

Empfehlungen für Technische Vertragsbedingungen für Holzbrücken - ETV-HolzBr

Vorwort

Ziel

Die „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten“ (ZTV-ING) der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) beschreiben in zehn Teilen (1 Allgemeines; 2 Grundbau; 3 Massivbau; 4 Stahlbau, Stahlverbundbau; 5 Tunnelbau; 6 Bauverfahren; 7 Brückenbeläge; 8 Bauwerksausstattung; 9 Bauwerke; 10 Anhang) Anforderungen, die bei der Erstellung von Ingenieurbauwerken in der Hoheit des Bundes und der Länder zu berücksichtigen sind [ZTV-ING]. Ein Teil „Holzbau“ existiert nicht. Das vorliegende Dokument schließt diese Lücke.

Geltungsbereich

Diese „Empfehlungen für Technische Vertragsbedingungen für Holzbrücken (ETV-HolzBr)“ regeln Ingenieurbauwerke in Holzbauweise und gelten insbesondere für geschützte Holzbrücken, zu denen sowohl reine Holzkonstruktionen, als auch kombinierte Holz- und Stahl- sowie Holz-Beton-Verbundkonstruktionen zählen.

Diese ETV regeln keine Lärmschutzwände aus Holz (siehe dazu [ZTV-LSW 06]).

Diese ETV gelten in Verbindung mit den ZTV-ING Teil 1 Allgemeines der BASt.

Verfasser

Die Entwicklung der „Empfehlungen für Technische Vertragsbedingungen für Holzbrücken – ETV-HolzBr“ erfolgte im Rahmen des Forschungsprojektes „Entwicklung einheitlicher Richtlinien für den Entwurf, den Bau, die Überwachung und Prüfung geschützter Holzbrücken – Protected Timber Bridges (ProTimB)“. Das Projekt wurde finanziert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung, den Firmen der Qualitätsgemeinschaft Holzbrückenbau e.V. und dem Ingenieurbüro Setzpfandt Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG.

Projektleitung und Forscherteam:

Prof. Dr.-Ing. Antje Simon	Fachhochschule Erfurt
Prof. Dr.-Ing. Ralf Arndt	Fachhochschule Erfurt
Dr.-Ing. Markus Jahreis	Fachhochschule Erfurt
Johannes Koch	Fachhochschule Erfurt

Die Entwicklung der ETV-HolzBr wurde begleitet von einer Arbeitsgruppe, der folgende Experten angehörten:

Jürgen Schaffitzel	Schaffitzel Holzindustrie GmbH + Co. KG, Schwäbisch-Hall
Josef Schmees	Schmees & Lühn Holz- und Stahlingenieurbau GmbH & Co.KG, Fresenburg
Jürgen Pohlmann	Grossmann Bau GmbH & Co. KG, Rosenheim
Dr.-Ing. Gerhard Setzpfandt	Setzpfandt Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG, Weimar
Dr.-Ing. Karl Kleinhanß	Qualitätsgemeinschaft Holzbrückenbau e. V., Frielzheim
Matthias Gerold	HARRER Ingenieure Gesellschaft beratender Ingenieure VBI mbh, Karlsruhe
Prof. Volker Schiermeyer	HSW-Ingenieure Schiermeyer · Wiesner GbR, Bad Oeynhausen
Dr.-Ing. Tobias Wiegand	Studiengemeinschaft Holzleimbau e. V.
Frank Miebach	Ingenieurbüro Miebach, Lohmar
Prof. Andreas Müller	Berner Fachhochschule, Biel (CH)
Dr.-Ing. Arnold Hemmert-Halswick	Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach
Michael Müller	Landesbetrieb Straßenbau NRW, Leverkusen
Prof. Dr.-Ing. Thomas Uibel	Fachhochschule Aachen

Für die Erarbeitung einzelner Kapitel wurden weitere Experten hinzugezogen:

Dr.-Ing. Thomas Baron, Bauhaus-Universität Weimar (Kapitel 2 – Holzschutz)
Dr.-Ing. Andreas Burkert und Herr Thoralf Müller, Bundesanstalt für Materialforschung und Prüfung, Berlin (Kapitel 3 – Metallene Verbindungsmittel und Stahlteile)

Empfehlungen für Technische Vertragsbedingungen für Holzbrücken - ETV-HolzBr

Inhaltsverzeichnis

1	Anforderungen an Holz, Holzwerkstoffe und Klebstoffe	5
1.1	Allgemeines	5
1.2	Holzarten	5
1.3	Thermisch und chemisch modifizierte Hölzer	5
1.4	Anforderungen an Bauschnittholz	5
1.5	Anforderungen an Klebstoffe	5
1.6	Anforderungen an Holzwerkstoffe	6
1.7	Anforderungen an Querschnittsabmessungen	6
1.8	Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit	7
1.9	Begrenzung der Formänderungen infolge Quellen und Schwinden	7
1.10	Holzfeuchtemonitoring	7
2	Holzschutz	7
2.1	Allgemeines	7
2.2	Anforderungen an Bauteile in Abhängigkeit von der Gebrauchsklasse	8
2.2.1	Einordnung einzelner Bauteile in die Gebrauchsklassen	8
2.2.2	Vorbeugende Maßnahmen für Bauteile in GK 1	8
2.2.3	Vorbeugende Maßnahmen für Bauteile in GK 2	8
2.2.4	Vorbeugende Maßnahmen für Bauteile in GK 3.1	9
2.2.5	Vorbeugende Maßnahmen für Bauteile in GK 3.2	9
2.3	Natürliche Dauerhaftigkeit von Holzarten	9
2.4	Baulicher Holzschutz	10
2.5	Chemischer Holzschutz	12
2.6	Beschichtungen	13
3	Metallene Verbindungsmittel und Stahlteile	13
3.1	Allgemeines	13
3.2	Anforderungen an metallene Verbindungsmittel	14
3.3	Ermittlung der Korrosionsbelastung	14
3.3.1	Allgemeines	14
3.3.2	Korrosionsbelastung infolge atmosphärischer Umgebungseinwirkungen	14
3.3.3	Korrosionsbelastung infolge Feuchte, Holzinhaltstoffen und Schutzmittel	15
3.4	Anforderungen an den Korrosionsschutz	16
4	Holz-Beton-Verbund	17
4.1	Allgemeines	17
4.2	Holz	17
4.3	Beton	18
4.4	Verbindungsmittel	18
4.5	Verbundbauweisen	18
4.6	Hinweise für Entwurf und Konstruktion	18

5	Grünbrücken	19
5.1	Allgemeines	19
5.2	Abdichtung zum Erdreich	19
5.3	Holzschutz	20
5.4	Korrosionsschutz	20
6	Bauausführung	20
6.1	Allgemeines	20
6.2	Herstellung der Bauteile	21
6.3	Transport und Lagerung	21
6.4	Wareneingang im Werk bzw. auf der Baustelle, Lieferung von Holzbauteilen	21
6.4.1	Hinweise zur Wareneingangskontrolle	21
6.4.2	Prüfung der Begleitdokumente	22
6.4.3	Zulässig Maßtoleranzen und deren Kontrolle.....	22
6.4.4	Kontrolle der Holzfeuchte, Grenzwerte.....	23
6.4.5	Zulässige Risse und deren Kontrolle.....	23
6.5	Montage.....	25
6.6	Holzschutz	25
6.7	Beschichtung von Hölzern und Holzwerkstoffen	26
6.8	Stahlbau und Korrosionsschutz.....	26
7	Ergänzungen zur ZTV-ING (Stand 10/2018).....	27
7.1	Ergänzung zu Teil 1, Abschnitt 2, 2.4: Ausführungszeichnungen.....	27
7.2	Ergänzung zu Teil 1, Abschnitt 2, 4: Bestandsunterlagen	27
8	Literatur.....	28
8.1	Normen	28
8.2	Richtlinien, Merkblätter	31
8.3	Sonstige Literatur.....	32

1 Anforderungen an Holz, Holzwerkstoffe und Klebstoffe

1.1 Allgemeines

Im Folgenden werden die Anforderungen an Holz und Holzwerkstoffe als Baustoff für Ingenieurbauwerke definiert.

1.2 Holzarten

Für Ingenieurbauwerke wird der Einsatz folgender Holzarten empfohlen:

Nadelhölzer: Lärche (*Larix decidua*; LADC), Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*; PSMN), Fichte (*Picea abies*; PCAB), Tanne (*Abies alba*; ABAL), Kiefer (*Pinus sylvestris*; PNSY)

Laubhölzer: Eiche (*Quercus robur* und *Quercus petraea*; QCXE), Robinie (*Robinia pseudoacacia*; ROPS), Azobé/ Bongossi (*Lophira alata*; LOAL)

Für den Einsatz von Robinienholz als tragendes Bauteil ist eine Zustimmung im Einzelfall (ZiE) erforderlich.

Es darf nur Holz aus nachhaltiger und legaler Waldbewirtschaftung eingesetzt werden. Der Nachweis ist durch den Auftragnehmer gegenüber dem Auftraggeber durch ein FSC-Zertifikat, ein gleichwertiges Zertifikat (z.B. PEFC) oder einen Einzelnachweis zu erbringen.

1.3 Thermisch und chemisch modifizierte Hölzer

Thermisch modifizierte Hölzer dürfen nur für nichttragende Bauteile eingesetzt werden. Acetyliertes Holz darf für tragende und nichttragende Bauteile eingesetzt werden. Für die Anwendung als tragendes Bauteil ist ein bauaufsichtlicher Verwendbarkeitsnachweis erforderlich.

1.4 Anforderungen an Bauschnittholz

Es darf nur Bauholz für tragende Zwecke verwendet werden, das den Anforderungen an die Sortierung gemäß DIN EN 14081-1 entspricht. Bei der visuellen Sortierung hat die Einordnung in die Sortierklassen nach DIN 4074-1 und DIN 4074-5 zu erfolgen.

Gemäß DIN 20000-5 ist trocken sortiertes Holz zu verwenden. Für Laubholz ist Abschnitt 6.4.4 zu beachten.

Nadelholz für Ingenieurbauwerke soll mindestens der Sortierklasse S10 bzw. S10K entsprechen, Laubholz mindestens der Sortierklasse LS10 bzw. LS10K. Diese Anforderung gilt auch für Schnittholz, welches in weiterverarbeiteter Form (Vollholzwerkstoffe) verwendet wird.

Bei frei bewitterten Hölzern sind die Querschnittsabmessungen für Vollholzquerschnitte zu begrenzen, da bei großen Querschnitten die Rissgefahr erhöht ist.

Für Holzbohlenbeläge, Geländer und Handläufe bestehen zur Gewährleistung der Verkehrssicherheit erhöhte Anforderungen an die Holzqualität. Hölzer mit starkem Drehwuchs, Astlöchern, größeren Fehlstellen, Abplatzungen und Absplitterungen dürfen für diese Bauteile nicht eingesetzt werden. Die Oberflächen und Kanten von Geländern und Handläufen sind so zu bearbeiten, dass kein Verletzungsrisiko besteht [SvfS Berlin].

1.5 Anforderungen an Klebstoffe

Für die Verklebung tragender Bauteile dürfen Klebstoffe auf Phenoplast- und Aminoplastbasis vom Typ I nach DIN EN 301, Einkomponenten-Klebstoffe auf Polyurethanbasis nach DIN EN 15425 oder Emulsionspolymerisierte Isocyanatklebstoffe nach DIN EN 16254 verwendet werden.

Geeignete Klebstoffe können den Klebstofflisten I und II der MPA Universität Stuttgart, Otto-Graf-Institut entnommen werden (sieh dazu [MPA Stuttgart 1] und [MPA Stuttgart 2]).

Die Ausführungsnorm DIN 1052-10 ist für die Herstellung geklebter tragender Bauteile zu beachten.

Für nicht tragende Bauteile (Verschalungen, Geländerfüllungen etc.) können Klebstoffe der Beanspruchungsgruppen D3 und D4 nach DIN EN 204 verwendet werden.

1.6 Anforderungen an Holzwerkstoffe

Anforderungen an Holzwerkstoffe sind in den Regelwerken gemäß Tabelle 1 definiert [Holzleimbau 1].

Tabelle 1: Regelungen zu Holzwerkstoffen

Holzwerkstoff	Regelung
Keilgezinktes Vollholz	DIN EN 15497 und DIN 20000-7
Balkenschichtholz	DIN EN 14080 und DIN 20000-3 oder gem. bauaufsichtlichem Verwendbarkeitsnachweis
Brettschichtholz	DIN EN 14080 und DIN 20000-3
Brettsperrholz	gem. bauaufsichtlichem Verwendbarkeitsnachweis oder DIN EN 16351 nach Einführung
Furnierschichtholz	DIN EN 14374 und Anwendungszulassung oder gem. bauaufsichtlichem Verwendbarkeitsnachweis
Sperrholz	DIN EN 636 und DIN 20000-1

Eine aktuelle Übersicht über geltende Regelwerke für Holzwerkstoffe gibt das „Merkblatt zu ansetzbaren Rechenwerten für die Bemessung nach DIN EN 1995-1-1 für Vollholz, keilgezinktes Vollholz, Balkenschichtholz (Duobalken/ Triobalken), Brettschichtholz, Brettsperrholz und Furnierschichtholz“ der Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V. (siehe dazu [Holzleimbau 1]).

1.7 Anforderungen an Querschnittsabmessungen

Die in Tabelle 2 angegebenen Mindestmaße für tragende Holzbauteile in Holzbrücken sind auf alle Ingenieurbauwerke anzuwenden.

Tabelle 2: Mindestmaße für tragende Holzbauteile in Holzbrücken (vgl. DIN EN 1995-2/NA Tabelle NA.2)

Bauteil	Kleinste Querschnittsseite [mm]	Kleinste Querschnittsfläche [mm²]
Hauptträger aus Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz und Furnierschichtholz (ausgenommen Fachwerkträger)	120	24 000
Einteilige Stäbe aus Fachwerken	40	4 800
Einzelne Querschnittsteile von zusammengesetzten Stäben	30	3 600
Knotenplatten und Laschen sowie Stege aus Sperrholz (mindestens 5-lagig)	12	a
Tragbelag aus Vollholz, einlagig	50 ^b	–
Tragbelag aus Holzwerkstoffplatten	20	–

^a Mindestbreite von Knotenplatten und Laschen: 120 mm.
^b Für Geh- und Radwegbrücken 30 mm. Erforderlichenfalls ist eine Verschleißschicht nach Tabelle NA.3 hinzuzurechnen.

1.8 Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit

Holzoberflächen sind grundsätzlich zu hobeln. Eine Ausnahme sind Belagsbohlen, welche rutschhemmend ausgebildet sein müssen.

Die Oberflächenqualität von Brettschichtholzelementen soll, wenn nicht anders vereinbart, Sicht-Qualität gemäß BS-Holz-Merkblatt der Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V. (in aktueller Fassung) aufweisen [Holzleimbau 2]. Für Bauteile aus Vollholz und anderen Vollholzwerkstoffen sind diese Anforderungen sinngemäß anzuwenden.

1.9 Begrenzung der Formänderungen infolge Quellen und Schwinden

Quellen und Schwinden infolge Feuchtezunahme und -abgabe des Holzes aufgrund der jahreszeitlichen Klimaschwankungen führen zu Änderungen der Querschnittsabmessungen und der Querschnittsgeometrie (z. B. Schüsseln von Brettern). In geschützten Konstruktionen sind Holzfeuchtwerte zwischen 13 und 20 Masseprozent (M%) zu erwarten. Es wird empfohlen, eine Holzfeuchtevarianz von mindestens 6 M% einzukalkulieren. In Planung und Ausführung ist diese Eigenschaft des Holzes stets so zu berücksichtigen, dass eine zwängungsfreie Bauteilverformung ermöglicht wird, z.B. durch folgende Maßnahmen:

- Gabellagerungen von Hauptträgern sind bei der Anordnung von stiftförmigen Verbindungsmitteln mit Langlöchern zu versehen, um die Quell-Schwindverformung senkrecht zur Faser zwängungsfrei zu ermöglichen. Dies gilt auch für den Anschluss von U-förmigen Querrahmen bei Trogbrücken und ähnliche Anschlusskonstruktionen.
- Bei Brückenbelägen ist ein angemessener Abstand zwischen den Belagsbohlen zu beachten. Abhängig von der Holzart, der Bohlenbreite und der Einbaufeuchte sollten die Bohlenabstände 5 bis 13 mm betragen.

1.10 Holzfeuchtemonitoring

Es wird empfohlen, an kritischen Stellen des Holztragwerkes (z. B. im Auflagerbereich, an Knotenpunkten) ein Holzfeuchtemonitoring über einen Zeitraum von 2 bis 5 Jahren ab Bauwerkserstellung durchzuführen. Alternativ oder zusätzlich kann die langfristige Dichtheitskontrolle der Abdichtungsebene mit geeigneten Monitoringverfahren realisiert werden. Die Installation des Messequipments ist in der Ausführungsplanung detailliert zu planen. Die Messdaten sollten mit einer Datenfernübertragung an den Baulastträger zur Information und Auswertung übermittelt werden.

2 Holzschutz

2.1 Allgemeines

Infolge einer langfristig hohen Holzfeuchte von mehr als 20 M% und der Anreicherung von freiem Wasser kann Holz durch holzerstörende Pilze und Insekten befallen werden. Deshalb ist gemäß DIN EN 1995-2/NA jede Holzbrücke so zu planen und auszuführen, dass tragende Bauteile dauerhaft vor direkter Bewitterung und Feuchteeintrag geschützt sind. Für nichttragende Bauteile wird der bauliche Holzschutz ebenfalls empfohlen, da er die Nutzungsdauer der Bauteile verlängert. Die Konstruktion ist so zu planen, dass in keinem Bereich des Bauwerks stehendes Wasser auftreten kann, Wasseranreicherung ist auszuschließen.

Um langfristig ein verträgliches Holzfeuchteniveau ≤ 20 M% einzuhalten, sind stets bauliche Schutzmaßnahmen nach DIN 68800-2 und DIN EN 1995-2/NA anzuwenden. Bauliche Holzschutzmaßnahmen und die Verwendung von Farbkernhölzern mit ausreichend hoher natürlicher Dauerhaftigkeit haben stets Vorrang vor dem Einsatz chemischer Holzschutzmaßnahmen.

Beschichtungen stellen gemäß DIN 68800-1 keinen ausreichenden Holzschutz für tragende Bauteile dar und können lediglich eine zum baulichen Holzschutz ergänzende Maßnahme

sein. Für den Fall, dass Beschichtungen aufgebracht werden, ist eine laufende Instandhaltung der Beschichtung zu gewährleisten.

2.2 Anforderungen an Bauteile in Abhängigkeit von der Gebrauchsklasse

2.2.1 Einordnung einzelner Bauteile in die Gebrauchsklassen

Die einzelnen Holzbauteile sind gemäß DIN 68800-1 der jeweiligen Gebrauchsklasse (GK) zuzuordnen. Beispiele für die Zuordnung im Brückenbau gibt Abbildung 1 an.

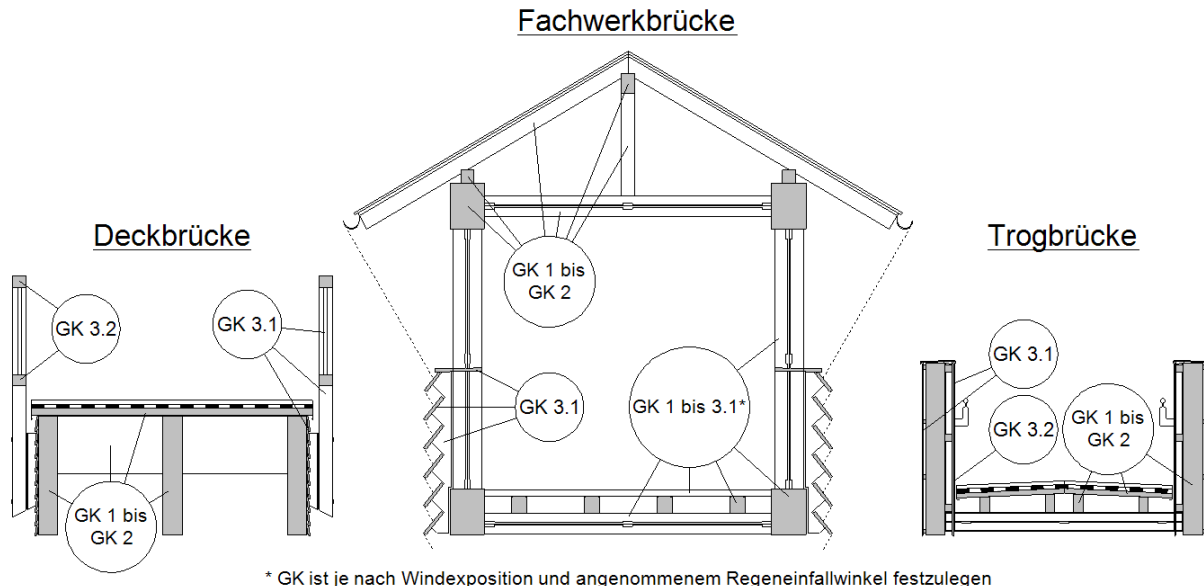


Abbildung 1: Zuordnung einzelner Bauteile zu den Gebrauchsklassen (GK)

In topografisch oder klimatisch exponierten Bereichen kann eine höhere Eingruppierung einzelner Bauteile erforderlich sein. Beispiele dafür sind auch Bereiche, in denen Sprühnebel auftritt oder Portalbereiche von Fachwerkbrücken, in denen ein Feuchteintrag infolge Niederschlag direkt erfolgt oder durch Passanten und Fahrzeuge Feuchte indirekt eingetragen wird.

2.2.2 Vorbeugende Maßnahmen für Bauteile in GK 1

Bauteile in GK 1 können als ausreichend vorbeugend geschützt eingestuft werden, wenn eine der folgenden Maßnahmen in Anlehnung an DIN 68800-1 angewendet wird:

- Bei guter Einsehbarkeit und Zugänglichkeit der Bauteile ist eine regelmäßige Kontrolle auf Anzeichen für einen Insektenbefall durchzuführen, z.B. im Rahmen der jährlichen Besichtigung. In den Prüfanweisungen, im Holzschutzplan und im Wartungshandbuch (ggf. Prüfhandbuch) ist auf das Erfordernis der regelmäßigen Prüfung hinzuweisen.
- bauliche Maßnahme zur Vermeidung von Insektenbefall nach DIN 68800-2 (z.B. Einflugschutz)
- Verwendung von Farbkernhölzern mit Splintholzanteil $\leq 10\%$
- Verwendung technisch getrockneter Hölzer (Trocknungstemperatur $\geq 55^\circ\text{C}$) oder von Holzprodukten mit CE-Kennzeichnung und ausgewiesener natürlicher Dauerhaftigkeit gegen Hausbock und Anobien nach DIN EN 350

Die Anwendung von chemischen Holzschutzmitteln in GK1 nach DIN 68800-3 soll an Holzbrücken abweichend von DIN 68800-1 nicht erfolgen.

2.2.3 Vorbeugende Maßnahmen für Bauteile in GK 2

Bauteile in GK 2 können als ausreichend vorbeugend geschützt eingestuft werden, wenn eine der folgenden Maßnahmen in Anlehnung an DIN 68800-1 angewendet wird:

- bauliche Maßnahme zur Vermeidung von Insekten- und Pilzbefall nach DIN 68800-2
- Verwendung von Farbkernhölzern der Dauerhaftigkeitsklassen 1, 2 und 3 und natürlicher Dauerhaftigkeit gegen Insekten durch Begrenzung des Splintholzanteils auf $\leq 5\%$
- Verwendung von Holzprodukten mit CE-Kennzeichnung und ausgewiesener natürlicher Dauerhaftigkeit gegen holzerstörende Pilze (Dauerhaftigkeitsklassen 1, 2 oder 3) und ausgewiesener natürlicher Dauerhaftigkeit gegen Insekten nach DIN EN 350

Die Anwendung von chemischen Holzschutzmitteln in GK2 nach DIN 68800-3 soll an Holzbrücken abweichend von DIN 68800-1 nicht erfolgen.

2.2.4 Vorbeugende Maßnahmen für Bauteile in GK 3.1

Bauteile in GK 3.1 können als ausreichend vorbeugend geschützt eingestuft werden, wenn eine der folgenden Maßnahmen in Anlehnung an DIN 68800-1 angewendet wird:

Haupttragelemente nach DIN EN 1995-2/NA:

- bauliche Maßnahme zur Vermeidung von Insekten- und Pilzbefall nach DIN 68800-2

Sekundäre Tragglieder und Wartungsbauteile:

- bauliche Maßnahme zur Vermeidung von Insekten- und Pilzbefall nach DIN 68800-2
- Verwendung von Farbkernhölzern der Dauerhaftigkeitsklassen 1, 2 und 3 und natürlicher Dauerhaftigkeit gegen Insekten sowie Splintholzanteil $\leq 5\%$
- Verwendung von Holzprodukten mit CE-Kennzeichnung und ausgewiesener natürlicher Dauerhaftigkeit gegen holzerstörende Pilze (Dauerhaftigkeitsklassen 1, 2 oder 3) und ausgewiesener natürlicher Dauerhaftigkeit gegen Insekten nach DIN EN 350

Die Anwendung von chemischen Holzschutzmitteln in GK3.1 nach DIN 68800-3 soll an Holzbrücken abweichend von DIN 68800-1 nicht erfolgen.

2.2.5 Vorbeugende Maßnahmen für Bauteile in GK 3.2

Bauteile in GK 3.2 können als ausreichend vorbeugend geschützt eingestuft werden, wenn eine der folgenden Maßnahmen in Anlehnung an DIN 68800-1 angewendet wird:

Haupttragelemente nach DIN EN 1995-2/NA:

- bauliche Maßnahme zur Vermeidung von Insekten- und Pilzbefall nach DIN 68800-2

Sekundäre Tragglieder und Wartungsbauteile:

- bauliche Maßnahme zur Vermeidung von Insekten- und Pilzbefall nach DIN 68800-2
- Verwendung von Farbkernhölzern der Dauerhaftigkeitsklassen 1 und 2 und natürlicher Dauerhaftigkeit gegen Insekten sowie Splintholzanteil $\leq 5\%$
- Verwendung von Holzprodukten mit CE-Kennzeichnung und ausgewiesener natürlicher Dauerhaftigkeit gegen holzerstörende Pilze (Dauerhaftigkeitsklassen 1 oder 2) und ausgewiesener natürlicher Dauerhaftigkeit gegen Insekten nach DIN EN 350

Die Anwendung von chemischen Holzschutzmitteln in GK3.2 nach DIN 68800-3 soll an Holzbrücken abweichend von DIN 68800-1 nicht erfolgen.

2.3 Natürliche Dauerhaftigkeit von Holzarten

Die Kernhölzer der verschiedenen Holzarten weisen eine holzartabhängige natürliche Widerstandsfähigkeit gegen den Befall durch holzerstörende Pilze und Insekten auf. Die Verwendung von Hölzern mit hoher Dauerhaftigkeit bietet die Möglichkeit der Erfüllung der Anforderungen an den Holzschutz gemäß DIN 68800-1. Die Anwendung der jeweiligen Holzart in der entsprechenden Gebrauchsklasse ist Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3: Dauerhaftigkeitsklasse (DHK) und zulässige Gebrauchsklasse (GK) verschiedener Holzarten in Anlehnung an Tabelle 5 der DIN 68800-1

Holzart		Dauerhaftigkeitsklasse	zulässige GK
Nadelholz	Fichte (<i>Picea abies</i>)	4	0
	Tanne (<i>Abies alba</i>)	4	0
	Kiefer (<i>Pinus sylvestris</i>)	3-4	0, 1, 2
	Lärche (<i>Larix decidua</i>)	3-4	0, 1, 2, 3.1
	Douglasie (<i>Pseudotsuga menziesii</i>)	3-4	0, 1, 2, 3.1
Laubholz	Eiche (<i>Quercus robur</i> und <i>Quercus petraea</i>)	2-4	0, 1, 2, 3.1, 3.2
	Robinie (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	1-2 ^a	0, 1, 2, 3.1, 3.2
	Azobé/ Bongossi (<i>Lophira alata</i>)	2 ^b	0, 1, 2, 3.1, 3.2, 5
^a DHK gem. DIN EN 350; daraus ergibt sich infolge Tabelle 4 der DIN 68800-1 die GK			
^b ungewöhnlich große Variabilität der Eigenschaften; sehr dauerhaft im Wasserkontakt			

2.4 Baulicher Holzschutz

Der bauliche Holzschutz zielt darauf ab, Bauteile durch den Einsatz von Abdeckblechen und -brettern, Verschalungen und Dächern sowie durch deren Überstände vor freier Bewitterung und/oder mehrwöchiger Feuchteanreicherung zu schützen. Die Anforderungen nach Anhang NA.C.1 der DIN EN 1995-2/NA sind zu berücksichtigen. Gemäß NA.1 dieser Norm sind Bauteile, die nicht oder nur mit erheblichem Aufwand ausgetauscht werden können, wie z.B. Hauptträger, als geschützte Bauteile auszubilden.

Konstruktiver Holzschutz an Brücken kann durch einen geschlossenen Belag bzw. ein Dach mit ausreichendem seitlichen Überstand und/oder durch Verschalung der Konstruktion realisiert werden. Abdeckungen müssen mindestens so weit überstehen, dass ein unter 30° gegenüber der Vertikalen einfallender Regen die tragende Holzkonstruktion nicht erreicht. An windexponierten Standorten kann ein deutlich größerer Regeneinfall-Winkel auftreten, die Schutzmaßnahmen sind in diesem Fall auszuweiten. Besonders gefährdet sind Untergurte von Fachwerkträgern, da in die Knotenpunkte und horizontalen Risse Wasser eindringen und nicht abfließen kann. Bei unbekannter Windexposition wird empfohlen, in der statischen Berechnung Lastreserven für den nachträglichen Einbau einer zusätzlichen Verschalung einzuplanen.

Die Herstellung des konstruktiven Holzschutzes mit einem ausreichenden seitlichen Überstand der darüber liegenden Konstruktion ist der Verschalung vorzuziehen, da eine Verschalung die handnahe Prüfung der Tragkonstruktion erschwert. Ist die Anordnung einer Verschalung notwendig, so erleichtert eine offene Verschalung die handnahe Prüfung. Eine geschlossene Verschalung ist zur Verbesserung der Prüfbarkeit der dahinter angeordneten Konstruktion einfach demontierbar oder abklappbar einzubauen.

Die Musterzeichnungen für geschützte Holzbrücken (Download unter <https://informationsdienst-holz.de/musterzeichnungen-fuer-holzbruecken/>) sind zu beachten.

Folgende **grundsätzliche und besondere bauliche Maßnahmen des Holzschutzes** sind im Holzbrückenbau einzuhalten:

- Holzbrücken sind wartungsarm (z. B. durch integrale Bauweisen, wasserdichte Fahrbahnübergänge, geschlossene Beläge, Vermeidung von Wartungsfugen mit „dauerelastischen“ Dichtstoffen) oder wartungsfreundlich (Erleichterung der Reinigung und Bauwerksprüfung durch ausreichend große Abstände der Bauteile untereinander z. B. Abstand zwischen UK Überbau und OK Auflagerbank ≥ 50 cm) zu planen.
- Ein unzuträglicher Feuchteintrag durch Niederschlag, Bodenfeuchte und angrenzende Bauteile während Transport, Lagerung und Bauphase in Holzbauprodukte und

Holzbauteile ist wirksam zu verhindern (z.B. Auflagerung mit Bodenfreiheit, Abdeckung mit Folien oder Planen etc.).

- Die schnelle Abtrocknung aller Holzbauteile muss gewährleistet sein.
- Die Einbauholzfeuchte sollte der am Standort zu erwartenden Nutzungsfeuchte entsprechen (ca. 16 bis 18 M%).
- Holzbauteile und ihre Knotenpunkte und Anschlüsse sind so auszubilden, dass Niederschlag durch einen Wetterschutz ferngehalten oder so schnell abgeleitet wird, dass keine unzuträgliche Erhöhung der Holzfeuchte erfolgen kann und keine Feuchteanreicherung stattfindet. Folgende Maßnahmen sind zu beachten:
 - Jede Holzbrücke ist als geschützte Konstruktion gemäß DIN EN 1995-2/NA auszubilden durch Anordnung eines geschlossenen Belages, von Verschalungen und Abdeckungen und/oder eines Daches. Abdeckungen/Dächer müssen mindestens so weit überstehen, dass ein unter 30° einfallender Regen die tragende Holzkonstruktion nicht erreicht (Abbildung 2).
 - Vermeidung horizontaler Flächen durch Abschrägung oder Einbau mit Neigung,
 - Hobeln ungeschützter Oberflächen,
 - Anordnung von Tropfkanten,
 - Begrenzung der Rissbildung durch Beschränkung des Querschnitts, Verwendung kerngetrennt eingeschnittener Hölzer, Herstellung von Entlastungsnuten etc.
 - Anordnung hinterlüfteter Verschalungen mit einer Luftschichtdicke ≥ 20 mm und geeigneten Be- und Entlüftungsöffnungen,
 - besonderer Schutz der Hirnholzflächen z.B. durch Anordnung wasserdichter Übergangskonstruktionen, Anordnung hinterlüfteter Bleche oder Bretter und/oder Hirnholzschutz durch diffusionsoffenen Anstrich oder Unterdeckbahn (Die Belüftung und Zugänglichkeit der Hirnholzflächen ist zu gewährleisten z. B. durch Abschrägung der Hirnholzenden und Einhaltung des Abstandes zur Kammerwand ≥ 10 cm.),
 - Knotenpunkte und Anschlüsse (vor allem bei Fachwerkknoten, Zapfenlöchern, innen- und außenliegenden Blechen) sind so auszubilden, dass eingedrungenes Wasser ablaufen kann und eine Feuchteanreicherung ausgeschlossen wird. Zur besseren Prüfbarkeit sollten Knotenpunkte nicht mit Blechen o. ä. abgedeckt, sondern frei einsehbar konstruiert werden.
 - Abdichtungen dürfen nicht durch Verbindungsmittel perforiert werden.

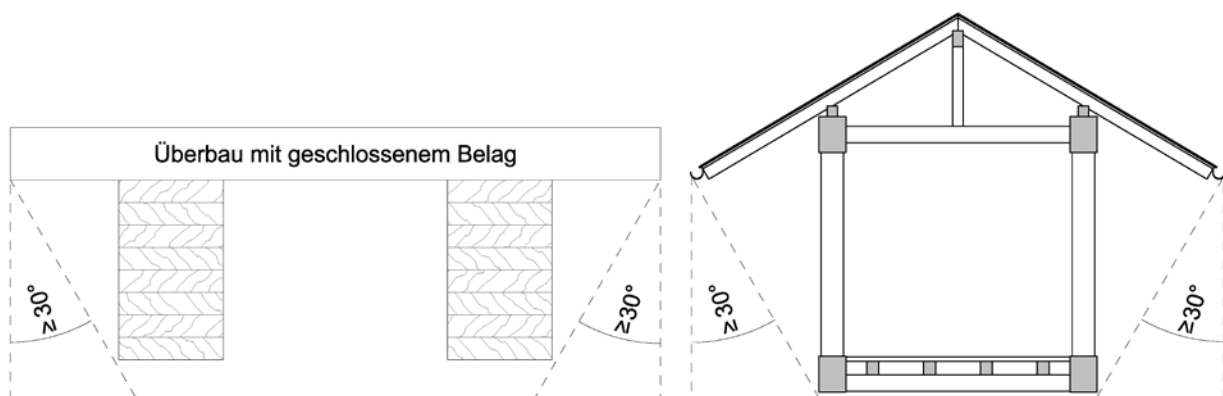


Abbildung 2: Definition eines Überstandes mit schützender Wirkung für die darunter liegende Konstruktion (li.: Deckbrücke; re.: Fachwerkbrücke)

- Holzbauteile sind luftumspült mit angemessenem Abstand zu anderen Bauteilen und zum Gelände einzubauen, um einen Feuchteübertrag oder eine Feuchteanreicherung zu vermeiden und eine schnelle Trocknung zu ermöglichen. Folgende Grundsätze sind zu beachten:
 - Holzbauteile sind so einzubauen, dass kein Erdkontakt auftritt (z.B. Kammerwand und Widerlagerschürzen vorsehen).
 - Im Bereich der Auflager sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um den Bewuchs und die Ablagerung von organischen Bestandteilen dauerhaft zu verhindern. Die Bildung von Schmutznestern, insbesondere durch Laub-, Erd-, Splitt- und Schneeansammlungen, ist zu vermeiden. Dazu ist der Übergang zwischen Überbau und Kammerwand möglichst geschlossen auszubilden.
 - Das Einbetonieren von Holzbauteilen ist nicht zulässig.
 - Zum Schutz vor Spritzwasser sollte der Abstand aller Holzbauteile vom Boden ≥ 50 cm betragen, der Mindestabstand von 30 cm darf nicht unterschritten werden.
 - Eine ausreichende Belüftung sowie die Reinigungs- und Revisionsfähigkeit des gesamten Überbaus sind zu gewährleisten (z.B. Abstand Unterkante Überbau zum Boden ≥ 100 cm).
 - Kontaktflächen und enge Fugen zwischen Holzbauteilen sind zu minimieren (z. B. durch Anordnung von Abstandsscheiben oder von Konterlattungen für Verschalung).
- Insektenbefall ist auszuschließen (z.B. durch Einsatz technisch getrockneter Hölzer und Holzwerkstoffe, Verwendung insektenundurchlässiger Abdeckungen, Verwendung von Farbkernhölzern mit Splintanteil ≤ 10 %, offene Anordnung der Hölzer mit dauerhaftem Hinweis zur regelmäßigen Kontrolle).

2.5 Chemischer Holzschutz

Nur wenn durch die Anwendung der grundsätzlichen und besonderen baulichen Schutzmaßnahmen sowie den Einsatz von geeigneten dauerhaften Farbkernhölzern kein ausreichender Holzschutz sichergestellt werden kann, sind gemäß DIN 68800-1 chemische Holzschutzmittel nach DIN 68800-3 einzusetzen. Die Anwendung von chemischem Holzschutzmitteln im Sinne von DIN 68800-3 bedarf der Zustimmung des Bauherrn. Für die Verwendung chemischer Holzschutzmittel ist ein bauaufsichtlicher Verwendbarkeitsnachweis sowie der Nachweis über das Einbringverfahren und die Einbringmenge vorzulegen.

Nicht tragende Bauteile sollen nicht mit Holzschutzmittel behandelt werden. Eine Abweichung davon bedarf der Zustimmung des Bauherrn.

Hinsichtlich der Gefahr einer Verblauung von Holzbauteilen infolge des Wachstums holzverfärbender Pilze ist zu beachten, dass bei untergeordneten Bauwerken keine Bläueschutzmittel einzusetzen sind.

Wenn erhöhte Anforderungen an das Erscheinungsbild des Bauwerkes oder einzelner Bauteile gestellt werden, ist für beschichtete Bauteile in GK 2, GK 3.1 und GK 3.2 folgendes zu beachten:

- Bläueschutzmittel können in GK 2 und GK 3.1 angewendet werden. Tabelle 4 ist zu beachten.
- Bläueschutzmittel können bei Bauteilen mit Splintholz- Anteil > 5 % und bei Nadelhölzern in GK 3.2 angewendet werden (in Anlehnung an DIN 18363).

Auch wenn erhöhte Anforderungen an das Erscheinungsbild gestellt werden, sind Bläueschutzmittel nicht bei Bauteilen in GK 0, GK 1, GK 4 und GK 5 anzuwenden, ebenso bei nicht

beschichteten Bauteilen in GK 3.1 und GK 3.2. Die Anwendung von Bläueschutzmittel für nicht beschichtete Bauteile in GK 2 wird in diesem Fall nicht empfohlen.

Tabelle 4: Anwendung von Bläueschutzmitteln für beschichtete Bauteile in GK 2 und GK 3.1 in Anlehnung an Tabelle C.1 gemäß DIN 68800-3 Anhang C

Dauerhaftigkeitsklasse (DHK) des betroffenen Bauteils gemäß DIN EN 350-2	Gebrauchsklassen (GK) gemäß DIN 68800-1	
	GK 2	GK 3.1
Kernholz DHK 1 – 3	keine Anwendung	keine Anwendung
Kernholz DHK 4	Anwendung möglich	Anwendung möglich
Kernholz DHK 5	Anwendung möglich	Anwendung möglich
Splintholz- Anteil > 5%	Anwendung möglich	Anwendung empfohlen

2.6 Beschichtungen

Beschichtungen (z.B. Lasuren) im Sinne von DIN 68800-1 können einen Beitrag zum Schutz des Holzes leisten, bieten jedoch allein keinen ausreichenden Holzschutz für tragende Bauteile. Gemäß DIN EN 927-1 muss eine Beschichtung für die jeweils geltende Beanspruchung geeignet sein und den Anforderungen an DIN EN 927-2 entsprechen. Die Angaben des Herstellers sind zu beachten.

Bei der Anwendung von Beschichtungen ist Folgendes zu beachten [BFS]:

- Beschichtungsmittel müssen für die jeweilige Holzart geeignet und mit ggf. eingesetztem Holzschutzmittel verträglich sein.
- Beschichtungsmittel sollen diffusionsoffen und hell pigmentiert sein sowie Schutz vor ultravioletter (UV) Strahlung bieten.
- Bei zu erwartender hoher Umgebungfeuchte (z.B. infolge dauerhafter Verschattung) sollte das Beschichtungsmittel schimmelpilzwidrig sein [DGfH].
- Beschichtungen sind mehrschichtig aufzubauen und systemkonform auszuführen.
- Die Außenkanten zu beschichtender Bauteile sind mit einer Fase oder einer Rundung mit einem Rundungsradius ≥ 2 mm zu versehen. Bei filmbildenden Beschichtungen und im bewitterten Bereich ist die Rundung erforderlich.
- Die maximal zulässige Holzfeuchte von zu beschichtenden Bauteilen ist entsprechend des Produktdatenblattes des jeweiligen Beschichtungsmittels einzuhalten. Wenn nichts anderes angegeben ist, sollen 18 M% nicht überschritten werden.
- Verschalungen sind vor dem Einbau auch auf der Rückseite mit der Beschichtung zu versehen.
- Oberflächenbeschichtungen sind regelmäßig zu reinigen, zu pflegen und zu erneuern.

3 Metallene Verbindungsmittel und Stahlteile

3.1 Allgemeines

Bei Holzbrücken können drei verschiedene stählerne Bauteilarten zur Anwendung kommen: Stahlbauelemente (z.B. Quer- und Längsträger, Stützen, Pylone, Verbände und Brückengeländer), Stahlteile (z.B. Stützenfüße, Knotenbleche, Laschen) und metallene Verbindungsmittel (z.B. Schrauben, Nägel, Bolzen, Dübel, Muttern, Scheiben, Gewindestangen und Dübel besonderer Bauart) [SvfS Berlin].

Stahlbauelemente sind in den ZTV-ING Teil 4 Stahlbau, Stahlverbundbau geregelt [ZTV-ING]. Bezüglich des Korrosionsschutzes ist das vorliegende Dokument zusätzlich anzuwenden,

wenn Stahlbauelemente direkt oder indirekt (z.B. Lage unter Abtropfbereich von Holzbauteilen) im Kontakt zu Holzbauteilen eingebaut werden.

Gemäß DIN EN 1995-2/NA betragen die Mindestdicken für Metallteile 3 mm. Nichtrostende Blechformteile für Geh- und Radwegbrücken sind mindestens 2 mm dick auszuführen.

Stahlteile und metallene Verbindungsmittel stehen im direkten Kontakt mit Holz und sind zusätzlich Belastungen aus atmosphärischen Umgebungsbedingungen ausgesetzt. Aus der Exposition gegenüber dem Holz und der umgebenden Atmosphäre leiten sich für die eingesetzten Stahlbauteile und metallenen Verbindungsmittel die im Folgenden erläuterten, notwendigen Korrosionsschutzmaßnahmen ab.

3.2 Anforderungen an metallene Verbindungsmittel

Gemäß DIN 20000-6 sind stiftförmige Verbindungsmittel nach DIN EN 14592 und nicht stiftförmige Verbindungsmittel nach DIN EN 14545 anwendbar.

Für Verbindungen in Holzbrücken dürfen gemäß DIN EN 1995-2 keine Klammern, Nagelplatten und axialbelasteten Nägel verwendet werden. Darüber hinaus sind glattschaftige Nägel nicht zu verwenden.

Gemäß DIN EN 1995-1-1/NA dürfen Dübel besonderer Bauart aus Aluminiumlegierung nur in den Nutzungsklassen 1 und 2 eingesetzt werden.

3.3 Ermittlung der Korrosionsbelastung

3.3.1 Allgemeines

Zur Festlegung der Korrosionsschutzmaßnahmen sind Belastungen durch atmosphärische Umgebungseinflüsse, chemische Holzschutz- und Flammschutzmittel, vorhandene Holzinhaltstoffe und Feuchtigkeitseintrag zu berücksichtigen. Es ist für jedes Projekt individuell zu prüfen, ob weitere Einflussfaktoren Auswirkungen auf die Korrosion metallener Bauteile haben, z. Bsp.: Belastung durch Chemikalien, ständiger Kontakt mit Wasser, Abrieb durch erhöhte Feststoffkonzentration in der Luft in Verbindung mit einer windexponierten Lage, Kontakt mit säurehärtenden Phenolharzen etc.

3.3.2 Korrosionsbelastung infolge atmosphärischer Umgebungseinwirkungen

Für alle Bauteile ist die Korrosionsbelastung aus atmosphärischen Umgebungseinwirkungen abzuschätzen. Gemäß Tabelle 5 ist zu beurteilen, welche Korrosivitätskategorie (C-Klasse) gemäß DIN EN ISO 9223 auf Grundlage der zu erwartenden Korrosivitätsexposition mit Chloriden und Schadstoffen vorliegt.

Bauteile von Brücken im Sinne dieses Dokuments sind in der Regel mindestens in Korrosivitätskategorie C3 einzuordnen. Die Zuordnung zu Korrosivitätskategorie C2 soll nur in begründeten Ausnahmen erfolgen, da z.B. ein Eintrag von Auftausalzen in den seltensten Fällen gänzlich ausgeschlossen werden kann. Eine Zuordnung zur Korrosivitätskategorie C1 ist nicht vorzusehen.

Tabelle 5: Definition der Korrosivitätskategorie (C-Klassen) in Anlehnung an Tabelle B.2 aus E DIN EN 14592:2017

C-Klasse		Klima/ Luftfeuchte	Korrosionsexposition mit Chloriden		Korrosionsexposition mit Schadstoffen	
			Typische Umgebung	Cl-Depositionsratesrate [µg/(m²·d)]	Typische Umgebung	SO ₂ -Gehalt [µg/m³]
C1	Unbedeutend	Trocken oder kalt/seltene Kondensation	Regionen, weit von der Küstenlinie entfernt	~ 0	Bestimmte Wüsten, zentrale Arktis/Antarktis	~ 0
C2	Gering	Gemäßigt/seltene Kondensation	> 10 km von der Küstenlinie entfernt	≤ 3	Gering verschmutzte ländliche Gegenden, Kleinstädte	< 5
C3	Mäßig	Gemäßigt/gelegentliche Kondensation	Etwa 10 km bis 3 km von der Küstenlinie entfernt/Spritzwasserzone in der Nähe von Straßen (etwa 10 m bis 100 m)	3 - 60	Mäßig verschmutzte Stadt- und Industriegebiete	5 - 30
C4	Stark	Gemäßigt/häufige Kondensation	Etwa 3 km bis 0,25 km von der Küstenlinie entfernt (ohne Sprühnebel)/Starke Wirkung von Streusalzen (etwa 0 m bis 10 m)	60 - 300	Stark verschmutzte Stadt und Industriegebiete	30 - 90
C5	Sehr stark	Gemäßigt/dauerhaft sehr hohe Häufigkeit von Kondensation	< 0,25 km von der Küstenlinie entfernt, gelegentlicher Sprühnebel	> 300	Umgebung mit sehr hoher industrieller Verschmutzung	90 - 250

3.3.3 Korrosionsbelastung infolge Feuchte, Holzinhaltstoffen und Schutzmittel

Gemäß Tabelle 6 ist zu beurteilen, welche Holzkorrosivitätsklasse (T-Klasse) auf Grundlage der zu erwartenden Korrosivitätsexposition bezüglich Feuchte, Holzinhaltstoffen und Schutzmittelbehandlung vorliegt.

Die Intensität der Korrosion ist abhängig von der Feuchte der Holzbauteile, welche in Kontakt zu den Stahlbauelementen, Stahlteilen und metallene Verbindungsmitteln stehen. Bauteile von Holzbrücken sind aufgrund ihrer Lage im Außenbereich mindestens der Klasse T3 zuzuordnen. Geschützte Bauteile von Holzbrücken sind i.d.R. dem Holzfeuchtebereich 16 bis 20 M% zuzuordnen, ungeschützte Bauteile i.d.R. dem Holzfeuchtebereich > 20 M%. Bereiche, in denen freies Wasser, welches mit ausgeschwemmten Holzinhaltstoffen und/oder Schutzmitteln belastet sein kann, auf Stahlbauelemente, Stahlteile und metallene Verbindungsmittel abtropft, sind ebenfalls dem höheren Feuchtebereich zuzuordnen.

Einige Holzinhaltstoffe wie Gerbsäure, Essigsäure und Abietinsäure, die in verschiedenen Hölzern in unterschiedlichen Konzentrationen vorkommen, sowie ein geringer pH-Wert wirken korrosiv. Darüber hinaus fördern chemisch modifizierte Hölzer (z.B. durch Acetylierung) und thermisch behandelte Hölzer die Korrosion. Eine geringere korrosive Wirkung haben i.d.R. die Holzarten Fichte, Tanne, Kiefer und Lärche sowie Holzarten mit pH-Werten 4 – 6. Eine höhere korrosive Wirkung entfalten i.d.R. die Holzarten Douglasie, Eiche, Robinie, Azobé/Bongossi und Holzarten mit pH-Werten ≤ 4 sowie acetyliertes und thermisch behandeltes Holz.

Holzschutzmittel können je nach Inhaltsstoffen mehr oder weniger korrosiv wirken. Relativ stark korrosiv wirken Schutzmittel, welche Kupfer oder Salze wie Chloride enthalten. Flammschutzmittel gelten ebenfalls als korrosionsfördernd. Für Schutzmittel, die im Holzfeuchtebereich von 16 bis 20 M% keine korrosive Wirkung entfalten, ist diese Eigenschaft durch den Hersteller zu bestätigen, anderenfalls ist eine Einstufung in Klasse T4 erforderlich.

Tabelle 6: Definition der Holzkorrosivitätsklasse (T-Klassen) in Anlehnung an Tabelle B.3 aus E DIN EN 14592:2017

T-Klasse	Holzfeuchtegehalt	korrosionsfördernde Holzarten/ Säuregehalt des Holzes	Schutzmittelbehandlung
T1	< 10 M%	Alle	Unbehandelt
T2	10 - 16 M%	Alle	Unbehandelt
T3	16 - 20 M%/ NKL2/ geschütztes Bauteil	Holzarten mit pH-Wert 4 – 6/ Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche	Unbehandelt/Schutzmittel ohne ausgeprägte korrosionsfördernde Eigenschaften (z. B. ölige Schutzmittel und Zusammensetzungen mit Bor)
T4		Holzarten mit pH-Wert ≤ 4/ Douglasie, Eiche, Robinie, Azobé/ Bongossi, acetyliertes Holz, thermisch behandeltes Holz	Schutzmittel mit korrosionsfördernden Eigenschaften (z. B. Flammenschutzmittel, Zusammensetzungen mit Kupfer und Zusammensetzungen mit Chloriden und anderen Salzen)
T5	> 20 M%/NKL3/ ungesch. Bauteil	Alle	Alle

3.4 Anforderungen an den Korrosionsschutz

Die Anforderungen an den Korrosionsschutz gemäß DIN EN 1995-1-1 und DIN SPEC 1052-100 sind grundsätzlich zu erfüllen. Für die Planung des Korrosionsschutzes wird die nachfolgende Vorgehensweise empfohlen. Entsprechend der Korrosionsbelastung in Form der C- und T- Klassen nach Tabelle 5 und Tabelle 6 sind die notwendigen Mindestanforderung an den Korrosionsschutz gemäß Tabelle 7 und Tabelle 8 zu ermitteln. Die jeweils höhere Mindestanforderung ist maßgebend.

Die Auswahl der Korrosionsschutzmaßnahme ist auf den jeweiligen Anwendungsfall abzustimmen (z. B. Zinkschichtdicken für Verbindungsmittel i.d.R. 50 bis 80 µm; Verfügbarkeit nicht-rostender Stahlsorten).

Bimetallkorrosion ist für alle verwendeten metallenen Bauteile und Verbindungsmittel zu vermeiden.

Tabelle 7: Mindestanforderung an den Korrosionsschutz infolge der Korrosivitätskategorien (C-Klassen) in Anlehnung an Tabelle 2 aus E DIN EN 14592:2017

Korrosionsschutz	C1	C2	C3	C4	C5
Organische Beschichtung ^a	-	Auswahl geeignetes Beschichtungssystem aus ZTV-ING, Teil 4, Abschnitt 3, Anhang A, Tabelle A 4.3.2: Beschichtungssysteme			
Mindestschichtdicke von Zink auf Kohlenstoffstahl ^b	Erscheinungsbild kann sich ohne Schutzbeschichtung verändern	20 µm	55 µm	110 µm	-
Klasse nichtrostender Stähle ^c	-	≥ CRC II	≥ CRC II	≥ CRC III	≥ CRC IV

^a geeignete Beschichtungen im Sinne der ZTV-ING sind nur für Stahlbauelemente und Stahlteile einsetzbar; Schutzdauer beträgt ca. 25 Jahre bis zur ersten Teilerneuerung und ca. 45 Jahren bis zur ersten Vollerneuerung (je nach Standortbedingungen und Ausführungsqualität kann eine frühere Ausbesserung von Schadstellen erforderlich sein) [RI-ERH-KOR]

^b Schutzdauer beträgt 50 Jahre gemäß E DIN EN 14592

^c Schutzdauer nicht begrenzt, sofern eine den Einwirkungen angepasste Stahlsorte verwendet wird; falls keine Reinigung oder Bewitterung des Stahls erfolgt, ist eine höhere Korrosionsbeständigkeitsklasse (CRC) gemäß DIN EN 1993-1-4 anzunehmen

Tabelle 8: Mindestanforderung an den Korrosionsschutz infolge der Holzkorrosivitätsklassen (T-Klassen) in Anlehnung an Tabelle 1 aus E DIN EN 14592:2017

Korrosionsschutz	T1	T2	T3	T4	T5
Organische Beschichtung ^a	-	Auswahl geeignetes Beschichtungssystem aus ZTV-ING, Teil 4, Abschnitt 3, Anhang A, Tabelle A 4.3.2: Beschichtungssysteme			
Mindestschichtdicke von Zink auf Kohlenstoffstahl ^b	Erscheinungsbild kann sich ohne Schutzbeschichtung verändern	10 µm	20 µm	55 µm	nicht anzuwenden für Haupttrag-elemente
Klasse nichtrostender Stähle ^c	-	-	CRC II	CRC II/ CRC III ^d	CRC III

^a Beschichtungen im Sinne der ZTV-ING sind i.d.R. nur für Stahlbauelemente und ggf. Stahlteile geeignet; Schutzdauer ist nicht verifiziert

^b Schutzdauer beträgt gemäß E DIN EN 14592 50 Jahre

^c Schutzdauer nicht begrenzt, sofern eine den Einwirkungen angepasste Stahlsorte verwendet wird; nichtrostende Stahlsorte der angegebenen Korrosionsbeständigkeitsklasse (CRC) gemäß DIN EN 1993-1-4

^d abhängig von der Art der Schutzmittelbehandlung (z.B. CRC III bei chloridhaltigem Schutzmittel)

4 Holz-Beton-Verbund

4.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt regelt die Anwendung des Holz-Beton-Verbundbaus im Ingenieurbau.

4.2 Holz

Für die Holzbauteile einer Holz-Beton-Verbundkonstruktion sind neben dem vorliegenden Dokument DIN EN 1995-1-1 (einschließlich A2) mit DIN EN 1995-1-1/NA sowie DIN EN 1995-2 mit DIN EN 1995-2/NA anzuwenden.

4.3 Beton

Für die Massivbauteile einer Holz-Beton-Verbundkonstruktion sind DIN EN 1992-1-1, DIN EN 1992-1-1/NA (jeweils einschließlich A1), DIN EN 1992-2, DIN EN 1992-2/NA und ZTV-ING Teil 3 Massivbau Abschnitt 1 Beton und Abschnitt 2 Bauausführung anzuwenden.

Als Mindestbetonfestigkeitsklasse ist C30/37 anzuwenden [ZTV-ING].

4.4 Verbindungsmittel

Verbindungsmittel müssen eine hohe Tragfähigkeit und Steifigkeit aufweisen. Im Traglastfall sollten sie duktil reagieren. Die alleinige Anordnung stiftförmiger Verbindungsmittel (Schrauben, Bolzen etc.) zur Schubkraftübertragung in der Verbundfuge von Holz-Beton-Verbundbrücken ist nicht gestattet.

Verbundelemente, bei denen die Kraftübertragung auf Formschluss beruht, sind im Holz-Beton-Verbundbrückenbau für die Herstellung des Schubverbundes besonders geeignet. Zu diesen Verbundelementen zählen:

- Dübelleiste (mit und ohne Verguss der Fuge zwischen Stahlplatte und Holz)
- Kerfen mit Schrauben oder eingeklebten Stahlstangen zur Zugkraftaufnahme senkrecht zur Fuge

Für diese Verbindungsmittel sollten zusätzlich stiftförmige Verbindungsmittel zur Verstärkung im Vorholzbereich der Verbindung und zur Erhöhung der Duktilität angeordnet werden.

Außerdem für den Holz-Beton-Verbundbrückenbau geeignet sind:

- Eingeklebte Streckmetallstreifen
- Schräg eingeklebte Gewindestangen oder Bewehrungsstähle (X-Verbinder) in Verbindung mit Kerfen
- weitere Schubverbinder mit Eignungsnachweis für nicht vorwiegend ruhende Beanspruchung entsprechend einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (abZ) oder Europäisch Technischen Bewertung (ETA)

4.5 Verbundbauweisen

Bei dem Verbund zwischen der Betonplatte und den Hauptträgern aus Holz wird unterschieden zwischen

- nachgiebigem Verbund,
- starrem Verbund durch Klebung und
- keinem Verbund.

Im Längsschnitt stark gekrümmte Tragwerke (Bogenbrücken) dürfen nicht als Holz-Beton-Verbundbrücken ausgeführt werden. Die gegenseitige Verschiebung der Teilquerschnitte ist durch geeignete Verbindungsmittel zwangungsfrei zu ermöglichen.

4.6 Hinweise für Entwurf und Konstruktion

Holz sollte beim Betoniervorgang vor Feuchtigkeitseintrag durch den Frischbeton geschützt werden. Dies gilt im Besonderen für die Hirnholzseiten im Einschnitt der Kerfen.

Die Betonplatte ist so auszubilden, dass sie für die darunter angeordneten hölzernen Hauptträger einen konstruktiven Schutz bietet. Die Holzbauteile sind so auszuführen, dass sie der Nutzungsklasse 2 zugeordnet werden können.

Das Schwinden des Betons, das Schwinden und Quellen des Holzes sowie Temperaturdehnungen sind beim Entwurf und bei der Berechnung von Holz-Beton-Verbundbrücken zu berücksichtigen. Folgende Werte werden empfohlen:

- Varianz der Holzfeuchte 6 M% innerhalb des Wertebereiches von 13 – 20 M%
- Varianz der Bauteiltemperaturen -16 bis 39°C (Es ist Typ 3 –Betonkonstruktionen gemäß DIN EN 1991-1-5 mit DIN EN 1991-1-5/NA anzuwenden.)

Das unterschiedliche Kriechen von Beton und Holz sowie das Kriechen der Verbundelemente und die daraus resultierenden Spannungsumlagerungen sind zu berücksichtigen. Die Nachweise sind mindestens zu den Zeitpunkten $t = 0$ und $t = \infty$ zu führen.

Schwinden und Kriechen des Betons sind nach DIN EN 1992-1-1 Anhang B zu berechnen.

Bei den Nachweisen der Verbundkonstruktion sind Bauzustände und Belastungshistorie zu berücksichtigen.

Der Temperaturkoeffizient für Holz ist nach DIN EN 1991-1-5 Anhang C wie folgt anzunehmen:

- in Faserrichtung: $\alpha_T = 5 \cdot 10^{-6} \cdot K^{-1}$
- quer zur Faser: $\alpha_T = 30 \cdot 10^{-6} \cdot K^{-1}$ bis $70 \cdot 10^{-6} \cdot K^{-1}$ (abhängig von der Holzart)

5 Grünbrücken

5.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt regelt Ingenieurbauwerke in Holzbauweise, welche als Querungshilfen für Wildtiere im Bereich zerschnittener Naturräume dienen.

Die folgenden Regelwerke sind zu beachten:

- Richtlinien für den Entwurf, die konstruktive Ausbildung und Ausstattung von Ingenieurbauten [RE-ING]
- Merkblatt zur Anlage von Querungshilfen für Tiere und zur Vernetzung von Lebensräumen an Straßen [M AQ]

Hinweise zum Entwurf und zur Bauausführung sind auch der „Nachhaltigkeitsstudie für Grünbrücken in Holzbauweise – Erfahrungen und Perspektiven“ zu entnehmen [DEGES].

5.2 Abdichtung zum Erdreich

Die Abdichtung zum Erdreich sollte für nicht gekrümmte Bauwerke gemäß RE-ING, Teil 2, Abschnitt 2, 4 Grünbrücken (8) erfolgen:

- bei Bedarf flächiges Feuchtemonitoring mit Abdeckung aus Geotextil als Schutzlage
- Abdichtung mit 1-lagiger Bitumenschweißbahn nach ZTV-ING 7-1
- V13 als Schutzlage
- bewehrter Schutzbeton ($\geq C 12/15$), Mindestdicke 10 cm
- Durchwurzelungsschutzschicht (i. d. R. Schutzfolie)
- Filtermaterial (mindestens 10 cm dick, Körnung 16/32)
- Geotextil/ Filterfließ
- Überschüttung

Die Abdichtung und der Schutzbeton sind mindestens 20 cm über die Arbeitsfuge Decke/Wand zu führen.

Für die Abdichtung gekrümmter Bauwerke zum Erdreich wird in Anlehnung an RE-ING, Teil 2, Abschnitt 2, 4 Grünbrücken (9) der folgende Aufbau empfohlen:

- Abdichtung mit 1-lagiger Bitumenschweißbahn nach ZTV-ING 7-1 (Befestigung auf dem Untergrund mittels Haftanstrich oder genagelter Bitumenbahn)

- Geotextil (mit Funktionen: Schutz und Dränen)
- bei Bedarf flächiges Feuchtemonitoring mit Abdeckung aus Geotextil als Schutzlage
- Abdichtung mit Kunststoffdichtungsbahn nach TL/TP KDB und Ausführung nach ZTV-ING 5-5
- Gleitfolie
- Geotextil (mit Funktionen: Schutz und Dränen)
- Schutzschicht aus Filtersteinen oder Schutzbeton (10 cm, bewehrt, PE-Folie unterlegen)
- Geotextil (mit Funktion: Filtern)
- grobkörniger Boden nach [ZTV E StB 17] Abs. 10.2.4. 1
- Erdüberdeckung ist nach Art der Begrünung festzulegen

5.3 Holzschutz

Die Unterseite der Konstruktion oberhalb der Fahrbahn sollte so geplant werden, dass Wasser aus Sprühnebel oder Kondensation schnell abgeführt und eine Feuchteanreicherung vermieden wird. Folgende Maßnahmen sind dafür geeignet:

- gehobelte Holzoberflächen
- diffusionsoffene Beschichtungen
- Vermeidung horizontaler Flächen
- Fugen und Spalten zwischen den Bauteilen sind möglichst zu vermeiden oder so auszubilden, dass eine Belüftung erfolgt.

5.4 Korrosionsschutz

Für metallene Verbindungsmittel, die dem Sprühnebel ausgesetzt sind, muss eine geeignete Stahlsorte mindestens der Korrosionsbeständigkeitsklasse CRC IV gewählt werden.

6 Bauausführung

6.1 Allgemeines

Es dürfen nur Materialien eingesetzt werden, die in einer Produktnorm, abZ oder ETA geregelt sind. Alternativ ist der Eignungsnachweis durch eine ZiE zu erbringen.

Es sind ausschließlich erfahrene und qualifizierte Fachbetriebe zur Herstellung, zum Transport, zur Lagerung und Montage von Bauprodukten und Bauteilen für Ingenieurbauwerke in Holzbauweise zu beauftragen, welche die erforderlichen Voraussetzungen (z.B. Maßnahmen zur Qualitätssicherung und entsprechend ausgebildetes und geschultes Personal) und Einrichtungen (z.B. bauliche und technische Ausstattung) vorweisen können.

Eine unzuträgliche Erhöhung der Holzfeuchte während Herstellung, Transport, Lagerung und Montage von Holzbauprodukten und Holzbauteilen für Ingenieurbauwerke in Holzbauweise ist unzulässig. Holzbauteile sind während der Bauausführung grundsätzlich vor Feuchteeinwirkung (Niederschlag, Sprühnebel, Schneesmelze und Tauwasser) zu schützen [Holzleimbau 2].

6.2 Herstellung der Bauteile

Vor der Herstellung von Bauteilen für Ingenieurbauwerke in Holzbauweise ist die zugehörige Ausführungsplanung unter Beachtung der Nachweise zum Sicherheits- und Gesundheitsschutz und Allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassungen zu erstellen. Der Auftraggeber hat Ausführungs- und Werkstattzeichnungen schriftlich freizugeben.

Die vom Auftraggeber übergebenen Unterlagen sind auf Vollständigkeit und Plausibilität zu überprüfen.

Holzbauteile sind vor der Auslieferung mit geeigneten temporären Witterungsschutzanstrichen zu versehen oder in Folie zu verpacken [Holzleimbau 2].

6.3 Transport und Lagerung

Folgende Maßnahmen sind während Transport und Lagerung von Holzbauteilen zu beachten (vgl. [Holzleimbau 2] und [Holzleimbau 3]):

- Bauprodukte und Bauteile sind stets gegen Kippen zu sichern.
- Bei Hebevorgängen ist der gesamte Querschnitt mit Schwerlastbändern oder anderem geeigneten Gerät zu fassen. Auf einen ausreichenden Kantenschutz ist zu achten.
- Die Bauteile sind auf Unterleghölzern oder Ähnlichem mit mindestens 10 cm Abstand zum Boden zu lagern. Eine ausreichende Belüftung ist sicherzustellen.
- Im Freien lagernde Bauteile sind durch Abdeckungen vor Niederschlag zu schützen. Es ist sicherzustellen, dass Spritzwasser und Schmutz nicht an die Bauteile gelangen kann (z.B. durch Unterlegen einer Folie).
- Die Verschmutzung von Bauteilen, etwa durch Begehen, unsachgemäße Lagerung oder Schweißen und Schneiden von Stahlteilen im Bereich der Holzbauteile, ist zu vermeiden. Entstandene Verschmutzungen sind durch den Verursacher zeitnah zu entfernen, jedoch spätestens bis zur Abnahme des Bauwerks.

6.4 Wareneingang im Werk bzw. auf der Baustelle, Lieferung von Holzbauteilen

6.4.1 Hinweise zur Wareneingangskontrolle

Bauprodukte und Holzbauteile für Ingenieurbauwerke in Holzbauweise sind bei Anlieferung im Werk bzw. auf der Baustelle einer Wareneingangskontrolle zu unterziehen. Dabei ist Folgendes zu beachten:

- Prüfung der Übereinstimmung zwischen Bestellung und Lieferung
- Prüfung der korrekten CE-Kennzeichnung
- Prüfung der Begleitdokumente (gemäß 6.4.2)
- Prüfung der zulässigen Maßtoleranzen (gemäß 6.4.3)
- Prüfung der zulässigen Holzfeuchtetoleranzen (gemäß 6.4.4)
- Prüfung der zulässigen Rissigkeit (gemäß 6.4.5)
- Prüfung der Lieferung auf augenscheinliche Beschädigungen
- zügige Entfernung von Transportverpackungen und Folien [Holzleimbau 3]
- Verwendbarkeitsnachweise sind vom Auftragnehmer in digitaler Form zusammenzustellen und aufzubewahren, sofern nicht anders vereinbart wird.

Sollten Abweichungen zwischen Bestellung und Lieferung, Beschädigungen, fehlende Dokumente oder Ähnliches festgestellt werden, ist ein Vermerk auf dem Lieferschein vorzunehmen und vom Lieferanten gegenzuzeichnen.

6.4.2 Prüfung der Begleitdokumente

Bei Anlieferung sind die Begleitdokumente auf Richtigkeit zu überprüfen, mindestens in Bezug auf:

- Holzart,
- Sortierklasse,
- Festigkeitsklasse,
- Produktbezeichnung,
- Art des Klebstoffs,
- Oberflächenbeschaffenheit,
- Bescheinigung für chemisch behandelte Hölzer,
- Bescheinigung für vorbeugend chemisch geschützte Holz- und Holzwerkstoffprodukte nach DIN EN 15228,
- Bescheinigung für beschichtete Hölzer und Holzwerkstoffe,
- Art des Korrosionsschutzes mit zugehörigem Formblatt B 4.3.1 „Prüfprotokoll für den Korrosionsschutz Allgemeine Angaben“ aus ZTV-ING - Teil 4 - Abschnitt 3 - Anhang B.

6.4.3 Zulässig Maßtoleranzen und deren Kontrolle

Bei Anlieferung ist festzustellen, ob die gelieferten Bauteile die bestellten Abmessungen aufweisen. Grenzabweichungen für einzelne Bauteile sind gemäß DIN EN 336 und DIN EN 14080 einzuhalten.

Sägeraues Vollholz hat den Anforderungen an Maßtoleranzklasse 1 gemäß DIN EN 336 zu entsprechen; gehobeltes/egalisiertes Vollholz, Holzwerkstoffe und zusammengesetzte Bauteile haben den Anforderungen an Maßtoleranzklasse 2 gemäß DIN EN 336 zu entsprechen. Die Grenzwerte sind Tabelle 9 und Tabelle 10 zu entnehmen.

Tabelle 9: Werte der Maßtoleranzklasse 1 gemäß Tabelle 1 aus DIN EN 336:2013

Für Dicken und Breiten ≤ 100 mm	(-1 bis +3) mm
Für Dicken und Breiten > 100 mm und ≤ 300 mm	(-2 bis +4) mm
Für Dicken und Breiten > 300 mm	(-3 bis +5) mm

Tabelle 10: Werte der Maßtoleranzklasse 2 gemäß Tabelle 2 aus DIN EN 336:2013

Für Dicken und Breiten ≤ 100 mm	(-1 bis +1) mm
Für Dicken und Breiten > 100 mm und ≤ 300 mm	(-1,5 bis +1,5) mm
Für Dicken und Breiten > 300 mm	(-2 bis +2) mm

Bauteile aus Brettschichtholz und Balkenschichtholz haben den Anforderungen an DIN EN 14080 zu entsprechen. Die Grenzwerte sind Tabelle 11 zu entnehmen.

Zur Überprüfung der angegebenen Grenzabweichungen sind Kontrollmessungen an 5 % der Einzelhölzer, mindestens jedoch an einem Holz jeder Querschnittsabmessung durchzuführen. Die Ergebnisse sind zu protokollieren und dem Auftraggeber zu übergeben.

Tabelle 11: Maximal zulässige Abweichungen von den Nennmaßen für Brettschichtholz in Anlehnung an Tabelle 12 gemäß DIN EN 14080:2013

Nennmaße für		Maximal zulässige Abweichungen	
		Gerade Bauteile	Gekrümmte Bauteile
Querschnittsbreite	für alle Breiten	± 2 mm	
Querschnittshöhe	h < 400 mm	+ 4 mm bis - 2 mm	
	h > 400 mm	+ 1 % bis - 0,5 %	
Maximale Abweichung der Winkel des Querschnitts vom rechten Winkel		1:50	
Länge eines gerades Bauteils bzw. abgewinkelte Länge eines gekrümmten Bauteils	l ≤ 2 m	± 2 mm	
	2 m ≤ l ≤ 20 m	± 0,1 %	
	l > 20 m	± 20 mm	
Längskrümmung, gemessen als maximal zulässiger Stich über eine Länge von 2 000 mm, ohne Berücksichtigung einer Überhöhung		4 mm	–
Stich je m abgewinkelte Länge	≤ 6 Lamellen	–	± 4 mm
	> 6 Lamellen	–	± 2 mm

6.4.4 Kontrolle der Holzfeuchte, Grenzwerte

Die Holzfeuchte der Holzbauprodukte und Holzbauteile darf 20 M% bei Wareneingang nicht überschreiten. Bei Anlieferung von Bauteilen großen Querschnitts (Breite > 20 cm und Höhe > 60 cm) ist jedes Bauteil zu überprüfen. Bei kleineren Holzbauprodukten und Holzbauteilen ist die Holzfeuchte an 5 % aller Einzelhölzer einer Lagereinheit (Stapel, Palette etc.), mindestens jedoch an zwei Hölzern jeder Querschnittsabmessung zu überprüfen. Die Ergebnisse sind zu protokollieren und dem Auftraggeber zu übergeben.

Zur Holzfeuchtemessung eignen sich die Verfahren der elektrischen Widerstandsmessung nach DIN EN 13183-2 und der kapazitiven Messung nach DIN EN 13183-3. Die Angaben des Geräteherstellers sind zu beachten. Holzfeuchtemessungen dürfen nicht im Bereich von Ästen, Rinden, Harzgallen, Rissen, Klebefugen u. Ä. durchgeführt werden, da diese Inhomogenitäten die Messergebnisse beeinflussen. Auch Holzschutzmittel, Flammschutzmittel u. Ä. beeinflussen die Genauigkeit der Messergebnisse. Messungen nach dem elektrischen Widerstandsmessverfahren sollen etwa in einem Drittel der Querschnittstiefe erfolgen bzw. in ca. 40 mm Tiefe bei größeren Querschnitten [RI-EBW-PRÜF]. Die am Schaft isolierten Elektroden dürfen nicht vollständig eingeschlagen werden, um eine Fehlmessung an der Bauteiloberfläche auszuschließen.

Holzarten wie Eiche und Bongossi trocknen sehr langsam und können deswegen praktisch nicht in trockenem Zustand eingekauft werden. In diesen Fällen muss zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer individuell vereinbart werden, mit welcher maximal zulässigen Feuchte das Holz eingebaut werden soll. Der Auftraggeber ist auf diesen Sachverhalt hinzuweisen, sofern entsprechende Holzarten ausgeschrieben wurden. In Planung und Ausführung ist das stärkere Schwindverhalten dieser Bauteile besonders zu berücksichtigen.

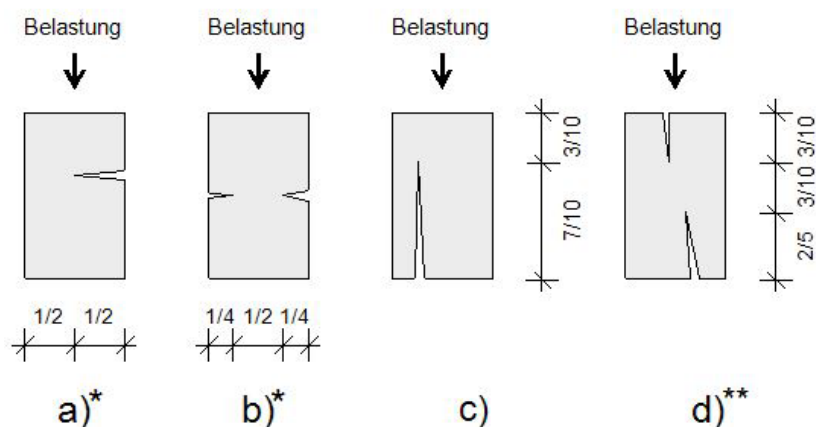
6.4.5 Zulässige Risse und deren Kontrolle

Risse im Holz können die Optik beeinträchtigen, aber auch Auswirkungen auf Tragfähigkeit, Dauerhaftigkeit und Verkehrssicherheit haben. Infolge der Variabilität des Außenklimas verändert sich die Holzfeuchte aufgrund der hygroskopischen Eigenschaften des Holzes. Dies führt zu Spannungsdifferenzen zwischen Querschnittsinnerem und Bauteiloberfläche. Durch

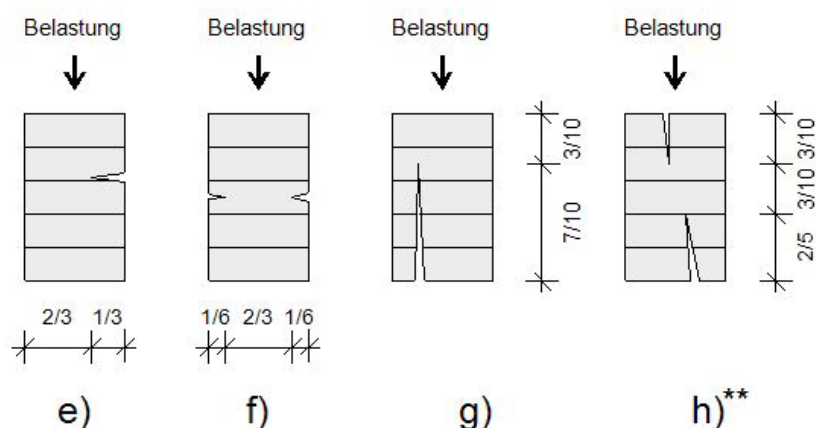
schnelles Trocknen entstehen sichtbare Schwindrisse an der Bauteiloberfläche; durch schnelles Aufweichen können Risse verdeckt im Inneren entstehen. Derartige Schwindrisse sind auch bei tragenden Bauteilen bis zu den nachstehend genannten Grenzwerten zu akzeptieren. Ungeschützte, horizontal liegende Bauteile dürfen beim Einbau keine Risse auf der Oberseite aufweisen.

Horizontale Längsrisse bis zu einer Gesamtrisstiefe von $1/2$ der Querschnittsbreite (oder je $1/4$ auf beiden Seiten des Querschnitts) sind nach DIN 4074-1 für Vollholz zulässig (siehe Abbildung 3 a und b); für die Sortierklassen S 13 und S 13K ist eine Gesamtrisstiefe von $2/5$ der Querschnittsbreite (oder je $1/5$ auf beiden Seiten des Querschnitts) zulässig. Horizontale Längsrisse bis zu einer Gesamtrisstiefe von $1/3$ der Querschnittsbreite (oder je $1/6$ auf beiden Seiten des Querschnitts) sind für Brettschichtholz und Balkenschichtholz zulässig (siehe Abbildung 3 e und f) [Holzleimbau 2]. Vertikale Längsrisse bis zu einer Gesamtrisstiefe von $7/10$ der Querschnittshöhe sind zulässig (siehe Abbildung 3 c, d, g und h), sofern es sich um planmäßig vertikal beanspruchte Bauteile handelt [Frech 1987]. Bei einseitiger Rissausbildung ist zu gewährleisten, dass auf der gegenüberliegenden Seite tatsächlich keine Risse vorhanden sind, die eine Tiefe von ca. 5 mm überschreiten [Aicher 2018].

Vollholz:



Brettschichtholz/Balkenschichtholz:



* Für Sortierklasse S13 gilt abweichend $2/5$ einseitig, bzw. $1/5$ beidseitig.
 ** Oberseitige Risse sind für ungeschützte Bauteile nicht zulässig.

Abbildung 3: Zulässige Risstiefen für Vollholz, Brettschichtholz und Balkenschichtholz (a, b, e, f: Riss orthogonal zur Belastungsrichtung; c, d, g, h: Riss in Belastungsrichtung)

Schwindrisse in auf Querzug beanspruchten Bereichen eines Bauteils sind höchstens bis zu einer Risstiefe von $1/8$ der Querschnittsbreite zulässig, wenn diese beidseitig auftreten, bzw. bis zu einem $1/4$ der Querschnittsbreite, wenn diese einseitig auftreten [Aicher 2018]. Querzugbeanspruchte Bereiche sind gemäß DIN EN 1995-2/NA stets zu verstärken.

Delaminierungen können in geklebten Holzwerkstoffen (z.B. Brettschichtholz) aufgrund einer fehlerhaften Verklebung oder einer falschen Klebstoffauswahl auftreten. Es erfolgt eine Auflösung des Klebeverbundes, welche im Rissbild dadurch gekennzeichnet ist, dass keine oder nur wenige Holzfasern auf der Bruchfläche erkennbar sind [Müller und Franke 2015]. Delaminierungen sind grundsätzlich nicht zulässig.

Bei Anlieferung sind Holzbauprodukte und Holzbauteile auf Risse zu untersuchen. Besteht der Verdacht, dass die zulässigen Grenzwerte überschritten werden, sind die Risse an diesen Holzelementen zu vermessen. Die Messung erfolgt in Anlehnung an DIN 4074-1 in den Viertelpunkten des Risses mit einer 0,1 mm dicken Fühlerlehre. Die Risstiefe ergibt sich aus dem arithmetischen Mittel der drei Messungen. Die oben genannten Grenzwerte sind einzuhalten.

6.5 Montage

Die Montage von Holzbauteilen soll durch erfahrene und qualifizierte Fachbetriebe erfolgen [Holzleimbau 2].

Es ist eine ausreichende Aussteifung im Bauzustand herzustellen [Holzleimbau 2].

Holzbauteile sind im Bereich von Schweiß- oder Schneidarbeiten an Stahlbauteilen abzudecken [Holzleimbau 2].

Vor der Montage von Holzbauteilen sind die Unterbauten durch den Auftragnehmer aufzumessen und mit den vorgegebenen Werten abzugleichen. Die Ergebnisse sind zu protokollieren und dem Auftraggeber zu übergeben.

Nach der Montage sind die eingebauten Holzbauteile einzumessen und mit den vorgegebenen Werten abzugleichen. Die Ergebnisse sind zu protokollieren und dem Auftraggeber zu übergeben.

Gemäß DIN 18334 darf die Einbaufeuchte aller Holzbauteile 20 M% nicht überschreiten. Es wird empfohlen, Holzbauteile mit der im Gebrauchszustand zu erwartenden Ausgleichsfeuchte einzubauen. Für geschützte Bauteile aus Fichtenholz beträgt die zu erwartende Ausgleichsfeuchte etwa 16 bis 18 M%. Sofern bei Wareneingang eine Holzfeuchte von weniger als 20 M% festgestellt wurde, die Bauteile auf der Baustelle korrekt gelagert wurden und innerhalb von drei Tagen eingebaut werden, ist eine erneute Kontrolle der Holzfeuchte vor dem Einbau nicht erforderlich. Anderenfalls ist eine zusätzliche Kontrolle der Holzfeuchte nach Abschnitt 6.4.4 durchzuführen.

6.6 Holzschutz

Die Ausführung von chemischen Holzschutzmaßnahmen an tragenden Bauteilen ist nur durch Fachbetriebe und qualifizierte Fachleute zulässig. Nach DIN 68800-1 sind Fachbetriebe Betriebe, die aufgrund ihrer Fachkenntnisse, organisatorischen, personellen und gerätetechnischen Ausstattung in der Lage sind, Holzschutzmaßnahmen selbstständig auszuführen. Qualifizierte Fachleute sind diejenigen, die eine entsprechende Ausbildung absolviert haben und über die entsprechende Ausrüstung verfügen.

Es sind ausschließlich Holzschutzmittel zu verwenden, die von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin zugelassen sind. Das erforderliche Prüfprädikat (Iv, P, W, E und B) ist auf den vorgesehenen Einsatz abzustimmen.

Gemäß DIN 68800-3 müssen sämtliche Bearbeitungsvorgänge am Bauteil (Hobeln, Fräßen, Bohren, Ausklinken, Ablängen etc.) vor der Durchführung der Schutzbehandlung abgeschlossen sein. Sollte eine Nachbearbeitung nach der Schutzbehandlung unvermeidbar sein, so ist eine Nachbehandlung mit geeignetem Schutzmittel an den bearbeiteten Flächen erforderlich.

Die Fixierung des Holzschutzmittels muss vor der Lieferung der Bauteile abgeschlossen sein [SvfS Berlin].

Die Begleitdokumente zu chemisch geschütztem Holz müssen eine Bescheinigung beinhalten, die in Anlehnung an DIN 68800-3 folgende Angaben enthält [Marutzky 2013]:

- Bezug auf DIN 68800-3,
- Name und Anschrift des ausführenden Betriebes (ggf. verschlüsselt); Datum; Unterschrift,
- Angabe, ob die Erfüllung der Anforderungen an tragende oder nicht tragende Bauteile erfolgte,
- berücksichtigte Gebrauchsklasse (Schutzziel),
- Angewendetes Holzschutzmittel (Art und Hersteller) mit Verwendbarkeitsnachweis,
- Chargen-Nr.,
- Art des Einbringverfahrens,
- Lösungsmittelkonzentration,
- Eindringtiefenklasse entsprechend NP1 bis NP6,
- Erzielte Einbring- bzw. Aufbringmenge,
- Angabe, ob Trockenrisse nachzubehandeln sind,
- Jahr der Behandlung.

Bei einer Nachbehandlung oder einer Erneuerung des Holzschutzes durch chemische Holzschutzmittel am Einbauort ist dafür Sorge zu tragen, dass kein Schutzmittel in Boden oder Gewässer eingetragen wird. Abtropfende oder ablaufende Schutzmittel sind aufzufangen. Es sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen, die eine Kontamination der Umwelt mit Holzschutzmitteln wirksam verhindern [SvfS Berlin].

6.7 Beschichtung von Hölzern und Holzwerkstoffen

In Begleitdokumenten sind die Art und der Hersteller des Beschichtungsmittels, der Aufbau des Beschichtungssystems und der Name und Ort des ausführenden Betriebes zu vermerken. Die Eignung des Beschichtungssystems für den Einsatz im Außenbereich muss vom Hersteller nachgewiesen werden.

Beschichtungsmittel sollen bereits vor der Anlieferung auf die Bauteile aufgebracht werden. Sollte das Aufbringen einer Schlussbeschichtung, Erneuerung oder Ausbesserung auf der Baustelle erforderlich sein, dann ist auf den Schutz der Umwelt zu achten. Es ist Sorge dafür zu tragen, dass kein Beschichtungsmittel in Boden oder Gewässer eingetragen wird. Abtropfende oder ablaufende Beschichtungsmittel sind aufzufangen. Es sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen, die eine Kontamination der Umwelt mit Beschichtungsmittel wirksam verhindern [SvfS Berlin].

6.8 Stahlbau und Korrosionsschutz

Für die Ausführung von Stahlbauteilen gilt die Normenreihe DIN EN 1090.

Für die Ausführung von Korrosionsschutzmaßnahmen gilt ZTV-ING - Teil 4 Stahlbau, Stahlverbundbau - Abschnitt 3 Korrosionsschutz von Stahlbauten.

7 Ergänzungen zur ZTV-ING (Stand 10/2018)

7.1 Ergänzung zu Teil 1, Abschnitt 2, 2.4: Ausführungszeichnungen

Auf den Ausführungszeichnungen für Holzbrücken sind zusätzlich folgende Angaben erforderlich:

- Detailangaben zu Holzarten, konstruktivem und chemischem Holzschutz sowie Beschichtungen,
- Vorgabe der Einbauholzfeuchte,
- Angaben zu Stahlsorten und Korrosionsschutz-Beschichtungssystemen.

Für Holzbrücken sind Werkstattpläne für den Holzüberbau einschließlich der zugehörigen Holzstücklisten zu liefern.

7.2 Ergänzung zu Teil 1, Abschnitt 2, 4: Bestandsunterlagen

Für die Bestandsunterlagen wird die Erstellung eines Wartungshandbuches für jede Brücke und die Erstellung eines Prüfhandbuches für besondere Holzbrücken in Ergänzung zum Bauwerksbuch empfohlen. Als besondere Holzbrücken gelten z. B. Grünbrücken sowie Fachwerk- oder Schrägseilbrücken mit großen Stützweiten. Entsprechende Musterhandbücher sind unter www.holzbrueckenbau.com verfügbar.

Auf den Bestandsübersichtszeichnungen für Holzbrücken sind zusätzlich folgende Angaben erforderlich:

- Detailangaben zu Holzarten, konstruktivem und chemischem Holzschutz sowie Beschichtungen,
- Angabe der Einbauholzfeuchte,
- Angaben zu Stahlsorten und Korrosionsschutzmaßnahmen.

Sämtliche Produktangaben sind im Bauwerksbuch zu hinterlegen.

8 Literatur

8.1 Normen

DIN 1052-10:2012-05: Herstellung und Ausführung von Holzbauwerken - Teil 10: Ergänzende Bestimmungen.

DIN 4074-1:2012-06: Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit - Teil 1: Nadelschnittholz.

DIN 4074-5:2008-12: Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit - Teil 5: Laubschnittholz.

DIN 18203-3:2008-08: Toleranzen im Hochbau - Teil 3: Bauteile aus Holz und Holzwerkstoffen.

DIN 18334:2016-09: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Zimmer- und Holzbauarbeiten.

DIN 18363:2016-09: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Maler- und Lackierarbeiten – Beschichtungen.

DIN 20000-1:2017-06: Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken - Teil 1: Holzwerkstoffe.

DIN 20000-3:2015-02: Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken - Teil 3: Brettschichtholz und Balkenschichtholz nach DIN EN 14080.

DIN 20000-5: 2016-06: Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken - Teil 5: Nach Festigkeit sortiertes Bauholz für tragende Zwecke mit rechteckigem Querschnitt.

DIN 20000-6:2015-02: Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken - Teil 6: Stifförmige und nicht stifförmige Verbindungsmittel nach DIN EN 14592 und DIN EN 14545.

DIN 20000-7:2015-08: Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken - Teil 7: Keilgezinktes Vollholz für tragende Zwecke nach DIN EN 15497.

DIN 68800-1:2011-10: Holzschutz - Teil 1: Allgemeines.

DIN 68800-2:2012-02: Holzschutz - Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau.

DIN 68800-3:2012-02: Holzschutz - Teil 3: Vorbeugender Schutz von Holz mit Holzschutzmitteln.

DIN EN 204:2016-11: Klassifizierung von thermoplastischen Holzklebstoffen für nichttragende Anwendungen; Deutsche Fassung EN 204:2016.

DIN EN 301:2018-01: Klebstoffe, Phenoplaste und Aminoplaste, für tragende Holzbauteile - Klassifizierung und Leistungsanforderungen; Deutsche Fassung EN 301:2017.

DIN EN 336:2013-12: Bauholz für tragende Zwecke – Maße, zulässige Abweichungen; Deutsche Fassung EN 336:2013.

DIN EN 350:2016-12: Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten - Prüfung und Klassifizierung der Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten gegen biologischen Angriff; Deutsche Fassung EN 350:2016.

DIN EN 636:2015-05: Sperrholz - Anforderungen; Deutsche Fassung EN 636:2012+A1:2015.

DIN EN 927-1:2013-05: Beschichtungsstoffe - Beschichtungsstoffe und Beschichtungssysteme für Holz im Außenbereich - Teil 1: Einteilung und Auswahl; Deutsche Fassung EN 927-1:2013.

DIN EN 927-2:2014-11: Beschichtungsstoffe - Beschichtungsstoffe und Beschichtungssysteme für Holz im Außenbereich - Teil 2: Leistungsanforderungen; Deutsche Fassung EN 927-2:2014.

DIN EN 942:2007-06: Holz in Tischlerarbeiten - Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 942:2007.

DIN EN 1090-1:2012-02: Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 1: Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile; Deutsche Fassung EN 1090-1:2009+A1:2011.

DIN EN 1090-2:2018-09: Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken; Deutsche Fassung EN 1090-2:2018.

DIN EN 1090-3:2008-09: Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 3: Technische Regeln für die Ausführung von Aluminiumtragwerken; Deutsche Fassung EN 1090-3:2008.

DIN EN 1090-4:2018-09: Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 4: Technische Anforderungen an tragende, kaltgeformte Bauelemente aus Stahl und tragende, kaltgeformte Bauteile für Dach-, Decken-, Boden- und Wandanwendungen; Deutsche Fassung EN 1090-4:2018.

DIN EN 1991-1-5:2010-12: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-5: Allgemeine Einwirkungen - Temperatureinwirkungen; Deutsche Fassung EN 1991-1-5:2003 + AC:2009.

DIN EN 1991-1-5/NA:2010-12: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-5: Allgemeine Einwirkungen – Temperatureinwirkungen.

DIN EN 1992-1-1:2011-01: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010.

DIN EN 1992-1-1/A1:2015-03: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004/A1:2014.

DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau.

DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Änderung A1.

DIN EN 1992-2:2010-12: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 2: Betonbrücken - Bemessungs- und Konstruktionsregeln; Deutsche Fassung EN 1992-2:2005 + AC:2008.

DIN EN 1992-2/NA:2013-04: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 2: Betonbrücken - Bemessungs- und Konstruktionsregeln.

DIN EN 1993-1-4:2015-10: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-4: Allgemeine Bemessungsregeln - Ergänzende Regeln zur Anwendung von nichtrostenden Stählen; Deutsche Fassung EN 1993-1-4:2006 + A1:2015.

DIN EN 1995-1-1:2010-12: Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-1: Allgemeines - Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1995-1-1:2004 + AC:2006 + A1:2008.

DIN EN 1995-1-1/A2:2014-07: Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-1: Allgemeines - Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1995-1-1:2004/A2:2014.

DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-1: Allgemeines - Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau.

DIN EN 1995-2:2010-12: Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 2: Brücken; Deutsche Fassung EN 1995-2:2004.

DIN EN 1995-2/NA:2011-08: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 2: Brücken.

DIN EN 13183-2:2002-07: Feuchtegehalt eines Stückes Schnittholz - Teil 2: Schätzung durch elektrisches Widerstands-Messverfahren; Deutsche Fassung EN 13183-2:2002.

DIN EN 13183-3:2005-06: Feuchtegehalt eines Stückes Schnittholz - Teil 3: Schätzung durch kapazitives Messverfahren; Deutsche Fassung EN 13183-3:2005.

DIN EN 13556:2003-10: Rund- und Schnittholz - Nomenklatur der in Europa verwendeten Handelshölzer; Dreisprachige Fassung EN 13556:2003.

DIN EN 14080:2013-09: Holzbauwerke - Brettschichtholz und Balkenschichtholz - Anforderungen; Deutsche Fassung EN 14080:2013.

DIN EN 14081-1:2016-06: Holzbauwerke - Nach Festigkeit sortiertes Bauholz für tragende Zwecke mit rechteckigem Querschnitt - Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 14081-1:2016.

DIN EN 14374:2005-02: Holzbauwerke - Furnierschichtholz für tragende Zwecke - Anforderungen; Deutsche Fassung EN 14374:2004.

DIN EN 14545:2009-02: Holzbauwerke - Nicht stiftförmige Verbindungselemente - Anforderungen; Deutsche Fassung EN 14545:2008.

DIN EN 14592:2012-07: Holzbauwerke - Stiftförmige Verbindungsmittel - Anforderungen; Deutsche Fassung EN 14592:2008+A1:2012.

E DIN EN 14592:2017-07: Holzbauwerke - Stiftförmige Verbindungsmittel - Anforderungen; Deutsche und Englische Fassung prEN 14592:2017.

DIN EN 15425:2017-05: Klebstoffe - Einkomponenten-Klebstoffe auf Polyurethanbasis (PUR) für tragende Holzbauteile - Klassifizierung und Leistungsanforderungen; Deutsche Fassung EN 15425:2017.

DIN EN 15228:2009-08: Bauholz – Bauholz für tragende Zwecke mit Schutzmittelbehandlung gegen biologischen Befall; Deutsche Fassung EN 15228:2009.

DIN EN 15497:2014-07: Keilgezinktes Vollholz für tragende Zwecke - Leistungsanforderungen und Mindestanforderungen an die Herstellung; Deutsche Fassung EN 15497:2014.

DIN EN 16254: 2016-12: Klebstoffe - Emulsionspolymerisiertes Isocyanat (EPI) für tragende Holzbauteile - Klassifizierung und Leistungsanforderungen; Deutsche Fassung EN 16254:2013+A1:2016.

DIN EN 16351:2015-12: Holzbauwerke - Brettsperrholz - Anforderungen; Deutsche Fassung EN 16351:2015.

DIN EN ISO 9223:2012-05: Korrosion von Metallen und Legierungen - Korrosivität von Atmosphären - Klassifizierung, Bestimmung und Abschätzung (ISO 9223:2012); Deutsche Fassung EN ISO 9223:2012.

DIN EN ISO 9224:2012-05: Korrosion von Metallen und Legierungen - Korrosivität von Atmosphären - Anhaltswerte für die Korrosivitätskategorien (ISO 9224:2012); Deutsche Fassung EN ISO 9224:2012.

DIN EN ISO 12236:2006-11: Geokunststoffe - Stempeldurchdruckversuch (CBR-Versuch) (ISO 12236:2006); Deutsche Fassung EN ISO 12236:2006.

DIN SPEC 1052-100:2013-08: Holzbauwerke – Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 100: Mindestanforderungen an die Baustoffe oder den Korrosionsschutz von Verbindungsmitteln.

8.2 Richtlinien, Merkblätter

- [BFS] BFS - Bundesausschuss Farbe und Sachwertschutz e.V.: *Merkblatt Nr. 18 – Beschichtungen auf Holz und Holzwerkstoffen im Außenbereich*, Stand 2006-03, Frankfurt a. M., 2006.
- [DGfH] DGfH - Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V.: *DGfH-Merkblatt – Vermeidung von Schimmelpilzbefall an Anstrichflächen außen*, Stand 2002-01, München, 2002.
- [Holzleimbau 1] Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V. und Überwachungsgemeinschaft KVH e.V.: *Merkblatt zu ansetzbaren Rechenwerten für die Bemessung nach DIN EN 1995-1-1 für Vollholz, keilgezinktes Vollholz, Balkenschichtholz (Duobalken/ Triobalken), Brettschichtholz, Brettsperrholz und Furnierschichtholz*, 13. Aufl., Stand 17.05.2018, Wuppertal, 2018.
- [Holzleimbau 2] Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V.: *BS-Holz-Merkblatt*, 11. überarb. Aufl., Stand 2017-12, Wuppertal, 2017.
- [Holzleimbau 3] Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V.: *Wichtige Hinweise für den Umgang mit Brettschichtholz (BS-Holz)*, Wuppertal.
- [M AQ] FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: *Merkblatt zur Anlage von Querungshilfen für Tiere und zur Vernetzung von Lebensräumen an Straßen - M AQ*, Stand 2008, FGSV Verl., Köln, 2008.
- [MPA Stuttgart 1] Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart, Otto-Graf-Institut: *Klebstoffliste I der MPA Universität Stuttgart betreffend geprüfte Klebstoffe im Geltungsbereich der DIN 1052-10 und mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung*, Stand 02.02.2018, Stuttgart, 2018.
- [MPA Stuttgart 2] Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart, Otto-Graf-Institut: *Klebstoffliste II der MPA Universität Stuttgart Klebstoffe zur Verwendung in Bauprodukten gemäß den harmonisierten Produktnormen EN 14080:2013 und EN 15497:2014 und der Produktnorm EN 16351:2015*, Stand 06.04.2018, Stuttgart, 2018.
- [RE-ING] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: *Richtlinien für den Entwurf, die konstruktive Ausbildung und Ausstattung von Ingenieurbauten - RE-ING*, Stand 2017-10, Berlin, 2017.
- [RI-EBW-PRÜF] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: *Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076 - RI-EBW-PRÜF*, Stand 22.02.2017, Berlin, 2017.
- [RI-ERH-KOR] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: *Richtlinien für die Erhaltung des Korrosionsschutzes von Stahlbauten – RI-ERH-KOR*, Stand 2006-05, Berlin, 2006.
- [SvfS Berlin] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin: *Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Holzschutz und die Konstruktion von Holzbauwerken – ZTV-HOLZ 06*, Berlin, 2006.
- [TL/TP KDB] BASt - Bundesanstalt für Straßenwesen: *Technische Lieferbedingungen und Technische Prüfvorschriften für Kunststoffdichtungsbahnen*

- und zugehörige Profilbänder TL/TP KDB, Stand 2017-10, Bergisch Gladbach, 2017.
- [ZTV E STB 17] FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: *Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau - ZTV E StB 17*, Stand 2017, FGSV Verl., Köln, 2017.
- [ZTV-ING] BASt - Bundesanstalt für Straßenwesen: *Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten – ZTV-ING*, Stand 2018-10, Bergisch Gladbach, 2018.
- [ZTV-LSW 06] FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: *Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Ausführung von Lärmschutzwänden an Straßen – ZTV-Lsw 06*, FGSV Verl., Köln, 2006.

8.3 Sonstige Literatur

- [Aicher 2018] Aicher, S.: *Stand sicherheitsbewertung von Rissen in tragenden Brücken-Holzbauteilen – Optimierungsbedarf der RI-EBW-PRÜF*, in: 5. Internationale Holzbrückentage IHB 2018, Filderstadt, 2018.
- [DEGES] DEGES - Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH; SCHWESIG + LINDSCHULTE GmbH Beratende Ingenieure - VBI: *Nachhaltigkeitsstudie für Grünbrücken in Holzbauweise – Erfahrungen und Perspektiven*, Berlin, 2009.
- [Frech 1987] Frech, P.: *Beurteilungskriterien für Rissbildungen bei Bauholz im konstruktiven Holzbau*, in: *Bauen mit Holz*, Vol. 89 (9), Bruderverlag, Karlsruhe, 1987.
- [Marutzky et al. 2013] Marutzky, R.; Willeitner, H.; Radovic, B.; Hertel, H.; Grosser, D.: *Holzschutz - Praxiskommentar zu DIN 68800 Teile 1 bis 4, 2.*, vollst. überarb. Aufl., Beuth Verl., Berlin, 2013.
- [Müller und Franke 2015] Müller, A. und Franke, B.: *Methoden der Zustandserfassung bei Holzbauwerken*, in: 8. Europäischer Kongress EBH 2015, Köln, 2015.