondruckgurt ermöglichen bereits im Bauzustand die Zugkraftkopplung, in der Ortbetonergänzung können die restlichen Bewehrungsanteile für die Durchlauftragwirkung integriert werden. In Analogie dazu können VFT®-Träger in Rahmenecken von integralen Bauwerken

integriert werden. Schweißstöße an den Stahlträgern sind naturgemäß ebenfalls möglich, stellen aber in der Praxis gegenüber der einfachen Kopplungsmethode mittels Ortbetonquerträger die Ausnahme dar. Stahlbaupersonal ist damit in der Regel auf der Baustelle nicht erforderlich. Endquerträger sollten in jedem Fall in Beton vorgesehen werden, um die Ausbildung begehrter und damit aufwendiger Widerlager, die bei stählernen Endquerträgern üblicherweise aus Unterhaltungsgründen gefordert werden, zu vermeiden.

**Brücke über den Oder-Spree-Kanal** als Einfeldrahmen in VFT®-Bauweise, Stützweite 49,98 m, Überbaubreite 16,75 m; Querschnitt mit 6 offenen Vollschweißträgern, Breite Betonobergurt 2,62 m, Bauhöhe am Rahmeneck 2,29 m (Schlankheit 1/21,7), in Feldmitte 1,59 m (Schlankheit 1/31,44). Kreuzungswinkel 76 gon; Linienführung mit Radius von 1.175 m

**Vergleich verschiedener Brückenquerschnitte in unterschiedlicher Ausführungsart als Durchlaufträgersystem, Systemspannweite 35 m:**

- 1 **2-stegiger Spannbeton-Plattenbalken** in Ortbetonbauweise auf Vorschubgerüst hergestellt, Gesamteinbaugewicht ca. 725 Tonnen
- 2 **5-stegiger Plattenbalkenquerschnitt** mit Spannbeton-Fertigteilträgern, Einbaugewicht Fertigteilträger ca. 78 Tonnen, Gesamteinbaugewicht ca. 390 Tonnen
- 3 **10-stegiger Plattenbalkenquerschnitt** mit Doppel-T-Spannbeton-Fertigteilträgern, Einbaugewicht Fertigteilträger ca. 37 Tonnen, Gesamteinbaugewicht ca. 370 Tonnen
- 4 **4-stegiger Plattenbalkenquerschnitt** in VFT®-Bauweise, Einbaugewicht VFT®-Träger ca. 70 Tonnen, Gesamteinbaugewicht ca. 280 Tonnen



- 1 **Fertiggestellte Vollschweißträger** (offener Querschnitt) auf dem Lagerplatz der Stahlbaufirma, bereit für Transport in das Fertigteilwerk zur Herstellung des Stahlbetonobergurtes
- 2 **Schaltisch zur Herstellung der Obergurte**, Herstellung der außenliegenden Kragarm-Stirnseite mit Ausrundung analog S-förmiger Linienführung
- 3 **Herstellung Stahlbeton-Obergurt im Fertigteilwerk**, Blick auf Stahlträger in der Schalung, Obergurtbewehrung und Kopfbolzendübel
- 4 **VFT®-Träger kommt** aus dem Fertigteilwerk
- 5 **Transport von rd. 50 m langen VFT®-Trägern** auf der Straße; VFT®-Träger mit Transportsicherungen
- 6 **Montage von vier rd. 80 t schweren VFT®-Trägern** für die Straßenbrücke über den Flakekanal; Stützweite 56,25 m, Überbaubreite 10,00 m, Kreuzungswinkel 65 gon; Konstruktionshöhe Feldmitte 1,82 m, Konstruktionshöhe Rahmeneck 2,60 m, Schlankheit Feldmitte 1/30,9; Schlankheit Rahmeneck 1/21,6
- 7 **Montage von rd. 70 t schweren VFT®-Trägern** mit zwei Mobilkränen über einem Schifffahrtskanal
- 8 **Eisenbahnbrücke über den Teltowkanal**; Montage von insgesamt sieben 49,5 m langen und 64 t schweren VFT®-Trägern zu einer integralen Rahmenbrücke während Nachtsperrpausen mit 800 t Mobilkränen, Konstruktionshöhe 1,75 m, Ortbetonergänzung 0,25 m
- 9 **Durchlaufträger in VFT®-Bauweise**; Montagesituation über Eisenbahnanlagen, Träger auf Hilfsstützen, Einbindung in Ortbeton-Querträger

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 zu Wahl neuer statischer Systeme. Die Qualität der Bauteile wird deutlich erhöht, indem der VFT®-Träger unter gleichbleibenden Fertigungsbedingungen ohne Witterungseinfluss im Werk hergestellt werden (bei besonderen Randbedingungen ist es natürlich ebenso möglich, den Betonobergurt auf der Baustelle vor dem Einheben der Träger in Seitenlage am Stahlträger herzustellen). Die vorgefertigten Träger werden komplett auf die Baustelle geliefert und mit einem im Vergleich zum Spannbetonträger leichtem Kran verlegt. Der Betonflansch erzeugt eine frühzeitige Verbindung zum Stahlträger. So können Durchlaufsysteme, aber auch Rahmensysteme im Verbund rein durch Bewehrungsanschlüsse erzeugt werden.

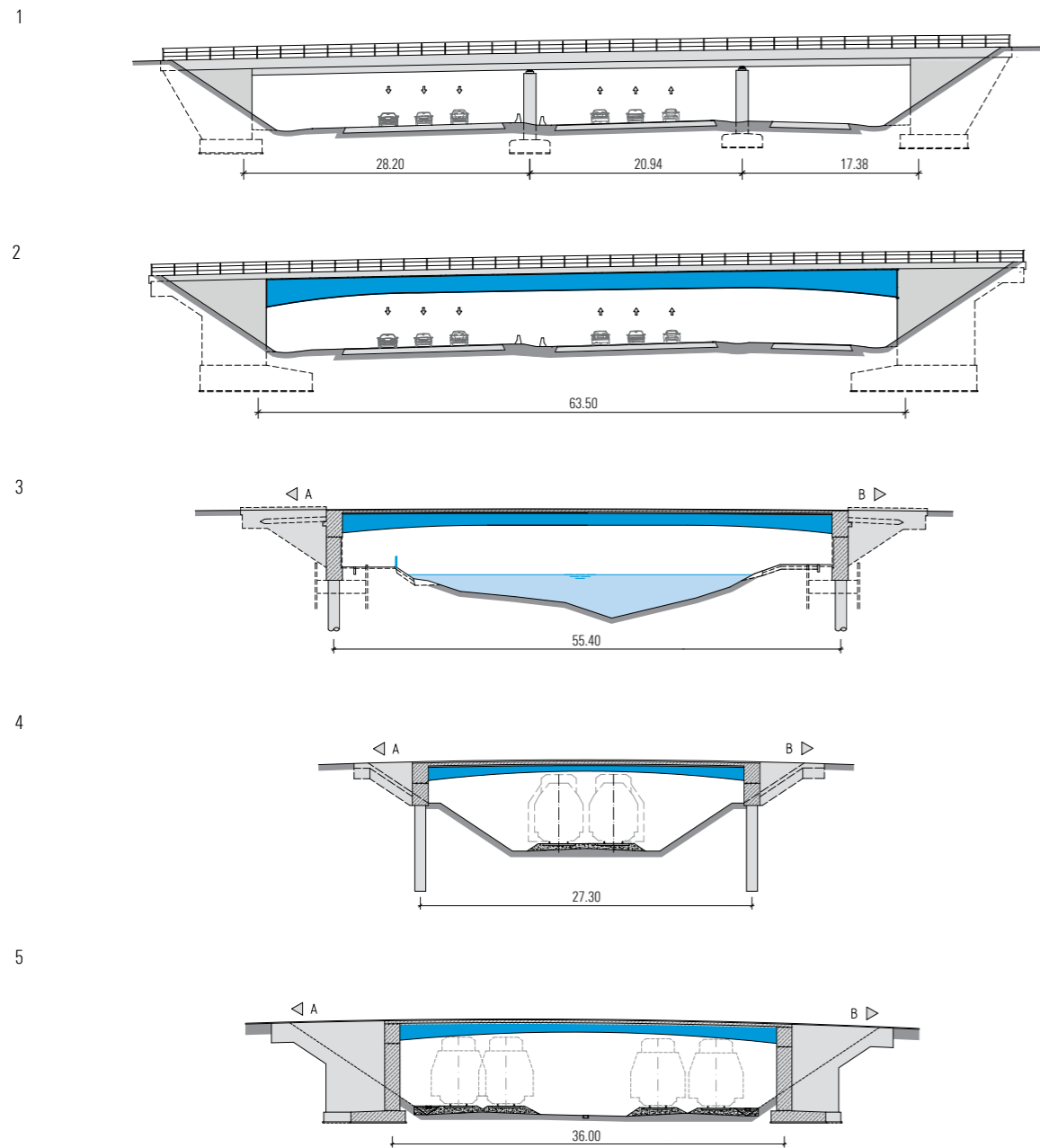
Insbesondere Rahmensysteme in Verbund ermöglichen sehr hohe Schlankheiten in Feldmitte. Veränderte geometrische Verhältnisse, die durch den bewussten Entfall von Mittelpfeilern oder durch die Wahl größerer Lichte Weiten entstehen, können mit VFT®-Trägern bei gleichen Konstruktionshöhen mit deutlich größeren Spannweiten überbrückt werden.

#### Bauen unter laufendem Verkehr

Beim Neu- und Ersatzbau von Brücken innerhalb von bestehenden Verkehrsnetzen ist von höchster Priorität, den Verkehrsfluss von Straßen und die betriebliche Verfügbarkeit von Bahnstrecken und Wasserwegen so wenig wie möglich zu beeinträchtigen. Bei der Überbrückung von Verkehrswegen in Massivbauweise kommen vorgefertigte Spannbetonträger mit Stützweiten bis etwa 30 m bei Eisenbahnbrücken und bis etwa 40 m bei Straßenbrücken oder

Massivbrücken zum Einsatz, die vor Ort auf der Baustelle mit Hilfe von Lehr- oder Vorschubgerüsten hergestellt werden. Der wirtschaftliche Einsatz von (obenliegenden) Vorschubgerüsten bedingt eine Mindestanzahl an herzustellenden Feldern und begrenzt die Spannweiten auf max. ca. 50 m. Lehrgerüste benötigen zusätzliche temporäre Bauhöhe, die in der Regel bei innerstädtischen Querungen nicht vorhanden ist. Aufwendige Gerüste und Absenkeinrichtungen für temporäre Herstelllagen oberhalb der eigentlichen Gradienten sind die Konsequenz und verursachen zusätzliche Kosten, unter der die Wettbewerbsfähigkeit solcher Brücken leidet. Hier zeigt sich der Vorteil von Verbundbrücken in VFT®-Bauweise, da die vorgefertigte Verbundkonstruktion mit hoher Steifigkeit und moderatem Verlegegewicht (bzw. deutlich leichterem Gewicht gegenüber Fertigteilen aus Spannbeton) den Bau über große Spannweiten ohne wesentliche Betriebsbeeinträchtigung hinweg

ermöglicht. Dabei kann z.B. bei der Überbrückung der Fahrbahnen bestehender Autobahnen oder mehrgleisiger Bahnanlagen im Vergleich zur Massivbauweise in der Regel ausnahmslos auf die Ausführung einer Mittelunterstützung, deren Erstellung immer mit signifikanten Eingriffen in den laufenden Verkehrsbetrieb verbunden ist, verzichtet werden. Der außerordentlich hohe Vorfertigungsgrad der VFT®-Träger verkürzt die Bauzeiten solcher Baumaßnahmen und die betrieblichen Eingriffszeiten in Verkehrsräume. Die große Steifigkeit aus dem Erstverbund der Trägervorfertigung der VFT®-Träger erlaubt bereits große Schlankheiten im Montagezustand und ermöglicht die Konzeption weitgespannter Rahmenkonstruktionen, die prädestiniert sind zur Überbrückung von bestehenden Verkehrswegen. Verbundfertigteilträger-Konstruktionen im Brückenbau kommen nahezu ohne Eingriff und damit Störung des bestehenden Verkehrsnetzes aus.



**1+2 Überführung der Bundesstraße B 19 über die BAB A3 Nürnberg-Frankfurt**

im Zuge der Erweiterung der Autobahn von 4 auf 6 Fahrstreifen; Anschlussstelle Heidingsfeld. Neubau Straßenbrücke über die Autobahn mit 6 Fahrstreifen, 2 Standstreifen und einer Fahrbahn der Anschlussstelle. Gegenüberstellung einer konventionellen Straßenbrücke als Durchlaufträger über 3 Felder in Spannbetonbauweise mit Lager und Fugen und einer vollintegralen Rahmenbrücke ohne Stützen, Lager und Fugen in VFT®-Bauweise. Gevoutete VFT®-Träger mit dicht geschweißten Stahlhohlkästen, Stützweite 63,50 m.

**3 Neubau Straßenbrücke über die Saale im Zuge der Bundesstraße B181 Merseburg.**

Einfeldrahmen in VFT®-Bauweise für 4-spurige Straßenbrücke über den Fluss „Saale“, 2 x 4-stegiger, offener Verbundquerschnitt mit einer Überbaubreite von 21,60 m zwischen den Geländern, Stahlträger S355J2+N als Vollwand-Schweißträger mit veränderlicher Steghöhe, vorgefertigter VFT®-Obergurt C45/55; Obergurtbreite 2,56 m, Stützweite 55,40 m; Schlankheit Feldmitte 1/31,7; Schlankheit Rahmeneck 1/21,7; Stärke Ortbeton 0,25 m; Kreuzungswinkel 100 gon, Gründung Widerlager über jeweils 8 Bohrpfähle  $\varnothing$  1,20 m; Verlegegewicht VFT®-Träger rd. 69 Tonnen.

**4 Einfeldrahmen in VFT®-Bauweise für 2-spurige Straßenbrücke über 2-gleisige Bahnanlage, 4-stegiger, offener Verbundquerschnitt, Stahlträger S355J2+N**

als Vollwand-Schweißträger mit veränderlicher Steghöhe, vorgefertigter VFT®-Obergurt C45/55; Obergurtbreite 2,50 m, Stützweite 27,30 m; Schlankheit Feldmitte 1/32,9; Schlankheit Rahmeneck 1/18,8; Stärke Ortbeton 0,25 m; Kreuzungswinkel 100 gon, Gründung Widerlager über jeweils 4 Bohrpfähle  $\varnothing$  0,90 m; Einbau VFT®-Träger in nächtlicher Bahn-Betriebssperrpause.

**5 Neubau einer Straßenbrücke über die Bahn im Zuge der J.S. Bach-Straße, Fürstenwalde.**

Einfeldrahmen in VFT®-Bauweise für 3-spurige Straßenbrücke über 4-gleisige Bahnanlage, 6-stegiger, offener Verbundquerschnitt, Stahlträger S355J2+N als Vollwand-Schweißträger mit veränderlicher Steghöhe, vorgefertigter VFT®-Obergurt C45/55; Obergurtbreite 2,82 m, Stützweite 55,40 m; Schlankheit Feldmitte 1/32,7; Schlankheit Rahmeneck 1/20,0; Stärke Ortbeton 0,25 m; Kreuzungswinkel 79 gon, Widerlager flachgegründet; Einbau VFT®-Träger in nächtlicher Bahn-Betriebssperrpause.

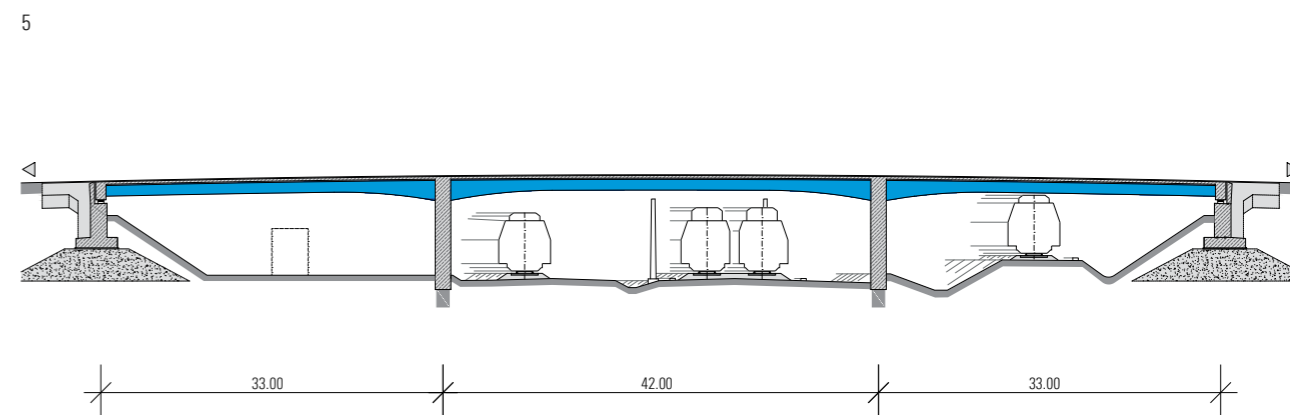


**Einheit von Funktionalität und Ästhetik**

Verbundbrückensysteme zeichnen sich durch ihre hohe Funktionalität und Wirtschaftlichkeit im Verbrauch von Konstruktionsmaterialien aus. Neben ihrer Funktionalität sind Brücken aber auch prägende, architektonische Elemente. Verbundfertigteilbrücken eignen sich mit Blick auf die hohe vertikale Steifigkeit aus dem Erstverbund, der ausgeprägten Quersteifigkeit aus dem obliegenden Betonflansch und der Möglichkeit der Abdeckung der positiven Eckmomente rein durch Bewehrungsanschlüsse ausgezeichnet für den Entwurf von Rahmenbrücken und ermöglichen durch die feste Verbindung des Überbaus mit den Widerlagern den Bau von sehr schlanken und ästhetisch anspruchsvollen Brücken. Die stählernen Tragglieder werden in veränderlicher Bauhöhe mit

gevouteten Stegen hergestellt und bilden den Kraftfluss des Tragwerks auch optisch in der Konstruktion ab. Eine anspruchsvolle Gestaltung bei höchster Funktionalität und Wirtschaftlichkeit sind prägende Merkmale von Stahlverbundkonstruktionen und können mit der Verbundträger-Bauweise idealerweise abgebildet werden.

**VFT®-Träger auf Tieflader** mit seitlichen Transportsicherungen



- 1 Blick auf Fertigteil-Obergurte von verlegten VFT®-Trägern
- 2 VFT®-Träger vorübergehend auf dem Pfeilerkopf aufgelagert, Kontaktstelle der Träger für mehrfeldrige Brückenbauwerke im Bereich des zukünftigen Ort-betonquerträgers, Lage der VFT-Träger polygonal zur Abbildung der linienförmigen Trassierung der Brücke.
- 3 Blick auf das Widerlager mit monolithischer Einbindung der VFT®-Träger, Brücke als voll integrale Rahmenbrücke.

4+5 Längsschnitt/Pfeilerdetail einer semiintegralen 3-Feld-Brücke über Bahnanlagen. Spannweiten 33,0/42,0/33,0 m. Brückenbreite 12,0 m, offener Verbundquerschnitt mit 4 VFT®-Trägern mit variabler Bauhöhe / Anvoutungen zu den Pfeilerschäften hin, VFT®-Träger binden monolithisch in die Pfeiler ein, im Bereich der Widerlager beweglich gelagert, Konstruktionshöhen – Überbau 1,38 m bzw. 2,30 m, Schlankheiten 1/30 bzw. 1/15. Kreuzungswinkel 134 gon. Pfeilergründung mit Bohrpfählen, Widerlager flach gegründet.

### Effizienz in Baukosten und Unterhalt

Die Entscheidungsfindung für eine geeignete Brückenbauweise ist oft vom Aspekt der reinen Herstellungskosten geprägt. Jedoch gilt es bereits in dieser frühen Phase, Faktoren wie Nutzerkosten, laufende Prüfungs- und Unterhaltskosten sowie Kosten für eine nachträgliche Traglastserhöhung zu berücksichtigen.

### Herstellungskosten

Verbundfertigteilkonstruktionen zeichnen sich besonders durch ein wirtschaftliches Tragsystem bei optimaler Materialkombination bereits im Erstverbund und optimierten Materialeinsatz aus. Es werden so erhebliche Materialeinsparungen im Konstruktionsstahl gegenüber dem klassischen Verbundbau möglich. Ein Massenansatz von lediglich 100 - 180 kg Konstruktionsstahl je m<sup>2</sup> Brückenfläche sind in der Regel ausreichend. Diese Systeme bilden somit preislich

eine konkurrenzfähige Alternative zur Spannbeton- oder Stahlbetonbauweise im kleinen und mittleren Spannweitenbereich und im Besonderen gegenüber Fertigteilträgern aus Spannbeton, deren Einsatzbereich bedingt durch das große Eigengewicht beschränkt ist auf Stützweiten bis max. 30 – 40 m. Aufgrund des hohen Vorfertigungsgrades der Verbundfertigteilträger und die Möglichkeit, große Stützweiten ohne Zwischenunterstützungen zu überbrücken, können Aufwendungen für zusätzliche Gründungs- / Pfeilerherstellarbeiten eingespart und die Bauzeit minimiert werden.

### Nutzerkosten

Der Einsatz von Brücken in Verbundfertigteil (VFT®)-Bauweise minimiert bei der Realisierung den Eingriff in den laufenden Verkehr in bestehenden Verkehrsnetzen und reduziert somit Verzögerungen

und Behinderungen im Verkehrsfluss. Diese Nutzerkosten werden oft unterschätzt und finden daher kaum Berücksichtigung. Sie können jedoch die Baukosten um ein Vielfaches übersteigen, wenn es beispielsweise zu Staus oder Verzögerungen im Bahnverkehr kommt.

### Laufende Prüfungs- und Unterhaltskosten

Während eines Bauwerkszyklus fallen Kosten für Unterhalt, Instandhaltung und Prüfung, an, die sich erfahrungsgemäß jährlich zwischen 0,7% bis 1,5% der Herstellungskosten belaufen können. Diese Kosten sind stark von der Konstruktion und der Ausstattung des jeweiligen Bauwerks abhängig. Werden Brücken als integrale Rahmenbauwerke ausgebildet, ersetzen die Rahmenecken Lager- und Fahrbahnübergänge, welche erfahrungsgemäß mit besonderen Unterhaltsaufwendungen belegt sind. Verbundbrücken sind leicht

zu prüfen, und, falls erforderlich, können diese auf höhere Traglasten durch einfaches Aufschweißen von Stahllaschen auf die Stahlträger verstärkt werden. Der hohe Vorfertigungsgrad beim Bau von Verbundbrücken im Werk unter stets gleichbleibenden Herstellbedingungen garantiert höchste Fertigungsqualitäten in Bezug auf Geometrie, Einhaltung von Toleranzen, Schweißnahtausbildungen und Korrosionsschutz. Im Kontext mit Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit wesentliche Vorteile zur Minimierung von Unterhalts- und Instandhaltungskosten.

Sowohl in den Herstellungskosten als auch in den laufenden Kosten stellen Stahlverbundkonstruktionen extrem wirtschaftliche Systeme dar. Die Verbundfertigteilbauweise reduziert die Herstellungs- und Unterhaltskosten. Die Bauzeiten werden reduziert und ein hoher Qualitätsstandard wird sichergestellt.



### Vorteile der VFT®-Bauweise

- VFT®-Träger sind über die Einsatzgrenzen von Fertigteilträgern aus Spannbeton hinaus in Einfeld- und Durchlaufsystemen, bei Talbrücken und insbesondere bei Rahmensystem einsetzbar.

- Das Konzept der VFT®-Träger erfüllt die Anforderungen an moderne Brückenbauweisen in besonderem Maße. Grundsätzlich erfolgt die Ausführung des VFT®-Trägerquerschnitts dabei in Analogie zu Spannbeton-Fertigteilträgern.

- Bei VFT®-Trägern werden die Baustoffe Beton und Stahl gezielt eingesetzt. Der Bedarf an Konstruktionsstahl wird infolge des bereits werkmäßig aufgetragenen Erstverbundes signifikant minimiert und führt zu sehr wirtschaftlichen Herstellungskosten.

- Das geringe Gewicht der VFT®-Träger bei großer Biegesteifigkeit erschließt neue Dimensionen von Stützweiten vorgefertigter Brücken. Die bereits hohe Biegesteifigkeit im Bauzustand ergibt geringe Verformungen bei der Herstellung der Ortbetonergänzung, die hohe Biegesteifigkeit im Endzustand ermöglicht kleine Bauwerksabmessungen und schlanke, ästhetisch gefällige Bauwerke.

- Die VFT®-Bauweise ermöglicht die Ausführung integraler Rahmenbauweisen. Der Entfall von Fugen und Lager solcher Rahmensysteme reduziert Unterhaltsaufwendungen und minimiert fugeninduzierte Lärmimmission. Insbesondere bei Eisenbahnbrücken ergeben sich besondere fahrdynamische Vorteile aufgrund der geringen Endtangentialdrehwinkel. VFT®-Rahmenbrücken können zudem als Einheit parallel zur bestehenden Eisenbahnstrecke hergestellt und innerhalb kurzer Sperrpausen seitlich eingeschoben werden.

- Die VFT®-Bauweise ermöglicht die Ausführung sehr schiefwinkliger Kreuzungsbauwerke.

- Breite Betonflansche als Trägerobergurt des Verbundquerschnitts ergeben eine hohe Quersteifigkeit. Dies erübrigt in der Regel Beulsteifen in den Stegen als auch temporäre Aussteifungsverbände im Bauzustand. Zudem dienen die Betonobergurte als monolithische Schalung für die nachfolgende Ortbetonergänzung.

- Der hohe Vorfertigungsgrad der VFT®-Träger reduziert die Arbeiten auf der Baustelle. Dies führt in Verbindung mit geringen Transport- und Verlegegewichten zu sehr wirtschaftlichen Mon-

tageeinsätzen mit effizienten Verlegezeiten bei nur geringfügigen Verkehrsbeeinträchtigungen. Es ergeben sich hiermit deutliche Vorteile beim Einsatz über und für Betriebsstrecken des Straßenverkehrs und der Bahn.

- Die weitgehende Vorfertigung der VFT®-Träger im Werk ermöglicht einem hohen Qualitätsstandard bei hoher Robustheit und führt in Verbindung mit gut zugänglichen Stahlträgern und monolithischer Ortbetonplatte zu niedrigen Unterhaltskosten.

- Bei der VFT®-Bauweise werden in der Regel keinerlei Stahlbauarbeiten auf der Baustelle erforderlich.

- Die Einbindung / Kopplung der VFT®-Träger in Ortbetonquerträger über Pfeiler oder an Widerlagern erfolgt über entsprechend ausgebildete Kopfplatten, Kopfbolzendübel und Druckplatten.

- Die Abdeckung des Stützmomentes bei Durchlaufträgersystemen im Bauzustand erfolgt über einfach ausführbare Zugstangenverbindungen.

- Die VFT®-Bauweise ermöglicht ein durchgehendes und damit wirtschaftliches Betonieren der nachträglichen Ortbetonplatte.

- Die VFT®-Bauweise bietet hohe Traglastreserven durch gute Umlagerungseffekte.



**1+2 Talbrücke Oberharthmannsreuth im Zuge der BAB A93;** Stützweiten 34,80 + 3 x 44,0 + 34,80 m; Einsatz von 2 x 2 offenen VFT-Vollschweißträgern mit einer Bauhöhe von 2,65 m, Breite Fertigteil-Obergurt 3,10 m, Einsatz Schalwagen zur Herstellung der Verbundplatte, Breite Überbau 2 x 14,68 m.

**3+4 Straßenbrücke über die Werra.** Integrale 3-feld Brücke. Stützweiten 30,5 + 40 + 30,5 m; 4-stegiger, offener Verbundquerschnitt, Stahlträger als Vollwand-Schweißträger mit veränderlicher Steghöhe, vorgefertigter VFT®-Obergurt C45/55; Obergurtbreite 2,56 m, Schlankheit Feldmitte 1/29,2; Schlankheit Rahmeneck 1/17,0; Stärke Ortbeton 0,25 m; Gründung Widerlager über jeweils 3 Bohrpfähle  $\varnothing$  0,90 m

**5 Schönheit von Verbundbrücken**

**6 Brücke über die BAB A96;** integrale Rahmenbrücke mit 2 VFT®-Trägern als dicht geschweißte Hohlkästen, monolithisch einbindend in Widerlagerauskragungen, Stützweite 36 m







### Eisenbahnbrücken

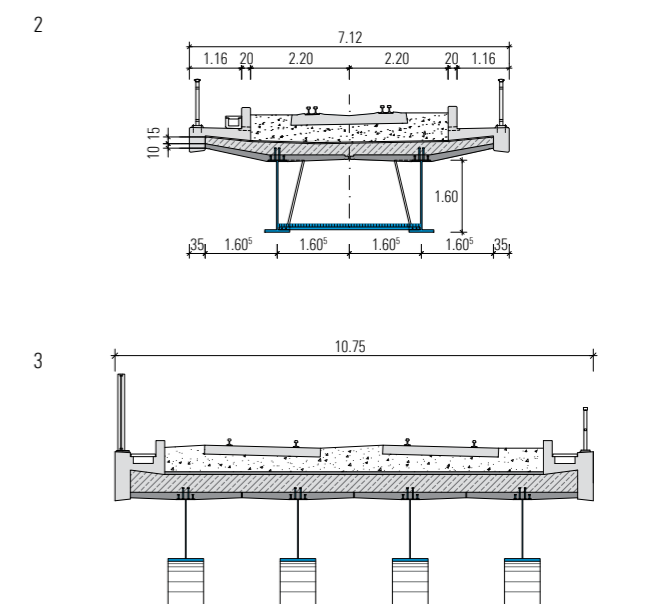
Aufgrund der hohen und konzentrierten Eisenbahnlasten müssen Eisenbahnbrücken sehr steif ausgebildet werden, um den Rad-Schiene-Kontakt bei den üblichen Betriebsgeschwindigkeiten zu gewährleisten. Insbesondere bei Stahl- und Stahlverbundbrücken sind bei der Tragwerksplanung neben den statischen auch die dynamischen Betrachtungen von signifikanter Bedeutung, um einer einwandfreien und dauerhaften Nutzung gerecht zu werden. Grundsätzlich ist die Verbundbauweise für Eisenbahnbrücken hervorragend geeignet, da Verbundbrücken wirtschaftlich verformungsarm ausgeführt werden können, eine hohe Lebensdauer haben und inspektionsfreundlich sind.

Dazu gehört besonders eine sorgfältige bauliche Durchbildung der konstruktiven Einzelheiten, die eine kraftflussorientierte, kerb- und damit ermüdungsarme Querschnittsgestaltung fordert. Diese für die Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit so wichtigen Belange müssen in der Ausführung sowohl bei der Werkstoffherstellung als auch auf der Baustelle bei der Montage durchgängig umgesetzt werden.

Die Mehrzahl neu erstellter Eisenbahnbrücken, insbesondere im urbanen Bereich, werden heutzutage als Rahmenbauwerke in Stahlbeton (vor Ort oder in Seitenlage mit Quereinschub hergestellt) oder als WIB-(Walzträger in Beton) Verbund-Träger mit ausgeführt. Bei allen Stützweiten bietet auch das System der Verbundfertigteilträger ideale Voraussetzungen für leistungsfähige integrale Eisenbahnüberführungen. Das Stahltragwerk ermöglicht in Verbindung mit der vorgefertigten Stahlbetonfahrbahnplatte insbesondere in

**Links oben: Erneuerung von mehreren bestehenden Eisenbahnbrücken** in VFT®-Bauweise über die Saale und über den Flutmulden-Bereich. Die eingleisige Flussquerung war ein gevoutetes Zweifeldbauwerk mit  $2 \times 32,50$  m Stützweite konventionell auf Lagern ausgeschrieben. Als Nebenangebot kam ein integrales Rahmenbauwerk in VFT®-Bauweise mit einer Bauhöhe in Feldmitte von 1,95 m (Schlankheit  $1/15,64$ ) und am Rahmeneck von 2,85 m (Schlankheit  $1/10,70$ ) mit zwei VFT®-Trägern (Breite Betongurt 3,50 m, Dicke der Ortbetonergänzung 0,30 m) zur Ausführung. Durch die Rahmenwirkung werden die Bremskräfte des Zuges deutlich günstiger als bei einem gelagerten System in die Gründung abgeleitet, was zu erheblichen Einsparungen in der Bohrpfahlgründung führte. Die Brücke über die Flutmulde wurde ebenfalls als einfeldriger, vollintegraler Rahmen mit 34,40 m Stützweite in VFT®-Bauweise konzipiert (Schlankheit in Feldmitte  $1/19,11$ ).

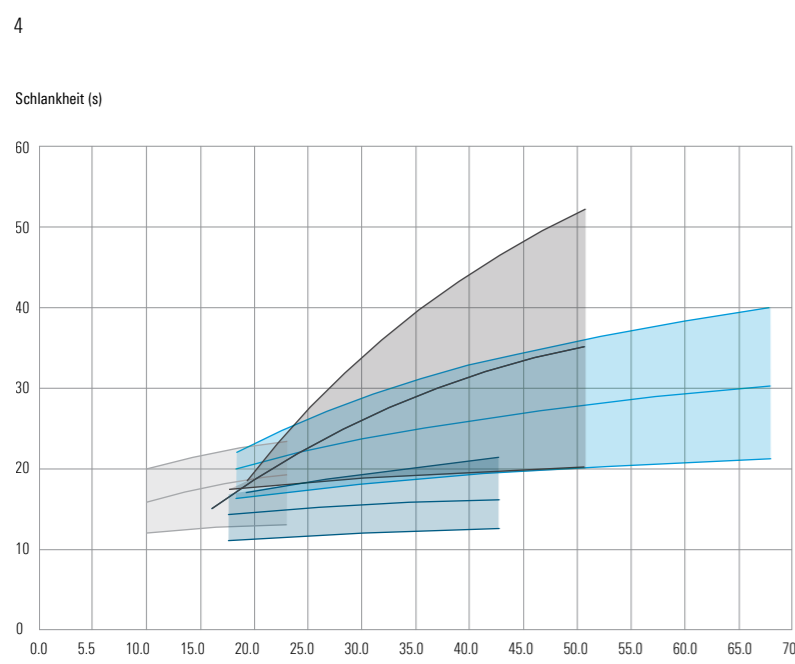
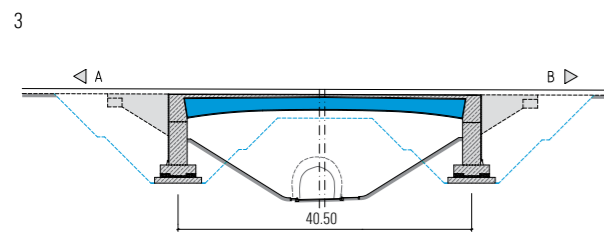
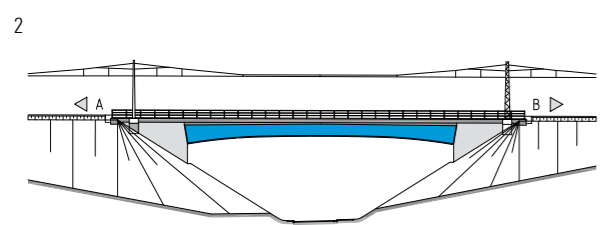
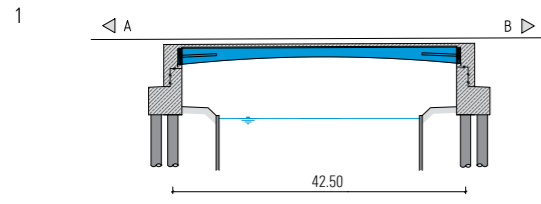
**Links unten: Brücke über den Teltowkanal** in Berlin, siehe Erläuterung Bild 3



**1 Eisenbahnbrücke Schongau:** 1-gleisige Eisenbahnbrücke über 3 Felder in semiintegraler Bauweise (Überbau bindet monolithisch in Stützen ein), VFT®-Träger als offenen Vollschweißträger mit Torsionsverbänden (Grundriss gekrümmt)

**2 Eisenbahnbrücke Schongau:** Regelquerschnitt

**3 Brücke über den Teltowkanal in Berlin,** Einfeldrahmen in VFT®-Bauweise für 2-gleisige Eisenbahnbrücke, 4-stegiger, offener Verbundquerschnitt, Stahlträger S355J2 + N als Vollwand-Schweißträger mit veränderlicher Steghöhe, vorgefertigter VFT®-Obergurt C45/55, Obergurtbreite 2,50 m; Stützweite 42,50 m; Schlankheit Feldmitte  $1/21,8$ ; Schlankheit Rahmeneck  $1/14,4$ ; Stärke Ortbeton 0,40 m; Kreuzungswinkel  $79^\circ$ , Gründung Widerlager über jeweils 5 Bohrpfähle  $\varnothing 1,50$  m; Verlegegewicht VFT®-Träger rd. 75 Tonnen



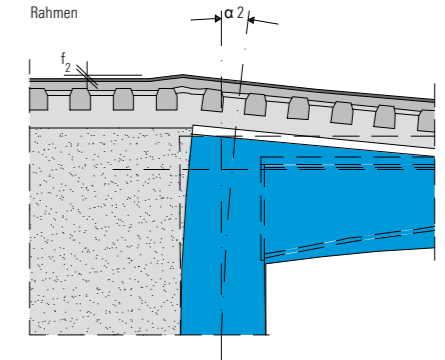
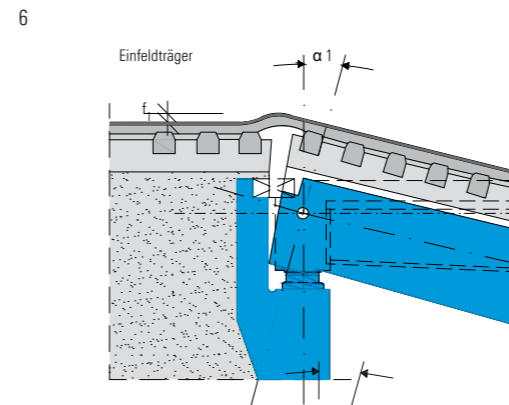
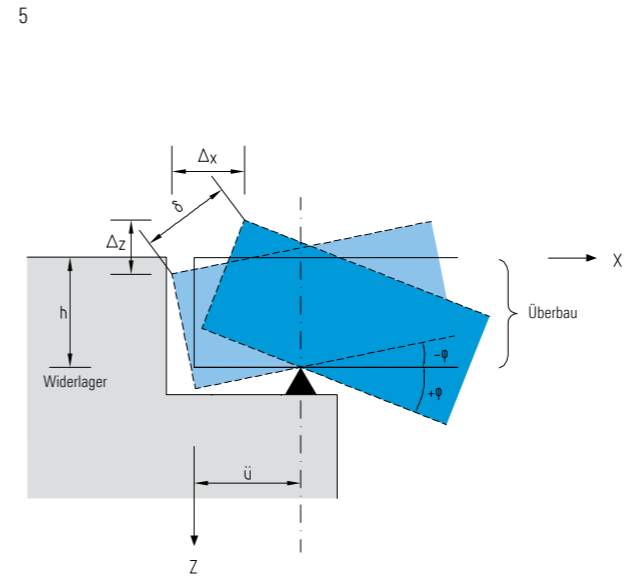
hybriden Rahmen schlanke und trotzdem verformungsarme, steife Überbauten mit kraftflussorientierter, kerb- und damit ermüdungsarmer Querschnittsgestaltung. Der hohe Vorfertigungsgrad der VFT®-Bauweise ermöglicht schnelle Bauzeiten, kurze Sperrzeiten und damit eine höhere betriebliche Verfügbarkeiten im Bereich der Baustellen.

Einfeld- oder Durchlaufträgerbrücken können mitunter bei einer ungünstigen Ausbildung des Endquerträgers am Widerlager mit großem Lager-Überstand „ü“ oder falls der Überbau bezüglich der Spannweite eine große Bauhöhe „h“ (z.B. Fachwerkverbundbrücke mit oberliegender Fahrbahn) aufweist, zu nachteiligen Längsverschiebungen und Höhenversätzen infolge Durchbiegung aus vertikalen Verkehrseinwirkungen führen.

**Rahmenbrücken aus Verbundfertigteilträgern eignen sich in besonderem Maße, diese negativen Effekte zu vermeiden – Vorteile integraler Widerlager / Portalrahmen:**

- Reduzierung der Durchbiegung
- Reduzierung der Drehung am Ende (Tangentenwinkel) und damit die Verringerung der Verformung
- Beseitigung von Brückenlagern und Dehnfugen
- Reduzierung der Größe der Widerlager
- Verbesserung gegen Risiken der Resonanz

Straßenbrücken: Spannbeton  
 Straßenbrücken: VFT®-Träger  
 Eisenbahnbrücken: Stahlbeton  
 Eisenbahnbrücken: VFT®-Träger



**1 Neubau Eisenbahnbrücke im Zuge der Strecke Berlin Südkreuz - Ludwigsfelde** Einfeldrahmen in VFT®-Bauweise für 2-gleisige Eisenbahnbrücke über den „Teltow-Kanal“, 4-stegiger, offener Verbundquerschnitt, Stahlträger S355J2+N als Vollwand-Schweißträger mit veränderlicher Steghöhe, vorgefertigter VFT®-Obergurt C45/55, Obergurtbreite 2,50 m; Stützweite 42,50 m; Schlankheit Feldmitte 1/21,8; Schlankheit Rahmeneck 1/14,4; Stärke Ortbeton 0,40 m; Kreuzungswinkel 79 gon, Gründung Widerlager über jeweils 5 Bohrfähle Ø 1,50 m; Verlegegewicht VFT®-Träger rd. 75 Tonnen

**2+3 Neubau Eisenbahnbrücke im Zuge der Strecke Frankfurt (Oder) – Guben.** Einfeldrahmen in VFT®-Bauweise für 2-gleisige Eisenbahnbrücke über Straße, 4-stegiger, offener Verbundquerschnitt, Stahlträger S355J2+N als Vollwand-Schweißträger mit veränderlicher Steghöhe, vorgefertigter VFT®-Obergurt C45/55; Obergurtbreite 2,73 m; Stützweite 40,50 m; Schlankheit Feldmitte 1/19,1; Schlankheit Rahmeneck 1/12,4; Stärke Ortbeton 0,43 m; Kreuzungswinkel 100 gon, Widerlager flachgegründet; Herstellung neues Brückenbauwerk in Parallellage seitlich vom Bestand mit Querverschub in 120 h-Betriebssperrpause (Freitag 23.00 Uhr bis Mittwoch 23.00 Uhr), Verschiebung rd. 33,0 m, Verschiebgewicht ca. 3.500 t.

**4 Einsatzbereiche verschiedener Typen** von Überbauten für Eisenbahn-/Straßenbrücken. Vergleich zwischen Ortbeton/Spannbetonfertigteilträger/VFT®-Träger

**5 Geometrische Abhängigkeiten** am Widerlager aufgrund von Überbauverformungen

**6 Prinzipdarstellung Endtangentialdrehwinkel** aus Durchbiegung des Überbaus am Überbau gelagert / Überbau eingespannt

Grenzwerte für die Verformungswege an Überbauenden infolge Verkehrseinwirkungen		
Stützweite L des Endfeldes	Entwurfsgeschwindigkeit $v_e$	Limit value $\delta$
< 3 m	$v_e < 160$ km/h	$\delta_3 = 5$ mm
< 3 m	$160$ km/h < $v_e < 230$ km/h	$\delta_3 = 4$ mm
< 3 m	$v_e > 230$ km/h	$\delta_3 = 3$ mm
> 25 m	Für alle $v_e$	$\delta_3 = 9$ mm
$3\text{ m} < L < 25\text{ m}$	Zwischenwerte sind geradlinig zu interpolieren $\delta_L = \delta_3 + (L-3) \cdot (\delta_{25} - \delta_3) / 22$ , L (m)	

SSF Ingenieure AG  
Beratende Ingenieure im Bauwesen

München  
Berlin  
Halle  
Köln

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