Postvertriebsstück – Entgelt bezahlt – 16350 ISSN 2509-2847 August 2026 www.reguvis.de

04 2026

Konstruktiver Ingenieurbau



© IB Miebach



Grundbau
Digitale Bauprozesse im Spezialtiefbau in 3D und 4D

Stahlbau
Gemeinsam in eine klimafreundliche Zukunft – Die Transformation der saarländischen Stahlindustrie

Stahlbetonbau
CO_2-Emissionen von Betonbauteilen mit Bewehrungsstäben aus Faserverbundkunststoff (FVK)

Holzbau
Brücke mit Park über Gleisanlage

Aus der Normung
Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben nach DIN EN 1998 (Eurocode 8)

Bauphysik
Klimamonitoring in historischen Kirchen – Teil 3

KI

Reguvis

Holz bau



© IB Miebach

Susanne Jacob-Freitag

Brücke mit Park über Gleisanlage





Bild 1: Der 10 m breite, mehrteilige Brückenkörper überspannt in einer langgezogenen S-Form zwölf Gleise des Hauptbahnhofs von Zwolle. Er liegt auf fünf Stahlportalen auf, die nicht orthogonal, sondern jeweils winklig zur Geh- bzw. Fahrbahn angeordnet sind – abhängig von der Lage der Bahnsteige und den erforderlichen seitlichen Abständen zu den Gleisen. (Foto: Lukas Osterloff – IB Miebach)

Planergemeinschaft entwickelt Lösung für Park auf der Brücke

Planerische und technische Herausforderungen auf einen Nenner gebracht

Konstruktiver Aufbau: Holz und Stahl im Teamwork

Besondere Einflussgrößen aus Entwurf und Nutzung für die Bemessung

Gefertigte Brückenträgerlängen entsprechen nicht den Feldlängen

Vorfertigung, Transport- und präzise Montageplanung als Schlüssel zum Erfolg

Transport und Vorort-Logistik

100 Stunden Montage: Eine logistische Meisterleistung

Treppen als platzsparende Zugänge und Aussteifungselemente

Ergebnis setzt starkes Zeichen

Seit 2025 freut sich die niederländische Stadt Zwolle über eine knapp 130 m lange Fuß- und Radbrücke aus blockverklebten Brettschichtholz-Trägern. Als parkähnliche „Elevated Street" mit Bäumen, Sitzbänken und einem Wasserspiel führt sie über zwölf Gleise des Hauptbahnhofs der Stadt hinweg.

Der Bahnhof in Zwolle ist der zweitgrößte Verkehrsknotenpunkt der Niederlande. Dass er eines Tages von einer weitläufigen Holzbrücke überspannt werden würde (Bild 1), war lange nicht absehbar. Die Idee entstand 2019 aus dem städtebaulichen Wunsch heraus, den Hauptbahnhof mit dem südlich gelegenen, industriell geprägten Stadtgebiet – der sogenannten Spoorzone – zu verbinden. Ein erster Entwurf sah noch eine schlichte, gerade Stahlbrücke vor. Im Rahmen einer vertieften städtebaulichen Analyse wurde jedoch ein weit höherer Anspruch formuliert: Die Brücke sollte nicht nur eine Querung sein, sondern ein Erlebnis – nachhaltig, grün und identitätsstiftend für das Stadtbild.

Die Stadt Zwolle stellte daraufhin ein Planungsteam aus verschiedenen Fachdisziplinen zusammen. Gemeinsam entwickelten die Beteiligten die Vision einer „Elevated Street": Eine Brücke, die sich wie ein erhabener Straßenzug mit üppigem Grün über die Gleise schlängelt. Die Realisierung in Holzbauweise lag nahe – sie entsprach dem Nachhaltigkeitsanspruch und verleiht dem Bauwerk einen unverwechselbaren Charakter.

Planergemeinschaft entwickelt Lösung für Park auf der Brücke

Das Planungsteam aus den leitenden Architekten bzw. Landschaftsarchitekten Karres en Brands aus Hilversum (NL), dem Ingenieurbüro Miebach aus Lohmar sowie dem Büro für urbanes Design IPV Delft (NL) wurde mit Unterstützung des Projektmanagers Wouter Kolijn zusammengestellt und 2020 mit der Planung der Brücke beauftragt. Die Zusammenarbeit erfolgte eng und interdisziplinär – trotz oder gerade wegen der durch die Covid-Pandemie bedingten Einschränkungen, die vermehrt den Einsatz von Virtual Reality und Livevisualisierungen erforderten.

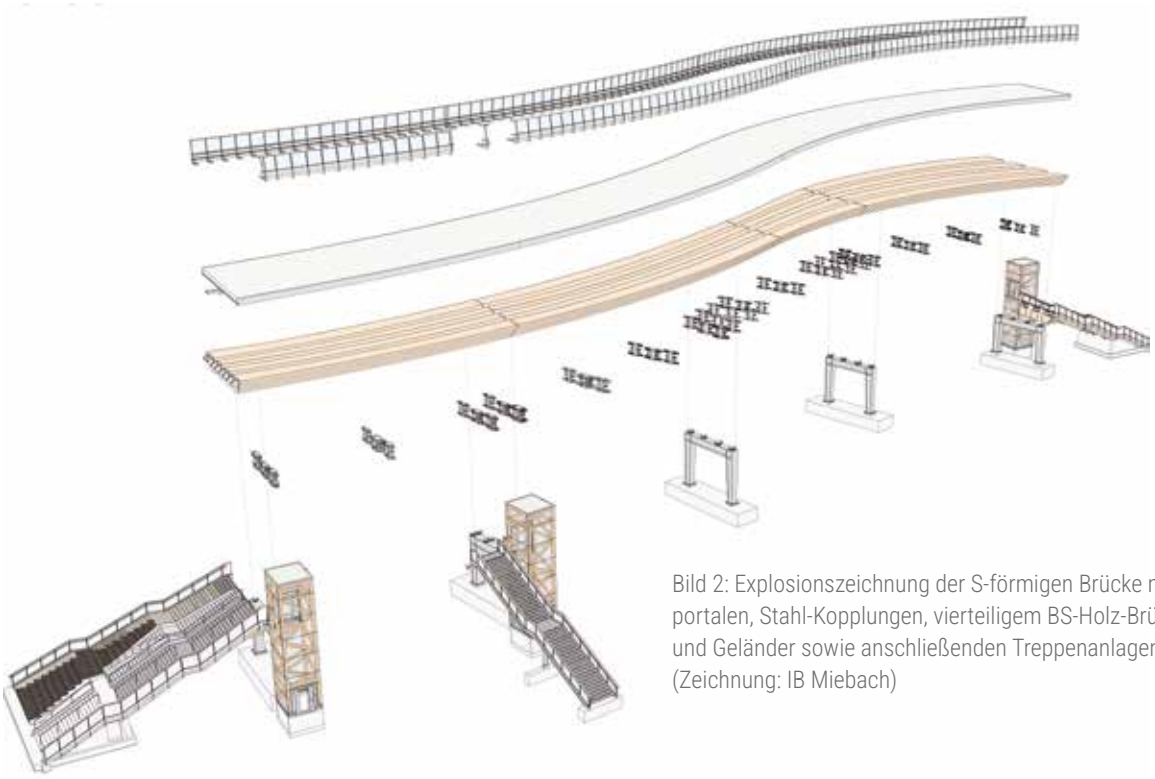


Bild 2: Explosionszeichnung der S-förmigen Brücke mit fünf Auflagerportalen, Stahl-Kopplungen, vierteiligem BS-Holz-Brückenkörper, Gehbahn und Geländer sowie anschließenden Treppenanlagen und Aufzügen. (Zeichnung: IB Miebach)





Bild 3: Links: Die flache S-Form ergab sich aus den städtebaulichen Gegebenheiten, denn die anbindenden Wege auf der Nord- und Südseite liegen nicht in einer Achse. Der S-förmige Verlauf verstärkt zudem den Charakter des Durchquerens eines Parks.
Rechts: Der Park auf der Brücke nach Fertigstellung lädt mit viel Grün zum Flanieren und Verweilen ein. (Foto: Erik Karst)

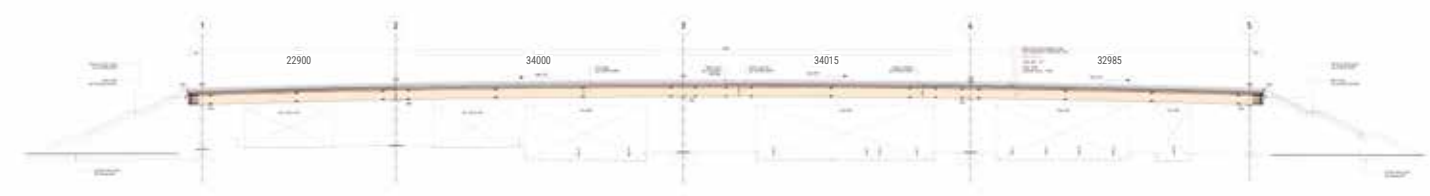


Bild 4: Brücken-Längsschnitt mit vier Feldern der Längen 22,90 m – 34 m – 34 m – 33 m und den Lichtraumprofilen des Bus- und Bahnverkehrs darunter, den die Brücke überspannen muss. (Zeichnung: IB Miebach)

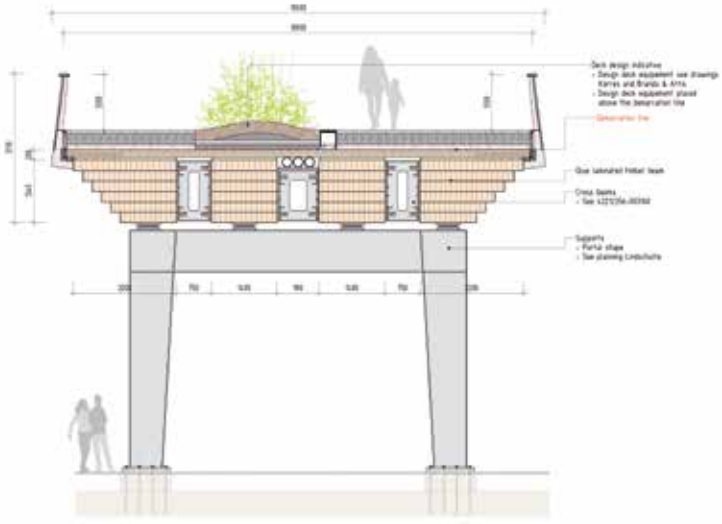


Bild 5: Querschnitt der 10 m breiten Brücke aus vier blockverklebten BS-Holz-Trägern, gekoppelt durch Stahlrahmen, einer 15 cm dicken Brettsperrholz-Platte als Basis für den Gehbahn- und Gründachaufbau sowie den bis zu 7,50 m hohen Auflagerportalen aus Stahl. (Zeichnung: IB Miebach)



Bild 6: Die Brückenuntersicht zeigt den mehrteiligen, leicht gekrümmten Brückenkörper von Feld 1. Die Trägerlängen entsprechen nur in diesem Feld der Feldlänge bzw. dem Abstand der Auflagerportale. Die stählernen Kopplungsrahmen zwischen den Trägern verbinden diese im Abstand von 10 m in Brückenlängsrichtung. (Foto: IB Miebach)

Das Ergebnis: Eine knapp 130 m lange, 10 m breite und bis zu 7,5 m hohe, S-förmig geschwungene Brücke (Bild 2), die über insgesamt zwölf Gleise und den Busbahnhof hinwegführt (Bild 4). Bäume, Sitzstufen mit Holzbelag, Granitelemente mit Bepflanzung und ein ausgeklügeltes Bewässerungssystem mit einer zentralen „Quelle", von der das Wasser nach beiden Seiten verteilt wird, verwandeln die Brücke in einen öffentlichen Park über den Schienen (Bild 3). Insgesamt weist die Konstruktion mit Treppenanlagen eine Gesamtlänge von rund 180 m auf. Die flache S-Form ergab sich nicht nur aus gestalterischen Erwägungen, sondern auch aus den städtebaulichen Gegebenheiten: Da die anbindenden Wege auf der Nord- und Südseite nicht in einer Achse liegen, verbindet der S-förmige Verlauf die direkten Bezüge an den Brückenköpfen. Dadurch entstehen auf der Brücke zudem sehr unterschiedliche Blickbeziehungen, und der Charakter des Durchquerens eines Parks wird verstärkt. Die Radien der S-Form liegen zwischen 95,20 m (innen) und 104,80 m (außen).

Aufgrund der sich während der Planung abzeichnenden hohen Komplexität der Struktur übertrugen die Ingenieure aus Lohmar die Tragwerksplanung des Holzüberbaus parallel zur Realisierung in ein BIM-Modell, das den digitalen Zwilling der Brücke abbildet.

Planerische und technische Herausforderungen auf einen Nenner gebracht

Die Anforderungen an das Projekt waren von Beginn an außergewöhnlich hoch. Neben den gestalterischen und nachhaltigen Zielen galt es, drei zentrale Herausforderungen zu meistern: erstens die Entwicklung eines dauerhaften Abdichtungssystems mit integriertem Feuchtigkeitsmonitoring; zweitens die vollständige Ausführungsplanung inklusive Tragfähigkeitsnachweis; und drittens – als größte Herausforderung – das Montagekonzept. Der Termin für die Gleissperrung war bereits lange im Voraus festgelegt und absolut unverrückbar. Klar war, die Montage der Hauptkonstruktion musste innerhalb von 100 Stunden abgeschlossen sein.

Die Spannweiten von bis zu 34 m und die Forderung nach einer planmäßigen Nutzungsdauer von 100 Jahren in Holzbauweise mit einer Deckstruktur als Gründach stellten die Tragwerksplanung vor anspruchsvolle Aufgaben.

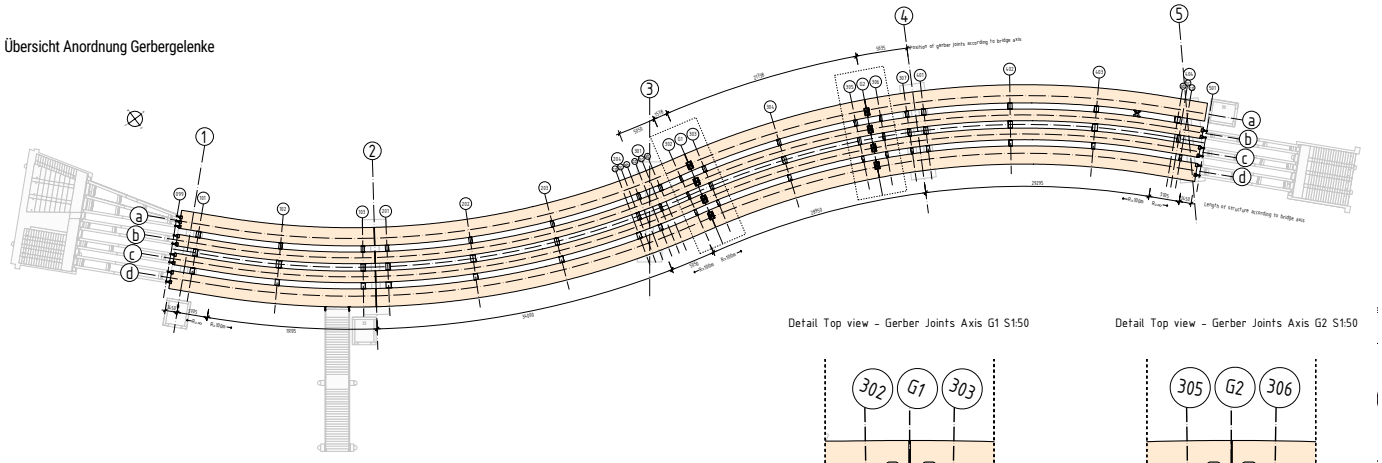
Konstruktiver Aufbau: Holz und Stahl im Teamwork

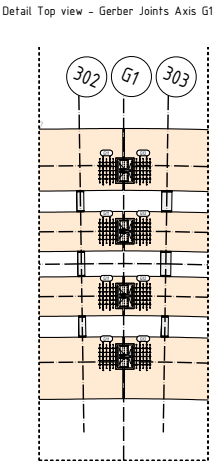
Das Brückentragwerk besteht aus vier nebeneinander liegenden, unterschiedlich gekrümmten, blockverklebten Brettschicht(BS)-Holz-Trägern der Festigkeitsklasse GL 28h. Sie sind über Stahlrahmen miteinander gekoppelt und liegen auf insgesamt fünf geschweißten Stahlportalen auf (Bilder 5 und 6). Die beiden mittleren BS-Holz-Träger haben mit 140 cm x 134 cm (b x h) einen nahezu quadratischen Querschnitt; die beiden äußeren Träger sind zur Außenseite hin abgetreppt und weisen eine Breite von 120 cm (unten) bis 220 cm (oben) auf. Bei den Kopplungsrahmen handelt es sich um circa 67 cm bzw. 82 cm breite und 128 cm bzw. 110 cm hohe kastenförmige Rahmen, die mit bis zu 60 cm langen Schrauben in horizontaler Richtung an den BS-Holz-Trägern montiert und mit bis zu 130 cm langen Schrauben in vertikaler Richtung gegen Querzug gesichert wurden (Bild 7).

Der mehrteilige Brückenkörper überspannt die Stahlportale über vier Felder. Dabei sind diese Auflagerportale weder parallel zueinander angeordnet, noch stehen sie jeweils orthogonal unter der aufgelegten, gekrümmten



Bild 7: Die vier Querschnitte wurden aus fünf 22 cm dicken Brettschichtholz-Lagen sowie einer 24 cm dicken Lage zu 134 cm hohen Brückenträgern blockverklebt. Die Kopplungsrahmen verbinden sie über horizontale Verschraubungen. Die Querzugsicherung erfolgt über senkrechte, querschnittshohe Schrauben. (Zeichnung: IB Miebach)





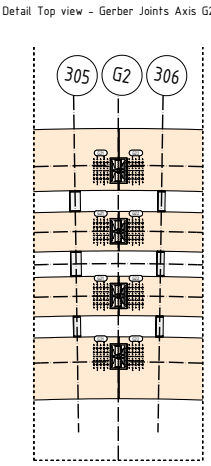
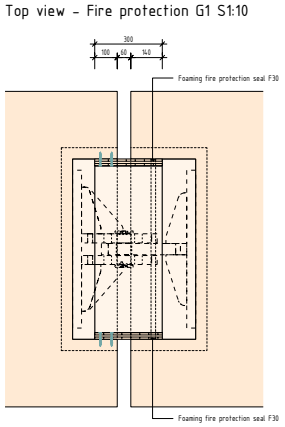
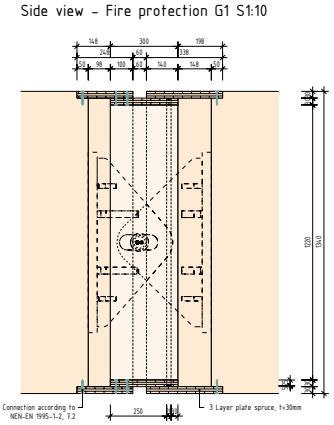
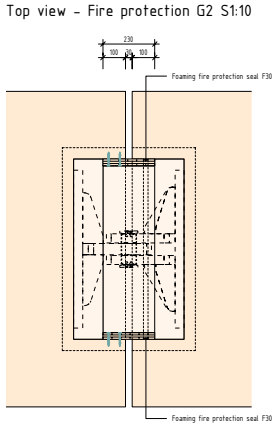


Bild 8:
Oben: Übersicht der Positionierung der Auflagerportale sowie der Lage der Gerbergelenke zwischen Auflager 3 und 4.
Rechts: Anordnung und Ausbildung der Gerbergelenke G1 und G2 in der Aufsicht
Unten: Detail-Schnitt und -Aufsicht







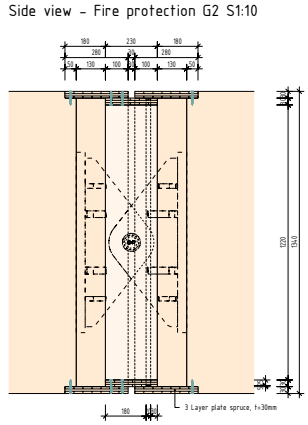




Bild 9: Die Gerbergelenke wurden im Mittelfeld des Durchlaufträgers (in Feld 3) angeordnet, nicht zuletzt auch wegen der Montagegewichte. Denn das Mittelfeld hat den größten Abstand zum Kran, weshalb die am Kranausleger aufgehängten Träger mit zunehmendem Abstand zum Kran weniger Gewicht haben mussten. (Foto: Schmees+Lühn)



Bild 10: Äußerer, 45 Grad abgetreppter BS-Holz-Träger mit in der Stirnseite eingelassenem Stahlanschlussteil des Gerbergelenks. (Foto: IB Miebach)

Geh- bzw. Fahrbahn (Bild 8). Die Anordnung der Stahlportale ergab sich aus zwei Vorgaben: Sie mussten möglichst mittig auf den Bahnsteigen platziert werden, um ausreichend Raum für Reisende zu erhalten; zudem mussten die seitlichen Abstände zu den Bahngleisen so groß wie möglich sein. So stellte die Platzierung in den jeweiligen Winkelhalbierenden zwischen den Gleisen die optimale Lage dar. Dadurch stehen die Portale immer genau mittig in der Bahnsteigachse, aber nicht rechtwinklig zur Bauwerksachse. Das wiederum erforderte eine besonders sorgfältige Konzeption des Tragwerksmodells, das auch die lieferbaren Holzträgerlängen sowie eine günstige Auslastung der Träger durch die Lage der eingeplanten Gerbergelenke zu berücksichtigen hatte.

Gemessen an den zentralen Achspunkten spannen die Auflagerportale Feldlängen auf von 22,90 m, zweimal 34 m und etwa 33 m (Bild 4). Zwischen den Auflagerpunkten 3 und 4, also innerhalb eines 34-m-Feldes sind zwei Gerbergelenke (G1 und G2) angeordnet (Bild 8) – G1 im Abstand von knapp 6,15 m zum Auflager 3, G2 im Abstand von etwa 5,65 m zu Auflager 4, so dass der dazwischen einzuhängende Träger eine (abgewickelte) Länge von rund 21,75 m hat. Die Gelenke sind in den Punkten der Momentennulldurchgänge des statischen Systems in diesem Brückenfeld (Feld 3) angeordnet; damit wurde das Gesamtsystem auch unempfindlicher gegenüber Setzungen der Stützenauflager. Eines der Gelenke ist zudem längsverschieblich ausgeführt, sodass eine statisch bestimmte Lagerung gewährleistet ist. Die Gerbergelenke sind gleichzeitig Montagestöße.

Besondere Einflussgrößen aus Entwurf und Nutzung für die Bemessung

In die Querschnittsbemessung der Träger flossen mehrere Lastszenarien ein: Neben dem hohen Eigengewicht aus den unterschiedlichen Aufbauten aufgrund variierender Substratdicken für die Bepflanzung sowie die der befestigten Wegflächen wurden auch unregelmäßig verteilte Windlasten infolge der Bepflanzung berücksichtigt – jeder Busch und jeder Baum erzeugt eine zusätzliche Momentenbeanspruchung des Brückenüberbaus. In diesem Zusammenhang galt es zudem zu berücksichtigen, dass die durch Fußgänger erzeugten Verkehrslasten zwar vorwiegend auf den Wegflächen auftreten, jedoch auch in den übrigen Bereichen auftreten können. Das erforderte eine feldweise Betrachtung der Verkehrslasten, wie sie für Mehrfeldsysteme grundsätzlich durchgeführt wird. Als Verkehrslast wurden 5 kN/m² angesetzt, hinzukommen Ausbaulasten bis zu 12 kN/m² aus Gründach und Belag.

Aufgrund des hohen Eigengewichts und des hybriden Tragwerks aus BS-Holz-Trägern und Stahl-Kopplungsrahmen, die ein jeweils unterschiedliches Langzeitverhalten aufweisen, musste auch das Kriechverhalten des Holzes berücksichtigt werden. Hinzu kam, dass die Steifigkeit der Gründung mit erheblichen Unsicherheiten verbunden war, weshalb die Tragwerksplaner mit oberen und unteren Grenzwerten der Gründungssteifigkeit gerechnet haben. Ungleichmäßige Setzungen der Fundamente, bei denen die Ingenieure nach Verdrehungen und vertikalen Setzungen unterschieden haben, flossen daher ebenfalls in die Bemessung ein.

Desweiteren galt es, Brandszenarien in die Bemessung einzubeziehen: Die Brücke wurde für den Fall eines Zugbrandes unter der Konstruktion bemessen, was vor allem bei den Stahl-Kopplungen besondere Maßnahmen erforderte. So wurde zum einen eine lokal begrenzte Querschnittsschwächung sowie der Ausfall von Stahl-Kopplungsrahmen über einzelnen Gleisen rechnerisch berücksichtigt. In Bereichen, in denen der Ausfall von Stahlteilen zu einem Versagen der Konstruktion führen könnte, wurden Holzverschalungen zum Schutz der Stahlbauteile eingesetzt (Bild 8).

Wegen des gekrümmten Grundrisses und asymmetrischer Laststellungen, die sich einerseits aus Vertikallasten ergeben wie beispielsweise durch Personen, die außermittig auf der Brücke stehen, oder aus Horizontallasten wie Wind, wird der gesamte Brückenüberbau auf Torsion beansprucht. Damit die Hauptträger diese außermittigen Lasten als Gesamttragwerk aufnehmen können, wurden Stahl-Kopplungsrahmen als Querschotts angeordnet; sie sorgen für die Aktivierung aller vier Träger als Systemquerschnitt und die Lasteinleitung in diesen als Ganzes. Um die Torsionssteifigkeit des Brückenkörpers zu erhöhen und somit ein besseres Verformungsverhalten zu erzielen, wurden die Querschotts im Abstand von etwa 10 m (Bild 6) sowie zusätzlich an Lagern und



Bild 11a: In Brückenmitte ist der Brückenkörper so konzipiert, dass im Zwischenraum zwischen dem mittleren Kopplungsrahmen und der später aufgebrachten BSP-Lage die Leerrohre für die Stromversorgung verlegt werden konnten. (Foto: Schmees+Lühn)



Bild 11b: Von unten nach oben gliedert sich der Querschnittsaufbau wie folgt: Die vier BS-Holz-Träger bilden das Haupttragwerk; auf der Oberseite sind Unterdeckbahn und Lattung angebracht. Auf der Lattung liegen die BSP-Platten. (Foto: Schmees+Lühn)

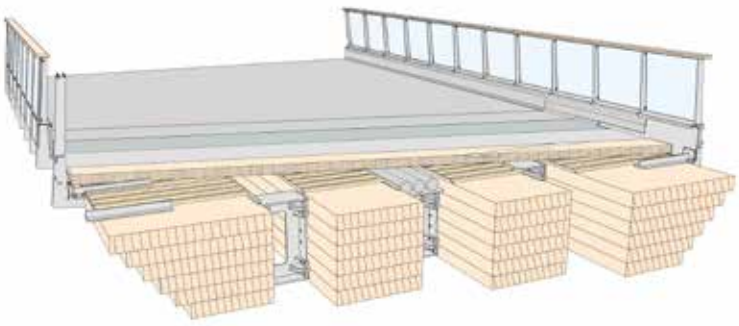


Bild 11c: Auf die BSP-Platten folgt eine erste EPDM-Lage, dann das Monitoring-System, anschließend eine weitere EPDM-Lage. Den Abschluss bilden eine Schutzlage und der gesamte Gründachaufbau. Das Brückengeländer besteht aus einer Stahlkonstruktion mit hölzernem Handlauf aus Accoya-BS-Holz und gläsernen Füllungen (im Bereich der Treppen Edelstahl-Seilnetz), die statisch von oben in die Holzträger verankert ist. Die stählernen Geländerteile wurden bereits im Werk an den Holzträgern montiert. (Zeichnung: IB Miebach)

Gelenken eingefügt (Bild 8). Aufgrund der Torsionsbelastung der Einzelträger mussten zudem die aus dem aufgelösten Torsionsmoment entstehenden Zug- und Druckkräfte sowie die zugehörigen Querkräfte über die Kopplungsrahmen übertragen werden. Um die Querzugbeanspruchung der Hauptträger zu minimieren bzw. die Querkräfte sicher abzutragen, kamen – wie oben schon kurz erwähnt – mittig im Kopplungsrahmen angeordnete, axial belastete Verbindungsmittel zum Einsatz. Die Schraubengruppen oben und unten am Querschott sind über Langlöcher angeschlossen (Bild 7). Langlöcher bzw. übergroße Löcher in den Kopplungsrahmen verhindern Spannungen aus Quell- und Schwindverformungen. Darüber hinaus wird eine Schubkraftübertragung in Längsrichtung der Träger ausgeschlossen. Diese Schubkräfte könnten andernfalls aus horizontalem Lastabtrag entstehen.

Gefertigte Brückenträgerlängen entsprechen nicht den Feldlängen

Fertigungstechnisch „zerfällt" der Brückenkörper in einen 22,90 m langen Einfeldträger für Feld 1, zwei im Grundriss gebogenen Einfeldträgern mit Kragarmen der Längen 6,15 m bzw. 5,65 m und den gebogenen Einhängeträgern mit der oben erwähnten (abgewickelten) Länge von 21,75 m für Feld 3 (Bild 9). Für den aus Feld 2 kommenden „Einfeldträger mit Kragarm" ergibt sich eine (abgewickelte) Länge von rund 40 m (34 m + 6,15 m), für den aus Feld 4 kommenden von knapp 39 m (33 m + 5,65 m). Die Gerbergelenke (Bild 10) wurden im Mittelfeld des Durchlaufträgers (Feld 3) angeordnet, um die Trägerquerschnitte bestmöglich auszunutzen und gleichzeitig die fertigungsfähigen Längen sowie die Montagegewichte zu berücksichtigen – das Mittelfeld hat den größten Abstand zum Kran. Bei der Montage wurde dieses Element zwischen den beiden Gerbergelenken als letztes eingehängt (Bild 9).

Der Anschluss der Gerbergelenke erfolgt über die rund 70 cm hohen Doppelschwerter, die ineinander greifen und über Bolzen gesichert sind (Bild 8); die rückwärtigen Lochbleche der Stahlverbinder greifen dabei etwa 65 cm tief in die BS-Holz-Träger. Hydraulische Pressen dienten dabei dazu, eine Verdrehung der Träger während der Montage bis zur vollständigen Kopplung zwischen Gelenk und Querschotte auszugleichen (Bild 20).

Der Brandschutz der Gelenke wurde durch unter- und oberseitig eingefügte Dreischichtplatten sichergestellt, so dass die Gelenke vollständig von Holz umschlossen sind (Bild 8, unten).

Auf der Tragkonstruktion liegt eine belüftete Belagskonstruktion aus BSP, die ausschließlich zur Aufnahme der Lasten aus dem Gründachaufbau herangezogen wird – ein Austausch ist daher jederzeit möglich. Die zweilagige EPDM-Abdichtung auf der BSP-Lage wird durch ein vollflächiges Monitoringsystem überwacht, das Leckagen innerhalb der Abdichtung erkennt, bevor Schäden an der Primärkonstruktion entstehen können. Im Zwischenraum zwischen dem mittleren Kopplungsrahmen und der BSP-Lage verlaufen zudem die Leerrohre für die Stromversorgung (Bilder 11a, b und c).



Bild 12: Zur werkseitigen Vorfertigung gehörte außer der Montage der Stahlkopplungsrahmen und der Montagestöße an den Trägerstirnseiten auch das Aufbringen der Unterspannbahn und der Lattung. (Foto: IB Miebach)



Bild 13: Die Vorfertigung der gebogenen BS-Holz-Träger erfolgte im Werk von Schaffitzel. Zuerst wurden die gekrümmten BS-Holz-Träger-Lagen hergestellt und mit Klebstoff für die Blockverklebung vorbereitet. (Foto: Schaffitzel Holzindustrie)



Bild 14: Im nächsten Schritt wurden die einzelnen Lagen gestapelt, über eine Spannvorrichtung verpresst und so miteinander zu den benötigten Querschnitten verklebt. (Foto: Schaffitzel Holzindustrie)

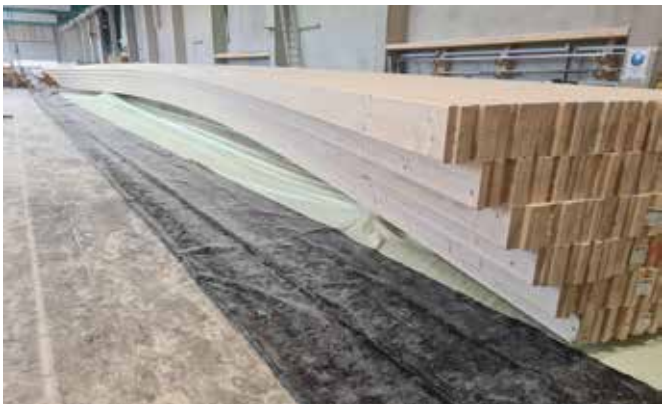


Bild 15: Die Brückenträger mussten überhöht und bereichsweise sogar verdrillt hergestellt werden. Die abgetreppte Geometrie der äußeren Träger ließ sich durch die Blockverklebung mit geringem Verschnitt und ohne aufwändige CNC-Bearbeitung herstellen. (Foto: Schaffitzel Holzindustrie)

Die Brücke ist nach DIN EN 1995-2/NA (Eurocode 5) als geschützte Bauweise einzustufen. Der seitliche Überstand des Belages sowie der nach unter abgestufte, sich verjüngende Querschnitt der äußeren Träger sorgen dabei für einen ausreichenden Schutz gegen Schlagregen. Mit dieser Trägerausformung, die auch bei einem Normregen von 45° (Bild 7) noch ausreichenden Witterungsschutz für die Holzkonstruktion bietet, gehen die Planer sogar deutlich über die normativen Anforderungen hinaus. Einen chemischen Holzschutz benötigen die BS-Holz-Träger daher nicht – und erhielten auch keinen. Verwendet wurde lediglich ein bauzeitlicher Schutz mit UV-Schutzwirkung (Lignopro), um Verschmutzungen während der Bauphase zu vermeiden und die Reinigung zu erleichtern. Auf ein klassisches Holzfeuchtemonitoring wurde bewusst verzichtet, da die Konstruktion bei wirksamen konstruktiven Schutzmaßnahmen ausreichend geschützt ist. Stattdessen wurde der gesamte Dachaufbau mit einem Leckage-Monitoringsystem der Firma ProGeo ausgestattet: Tritt in der Abdichtung des Gründachs ein Leck auf, lässt es sich zentimetergenau detektieren und gezielt beheben.

Vorfertigung, Transport- und präzise Montageplanung als Schlüssel zum Erfolg

Angesichts des engen Montagefensters war eine präzise Werksvorfertigung unabdingbar. Die BS-Holz-Träger wurden in zwei deutschen Werken blockverklebt: Zwölf der insgesamt 16 Träger lieferte Schaffitzel Holzindustrie aus Schwäbisch Hall – für das erfahrene Unternehmen war es die bislang größte Blockverklebung in der Firmengeschichte. Die Träger wurden hier in Sichtqualität, allseitig gehobelt und gefast ohne weiteren Abbund hergestellt (Bilder 12 bis 16). Durch die statische notwendige Überhöhung der Brücke mussten die Träger zweiachsig gekrümmt und bereichsweise auch verdrillt hergestellt werden. In den Niederlanden wird die Verkehrslast bei Brücken in der quasi-ständigen Bemessungssituation über den Nationalen Anhang (NA) zum Eurocode 0 (EC 0) mit einem Wert von Ψ_2 = 0,4 berücksichtigt. Daraus ergibt sich ein höherer erforderlicher Überhöhungswert für die Träger, als es die europäische Norm fordert, um auch unter Berücksichtigung der Kriechverformungen das Lichtraumprofil frei zu halten. Im deutschen NA hingegen sind keine abweichenden Faktoren im Vergleich mit dem Hauptdokument definiert.



Bild 16: Die BS-Holz-Träger des vierteiligen Brückenquerschnitts wurden im Werk probehalber verlegt und alle Bauteilkomponenten überprüft. (Foto: Schaffitzel Holzindustrie)



Bild 17: Der Probelauf auf dem Firmengelände von Schmees & Lühn erwies sich später als unverzichtbar. (Foto: IB Miebach)



Bild 18: Montage eines mittleren Brückenträgers mit vormontierten Kopplungsrahmen ... (Foto: IB Miebach)



Bild 19: ..., damit sich die vier Brückenquerschnitte vor Ort schnell miteinander verbinden lassen. (Foto: Schmees+Lühn)

Auch der Transport stellte eine besondere Herausforderung dar: Dieser musste aufwendig geplant und die Träger mit speziell angefertigten Transportgestellen gestützt werden, um ein Kippen auszuschließen. Ebenso mussten die Anschlagpunkte statisch detailliert untersucht und spezielle Stahlkonstruktionen eigens dafür entwickelt werden.

Vier weitere Träger lieferte das süddeutsche Unternehmen Wiedmann Holzleimbau aus Rheinfelden-Minseln. Der Transport der Träger erfolgte per Tieflader zur Weiterverarbeitung an das Holz- und Stahlingenieurbau-Unternehmen Schmees & Lühn im norddeutschen Niederlangen/Emsland. Dort wurden sie passgenau abgebunden, die stählernen Verbindungsmittel montiert sowie das Brückengeländer befestigt. Auflagerportale und Querträger, Gerbergelenke sowie alle Geländer- und Bekleidungsteile wurden ebenfalls im Werk der Brückenbauspezialisten hergestellt – auch sämtliche Korrosionsschutzarbeiten wurden dort ausgeführt. Möglich war dies durch das 2022 neu errichtete 12.000 m² große Fertigungsgebäude von Schmees & Lühn, in dem Holzbau, Stahlbau und Korrosionsschutz unter einem Dach vereint sind – und Bauteile bis 70 m Länge ohne Zerlegung gefertigt und abtransportiert werden können.

Ein entscheidender Schritt war der vollständige Probeaufbau eines Brückenabschnitts auf dem Werksgelände (Bild 17). Dabei wurden jede Schraube, jede Verbindung und die exakten Lagen der Stützkonstruktionen überprüft. Die erforderliche Fertigungsgenauigkeit lag dabei weit über den normalen normativen Anforderungen: Für die Montage der fast 130 m langen Brücke mussten Toleranzen von wenigen Millimetern eingehalten werden. Der Probeaufbau dauerte rund zwei Wochen, erwies sich aber als unverzichtbare Investition. Ohne diesen wäre die Einhaltung des 100-Stunden-Zeitfensters später vor Ort nach Einschätzung der Ausführenden nicht möglich gewesen.

Für die mittleren Träger wurden die Kopplungsrahmen bereits im Werk vormontiert, um die Montagezeit auf der Baustelle zu minimieren (Bilder 18 und 19). Die Auflagerportale wurden jeweils in einem Stück hergestellt und direkt zur Baustelle transportiert – ein entscheidender Zeitvorteil.





Bild 20: Zwischenabstützungen und hydraulische Pressen stabilisieren das unfertige Primärtragwerk während der Montage. (Fotos: Schmees+Lühn)





Bild 21: Einheben eines äußeren Einfeldträgerteils mit einem der nur auf wenigen Flächen aufstellbaren Kräne (links). Blick auf den Brückenquerschnitt des Endfeldes nach der Montage aller vier Teile des Brückenkörpers (rechts). (Fotos: Schmees+Lühn)



Bild 22: Ein Ende der Montage der Primärkonstruktion ist in Sicht: Ein Träger hängt noch am Kran, der mittlere Einhängeträger fehlt noch. Er kommt zuletzt und schließt die Lücke. (Foto: Schmees+Lühn)



Bild 23: Aus der Luft gut zu erkennen: Hier fehlen noch die beiden äußeren Einhängeträger. Dann ist der vierteilige Brückenkörper fertig. (Foto: Schmees+Lühn)

Transport und Vorort-Logistik

Der Transport der vorgefertigten Bauteile zur Baustelle erfolgte über eine gesamte Woche hinweg: Jede Nacht fuhr ein Schwertransporter von Niederlangen in die Niederlande – insgesamt 16 Tieflader-Transporte, je nach Bauteilgröße drei bis acht Stunden unterwegs.

Die Vorort-Montage der gesamten Brücke bis zur Fertigstellung erstreckte sich über fast vier Wochen. Der Gerüstbau zwischen den aktiven Oberleitungen direkt auf den Bahngleisen musste in weniger als drei Tagen abgeschlossen werden. Für die Brückenmontage selbst wurden zunächst die insgesamt zwölf Stahlportale montiert. Darauf folgte das Primärtragwerk der Brücke (Bilder 18 bis 23), das in den erwähnten 100 Stunden fertiggestellt sein musste. Die Arbeiten liefen in zwei Schichten rund um die Uhr, von 23:00 bis 13:00 des Folgetages. Der Rest der Arbeiten erfolgte im Anschluss nach und nach.

100 Stunden Montage: Eine logistische Meisterleistung

Die Montage des Haupttragwerkes begann am 28. April 2024 um Mitternacht, als der letzte Zug den Bahnhof verlassen hatte und die Stromabschaltung erfolgte. Der Montageplan war das Ergebnis von Monaten intensiver 3D-Planung: Eine Punktwolke des gesamten Bahnhofsbereichs wurde im Vorfeld erstellt, in der jede Oberleitung erfasst war. Ein Mitarbeiter des Teams hatte fünf Wochen lang ausschließlich die Kranpositionen und Montageabläufe modelliert. Zwei Kranmontagetrupps arbeiteten gleichzeitig auf der Nord- und der Südseite; auf der Nordseite kam ein 650-Tonnen-Kran zum Einsatz. Für jeden Träger wurde ein individueller Hebeplan mit eigenen Lastanschlägen und Schwerpunktberechnungen erstellt.

Der Montagefortschritt war beeindruckend: Bereits am ersten Morgen war das erste Element auf der Südseite fertig montiert. 135 Stunden nach dem ersten Träger konnte die letzte Schraube gesetzt werden – ein Ergebnis, das angesichts des enormen Zusatzumfangs (unter anderem 1.000 m² Zeltplane, 200 Glasscheiben, 800 m Geländer und der Rückbau von 2,5 km Oberleitung) als herausragendes Ergebnis gewertet werden kann. Für die eigentliche Tragkonstruktion wurde das 100-Stunden-Zeitfenster eingehalten.

Treppen als platzsparende Zugänge und Aussteifungselemente

Die Brücke wird über drei Treppenanlagen aus Stahl – zwei auf der Südseite, eine auf der Nordseite – sowie drei Aufzüge erschlossen. Die Treppenanlage auf der Altstadtseite (Südende) fächert sich gestalterisch auf: Neben den normalen Stufen sind dort Sitzstufen mit Holzbelag angeordnet. Die Treppe zur Busstation dockt seitlich an die Brücke an. Die Treppen übernehmen dabei nicht nur eine erschließende, sondern auch eine tragende Funktion: Sie bilden die Längsaussteifung des Brückensystems (Bild 2). Der Anschluss erfolgt über Gelenkbolzen, die Kräfte werden über eingeklebte Gewindestangen in die Holzkonstruktion eingeleitet.

Die drei Aufzugsschächte am Nord- und Südende sowie zur Busstation sind nach demselben Prinzip aufgebaut: Auf einem Stahlbetonfundament erhebt sich ein Fachwerkgerüst aus GL-28h- und GL-24c-BS-Hölzern (Stützenquerschnitte 24 cm x 24 cm, Diagonalen 20 cm x 20 cm), in dem eine verglaste Aufzugskabine die Ebenen verbindet. Ein geschlossener Stahlrahmen am oberen Ende und ein Dreiviertelrahmen am Fundamentanschluss sorgen für die notwendige Aussteifung. Die Portale für die Aufzugkabinen sind als Stahlrahmen in einem Holzrahmen des Fachwerkschachts ausgeführt.



Bild 24: Die Treppen erschließen die Brücke nicht nur, sondern sie haben auch eine tragende Funktion: Sie bilden einerseits die Längsaussteifung des Brückensystems, ... (Foto: Mikkel Eye)



Bild 25: ... andererseits halten sie diese auch seitlich. Die Aufzugsschächte stehen als Fachwerkgerüst in verglasten Aufzugskabinen und verbinden die Ebenen. Ein geschlossener Stahlrahmen am oberen Ende und ein Dreiviertelrahmen am Fundamentanschluss sorgen für die notwendige Aussteifung. (Foto: Mikkel Eye)



Bild 26: Die fertige Passerelle in Betrieb: Abendveranstaltung mit Bar und Sitzen im Park über den Gleisen und Blick auf die Stadt. (Foto: Ben en Ann ter Mull)

Das Entwässerungssystem der Brücke – eine offene, farbbeschichtete Rinne auf der Brückenebene – führt das Wasser entlang der Treppenanlagen in einem mittig angelegten grünen Streifen nach unten. Das Regenwasser wird dabei zunächst für die Bewässerung der Pflanzen auf der Brücke genutzt; nur das überschüssige Wasser wird abgeleitet. Damit das Regenwasser zuverlässig zur zentralen Längsentwässerung gelangt, wurden in Querrichtung unterschiedliche Quergefälle zur Brückenmitte hin ausgebildet. Durch den Hochpunkt in Brückenmitte ergibt sich ein Längsgefälle zu den Brückenenden von bis zu 3 %. Im Gründachaufbau selbst sind drainierende Schichten ebenso wie Wasserspeicherelemente verbaut, sodass sich die Bewässerung der Bepflanzung zu Teilen aus der gesammelten Brückenentwässerung speist.

Ergebnis setzt starkes Zeichen

Die Passerelle Zwolle ist mittlerweile fertiggestellt, einschließlich des Parkgeländes auf der Brücke. Der Soll-Ist-Vergleich zeigt eine exzellente Übereinstimmung zwischen dem ursprünglichen Entwurf und der realisierten Konstruktion. Die Brücke steht nicht nur für technische Ingenieurskunst, sondern auch für ein zeitgemäßes Verständnis von Stadtentwicklung: Sie verbindet zwei Stadtteile, schafft öffentlichen Grünraum und setzt ein starkes nachhaltiges Zeichen – in Holz.



Dipl.-Ing. (FH)
Susanne Jacob-Freitag

Redaktionsbüro manuScriptur

info@texte-nach-mass.de
www.texte-nach-mass.de

Bautafel

Bauherrschaft
Gemeente (Kommune) Zwolle, NL

Auftraggeber
ProRail
NL-3511 EP Utrecht
www.prorail.nl

Architektur- und Designplanung
Karres en Brands,
leitende Architekten
(Landschafts- und Stadtplanung)
NL-1223 RB Hilversum
www.karresenbrands.com

IPV Delft
(Architektur und Urbanes Design),
NL-2611 BB Delft
www.ipvdelft.nl

Wouter Kolijn
(Projektmanagement)
NL Pontico

Tragwerksplanung
Ingenieurbüro (IB) Miebach
(Konstruktion, Tragwerks- und Ausführungsplanung Brückenüberbau, BIM-Modell)
53797 Lohmar
www.ib-miebach.de

abt consulting
(Gründung und Betonbau)
NL-6881 NK Velp
www.abt.eu

Attis (Gründachplanung und Wasserkonzept), NL

Breed (Gründung), NL

Lindschulte Ingenieurgesellschaft mbH
(Stahlbau Treppen und Portale)
48529 Nordhorn
www.lindschulte.de

Generalunternehmer
Dura Vermeer Group
NL-3045 AP Rotterdam
www.duravermeer.nl

Holzbau/Stahlbau
Schmees & Lühn GmbH & Co. KG
(Holzbau, Stahlbau, Vorfertigung, Montage)
49779 Niederlangen
www.schmees-luehn.de

Lieferanten BS-Holz-Träger
Schaffitzel Holzindustrie
GmbH + Co. KG,
74523 Schwäbisch Hall
www.schaffitzel.de

Ing. Holzleimbau Wiedmann
GmbH & Co. KG
79618 Rheinfelden-Minseln
www.wiedmann-holzleimbau.de