

Holz-Beton-Verbundbrücke Chiemgauarena Ruhpolding

Wood-concrete composite bridge for the Chiemgau
Arena in Ruhpolding

Le pont en bois-béton collaborant de l'arène de la
région de Chiem à Ruhpolding

Struttura composita legno-calcestruzzo: ponte
dell'arena di Chiemgau a Ruhpolding

Rainer Bahmer
TiComTec
Haibach, Deutschland



Holz-Beton-Verbundbrücke Chiemgauarena Ruhpolding

1. Einleitung



Abbildung 1: Gesamtansicht

Das Wintersportzentrum „Chiemgau Arena“ in Ruhpolding soll insbesondere für die Biathlon Weltmeisterschaften 2012 in neuem Glanz erstrahlen. Im Zuge dieser Neugestaltungsmaßnahme stellt ein Brückenbauvorhaben einen ingenieurtechnischen Höhepunkt dar. Es wurde die erste Holz-Beton-Verbundbrücke mit dem HBV-System in Deutschland errichtet. Das Brückenbauwerk spannt sich mit einer Überbaubreite von 14,60 Meter, und einer Spannweite von 16,20 m, aufgeteilt in zwei Felder mit jeweils ca. 10,60 m und 5,60 m, über den Eingangsbereich des modernen Wintersportzentrums. Damit die Brücke mit einem Pisten-Bully 600W befahren werden kann, ist sie in die Brückenklasse 9/9 eingestuft. Mit einem Achsabstand von 1,50 m sind insgesamt neun gebogene Brettschichtholzträger verlegt, in die drei bzw. vier Reihen HBV-Schubverbinder Typ 120 eingeklebt wurden. Sie übertragen die zwischen dem Holzträger und der Betonplatte wirkenden Scherkräfte nahezu ohne Schlupf. In dynamischen Versuchen an der MPA Wiesbaden wurden für das HBV-System 10 Millionen Schwingspiele nachgewiesen, das heißt, dass das Verbindungselement auch für Straßenbrücken geeignet ist. Als Schalung wurden zwischen den Hauptträgern Furnierschichtholzplatten mit einer Dicke von 33 mm verlegt und mit einer Schweißbahn vor möglichen Wasserschädigungen im Bauzustand geschützt. Die 20 cm dicke Betonplatte dient als Fahrbahn, Trägerplatte zur Verteilung von Querbelastrungen und als konstruktiver Holzschutz. Damit können die darunter befindlichen Holzbauteile nach DIN 68800 in eine günstige Gebrauchsklasse (standortbedingt GK 1 oder 2) eingestuft werden. Die Ausführung der Stahlbetonplatte erfolgt nach den Richtlinien des DIN Fachberichts 101 „Einwirkungen auf Brücken“ und DIN-Fachberichts 102 „Betonbrücken“. Bedingt durch den großen Achsabstand und die hohen Radlasten entstehen insbesondere am Mittelaufleger große Kräfte, die das Holz quer zur Faser beanspruchen. Große Stahlplatten für entsprechende Auflagerflächen sind erforderlich, wenn die Querkräfte nicht durch eingeklebte Stahlstäbe in das Innere des Holzquerschnittes geleitet werden.

In diesem Beitrag soll die mögliche Vorgehensweise zur Bemessung einer Holz-Beton-Verbundbrücke aufgezeigt werden. Auf die Beträge der zu berücksichtigenden Einwirkungen und den daraus resultierenden Schnittgrößen wird bewusst verzichtet. Bei den Nachweisen ist insbesondere auch auf die länderspezifischen Normen zu achten.

2. Entwurfszeichnungen

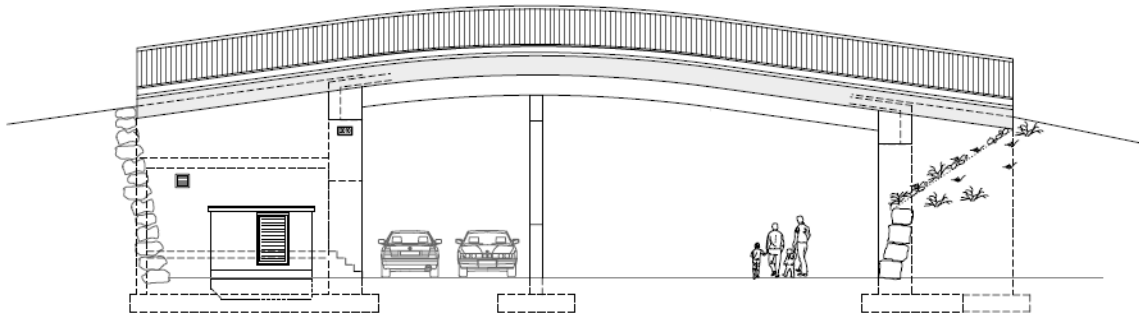


Abbildung 2: Brückenansicht aus Nord-Ost

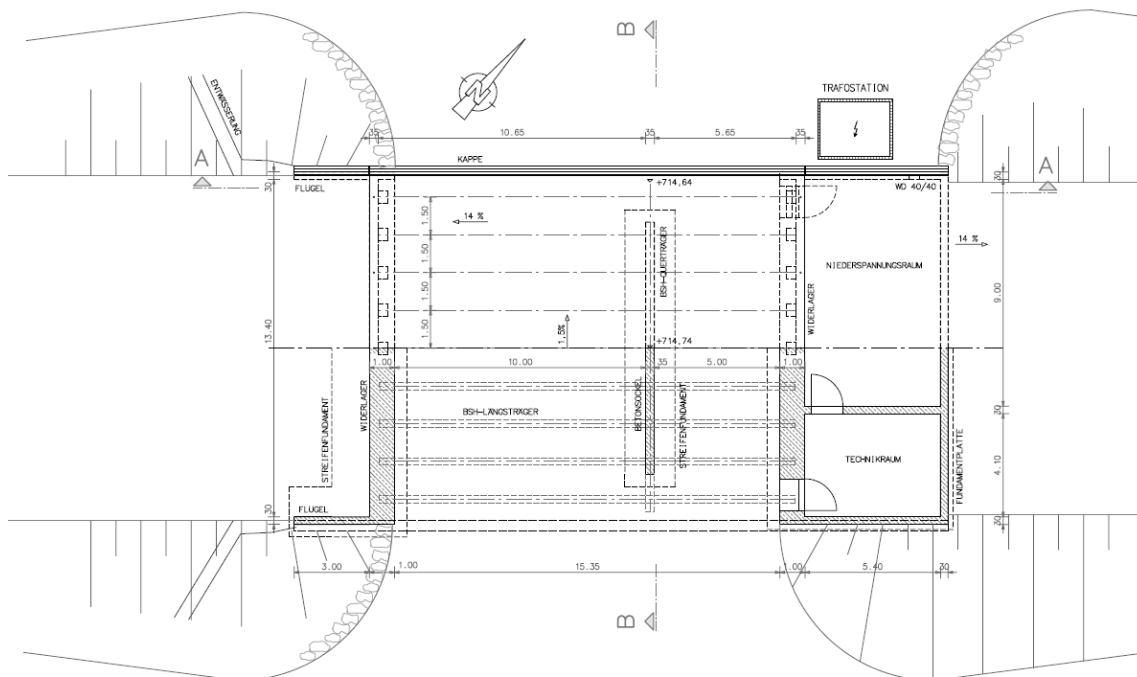


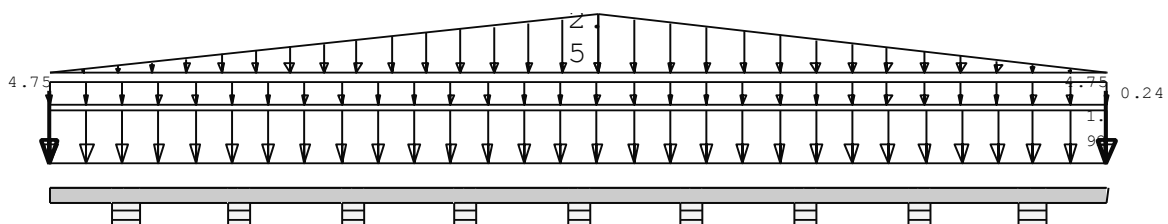
Abbildung 3: Grundriss Draufsicht / Schnitt

3. Statisches System und Einwirkungen

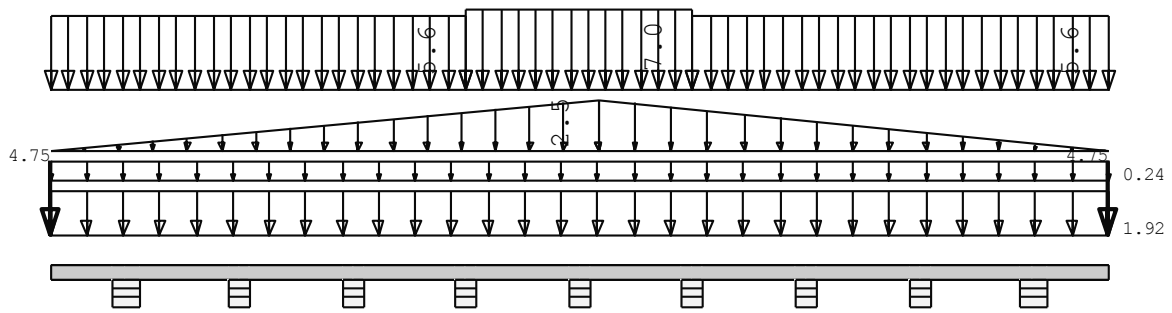
3.1. Einwirkungen – Querträger

In den folgenden Ausführungen werden die untersuchten vertikalen Beanspruchungen aus äußeren Einwirkungen auf das Brückenbauwerk vorgestellt. Es waren sowohl die Lastsituationen im Sommer, als auch im Winter zu untersuchen. Durch die ausreichend dicke Betonscheibe konnte auf den Nachweis der Aussteifung durch horizontale Lasten aus Wind verzichtet werden.

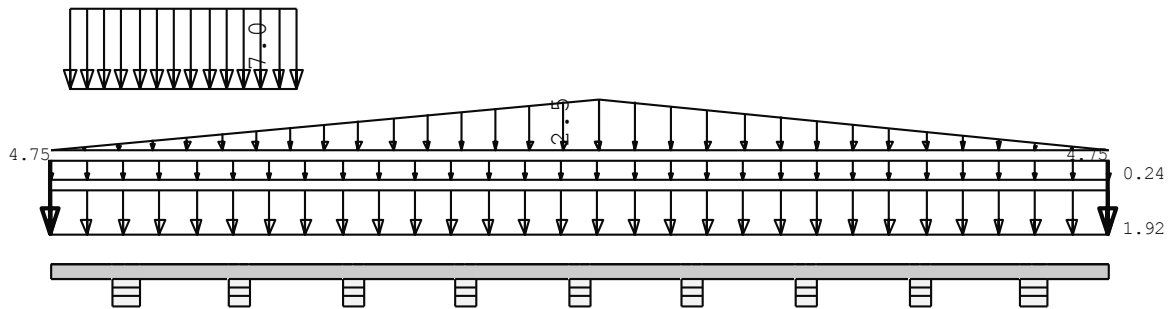
Eigengewicht:



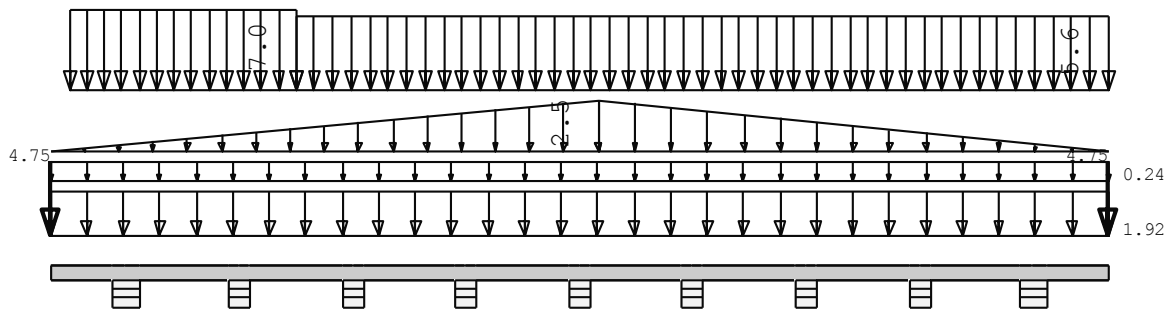
Sommerbetrieb: Fahrzeug mittig der Betonplatte:



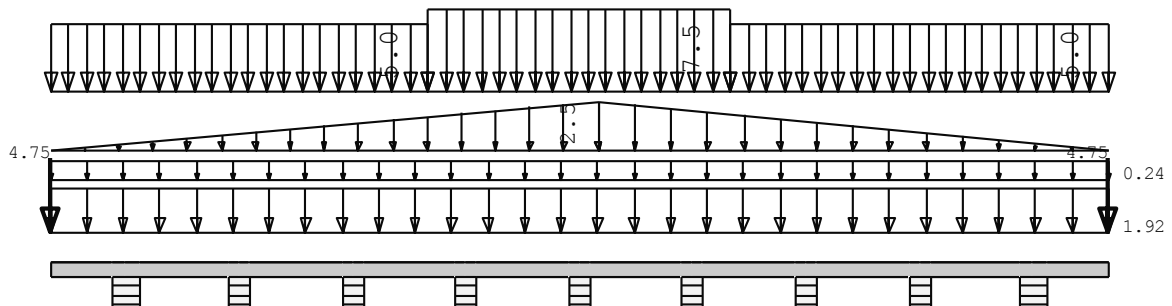
Fahrzeug am Fahrbahnrand in der Mitte des großen Feldes:



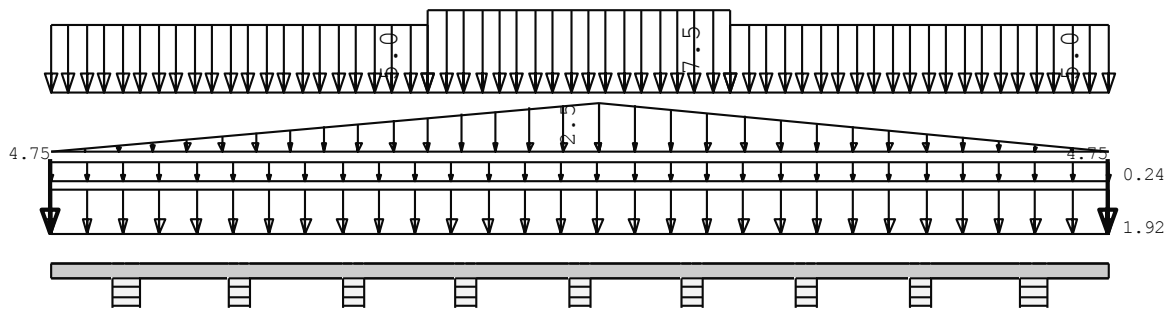
Fahrzeug am Fahrbahnrand am Randaufleger des großen Feldes:



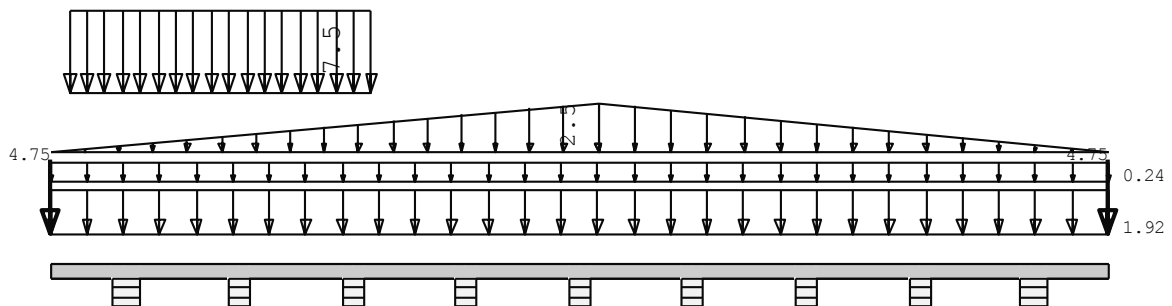
Winterbetrieb: Belastung mittig auf der Betonplatte über den **Auflagern**:



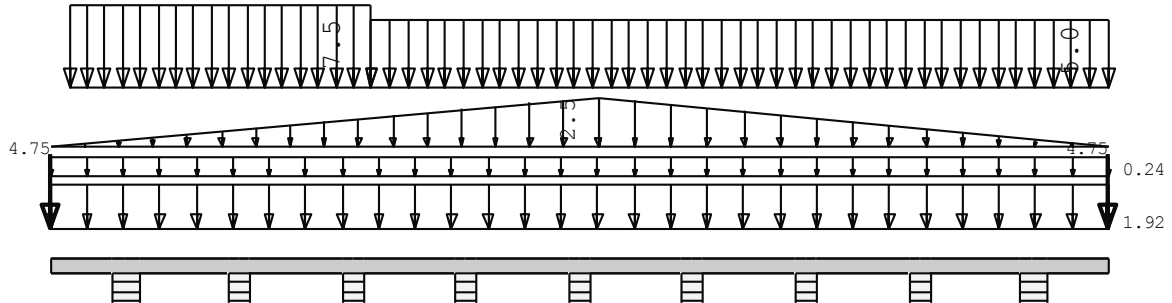
Fahrzeug mittig der Betonplatte in **Feldmitte** des großen Feldes:



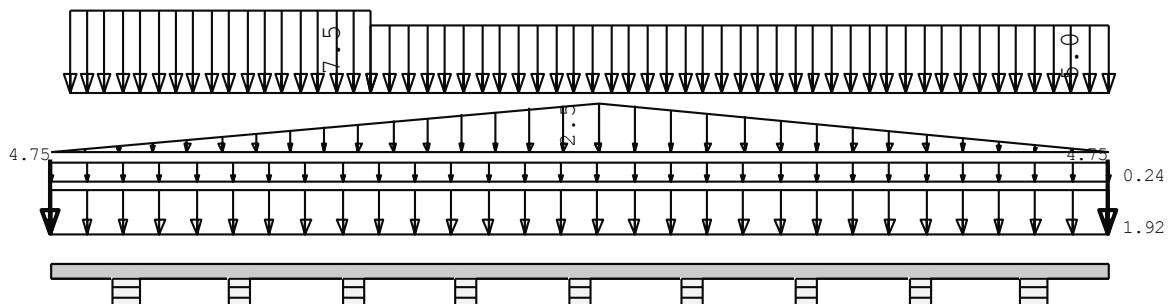
W2 – Fahrzeug am Fahrbahnrand ohne weitere Lasten



W3 – Fahrzeug am Fahrbahnrand mit weiteren Lasten (**Auflager**)



W3-F – Fahrzeug am Fahrbahnrand mit weiteren Lasten (**Feldmitte**)



Vergleichsrechnungen haben gezeigt, dass in der Regel für die Bemessung der Winterbetrieb mit dem Pistenfahrzeug W600 maßgebend wird.

3.2. Einwirkungen – Längsträger

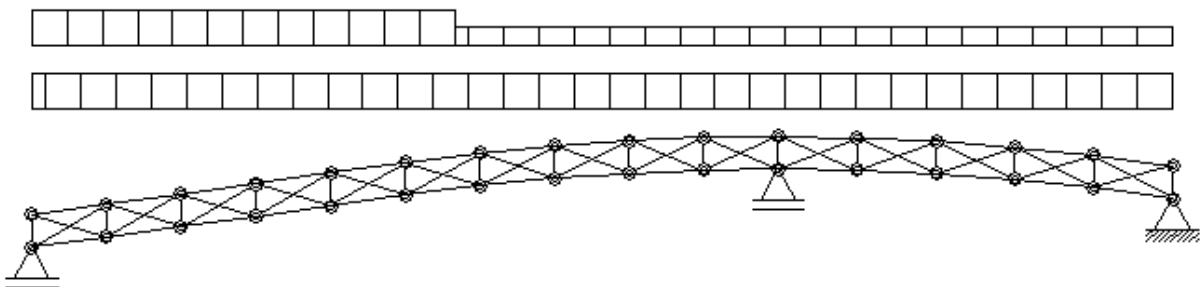
Aus den Betrachtungen der Einwirkungen auf die Betonplatte als Querträger ergibt sich, dass bei den Längsträgern die beiden Randträger und die Mittelträger gesondert zu betrachten sind. Durch die Raupen des Pistenbully können die Einwirkungen aus dessen Eigengewicht als Flächen- bzw. Streckenlasten angesetzt werden.

Für die Ermittlung der Schnittgrößen werden die Einwirkungen aus dem Gewicht des Pistenbully an unterschiedlichen Stellen des Trägers betrachtet.

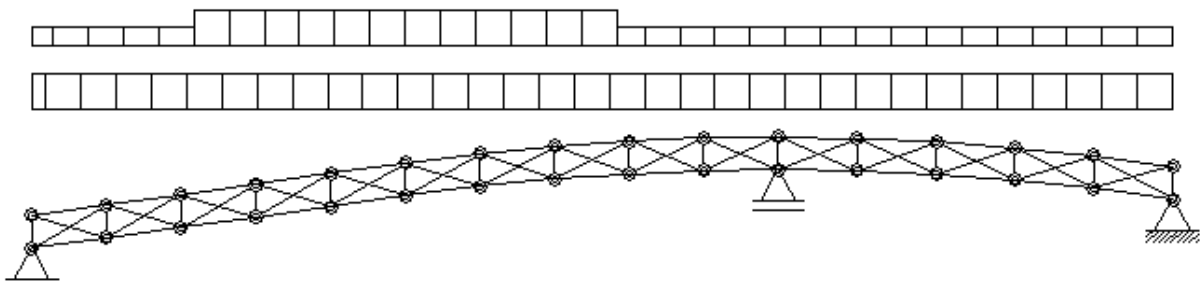
Neben den äußeren Einwirkungen sind besonders bei Verbundbauwerken auch Beanspruchungen aus Temperaturunterschieden und dem Zwang aus dem Schwinden der Fahrbahnplatte zu berücksichtigen. Diese Zustände werden im Folgenden nicht bildlich dargestellt.

Beispiele kritischer Standorte des Pistenbully zeigen die nachfolgenden Bilder:

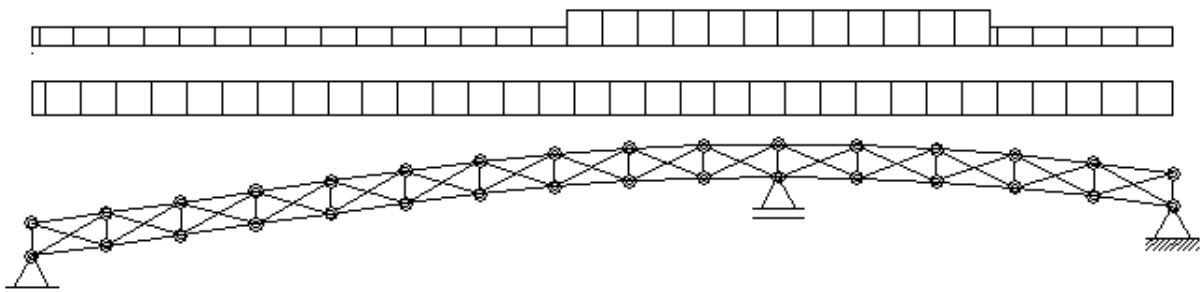
Pistenbully steht rechts neben dem linken Auflager



Pistenbully steht mittig im großen Feld



Pistenbully steht über dem Mittelaufleger



4. Modellierung über ein Fachwerk

Für die Ermittlung der Schnittgrößen können unterschiedliche Modelle angewendet werden. Für die Verbundbrücke in Ruhpolding wurde ein Fachwerk nach folgendem Konzept eingesetzt.

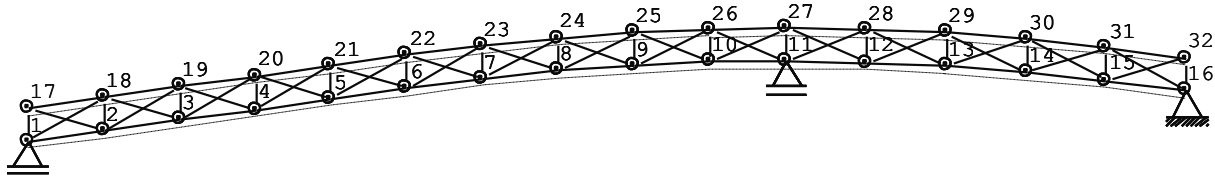


Abbildung 4: Modellierung des Längsträgers als Fachwerk

Auf Grund eingehender Voruntersuchungen wurden die folgenden Materialien gewählt:

- Fahrbahnplatte:
 - Fahrbahnbelag bituminös 3,5 + 4 cm
 - Betonplatte der Festigkeitsklasse C30/37 > 20 cm
- Verbindungselement Beton-Holz:
 - als Verbindungsmittel für die Betonplatte mit dem Brettschichtholz wurden eingeklebte Streckmetalle der Firma TiComTec GmbH gewählt. Für das HBV-System wurde vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) in Berlin eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung unter der Nummer Z-9.1-557 erteilt. Das Verbindungsmittel ist auch für den Einsatz in Mehrfeldträgern zugelassen.
- Holzträger:
 - Randträger GL28c - 32/72 cm
 - Mittelträger GL28c - 26/72 cm
 - Querträger GL32c - 35/92 cm
 - Rahmenstützen GL32c - 35/35 cm

Als Schalungsplatte wurde eine Furnierschichtholzplatte Kerto-S mit $d = 33$ mm auf den BSH-Trägern aufgelegt. Um die von unten sichtbaren Holzbauteile vor dem Betonwasser während dem Betoniervorgang zu schützen ist auf eine sorgfältige Abdichtung der Fugen zu achten.

5. Schubübertragung Betonplatte-Holzträger

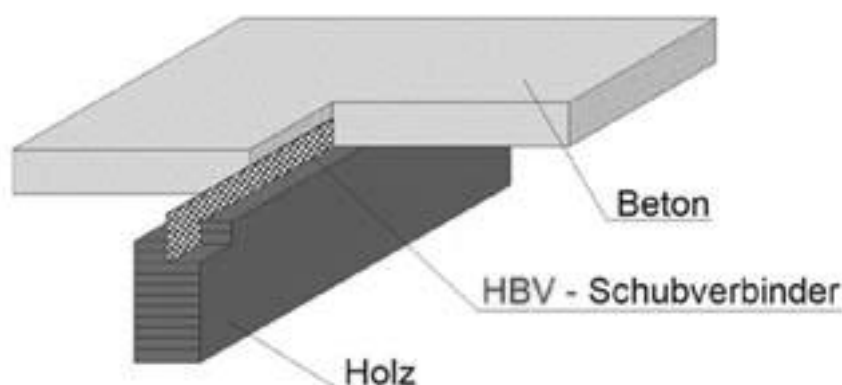


Abbildung 5: Systemskizze eines Holz-Beton-Verbundträgers

Für die Übertragung der Scherkräfte zwischen der Betonplatte und dem Holzträger werden HBV-Schubverbinder eingeklebt. Durch die fachwerkartige Struktur der Metallstreifen können die Diagonalen des Steckmetalls als Zug- und Druckstäbe sowohl im Beton, als auch im Holz beansprucht werden. Durch die Einbindung des flachen Metalls werden die Druckstäbe seitlich gehalten und übernehmen nach dem Abriss der Zugdiagonalen zum

Teil noch deren Kraftanteile. Durch die Fachwerkstruktur der HBV-Schubverbinder können Kräfte sowohl in x-Richtung als auch in y-Richtung optimal übertragen werden. Diese Eigenschaft ermöglicht u.a. den Einsatz in Durchlaufträgern und für Kragarme.

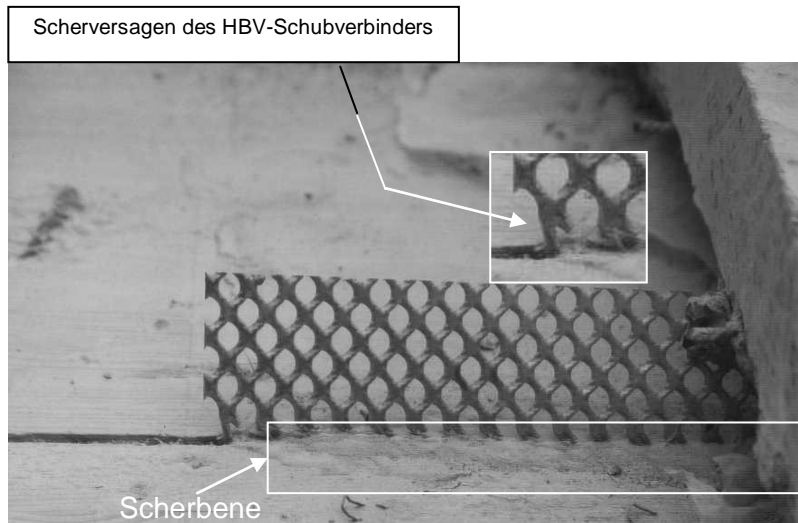


Abbildung 6: Scherversagen des HBV-Schubverbinders

Die Leistungsfähigkeit des HBV-Schubverbinders verdeutlicht auch das Kraft-Verschiebungsdiagramm im Vergleich mit anderen vornehmlich mechanischen Verbindungsmitteln.

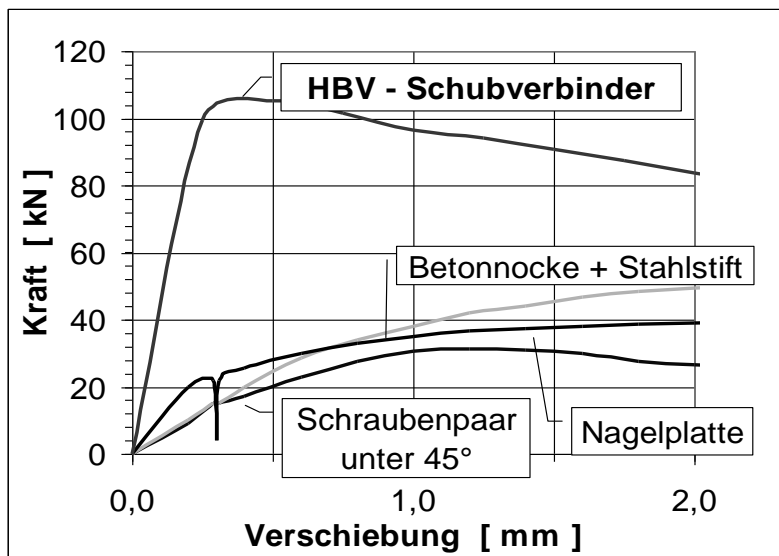


Abbildung 7: Kraft-Verschiebungs-Diagramm unterschiedlicher Verbindungsmittel

Die HBV-Schubverbinder können gestaffelt in die Träger eingeklebt werden. Die beiden Randträger der Brücke werden durch die seitlich auskragende Betonplatte höher beansprucht als die Mittelträger. Für die Randträger waren somit vier Reihen HBV-Schubverbinder erforderlich und in den Mittelträger wurden drei Reihen in gestaffelter Folge, wie unten dargestellt, eingeklebt.

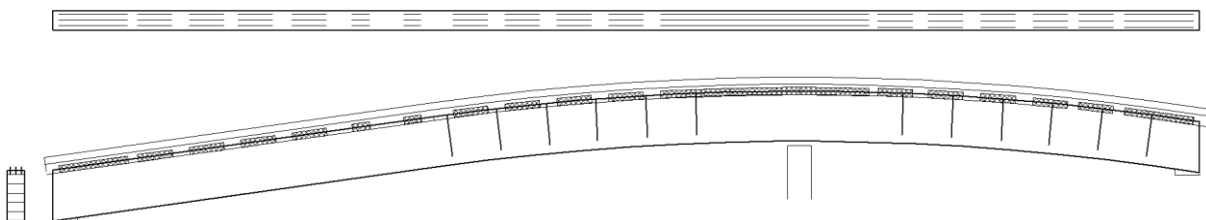


Abbildung 9: Anordnung der HBV-Schubverbinder und konstruktive Querschnittsicherung

6. Auflager

Das linke Brückenaufleger wurde als verschiebliches, das rechte Brückenaufleger als festes Lager ausgebildet. Zwischen den Stahlplatten wurden Brückenlager vom Typ GUMBA-Elastomerlager Typ 1 angeordnet um Zwängungen zu vermeiden und um die horizontalen Verschiebungen zu ermöglichen. Für die Fixierung der Stahlplatte und Übertragung der Horizontalkräfte am rechten Auflager wurden Stabdübel/Passbolzen-Verbindungen verwendet.

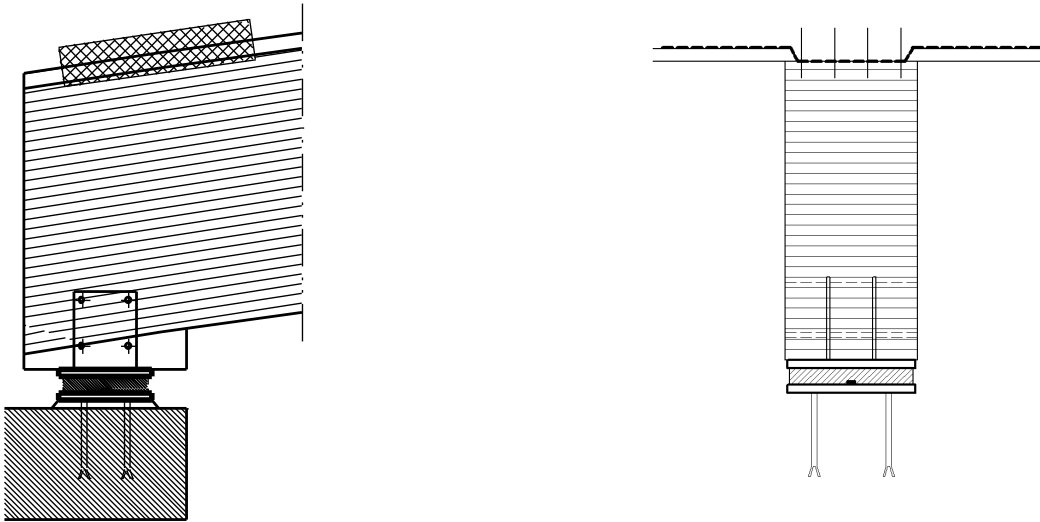


Abbildung 8: Seitenansicht und Schnitt linkes Auflager

Der Querträger als Mittelaufleger hat durch das Eigengewicht des Überbaus, dem Gewicht der Pistenraupe und der Durchlaufwirkung des Zweifeldträgersystems besonders hohe Auflagerkräfte. Für die Kraftübertragung quer zur Faser ist bei einer Vertikalkraft von ca. 600 kN eine Fläche von ca. 2000 cm² erforderlich. Die Druckplatten aus Stahl werden dadurch sehr groß und wirken aus architektonischer Sicht „unförmig“ gegenüber der doch recht schlank wirkenden Holzstruktur.

Die DIN 1052:2008-12 ermöglicht das Einkleben von Stahlstäben und deren Beanspruchung auf Druck und Zug. Durch den Einsatz dieses „Tricks“ können die Auflagerkräfte in das Innere der Holzträger geleitet werden und die Abmessungen der Stahlplatten werden deutlich minimiert. Zum Konstruieren sind dabei die Mindestabstände der aufgeschweißten Stahlstäbe zu beachten.

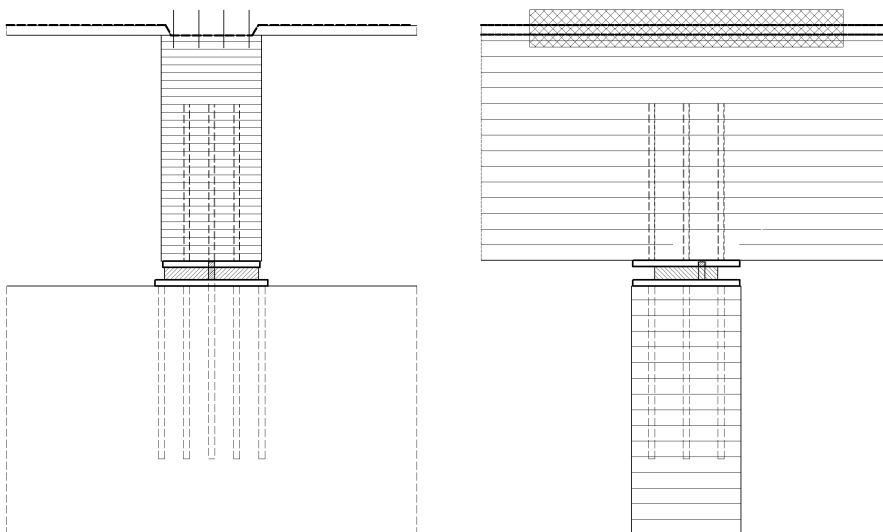


Abbildung 10: Seitenansicht und Schnitt mittleres Auflager

Durch die auskragende Betonplatte und das abgeschrägte Ende des mittleren Unterzuges ist das Hirnholz gut vor Witterungseinflüssen geschützt. Das Bauteil kann somit komplett in die Nutzungsklasse 2 eingeordnet werden.

Durch die eingeklebten Stahlstäbe erhält das Holz eine Art konstruktive Bewehrung die gedanklich mit der Bewehrung im Betonbau vergleichbar ist.

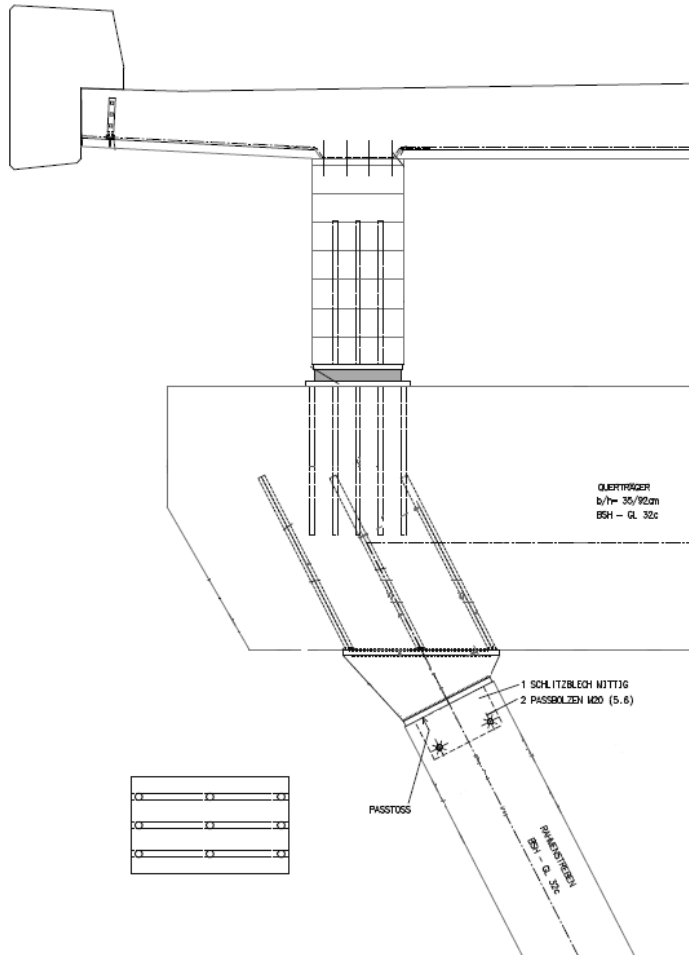


Abbildung 11: Auflagersituation Randlängsträger - Querträger

7. Ausblick

Die HBV-Brücke in der Chiemgauarena in Ruhpolding ist als eine Fuß- und Radwegebrücke mit vornehmlich ruhenden Lasten konzipiert. Das gelegentliche Überfahren mit einer Pistenraupe oder Versorgungsfahrzeugen spielt für die Bemessung keine Rolle.

Ein Großteil der Brückenbauwerke in Deutschland befindet sich im Bereich von Hauptstraßen und Öffentlichen Straßen mit geringem LKW-Anteil. Die Bauwerke sind für eine 40-jährige Nutzung auszulegen.

Verkehrskategorie	N_{obs} je Jahr und je LKW-Fahrstreifen	Gesamtschwingzahl während einer 40jährigen Nutzung
Straßen und Autobahnen mit je zwei oder mehr Fahrstreifen je Fahrtrichtung mit hohem LKW-Anteil	2.000.000	80.000.000
Straßen und Autobahnen mit mittlerem LKW-Anteil	500.000	20.000.000

Hauptstraßen mit geringem LKW-Anteil	125.000	5.000.000
Örtliche Straßen mit geringem LKW-Anteil	50.000	2.000.000

Abbildung 12: Verkehrskategorien nach DIN-Fachbericht 101:2009

Aus den Ergebnissen neuer Forschungen und Entwicklungen kann abgeleitet werden, dass Straßenverkehrsbrücken durchaus in einer Holz-Beton-Verbundbauweise erstellt werden können. Bei Holz-Beton-Verbundbrücken, die als Straßenverkehrsbrücken genutzt werden, ist aufgrund der zyklisch wiederkehrenden Überfahrten der Verkehrsmittel eine Ermüdungsbeanspruchung gegeben. Der Nachweis der Ermüdung ist daher für alle Bestandteile einer Brücke, die durch Ermüdung beansprucht werden, zu führen. Neben den Hauptbauteilen Holz und Stahlbeton ist insbesondere auch für metallische Verbindungsmittel ein solcher Ermüdungsnachweis zu erbringen. Inzwischen liegen Ergebnisse aus experimentellen Untersuchungen zum Ermüdungsverhalten von Verbindungsmitteln vor, die bestätigen, dass das Ermüdungsverhalten von Holz-Beton-Verbundbrücken und im Speziellen das Ermüdungsverhalten der eingesetzten Verbindungsmittel gut bestimmbar ist. Im Einzelnen liegen Erkenntnisse zu den Verbindungsmitteln „Kerbe“, „kreuzweise eingeklebte Stahlstäbe“, „Dübelleiste“ und „eingeklebte Streckmetalle“ vor. Die Erkenntnisse ermöglichen einen abgesicherten Einsatz der Holz-Beton-Verbundbauweise im Brückenbau. Mit der Birkbergbrücke über die Wippra und der Unidobrücke bei Wien konnten inzwischen auch zwei Pilotprojekte ausgeführt werden, bei denen die FuE-Ergebnisse erstmals erfolgreich umgesetzt wurden.

8. Zusammenfassung

Mit der Stadionbrücke in der Chiemgauarena in Ruhpolding konnte erstmals in Deutschland eine Holz-Beton-Verbundbrücke mit dem HBV-System erstellt werden. Alle Holzbau- teile befinden sich in der Nutzungsklasse 2, die Betonplatte übernimmt die Funktion des Daches zum Schutz des Holzes vor direkter Bewitterung.

Die Brücke wurde als Zweifeldträger unter vorwiegend ruhenden Lasten berechnet und ausgeführt. Die relativ hohen Auflagerkräfte im Mittelaufleger der Längsträger wurden durch eingeklebte Stahlstäbe sowohl im Längsträger als auch im Querträger weitergeleitet. Berechnungen und Ausführung haben gezeigt, dass geklebte Verbindungen zu wirtschaftlichen Ergebnissen führen. Ein Vergleich der Anforderungen an Brückenbauwerke in den Verkehrskategorien im DIN-Fachbericht 101:2009 mit neuesten Erkenntnissen aus der Forschung zum Ermüdungsverhalten von Verbindungsmitteln zeigt, dass für Holz-Beton-Verbundbrücken durchaus ein Markt im Brückenbau geschaffen werden kann.

Bildnachweise:

Abbildungen 2+3+11: Bauingenieur-Gemeinschaft Trauntal GmbH, Ruhpolding
Abbildungen 6+7: HolzbauLabor an der Hochschule RheinMain, Wiesbaden

