

Der neue Eurocode 5-2 – Holzbrücken: Änderungen und Neuerungen

Matthias Gerold
Harrer Ingenieure Gesellschaft Beratender Ingenieure VBI mbH
Karlsruhe/Ostfildern/Baden-Baden, Deutschland



Der neue Eurocode 5-2 – Holzbrücken: Änderungen und Neuerungen

1. Einleitung

2004 wurden in der EU und einigen EFTA-Staaten einheitliche Bemessungsnormen eingeführt, die sogenannten EUROCODES (EC). Ziel des Europäischen Komitees für Normung (Comité Européen de Normalisation / CEN) war es, die unterschiedlichen oder sogar fehlenden Bemessungsrichtlinien in den Mitgliedsstaaten durch ein gemeinsames technisches Regelwerk mit einheitlichem Sicherheitsniveau zu ersetzen und so Barrieren in Europa weiter zu reduzieren. Um die langfristige Anwendbarkeit der Eurocodes zu gewährleisten, erteilte die Europäische Kommission im Jahr 2012 ein Mandat für die Erarbeitung einer zweiten Generation, die die ständigen technischen Entwicklungen und den Wissenszuwachs miteinbezieht (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Europäische Bemessungsnormen – Eurocodes

Quelle: Europäische Kommission, 2021

Bei der Entwicklung der zweiten EC-Generation waren die Anforderungen und Empfehlungen des EC0 und EC1 (zwingend) zu berücksichtigen.

Für die Normenreihe EN 1995 «Eurocode 5 – Bemessung von Holzbauten» (*Design of timber structures*) erarbeiten Experten in Projektgruppen (Project Team / PT) Entwürfe zu bestimmten Themen des Holzbaus. Heute wird ihre Arbeit von zehn Arbeitsgruppen (Working Group / WG) weitergeführt, die bereits zuvor die thematische Entwicklung des EC5 in Zusammenarbeit und Abstimmung mit den nationalen Normungsgremien begleitet haben. Nach einer umfassenden Überarbeitung der gesamten EC5-Reihe werden ab dem Jahr 2027 neue Versionen davon für alle Mitgliedsstaaten zur Verfügung stehen.

Bei der Entwicklung der englischen Normtexte sind die Verbformen zu beachten:

- *shall* – deutsches «muss»: Anforderung (unbedingt zu befolgen) → bisher: (P) Prinzip
- *should* – «sollte»: Empfehlung (dringend empfohlen; alternativer Ansatz möglich, sofern technisch begründet)
- *may* – «darf»: möglich/zulässig im Rahmen der Eurocodes
- *can* – «kann»: Möglichkeit und Fähigkeit → nur in Anmerkungen (*NOTE*)

Seit der Einführung der Europäischen Bemessungsnormen vor rund 20 Jahren hat sich kaum ein Bereich auf der Produktebene so stark verändert wie der Holzbau. Dem Stand der Technik entsprechend wurde das Regelwerk daher für Werkstoffe wie Furnierschichtholz (LVL) und Laubholzprodukte erheblich erweitert und neue Materialien und Verbindungsmittel wie z.B. Brettsperrholz (CLT), verleimtes Furnierschichtholz (GLVL) und Vollgewindeschrauben sowie Bauweisen wie z.B. Holz-Beton-Verbund (TCC) eingeführt (siehe /1/ bis /7/). Diese Veränderungen der neuen prEN 1995-1-1 gelten grundsätzlich auch in der prEN 1995-2. Der EC5 wird wie folgt unterteilt:

- Teil 1-1 – Gemeinsame Regeln und Regeln für Gebäude
- Teil 1-2 – Tragwerksbemessung im Brandfall
- Neu: Teil 1-3 – Holz-Beton-Verbund (en. «*Timber concrete composites*»); z.Zt. noch CEN/TS 19103
- Teil 2 – Holzbrücken
- Neu: Teil 3 – Ausführung (en. «*Execution*»)

Um die gleichzeitige Anwendung mehrerer Eurocodes zu erleichtern, sind die Überschriften der Hauptkapitel 1 bis 11 (bzw. 1 bis 5 bei Heißbemessung) in allen Material-Eurocodes jeweils identisch. Die Kapitel 2 (englisch «*Normative references*») und 3 (en. «*Terms, definitions, symbols and abbreviations*») wurden neu hinzugefügt.

Nachfolgend werden die wesentlichen Änderungen des EC5-2 Holzbrücken vorgestellt.

2. Unterschiede zur bisherigen Holzbaunorm

2.1. Dauerhaftigkeit, Robustheit, Nachhaltigkeit, Details

Eines der Hauptthemen bei der Erarbeitung der neuen Holzbrückennorm war die Umsetzung der Vorgaben der EN 1990:2022 und EN 1991-2, insbesondere die Definition von Anforderungen zur Erreichung einer Nutzungsdauer von 100 Jahren. Auszüge hierzu:

FprEN 1990:2022 (D), Definition 3.1.2.27 Instandhaltung (en. «Maintenance»)

Gesamtheit der Maßnahmen, die während der Nutzungsdauer des Tragwerks durchgeführt werden, damit es seine Zuverlässigkeitsanforderungen erfüllt.

FprEN 1990:2022 (D), A.2.5 Dauerhaftigkeit (en. «Durability»)

(1) Alle Tragwerksteile, deren Bemessungsannahme auf einer Prüfung und Instandhaltung beruht, um ihre Dauerhaftigkeitsanforderungen während der geplanten Nutzungsdauer zu erfüllen, müssen so konstruiert sein, dass Prüfung und Instandhaltung ermöglicht werden.

Umsetzung FprEN 1990:2022 (D), Tabelle A.2.2 in prEN 1995-2 als **Tabelle 4.1 (NDP)**:

	Category of Timber Structures	Design Service Life, T_{if} [years]
1	<i>Protected timber bridges (including their foundations and steel tension components according EN 1993-1-11), other civil engineering structures supporting road or railway traffic ^a</i>	100 ^b
2	<i>Timber bridges with the main structural members protected for a 50-year design service life ^b</i>	50 ^b
3	<i>Replaceable structural parts of bridges line 1 and 2 ^c</i>	25
4	<i>Temporary structures ^d</i>	≤ 10
^a See EN 1990:2022, Table A.2.2 (NDP) footnote a ^b ... Line 2 can be relevant, for example, for bridges in a low consequence class where the economic consequences of replacement after a shorter design service life are agreed to be acceptable by the relevant authority, or where not specified, agreed for a specific project by the relevant parties, for bridges in another building and noise barriers on bridges with walls made of timber elements. ^c A value of 25 years may be given for replaceable structures or parts as well. ... Steel tension components according EN 1993-1-11 shall be designed with a design service life of 100 years (see 4.1.2.2), even if they should be replaceable. ... ^d See EN 1990:2022, Table A.2.2 (NDP) footnote c. Unprotected timber members should be classified as temporary structures. For timber with high durability class see 6.1.2 (6).		

FprEN 1990:2022 (D), 4.8 Qualitätsmanagement (en. «Quality management»)

(1) Es sollten geeignete Qualitätsmanagementmaßnahmen umgesetzt werden, um ein Tragwerk zu erstellen, das den Entwurfsanforderungen und den Annahmen der Tragwerksplanung entspricht.

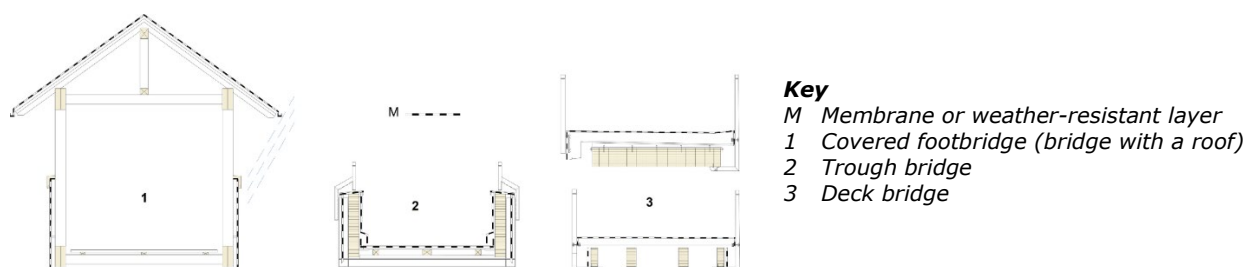
(2) Die folgenden Qualitätsmanagementmaßnahmen sollten umgesetzt werden:

- organisatorische Abläufe für Entwurf und Bemessung, Bauausführung, Nutzung und Instandhaltung;
- Kontrollen in der Entwurfsphase, während der konstruktiven Durchbildung, bei der Bauausführung, während der Nutzung und Instandhaltung.

Im Entwurf prEN 1995-2 Holzbrücken wurden im Hinblick auf die geplante Nutzungsdauer die Begriffe geschützt und ungeschützt eingeführt. Die zugehörige Definition lautet:

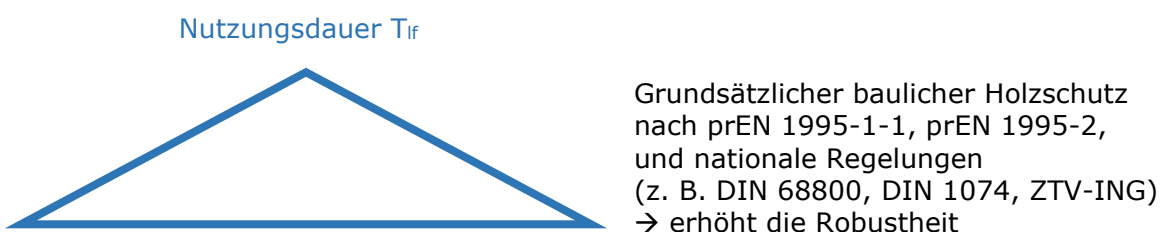
prEN 1995-2, **3.1.2 Protected Member** (ge. «Geschütztes Bauteil»)

structural member not exposed to direct weathering such as rain, snow, or other sources of moisture ingress.



prEN 1995-1-1, Figure 3.1: Examples of protected timber bridges

Grundsätzlich tragen die Dauerhaftigkeit und damit Nachhaltigkeit zur Wirtschaftlichkeit von Holzbauwerken bei. Daher ist das folgende sog. «magische Dreieck» zu beachten:



Instandhaltungskosten, Konstruktionsweise, -details (siehe prEN 1995-2, Annex D)

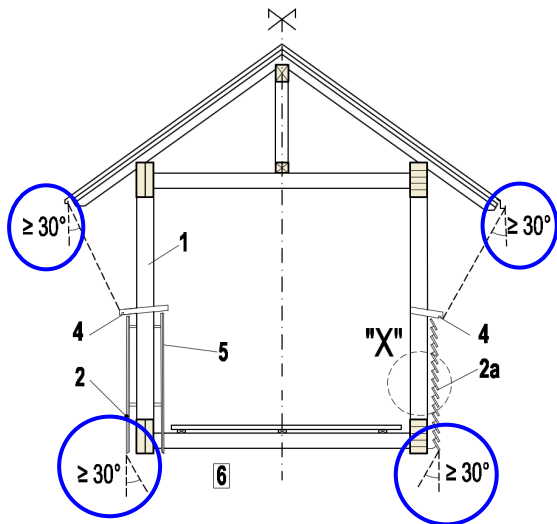
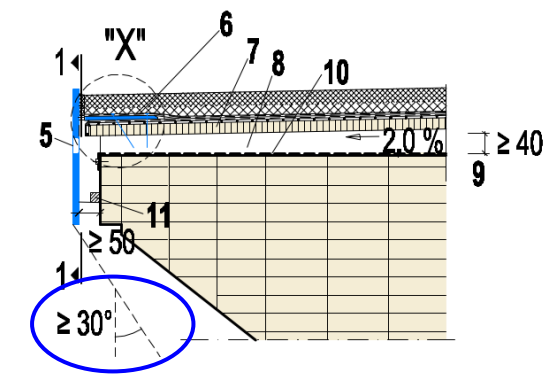
Da Bauschaffende die Sprache der Ausführungsplanung sprechen, wird in einem neuen informativen Anhang D anhand stark vereinfachter Zeichnungen beispielhaft dargestellt, wie Holzbrücken grundsätzlich geschützt werden können. Es werden 5 Möglichkeiten für den grundsätzlichen baulichen Holzschutz, 3 Beispiele für Dehnungsfugen und 2 Beispiele für den Anschluss von Brückenkappen an den Überbau. Um dem gerecht zu werden, werden im informativen Anhang B zusätzliche Anforderungen an die Prüfung und Instandhaltung von Holzbrücken bereitgestellt. Beide Anhänge können national ergänzt, aber auch ganz oder in Teilen abgelehnt (NDP) werden.

In diesem Zusammenhang wurden in prEN 1995-2, 6.2 auch die Erfahrungen in Deutschland und der Schweiz mit Asphaltbelägen eingebracht (siehe auch /8/).

Alle Bilder («Figures», s.o.) – 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. Hinweise und Kommentare zu einer Zeichnung werden jetzt in Paragraphen und Notes nach dem Key angegeben.

Nachfolgend werden beispielhaft zwei grundsätzliche Hinweise anhand einzelner Zeichnungen gegeben: Der Erste betrifft den baulichen Schutz tragender Holzbauteile vor eingetragener Feuchtigkeit. Die Oberflächen tragender Holzbauteile können dann als geschützt angesehen werden, wenn sie durch überstehende Dächer oder hinterlüftete Bekleidungen vor Regen unter einem Einfallswinkel von mindestens 30° gegenüber der Vertikalen geschützt sind – sofern nicht lokale Erfahrungen einen größeren Winkel erfordern. Der zweite Hinweis betrifft die Hinterlüftung zur Abführung von Kondensat sowie die Entfernbarekeit von Bekleidungen (4) zur Prüfung. Bei Einhaltung der Querschnitte kann auf einen aerodynamischen Nachweis verzichtet werden.

Der Schutz stählerner Verbindungsmittel in Holzbrücken vor Korrosion wird in Tabelle 6.2 der prEN 1995-2 behandelt. Neu ist, dass neben der bekannten Nutzungsklasse (NKL, en. SC) nunmehr auch die Holz-Expositions-Klasse T_E und die Expositions-Klasse C_E der Atmosphäre zu beachten sind. Der Schutz von Stahlbauteile ist im EC3 geregelt.

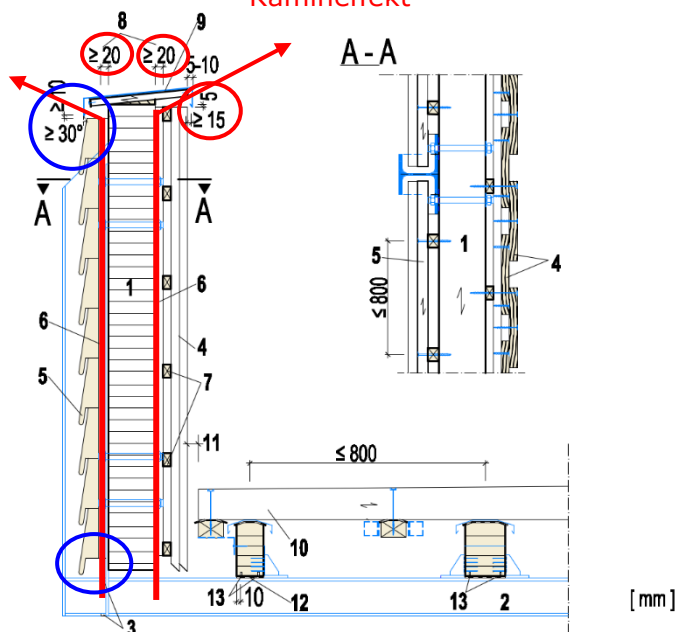


Regen:
Einfallswinkel
mindestens
30° gegen
die Vertikale

prEN 1995-1-1, Annex D – Durability, drawing T-Pos 3 and Pos-3: Constructional wood protection
above
below
Possibility 3: Closed road surface: sealing system
Possibility 1: Sheathing by roof and claddings

Kamineffekt

Kamineffekt



Key

A-A Section A-A

4 Cladding (generally outside) *)
5 Vertical weather boarding (outside) *)

*) Bekleidungselemente für Inspektion
örtlich leicht entfernbar

8 Ventilation openings, horizontal
≤ 100 cm³ / m, vertical ≤ 50 cm² / m

Mindest-Lüftungsöffnungen für
den Kamineffekt rot eingekreist

prEN 1995-1-1, Annex D – Durability, drawing T-Pos 2: Constructional wood protection
Possibility 2: Sheathing of through bridge

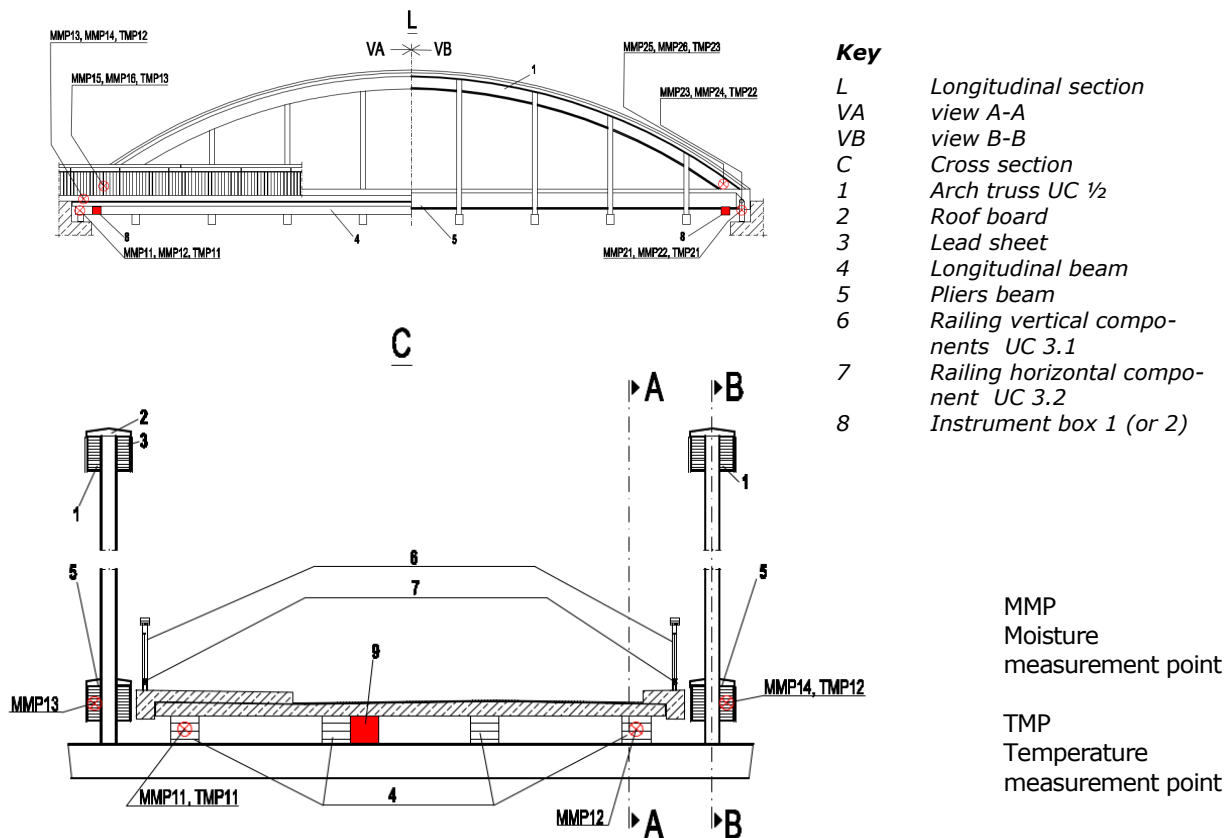
prEN 1995-2, Table 6.2: Timber exposure T_E -categories and atmospheric exposure C_E -categories with examples of minimum requirement for thicknesses for pure zinc coating, hot-dipped galvanized coating, and types of stainless steels for timber bridges (outdoor) with a design service life of 100 years [50 years]

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}	$L_{sea} > 10 \text{ km}$ $L_{street} > 100 \text{ m}$ and/or low polluted area ($< 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ of SO_2)	T_{R3} : 40 μm (n/a if T_{E4}) [20 μm (55 μm if T_{E4})]	CRC II (e.g. 1.4301)
	T_{E3}/T_{E4}	C_{E3}	$10 \text{ km} > L_{sea} > 3 \text{ km}$ $100 \text{ m} > L_{street} > 10 \text{ m}$ 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]	CRC III (e.g. 1.4401)
	T_{E3}/T_{E4}	C_{E4}	$3 \text{ km} > L_{sea} > 0,25 \text{ km}$ $L_{street} < 10 \text{ m}$ and/or high polluted area ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{SO}_2 \leq 90 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	$C_{R4}^{b)}$: n/a ^{g)} [110 μm]	CRC III (e.g. 1.4401)
	T_{E3}/T_{E4}	C_{E5}	$L_{sea} < 0,25 \text{ km}$ and/or very high polluted area ($90 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{SO}_2$)	$C_{R5}^{b)}$: n/a	CRC III (e.g. 1.4529)
Permanent in contact with ground- or fresh-water (SC4)	T_{E5}	n/a ^{g)}	For $T_{E5}/\text{SC4}$ especially in case of sea-water each case should be evaluated individually.	$C_{R5}^{b)}$: n/a	CRC III to CRC V

2.2. Prüfung und Instandhaltung

Darüber hinaus sind Brücken aller Materialien in regelmäßigen zeitlichen Abständen zu untersuchen, wofür ein Monitoring hilfreich sein kann. In der Zeichnung D.6.1 im Anhang D wird am Beispiel einer Bogenbrücke gezeigt, an welchen Stellen die Einrichtung welcher Monitoringsysteme hilfreich ist – auch im Hinblick auf die Nutzungsklasse (Use Class / UC) nach EN 355; siehe hierzu Table D.1.

Ausgehend von EN 1990:2022 nimmt das Thema der Dauerhaftigkeit und damit auch das der Inspektion und Unterhaltung einen deutlich größeren Stellenwert auch in der Holzbaunorm ein; siehe auch Abs. 3.1.1 sowie Hinweis auf prEN 1995-2, Anhang B.



prEN 1995-1-1, Figure D.6.1: Detailing T-Mon – Moisture Monitoring – Example arch truss (timber bridge) – Use classes UC

prEN 1995-1-1, Table D.1: Components of an arch road bridge (example)

Component	Use class (UC) [Service class SC]	Protective measure	Wood type	Durability Class (DC)
	EN 335 [prEN 1995-1-1]	EN 1995-2 Sample drawings	EN 13556	EN 350, Table B.1
Longitudinal beam	2 [2]	Weather protection through roadway slab and transition 1, protection of the truncated wood fibres, protection against insect attack through technical drying, visibility and control of insect infestation	Spruce as glulam	4
Arch truss / pliers beam	2 [2]	Weather protection by cladding and shuttering, protection against insects by technical drying and insect protection grid, visual inspection every 6 years by removal of claddings	Spruce as glulam	4
Railing	Vertical: 3.1 [3] Horizontal: 3.2 [3]	None, maintenance Component	European larch	3

2.3. Zukünftig EN 1995-1-3; z.Zt. CEN TS 19103 Holz-Beton-Verbund-Bauwerke und Integrale Brücken (*integral abutments*)

Die Bemessungsregeln für Holz-Beton-Verbund (HBV)-Konstruktionen sollen in der Bau-praxis erprobt werden. Hierzu wurde die europäische Vornorm bereits u.a. ins Deutsche übersetzt und als DIN CEN/TS 19103 (Vornorm 2022-02) veröffentlicht.

In der Technischen Spezifikation (*technical specification*) TS ist das Trag- und Verformungsverhalten der Kerbe als Schubverbundmittel geregelt. Im Hinblick auf die abhebenden Kräfte der Kerbe sind Beanspruchungen auf diese Abhebesicherung (Tellerkopfschrauben) angegeben.

Ausgehend von den Untersuchungen an der Universität Stuttgart wurde festgestellt, dass durch das rheologische Materialverhalten (Schwinden und Kriechen sind zeitlich gegenläufig) neben den Zeitpunkten $t=0$ und $t=\infty$ auch dieser Zeitraum 3 bis 7 Jahre nachzuweisen ist, da i.d.R. maßgebend wird (Allgemein anerkannter Stand der Technik; vgl. /6/).

Grundsätzlich sind auch alle bisher durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung / allgemeine Bauartgenehmigung (abZ/aBG) bzw. europäisch technischer Bewertung (ETA) geregelten Verbindungsmittel einsetzbar.

Für die Bemessung und Ausführung eingeklebter Stahlstangen wurde zunächst ein Technischer Bericht (en. «Technical Report» (TR) zum Stand der Technik dieser speziellen Verbindungsart vorbereitet. Dessen Inhalt wurde zwischenzeitlich in der prEN 1995-1-1, Kapitel 11, und der prEN 1995-3 aufgenommen, sodass der TR nicht weiter als eigenständiger Teil verfolgt wird.

Da sich die Kriechfaktoren für Beton in HBV-Brücken von denen in bekannten Hochbaukonstruktionen aufgrund deutlich größerer Querschnitte unterscheiden, enthält der neue normative Anhang A der prEN 1995-2 entsprechende Bestimmungsgleichungen.

Hinsichtlich der Ausführung Integraler Brücken in Holz-Beton-Verbund-Bauweise (siehe beispielhaft nachfolgende Bilder zur Rokoko- und Bahnhofsbrücke in Schwäbisch Gmünd) hat das ProjektTeam SC5.T6 keinen über die EN 1990, A.2.7.10 hinaus gehenden Regelungsbedarf gesehen.

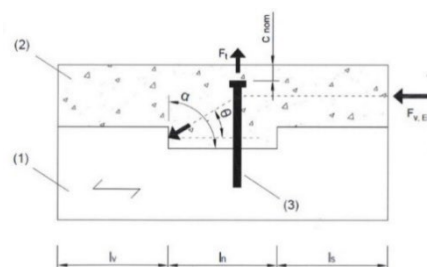
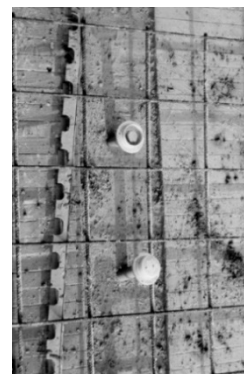
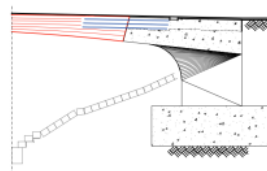
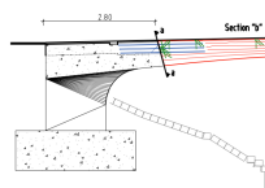


Figure 10.2 – Notched connection dimensions



Längsansicht-Auflagerbereiche
Fully integral – full height abutments



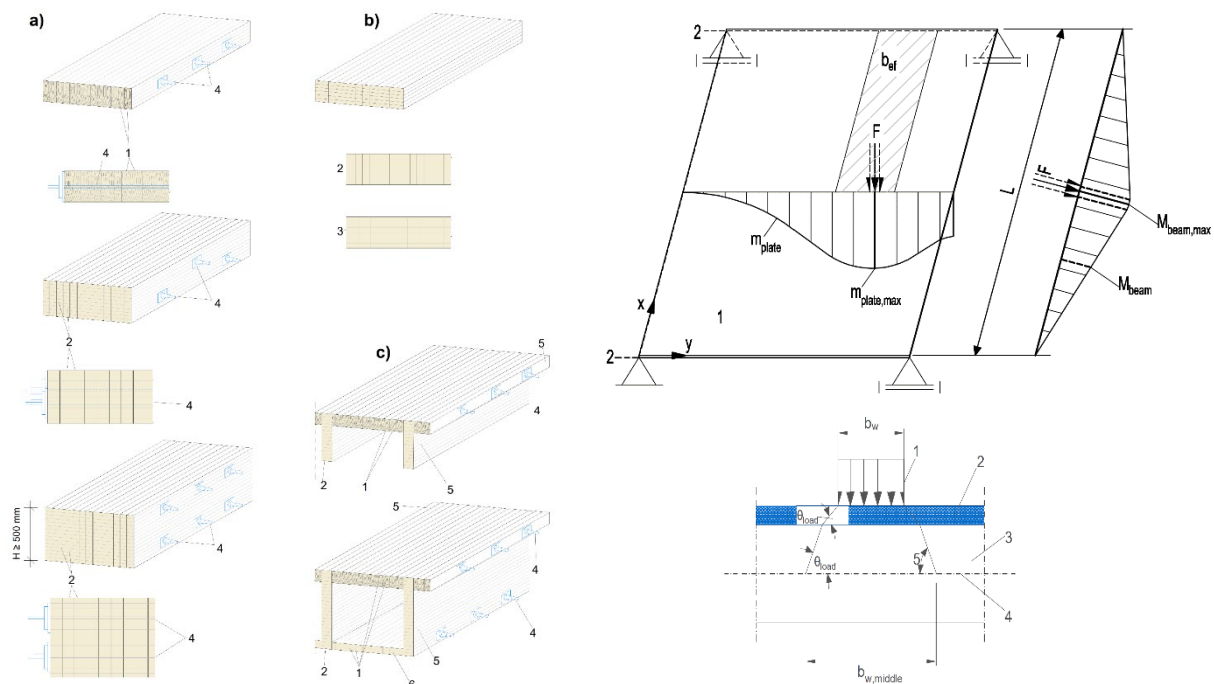
2.4. Hölzerne Fahrbahnplatten

Die Mehrheit der europäischen Staaten war dafür, die gegenüber der prEN 1995-2:2010 fortgeschriebenen Bemessungsverfahren in die normativen Anhänge L und O des Hauptteils der neuen prEN 1995-1-1 zu übernehmen. Dies schließt die nachfolgende Tabelle ein, in der Reibkoeffizienten μ zwischen Nadel-schnittholzlaminiierungen sowie zwischen Nadel-schnittholzlaminiierungen und Beton angegeben werden für den Fall, dass keine davon abweichenden Werte nachgewiesen wurden.

prEN 1995-1-1, Table L.1: Reibbeiwerte μ für verschiedene Verbindungen von Strukturen im Außenbereich

Oberflächenrau- igkeit der Laminierung	Rechtwinklig zur Faserrichtung μ_{90} [-]	Parallel zur Faserrichtung μ_0 [-]
Schnittholz zu Schnittholz	0,40	0,30
Hobelware zu Hobelware	0,30	0,25
Schnittholz zu Hobelware	0,40	0,30
Holz zu Beton	0,40	0,40

In der Schweiz ist die vor allem von Prof. Gehri weiterentwickelte «QS-Bauweise» bekannt. Hierbei werden Vollholzbalken in Spannrichtung nebeneinandergelegt und mit Stahlstäben quer zur Faserrichtung als Fahrbahnplatte zusammengespant (siehe Figure 8.1 a). Dadurch können die (punktförmigen) Radlasten über mehrere Balken verteilt werden (siehe Bild ganz rechts oben). Heutzutage werden diese Fahrbahnplatten (Holz-decks) vor allem in den skandinavischen und baltischen Staaten eingesetzt, auch unter Verwendung von Brettschichtholz (BSH) oder Brettsperrholz (BSP).



prEN 1995-2, Figure 8.1: Examples of timber decks for bridges made of lamellas

Hinzuweisen ist noch auf den informativen Anhang E, der Hinweise zu Verformungen und Maßänderungen von Holzkonstruktionen unter wechselnden Umweltbedingungen wie Temperatur oder Holzfeuchte sowie Hinweise zu quer vorgespannten Deckplatten aus Holz (u. a. zum «Schüsseln» der Plattenseiten) enthält.

2.5. GZG (en. «SLS»): Durchbiegungen, Verformungen

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) sind Durchbiegungen infolge von Verkehrs- und Windeinwirkungen bei Holzbrücken zu prüfen und zu begrenzen, um unerwünschte dynamische Einwirkungen durch den Verkehr, die Verletzung erforderlicher Abstände, Risse in der Deckschicht und Schäden am Entwässerungssystem zu vermeiden.

Holzbrücken biegen sich im Allgemeinen stärker durch als Stahl- oder Betonbrücken, was auf den relativ niedrigen Elastizitätsmodul (E-Modul) von Holz und den für Holzverbindungen typischen relativ niedrigen Gleitmodul zurückzuführen ist. Der Bereich der Grenzwerte für Balken, Platten oder Binder mit Spannweite L ist in Tabelle 9.2 angegeben. Die empfohlenen Werte sind unterstrichen. Die verwendeten Werte können auf nationaler Ebene gewählt und müssen dann im Nationalen Anhang angegeben werden. Enthält der Nationale Anhang keine entsprechenden Informationen, sind die Werte aus Tabelle 9.2 zu verwenden.

Die maximale elastische Verformung unter variabler Belastung sollte («*should*») aus Gründen der Nutzungsfreundlichkeit angegeben werden.

prEN 1995-2, Table 9.2 (NDP): Grenzwerte für die Durchbiegung von Holzbalken, -platten und -bindern

Einwirkung (Wert für häufige Belastung)	Bereich der Grenzwerte	
	vertikal	horizontal
Verkehrslasten auf Straßenbrücken ¹⁾	<u>L/600</u> bis L/750	-
Verkehrslasten auf Fuß-, Radwegen und Fußgängerbrücken	<u>L/600</u> bis L/900	-
Windlasten	-	<u>L/700</u> bis L/1500
¹⁾ Bei der Bemessung kann das Fahrzeug wie folgt positioniert werden: - im Falle von Holzplatten in der Mitte der Fahrbahn; - im Falle von Hilfskonstruktionen so nah wie möglich am Rand der Fahrbahn.		

Darüber hinaus sollten («*should*») die Anforderungen an langfristige Verformungen unter Dauerbelastung einschließlich Kriecheffekte berücksichtigt werden.

Die Überhöhung sollte («*should*») mindestens den langfristigen Verformungen entsprechen, die durch Eigenlasten und quasi-ständige Anteile von Verkehrslasten verursacht werden.

Bei flachen Brücken sollte eine Vorwölbung aus Gründen des Wasserabflusses und der Ästhetik vorgenommen werden.

In 6.2 (1) NOTE werden zusätzliche Grenzwerte für Dichtungssysteme angegeben.

Um lokale Schäden am Dichtungssystem einer Brückenplatte zu vermeiden, sollte die Längszugbelastung die typische Zugbelastbarkeit der Dichtungsmembran nicht überschreiten. Liegen keine Angaben zur Dehnungsfähigkeit vor, kann für die Bemessung der Plattenoberseite ein Wert von 1,5‰ verwendet werden. Es sollte die typische Lastkombination benutzt werden.

2.6. prEN 1998-2: Erdbebenbemessung «earthquake resistance»/«seismic design»

Im prEN 1998-2 «Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben: Brücken» werden nun auch Holzbrücken berücksichtigt. Hier wurden die Vorschläge von SC5.T6 weitestgehend übernommen – überwiegend in einen Informativen Anhang C. Die prEN 1995-2 enthält ergänzende Informationen in einem ebenfalls Informativen Anhang C.

Spannend wird noch die Frage, wie die Normenreihe auf Gebiete mittlerer oder geringer Seismizität mittels national zu wählende Parameter / Regelungen adaptiert werden kann.

Im Übrigen soll an dieser Stelle auf den Vortrag /7/ verwiesen werden.

2.7. GZG (en. «SLS»): Schwingungen, Dämpfung

Die bisher bekannten Anhänge A (Ermüdung) und B (Schwingungen, Dämpfung) wurden in den Hauptteil der prEN 1995 integriert. Um die Nutzungsfreundlichkeit in beiden Bereichen zu erhöhen, wurden die Nachweisverfahren speziell für Brücken im Vergleich zur prEN 1995-1-1 bzw. EN 1990:2022 vereinfacht (siehe nachfolgender Zusammenhang zwischen der vertikalen Eigenfrequenz f_{vert} und dem Reduktionsfaktor ψ_{vert} (für Laufen und Walken) aus dem erläuternden *Background Document* (BGD).

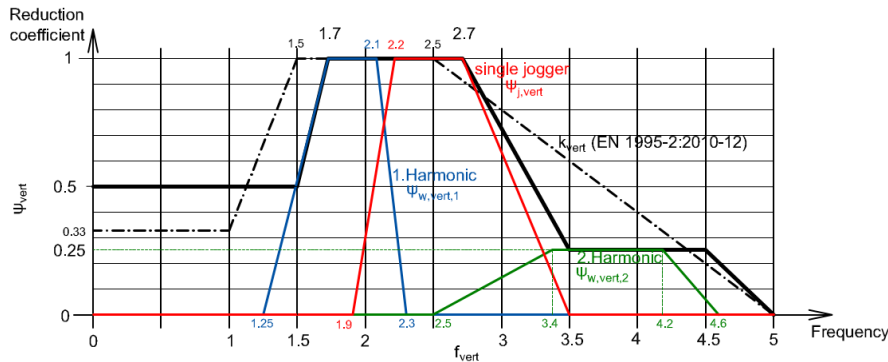


Figure 9.1 BGD - Relationship between the vertical and longitudinal fundamental natural frequency f_{vert} and the coefficient ψ_{vert}

Die Grundlagen zur Bemessung von Fußgängerbrücken unter personeninduzierter Anregung sind in /5/ ebenso angegeben, wie die Regelungen im neuen EN 1991-2, Anhang G, und des neuen EN 1990, Anhang H – erweitert um die Erläuterungen in der prEN 1995-2 für den Anwender zum besseren Verständnis der *Table H.1 «Comfort levels and corresponding allowed vertical and horizontal accelerations»* und der *Table G.1 «Traffic Classes»*. In *Table G.1* der EN 1991-2 werden verschiedene harmonische Frequenzen angegeben für Anregungen durch einen Fußgängerstrom, eine Gruppe von Fußgängern, und einen Jogger/Walker (siehe Figure 9.1 BGD). Darauf aufbauend wurde ein vereinfachtes Nachweisverfahren entwickelt (schwarze Linie in Figure 9.1 BGD). Sofern die Nachweise nicht eingehalten werden, sind die genaueren Nachweise nach EN 1990 und EN 1991-2 zu führen. Ferner sind in prEN 1995-2 Werte zur kritischen Dämpfung nach Lehr angegeben.

2.8. Ermüdung

Nach der Diskussion verschiedener anderer Überprüfungsmodelle im SC5.T6 (siehe Hintergrundpapier / BGD) wurde beschlossen, das bisherige k_{fat} -Modell, wie es in der aktuellen Fassung der EN 1995-2:2010 verwendet wird, beizubehalten. Da Ermüdungserscheinungen nicht nur bei Holzbrücken auftreten, sondern bei allen Arten von Holzkonstruktionen, einschließlich Schwingungen durch Industriemaschinen, Kranbahnen, mehrgeschossiger Holzbau, Türmen für Windkraftanlagen, Verkehrsschildern und Glockentürmen, wurden die Regelungen in den allgemeinen Teil prEN 1995-1, Kapitel 10, verschoben. Die allgemeine Bemessung von Hochbaubemessung mit Holzbauteilen wurde hierauf angepasst.

Grundlage der Nachweise der Ermüdungsbeanspruchbarkeit ist das Spannungsverhältnis R_T der arithmetisch minimalen zur maximum Spannung eines speziellen Spannungszyklus der Holzbemessung. Da der Faktor die Reduktion der Ermüdungsbeanspruchung mit der Anzahl der Lastzyklen darstellt, hängen die k_{fat} -Werte von R_T ab. Als Vereinfachung gegenüber einer «vollständigen» k_{fat} -Überprüfung wurde vorgeschlagen nur zu berücksichtigen, ob die Ermüdungsbeanspruchung alternierend ist (sog. Wechselbeanspruchung) oder nicht (sog. Schwellbeanspruchung), um dann die k_{fat} -Werte für $R_T = 0$ oder $R_T = -1$ in Bezug zu nehmen.

In die Nachweisgleichungen sind neben der erwarteten Lebensdauer (im Hochbau 50 Jahre) auch die maximale Anzahl der Lastwechsel zu berücksichtigen.

In der prEN 1995-2 wurden nur die Teile beibehalten, die besonders für Holzbrücken relevant sind:

- einige allgemeine Teile zur Bewertung der Ermüdung von Holzkonstruktionen;
- Teile des Dokuments, die sich mit Ermüdungslastmodellen befassen;
- ein vereinfachtes Ermüdungsnachweismodell speziell für Brücken.

Die k_{fat} -Werte wurden nach dem aktuellen Anhang A in EN 1995-2:2010 für $2 \times 2 \times 10^6$ Lkw pro Jahr bewertet («worst case» gemäß der aktueller EN 1991-2:2010: zwei Fahrspuren, 100 Jahre Bemessungslebensdauer und $\beta = 3$ (erhebliche Auswirkungen)). Daraus ergibt sich eine Bemessungslastwechselzahl von $1,2 \times 10^9$. Unter Berücksichtigung der erstgenannten Parameter ($T_{if} = 100$ Jahre, $N_{obs} = 2 \times 10^6$ auf 2 Fahrspuren) konnte die Gleichung in der prEN 1995-1-1 vereinfacht und in der prEN 199-2 nachfolgende Tabelle 10.1 angegeben werden.

prEN 1995-1-1, Table 10.1: Reduction factors k_{fat} for simplified verification for $\beta = 1$ [$\beta = 3$]

	Compression	Bending and tension axial	Connections with dowels
$-1 \leq R < 0$ (reversed loading)	-	0,13 [0,08]	0,04 [-]
$0 \leq R$ (non-reversed loading)	0,52 [0,49]	0,17 [0,13]	0,28 [0,24]

3. Fazit, Ausblick

Es bleibt festzuhalten, dass die EC5-Bestimmungen zur Standsicherheit von Bauwerken überarbeitet, aufgrund der zwischenzeitlichen Erfahrungen erweitert und an den Stand der Technik angepasst wurden.

Der Geltungsbereich auch des Holzbrückenteils hat sich erheblich vergrößert, da neue Holzprodukte, Verbindungen und Bauweisen Eingang gefunden haben. Das zentrale Interesse der Aktualisierung lag auch in der Erhöhung der Nutzerfreundlichkeit durch Neustrukturierung, Homogenisierung, Vereinheitlichung und Anwenderfreundlichkeit – daher auch die Vereinfachung so mancher Regelung (siehe Schwingungs- und Ermüdungsnachweise). Trotz einer erhöhten Seitenzahl und der gestiegenen Anzahl an NDPs (u.a. aufgrund von EC0 und EC1) haben die Normenschreiber:innen stets die Frage der Praxistauglichkeit im Auge behalten.

Als Schlussfolgerung kann aber festgehalten werden: Die zweite Generation des EC5 ist keine Revolution, sondern eine Evolution/Weiterentwicklung.

Die endgültigen Dokumente (*final document* / *FIN DOC*) aller 5 EC5-Teile wurden 2023 technisch fertiggestellt und zusammen mit Hintergrunddokumenten (*Background Document* / *BGD*) und den Übersetzungen in die beiden anderen Amtssprachen Deutsch und Französisch veröffentlicht. 2023 ist auch das Jahr, in dem die Mitgliedsstaaten im Rahmen des *Formal Enquiry* noch technische Einsprüche einbringen können; zum *Formal Vote* (FV) im April/Mai 2025 sind nur noch editorielle Einsprüche möglich. Die verbleibenden Schritte des Normungsprozesses sind in Tabelle 1 ab der Zeile in blau dargestellt.

Tabelle 1: Zeitplan für die Veröffentlichung der zweiten EC5-Generation

Committee/Group	Task/Milestone	Date
EU	Mandate M 515	2012
CEN	Technical work starts	2015
TC 250/SC 5	Work of project teams (PT)	2016-2021
CCMC	DIN and AFNOR ends translation for ENQ	20.06.2023
TC 250	Start CEN Enquiry	14.09.2023
TC 250	End of CEN Enquiry	04.01.2024
TC 250	SC ends Review for Formal Vote (FV)	25.08.2023
TC 250	TC 250 chair/secretariat end check for FV	18.10.2024
TC 250	Start FV	01.04.2025

TC 250	End of FV	26.05.2025
CCMC	CCMC ends editing for publication	24.06.2025
CCMC	DIN and AFNOR ends (final) translation for publication	29.07.2025
TC 250, CCMC	Crossover CEN/TS 19103 (TCC) into EN 1995-1-3	2025-2026
DIN	Drafting new national Annexes (NAD's)	2023-2025
DIBt	Withdraw contrary national regulations	2027-??
EU	Publication in the Official Journal	2027-??

Der für 2025 bzw. 2027 geplante Abschluss der Arbeiten an den europäischen Holzbau-normen scheint noch in weiter Ferne zu liegen und die nationalen Anwendungsdokumente werden wahrscheinlich erst 2027 vorliegen; doch die meisten wesentlichen Änderungen sind bereits bekannt. Der Anwendungsbereich ist zwangsläufig gewachsen, um neue Holzbauprodukte zu berücksichtigen sowie bekannte Bemessungsansätze zu erweitern und zu optimieren. Dennoch wird, wie schon bei der ersten EC5-Generation, ein zusätzlicher Lern-, Schulungs- und Ausbildungsprozess notwendig sein. Zusammenfassend lässt sich sagen: Die zweite Generation des EC5 ist keine Revolution, sondern eine Evolution, die konsequent auf den Prinzipien und Erfahrungen der Vorgängerversion aufbaut.

4. Literatur

- [1] Schenk, M.; Werther, W.; Gerold, M. 2022 The Next Generation – Die Weiterentwicklung der Holzbaubemessung nach Eurocode 5. In: Quadriga, H. 6, p. 16 - 19
- [2] Dietsch, P.; Schickhofer, G.; Brunauer, A.; Tomasi, R.; Hübner, U.; Krenn, H.; Mestek, P.; Moosbrugger, T.; Wiegand, T. 2018 Eurocode 5:2022 – Einführung in die neuen Abschnitte Brettsper Holz und Verstärkungen. In: Karlsruher Tage 2018 – Holzbau – Forschung für die Praxis, S. 65-84, Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine (Hrsg.)
- [3] Hübner, U. 2022 Überblick über das neue Kapitel zur Verbindungstechnik im Eurocode 5. In: 26. Internationales Holzbau-Forum IHF 2022, Band I, S. 267-276
- [4] Gerold, M. 2023 Die nächste Generation Eurocode 5 – aktueller Stand, wichtige Änderungen. In: Deutsche Sachverständigentage für Holzbau und Ausbau 2023
- [5] Hamm, P. 2022 Vibration, Deflections. In.: 4th International Conference on Timber Bridges ICTB2021^{PLUS}, Biel (Schweiz)
- [6] Schänzlin, J.; Dias, A. 2022 TCC and Integral Bridges. In.: 4th International Conference on Timber Bridges ICTB2021^{PLUS}, Biel (Schweiz)
- [7] Gerold, M. 2022 The further Development of the Design of Timber Structures according to Eurocode 5 – Part 2: Timber Bridges. In.: 4th International Conference on Timber Bridges ICTB2021^{PLUS}, Biel (Schweiz)
- [8] Müller, A.; Schiere, M.; et al. 2022 Details for timber bridges with asphalt wearing surfaces - Creating a connection between asphalt surface and timber deck bridges. In.: 4th International Conference on Timber Bridges ICTB2021^{PLUS}, Biel (Schweiz)