

Zwei Meilensteine des Holzbrückenbaus überschreiten schon jetzt die Grenzen der neuen Holzbaunorm

Die Stuttgarter Holz-Carbonbeton-Brücke und der Mannheimer Franklin-Steg werfen viele Fragen an die FprEN 1995-2:2025-06-04 und damit an die 3. EC-Generation auf

Mit den integralen Brücken über den Seeblickweg in Stuttgart mit carbonbewehrter Fahrbahnplatte und dem Franklin-Steg in Mannheim – der zurzeit längsten integralen Holzbrücke der Welt – werden hier zwei Brücken vorgestellt, die man getrost als Meilensteine des modernen Holzbrückenbaus bezeichnen kann. Die Ingenieure und Architekten, die sie konzipiert und realisiert haben, und die genauso innovativen ausführenden Firmen haben, aus guten Gründen und mit experimentell dokumentierten Belegen, die Anwendungsgrenzen der neuen Normengeneration für den Holzbau bereits vor deren Veröffentlichung überschritten. Die hier erläuterten ingenieurtechnischen Überlegungen, Abwägungen und Realisierungen, die für die beiden dauerhaft und nachhaltig geplanten Brücken angestellt und vollzogen wurden, gestatten einen Blick auf die unmittelbare Zukunft des modernen Holzbrückenbaus, und sie weisen einen Weg zur konkreten Ausgestaltung des Teils 2 des Eurocode 5. Gleichzeitig fordern sie die ingenieurwissenschaftlichen Praktiker heraus, sich an der Erarbeitung der Nationalen Anhänge und der 3. Eurocode-Generation aktiv zu beteiligen.

1 Einführung

Die finale Entwurfsfassung der europäischen Norm FprEN 1995-2:2025-06-04 für den Bau von Brücken aus Holz behandelt nicht nur die Bemessung und Konstruktion von Brücken aus Holz und Holzwerkstoffen, sondern auch die daran gestellten Anforderungen an Sicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit. Sie setzt, aufbauend auf der aktuellen europäischen Norm für die Grundlagen der Bemessung von Tragwerken und geotechnischen Bauwerken (EN 1990:2023 und EN 1991-2:2023) eine Nutzungsdauer von 100 Jahren für das Material Holz fest, mit detaillierteren Angaben zur Dauerhaftigkeit und zur Holzfeuchte, zur Robustheit sowie, unter anderen, auch zum Holz-Beton-Verbund (HBV). Nachfolgend sollen deshalb zwei Beispiele für einen innovativ-nachhaltigen Holzbrückenbau vorgestellt werden, die durchaus als Meilensteine ihres Genres bezeichnet werden können.

❶ Das erste Beispiel ist die integrale Brücke über den Seeblickweg in Stuttgart mit einer carbonbewehrten Fahrbahnplatte. Der Grund für den Einbau einer Carbonbetonplatte, mit allen Folgen für den baulichen Holzschutz, sowie die eingebauten Monitoringsysteme werden kurz angerissen, wobei auch auf die diesbezüglichen Aussagen in der neuen FprEN 1995-2 Bezug genommen wird. Die Herstellung großer, form-schön CNC-gefräster Holzträger zeigt, was zwischenzeitlich maschinentechnisch möglich ist.

❷ Das zweite Beispiel ist der architektonisch ebenfalls sehr ansprechende Franklin-Steg in Mannheim (auch in integraler Bauweise). Inte-

ressant sind hier der Abbund und der Anschluss der Blockträger-Zwillinge an die massiven Widerlager mit zahlreichen Vollgewindeschrauben und eingeleimten Bewehrungsstäben mit unterschiedlichsten Neigungen. Die neue FprEN 1995-1-1 kennt derartige Anschlüsse nicht. Die Themen Drehmomente für das Einbringen der Vollgewindeschrauben, Korrosionsschutz der Schrauben, baulicher Holzschutz der Träger sowie integrale Übergänge zu den Massivbauteilen werden aufgezeigt. Auch hier wurden Monitoringsysteme gefordert.

Im dritten Teil dieser Abhandlung wird die Einbettung dieser beiden innovativen Holzbrücken in den neuen Eurocode 5-2 innerhalb der neuen Normenreihe Eurocode 5 aufgezeigt.

Einige Abbildungen und Tabellen der Normen FprEN 1995-x zum Formal Vote (Tabellen 1 bis 6 auf den Seiten 56 bis 61) werden hier im englischen Originaltext abgedruckt, da sich in der deutschen Sprachfassung noch einige editorische Änderungen ergeben können.

2 Holz-Carbonbeton-Verbundbrücke Stuttgart

2.1 Einführung

Brückenkonstruktionen in HBV-Bauweise sind nicht neu; sie wurden schon mehrfach hergestellt. Dabei konnten die werkstoffspezifischen Vorteile beider Baustoffe in effektiver Weise den beanspruchten Querschnittsbereichen zugeordnet werden. Die Betondeckschicht in der Druckzone übernimmt hierbei gleichzeitig auch eine schützende Funktion, sodass das Holz in der Zugzone vor direkter Bewitterung abgeschirmt ist.

Die Fuß- und Radwegbrücke über den Seeblickweg zwischen Stuttgart-Neugereut und Stuttgart-Steinhaldenfeld (**Abbildung 1**) wurde als integrales Zweifeldsystem konzipiert, bei dem das volle Potenzial der Konstruktion nicht durch die Anordnung zweier Einfeldträger ausgeschöpft wird, sondern auch durch die Wirkung als eingespannter Durchlaufträger.

Die Fahrbahnplatte wurde mit einer Carbonbewehrung ausgeführt, um auf eine Abdichtung des Bauwerks zu verzichten (vgl. FprEN 1995-2,



Dipl.-Ing. Matthias Gerold

studierte Bauingenieurwesen an der Universität Fridericiana (TH) Karlsruhe (heute KIT) und ist geschäftsführender Gesellschafter der *Harrer Ingenieure* (Karlsruhe), Prüferingenieur für Bautechnik (Massivbau und Holzbau), Prüfsachverständiger des Eisenbahn-

Bundesamtes (EBA) und war ö. b. u. v. Sachverständiger.



Abb. 1: Holz-Carbonbeton-Verbundbrücke in Stuttgart in der Entwurfsphase

6.2.2 (1) [3]: „... timber decks of pedestrian and road traffic bridges subjected to moisture should be protected by a waterproofing system“). Diese Bewehrung wird auch im Bereich des mittleren Auflagers sowie für die Endauflager verwendet, um die hohen Stützmomente aufnehmen und den erhöhten Anforderungen an die zulässigen Rissbreiten der Konstruktion gerecht werden zu können.

2.2 Entwurf

Die harmonisch in die Landschaft integrierte Brücke verläuft mit einem sanften Gefälle über die Straße und folgt der Topographie des Geländes. Radfahrer und Fußgänger werden so sicher über den Gefahrenbereich hinweg geführt. Die lichte Durchfahrtshöhe und die vorgegebenen Gradienten begrenzten die mögliche Höhe des Überbaus.

Die V-förmige Mittelstütze verringert die Spannweite der Hauptfelder. Um den schwebenden Charakter der Brücke (**Abbildung 1, links**) zu betonen, wurde die Mittelstütze (**Abbildung 1, rechts**) sowohl in ihrer Geometrie als auch in ihrem Material (Stahl) vom Überbau abgesetzt und in der Seitenansicht auf ein Minimum reduziert. Die horizontale Linienführung wird durch die reduzierte Ansichtsfläche des Brückengesimses und durch die horizontale Ausrichtung des Geländers verstärkt. Die kantige Formensprache der Mittelstütze wird in den Widerlagern aufgegriffen. Die leicht geschwungene Unterkante des hölzernen Teils des Überbaus veranschaulicht die statischen Anforderungen.

2.3 Tragwerksplanung

Die Ausbildung des Bauwerks als integrale Brücke bedingt eine nachgiebige Gründung in den Widerlagerbereichen, die über die elastische Bettung der Tiefgründungen sichergestellt wird. In den Bereichen der Rahmenecken und in den Stützbereichen der Mittelstütze wird ein reiner Betonquerschnitt ausgeführt (**Abbildung 2**).

Zur Sicherstellung des Verbundes zwischen Holz- und Betonquerschnitt wurden eingeklebte HBV-Schubverbinder („Lochbleche“) verwendet. Seitlich wurde der Holzquerschnitt aufgrund der Erfordernisse zur Vermeidung der Konsequenzen von Schlagregen nach innen geneigt ausgeführt (**Abbildung 3** und insbesondere FprEN 1995-2:2025-06-04, Annex D [3]).

Der aus mehreren Lagen bestehende blockverleimte Holzquerschnitt wurde mittels CNC-Fräse in der Schweiz so bearbeitet, dass sich eine gestalterisch ansprechende und statisch erforderliche Linienführung ergibt. Der Binder wurde so aufgebaut, dass die angeschnittene Faser entlang der Oberseite des Holzträgers verläuft. Da der Beton im Bereich des Holzquerschnitts hauptsächlich überdrückt ist, ist für diese Bereiche der vertikale Feuchtetransport von oben gering, was für die Dauerhaftigkeit des Holzträgers von großer Bedeutung ist. Zur Verifizierung dieser ingenieurmäßigen Überlegungen wurden im oberen Endbereich der Holzträger zusätzliche Holzfeuchtesensoren verbaut.

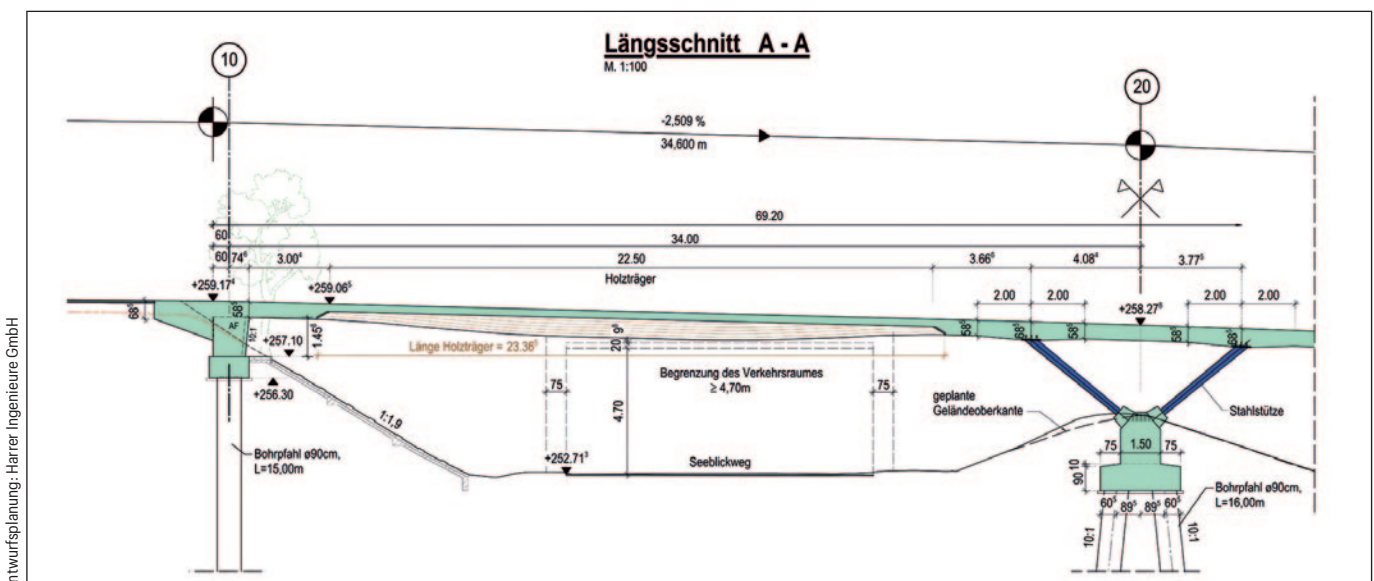


Abb. 2: Längsschnitt durch die Fuß- und Radwegbrücke über den Seeblickweg zwischen Stuttgart-Neugereut und Stuttgart-Steinhaldenfeld

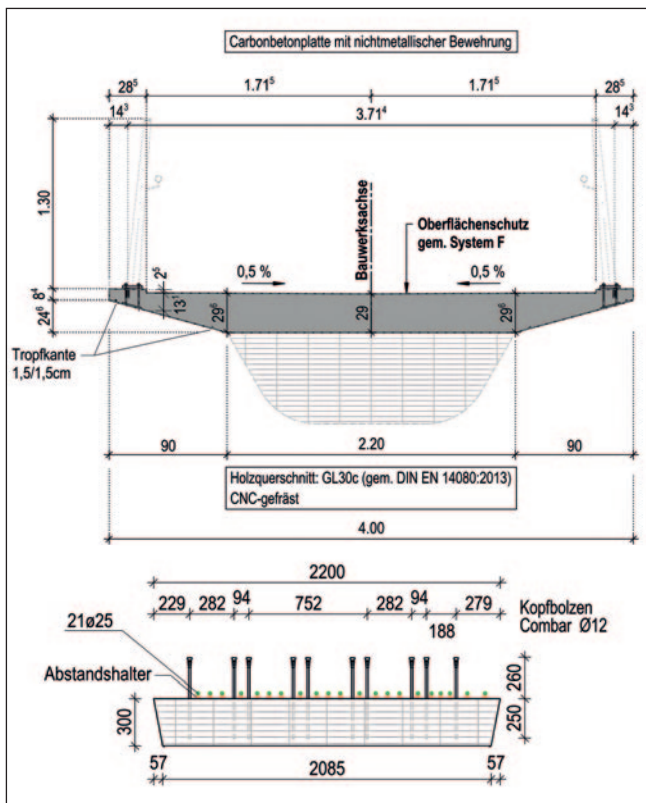


Abb. 3: Regelquerschnitt Feldmitte (links), Trapezquerschnitt an den Enden (rechts)

In den Endbereichen des HBV-Querschnitts wurden die Querkkräfte über eingeklebte Stäbe aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) mit Kopf- ausbildung in die Betonplatte hochgehängt (**Abbildung 4**). Die Bemessung der Hochhängung erfolgte in Abhängigkeit von den Steifigkeiten der Schubverbinder, die planmäßig keine Vertikalkräfte aufnehmen können.

2.4 Material

Zu der carbonbewehrten Fahrbahnplatte und den statischen Aspekten einer integralen HBV-Brücke (enormer Rechenumfang!) wird auf zahlreiche Vorträge und Mitveröffentlichungen von Dipl.-Ing. Timo Krämer verwiesen (zum Beispiel [5]). Die erforderlichen Versuche zu Carbonbeton und zum Einkleben von GFK-Stäben fanden im Wesentlichen an der Universität Dortmund und an der Technischen Hochschule Augsburg statt, da dies normativ noch nicht geregelt ist.

Für den blockverleimten Brett-schichtholzträger wurde Brett-schichtholz (BSH) der Festigkeitsklasse GL30c verwendet. Durch das unterschiedliche Verformungsverhalten von Holz und Beton bei Temperatur- und Feuchteänderungen muss bei der Bemessung besonders auf deren Einfluss geachtet werden, um die entstehenden Zwängungen in der Konstruktion zu erfassen. In Hinblick auf die DIN CEN/TS 19103 (Berechnung von HBV-Bauteilen [4]) wurde zwischen einer ständig wirkenden Einwirkung aus der Differenz von Einbau- und mittlerer Ausgleichsfeuchte und einer mittelfristigen Belastung aus jährlichen Holzfeuchteänderungen unterschieden.

Die Ausgleichsfeuchte wird in der Nutzungsklasse 2 mit zehn bis zwanzig Prozent angegeben, weshalb auch im Sinne einer wirtschaftlichen Produktion die maximal mögliche Einbaufeuchte von fünfzehn Prozent gewählt wurde, um so die entstehende ständige Zwängung zu minimieren. Als jährliche Holzfeuchteänderung wurden im Rechenmodell plus/minus drei Prozent über eine Temperatur-Ersatzlast angesetzt.



Abb. 4: Holzquerschnitt mit Aufhängebewehrung und HBV-Schubverbindern

2.5 Bemessung Holz-Beton-Verbundquerschnitt

In den Feldbereichen der Brücke wurden gekrümmte, blockverleimte Brett-schichtholzträger eingesetzt, die innerhalb der Momenten-Nullpunkte des Zweifeldsystems liegen und im Entwurf als Einfeldträger bemessen wurden. Für die Ermittlung der Schnittgrößen im Holz- beziehungsweise Betonquerschnitt und in den Verbindungsmitteln wurde die Stabwerkmodellierung nach *Rautenstrauch* et al. [6] verwendet. Eine Besonderheit stellt dabei die Modellierung des gekrümmten Holzquerschnitts dar: Die zur Feldmitte hin anwachsenden Querschnitte wurden abschnittsweise über Stäbe mit konstanter Querschnittshöhe erfasst. Um den inneren Hebelarm zwischen Beton- und Holzquerschnitt korrekt abzubilden, wurden die Stäbe vertikal versetzt und biegesteif gekoppelt. Eine gleichmäßige Verformung von Holz- und Betonquerschnitt wurde durch vertikale Pendel- beziehungsweise Fachwerkstäbe zwischen den beiden Teilquerschnitten erzwungen. Der sich dabei verändernde Faseranschnittswinkel wurde per Handrechnung berücksichtigt.

Seinerzeit wurde auch in Masterarbeiten untersucht, den Holzträger im Stützenbereich durchlaufen zu lassen (**Abbildung 5**). Allerdings ließ und lässt die DIN CEN/TS 19103:2022-02 [4] keinen *tension stiffening effect* zu. Im Entwurf des DIN CEN/TS 19103/NA:2024-02 [4] heißt es jetzt:

„Wenn bei statisch unbestimmten Systemen (Mehrfeldträger) der Beton- und Holzträger im negativen Momentenbereich durchlaufen, muss das Reißen des Betons berücksichtigt werden, so dass im Stützbereich nur der Holzträger und die Bewehrung berücksichtigt werden dürfen. Die Länge des gerissenen Bereiches ist rechnerisch mit 20 Prozent der jeweiligen Spannweite anzunehmen. Im gerissenen Bereich darf keine Mitwirkung des Betons (Anm. des Autors: das heißt, keine Tension-stiffening-Effekte) angesetzt werden. Der Traganteil der Bewehrung ist aus der vorhandenen Dehnung der Bewehrung zu bestimmen. Sollte die Bewehrung im plastischen Zustand sein, ist die reduzierte Steifigkeit der Bewehrung infolge Fließens zu berücksichtigen.“

Hinweis: Hier stellt sich noch die Frage, ob durch die durchlaufende Betonplatte und den Druckkontakt im Holz eine Durchlaufwirkung erzielt werden kann, beziehungsweise welche Steifigkeit mit diesem Anschluss und welches Stützmoment damit aktiviert werden können. Die Ergebnisse entsprechender Untersuchungen an der Hochschule Biberach sollen im Herbst 2025 vorliegen.

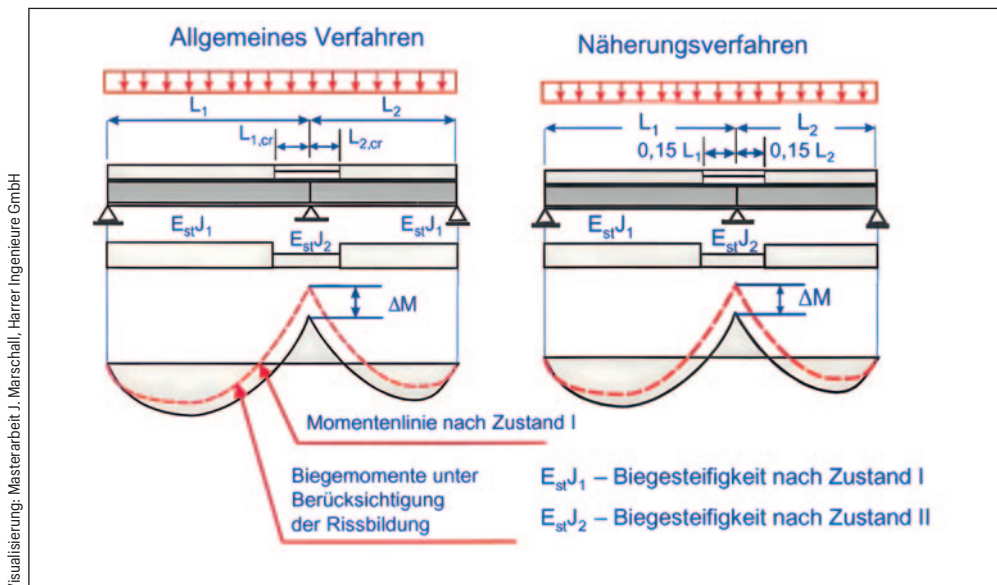


Abb. 5: Modellierung eines durchlaufenden Holzträgers unter Berücksichtigung eines Betonfehlers von mehr als fünfzehn Prozent an den angrenzenden Spannweiten

Gemäß allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (abZ Z-9.1-557) wurde der Schubverbund zwischen Holz und Beton durch eingeklebte HBV-Verbinders hergestellt. Die Verbinders wurden, dem Schubverlauf entsprechend, in Gruppen von 8 bis 26 nebeneinander positionierten Verbindungsmitteln eingeklebt. Das (überschüssige) Epoxidharz wurde zum Schutz des Holzes vor dem Betonanmachwasser auf der Holzoberfläche verstrichen (siehe zum Beispiel Annex D, Figure D.6, Key 2).

In **Abbildung 4** sind die eingeklebten Glasfaserstäbe ebenfalls zu erkennen, die neben der Rückverankerung des Holzträgers in den Beton auch die Funktion der Querkraftaufnahme im Anschnittbereich der Carbonbetonplatte am Widerlager und über dem Mittelaufleger übernehmen.

Da die Konstruktion aufgrund der Boden-Bauwerks-Interaktion und der unterschiedlichen Steifigkeiten der Komponenten einen starken Einfluss auf die Schnittgrößenverteilung hat, wurden für die Bemessung verschiedene Grenzbetrachtungen durchgeführt.

Neben einer variierenden Bettung der Widerlager, die einen großen Einfluss auf die integrale Konstruktion hat, wurden ebenso die Parameter der Steifigkeit der Verbundkomponenten untersucht. Zum einen wurde mit einem Beton im ungerissenen Zustand mit vollem E-Modul gerechnet, der maßgebend wird für die Bemessung des Betonquerschnitts über dem Mittelaufleger; zum anderen wurde von einem gerissenen Beton und einer Momentenumlagerung in die Felder und somit einer erhöhten Beanspruchung der Holzquerschnitte ausgegangen.

Um dem rheologisch unterschiedlichen Verhalten der Baustoffe Holz und Beton gerecht zu werden, wurden entsprechend der CEN/TS 19103 auch Untersuchungen für den Zeitraum von drei bis sieben Jahren durchgeführt. In dieser Zeitspanne kriecht der Beton schneller als das Holz. Dies führt zu einer Umlagerung der Kräfte ins Holz. Da nach diesen drei bis sieben Jahren das Betonkriechen wieder abnimmt, wird dieser Zeitraum für den Holzquerschnitt maßgebend (siehe [8]).

2.6 Monitoring

Es wurden zwei faseroptische Messstränge über die gesamte Brückenlänge eingebaut. Aufgrund der hohen Genauigkeit des Messverfahrens erlauben die Messergebnisse dezidierte Rückschlüsse auf das tatsächliche Rissverhalten an den entsprechenden Carbonmatten. Infolge der inzwischen wirtschaftlichen Verfügbarkeit stellt die faseroptische Mes-

sung eine für das Baugewerbe noch nicht ausgeschöpfte Methode des *building learning* dar, um unsere Bauwerke besser verstehen und damit effizienter und dauerhafter bauen und betreiben zu können.

Durch das eingebaute Temperaturmonitoring und die Feuchtigkeitssensoren können die im Carbonbetonbau noch ungeklärten Fragen beantwortet werden.

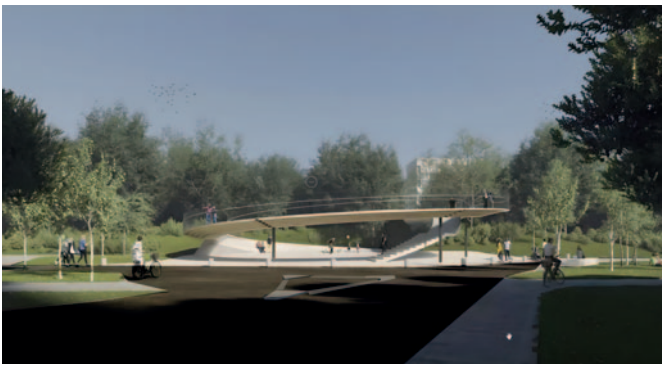
Sollte Feuchtigkeit durch den Beton bis auf die Holzträger hindurch diffundieren, wäre die Dauerhaftigkeit des Holzträgers gegebenenfalls eingeschränkt. Um die Option eines proaktiven Gegensteuerns garantieren zu können, wurden an der oberen Lamelle des Holzträgers Materialfeuchtesensoren eingebaut.

3 Franklin-Steg Mannheim

3.1 Einführung

Der neue Franklin-Steg, eine Fuß- und Radwegverbindung über die B38 (**Abbildung 6**), ist ein Schlüsselstein des Konversionsprojektes Franklin- beziehungsweise Columbus-Areal und wesentlicher Katalysator einer angestrebten Quartiersvernetzung. Das Brücken- und Rampenbauwerk ist ein von dem Ingenieurbüro für Tragwerks- und Fassadenplanung *knippershelbig* (Stuttgart, Berlin, New York) und dem Architekturbüro DKFS (London) entwickeltes nachhaltiges Beispiel für Ingenieurbaukunst, das nach eigenen Angaben „Aspekte der Tragwerks- und Fertigungslogik aufgreift und verknüpft – ein elegantes Brückensystem mit angestrebt hoher Nutzungsqualität, konsequent auf Nachhaltigkeits- und Dauerhaftigkeitsaspekte ausgelegt, das den einzigen nachwachsenden Brückenbauwerkstoff für das Haupttragwerk nutzt“.

Aufgrund der Topografie wurde die mittlere Steigung der 180-Grad-Spindel (Helix) mit fünf Prozent in der Gradienten des Rampenbauwerks als Planungsgrundlage festgelegt. Das Leitsystem und der Handlauf weisen an der äußeren Helix eine Steigung von circa 4,7 Prozent auf. Für die innere Helix ergibt sich, geometrisch bedingt, eine Steigung von ungefähr 5,9 Prozent bei einer lichten Gesamtbreite von 3,5 Metern. Die zusätzliche Treppe trennt die Verkehrsströme der Fußgänger und Radfahrer. Obwohl die normativen Anforderungen nicht umfänglich eingehalten werden, wurde versucht, die Schutzziele der DIN durch Einbau von Zwischenpodesten nach circa 11 Metern mit nur drei Prozent Steigung zu verbessern.



Visualisierung: knippershelig GmbH & DKFS Architects LTD

Abb. 6: Visualisierung des Franklin-Stegs mit Hauptspann über die B38 (rechts) mit Spindel/Helix (Rampe links)

Auf der Hauptspannweite des Brückenbaus (dem sogenannten Hauptspann) über die B38 wird eine Steigung zwischen null und drei Prozent erreicht.

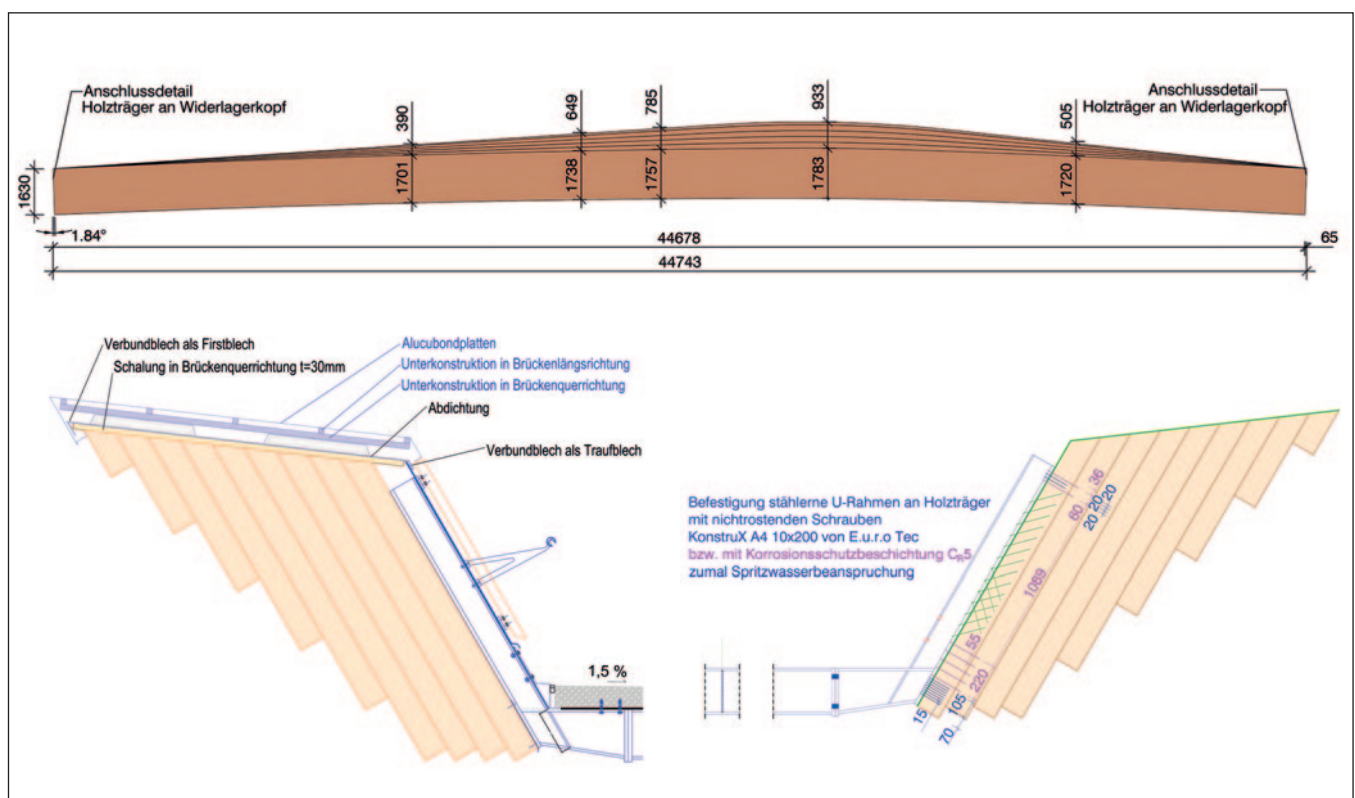
3.2 Tragwerksplanung

Der im Aufriss überhöhte, einfeldrige Hauptspann besitzt eine Länge von circa 55 Metern. Die in Brückenachse gemessene Stützweite des Holzträgers beträgt etwa 44,8 Meter von Widerlager zu Widerlager. Seine lichte Breite misst 4,5 Meter und die Gesamtbreite insgesamt 8,7 Meter.

Der Überbau besteht aus zwei blockverleimten Brettstichholz-Trägern, die monolithisch in die Stahlbetonwiderlager eingebunden und somit als integrale Brücke ohne Lager- und Fugenkonstruktion konzipiert wurden. Die Trägerhöhe wird dabei dem Kraftverlauf angepasst (**Abbildung 7, oben**). Die beiden nach außen geneigten BSH-Träger (baulicher Holzschutz unterseitig, oberseitig Alucubond-Platten und Verbundblech innen) werden über stählerne U-Rahmen ausgesteift (**Abbildung 7, unten**). Dazwischen angeordnet ist der Gehbelag aus

Carbonbetonplatten, der auf den stählernen Riegeln der U-Rahmen aufgelagert wird.

Die Betonwiderlager greifen die Form des Holzquerschnitts auf und setzen diese bis in die Böschung auf der Columbus-Seite fort. Die 180-Grad-Spindel erfolgt mit einem geschwungenen, spiralförmigen, zweiseitigen Brettstichholzträger (Helix), der zusätzlich mithilfe von drei Zwischenstützen (in den Achsen 10, 20 und 30) die Lasten in den Baugrund trägt (**Abbildung 8**). Diese Stahlstützen sind über eingeschlitze Stahlbleche und Stabdübel weitestgehend biegesteif mit der Holzkonstruktion verbunden. Der auf einer aufgeständerten Stahlrippenplatte (Gehbelag) aufgetragene Gussasphalt mit darunter liegendem Dichtungssystem Sherwin-Williams mit Epoxid-Haftschrift nach den *Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten* (ZTV-ING 6-4) des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr, Bauart 1, Variante 1, sorgt für den baulichen Holzschutz der BSH-Träger. Auf diesen Holzträgern wurde insbesondere zu Transport- und Montagezwecken eine diffusionsoffene Unterspannbahn Delta-Foxx verlegt (**Abbildung 9**).



Zeichnung oben und unten rechts: knippershelig GmbH & DKFS Architects LTD;
Plan unten links: Schmees & Lüth Holz- und Stahlingenieurbau GmbH

Abb. 7: Abwicklung Hauptspann (oben) und Querschnitt mit U-Rahmen (unten)

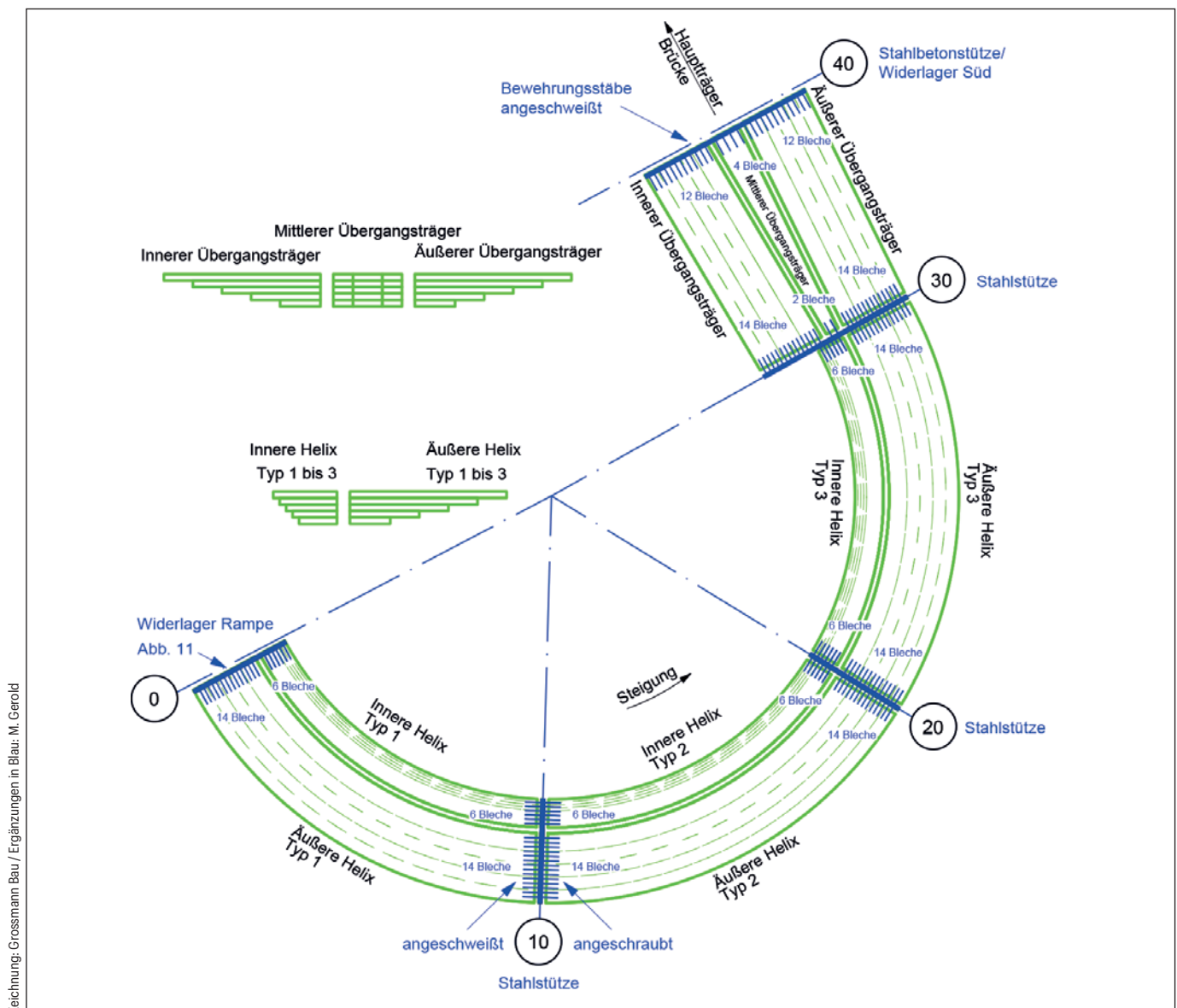


Abb. 8: Grundriss innere und äußere Helix mit am oberen Ende seitlich angeordnetem Übergangsträger

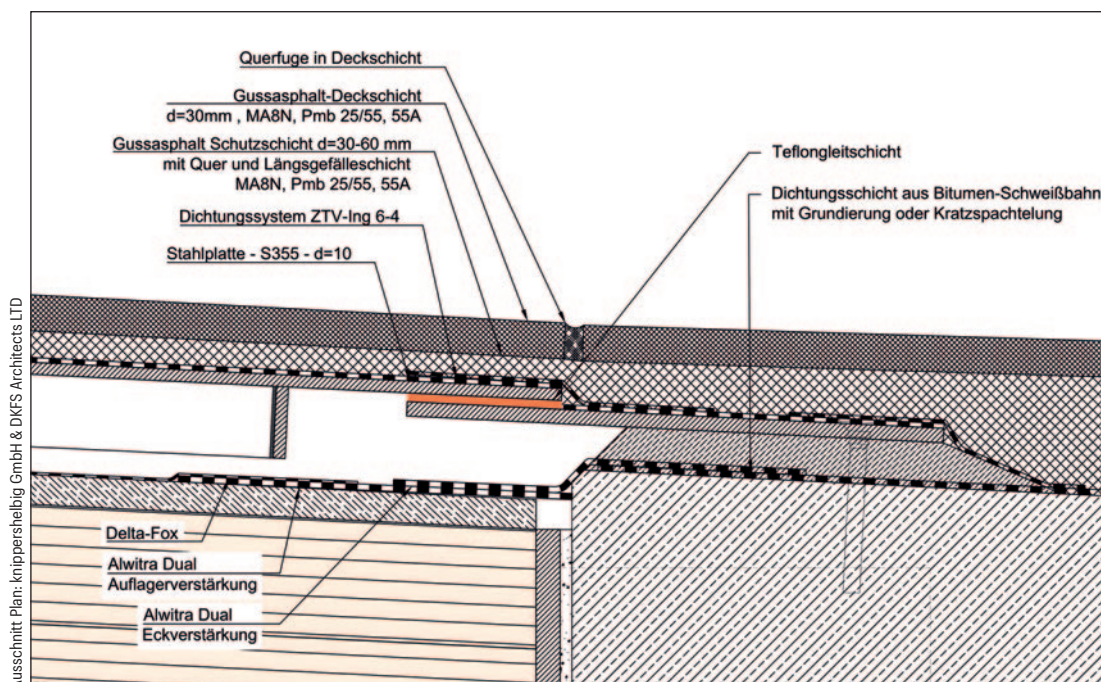


Abb. 9: Abdichtung Übergang Helix auf Widerlager Helix

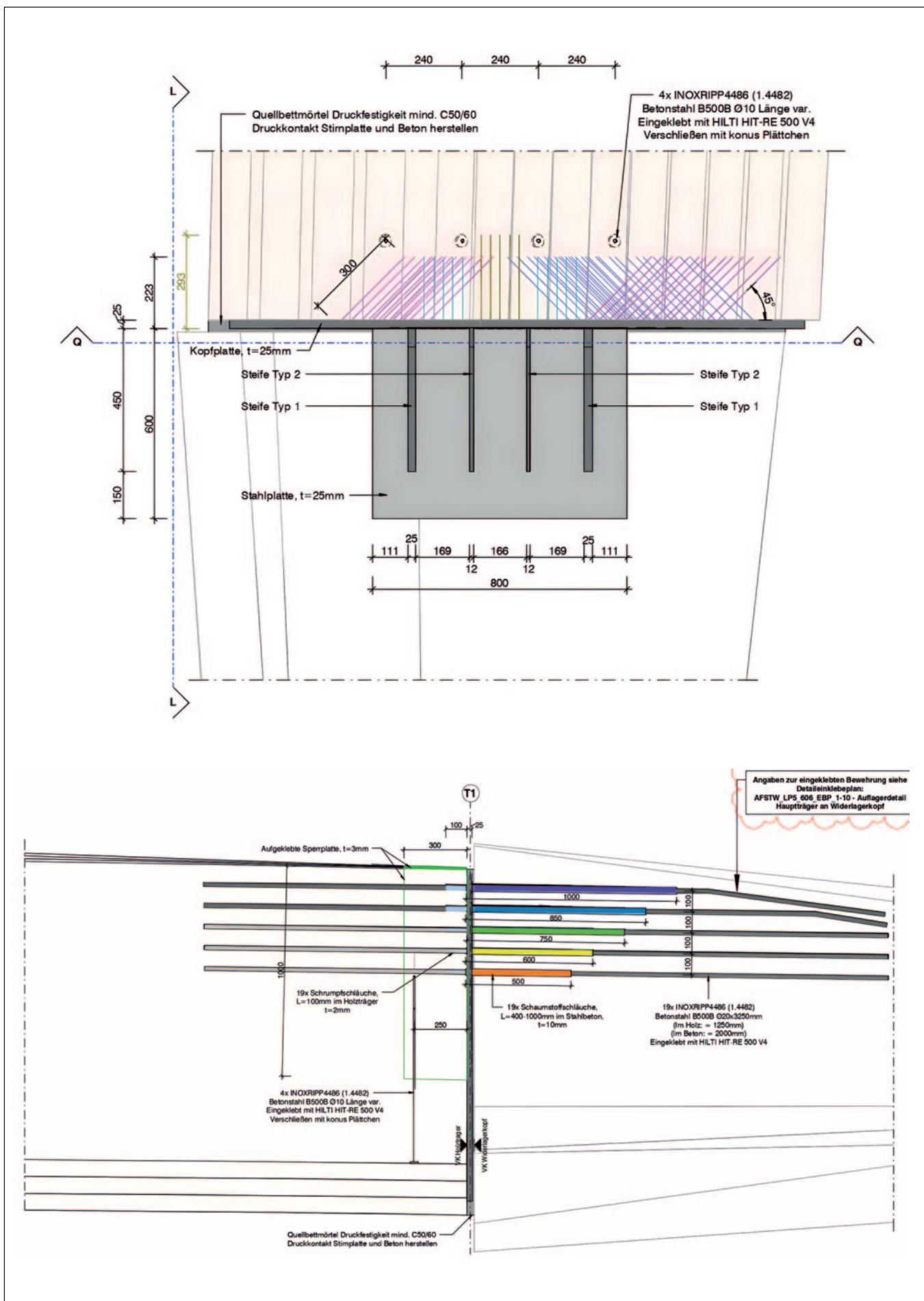
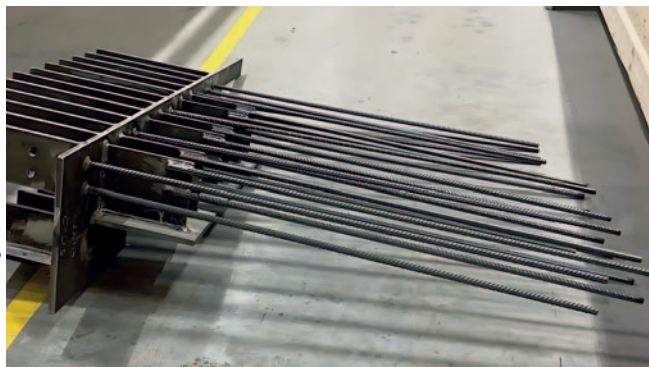


Abb. 10: Anschluss Stahlplatte an Holzträger und Widerlager (Grundriss, oben) sowie Anschluss Bewehrungsstäbe an Stahlplatte (Querschnitt, unten)

3.3 Sonderthemen im Holzbau

3.3.1 Anschluss Hauptspann an Widerlager Süd (Stahlbetonstütze) beziehungsweise Widerlager Nord

Die Übergabe der Normalkräfte des Hauptspanns an die massiven Gründungsbauteile erfolgt durch Druckkontakt, die der zweiachsigen Biegebeanspruchung durch Bewehrung sowie die der Torsionsspannungen und Querkkräfte durch Vollgewindeschrauben (VG-)Schrauben. Konkret handelt es sich dabei um neunzehn eingeklebte/einbetonierte Bewehrungsstäbe je Anschluss, also insgesamt $4 \times 19 = 76$ Stäbe, sowie $4 \times 116 = 464$ Vollgewindeschrauben, die das Stahleinbauteil und den Holzträger verbinden. Die neue FprEN 1995-1-1:2025-05-21 kennt derartige Anschlüsse nicht oder begrenzt zum Beispiel die Anzahl in Reihe hintereinander liegender Verbindungsmittel auf maximal sechs Stück. **Abbildung 10, oben**, zeigt die mit jeweils unterschiedlichen Neigungen



Werkfoto: Schmees & Lühn
Holz- und Stahlbau GmbH

Abb. 11: Stahlbauteil nach dem Ausbau

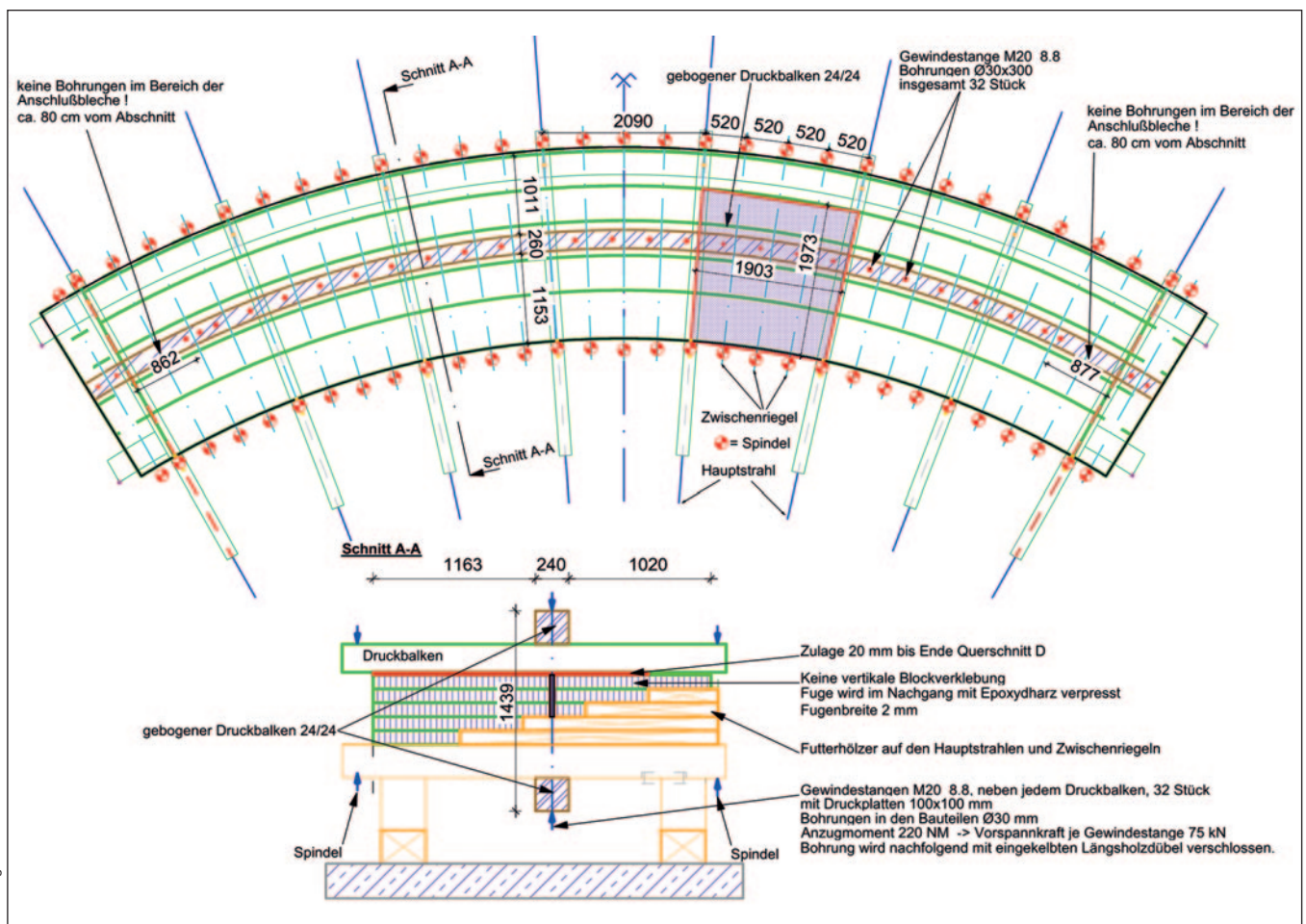
und Richtungen von der Stahlplatte ins Holz eingeschraubten Vollgewindeschrauben für Horizontalkraft und Torsion (violett und blau) sowie für Vertikalkraft (hellblau und orange). **Abbildung 10, unten**, zeigt Schaumstoffschläuche unterschiedlicher Länge zur Erzielung gleicher Verformungen der nichtrostenden Bewehrungsstäbe untereinander, das heißt, dass alle Bewehrungsstäbe sich möglichst gleichermaßen am Lastabtrag beteiligen sollen.

3.3.2 Anschluss BSH-Träger Helix an Stützenköpfe Achsen 10, 20 und 30 sowie Widerlager Achsen 0 und 40

Der Anschluss der Helix-Träger an die Stahlbeton-Bauteile erfolgt über eingeschlitzte Bleche. Beim äußeren Helix-Träger sind es insgesamt 14 hintereinander liegende, 15 Millimeter dicke Bleche. Die 1,4 Meter langen Stabdübel werden von beiden Seiten eingebracht; jeder Stabdübel durchläuft somit sieben Bleche. Nach intensiver Diskussion über das sach- und fachgerechte Einbringen der Stabdübel wurde ein Muster erstellt und anschließend aufgetrennt. **Abbildung 11** zeigt das Stahlbauteil nach dem Ausbau. Der Abbund erfolgte planmäßig.

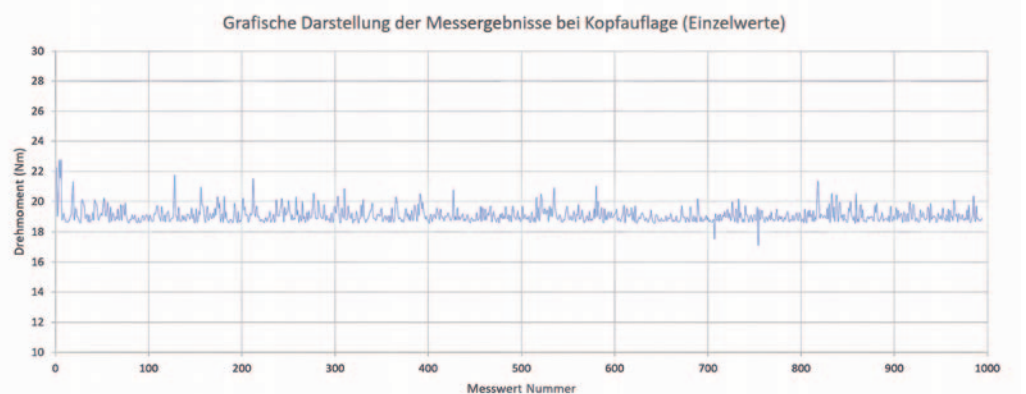
Um nach dem Einsägen der Schlitzte ein Aufreißen des stark abgestuften und scharf gekrümmten Hauptträgers der Helix im Bereich der Blockverklebung (fugenfüllender Resorcinharzleim) zu verhindern, wurden zusätzliche Gewindestangen M20 Güte 8.8 in Trägermitte durch den Querschnitt hindurch angeordnet, um einen gleichmäßig verteilten Pressdruck aufzubringen.

Die dafür erforderlichen zusätzlichen Bohrungen von 30 Millimeter Durchmesser in den Anschlussbereichen zum Massivbau (Hirnholzen) waren statisch nicht möglich; deswegen wurde der Pressdruck



Zeichnung: Grossmann Bau

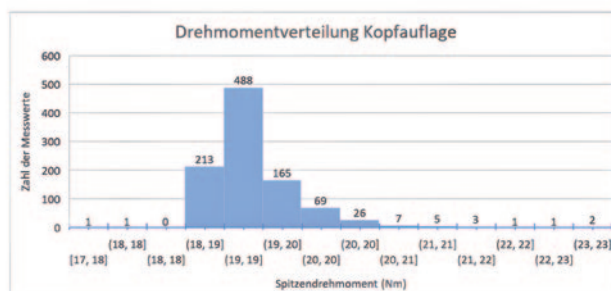
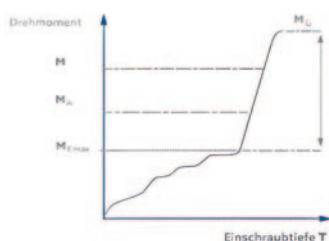
Abb. 12: Leimbett Blockverklebung äußere Helix



SCHMEES&LUHN
HOLZ- UND STAHLINGENIEURBAU

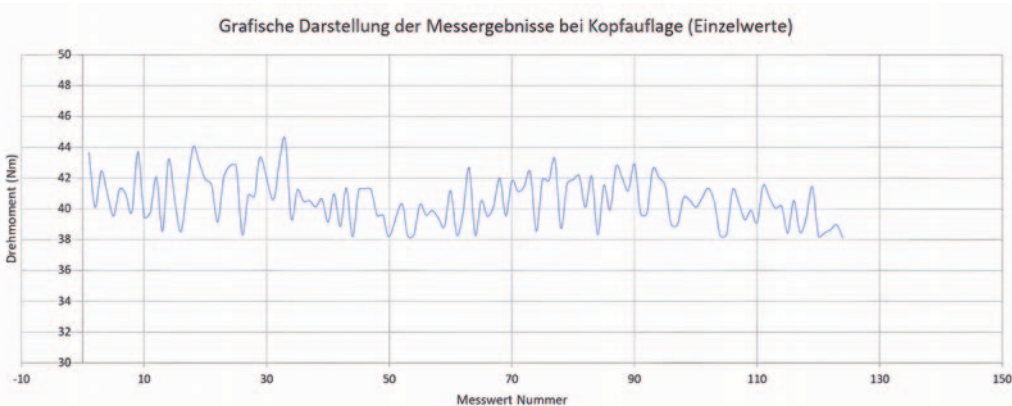
Auswertung/Analyse

Höchster Wert	22,74
Niedrigster Wert	17,12
Standardabweichung	0,4807823
Mittelwert	19,1097556
Median	18,99
Anzahl der Messungen	982
Variationskoeffizient	3%



Schrauberprotokolle

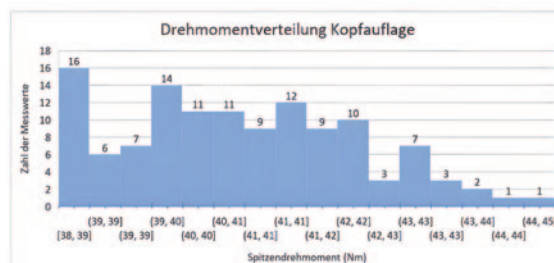
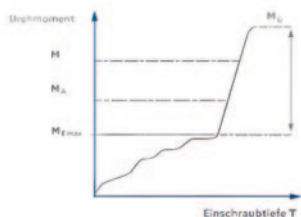
- 1 QXF-BM24M-052025135340 x 9
- 2 QXF-BM24M-052125161526 x 606
- 3 QXF-BM24M-052225161906 x 367



SCHMEES&LUHN
HOLZ- UND STAHLINGENIEURBAU

Auswertung/Analyse

Höchster Wert	44,52
Niedrigster Wert	38,1
Standardabweichung	1,54545052
Mittelwert	40,5571311
Median	40,54
Anzahl der Messungen	122
Variationskoeffizient	4%



Schrauberprotokolle

- 1 QXF-SP16A-062725124507 Süd Rechts

Abb. 13: Messeprotokolle (exemplarisch) für die maximale Drehmoment und Drehmomentenverteilung bei Kopfauf Auflage
Oben und Mitte: für 2.400 Stück Konstrux A4 10 × 200 zur Befestigung U-Rahmen an Holzträger
Darunter: für 232 Stück Vollgewindeschrauben Rothoblaas EVO 11 x 300/400 Anschluss Hauptspann an Stahlbetonstütze Süd

durch Anordnung gebogener Biegebalken über die komplette Länge der Helix aufgebracht (**Abbildung 12**). Zu erwähnen ist in diesem Zusammenhang der gelungene Abbund.

3.3.3 Drehmomente zum Einbringen von Vollgewindeschrauben

Für die VG-Schraubverbindungen des U-Rahmens an die BSH-Träger des Hauptspanns wurden von der ausführenden Firma Arbeitsanweisungen vorgelegt. Gemäß *Europäischer Technischer Bewertung* (ETA) der beiden verwendeten Schrauben (*Eurotec KonstruX A4* und *Rothoblaas VGS EVO*) ist beziehungsweise wäre ein Einschraubmoment von $R_{tor,mean} \leq f_{tor,k}/1,5$ einzuhalten. In den Arbeitsanweisungen wurde jedoch auch darauf hingewiesen, dass ein Überschreiten der Einschraubmomente bei einer Kopfaufgabe erfolgt, der Maximalwert des Einschraubmoments aber unterhalb des Bruchdrehmoments liegt – auch entsprechend den Angaben der Schraubenhersteller.

Um ein vollständiges Eindrehen der Schraube ins Holz bis zum vollständigen Anliegen des Kopfes auf dem Stahl sicherzustellen, sind Pausen von mehr als fünf Minuten beim Eindrehen zu vermeiden. Auch sollte das Eindrehmoment durch eine iterative Versuchsanordnung vorab ausreichend gewählt werden (siehe hierzu FprEN 1995-3:2025-06-04, 5.4.2 [3]).

Der Formschluss zwischen Schraubenunterkopf und Blech muss eine gleichmäßige Spannungsverteilung zwischen den beiden gewährleisten; daher darf bei Schrauben von weniger als 12 Millimetern der Nenn Durchmesser der Bohrung maximal 1 Millimeter größer als der Schaft Durchmesser sein. Bei Schrägbohrungen sind Arbeitshilfen zu verwenden. Das maximale Eindrehmoment sollte 70 bis 80 Prozent des charakteristischen Bruchdrehmoments der Schrauben nicht überschreiten.

Abbildung 13 zeigt einen Ausschnitt aus der Dokumentation der Firma *Schmees & Lühn*. Sie zeigt, dass (nach Vorversuchen) höhere Eindrehmomente angewendet werden mussten. Auch erwies sich ein deutlicher Unterschied in der Drehmomentenverteilung, insbesondere in Abhängigkeit von der verwendeten Schraube. Eine derartige Aufzeichnung zur Qualitätskontrolle sollte generell als Erfordernis definiert werden – ebenso wie eine Delaminierungsprüfung eines jeden Blockträgerschnitts aus einer definierten Überlänge.

Eine Probelastung des biegesteifen Anschlusses Hauptspann an Stahlbetonstütze im Werk unter Eigengewicht (1.350/4 kN = 337,5 kN) und 20 Prozent Verkehrslast wäre wünschenswert gewesen, um bei der Montage eine ausreichend tragfähige Verbindung sicherzustellen – fand aber aus Zeitgründen nicht statt.

4 Die neue FprEN 1995-2:2025-06-04: Stand und Änderungen des Eurocode 5

Bei der Entwicklung der zweiten EC-Generation waren die Anforderungen und Empfehlungen des ECO und EC1 (zwingend) zu berücksichtigen. So war bei der Entwicklung der englischen Normtexte der gezielte Einsatz der Verbformen zu beachten:

- *shall* = deutsches *muss*: Anforderung (ist unbedingt zu befolgen) (bisher: (P) = Prinzip),
- *should* = *sollte*: Empfehlung (ist dringend empfohlen; alternativer Ansatz möglich, sofern technisch begründet),
- *may* = *darf*: zulässig im Rahmen der Eurocodes,
- *can* = *kann*: Möglichkeit und Fähigkeit (nur in Bemerkungen (NOTES)).

Um die gleichzeitige Anwendung mehrerer Eurocodes zu erleichtern, insbesondere bei der Arbeit an hybriden Konstruktionen, sind die Überschriften der Hauptkapitel 1 bis 11 (beziehungsweise 1 bis 5 bei der Heißbemessung) in allen Material-Eurocodes jeweils identisch. Die Kapitel 2 und 3 wurden in allen Eurocodes neu hinzugefügt.

4.1 Wichtige Änderungen

Der EC5 Bemessung und Konstruktion von Holzbauten [10] bleibt wie folgt unterteilt:

- Teil 1-1: Gemeinsame Regeln und Regeln für Gebäude,
- Teil 1-2: Tragwerksbemessung für den Brandfall,
- (neu) Teil 1-3: Holz-Beton-Verbund,
- Teil 2: (Holz-)Brücken,
- (neu) Teil 3: Ausführung.

Seit der Einführung der Europäischen Bemessungsnormen vor rund zwanzig Jahren hat sich kaum ein Bereich auf Produktebene so stark verändert wie der Holzbau. Dem Stand der Technik entsprechend wird das Regelwerk daher für Materialien und Werkstoffe wie Furnierschichtholz (LVL) und Laubholzprodukte erheblich erweitert sowie neue Materialien wie zum Beispiel Brettschichtholz (CLT), blockverleimtes Brettchichtholz (BGL), verleimtes Furnierschichtholz (GLVL) und Verbindungsmittel wie Vollgewindeschrauben eingeführt. Die zahlreichen neuen Materialien zeigen sich am besten durch die beiden nachfolgenden Tabellen der FprEN 1995-1-1 (**Tabelle 1** und **Tabelle 2**) [3], die nur Produkte für tragende Zwecke auflisten. (In den Tabellen 1 und 2 werden hier die Fußnoten dieser Tabellen in [3] nicht mit abgedruckt.)

(Es sei an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen, dass die Tabellen der Normen FprEN 1995-x hier im englischen Originaltext abgedruckt werden, weil sich in der deutschen Sprachfassung noch editorische Änderungen ergeben können.)

Insbesondere das Kapitel „Verbindungen“ wurde aufgrund der Überlegungen in [11] in Richtung *ease of use* umorganisiert.

Bei der Brücke über den Seeblickweg in Stuttgart sowie beim Franklin-Steg in Mannheim kam jeweils Brettschichtholz (BGL in **Tabelle 1**) zum Einsatz; beim Franklin-Steg wurden, wie gezeigt, zusätzlich Vollgewindeschrauben eingesetzt.

4.2 Künftig: EN 1995-1-3 – zurzeit: CEN TS 19103 Holz-Beton-Verbund-Bauwerke

Die Bemessungsregeln für Holz-Beton-Verbund-Konstruktionen sollen erprobt werden. Hierzu wurde die europäische Vornorm bereits ins Deutsche übersetzt und als DIN CEN/TS 19103 (Vornorm 2022-02) veröffentlicht (vergleiche die Maße von Kerven in **Abbildung 14**). Darin ist das Trag- und Verformungsverhalten der Kerve als Schubverbundmittel geregelt. Im Hinblick auf die abhebenden Kräfte der Kerve sind Beanspruchungen auf die Abhebesicherung (Tellerkopfschrauben) angegeben.

Ausgehend von [7] und entsprechenden Untersuchungen an der Universität Stuttgart wurde festgestellt, dass durch das rheologische Materialverhalten (zum Beispiel Verformung aus Schwinden von Beton und Holz sind zeitlich gegenläufig) neben den Zeitpunkten $t = 0$ und $t = \infty$ auch der Zeitraum drei bis sieben Jahre nachzuweisen ist, da in der Regel maßgebend (*allgemein anerkannter Stand der Technik*, vgl. [9]).

Grundsätzlich sind auch alle bisher durch eine *allgemeine bauaufsichtliche Zulassung* oder eine *allgemeine Bauartgenehmigung* (abZ/aBG) beziehungsweise durch eine *Europäisch Technische Bewertung* (ETA)

Group / Subgroup / Product	Abbreviation / EN / EAD
Solid wood-based	SWB
Structural lumber	SL
Structural timber	ST / EN 14081-1 / -
Structural finger jointed timber	FST / EN 15497 / -
Parallel-laminated timber	PL
Glued solid timber	GST / EN 14080 / -
Glued laminated timber	GL / EN 14080 / EAD 130320
Block-glued glulam	BGL / EN 14080 / -
Single-layered solid wood panel	SWP-P / EN 13986 / -
Cross-layered timber	CL
Cross-laminated timber	CLT / EN 16351 / EAD 130005
Multi-layered solid wood panel	SWP-C / EN 13986 / -
Veneer-based	VB
Laminated veneer lumber	LVL
LVL with parallel veneers	LVL-P / EN 14374 / -
LVL with crossband veneers	LVL-C / EN 14374 / -
Glued laminated veneer lumber	GLVL
GLVL with parallel veneers	GLVL-P / - / EAD 130010, EAD 130337
GLVL with crossband veneers	GLVL-C / - / -
Plywood	PW / EN 13986 / -
Strand-based	STB
Oriented strand board	OSB / EN 13986 / EAD 140015
Wood-fibre-based	WFB
Fibreboard, hard	HB / EH 13986 / -
Fibreboard, medium	MB / EN 13986 / -
Softboard	SB / EN 13986 / -
Dry process fibreboard	MDF / EN 13986 / -
Wood-particle-based	WPB
Resin-Bonded particleboard	RPB / EN 13986 / -
Cement-bonded particleboard	CPB / EN 13986 / -
Gypsum-based	GYB
Gypsum plasterbord	GPB / EN 520 / -
Gypsum fibreboard	GFB / EN 15283-2 / -
Timber-Timber Composite	TTC
Composit wood-based beams and columns	- / - / EAD 130367

Tab. 1: FprEN 1995-1-1, Table 5.1 – Products and materials

geregelten Verbindungsmittel einsetzbar. Für die Brücke über den Seeblickweg in Stuttgart wurden hierzu mehrere Beispiele gezeigt. Allerdings wurden bisher weder recycelte Betone noch Carbonbeton als Ersatz für Normalbetone ausreichend untersucht. Auch hier besteht noch Forschungsbedarf.

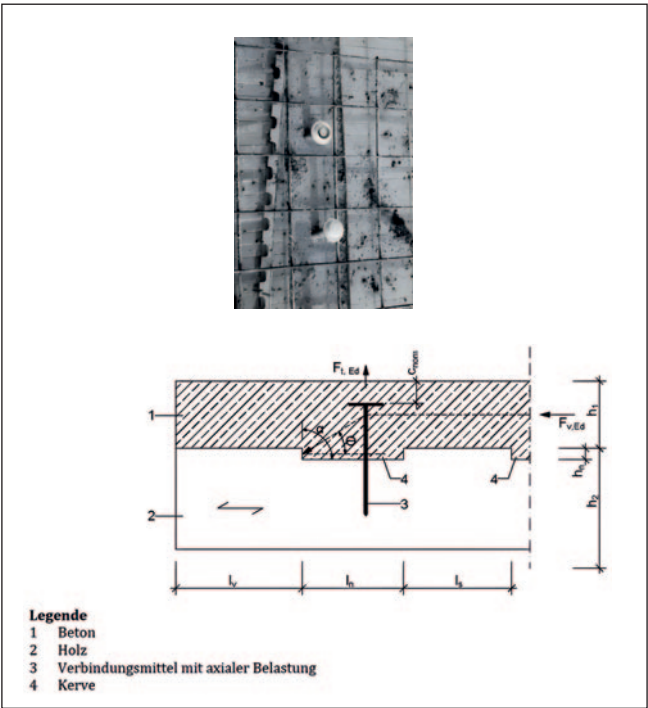
4.3 Holzbrücken nach FprEN 1995-2:2025-06-04

Dauerhaftigkeit, Abdichtung, Holz- und Korrosionsschutz und Robustheit sind elementare Bausteine für die Planung von Holzbrücken [12].

Ausgehend von EN 1990 [1] und EN 1991-2 [2] nehmen die Themen der Dauerhaftigkeit (*Durability*), Robustheit sowie Nachhaltigkeit und damit auch das der Inspektion und Unterhaltung (*Inspection and maintenance*) einen deutlich größeren Stellenwert auch in der Holzbaunorm ein (siehe dazu: FprEN 1995-2, Kapitel 6, Anhang D sowie Anhang E). Dabei waren auch die für Hochbauten gleichermaßen geltenden Vorgaben der EN 1990:2023 mit Anhang A.2 (Brücken) zu berücksichtigen, insbesondere:

Group / Subgroup / Product	Abbreviation / EN / EAD
Dowel-type fasteners	
Nail	
Smooth shank nail	- / EN 14592 / -
Profiled nail	- / EN 14592 / EAD 130287, EAD 130033
Staple	- / EN 14592 / EAD 130019
Dowel, bolt with nut	- / EN 14591 / -
Screw	
Lag screw	- / EN 14592 / -
Self-drilling screw, self-tapping screw	- / EN 14592 / EAD 130033, EAD 130118
Wood-fibre-based	WFB
Fibreboard, hard	HB / EN 13986 / -
Fibreboard, medium	MB / EN 13986 / -
Softboard	SB / EN 13986 / -
Dry process fibreboard	MDF / EN 13986 / -
Wood-particle-based	WPB
Resin-bonded particleboard	RPB / EN 13986 / -
Cement-bonded particleboard	CPB / EN 13986 / -
Gypsum-based	GYP
Gypsum plasterboard	GPB / EN 520 / -
Gypsum fibreboard	GFB / EN 15283-2 / -
Timber-timber Composite	TTC
Composite wood-based beams and columns	- / - / EAD 130367

Tab. 2: FprEN 1995-1-1, Table 5.2 – Fasteners and connectors



	Category of timber bridges and parts of timber bridges	Design Service Life, T_{if} [years] ^a
1	Protected timber bridges (see 4.1.2.2)	100
2	Timber bridges with reduced protection (see 4.1.2.3)	50
3	Replaceable structural parts (of rows 1 and 2) ^b (see 4.1.2.4) ^b	25
4	Temporary structures and unprotected timber members of timber bridges ^c (see 4.1.2.5)	≤ 10

^a The design service life for bridges is given in EN 1990:2023, Table A.2.2 (NDP).
^b See 4.1.2.4 (5) and (6) for durability specifications for steel components.
^c See also EN 1990:2023, Table A.2.2 (NDP), footnote c., for treatment of structures that can be dismantled and reused.

Tab. 3: FprEN 1995-2, Table 4.1 (NDP) – Categories for timber bridges and parts of timber bridges based on their design service life

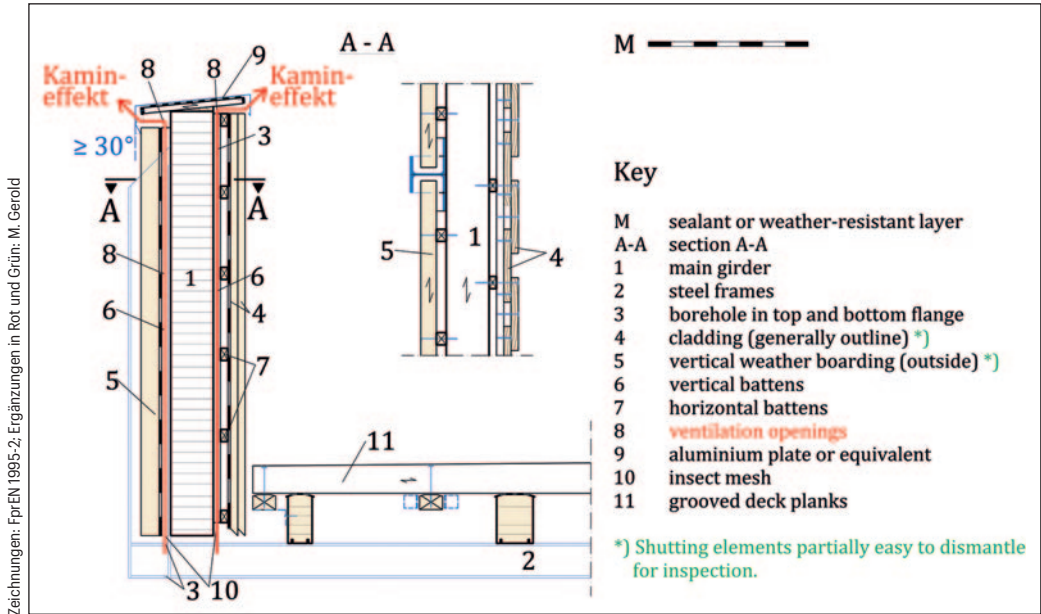


Abb. 15 a: FprEN 1995-2, Figure D.4 – Construction measures – Weather protection of through bridge by cladding

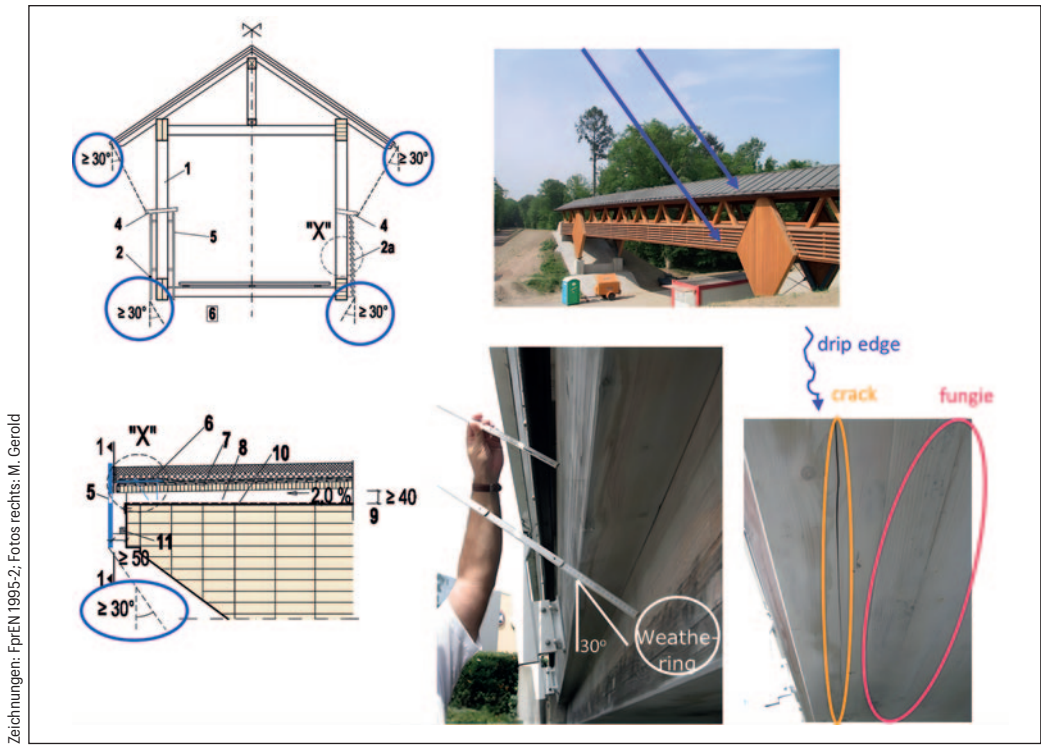


Abb. 15 b: Auszüge aus den Zeichnungen Figure D.3 und Figure D.5 der FprEN 1995-2 (links) mit gebauten Beispielen und Veranschaulichung möglicher Folgen (rechts)

In der künftigen Holzbrückennorm wird daher zwischen geschützten und nicht geschützten Brücken und Bauteilen unterschieden. Sie enthält Dauerhaftigkeitsanforderungen, die für geschützte Bauteile geeignet sind und strenger als die Dauerhaftigkeitsanforderungen nach FprEN 1995 11, die gemäß Zeile 2 der Table 4.1 (hier: **Tabelle 3**) eine kürzere geplante Nutzungsdauer vorsieht. Im Kapitel 6 werden dann die Anforderungen an die Dauerhaftigkeit geschützter Brücken beschrieben. Im informativen Anhang D wird anhand konkreter Beispiele aufgezeigt, wie Holzbrücken grundsätzlich geschützt werden können.

In diesem Zusammenhang wurden in FprEN 1995-2:2025-06-04, 6.2, auch die Erfahrungen in Deutschland und der Schweiz, insbesondere mit Asphaltbelägen, eingebracht. Ferner müssen Brücken aller Materialien in regelmäßigen Intervallen inspiziert werden. Hierbei kann ein Monitoring hilfreich sein (siehe hierzu auch den informativen Anhang E).

Auch die Beispiele in Anhang D waren sprachenneutral zu erstellen. Deshalb folgt nach jeder Zeichnung der Key mit Erläuterung zu den einzelnen Buchstaben und Zahlen innerhalb der Zeichnung.

Ein Beispiel: Figure D.4 der FprEN 1995-2:2025-06-04 (**Abbildung 15 a**) zeigt die Darstellung des Witterungsschutzes von Trogbrücken durch Bekleidungen. Die Bekleidung (Key 4) und die Wetterschutzplatte (Key 5) müssen für Inspektion und Wartung teilweise geöffnet werden

können. Lüftungsöffnungen für den Kamineffekt wurden in Rot hinzugefügt. Wenn die Mindestquerschnitte der Lüftungsöffnungen (horizontal 100 cm²/m, vertikal 50 cm²/m, Breite 20 mm) eingehalten werden, kann ein aerodynamischer Nachweis entfallen.

Essenziell ist der Wetterschutz. **Abbildung 15 b** zeigt, wie schon erwähnt, beispielhaft Auszüge aus den Zeichnungen Figure D.3 und Figure D.5 der FprEN 1995-2, die den Schutz durch Dach und Verkleidung beziehungsweise durch Gussasphalt-Abdeckung und Abtreppung des darunter liegenden Blockquerschnitts zeigen. Es sollte sichergestellt werden, dass die Oberflächen einer Brücke durch einen Überstand und/oder eine Bekleidung ausreichend geschützt sind, indem ein Niederschlagswinkel von mindestens 30 Grad gegenüber der Vertikalen gewährleistet wird. Niederschlagswinkel von bis zu 70 Grad wurden in bestimmten lokalen Gegebenheiten beobachtet (zum Beispiel an der Küste Norwegens, im Wieset-Tal bei Lörrach am Rande des Schwarzwaldes).

Die Brücke über den Seeblickweg in Stuttgart sowie der Franklin-Steg in Mannheim sind weitere Beispiele, die den vorgenannten Anforderungen genügen.

Anfangs haben sich einzelne Länder massiv für Tropenhölzer eingesetzt sowie für Kreosot als alleinigen chemischen, statt baulichen, Holzschutz. Schlussendlich haben die Schweiz und Deutschland es ge-

Situation	Timber exposure category T_E	Atmospheric exposure category C_E	Typical atmospheric exposure (informative)	Examples of minimum	
				zinc thickness	stainless steel grade (type)
Protected outdoor with access of pollution (SC2 and SC3)	T_{E3}/T_{E4}	C_{E2}	$L_{sea} > 10$ km $L_{street} > 100$ m and/or low polluted area ($< 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ of SO_2)	T_{R3} : 40 μm (not applicable if T_{E4}) [20 μm (55 μm if T_{E4})] ^h	CRC II (e.g. 1.4301)
	T_{E3}/T_{E4}	C_{E3}	10 km $L_{sea} > 3$ km 100 m $L_{street} > 10$ m and/or medium polluted area ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3 \leq \text{SO}_2 \leq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	C_{R3} : 110 μm [80 μm] ^h	CRC III (e.g. 1.4401)
	T_{E3}/T_{E4}	C_{E4}	3 km $> L_{sea} > 0,25$ km $L_{street} < 10$ m and/or high polluted area ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{SO}_2 \leq 90 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	C_{R4} : not applicable [110 μm] ^h	CRC III (e.g. 1.440)
	T_{E3}/T_{E4}	C_{E5}	$L_{sea} < 0,25$ km and/or very high polluted area ($90 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{SO}_2$)	C_{R5} : not applicable	CRC III (e.g. 1.4529)
Permanent contact with ground- or freshwater (SC4)	T_{E5}	not applicable	For $T_{E5}/\text{SC4}$ especially in case of seawater each case should be evaluated individually	C_{R5} : not applicable	CRC III to CRC V
^h values in square brackets bridges with a design live time of 50 years					

Tab. 4: FprEN 1995-2, Table 6.2 – Minimum requirement for thicknesses of zinc coatings and types of stainless steels of possible solutions (ohne Fußnoten a) bis g))

schaft, dass in der FprEN 1995-2 dem baulich-konstruktiven Holzschutz die Priorität vor zum Beispiel dem chemischen Holzschutz eingeräumt wird, entsprechend der nationalen Normenreihen DIN 68800 (Holzschutz im Hochbau) und der österreichischen ÖNORM B 3802.

Der Korrosionsschutz aller stählernen Verbindungsmittel wird in FprEN 1995-1-1:2025-05-21 [3] durch die Anwendung der Nutzungsklasse (NKL; englisch: Service Class (SC)) der atmosphärischen Expositionskategorie C_E und der Holzexpositionskategorie T_E behandelt – der Schutz von Stahlbauteilen im EC3. Die atmosphärische Expositionskategorie C_E bewertet die Korrosivität der Atmosphäre in Abhängigkeit von relativer Luftfeuchtigkeit, Luftverschmutzung, Chloridgehalt und Witterungseinflüssen. Die Holzbelastungskategorie T_E beschreibt den Einfluss der Holzfeuchte, des pH-Wertes durch die Holzinhaltstoffe und der chemischen Behandlung der Korrosion der Stahlbauteile. Grundsätzlich wird ein Zinküberzug oder die Verwendung von nichtrostendem Stahl als Korrosionsschutzmaßnahmen empfohlen. Alternativ können auch Schutzsysteme verwendet werden.

Holzbrücken befinden sich im Freien und haben daher gegenüber z. B. Wohngebäuden höhere Anforderungen. In Erweiterung zum Teil 1-1 der FprEN 1995 definieren die im Teil 2 angegebenen Schutzmaßnahmen Anforderungen für eine Bemessungslebensdauer von in der Regel ein-

hundert Jahren. Daher ist in FprEN 1995-2:2025-06-04 eine eigene Tabelle Table 6.2 enthalten, die hier als **Tabelle 4** (im Originaltext) abgedruckt wird.

Beim Franklin-Steg in Mannheim kamen einerseits galvanisch beziehungsweise elektrolytisch verzinkte, aber auch nichtrostende Vollgewindeschrauben der Korrosionsschutzklassen C5 (über der B38) und C3 nach DIN EN ISO 12944 (im Bereich der Helix) entsprechend den Regelungen der Table 6.2 zum Einsatz.

Abschließend soll noch auf die vereinfachte Bestimmung der Beschleunigungen für die Untersuchung zur Schwingungsanfälligkeit von Holzbrücken verwiesen werden. FprEN 1995-2, Annex F, gibt unter maßgeblicher Mitwirkung von Professorin Patricia Hamm vom Institut für Holzbau der Hochschule Biberach ein vereinfachtes Nachweisverfahren an (*ease of use*), welches auch für leichte Stahlbrücken angewendet werden könnte (FprEN 1995-2, Figure F.1, **Abbildung 16 a** und **Abbildung 16 b**).

Sofern der Nachweis nicht eingehalten wird, sind die verschiedenen Beanspruchungen gemäß EN 1990:2023, Annex A.2, zu untersuchen. Für die Erdbebenbemessung ist der informative Anhang C der FprEN 1998-2 (**Tabelle 5**) anzuwenden, der auch heute gebräuchliche Holz-

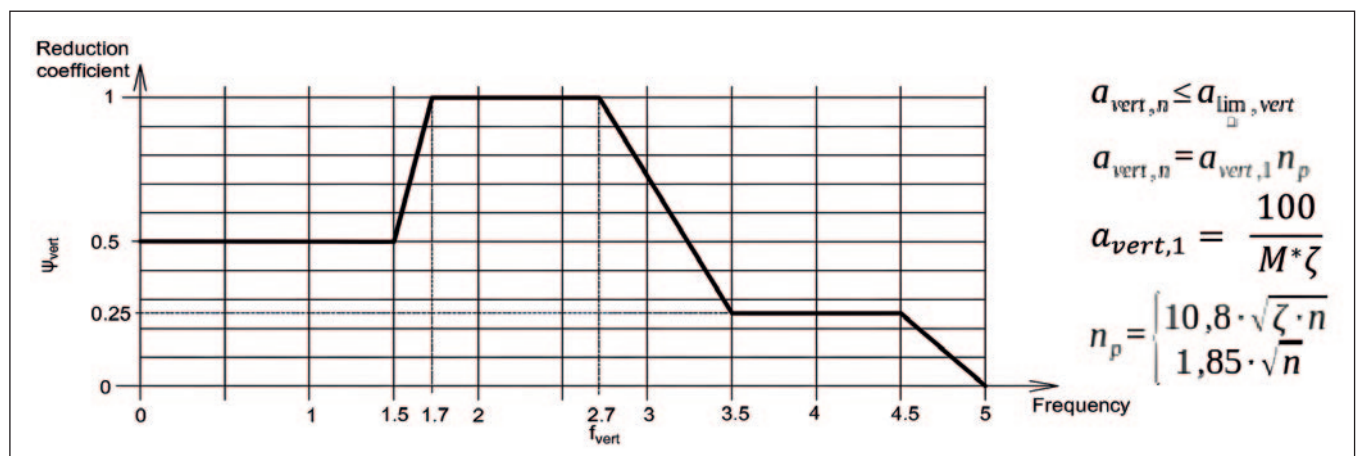


Abb. 16 a: FprEN 1995-2, Figure F.1 – Relationship between the vertical fundamental frequency and the reduction coefficient

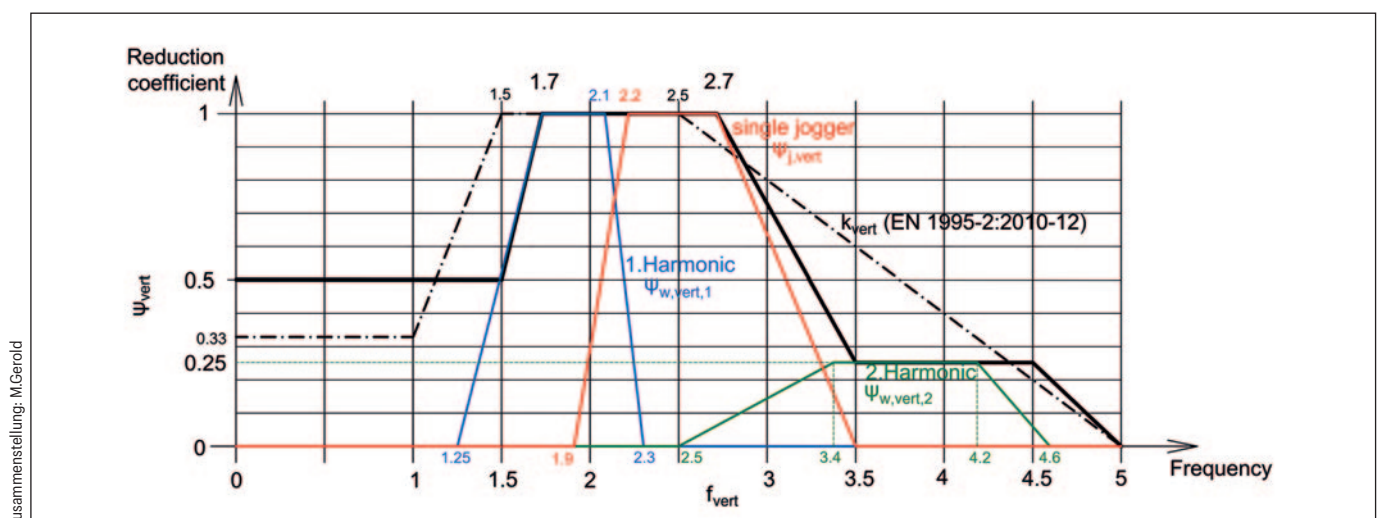


Abb. 16 b: FprEN 1995-2, Figure F.1 – Zugrunde liegendes Verhältnis zwischen der vertikalen Grundfrequenz f_{vert} und dem Reduktionskoeffizienten γ_{vert} (sowohl beim Gehen als auch beim Joggen) (Diese Zusammenstellung wird mit der Herleitung von Abb. 16 a im sogenannten Background-Document noch veröffentlicht.)

konstruktionen und deren Spannweiten darstellt, der auch einen guten Überblick über die im Holzbau heute gebräuchlichen Konstruktionen und deren Spannweiten aufzeigt.

Trotz intensiver Diskussionen sind viele Brückentypen für die Duktilitätsklasse DC1 zu bemessen (siehe FprEN 1998-2, Table C.2, hier: **Tabelle 6**, im rot eingerahmten Bereich), obwohl sich beim Einbau sogenannter UFPs (**Abbildung 17**) in Kombination mit bewehrten Elastomerglern der jeweilige Verhaltensbeiwert q für zum Beispiel HBV-Brücken unter Straßenverkehr deutlich größer als 1,5 ergibt.

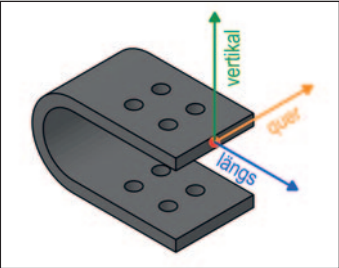


Abb. 17: U-shaped Flexural Plate

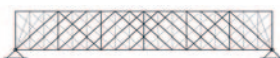
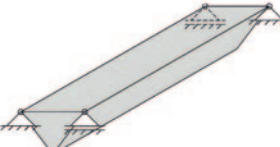
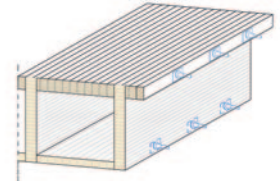
FprEN 4.4 1995-3:2025-06-04: „Execution“ (dt. „Ausführung“)

Der Teil 3 des EC5 [3] ersetzt den Abschnitt 10 „Ausführung und Überwachung“ der aktuellen DIN EN 1995-1-1:2010-10 und behandelt drei wesentliche Schwerpunkte:

- 1 Dokumentation und Inspektion (Abschnitt 4),
- 2 Ausführung beziehungsweise Verarbeitung (Abschnitt 5),
- 3 zulässige geometrische Abweichungen (Abschnitt 6).

Die Regelungen der FprEN 1995-3 betreffen – im Unterschied zu den Ausführungsnormen des Beton- und Stahlbaus – ausschließlich sicherheitsrelevante Punkte aller EC5-Normenteile und ist daher ein Teil des EC5 (*ease of use*).

Es ist zu begrüßen, dass es mit FprEN 1995-3:2025-06-04, 5.4.2 (3) nunmehr Regelungen zum Eindrehen von Schrauben ins Holz gibt. In Kapitel 3.3.3 wurde zum Franklin-Steg aufgezeigt, dass diese normative Regelung noch nicht sicherstellt, dass ein vollständiges Eindrehen der Schrauben bis zum vollständigen Anliegen des Kopfes erfolgen kann, und andererseits, in welcher Richtung Forschungsbedarf besteht.

	j-b Large-span truss bridges $L \leq 150$ m	Not applicable	Single-span or girder
	j-b Lattice-truss bridges (tunnel) with carpentry joints $L \leq 90$ m	Not applicable	Single-span or girder
	k-b) Hollow box-girder bridges $L \leq 80$ m	Not applicable	Single-span girder
	k-b) T-beam and box girder bridges with stress-laminated timber deck (materials see EN 1995-2:2021, Figure 8.1) $L \leq 25$ m	Not applicable	Single-span or continuous girder
	k-b) Stressed ribbon bridges $L > 150$ m	j) Large-span timber truss portal frame structures	Continuous girder
	l-b) Cable-stayed bridges/ Construction with pylons $50 \text{ m} \leq L \leq 200 \text{ m}$	Not applicable	Continuous girder



Tab. 5: FprEN 1998-2, Table C.1 – Examples of Structural Types of Timber Bridges (Auszug)

Type of ductile members	DC1	DC2		
	$q = q_s$	q_R	q_D	$q = q_s \cdot q_R \cdot q_D$
d-b) Integral abutment bridges, moment-resisting frame structures including portal frames	1,5	1,1	1,3	2,2
e-h) Struttet (or truss) frame bridges with dowel-type connections, timber piers, horizontal bracings of bridges	1,5	1,0	1,3	2,0
f-b) Timber pier fixed on foundation	1,5	1,1	1,2	2,0
h-b) Crossings, draw bridges	1,5	n.a.	n.a.	n.a.
i-b) Tied-arch bridges, suspension bridges, arch bridges with or without hangers, spandrel-braced bridges	1,5	n.a.	n.a.	n.a.
j-b) Large-span truss bridges, lattice truss bridges (tunnel) with carpentry joints	1,5	n.a.	n.a.	n.a.
k-b) Hollow-box-girder bridges, timber and box girder bridges with stress-laminated timber deck, stress ribbon bridges	1,5	n.a.	n.a.	n.a.
l-b) Cable-stayed bridges	1,5	n.a.	n.a.	n.a.

Tab. 6: FprEN 1998-2, Table C.2 – Values of q for timber bridges**Projektbeteiligte Holz-Carbonbeton-Verbundbrücke, Stuttgart:****Bauherr**

Landeshauptstadt Stuttgart Tiefbauamt

Objekt- und Tragwerksplanung,**örtliche Bauüberwachung**

Harrer Ingenieure Gesellschaft Beratender Ingenieure VBI GmbH

Geotechnisches Gutachten

Henke und Partner GmbH

Prüfingenieur

Dr.-Ing. Ireneusz Bejtka

Auftragnehmer

Wolff & Müller Ingenieurbau GmbH, Ing. Holzleimbau Widmann GmbH & Co. KG (Blockträger), Balteschwiler AG (CNC-Fräsung) und Erne AG Holzbau (Verbindungsmitel)

Projektbeteiligte Franklin-Steg, Mannheim**Bauherr:** MWS Projektentwicklungsgesellschaft mbH**Objekt- und Tragwerksplanung,****örtliche Bauüberwachung:** knippershelbig GmbH & DKFS Architects LTD**Geotechnisches Gutachten:**

RT Consult GmbH

Bauherrenberatung Carbonbeton

Harrer Ingenieure Gesellschaft Beratender Ingenieure VBI GmbH

Prüfingenieur

Dipl.-Ing. Matthias Gerold

Schweißtechnische Prüfung

Dr.-Ing. Christina Schmidt-Rasche

c/o Prüfingenieur Dipl.-Ing. Matthias Zipperlen

Auftragnehmer: Schmees & Lühn Holz- und Stahl Ingenieurbau GmbH & Co. KG, mit Grossmann Bau GmbH & Co. KG (Blockträger)

6 Literatur

- [1] EN 1990 Eurocode: Basis of structural and geotechnical design (2023)
- [2] EN 1991 Eurocode 1 – Actions on structures, Part 2 – Traffic loads on bridges and other civil engineering works (2023)
- [3] FprEN 1995 Eurocode 5: Design of timber structures Part 1-1 – General rules and rules for buildings (2025-05-21), Part 2 – Bridges (2025-06-04), Part 3 – Execution (2024-06-04)
- [4] DIN CEN/TS 19103 Technische Spezifikation Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauwerken – Berechnung von Holz-Beton-Verbundbauteilen – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau (2022-02) / NA Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter (Entwurf 2024-02)
- [5] Frede, J.; Krämer, T.; Rempel, S.; Kasic, S.: 73 Meter lange integrale Holz-Carbonbeton-Verbundbrücke – Bautechnische Details zur Fußgänger- und Radwegbrücke über den Seeblickweg in Stuttgart, Beton- und Stahlbetonbau 119, S. 1–13; 2024
- [6] Rautenstrauch, K. et al.: Modellierung von diskontinuierlich verbundenen Holz-Beton-Verbundkonstruktionen – Teil 1: Kurzzeittragverhalten; in: Bautechnik 80 (2003), Heft 8, S. 534-541
- [7] Gerold, M.; Kuhlmann, U.; Di Riso, T.; Sulzberger, L.; Schänzlin, J.: Messungen des Langzeitverhaltens der Brettstapel-Beton-Verbunddecken des Südstadtblocks 9 in Tübingen; Langfassung Forschungsbericht, durchgeführt im Auftrag der DGfH, München, 2000
- [8] Schänzlin, J.: Zum Langzeittragverhalten von Brettstapel-Beton-Verbunddecken. Universität Stuttgart, Dissertation 2003
- [9] Schänzlin, J., Dias, A.: TCC and Integral Bridges; in: 4th International Conference on Timber Bridges ICTB2021PLUS, Biel (Schweiz); 2022
- [10] Gerold, M.: Was sagt der Prüfingenieur, worauf muss man achten? Wo sind die größten Hürden? Erfahrungsbericht eines Prüfingenieurs für Holzbau – Tipps für eine prüffähige Tragwerksplanung; Block A1 Schulbau – Konstruktive Lösungen in Holz; 3. Süddeutsche Fachtagung Tragwerksplanung im Holzbau (SHK), Fellbach; FORUM HOLZBAU Tragwerke & Konstruktionen; in: Tagungsbericht forum holzbau, Biel/Bienne, Schweiz (Hrsg.); 2025
- [11] Stepinac, M.; Cabrero, J.M.; Ranasinghe, K.; Kleiber, M.: Proposal for reorganization of the connections chapter of Eurocode 5; in: Engineering Structures, H. 17, S. 135–145; 2018
- [12] Simon, A.; Gerold, M.; Burkart, H.; Müller, A.: The 2nd generation of the Eurocode for timber bridges; WCTE World Conference on timber engineering 2025, Brisbane, Australien; 2025