

02
2016

Konstruktiver Ingenieurbau

Mauerwerksbau

Interaktion von
Bauwerk und Baugrund
bei Nachbarschafts-
bebauung am Beispiel
der Friedrichswerderschen
Kirche in Berlin

Stahlbau

Verzinkung von
hochfesten Stählen

Grundbau

Erdbauwerke für
Autoteststrecken in China

Holzbau

Die neue Brücke
über die B317 bei Lörrach
– ein Werkbericht

Glasbau

Tragfähig oder nicht?
Resttragfähigkeit von
VSG nach Bruch für
Überkopf-Anwendungen
nach DIN 18008-6



Holz bau



Volker Schiermeyer, Michael Lange

Die neue Brücke über die B 317 bei Lörrach – ein Werkbericht

Eine aus dem Jahr 1983 stammende gedeckte hölzerne Fachwerkbrücke weist massive Schädigungen am Untergurt und an einigen aufgehenden Bauteilen auf, die auf einen nach heutigem Stand nicht ausreichenden konstruktiven Holzschutz zurückzuführen sind. Das Regierungspräsidium Freiburg beschließt und plant nach eingehender Prüfung der Varianten den Neubau der Holzbrücke. Der Neubau wird ebenfalls als gedeckte Fachwerkbrücke mit einer Gesamtlänge von 85,10 m ausgelegt, um das prägende Bild des Bauwerks für den Standort zu erhalten. Die bestehenden Fundamente sollen für den Neubau wieder verwendet werden.

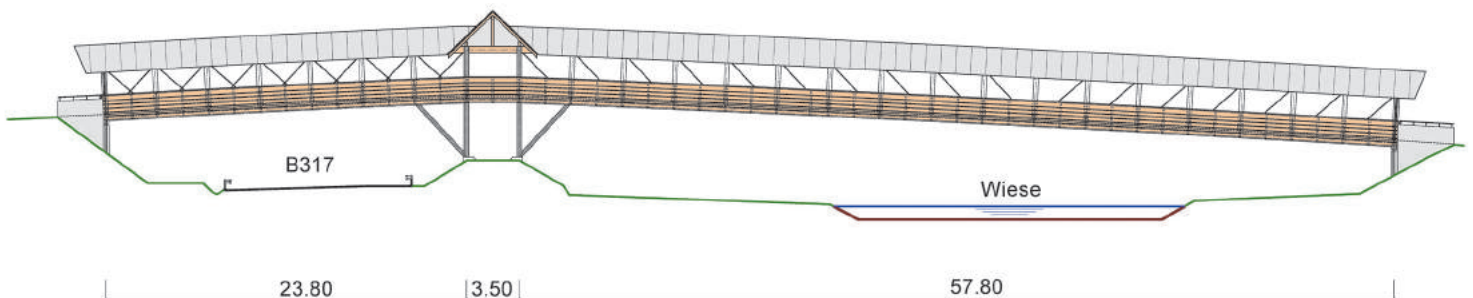
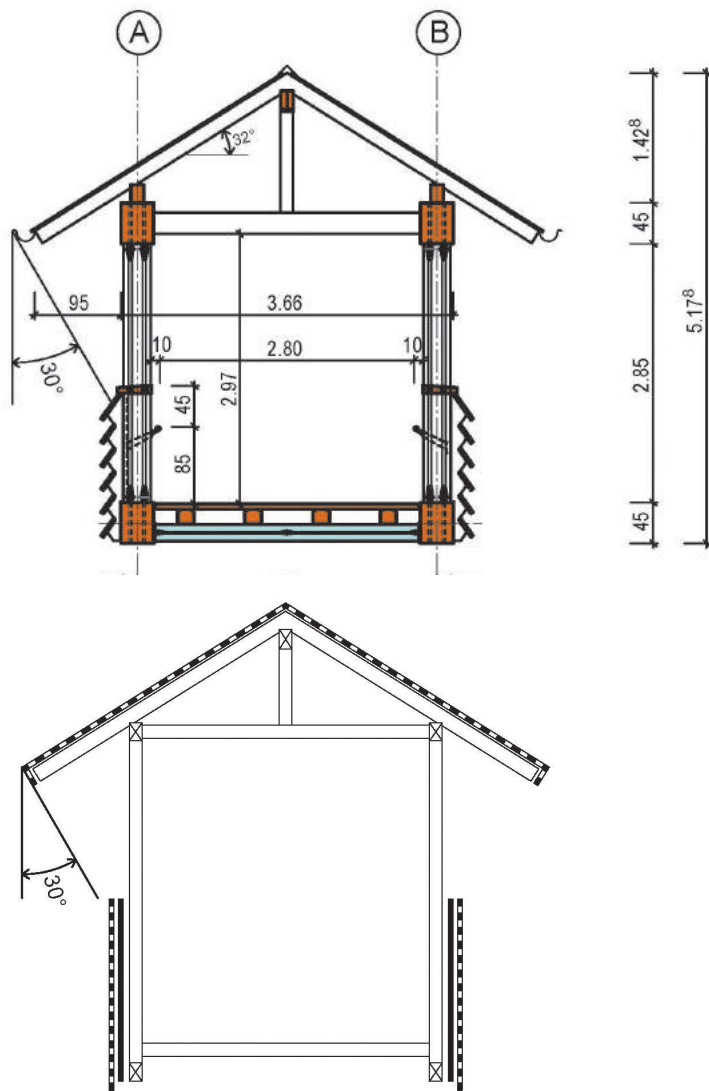


Bild 1: Übersichtszeichnung des geplanten Brückenneubaus



Planung

Primäres Ziel bei der Planung war es, einen sehr guten konstruktiven Holzschutz für die neue Geh- und Radwegbrücke zu erreichen. Die als 3-Feld-System geplante Fachwerkbrücke mit einer lichten Breite von 2,80m und Einzelstützweiten von 23,80m, 3,50m und 57,80m erhält neben der Dachkonstruktion auch eine seitliche Verschalung, siehe Bild 1. Der Dachüberstand wird so weit über die eigentliche Konstruktion gezogen, bis der Schlagregenschutz gemäß DIN EN 1995-2/NA gewährleistet ist (30° gegen die Vertikale geneigte Kennlinie), siehe Bild 2. Für alle Bauteile gilt somit, dass sie als geschützte Bauteile betrachtet werden können. In den Eintrittsbereichen der Brücke werden zusätzlich die Bohlenlängsträger abgedeckt, damit ein Schutz vor eingebrachtem Schmutz oder auch Schnee vorliegt.

Darüber hinaus ist die Tragstruktur von innen sichtbar bzw. einsehbar und damit auch jederzeit kontrollierbar (Bild 3).

Die neue Brücke sollte gegenüber dem Bestandsbauwerk eine größere Transparenz aufweisen. Dieses Ziel wird erreicht, indem Stahlzugdiagonalen gegenüber Holzdiagonalen in die Fachwerkstruktur eingeplant wurden. Aufgrund des statischen Systems ergeben sich einzelne Gefache, in denen sich kreuzende Diagonalen angeordnet werden mussten.

Bild 2: Querschnitt des neuen Brückenüberbaus im Vergleich zur Vorgabe aus DIN EN 1995-2/NA

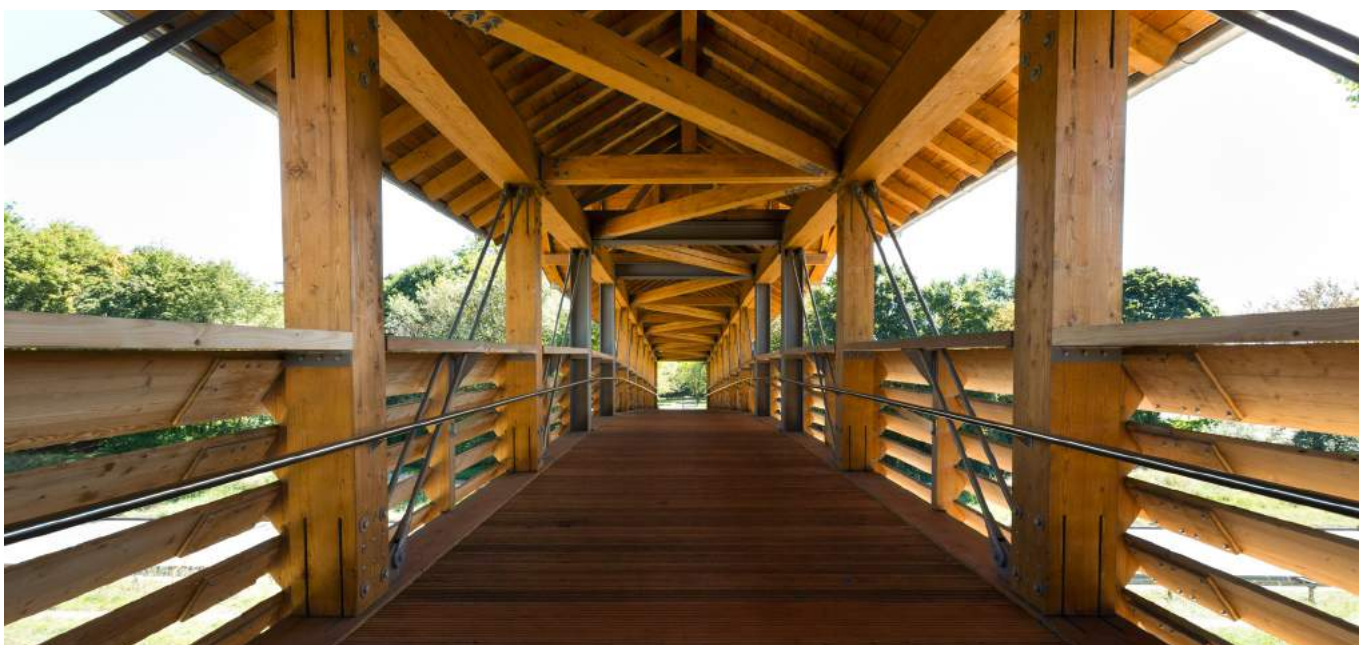


Bild 3: Innenansicht der neuen Konstruktion – alle Bauteile sind frei einsehbar

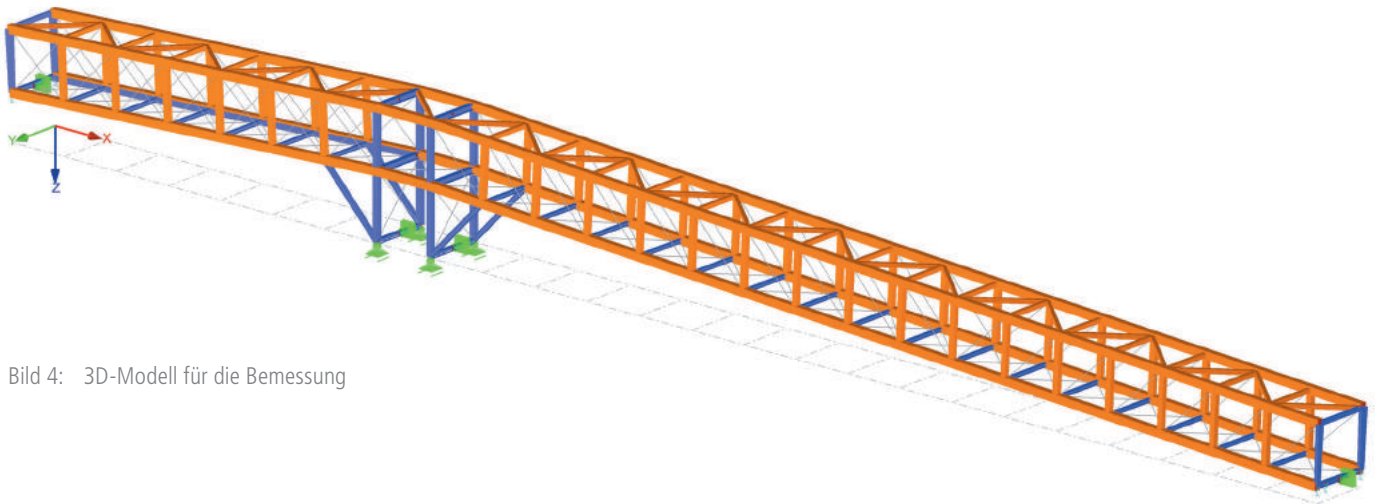


Bild 4: 3D-Modell für die Bemessung

Besonderheiten für die statische Berechnung

Die Einwirkungen für die als Geh- und Radwegbrücke geplante Konstruktion werden nach DIN EN 1991-1 definiert.

Da der Bauort Lörrach in einem erdbebengefährdeten Gebiet liegt, müssen zusätzlich Nachweise für die Erdbebenzone 3 geführt werden.

Die statische Berechnung wird an einem 3D-Stubwerkmodell (Bild 4) vorgenommen, um auftretende Effekte möglichst realitätsnah abbilden zu können. Sämtliche Holzbauteile werden in der Nutzungsklasse 2 nachgewiesen. Das Bauwerk insgesamt wird für die Schadensfolgeklasse CC2 betrachtet.

Neben den „normalen“ Beanspruchungen aus Eigengewicht, Schnee, Wind und Verkehrslasten wurden auch Temperatur- und Feuchteänderungen erfasst. Dies war erforderlich, da Holzbauteile (Fachwerkgurte und Vertikalstäbe) und Stahlbauteile (Diagonalen der vertikalen Fachwerke, Stabilisierungsrahmen) kombiniert werden und diese ein unterschiedliches Dehnverhalten aufweisen. Zusätzlich wurde der Lastfall der einseitigen Erwärmung des Bauwerks, z.B. durch einseitige Sonneneinstrahlung, erfasst. Da das Bauwerk mit dem kürzeren Feld die Bundesstraße B317 überquert, werden die Beanspruchungen aus Anprall am Fachwerk-Untergurt ebenfalls betrachtet.

Eine genaue Schwingungsanalyse für personeninduzierte Schwingungen war aufgrund des komplexen Systemverhaltens u.a.

durch die nachgiebigen Knotenpunkte nur bedingt möglich. Praxisnah wurde eine Schwingungsanalyse an einem vereinfachten System vorgenommen, sowie Lastreserven für den Einbau möglicher Schwingungsdämpfer berücksichtigt.

Als Ergebnis aus der Bemessung folgt:

Vertikale Fachwerke als Haupttragwerk:

Obergurte	2 x b/h = 17/45 cm oder 1 x b/h = 36/45 cm, GL 32 h
Untergurte	2 x b/h = 17/45 cm oder 1 x b/h = 36/45 cm, GL 32 h
Pfosten	b/h = 30/30 cm, GL 24 c
Diagonalen	1 bzw. 2 druckschlaffe Stahldiagonalen M36, BESISTA 540

Oben liegender Verband:

Gurte	Obergurte der vertikalen Fachwerke
Druckpfosten	2 x b/h = 10/24 cm, GL 24 c
Diagonalen	2 x b/h = 20/11,5 cm oder b/h = 20/24 cm, GL 24 c oder GL 32 h

Unten liegender Verband:

Gurte	Untergurte der vertikalen Fachwerke
Querträger	HEA 200, S235
Diagonalen	kreuzweise angeordnete druckschlaffe Stahldiagonalen M20 bzw. M27, BESISTA 540

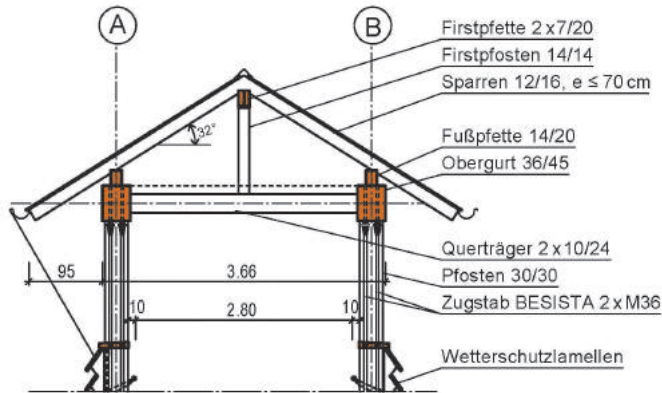


Bild 5: Detailbetrachtung der Dachkonstruktion als konstruktiver Holzschutz für die Obergurtebene des Haupttragwerks

Konstruktiver Holzschutz

Zur Sicherstellung einer möglichst langen Lebensdauer erhält das neue Tragwerk einen optimalen konstruktiven Holzschutz. Die als Pfettendach ausgelegte sichtbare Dachkonstruktion wird nach oben von einer Einblechung abgedeckt. Die Konstruktion hat einen Überstand von ca. 95 cm gegenüber den vertikalen Bauteilen. Durch diese Maßnahme sind die oberen Bauteile des Fachwerks und der in Obergurtebene liegende Verband geschützt. In Bild 5 sind die geometrischen Zusammenhänge detailliert dargestellt.

Um die unten liegenden Bauteile des Fachwerks zu schützen, wird eine seitliche Verschalung bis zur Höhe des Geländerholms angeordnet, siehe Bild 6. Die Verschalung wird aus geneigt angeordneten Dreischichtplattenstreifen gebildet.

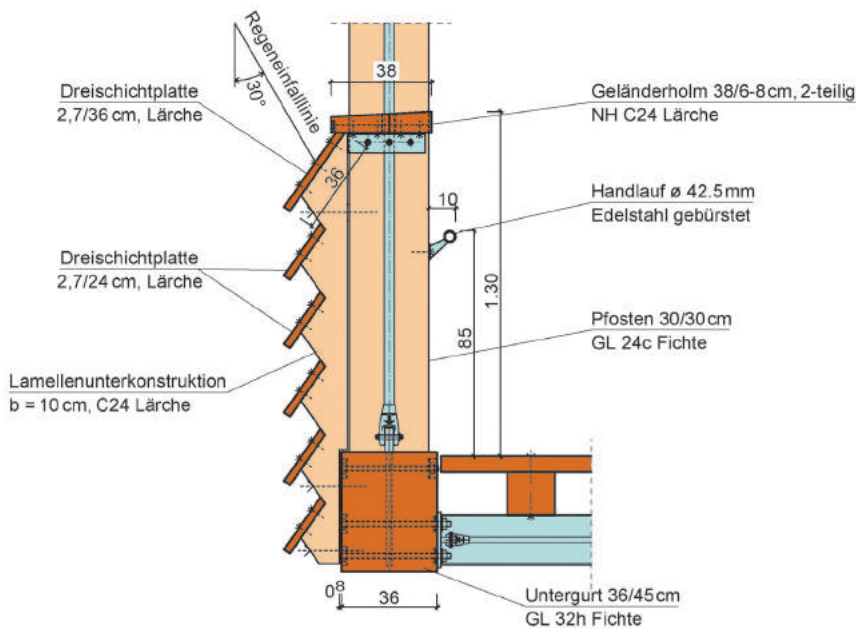


Bild 6: Detailbetrachtung der Wetterschutzlamellen als konstruktiver Holzschutz für die Untergurtebene des Haupttragwerks

Bild 7 zeigt die Anordnung der Verschalung im Bereich eines Fachwerkknotens.

Fertigung

Das Gesamtbauwerk wurde in sieben Segmente mit Längen von ca. 10,0 bis 13,50 m sowie den mittleren Auflagerbock aufgeteilt und in einem Werk in Fresenburg vorproduziert. Die einzelnen Abschnitte bestehen aus den seitlichen Haupttragwerken, den unten und oben liegenden Verbänden, dem Belag und der seitlichen Verschalung. Die Segmente haben ein maximales Gesamtgewicht von 15 Tonnen. Die Dachkonstruktion wird erst später vor Ort ergänzt, da sonst die zulässigen Abmessungen für den Transport überschritten werden.



Bild 7: Konstruktiver Holzschutz der unteren Fachwerkknoten

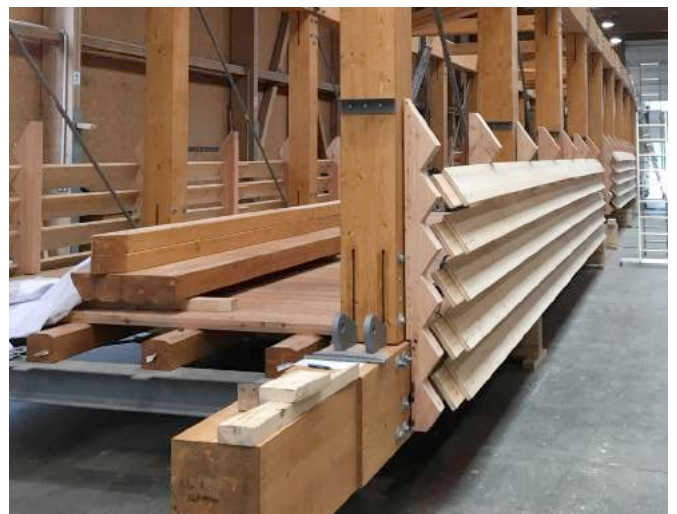


Bild 8: Brückensegment während der Fertigung

Gemäß der Entwurfsvorgabe wird der gesamte Überbau in der Ansicht gekrümmt ausgeführt. Die einzelnen Segmente von ca. 13,0m müssen daher mit einer Überhöhung von bis zu 5 cm hergestellt werden, damit sich harmonische Übergänge an den Stößen ergeben. Eine besondere Aufgabenstellung war die Definition der vorzusehenden Überhöhung für die Fertigung, da hierbei die Nachgiebigkeiten sowie der Schlupf der vielen Knotenpunkte und Gurtstöße berücksichtigt werden müssen. Aufgrund der barrierefreien Bauweise durfte eine Überhöhung nicht „auf der sicheren Seite“ größer gewählt werden. Um nicht alle Auswirkungen aus den Überlegungen erst vor Ort in Lörrach zu sehen, wird das gesamte Bauwerk schon „probehaltbar“ in Fresenburg aufgebaut.

Die einzelnen Segmente werden über Gurtstöße miteinander verbunden. Die stählernen Diagonalen des Haupttragwerks müssen nach dem Zusammenfügen der einzelnen Segmente nur eingesetzt werden. Die Holzdiagonalen aus den Horizontalverbänden werden i.d.R. zweiteilig ausgeführt, um den nachträglichen Einbau an den angeordneten Blechen mit den zugehörigen Stabdübeln und Passbolzen überhaupt zu ermöglichen.

Ein typischer Gurtstoß ist in Bild 9 dargestellt.

Da teilweise sehr große Beanspruchungen in den Zugstößen der Gurte übertragen werden müssen und eine Anschlussgeometrie über Stabdübel oder Passbolzen aufgrund der erforderlichen Blechlängen nicht mehr sinnvoll ist, wurde eine schlupffreie und verformungsarme Anschlussmöglichkeit entwickelt, die auf der Baustelle ohne großen Aufwand für z.B. Durchbohren von Blechen umsetzbar ist.

Es werden seitlich Bleche $t = 20$ mm angeordnet. Durch diese Bleche werden Vollgewindeschrauben 12×350 mm eingeschraubt, siehe Bild 11. Die Senkköpfe der Schrauben werden passgenau in die Bleche eingelassen. Um ein gleichmäßiges Eindrehen der Schrauben und damit einen gleichmäßigen Kräfteintrag zu ermöglichen, wurde mit Unterstützung der Firma SPAX ein Verfahren angewendet, das für Vollgewindeschrauben das Drehmoment beim Einschrauben misst.

Hauptträgerstoß zwischen Achse 110/120, 140/150, 180/190 und 220/230 Ausführung Obergurt

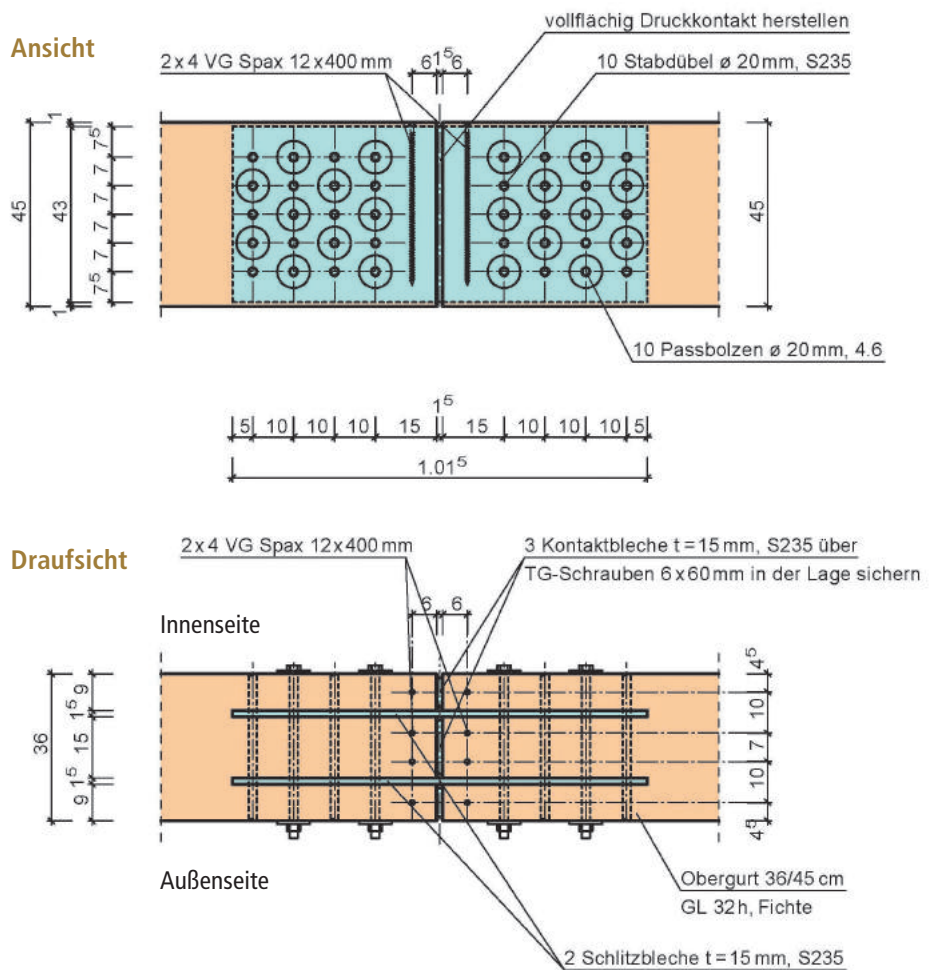


Bild 9: Geplanter Gurtstoß

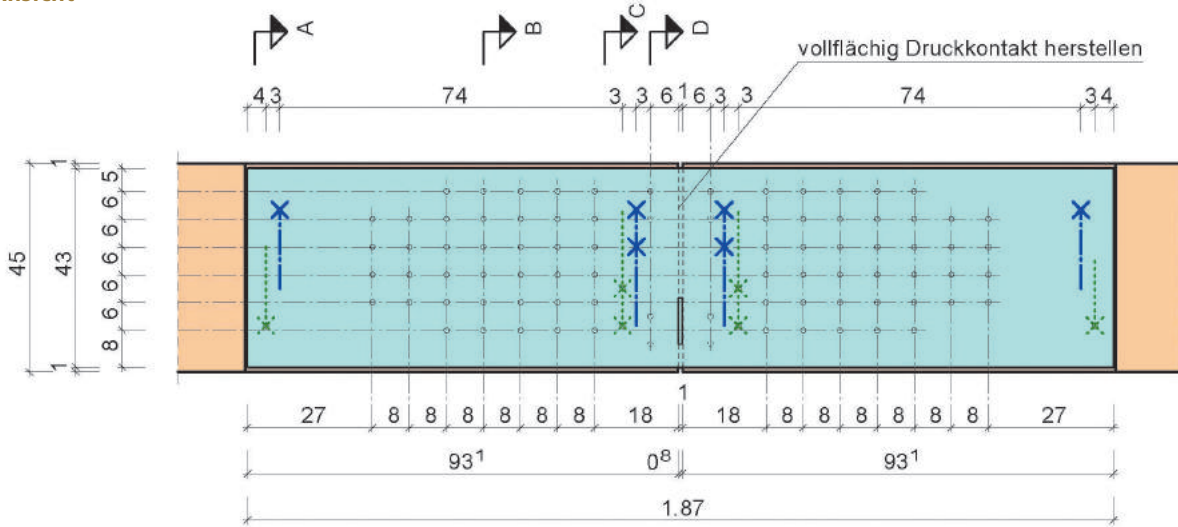


Bild 10: am Bauwerk umgesetzter Gurtstoß

Holzbau

Hauptträgerstoß zwischen Achse 110/120, 140/150 und 220/230 Ausführung Untergurt

Ansicht



Draufsicht

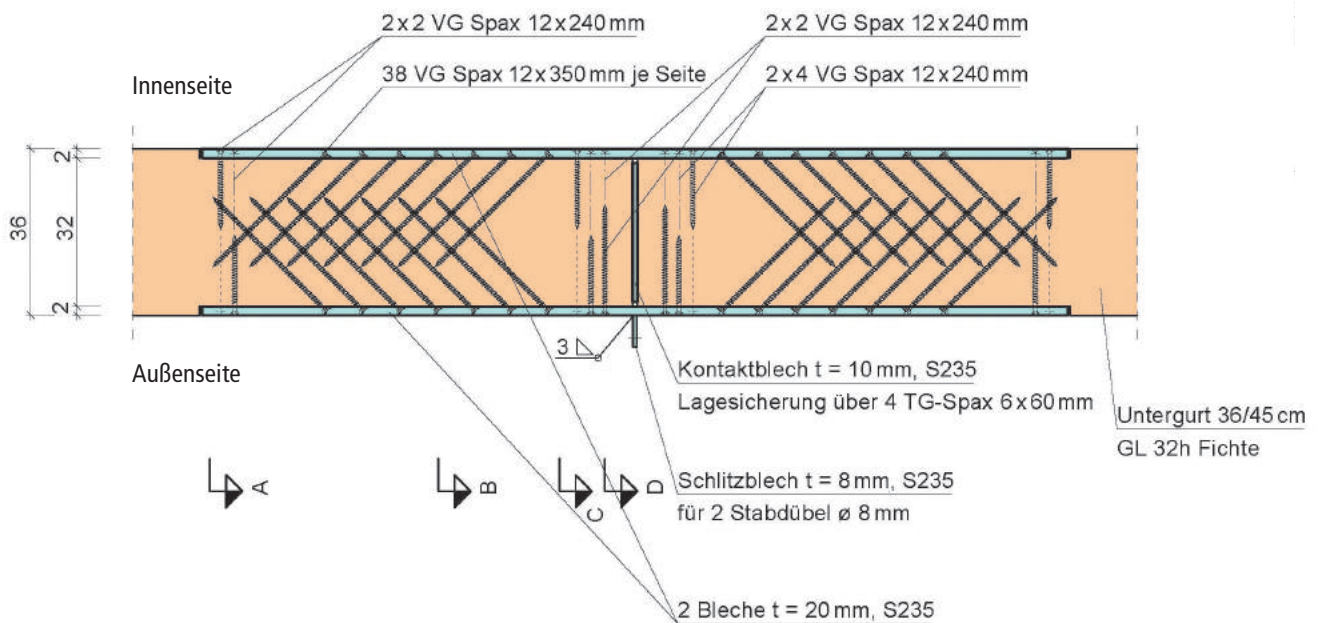
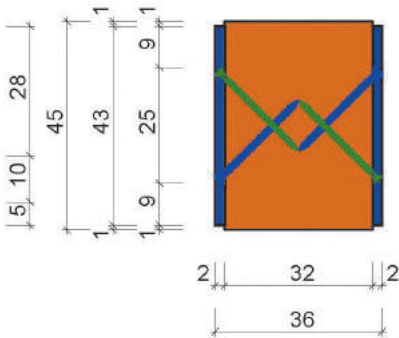


Bild 11: Geplanter Gurtstoß mit außen liegenden Blechen und durchgeschraubten Vollgewindeschrauben

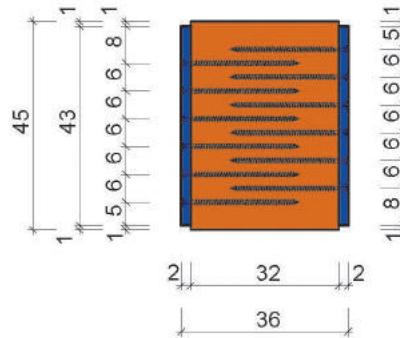
Schnitt A-A

2x2 VG Spax 12x240 mm



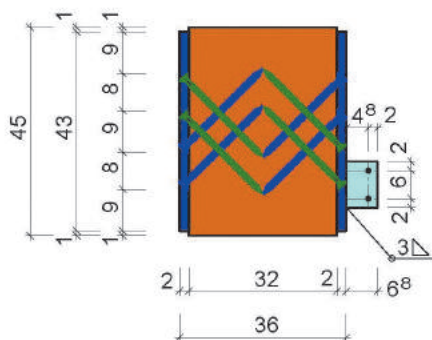
Schnitt B-B

238 VG Spax 12x240 mm je Seite



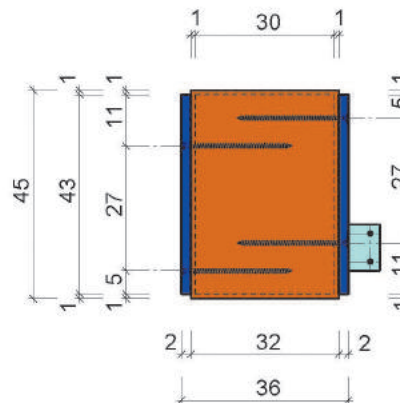
Schnitt C-C

2x4 VG Spax 12x240 mm



Schnitt D-D

2x2 VG Spax 12x240 mm



Einschrauben einer Vollgewindeschraube

Das Einschrauben einer Schraube und somit das einwirkende Drehmoment stellt eine große Beanspruchung für die Schraube dar.

Dabei kann das aufzubringende Drehmoment in zwei Phasen aufgeteilt werden: Zu Beginn wirkt das Einschraubdrehmoment und am Ende das Kopfversenkmoment (wenn der Kopf in das Holzbauteil versenkt wird oder auf das Holz aufliegt) bzw. das Bremsmoment (wenn der Senkkopf auf das vorgesenkte Stahlteil trifft und Reibung erzeugt). Dabei soll das Kopfversenkmoment/Bremsmoment wesentlich größer als das Einschraubdrehmoment sein.

Das Einschraubdrehmoment wird durch Schraubenabmessungen und Holzarten beeinflusst. Das richtige Vorbohren der Holzbauteile über die gesamte Schraubenlänge reduziert das Einschraubdrehmoment wesentlich.

Das Bremsmoment und später die planmäßige Kraftübertragung von der Schraube in die Stahlplatte (und umgekehrt) ist von der richtig vorgesenkten Stahlplatte abhängig.

Passt die Senkung im Stahlteil nicht zum Senkkopfwinkel, entsteht nahezu kein Versenkmoment und die spätere Kraftübertragung findet konzentriert auf einer kleinen Fläche/Linie statt. Das kann Risiken sowohl für die Verschraubung als auch für die Verwendung bergen.

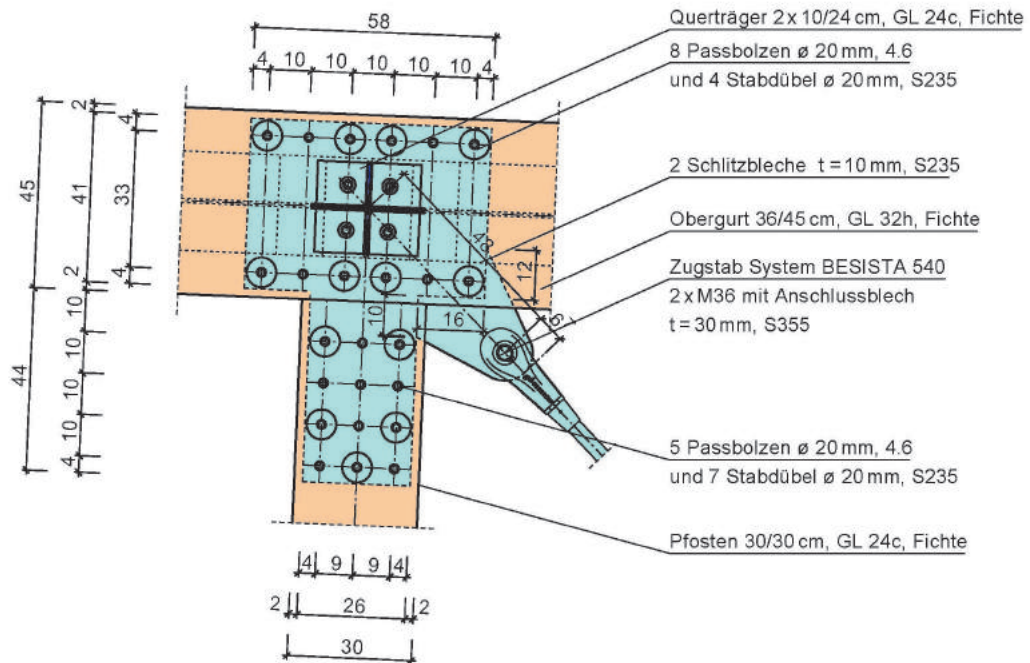
In Vorversuchen wurde die Verbindung auf ein möglichst geringes Einschraubdrehmoment ausgelegt. Mittels eines handgeführten Akkuschaubers mit einem integrierten Drehmoment- und Drehwinkelsensor wurde ein präzises Abschalt Drehmoment voreingestellt. Jeder Schraubvorgang kann anhand von Datentransfer ausgelesen und dokumentiert werden. Letztendlich war es mit diesem Schrauber möglich, über ein definiertes Abschalt Drehmoment alle Schrauben mit dem gleichen Bremsmoment zu verschrauben und somit die gleichmäßige Kopfaufgabe aller Schrauben im Stahlteil zu gewährleisten.

Ein typischer Diagonalenanschluss ist in Bild 12 dargestellt. (Siehe nächste Doppelseite)

Knotenpunkt D 6

Längsschnitt

(Vermaßung Schlitzblech Pfosten/Obergurt)



Draufsicht (Diagonale 2-teilig)

(Vermaßung Querträger-/Diagonalenanschluss)

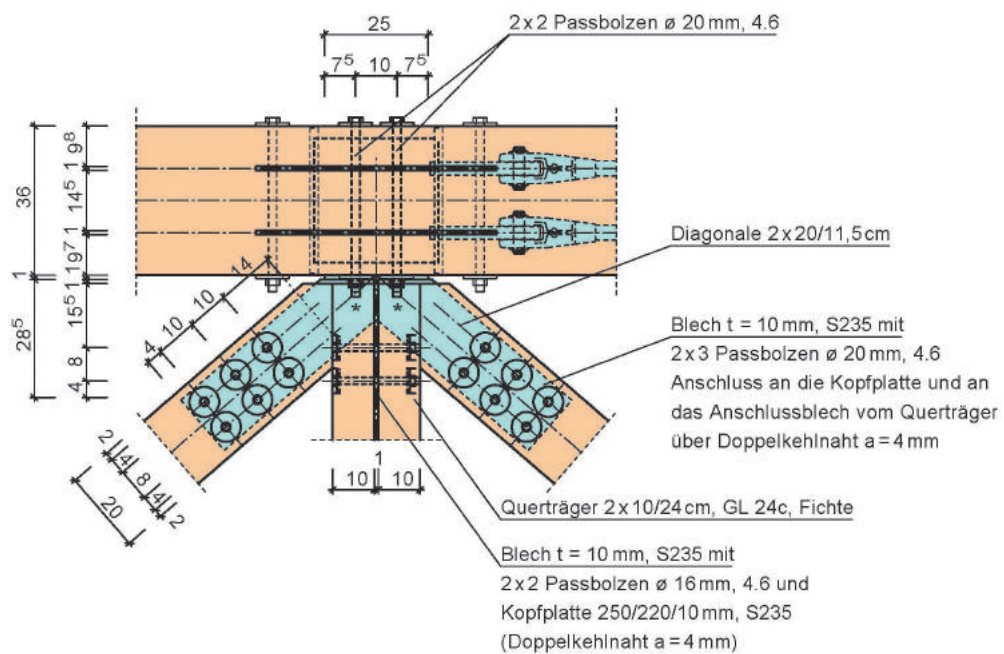
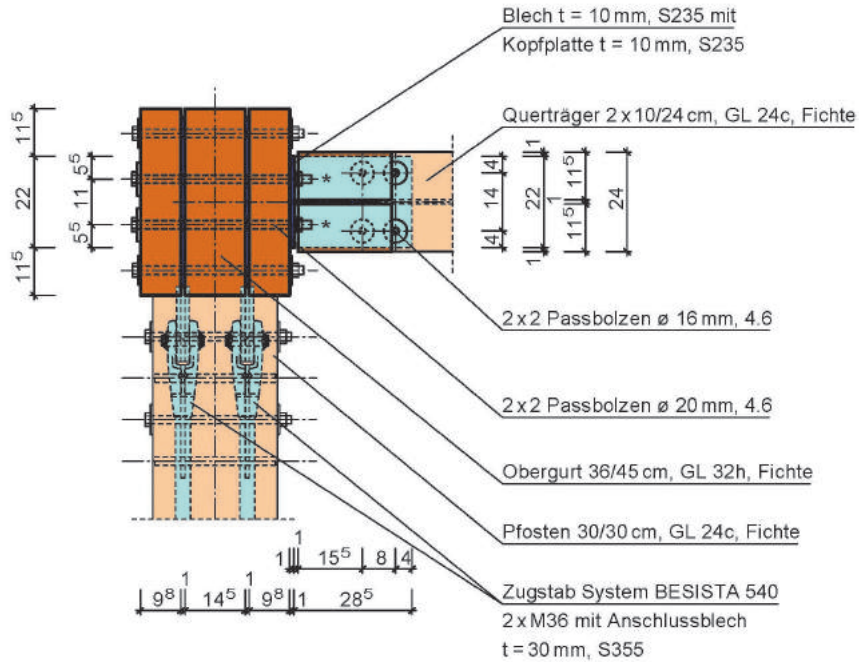


Bild 12: Geplanter Diagonalenanschluss mit eingeschlitzten Blechen und Stabdübeln sowie Passbolzen

Querschnitt

(Vermaßung Querträgeranschluss)



Draufsicht (Diagonale einteilig)

(Vermaßung Querträger-/Diagonalenanschluss)

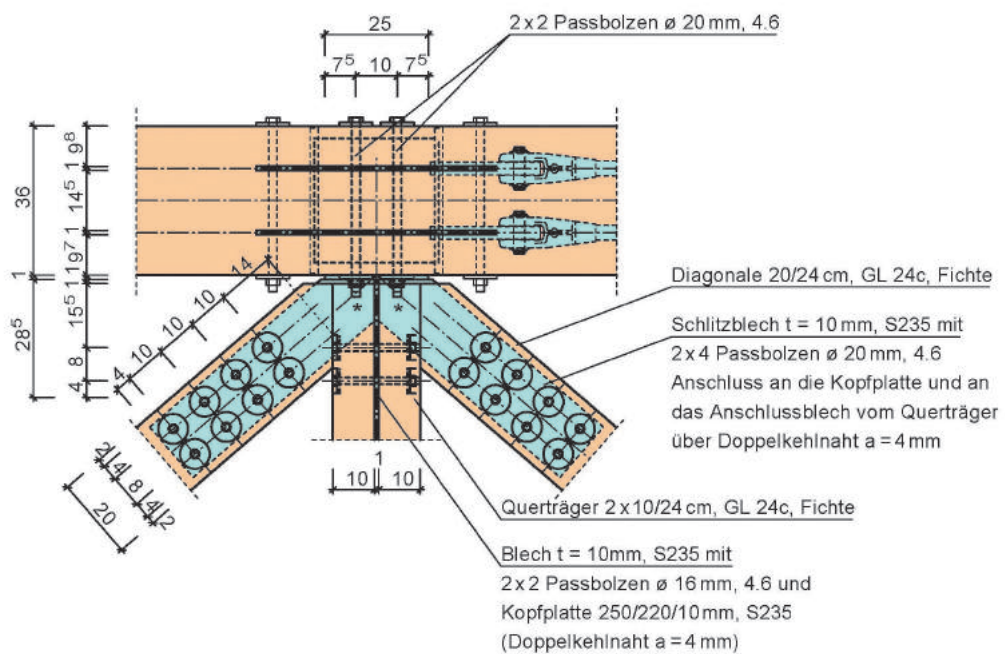




Bild 13: Bereits eingehobener Montageabschnitt 1 über der B317

Montage

Nachdem die einzelnen Elemente vorgefertigt und an den Zielort transportiert waren, musste das Montagekonzept umgesetzt werden. Als erstes wurden 2 Segmente auf einem Montageplatz zusammengesetzt und das Dach aufgebracht. Dieser erste Abschnitt sollte die B317 überdecken und gleichzeitig

bis auf die Übergänge fertig eingebaut werden, um Gerüststellungen zu vermeiden, die eine längere Sperrpause für die viel befahrene Bundesstraße B317 bedeutet hätte. Das Einheben wurde mit einem 500 t-Kran an einem Samstagmorgen vorgenommen. Dieser Bauzustand ist auf Bild 13 zu sehen.

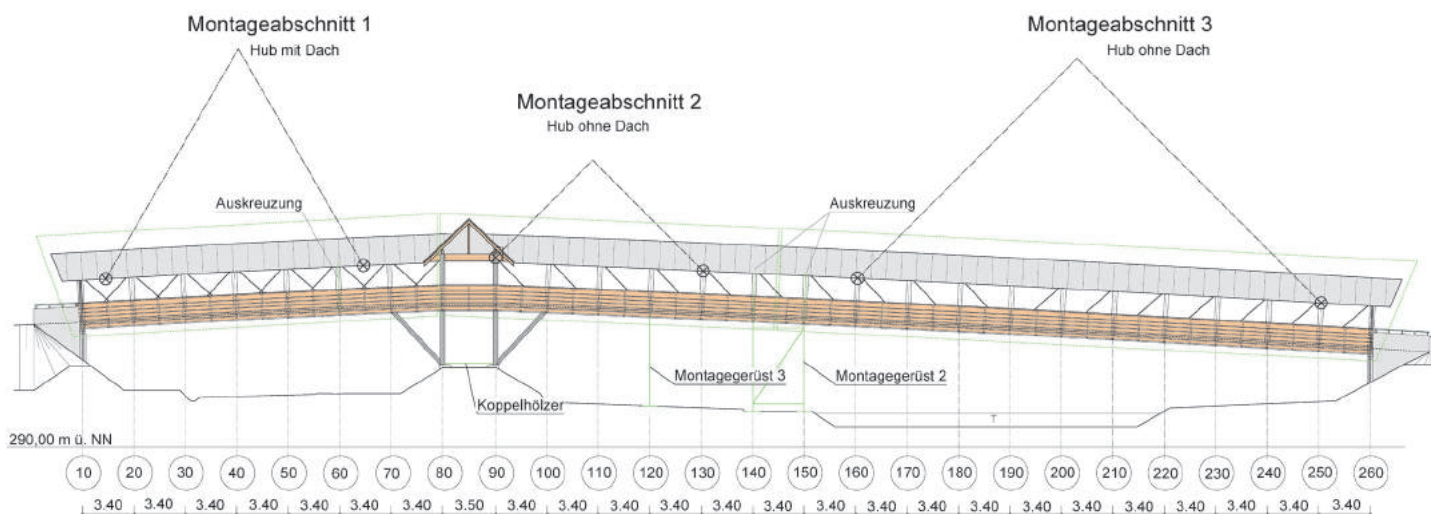


Bild 14: Planung der Montageabschnitte



Bild 15: Blick gegen Achse 80 und 90 als Koppelstelle zwischen Montageabschnitt 1 und 2



Bild 16: Blick gegen das Montagegerüst zwischen Achse 140 und 150 mit Pressenauflegemöglichkeit

Der Montageabschnitt 2 des Überbaus wird auf den Stahlstützen der Achse 90 und einem Montagegerüst zwischen den Achsen 140 und 150 abgelegt, siehe Bild 16. Die Zwischenstützung in Achse 120 wird vorgesehen, um einen zu großen Durchhang des Montageabschnitts 2 zu verhindern, da die eingebauten Diagonalen für den Endzustand ausgelegt sind. Im Montagezustand tragen nicht alle Diagonalen mit, da sie aus der Stabwerksberechnung zur Montage planmäßig

Druckkräfte erhalten, dafür aber nicht ausgelegt werden können.

Am Montagegerüst zwischen den Achsen 140 und 150 besteht die Möglichkeit, die Höhenlage des Überbaus über Pressen fein zu justieren. Das ist erforderlich, um beim Einheben des Montageabschnitts 3 die endgültige Gradienten zu erreichen, um die gewünschte Überhöhung in der Ansicht zu erreichen.

Am Sonntagmorgen wird dann der Montageabschnitt 3 eingehoben, siehe Bild 17.

Der Montageabschnitt 3, bestehend aus drei Segmenten, wird ohne Dachkonstruktion versetzt, da das Gewicht für die reine Holzkonstruktion so schon bei etwa 45 Tonnen liegt. Eine weitere Steigerung des Gewichts wäre gleichbedeutend mit einem größeren Kran gewesen. Dieser hätte allerdings die Baustelle bzw. den Stellplatz nicht erreichen können.



Bild 17: Montageabschnitt 3 beim Einheben

Die auf Bild 17 erkennbare Neigung des Montageabschnitts wurde im Zuge der Montagestatik anhand der Gewichtsverteilung und der Anschlagpunkte errechnet und durch die Länge der Gehänge ermöglicht. Diese Neigung spiegelt den Einbauzustand wider und war notwendig, um die Übergangsbereiche zum Montageabschnitt 2 mit den erforderlichen Tangentenwinkeln zu schaffen.

In Bild 18 sind die Übergangsbereiche mit den Knotenblechen genau zu erkennen. Der Montageabschnitt 3 muss noch abgelassen werden.

Da sich nach dem Verbinden der Obergurte und Ablassen des Montageabschnitts 3 erstmals die Beanspruchung des Endzustandes in den Fachwerkgurten einstellt, sich dadurch auch die Normalkräfte in den Gurten maßgeblich verändern (aus Druck werden Zugkräfte und umgekehrt), musste in der Montagestatik dieser Last- bzw. Lagerungsfall unter Berücksichtigung der Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel erfasst und bewertet werden.

Es war nicht möglich, den Montageabschnitt 3 auf dem Montagegerüst 2 und dem Auflager in Achse 260 aufzulegen und dann die Verbindung zum Montageabschnitt 2 zu bringen. Der dann als Einfeldsystem tragende

Montageabschnitt 3 weist für den Obergurt im Montagezustand Druckkräfte aus, im Endzustand wirken allerdings in großen Bereichen Zugkräfte. Durch die Pressen auf dem Montagegerüst 2 konnte eine höhere Lage simuliert werden. Die Gurte wurden verbunden und dann der Montageabschnitt 3 abgelassen. Durch die Regulierung bzw. das Ablassen der Pressen wurde schließlich der Endzustand erreicht. Die prognostizierte Höhenlage wurde mit einer Genauigkeit von 10 mm erreicht. Nach Aufbringen der restlichen Last aus der Dachkonstruktion und der übrigen noch fehlenden Verschalung wird die exakte Position erreicht.

In Bild 18 sind die beiden Möglichkeiten der Gurtverbindungen gut aufgezeigt. Der Obergurt wird mittels Schlitzblechen, Stabdübeln und Passbolzen verbunden, wie in Bild 9 dargestellt. Der Untergurtstoß wird mit außen liegenden Blechen und Vollgewindeschrauben realisiert, siehe auch Bild 11.

Nach zwei Tagen Montage und diversen Stunden ergänzender Arbeiten für das Aufbringen der noch fehlenden Dachkonstruktion und das Schließen der Geländer, Verschalungen und Bohlenbereiche steht die neue Brücke seit Anfang Juli über der B 317 und dem Fluss.

Projektbeteiligte:

Bauherr

Bundesrepublik Deutschland
Straßenbauverwaltung Baden-Württemberg

Planung

Regierungspräsidium Freiburg
Abt. 4 Straßenwesen und Verkehr
Ref. 43 Ingenieurbau
Dipl.-Ing. (FH) Jonathan Becker
Bissierstraße 7
79114 Freiburg

Prüfingenieur

Dipl.-Ing. Rouven Erhardt
Prüfingenieur für Bautechnik
Irma-Feldweg-Straße 8
75179 Pforzheim

Tragwerks- und Ausführungsplanung

HSW-Ingenieure
Prof. Schiermeyer, Dr.-Ing. Wiesner
Kirchstraße 8
32547 Bad Oeynhausen

Ausführung

Schmees & Lühn
Holz- und Stahlingenieurbau GmbH
Lathener Straße 69
49762 Fresenburg



Bild 18: Übergangsbereich zwischen Montageabschnitt 2 und 3



Prof. Dipl.-Ing. Volker Schiermeyer

Fachhochschule Bielefeld,
Campus Minden



Dipl.-Ing. Michael Lange

HSW-Ingenieure
office@hsw-ingenieure.de
www.hsw-ingenieure.de

SCHMEES & LÜHN
... die ideale Verbindung

Holz- und Stahlingenieurbau

**ÜBER 3000 BRÜCKEN.
EUROPAWEIT.**

Mit dieser Erfahrung planen, konstruieren
und montieren wir Ingenieurbauwerke
aus Holz, Stahl, Aluminium und GFK.



FSC®- und EXC3-zertifiziert

Schmees & Lühn Holz- und Stahlingenieurbau GmbH & Co. KG
Lathener Straße 69 · 49762 Fresenburg · Telefon +49 (5933) 9365-0
office@schmees-luehn.de · www.schmees-luehn.de