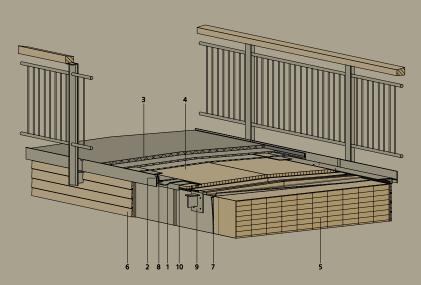


Entwurf von Holzbrücken



holzbau handbuch | REIHE 1 | TEIL 9 | FOLGE 1

Impressum

Herausgeber:

Qualitätsgemeinschaft Holzbrückenbau e.V. Am Geißberg 14 71292 Friolzheim Tel. 07044 / 954135 info@holzbrueckenbau.com www.holzbrueckenbau.com

Die technischen Informationen dieser Schrift entsprechen zum Zeitpunkt der Drucklegung den anerkannten Regeln der Technik. Eine Haftung für den Inhalt kann trotz sorgfältigster Bearbeitung und Prüfung nicht übernommen werden.

Hinweise zu Änderungen, Ergänzungen und Errata unter: www.holzbrueckenbau.com

Die Wortmarke INFORMATIONSDIENST HOLZ ist Eigentum des Informationsverein Holz e.V., Franklinstraße 42, 40479 Düsseldorf, www.informationsvereinholz.de.

Gefördert durch:



Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages





Begleitende Arbeitsgruppe:

Rouven Erhardt, Pforzheim Matthias Gerold, Karlsruhe Thorsten Helbig, Stuttgart Karl Kleinhanß, Friolzheim Wolfgang Müll, Weilheim Andreas Müller, Biel (CH) Josef Schmees, Fresenburg Kurt Schwaner, Stuttgart Tobias Wiegand, Wuppertal

Fachbearbeitung:

Ingenieurbüro Miebach, Lohmar Dipl.-Ing. (FH) Frank Miebach B.Eng. Lukas Osterloff Stefan Berhorst, Stefan Gnodtke

Redaktion:

Dipl.-Ing. Arch. Arnim Seidel Dipl.-Ing. (FH) Frank Miebach B.Eng. Lukas Osterloff

Gestaltung:

Schöne Aussichten, Düsseldorf Oliver Iserloh, Volker Groß

Erschienen: Februar 2019 ISSN-Nr. 0466-2114 holzbau handbuch

Reihe 1: Entwurf und Konstruktion

Teil 9: Brücken

Folge 1: Entwurf von Holzbrücken

Inhalt

32 6.1.3 _ Handläufe

Seite 2	_ Impressum	Seite 33	6.1.4	_Geländerfüllungen
4	1 _ Einführung	34	6.1.5	_Beleuchtung
4	1.1 _ Der moderne Holzbrückenbau	34	6.2	_ Fahrzeugrückhaltesysteme
5	1.2 _ Aktuelle Entwicklungen	34	6.3	_ Kappen und Schrammborde
7	2 _ Klimabilanz – Kohlenstoffspeiche	er 36	7	_ Beläge
	in Holzbrücken	36	7.1	_Bohlenbeläge
7	2.1 _ Der Kohlenstoffspeicher in Holzbrüc	ken 36	7.1.1	_ Beläge aus Holz
9	2.2 _ Rückbau, Recycling und Entsorgung	39	7.1.2	_Beläge aus Kunststoff
9	2.3 _ Potenzial bei Holzprodukten	39	7.2	_ Plattenförmige Beläge
10	3 Rahmenbedingungen	39	7.2.1	_Beläge aus Betonfertigteilen
10	3 _ Rahmenbedingungen3.1 _ Regelwerke für den Entwurf von	41	7.2.2	_Beläge aus Naturstein
10	Brücken in Deutschland	41	7.3	_ Bituminöse Beläge
10	3.2 _ Straßenbrücken	42	7.4	_Beläge aus Stahl
10 11	3.3 _ Fuß- und Radwegbrücken	42	7.5	_Entwässerung
12	3.4 _ Örtliche Umweltfaktoren	42	7.6	_Übergangskonstruktionen
13	3.5 _ Baulicher Holzschutz	44	0	_ Verschalungen und Abdeckungen
13	3.5.1 _ Vorgaben aus der DIN 68800	44		_ Seitliche Verschalungen
15	3.6 _ Transport/Montage	44		_Geschlossene Verschalungen
13	5.0 _ mansport/montage	46		_ Offene Verschalungen
17	4 _ Materialien im Holzbrückenbau	46		_Oberseitige Abdeckungen
17	4.1 _ Brettschichtholz	46		_Abdeckungen aus Metall
18	4.2 _ Bauschnittholz	. 47		_Abdeckungen aus Kunststoff und
18	4.3 _ Furnierschichtholz und Brettsperrho	Iz	0.2.2	Bitumen unter offenen Belägen
18	4.4 _ Holzbehandlung	48	8 3	_ Hirnholzseitige Abdeckungen
18	4.5 _Verarbeitungs- und Klebetechnolog	ie	0.5	_Thirmoizsettige Abdeckungen
19	4.6 _ Verbindungsmittel	49	9	_ Lagerkonstruktionen
19	4.7 _Stahlteile und Korrosionsschutz	49	9.1	$_Lagerkonstruktionen f\"{u}r Holzbr\"{u}cker$
20	5 _ Bauweisen im Holzbrückenbau	51	9.2	_Biegesteife Lagerkonstruktionen
20	5.1 _ Balkenkonstruktionen	51	9.3	_Ausbildung von Widerlagern
20	5.1.1 _ Deckbrücken			bei Holzbrücken
21	5.1.2 _ Blockträgerbrücken	52	10	_ Unterhaltung und Prüfung
23	5.1.3 _Trogbrücken	52		_ Prüfzyklen und Regelungen
24	5.1.4 _ Holz-Beton-Verbundbrücken	52		_Monitoring
25	5.2 _ Überdachte Fachwerkkonstruktione			_Wartungsmaßnahmen
27	5.3 _Bogenkonstruktionen	53		_Unterhaltungskosten und
28	5.4 _ Schrägseil- und Hängeseilkonstruktion			Lebensdauer
29	5.5 _Spannbandkonstruktionen			
	·	54		_ Literatur
30	6 _ Rückhaltesysteme und	56		_ Normen
	Schutzeinrichtungen	58	13	_ Bildnachweis
30	6.1 _Geländer			
30	6.1.1 _ Geländer aus Holz			
32	6.1.2 _ Geländer aus Stahl			

1_Einführung

*Lebensdauer

Gemäß der "Verordnung zur Berechnung von Ablösungsbeträgen nach dem Eisenbahnkreuzungsgesetz, dem Bundesfernstraßengesetz und dem Bundeswasserstraßengesetz" (ABBV) beträgt die zu erwartende Lebensdauer einer geschützten Brücke in Holzbauweise mindestens 60 Jahre. Darüber hinaus zeigt eine Studie der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung (DGfH), dass bei geschützten Brücken sogar Standzeiten von über 80 Jahren angesetzt werden können. Zahlreiche historische Bauwerke wie die Straßenbrücke in Vorbach aus dem Jahr 1779 oder die Rheinbrücke in Bad Säckingen aus dem Jahr 1699 belegen diese These. Ungeschützte Brücken erreichen oft lediglich eine Lebensdauer von 30 Jahren.

Brücken aus Holz können auf eine lange Tradition zurückblicken. Holz war lange Zeit in Europa der wichtigste Baustoff für die sich entwickelnde Infrastruktur. Als kostengünstiges und gut zu verarbeitendes Material wird es auch heute noch für den Brückenbau verwendet. Bei Fuß- und Radwegen liegt der Anteil von Holzbrücken auf kommunaler Ebene bei ca. 8 %, in einigen Regionen in Nordrhein-Westfalen sogar bis zu 40 % [1]. Holz erfährt neuen Zuspruch, weil seine Verwendung auch im Bauwesen einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz darstellt. Die einzigartige CO₂-Speicherfähigkeit des Werkstoffs gilt als wichtiges Mittel, um nationale Klimaschutzziele zu erreichen (siehe Kap. 2 Klimabilanz von Holzbrücken).

Trotz dieser Vorzüge haben Holzbrücken – gerade bei Bauentscheidern – ein erhebliches Imageproblem. Dies ist in erster Linie auf viele Bauschäden an Brücken zurückzuführen, bei deren Planung der Nutzen von chemischen Holzschutzmitteln überschätzt und der konstruktive Holzschutz vernachlässigt worden ist. Die daraus resultierende kurze Lebenszeit von oft weniger als 30 Jahren und hohen Wartungskosten führten dazu, dass bei Neubauten Materialien wie Stahl, Beton oder Aluminium bevorzugt werden, obwohl deren Herstellung mit einem hohen Energiebedarf verbunden ist.

Durch eine geschützte Bauweise lässt sich hingegen eine vergleichbare Standzeit* erreichen, so dass Holzbrücken eine klimafreundliche und nachhaltige Alternative zu Brücken aus konventionellen Baustoffen darstellen.

1.1 _ Der moderne Holzbrückenbau

Der Einsatz von Holz im Brückenbau hat sich im Laufe der Jahrhunderte stetig gewandelt. Grundsätzliche Konstruktionsprinzipien und Erkenntnisse zur Dauerhaftigkeit von Holzbrücken wurden über Generationen weitergegeben und durch innovative Ideen von Baumeistern stetig verbessert.

Wenn Holzbrücken nach Jahrhunderten noch erhalten werden, zeichnen sie sich grundsätzlich dadurch aus, dass die tragende Holzstruktur durch Schutzmaßnahmen wie Dachkonstruktionen und Bekleidungen vor Witterung geschützt ist. Diese Verschalungen und die Erkenntnisse der Baumeister der vergangenen Jahrhunderte bilden die Grundlage für den modernen Holzbrückenbau. Vorrangigstes Ziel ist eine dauerhafte Konstruktion, die die Vorteile des Baustoffes Holz optimal nutzt und eine lange Lebensdauer erreicht.

Die moderne Interpretation von geschützten Holzbrücken ist dem Erfindungsgeist in der Holzverarbeitung zu verdanken. Besonders die Entwicklung von Brettschichtholz zu Beginn des 20. Jahrhunderts ermöglichte Holzbauteile in bislang ungekannter Größe. Hinzu kam die Blockverleimung von Brettschichtholz, die ungeahnte Dimensionen bei Querschnitten zuließ. So wurden in Deutschland vor etwa 30 Jahren grundsätzlich neue Ausführungsarten bei Brücken realisierbar. Ein Meilenstein stellt die Fußgängerbrücke in Wernau von 1990 dar (Abb. 1.2).

Bei diesem Bauwerk wurde ein blockverklebter Träger aus Brettschichtholz mit einem





Belag aus aufgelegten Stahlbetonfertigteilen kombiniert. Die Praxis historischer (Fachwerk-) Brücken wurde so in eine moderne Form übertragen. Das Dach als schützendes Bauelement wanderte nach unten in die Ebene eines dauerhaften und dichten Belages.

Weitere Bauwerke dieses Konstruktionsprinzips folgten und belegen durch ihren heutigen Zustand die Langlebigkeit moderner Holzbrücken.

1.2 _ Aktuelle Entwicklungen

Die Erkenntnisse der 1980er Jahre im Holzbrückenbau finden heute wieder stärkere Beachtung. Wesentliches Merkmal dieser Bauwerke ist die Ausführung eines dichten Belages und der Verzicht auf ein separates Dach.

Die positiven Erfahrungen lassen den Baustoff Holz als interessante Alternative im Brückenbau erscheinen – auch vor dem Hintergrund der Notwendigkeit ressourcenschonenden Bauens. Dies erkennen nicht nur Planer, sondern auch öffentliche Bauherren. Immer öfter werden bei Wettbewerben Entwürfe von Brücken eingereicht, die den Baustoff Holz einbeziehen. Solche Verfahren führten

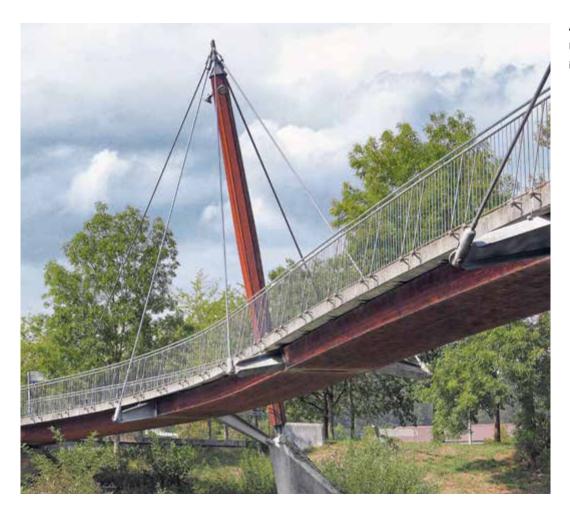


Abb. 1.2 Fußgängerbrücke in Wernau (1990).

Abb. 1.3 Wettbewerbsbeitrag Steg Margaretengürtel, Wien (2010)



Abb. 1.4 Wettbewerbsbeitrag Fuß- und Radwegbrücke für Landesgartenschau, Lahr (2012)



Abb. 1.5 Wettbewerbsbeitrag Fuß- und Radwegbrücke, Rheinfelden (2015)



zur Umsetzung einer Reihe architektonisch anspruchsvoller Projekte (Abb. 1.3-1.5).

Ingenieure und Architekten entwickeln gemeinsam neue, ungewohnte Ansätze zur Gestaltung von Brücken, indem sie das vermeintlich alte Thema neu interpretieren. Der Holzbau bietet dafür viele interessante technische Lösungen. Die Verleimtechnologie erlaubt die Herstellung leistungsfähiger Holzwerkstoffe sowie großer, in mehrere Richtungen gekrümmter Bauteile. Stäbchenverleimung und 5-Achs-CNC-Bearbeitungen ermöglichen nahezu beliebig geformte und

gefräste Bauteile. Gegenüber anderen Materialien lassen sie sich oft mit einem geringeren Kostenmehraufwand realisieren. Neue Verbindungsmittel wie selbstbohrende Schrauben, Vollgewindeschrauben oder eingeklebte Rundstähle und Bleche ergänzen diese Entwicklung. In Verbindung mit den Erkenntnissen aus den Pionierprojekten der 1970er bis 1990er Jahre bilden sie heute die Grundlage für einen modernen und nachhaltigen Holzbrückenbau. Ein weiterer Beweis für die Leistungsfähigkeit sind neuartige Entwicklung von Grünbrücken in Holzbauweise, die immer häufiger im deutschsprachigen Raum umgesetzt werden.

Drei Broschüren zum Holzbrückenbau

Die vorliegende Broschüre ist eine von vier Veröffentlichungen des INFORMATIONS-DIENST HOLZ, die sich mit dem Holzbrückenbau ausführlich befassen. Sie ist Grundlage für den Entwurf und die Planung von Straßen- sowie Fuß- und Radwegbrücken in Holzbauweise und stellt die damit zusammenhängenden Besonderheiten nach aktuellem Wissensstand dar. Daneben findet der Leser wichtige Planungsgrundlagen sowie die Darstellung beispielhafter Detailausbildungen. Die Sonderform der Grünbrücken in Holzbauweise wird in separaten Veröffentlichungen behandelt.

Ihr Inhalt steht in direktem Zusammenhang mit zwei weiteren Schriften:

- "Tragwerksplanung von Holzbrücken"
 (holzbau handbuch Reihe 1, Teil 9, Folge 2)
- "Musterzeichnungen für Holzbrücken"
 (holzbau handbuch Reihe 1, Teil 9, Folge 3)

Zeitgleich ist das Buch "Drüber und drunter – Brücken aus Holz" erschienen, in dem zeitgenössische Brückenbauten in Wort und Bild dokumentiert werden, um alle Interessierten für dieses spannende Sonderthema des Holzbaus zu begeistern.

2 _ Klimabilanz – Kohlenstoffspeicher in Holzbrücken

Prof. Dr. Annette Hafner, Özlem Özdemir

In Brücken verbaute Holzprodukte stellen einen temporären Kohlenstoffspeicher dar, der die Freisetzung des Kohlenstoffs verzögert, so lange, bis das jeweilige Bauteil entsorgt wird. Bei der Entsorgung wird der Kohlenstoff durch energetische Nutzung (= Verbrennung) des Holzes freigesetzt. Basierend auf der Erfassung aller Bauproduktmassen der Brücke können die Anteile an Holz ermittelt und daraus die Einlagerung der Kohlenstoffmengen und somit die Höhe des temporären CO₂-Speichers berechnet werden. Die DIN EN16449 [24] legt die Umrechnung des gespeicherten Kohlenstoffs in CO₂ fest. Grundlagen hierfür sind:

Berechnung des biogenen CO₂
 nach DIN 16449:

$$P_{CO_2} = \frac{44}{12} * cf * \frac{\rho \omega * V \omega}{1 + \frac{\omega}{100}}$$

mit:

P_{CO2} der als Kohlenstoffdioxidemission aus dem Produktsystem in die Atmosphäre oxidierte biogene Kohlenstoff (z. B.
 Energieträger am Lebensende) in [kg]

- cf der Kohlenstoffanteil der Holzbiomasse (trockene Masse), 0,5 als Standardwert
- ω der Feuchtegehalt des Produkts (Einbaufeuchte des spezifischen Produktes berücksichtigen i.d.R. 16 18%)
- $\rho\omega$ die Rohdichte der Holzbiomasse des Produkts bei diesem Feuchtegehalt (kg/m³)
- Vω das Volumen des Vollholzprodukts bei diesem Feuchtegehalt [m³]
- biogenes CO₂ (entspricht CO₂ -Speicher) ist in Wirkungskategorie Treibhausgaspotenzial (GWP) enthalten
- im (Holz-)Produkt enthaltene Kohlenstoffmenge [kg C] hat den Standardwert 0,5 [24]

2.1 _ Der Kohlenstoffspeicher in Holzbrücken

Die CO₂-Speicherkapazität einer Holzbrücke hängt stark von der Dimensionierung und dem gewählten Tragsystem ab. Die Berechnung des temporären Kohlenstoffspeichers wird beispielhaft anhand der Blockträgerbrücke Neckartenzlingen, die auch als Hybrid-Bauwerk verstanden werden kann, dargestellt.

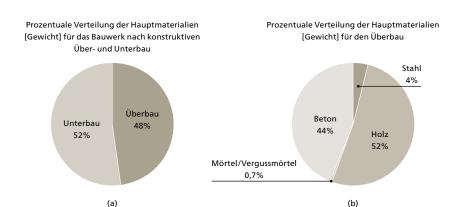




Diagramm 2.1

holzbau handbuch | REIHE 1 | TEIL 9 | FOLGE 1

Im Rahmen einer Sachbilanz sind die Materialmassen ermittelt worden, dabei werden die Bauteile nach der "RE-ING - Teil 2 Brücken Abschnitt 2 Konstruktive Anforderungen" [2] nach Über- und Unterbau gegliedert. Der Gesamtmassenverteilung [Gewicht], die in Diagramm 2.1a dargestellt ist, kann entnommen werden, dass der Überbau und der Unterbau massemäßig, bezogen auf das Gewicht, fast gleich groß sind. Darüber hinaus wird in Diagramm 2.1b und 2.1c die prozentuale Massenverteilung der Hauptmaterialien [Gewicht] für den Überbau und den Unterbau dargestellt. Es ist zu erkennen, dass das Hauptmaterial Holz im Unterbau nicht vorkommt und die gesamte Holzmasse im Überbau zu finden ist.

Durch das ermittelte Gesamtvolumen [m³] an Holz kann die oben angegebene Formel angewendet und der temporäre CO₂-Speicher ermittelt werden. Neben dem errechneten Kohlenstoffspeicher für die Blockträgerbrücke Neckartenzlingen (Tab. 2.1, Nr. 1) werden für weitere Holzbrücken, die unterschiedlichen Holzbrückentypen angehören, die jeweiligen Kohlenstoffspeicher exemplarisch dargestellt.

Anzumerken ist, dass eine reine Stahl- oder Stahlbetonbrücke keinen Beitrag zum Kohlenstoffspeicher leisten kann. Im Vergleich variieren die absoluten Werte von ungefähr 50 bis $210 \, {\rm t} \, {\rm CO}_2$ temporärer Kohlenstoffspeicher pro Brückenbauwerk in der Tabelle 2.1.

Die berechneten Kohlenstoffspeicher stehen in unmittelbarem Zusammenhang mit der Dimensionierung einer Brücke. Um das Speicherpotenzial vergleichbar zu machen, werden die Werte auf die Brückenfläche bezogen.

Absolut ist der Kohlenstoffspeicher [in kg CO₂] der Brücke in Neckartenzlingen größer als der der Blockträgerbrücke Schwäbisch Gmünd (Nr.2). Bezogen auf den m² Brückenfläche ist der Kohlenstoffspeicher pro Brückenfläche der Brücke Neckartenzlingen kleiner als der der Brücke Schwäbisch Gmünd. Der Kohlenstoffspeicher pro Brückenfläche ist ein Anhaltspunkt für die ökologische Vorteilhaftigkeit der Holzbrückenkonstruktion.

Die Betrachtung des Materialaufwandes für beispielweise die Fahrbahn, die aus Stahlbeton besteht, weist nach der ABBV eine

Tabelle 2.1 | Biogenes CO2 bei unterschiedlichen Holzbrücken

Nr.	Bauweise	Standort	Länge [m]	Breite [m]	geschütztes Holz [m³]	ungeschütztes Holz [m³]	Biogenes CO ₂ [kg]	Biogenes CO ₂ / m² [kg]
1	Blockträger	Neckartenzlingen	96,00	3,00	255,87	2,31	210.225	730
2	Blockträger	Schwäbisch Gmünd	27,10	2,50	63,77	0,69	52.492	775
3	Holz-Beton-Verbund	Lohmar	40,00	4,50	114,40	1,36	94.259	524
4	Schrägseilbrücke	Lohmar	62,32	2,00	58,06	3,49	50.111	402
5	Schrägseilbrücke	Wolfratshausen	46,50	3,00	65,92	0,99	54.484	391
6	Schrägseilbrücke	Tauberbischofsheim	50,00	2,5	74,17	1,28	61.435	491
7	Trogbrücke	Tauberbischofsheim	46,80	3,60	83,08	2,86	69.981	415

Austauschrate von 0,85 mal auf, wobei eine Nutzungszeit für die Brücke von insgesamt 60 Jahren angenommen wird. Es wird davon ausgegangen, dass eine Korrelation zwischen den Instandsetzungszyklen und den Ausstauschraten der Elemente besteht. So erzielt eine kontinuierlich durchgeführte Instandsetzung theoretisch eine höhere Nutzungszeit eines Bauelements. Dies trägt dazu bei, dass die Austauschraten verkleinert werden und die Massenbilanzierung positive Auswirkungen auf die gesamte Lebenszyklusbetrachtung hat. Eine Erhöhung der Lebensdauer verlängert den Kohlenstoffspeicher, da sich die Instandsetzungszyklen und die damit verbundenen Austauschraten von einzelnen Bauelementen ändern. Oberstes Gebot ist deshalb immer die Verfolgung einer hohen Lebensdauer, indem alle Möglichkeiten des konstruktiven Holzschutzes ausgeschöpft und die Brücken bestmöglich geschützt werden.

Da sich weite Transportwege negativ auf die Ökobilanz auswirken und die dabei eingesetzten fossilen Energieträger die Primärenergieeffizienz reduzieren, sollte das eingebaute Holz möglichst aus der Region stammen, in der es verarbeitet, verwendet und schließlich thermisch verwertet wird.

2.2 _ Rückbau, Recycling und Entsorgung

Auf Grund der EU Directive on waste [22] gibt es eine Abfallhierarchie, nach der in Europa möglichst viel Material wiederverwendet oder recycelt werden soll. Erst in einem zweiten Schritt wird Material als Energieressource betrachtet. Um Material aus Holz einem zweiten Verwendungsweg zuführen zu können, ist es notwendig Altholz [23] zu klassifizieren. Es darf nur Holz der Wiederverwendung zugeführt werden, das nicht mit Schadstoffen belastet ist. Das bedeutet, dass Holz, welches mit chemischem Holzschutz behandelt wurde,

nicht wiederverwendet werden kann, sondern zur Energiegewinnung eingesetzt werden muss. Die bessere Verwertung von unbehandeltem Altholz kann helfen die langfristig verfügbare Menge an Holz zu vertretbaren Kosten zu stabilisieren. Grundsätzlich sollte die Erstnutzung von Vollholz als Bauholz erfolgen. Die thermische Verwertung gilt als die letzte Option. Diese Vorgehensweise verlängert und erweitert die Menge der Kohlenstoffspeicherung erheblich.

2.3 _ Potenzial bei Holzprodukten

Aus ökologischer Sicht lassen sich die positiven Eigenschaften der Holzverwendung im Brückenbau wie folgt zusammenfassen:

- Der Einsatz von Holz im Tragwerk von Brücken hat den größten Einfluss auf die Ökobilanz. Hierbei hat das Holz die Fähigkeit für das Klima doppelt nützlich zu sein. Es verbindet im Vergleich zu anderen Baumaterialien geringe CO₂-Emissionen aus fossilen Quellen mit der Fähigkeit, Kohlenstoff zu binden und damit temporär der Atmosphäre zu entziehen.
- Das größte Potenzial liegt im Einsatz von Holzprodukten für den Überbau und die Ausstattung sowie der Verwendung von Holzprodukten mit einer möglichst langen Lebensdauer bzw. konstruktiver Holzschutz.
- Die Höhe des Kohlenstoffspeichers steigt mit der Menge an verbautem Holz. Um negativen Effekten im Kohlenstoffspeicher des Waldes vorzubeugen, muss das Holz aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern stammen.
- Die Instandhaltung der Bauteile (z.B. konstruktiver Holzschutz) ist wichtig, um dieLebensdauer der Bauprodukte über den Lebenszyklus des Brückenbauwerks und damit auch den Kohlenstofffußabdruck zu optimieren.

3 _ Rahmenbedingungen

Holzbrücken - Regelwerke

Hinweise für den Entwurf, die Bauausführung sowie Wartung und Prüfung geschützter Holzkonstruktionen sind bislang kaum in den Richtlinien der BASt enthalten. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens wurden "Empfehlungen für Technische Vertragsbedingungen für Holzbrücken (ETV-HolzBr)" [3] entwickelt. Die Qualitätsgemeinschaft Holzbrückenbau e.V. stellt diese unter www.holzbrueckenbau.com zur Verfügung.

3.1 _ Regelwerke für den Entwurf von Brücken in Deutschland

Für den Entwurf von Brücken gelten die Angaben aus den europaweit vereinheitlichten Regeln für die Bemessung im Bauwesen (Eurocodes). Detaillierte Erläuterungen zu Regelwerken, die die Bemessung von Brückenbauwerken in Holzbauweise betreffen, sind in der Schrift "Tragwerksplanung von Holzbrü-cken" (holzbau handbuch Reihe 1, Teil 9, Folge 2) zu finden.

Für Brücken, die Teil des Bundesfernstraßennetzes sind, gelten die Regelwerke für den Brücken- und Ingenieurbau der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt). Das Thema Holzbrücken wird in den Regelwerken bislang nur marginal erwähnt. Die eingeführten Regelwerke der BASt sind nur teilweise auf Holzbrücken anwendbar. Spezielle Richtlinien für den Entwurf, die Bauausführung sowie Wartung und Prüfung geschützter Holzkonstruktionen geben die "Empfehlungen für Technische Vertragsbedingungen für Holzbrücken" (ETV-HolzBr) [3] vor.

Anforderungen an Stadtstraßen sind in den Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt) aufgeführt. Bei ländlichen Wegen sind die Richtlinien für den Ländlichen Wegebau (RIW) zu beachten. Diesen Richtlinien lassen sich unter anderem unterschiedliche Wegeprofile entnehmen, die auch bei der Planung von Brücken zu berücksichtigen sind.

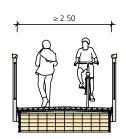
Speziell für die Planung von Geh- und Radwegbrücken geben die "Empfehlungen für Fußgänger(Rad)verkehrsanlagen" (EFA[4]/ ERA[5]) der Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen (FGSV) wichtige Rahmenbedingungen vor. Als besondere Grundlage für den Entwurf von Holzbrücken gilt die DIN EN 1995-2 [25] einschließlich nationalem Anhang sowie die DIN 68800 [26-28] für Maßnahmen des konstruktiven Holzschutzes.

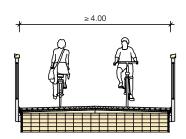
3.2 _ Straßenbrücken

Detaillierte Regelungen sind den Publikationen der BASt sowie der FGSV zu entnehmen. Für den Entwurf einer Brücke sind zunächst die geometrischen Rahmenbedingungen entscheidend. Die lichte Weite zwischen den seitlichen Absturzsicherungen einer Straßenbrücke ergibt sich aus der Straßenkategorie und der daraus resultierenden Entwurfsklasse. Die minimale Höhe des Lichtraumprofils bei der Kreuzung von Straßenverkehrswegen ist mit mind. 4,50 m angegeben. Neubauten von Brücken im Bundesfernstraßennetz sind mit einer lichten Höhe von min. 4,70 m zu planen [2]. Aufgrund möglicher Erhöhungen der Straßenaufbauten empfiehlt es sich zusätzliche Sicherheiten vorzusehen.

Abb. 3.1 Wegbreiten gem. [4] und [5]







3.3 _ Fuß- und Radwegbrücken

Gemäß der unter 3.1 aufgeführten Regelwerke ergeben sich für Fuß- und Radwegbrücken geometrische Rahmenbedingungen. Die Mindestbreite für einen reinen Fußwegbeträgt 1,80 m [4]. Wird der Weg sowohl von Radfahrern und Fußgängern benutzt, beträgt die lichte Breite mindestens 2,50 m [5]. Für Radschnellwege wird eine Mindestbreite von 4,00 m empfohlen.

Die Höhe des Lichtraumprofils darf den Sicherheitsabstand von 2,50 m nicht unterschreiten. Dies ist bei Brücken beispielsweise bei Abspannkonstruktionen oder Überdachungen zu berücksichtigen. Zur Überwindung von Hindernissen ist häufig ein Höhenanstieg und damit der Einsatz von Rampen erforderlich. Hierbei wird zwischen reinen Radwegen und gemeinsam genutzten Wegen oder Fußwegen unterschieden. Bei Radwegen [5] wird die maximale Steigung in Zusammenhang mit der Steigungsstrecke ermittelt.

Die maximale Steigung von 10 % darf beispielsweise nur über eine Länge von max. 20 m bestehen. Rampen, die auch von Fußgängern genutzt werden, müssen Anforderungen an Barrierefreiheit erfüllen und dürfen eine Längsneigung von 6 % nicht überschreiten [29]. Darüber hinaus sind in einem Abstand von 6,00 m Ruhepodeste mit einer Länge von mind. 1,50 m anzulegen. Hieraus resultiert eine gemittelte Neigung von 4,8 %.

Die minimale Querneigung von Radwegen wird mit 2,5 % angegeben, um eine zuverlässige Entwässerung zu ermöglichen. Bei einem ausreichendem Längsgefälle oder einem sehr ebenen Belag lässt sich dieser Wert erfahrungsgemäß reduzieren.

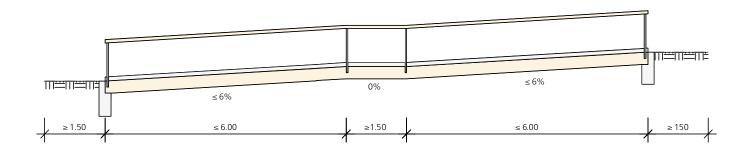
Tabelle 3.1 | Wegbreiten

Reiner Fußweg	≥ 1,80 m
Gemeinsamer Geh- und Radweg	≥ 2,50 m
Radschnellweg	≥ 4,00 m

Tabelle 3.2 | Steigungen für Radwege

Steigung [%]	Max. Länge der Steigungsstrecke [m]
10	20
6	65
5	120
4	250
3	> 250

Abb. 3.2Barrierefreie Rampen



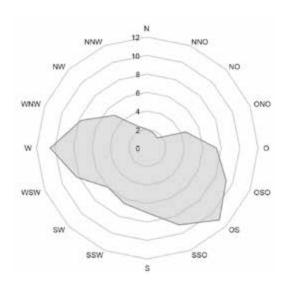


Abb. 3.3

Beispieldiagramm einer
Auswertung einer
standortbezogenen für
den Standort Flughafen
Köln/Bonn 2017
Windrichtungsverteilung
in [%] als Windrose

3.4 _ Örtliche Umweltfaktoren

Für den Entwurf von Brücken spielt die örtliche Topografie eine wesentliche Rolle. Die bestehende Geländeform und Wegeverläufe sind in die Entwicklung eines Entwurfs einzubeziehen und Freiraumprofile für Gewässer sowie Verkehrswege einzuhalten. Speziell bei Holzbrükken ergeben sich weitere Standortparameter, die Einfluss auf den Entwurf haben können.

Die Orientierung einer Brücke im Verhältnis zur Himmelsrichtung kann ein wichtiger Aspekt bei der Planung von baulichen Holzschutzmaßnahmen sein. Im mitteleuropäischen Raum besteht die stärkste Witterungsbeanspruchung meist in West-Ost-Orientierung. Gerade für Holzbauteile liegt die größte Belastung in der Kombination aus Feuchte und UV-Strahlung. Folglich ist es bei der Planung des baulichen Holzschutzes empfehlenswert, Wetterseiten durch größere Überstände (siehe

Abb. 3.4
Empfehlungen für
seitliche Überstände
als Ergänzung zu
DIN 68800 [26]
(links)

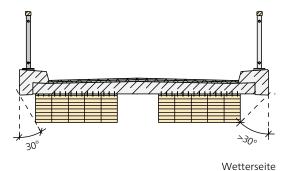


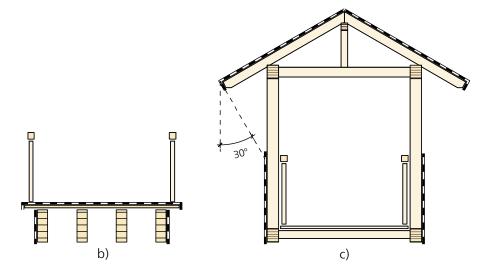
Abb. 3.5 Im Grundriss gekrümmte Fußgängerbrücke (rechts)

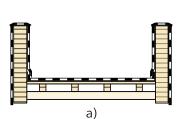
Abb. 3.5) oder Verschalungen besonders zu schützen. Bei speziellen lokalen Verhältnissen kann dies auch für andere Ausrichtungen gelten. In Tälern oder Geländeeinschnitten ergeben sich häufig abweichende Windund Schlagregenverhältnisse. Standortspezifische Windrosenauswertungen können bei der Beurteilung hilfreich sein.

Im Bereich von Brückenanschlüssen, Stützen und Widerlagern können durch Bewuchs lokale Bereiche mit geringer Konvektion und dadurch höherer Feuchtigkeitsbelastung entstehen. Holzbauteile müssen ausreichend luftumspült eingebaut werden und Bewuchs ist von den Bauteilen fernzuhalten. Es empfiehlt sich ein Abstand zwischen Unterkannte des Haupttragwerks und Boden von > 1,0 m einzuhalten. Sofern sich diese Vorgabe konstruktiv nicht einhalten lässt, sind geeignete Maßnahmen wie etwa Kiesschüttungen oder geeignete Deckschichten vorzusehen [25 4.1 Anmerkung 3].

Standorte mit einer extrem hohen mittleren Luftfeuchtigkeit (im Jahresmittel weit über 85 %) oder einer hohen Belastung durch Sprühnebel (beispielsweise unmittelbare Nähe zu Wasserfällen oder Stauwerken) über mehrere Wochen pro Jahr können für Holzbrücken ungeeignet sein.









Grundlage von Entwürfen moderner Holzbrücken ist die geschützte Bauweise gemäß des Nationalen Anhangs zur DIN EN 1995-2 [25]. Dieser unterscheidet für geschützte Bauweisen drei unterschiedliche Fälle:

- a) Brücke mit untenliegender Verkehrsbahn
- b) Brücke mit obenliegender Verkehrsbahn
- c) gedeckte Brücke

In allen Fällen sind tragende Holzkonstruktionen durch eine wasserdichte Ebene zu schützen, so dass eine mittlere Materialfeuchte unter 20 % gewährleistet und Pilzoder Insektenbefall ausgeschlossen sind. Die Variante c) beschreibt dabei das ursprüngliche Holzschutzprinzip historischer Holzbrücken. Die Varianten a) und b) stellen modernere Entwurfsprinzipien dar, wobei sich die Variante b) mit einem ausreichenden seitlichen Überstand (>30°) eines dichten Belages auch ohne seitliche Verschalung ausführen lässt. Entsprechend der Lage und Exponiertheit der Brücke kann es empfehlenswert sein, den Überstand deutlich zu erhöhen.

Weitere Regelungen zum Holzschutz sind in den Teilen 1 und 2 der DIN 68800 [26, 27] festgelegt.

3.5.1 Vorgaben aus der DIN 68800

Die Normenreihe der DIN 68800 priorisiert den baulichen (konstruktiven) Holzschutz gegenüber dem Einsatz von chemischen Holzschutzmitteln. Im Sinne einer nachhaltigen Bauweise gilt dieser Ansatz auch für den Holzbrückenbau. Brückenentwürfe sind so zu gestalten, dass ein möglichst großer Anteil der Bauteile problemlos recycelt bzw. einer späteren thermischen Nutzung zugeführt werden kann. Teil 1 [26] der Normenreihe definiert in der Tabelle 1 Gebrauchsklassen, die einer definierten Feuchteexposition entsprechen. Teil 2 [27] der Norm enthält ergänzend besondere bauliche Maßnahmen, deren Ziel es ist, Konstruktionen so zu gestalten, dass alle tragenden Holzbauteile geschützt sind und eine Ausführung ohne Holzschutzmittel möglich ist. Sofern alle konstruktiven Maßnahmen erschöpft sind, lässt sich durch den Gebrauch heimischer Holzarten mit hoher Eigenresistenz dennoch auf chemischen Holzschutz verzichten.

Für nicht tragende Bauteile wie Bekleidungen, Verschalungen oder Geländerfüllungen, deren konstruktiver Schutz nicht wirtschaftlich herstellbar ist, ist grundsätzlich kein chemischer Holzschutz vorzusehen. Mit resistenteren einheimischen Holzarten oder modifizierten Hölzern lässt sich eine längere Lebensdauer gewährleisten. Andernfalls sind Bauteile entsprechend häufiger auszutauschen.

Abb. 3.6 **Baulicher Holzschutz** nach [25]

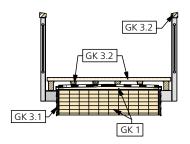
Brückenträger überdachter Brücken über Wasser werden der Gebrauchsklasse 2 zugeordnet [26 Anhang D Tabelle D.1]. In Rahmen eines Forschungsprojektes ließ sich keine erhöhte Belastung für Bereiche von Holzbrücken über Gewässern feststellen, sofern ein ausreichender Abstand zur Geländeoberfläche eingehalten ist [6]. Mit entsprechenden konstruktiven Maßnahmen lassen sich Bauteile bei Brücken gem. Tabelle 3.3 bzw. Abb. 3.9 zuordnen.

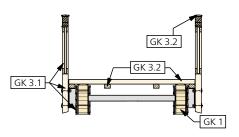
Regelungen zu vorbeugenden chemischen Holzschutzmaßnahmen werden in Teil 3 der DIN 68800 [28] beschrieben – grundsätzlich ist der Einsatz durch konstruktive Maßnahmen zu vermeiden und bei geschützten Holzbrückenkonstruktionen nicht erforderlich.

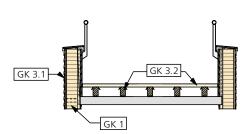
Tabelle 3.3 | Bauteile GK und Holzarten

GK	Bauteilbeschreibung	Vorbeugende Maßnahmen (Anwendung einer Maßnahme ausreichend)	Empfohlene Holzarten
Tragend	le Bauteile		
1	Oberseitig und seitlich vor Witterung geschützte Hauptträger ohne Tauwasserbelastung	 bauliche Maßnahme zur Vermeidung von Insektennach DIN 68800-2 Verwendung von Farbkernhölzern mit Splintholzanteil ≤ 10 % Verwendung technisch getrockneter Hölzer 	Fichte/Tanne oder Farbkernhölzer Splintholzanteil ≤ 10 % wie: Kiefer, Lärche, Douglasie
2	Oberseitig und seitlich vor Witterung geschützte Hauptträger mit Tauwas- sergefahr durch lokale Bedingungen (erhöhte standortbedingte Umge- bungsluftfeuchte, außergewöhnliche Schlagregenbelastung, etc.)	 bauliche Maßnahme zur Vermeidung von Insekten- und Pilzbefall nach DIN 68800-2 Verwendung von Farbkernhölzern der Dauerhaftigkeitsklassen 1, 2 und 3 sowie natürlicher Dauerhaftigkeit gegen Insekten mit Splintholzanteil ≤ 5 % 	Farbkernhölzer Splintholzanteil ≤ 5 % wie: Kiefer, Lärche, Douglasie
3 .1	Vertikale Geländerbauteile	 bauliche Maßnahme zur Vermeidung von Insekten- und Pilzbefall nach DIN 68800-2 Verwendung von Farbkernhölzern der Dauerhaftigkeitsklassen 1, 2 und 3 sowie natürlicher Dauerhaftigkeit gegen Insekten mit Splintholzanteil ≤ 5 % 	Farbkernhölzer Splintholzanteil ≤ 5 % wie: Eiche, Lärche, Douglasie (Splintholzanteil ≤ 5 %)
3.2	Bewitterte Bohlenbeläge ^(a) sowie deren Unterkonstruktion und Geländerholme	 bauliche Maßnahme zur Vermeidung von Insekten- und Pilzbefall nach DIN 68800-2 Verwendung von Farbkernhölzern der Dauerhaftigkeitsklassen 1 und 2 sowie natürlicher Dauerhaftigkeit gegen Insekten mit Splintholzanteil ≤ 5 % 	Farbkernhölzer Splintholzanteil ≤ 5 % wie: sibirische Lärche (Rohdichte > 700kg/m³), Eiche, Robinie
Nicht tra	agende Bauteile gem. Anhang E zur DI	N 68800	
3 .1/3.2	Verschalungen, Bekleidungen, Geländerfüllungen	– bauliche Maßnahme zur Vermeidung von Insekten- und Pilzbefall nach DIN 68800-2	Farbkernhölzer Splintanteil ≤ 10% wie: Kiefer, Lärche, Douglasie

⁽a) Bei Bohlenbelägen wird eine regelmäßige Reinigung des Belags und der Fugen (mindestens zweimal jährlich) vorausgesetzt







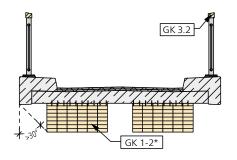
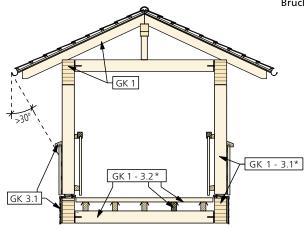


Abb. 3.7

Gebrauchsklassen
bei gängigen
Brückenquerschnitten



*GK ist je nach Windexposition und angenommenem Regeneinfallwinkel festzulegen

3.6 _ Transport/Montage

Brücken in Holzbauweise zeichnen sich durch einen hohen Vorfertigungsgrad aus. In der Regel ist die komplette Vormontage im Werk möglich. Der Transport und der Einhub der Brücke kann so innerhalb eines Tages erfolgen. Es empfiehlt sich Entwürfe so zu gestalten, dass die Brücke komplett oder in wenigen Teilen transportiert und versetzt werden kann. Beschränkungen ergeben sich aus den Transportabmessungen und dem Brückengewicht. Hallenkräne sind häufig auf Lasten mit weniger als 50 Tonnen ausgelegt.

Für den Transport sind die örtlichen Zufahrtsbedingungen zu prüfen. Enge Kurvenradien oder Durchfahrtsbreiten und -höhen in direkter Nähe zum Bauort sind hierbei maßgebend. Die Kosten für den Transport hängen eng mit der Bauteilgeometrie zusammen. Sofern Fahrzeug und Ladung eine Breite von 2,55 m, eine Höhe von 4,00 m und eine Länge von 20,75 m nicht überschreiten, ist gemäß Straßenverkehrs-Ordnung (StVO) § 22 keine Transportgenehmigung notwendig.



Abb. 3.8Brückentransport

Abb. 3.9

Kranmontage

Brückenüberbau

Speditionen, die auf Schwertransporte spezialisiert sind, verfügen häufig über Dauergenehmigungen für größere Abmessungen (siehe Tabelle 3.4). Abmessungen und Gewichte, die über diese Werte hinausgehen, sind im Einzelfall zu prüfen, da sich die Begrenzungen abhängig von der Transportroute ergeben. In solchen Fällen sind entsprechende Genehmigungen und gegebenenfalls eine polizeiliche Begleitung erforderlich.

Grundsätzlich ist der Vorteil einer Montage im Werk und Montage der Brücke in möglichst großen Bauteilen stets vorzuziehen. Erfahrungsgemäß liegen die maximalen Abmessungen für Sondertransporte bedingt durch Durchfahrtshöhen und Kurvenradien bei 5,50 m Breite, 4,50 m Höhe und 45,00 m Länge. In Einzelfällen sind noch größere Abmessungen möglich.

Die Montage vor Ort erfolgt in den meisten Fällen mittels Mobilkran. Bereits in der Vorplanung sind Untersuchungen für geeignete Kranstandsplätze empfehlenswert. Hierbei sind die erforderliche Standfläche des Krans und der Baugrund zu berücksichtigen. Je nach Ausladung ergeben sich unterschiedlich große Traglasten des Krans. Die Dimensionierung des Krans lässt sich anhand des Abstands zwischen Lastschwerpunkt und Drehkranzmittelpunkt des Krans in Kombination mit dem Gewicht des einzuhebenden Bauteils ermitteln. Entsprechende Tabellen zur Dimensionierung sind bei Kranstellern erhältlich. Bei komplexeren Montagen empfiehlt es sich bereits während der Planung mit ansässigen Kranstellern in Kontakt zu treten. Erfahrungsgemäß steigen die Kosten von Mobilkraneinsätzen exponentiell zu Ausladung und Traglast.

Bei Brücken mit besonders hohem Gewicht empfiehlt es sich, Beläge oder Anbauteile erst nach dem Einhub der Hauptstruktur zu montieren. Befindet sich die Brücke in schwer erreichbarem Gelände, ist eine Montage der Einzelbauteile mit kleinem Gerät wie Radlader oder Bagger möglich. In Ausnahmefällen sind auch Montagen per Helikopter eine Option.



Tabelle 3.4 | Maximale Transportabmessungen

		"	
	Ohne Genehmigung	Dauergenehmigung	Sondergenehmigung (Erfahrungswerte)
Höhe	4,00 m	4,00 m	4,50 m
Breite	2,55 m	3,00 m	5,50 m
Länge	20,75 m	23,60 m	45,00 m
Gewicht	40 t	41,8 t	bis 60 t

4 _ Materialien im Holzbrückenbau

Im nationalen Anhang der DIN EN 1995-2 [25] sind konkrete Angaben für die konstruktive Ausbildung von Brücken in Holzbauweise sowie zum Schutz von Holz und Holzwerkstoffen aufgeführt. Mindestmaße für tragende Bauteile ergeben sich gemäß Tabelle 4.1.

Die Dauerhaftigkeit von Hölzern sind in der DIN EN 350 [30] definiert. Empfehlungen zu Holzarten lassen sich der Tabelle 3.3 entnehmen.

Für Haupttragwerke bei Holzbrücken wird meist Brettschichtholz (gemäß DIN EN 14080 [31] und DIN 20000-3 [32]) verwendet. Die Lamellen bestehen in der Regel aus Nadelholz. Darüber hinaus werden Bauteile aus Vollholz, Balkenschichtholz, Brettsperrholz oder Furnierschichtholz eingesetzt. Speziell für Holzbrücken sind Hinweise für Materialien und Ausführung der Veröffentlichung "ETV-Holz – Empfehlungen für Technische Vertragsbedingungen für Holzbrücken" [3] zu entnehmen.

4.1 _ Brettschichtholz

Als Brettschichtholzbalken lassen sich Träger mit Querschnittshöhen bis zu 250 cm und Breiten bis zu 30 cm aus Nadelholz herstellen und in einem Leimvorgang erstellen. Bauteillängen können bis zu 45 m betragen. Der Aufbau aus verklebten einzelnen Lamellen mit einer Stärke bis zu 45 mm ermöglicht die einfache Herstellung von gekrümmten Bauteilen durch die entsprechende Formgebung bei der Verleimung. Bei stark gekrümmten Bauteilen ist die zulässige Lamellendicke rechnerisch zu ermitteln (siehe Tabelle 4.2).

Tabelle 4.2 | Zulässige Lamellendicken für GL24h [31 I.5]

Bauteil	Lamellenstärke t [mm]
Gerade Bauteile in Nutzungsklasse (NKL) 1 und 2	6≤t≤45
Gerade Bauteile in NKL 3	6≤t≤35
Gekrümmte Bauteile	$t \le \frac{r}{250} \left(1 + \frac{f_{m,j,d,c,k}}{150} \right)$
in NKL 1 und 2 Radius = 2,0m	9
in NKL 1 und 2 Radius = 4,0m	19
in NKL 1 und 2 Radius = 6,0m	28
in NKL 1 und 2 Radius = 8,0m	38
in NKL 1 und 2 Radius ≥ 10,0m	45

Tabelle 4.1 | Mindestquerschnitte gem. [25]

Bauteil	Kleinste Querschnittsseite [mm]	Kleinste Querschnittsfläche [mm²]
Hauptträger aus Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz und Furnierschichtholz	120	24.000
Einteilige Stäbe in Fachwerken	40	4.800
Einzelne Querschnitt von zusammengesetzten Stäben	30	3.600
Knotenplatten und Laschen sowie Stege aus Sperrholz (mindestens 5-lagig)	12	Mindestbreite: 120 mm
Tragbelag aus Vollholz, einlagig	50 bzw. 30 für Geh- und Radwege (zuzüglich Verschleißschicht)	-
Tragbelag aus Holzwerkstoffplatten	20	-

Tabelle 4.3 | Übersicht Werkstoffe

Werkstoff	Einsatzspektrum	Regelung	Besonderheiten
Brettschichtholz	Haupttragwerk, Sekundärtragwerk, Geländerpfosten, Handläufe	DIN EN 14080 [31] und DIN 20000-3 [32]	In der Regel Lamellen aus Fichtenholz. Bei größerer Feuchtigkeitsbelastung Farbkernhölzer
Keilgezinktes Vollholz	Sekundärtragwerk, Unterkonstruktion	DIN EN 15497 [36] und DIN 20000-7 [35]	Keilzinkungen sind in der Nutzungsklasse 3 nicht zugelassen
Furnierschichtholz	Belagsunterkonstruktion, Verschalungen	DIN EN 14374 [37] oder gem. bauaufsichtlichem Verwendbarkeitsnachweis	
Brettsperrholz	Belagsunterkonstruktionen, horizontale Aussteifung	gem. bauaufsichtlichem Verwendbarkeitsnachweis	
Vollholz	Verschalungen, Sekundärtragwerk, Unterkonstruktion	DIN EN 14081-1 [38]	Querschnitte < 16,0x16,0 cm² (Rissgefahr)
Mehrschichtplatten	Verschalungen, Unterkonstruktionen	gem. bauaufsichtlichem Verwendbarkeitsnachweis	
Modifizierte Hölzer	Handläufe, Geländer		

4.2 _ Bauschnittholz

Für Bauteile mit Querschnitten kleiner als 16 x 16 cm bzw. einer Querschnittsfläche geringer als 256 cm² lässt sich Bauschnittholz verwenden (in Anlehnung an DIN 68800-2 [27]). Die Qualität sollte mindestens die Sortierklasse S10 bzw. LS10 gemäß DIN 4074-1 [33] erfüllen

4.3 _ Furnierschichtholz und Brettsperrholz

Plattenförmige Holzwerkstoffe mit einem mehrschichtigen Aufbau eignen sich für die Ausbildung von flächigen Unterkonstruktionen sowie Verschalungen. Als Trägerplatten für Beläge wie Gussasphalt lassen sich Furnierschichtholz oder Brettsperrholz nutzen. Furnierschichtholz ist in Stärken von 21 — 90 mm erhältlich und somit für kleinere Spannweiten geeignet. Mit Brettsperrholz lassen sich bei gängigen Plattenstärken von 60 – 400 mm deutlich größere Spannweiten überbrücken. Für den Einsatz nicht normativ geregelter Holzwerkstoffe ist ein bauaufsichtlicher Verwendbarkeitsnachweis erforderlich.

4.4 _ Holzbehandlung

Die Behandlung von Holz kann zur optischen Gestaltung mit Anstrichen erfolgen. Der Einsatz von Oberflächenimprägnierungen zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit mit Holzschutzmitteln wirkt nur kurzfristig und stellt keine Schutzmaßnahme dar. Bei dem Einsatz von Anstrichsystemen sind diffusionsoffene Beschichtungen vorzuziehen. Ansprüche an Schichtaufbau, Oberflächenbeschaffenheit, Holzfeuchte, Holzart etc. müssen den Herstellerangaben entsprechen. Außenkanten erhalten Rundungen mit einem Radius von mind. 2 mm, um gleichmäßige Beschichtungsdicken zu erreichen. Eine vollständige Schutzfunktion gegenüber Witterung und UV-Strahlung ist auch bei regelmäßiger Pflege oder Erneuerung der Beschichtung nicht garantiert. Daher empfehlen sich Anstriche in erster Linie für nicht tragende Bauteile.

4.5 _ Verarbeitungs- und Klebetechnologie

Die Herstellung von geklebten Produkten und Verbindungen in Kombination mit computergesteuerten Holzbearbeitungsmaschinen bieten vielfältige Möglichkeiten.

Moderne Klebetechnologien ermöglichen den starren Verbund unterschiedlicher Holzbau-

teile und Holzarten. Regelungen hierzu finden sich unter anderem in der DIN 1052-10 [39] sowie in [31]. Weitere Hinweise für Holzbrükken liefert [3] Kapitel 1.

Durch Blockverleimung lassen sich Einzelträger aus Brettschichtholz zu großformatigen Holzquerschnitten zusammensetzen oder Plattenwerkstoffe mit Einzelträgern zu Plattenbalken kombinieren. Je nach Geometrie der Einzelträger sowie der Form des Leergerüstes sind einachsige und zweiachsige Krümmungen sowie veränderliche Querschnittsabmessungen ausführbar. Mehrfach gekrümmte stabförmige Bauteile lassen sich auch in einem einzigen Leimvorgang herstellen. Hierbei werden statt Lamellen in Bauteilbreite einzelne Stäbchen auf einem Leergerüst zu einem Paket verklebt. Darüber hinaus ist die Verklebung mit anderen Werkstoffen wie Betonfertigteilen oder Natursteinplatten möglich, jedoch nicht bauaufsichtlich geregelt.

Die Verarbeitung der Holzbauteile erfolgt mit unterschiedlichen Handmaschinen oder mit Hilfe computergesteuerter Bearbeitungsmaschinen. Gerade Einzelstäbe lassen sich auf Abbundmaschinen bei maximalen Querschnittsmaßen von 1.250 x 300 mm bearbeiten. Größere oder gekrümmte Bauteile werden häufig auf Portalbearbeitungszentren angefertigt, die Bauteilabmessungen von bis zu 35.000 x 5.000 x 480 mm zulassen.

4.6 Verbindungsmittel

Im Holzbrückenbau überwiegen die Verbindungsmittel des Ingenieurholzbaus. Hierzu gehören in erster Linie stiftförmige Verbindungsmittel wie Schrauben, Bolzen, Stabdübel und Nägel. Für tragende stiftförmige Verbindungsmittel wird ein Mindestdurchmesser von 8 mm empfohlen. Nagelplatten, glattschaftige Nägel, axial beanspruchte Nägel und Klammern werden im Holzbrückenbau nicht

verwendet [25, 3]. Besonders leistungsfähige und steife Verbindungen lassen sich mit eingeklebten Gewindestangen oder Bewehrungsstählen herstellen. Regelungen hierzu sind in der DIN EN 1995-1-1 [34] aufgeführt und werden durch die AbZ Z-9.1-791 ergänzt. Weitere Regelungen zu stiftförmigen Verbindungsmitteln im Holzbau sind in der DIN EN 14592 [40] aufgeführt. Vollgewindeschrauben lassen sich zur Übertragung von hohen Querzug- oder Querdruckbelastungen (bspw. bei Auflagern) einsetzen und helfen Anschlussdimensionen zu optimieren.

Für den Verbund von Holz und Beton sollten besonders steife Verbindungsmittel gewählt werden. Die Ausbildung von Kerven in Kombination mit eingeklebten Rippenstählen sowie eingeklebte Streckbleche oder eingelassene Dübelleisten haben sich in der Praxis bewährt.

4.7 _ Stahlteile und Korrosionsschutz

Stahlbauelemente bei Brücken werden nach den ZTV-ING [7] Teil 4 Abschnitt 3 geregelt.

Für den Einsatz bei Holzbrücken ergeben sich darüber hinaus besondere Anforderungen durch den Einfluss der Holzkonstruktion.
Weiterführende Hinweise zur Ausführung sind in [3 Kapitel 3] aufgeführt.

Die Korrosionsbelastung ergibt sich zunächst durch die atmosphärischen Umgebungseinflüsse gemäß DIN EN ISO 12944 [41]. Beschichtungsaufbauten lassen sich in Abhängigkeit der ermittelten Korrosivitätskategorie ermitteln. Teil 4 Abschnitt 3 der ZTV-ING [7] gibt für Brücken in der Regel mindestens die Kategorie C3 vor. Chemische Holzschutzmittel sowie im Holz enthaltene Stoffe können die Korrosionsbelastung zusätzlich erhöhen [8]. Für modifizierte Holzarten (Acetylierung, thermische Behandlung) oder Holzarten mit höheren Gerbsäureanteilen wie Eiche ergibt sich eine Korrosivitätskategorie C4.

5 _ Bauweisen im Holzbrückenbau

Grundsätzlich werden Brücken nach unterschiedlichen Tragwerksystemen für Haupttragwerke unterschieden. Speziell für Holzbrücken sind folgende Systeme gebräuchlich.

5.1 _ Balkenkonstruktionen

Balkenbrücken stellen die einfachste Form unter den Brückenkonstruktionen dar. Ein sogenannter Biegebalken kann über ein Feld oder mehrere Felder spannen und Kragarme bilden. Für diese Bauweise eignen sich bei Holzbrücken unterschiedliche Konstruktionsarten.

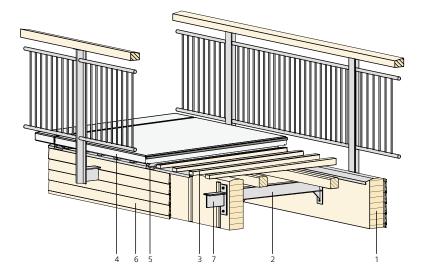
5.1.1 _ Deckbrücken

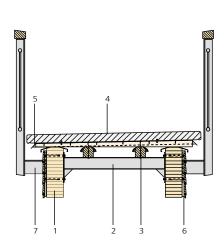
Deckbrücken bestehen aus zwei oder mehr Hauptträgern, das Tragwerk liegt unter der Fahrbahn und wird durch den Belag abgedeckt. Diese Bauweise ist besonders einfach und wirtschaftlich. Sie wird häufig als einfeldrige Konstruktionen eingesetzt, die statisch als Biegebalken wirken.

Ab Spannweiten von 10 m werden meistens zusätzliche Maßnahmen für einen Lastabtrag horizontaler Einwirkungen wie Wind erforderlich. Für eine offene Konstruktion eignet sich



Abb. 5.1





- 1 Hauptträger, oberseitig abgedeckt
- 2 Querträger aus Stahlprofil oder Holzquerschnitt
- 3 Belagsträger, oberseitig abgedeckt
- 4 großformatige Fertigteilplatten aus Beton oder Naturstein mit umlaufender Abtropfkante, Bauteilfuge dauerelastisch versiegelt
- 5 Rinne aus nicht rostendem Stahl
- 6 seitliche Verschalung hinterlüftet auf Unterkonstruktion
- 7 Geländerkonstruktion über Stahlteil an Hauptträger angeschlossen



Abb. 5.2 Deckbrücke, Keltern



ein Diagonalverband aus Rundstählen. Ist die Fahrbahn wasserdicht ausgeführt, lässt sich diese als Scheibe umsetzen oder alternativ zwischen den Hauptträgern ein Fachwerk aus Holzstäben bilden. Das Holztragwerk wird durch einen wasserführenden Belag oder oberseitige Abdeckungen aus Blech oder Kunststoff vor der Witterung geschützt. Schutz vor Schlagregen bieten eine seitliche Bekleidung oder ein ausreichender Überstand der Fahrbahn. Bei wasserdurchlässigen Belagskonstruktionen ist der Schutz der Trägerinnenseiten erforderlich.

Mit dieser Bauweise lassen sich Spannweiten bis 20 m wirtschaftlich realisieren. Durch den Einsatz von Unterspannungen können noch größere Distanzen überbrückt werden (siehe "Tragwerksplanung von Holzbrücken" 3.1).

5.1.2 _ Blockträgerbrücken

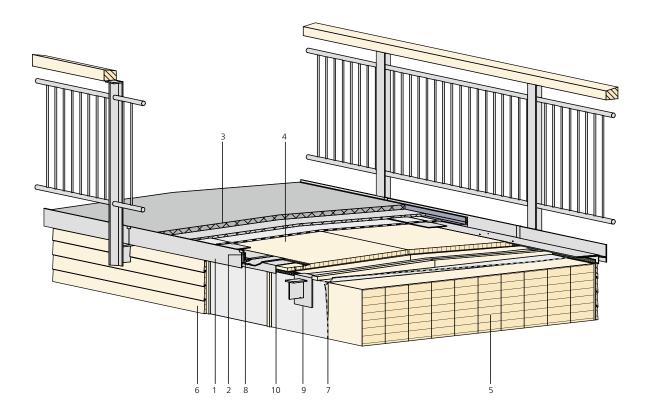
Bei dieser Bauweise bilden zu Blöcken verklebte Träger aus Brettschichtholz das unter der Fahrbahn liegende Haupttragwerk. Durch den massiven Querschnitt lassen sich statisch geringere Konstruktionshöhen erzielen. Ein Blockträger kann horizontale Einwirkungen durch Wind kompakt ohne zusätzlichen Aussteifungsverband abtragen.

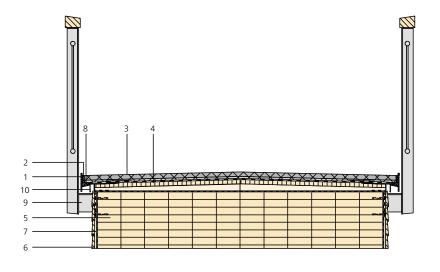
Die Blockträger sind durch eine dauerhafte Dichtebene oberseitig zu schützen. Ein ausreichender Überstand einer wasserdichten Fahrbahn oder eine Verschalung stellen den seitlichen Witterungsschutz sicher.

Blockträgerbrücken zeichnen sich durch eine besonders kompakte Querschnittsform aus. Die Blockverklebung ermöglicht eine Herstellung von in mehrere Richtungen gekrümmten Bauteilen, wodurch sich nahezu beliebige Geometrien mit Spannweiten bis ca. 45 m realisieren lassen.

Abb. 5.3Blockträgerbrücke,
Schwäbisch Gmünd

Abb. 5.4 Blockträgerbrücke mit Asphaltbelag





- geneigtes Randprofil mit Entwässerungsöffnungen und Stoßabdeckung Anschluss zu Stahlwinkel, Fugenverguss
- Gussasphalt Schutz- und Deckschicht mit unterseitiger Bitumenabdichtung mit Grundierung auf Epoxid harz basis
- Trägerplatte aus Holzwerkstoff auf keilförmiger Unterkonstruktion ≥ 2,5% geneigt
- Blockträger
- seitliche Verschalung hinterlüftet auf Unterkonstruktion
- diffusionsoffene Unterspannbahn
- Sickerschicht, Drainagemörtel
- Geländerkonstruktion über Stahlteil an Hauptträger angeschlossen
- 10 Tropfblech

5.1.3 _ Trogbrücken

Das Tragwerk einer Trogbrücke besteht aus zwei Hauptträgern aus Brettschichtholz, die in Geländerebene liegen und einen Trog bilden. Die Fahrbahn liegt zwischen den Hauptträgern auf U-förmigen Aussteifungsrahmen aus Stahl. Die horizontale Aussteifung erfolgt zumeist über einen Rundstahlverband.

Ein Vorteil dieser Bauweise besteht in der geringen Konstruktionshöhe zwischen Oberkante des Belags und Unterkante der Brücke. Sie lässt auch bei großen Spannweiten höhere Durchflussquerschnitte für Hochwasser oder Freiraumprofile über Verkehrswegen zu. Für eine hohe Lebensdauer werden alle tragenden Elemente aus Holz oberseitig und seitlich verschalt. Trogbrücken sind wirtschaftlich mit Einzelspannweiten von bis zu 50 m realisierbar.

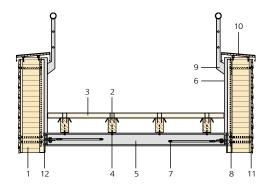


Abb. 5.5 Trogbrücke mit Holzbelag

- 1 Hauptträger
- 2 Belagsträger, oberseitig abgedeckt
- 3 Bohlenbelag
- 4 Befestigung Belagsträger an Stahlquerträger mit Distanzblech
- 5 U-Rahmen Riegel
- 6 U-Rahmen Stiel
- 7 Windverband
- 8 Anschluss Querträger an Hauptträger mit vertikalem Langloch
- 9 Geländer an U-Rahmen Stiel befestigt
- 10 Holzwerkstoffplatte auf Unterkonstruktion und Blechabdeckung mit Abtropfkante
- 11 seitliche Verschalung hinterlüftet auf Unterkonstruktion
- 12 witterungsbeständiger Plattenwerkstoff als innenseitige Verschalung im Spritzwasserbereich

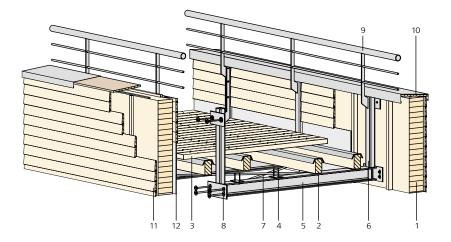
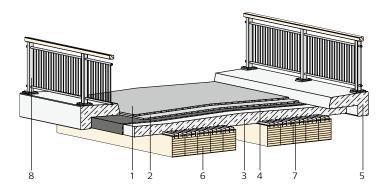




Abb. 5.6
Trogbrücke Roermond (NL)



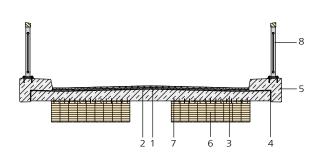


Abb. 5.7 Holz-Beton-Verbundbrücke

- 1 Asphalt Deckschicht
- 2 Asphalt Schutzschicht
- 3 Stahlbetonplatte, Ausführung oberhalb Verbundfuge gem. ZTV-ING bzw. RiZ-ING
- 4 Dichtungsschicht
- 5 Kappe gemäß RIZ
 - Hauptträger
- 7 Verbindungsmittel in Schubfuge (Dübelleisten, eingeklebte Steckbleche, Kerven o.Ä.)
- 8 Geländer

5.1.4 Holz-Beton-Verbundbrücken

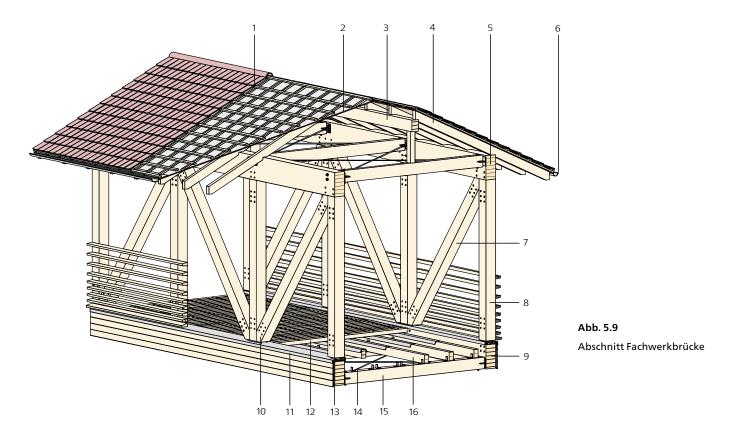
Holz-Beton-Verbundbrücken zeichnen sich durch die statisch sinnvolle Kombination von Holz und Beton in einem Tragwerk aus. Ziel ist die optimale Ausnutzung ihrer mechanischen Eigenschaften: Der Holzquerschnitt wird auf Zug beansprucht und die Betonplatte übernimmt die Druckkräfte. Diese Zuordnung lässt sich in Einfeldsystemen nutzen.

Der Verbund wird hergestellt durch Kerven mit eingeklebter Bewehrung, Dübelleisten oder z.B. HBV®-Schubverbindern. Holz-Beton-Verbundbrücken eignen sich für Straßenbrücken mit Spannweiten bis 40 m. Der oberseitige Aufbau aus Beton bietet die Möglichkeit, die RiZ [9] der BASt ohne weiteren Planungsaufwand anzuwenden, sodass sich oberhalb des Holzträgers eine mit Betonbrücken vergleichbare Ausführung realisieren lässt.

Das Holztragwerk wird als Trägerschar oder Blockträger ausgeführt und durch die auskragende Betonplatte konstruktiv gut geschützt. Die notwendige Schalung zwischen den Trägern sowie die seitliche Auskragung der Betonplatte lassen sich im Werk vorfertigen, damit unmittelbar nach Einhub die Bewehrungs- und Betonarbeiten beginnen können.



Abb. 5.8 Holz-Beton-Verbundbrücke Winschoten (NL)



- Dacheindeckung
- Holzwerkstoffplatte mit diffusionsoffener Unterspannbahn
- Firstpfette
- Sparren
- Obergurt
- Regenrinne
- Strebe 8
 - Pfosten
- Untergurt
- 10 Verbindungsknoten aus Stahl einschließlich Anschluss der oberseitigen Abdeckung
- 11 Blechabdeckung Untergurt
- 12 Bohlenbelag

- seitliche Verkleidung mit Unterkonstruktion Belüftungsebene
- 14 Windverband
- 15 Querträger
- 16 Belagsträger, oberseitig abgedeckt

5.2 _ Überdachte Fachwerkkonstruktionen

Die gedeckte Fachwerkbrücke gilt als traditionsreichste Ausführung von Holzbrücken. Das Tragwerk besteht aus einer aufgelösten Struktur aus Gurten, Pfosten und Diagonalen. Die statische Nutzung kleinformatiger Holzstäbe ermöglichte bereits vor der Entwicklung von Brettschichtholz Spannweiten bis zu 40 m. Heutzutage werden Fachwerkbrücken mit bis zu 80 m Länge realisiert. Die Fahrbahn ist meist an die Untergurte angeschlossen und die Obergurte dienen zusätzlich als Auflager für

die schützende Dachkonstruktion. Verbandsebenen unterhalb des Belags sowie in Ebene der Obergurte nehmen die Horizontalkräfte auf. Biegesteife Rahmenkonstruktionen am Auflager aus Stahl, Beton oder Holz tragen die Horizontallasten aus der Obergurtebene in die Fundamente ab. Neben dieser klassischen Gestaltung lassen sich weitere Fachwerkformen und Unterarten differenzieren.

Dazu können neben Gitterträgerkonstruktionen (siehe Abb. 5.10) auch Hänge- und Sprengwerke sowie Kombinationen aus diesen gezählt werden. Der konstruktive Holzschutz wird durch einen ausreichenden Dachüberstand und/oder eine seitliche Verschalung gewährleistet. Die früher oft geschlossene Ausführung der Verschalung wird heute

teilweise durch eine offene Lamellenverschalung ersetzt. Die offene Konstruktionsweise erfordert eine sorgfältige Planung der bau-lichen Holschutzmaßnahmen, da durch Verwirbelungen oder Schnee geschützte Bereiche belastet werden können (siehe auch Kapitel 8.1 Seitliche Bekleidungen).



Abb. 5.10 Fachwerkbrücke, Malters (CH)



5.3 _ Bogenkonstruktionen

Bogenbrücken aus Holz lassen sich unterscheiden in klassische Bogenkonstruktionen, bei denen die Kräfte aus den Bögen direkt in die Widerlager abgetragen werden, und in Stabbogenbrücken, bei denen die Bögen durch Zugbänder verbunden sind. Das statische Prinzip des Bogens besteht darin, dass vertikale Lasten aufgrund der Tragwerksform hauptsächlich Normalkräfte in der Konstruktion erzeugen. Dabei leiten Hänger oder Stützen Lasten aus der Fahrbahn in den Bogen ein. Die Fahrbahn verläuft unterhalb oder oberhalb der Bögen.

Die horizontale Aussteifung übernimmt bei Bogenbrücken eine scheibenartige Ausbildung der Fahrbahnplatte oder ein Windverband. Je nach Ausführung ist es erforderlich, auch in Bogenebene einen Verband zur Aufnahme von Wind- und Kipplasten anzuordnen. Alternativ können biegesteife U-Rahmen aus Stahl als Aussteifung für den Bogen dienen. Die Bögen bestehen in der Regel aus einfach gekrümmtem Brettschichtholz. Der konstruktive Holzschutz wird durch eine oberseitige Blechabdeckung und eine seitliche Verschalung aller tragenden Holzbauteile sichergestellt. Diese Bauweise ermöglicht Spannweiten bis zu 90 m.

Abb. 5.11Bogenbrücke
Muotatal (CH)



Abb. 5.12 Schrägseilbrücke, Czorstyn (PL)

5.4 _ Schrägseil- und Hängeseilkonstruktionen

Bei diesen Konstruktionen hängt der Fahrbahnträger an Seil- oder Stabzuggliedern, die zu einem Mast oder Pylon führen. Mast oder Pylon sind entweder am Brückenkörper selbst oder separat rückverankert. Jedes Zugglied dient als elastisches Auflager für den Brückenkörper, um die Einzelspannweiten des Fahrbahnträgers zu reduzieren.

Der Brückenkörper selbst lässt sich als Versteifungsträger ausführen und trägt häufig die horizontalen Lasten. Wirtschaftliche Lösungen für die Tragwerksform stellen Deck- oder

Trogquerschnitte dar. Im Grundriss gekrümmte Geometrien lassen sich wirtschaftlich in der Blockträgerbauweise umsetzen. Eine Kombination mit Fachwerken ist ebenfalls möglich.

Stahlquerträger für den Anschluss der Seile oder Zugstäbe werden zur Vermeidung von aufwändigen biegesteifen Anschlüssen unterhalb der Tragkonstruktion oder in Elementstößen angeordnet. Mit größerem Aufwand lassen sich auch Querträger herstellen, die um den Trägerquerschnitt herumgeführt werden. Die Kombination von Seiltragwerken oder Zugstäben mit Holz bilden wirtschaftliche Hybridtragwerke. Der konstruktive Holzschutz der Fahrbahn erfolgt entsprechend den Empfehlungen für die jeweilige Bauweise. Pylone und Masten werden wegen ihrer Exponiertheit meist aus Stahl gefertigt. Brücken dieser Konstruktionsart erreichen Spannweiten bis 200 m.

5.5 _ Spannbandkonstruktionen

Spannbandbrücken sind gekennzeichnet durch eine Tragwerksausbildung, die fast ausschließlich Zugkräfte im Brückenkörper erzeugt. Ein Spannband oder mehrere Spannbänder führen mit einem Durchhang über eventuell vorhandene Zwischenunterstützungen ("Sättel") von Widerlager zu Widerlager. Die Kraft im Spannglied hängt dabei vom Durchhang der Konstruktion ab.

Wegen seiner guten Zugfestigkeit und der einfachen Herstellung gekrümmter Bauteile ist der Baustoff Holz für diese Bauweise besonders geeignet. Das Spannglied kann bei Holzbrücken aus einer Schar von Brettschichtholz-Einzelträgern oder einem massiven Block bestehen. Angesichts der höheren horizontalen Steifigkeit ist ein blockverklebter Querschnitt zu bevorzugen.

Der maximale Durchhang wird durch Anforderungen an die Barrierefreiheit begrenzt. Die



Abb. 5.13 Spannbandbrücke, Essing (1986)

maximal zulässige Längsneigung ist einzuhalten (siehe Kapitel 3. Rahmenbedingungen). Längsneigungen über 6 % lassen sich durch Ausgleichskonstruktionen oder Querschnittserhöhungen verringern.

Spannbandkonstruktionen zählen zu den längsten Brücken aus Holz – Gesamtlängen über 200 m mit Einzelspannweiten von über 75 m wurden bereits mehrfach realisiert.



Abb. 5.14 Spannbandbrücke "Drachenschwanz", Gera

6 _ Rückhaltesysteme, Schutzeinrichtungen

Seitliche Schutzeinrichtungen begrenzen Brückenquerschnitte entsprechend der Nutzung und den daraus ableitbaren Sicherheitsanforderungen. Bei Brücken aus Holz und der Verwendung von Holz als Konstruktionsmaterial für Schutzeinrichtungen sind unterschiedliche Ausführungsempfehlungen zu beachten.

6.1 Geländer

Geländer dienen auf Brücken vor allem als Absturzsicherung. Darüber hinaus tragen sie



Abb. 6.1Geländer aus Holz

wesentlich zum Erscheinungsbild der Brücken bei. Die Mindestabmessungen von Geländern und Geländerbauteilen werden unter anderem in der ZTV-ING [7] Teil 8 – Abschnitt 4 geregelt. Darüber hinaus gelten die jeweiligen Landesbauordnungen. Die erforderlichen Höhen betragen mindestens 1,00 m für reine Fußwegbrücken und 1,30 m für Brücken, die auch von Radfahrern genutzt werden. Zur Minimierung der Verletzungsgefahr von Kleinkindern ist der maximale lichte Abstand von Bauteilen wie Füllstäben auf 12 cm zu begrenzen.

6.1.1 _ Geländer aus Holz

Holz wird bei der Herstellung von Geländern häufig wegen seiner einfachen Verarbeitbarkeit und Gestaltungsvarianz verwendet, zumeist bei Haupttragelementen wie Pfosten, Holmen oder Füllungen und Handläufen. Als Holzarten empfehlen sich die Kernhölzer von Lärche, Douglasie, Eiche oder Robinie ohne Behandlung. Darüber hinaus ist der Einsatz von modifizierten Hölzern möglich.

Tabelle 6.1 | wichtige Kennwerte für Geländer in Anlehnung an ZTV-ING [7] Teil 8

Geländerhöhen	
Absturzhöhe < 12 m	≥ 1,00 m
Absturzhöhe ≥ 12 m	≥ 1,10 m
Rad- und Fußwege	≥ 1,30 m
Abstände Füllstäbe	≤ 120 mm
Abstand UK Füllung – OK Belag	≤ 120 mm
Höhe zus. Handlauf	85,0-90,0 cm
Übliche Pfostenabstände	1,50 – 2,50 m

Geländer sind stets der Witterung ausgesetzt mit der Folge besonderer Anforderungen an den Holzschutz. Details müssen besonders sorgfältig geplant werden, um stehende Nässe durch geneigte Flächen, ausreichende Abstände oder geschützte Verbindungen zu vermeiden. Alle Bauteile sollten leicht austauschbar und auch mit Blick auf etwaigen Vandalismus dimensioniert sein. Je nach Ausführung beträgt die Lebensdauer einer Geländer-konstruktion aus Holz 20 bis 30 Jahre. Tabelle 6.2 bietet Anhaltswerte für die Lebensdauer von Geländerkonstruktionen aus unterschiedlichen Holzarten.

Abmessungen der Einzelbauteile für Holzgeländer in Standardbauweise lassen sich den MuZ (Musterzeichnungen) H-Gel 1 bis 5 entnehmen.

Tabelle 6.2 | Anhaltswerte für die Lebensdauer von Geländerbauteilen aus Holz

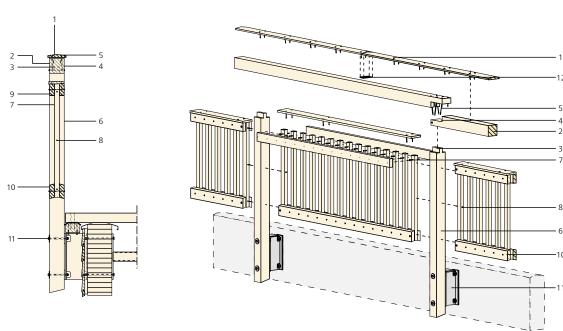
Material	Dauerhaftigkeit [Jahre]
Kiefer (Farbkernholz)	ca. 10*
Europäische Lärche	ca. 20*
Douglasie	ca. 20*
Eiche	ca. 20*
Acetylierte Kiefer	ca. 35*
Robinie	ca. 25*

^{*} Lebensdauerberechnung gemäß [10]

Abb. 6.2

Geländer aus Holz nach

MuZ H-Gel 1-5



- 1 Deckbohle mit Satteldachprofil
- 2 Geländerriegel
- Zapfenanschluss Geländerpfosten an Riegel
- 4 Blattverbindung
- 5 Vollgewindeschraube Neigung 30 % zum Pfosten
- 6 Geländerpfosten
- 7 Füllstäbe mit Schraube im Kopfriegel befestigt
- 8 Randstab mit Geländerpfosten verschraubt mit Distanzscheibe
- 9 Kopfriegel
- 10 Fußriegel
- 11 Geländeranschluss an Hauptträger
- 12 Zinkrinne im Stoßbereich der Deckbohle

Eine Kombination mit anderen Baustoffen kann bei austauschbaren Bauteilen sinnvoll sein. Dies gilt beispielsweise für Anschlussteile an das Haupttragwerk, die zur Umsetzung des konstruktiven Holzschutzes häufig aus Stahl bestehen.

6.1.2 _ Geländer aus Stahl

Ist eine höhere Dauerhaftigkeit erwünscht, empfiehlt sich der Einsatz von Stahl für die Haupttragelemente. Da das Geländer der Witterung ausgesetzt ist, sind Anschlüsse und Pfostengeometrie so auszubilden, dass Wasser nicht an Holzbauteile gelangen kann und vorher abtropft.

Als Materialien sind wahlweise nichtrostender oder beschichteter Stahl gemäß ZTV-ING [7] Teil 4 Abs. 3 Anhang A 3.1 einsetzbar. Bei der Verwendung modifizierter oder anderer Hölzer mit hoher Korrosivität sind Kontaktflächen zu vermeiden und der Korrosionsschutz entsprechend zu verbessern. Alternativ ist auch die Verwendung von beschichtetem Aluminium oder glasfaserverstärkten Kunststoff-Profilen möglich.

6.1.3 Handläufe

Handläufe bilden in der Regel den oberen Abschluss von Geländerkonstruktionen und übertragen horizontale und vertikale Lasten

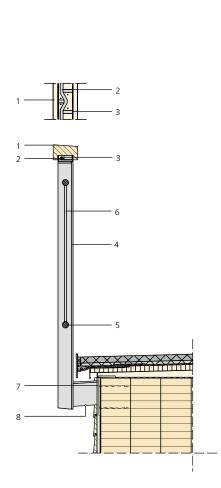
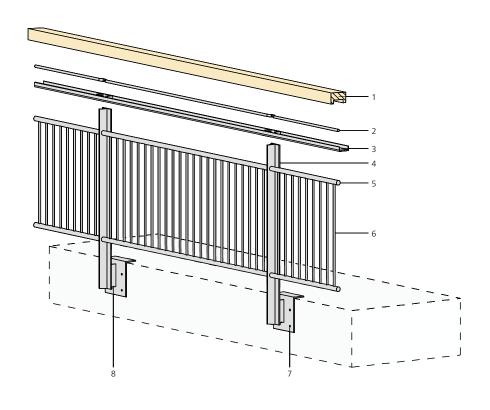


Abb. 6.3

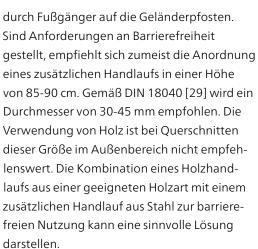
Geländer aus Stahl

mit Holzhandlauf für Straßenbrücken



- Handlauf mit Nut zur Seilführung
- Stahlseil bei Straßenbrücken gem. RIZ-Ing Gel 10
- 3 U-Profil mit Lagerung für Stahlseil
- 4 Geländerpfosten
- 5 Geländerriegel
- 6 Füllstäbe
- 7 Anschluss Geländer an Hauptträger
- 8 Verbindungsblech mit Neigung





Es gilt zu berücksichtigen, dass bei Handläufen aus Stahl ausreichende Dehnungsstöße angeordnet werden. Bei Holz fallen diese meist geringer aus und können innerhalb von Bauteilstößen aufgenommen werden.

Bei Straßenbrücken von mehr als 20 m Länge ist innerhalb des Handlaufs ein 20 mm dickes Drahtseil zu führen, um zu verhindern, dass das Geländer bei einem Fahrzeuganprall durchbrochen wird. Sofern ein Holzhandlauf verwendet wird, empfiehlt es sich, zusätzlich zum Holzhandlauf ein U-Profil aus Stahl zur Aufnahme des Seils anzuordnen (Abb. 6.3).

6.1.4 _ Geländerfüllungen

Geländerfüllungen schließen die Flächen zwischen den Geländerpfosten und Holmen.



Abb. 6.4 Geländerfüllung aus Edelstahlseilen (links)

Abb. 6.5
Geländerfüllung aus
Edelstahlseilnetz
(rechts)

Sie dienen der Absturzsicherung und prägen maßgeblich die Gestaltung eines Geländers. Für Holzgeländer werden zumeist vertikale Füllstäbe mit einem Querschnitt von 4 x 4 cm verwendet. Sie sind dann oben in den Handlauf oder Holm eingelassen und unten an einem zweiteiligen Fußholm fixiert. Weitere gängige Lösungen für Füllungen sind:

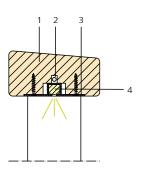
- Füllstäbe aus Stahl
- Edelstahlnetze
- Edelstahlseile
- Maschendraht
- Acrylglas / Glas

Werden Füllungen wie horizontale Edelstahlseile oder -netze verwendet, sind die erforderlichen Vorspannkräfte bei der Dimensionierung von Geländerpfosten und Holmen zu berücksichtigen.

Füllungen sollten grundsätzlich so ausgebildet sein, dass der Austausch möglich ist und Querschnitte und Anschlüsse etwaigem Vandalismus weitgehend standhalten.

Füllungen, die ein Überklettern ermöglichen (horizontale Seile oder Füllstäbe), erfordern entsprechende Gegenmaßnahmen. Der horizontale Abstand vom untersten waagerechten Element bis zum Handlauf muss mindestens 15 cm betragen [42]. Dies wird beispielsweise durch eine Neigung des Geländers nach innen oder einen zusätzlichen Handlauf gewährleistet.

Abb. 6.6
Handlauf mit
Beleuchtung



- 1 Holzhandlauf
- 2 Kabelkanal
- 3 Lichtabdeckung aus nicht rostendem Stahl
- 4 LED Linienleuchte

Abb. 6.7Beleuchtung in Handlauf



Abb. 6.8 Beleuchtung in Holzhandlauf einseitig



6.1.5 _ Beleuchtung

Eine Beleuchtung der Verkehrsflächen auf Brücken kann der Sicherheit dienen oder architektonisch gewünscht sein. Wenn keine Masten oder andere Konstruktionen zur Aufnahme von Beleuchtungselementen vorhanden sind, eignet sich häufig die Geländerkonstruktion. Innerhalb von Pfosten oder Handläufen lassen sich Hohlräume für Leuchtmittel und ihre Stromversorgung gut unterbringen. Für Holzhandläufe eignen sich beispielsweise LED-Linienleuchten, die einen Querschnitt von ca. 20 x 30 mm haben, und in einer Nut an der Unterseite eingelassen werden. Zusätzlich ist der Platz für die Stromversorgung zu berücksichtigen. Eine geeignete Abdeckung aus nichtrostendem Stahl schützt vor Vandalismus. Bei Pfosten lassen sich vergleichbare Lösungen anwenden. Hohlprofile aus Stahl bieten Vorteile bei der Platzierung von Leuchtelementen und Verlegung von Zuleitungen.

6.2 _ Fahrzeugrückhaltesysteme

Brücken für den Straßenverkehr erfordern in Abhängigkeit der Nutzung Fahrzeugrückhaltesysteme. Allgemeine Details hierzu sind den Richtlinien für passiven Schutz an Straßen durch Fahrzeug-Rückhaltesysteme (RPS) zu entnehmen. Bei Einsatz dieser Systeme müssen in Abhängigkeit der Geschwindigkeitsbegrenzung hohe Lasten angeschlossen werden. Weitere Informationen zu Lastannahmen sind in der Broschüre "Tragwerksplanung von Holzbrücken" (Kapitel 4) aufgeführt.

6.3 _ Kappen und Schrammborde

Kappen dienen als Randausbildung bei Straßenbrücken und können als Schrammborde ausgebildet werden. Darüber hinaus bieten sie Platz für Fuß- und Radwege und die Verankerung von passiven Schutzeinrichtungen.

Die Höhe der Schrammborde für Brücken ohne Schutzeinrichtungen ergibt sich aus der zulässigen Höchstgeschwindigkeit [7 Tabelle 8.4.4]. Unterhalb 50 km/h beträgt die Höhe 15 cm. Bei höheren Geschwindigkeiten sind 7,5 cm einzuhalten und eine Schutzeinrichtung ist vorzusehen. Bei Wirtschaftswegbrücken wird eine Schrammbordhöhe von 20 cm und eine Kappennutzbreite von 50 cm empfohlen. Aufgrund der hohen Horizontalkräfte, die nach DIN EN 1991-2 [43] bei Schrammborden zu berücksichtigen sind, ergeben sich aufwändige Anschlüsse an das Haupttragwerk. Diese sollten so gestaltet werden, dass bei einer Beschädigung ein Austausch ohne Eingriff ins Haupttragwerk möglich ist.

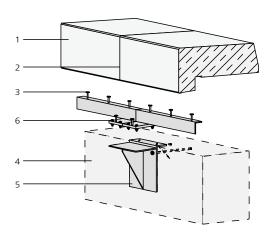
Bei Brücken in Holzbauweise hat sich der Einsatz von Kappen und Schrammborden aus Beton-Fertigteilen bewährt. Der Anschluss der Fertigteile ist so auszuführen, dass Abdichtungen nicht durchdrungen werden und Verbindungen an das Haupttragwerk lösbar sind. Für die Betonbauteile gelten die Anforderungen gemäß ZTV-ING [7], Teil 3, Abschnitt 4, Anhang G.

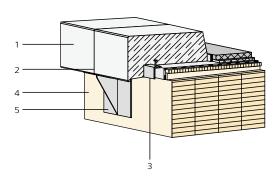
Eine Vereinfachung bietet eine Holz-Beton-Verbundkonstruktion. Hier lassen sich Kappen und Schrammborde entsprechend ZTV-ING [7] bzw. RiZ-ING [9] umsetzen.

Holzschrammborde erfordern einen höheren Wartungsaufwand und sollten nur aus sehr dauerhaften oder modifizierten Hölzern bestehen. Anschlüsse sind ebenfalls so zu gestalten, dass keine Abdichtungen durchdrungen werden.

Abb. 6.9

Kappe für Wirtschaftswegbrücken als Betonfertigteil gem. MuZ H-Kap 2





- 1 Fertigteilkappe
- 2 Kappenstoß mit Dauerelastischem Fugenverguss
- 3 Winkel mit Kopfbolzendübel
- 4 Hauptträger
- Kappen-Konsole, Stahlsonderteil, mit eingeklebten Gewindestangen und Vollgewindeschrauben an Haupträger befestgt
- 6 Stahlplatte als Auflagerung und Befestigung des Fertigteils, mit Winkel verschweißt

7_Beläge

Eine primäre funktionelle Anforderung an Brückenbeläge stellt die gefährdungsfreie Nutzung des Bauwerks dar. Bei Belägen, die über Holztragwerken angeordnet sind, ergibt sich darüber hinaus die mögliche Funktion einer Dichtebene. Es wird daher zwischen geschlossenen und offenen Konstruktionen unterschieden. Geschlossene Beläge bilden eine wasserdichte Ebene oberhalb des Tragwerks und schützen die Holzbauteile vor direkter Bewitterung. Daher sollten bevorzugt geschlossene Beläge eingesetzt werden.

Offene Beläge dagegen sind durchlässig für Wasser und Schmutz, stellen aber keinen Schutz für das Tragwerk dar. Hier sind zusätzliche Schutzmaßnahmen für die tragenden Bauteile aus Holz erforderlich.

7.1 _ Bohlenbeläge

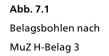
7.1.1 Beläge aus Holz

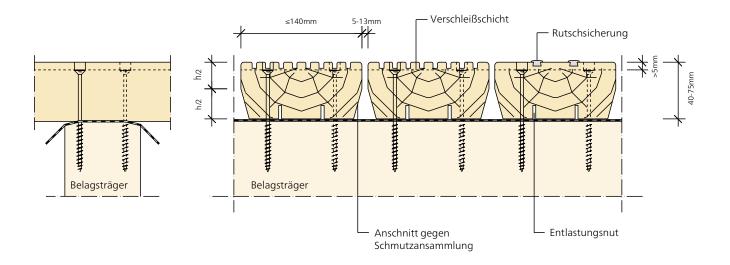
Holzbohlen als offene Konstruktion werden als Belagsart bei Holzbrücken am häufigsten eingesetzt. Je nach Holzart ist ein Bohlenbelag sehr kostengünstig, Reparaturen lassen sich vergleichsweise einfach ausführen. Von Nachteil sind die begrenzte Lebensdauer und der fehlende Witterungsschutz für unterhalb liegende Bauteile. Als Holzart lässt sich das unbehandelte Kernholz von Lärche, Douglasie, Eiche oder Robine verwenden.

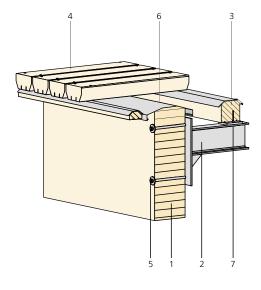
Zur Befestigung der Bohlen sind geeignete Belagsträger vorzusehen, die sich bei einem Belagsaustausch ebenfalls erneuern lassen. Eine direkte Verschraubung mit Hauptträgern und Durchdringungen von Abdichtungen entspricht nicht dem Stand der Technik und vermindert die Dauerhaftigkeit des Haupttragwerks erheblich.

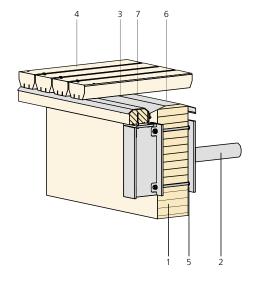
In Abhängigkeit von der Holzart sind ausreichend widerstandsfähige Verbindungsmittel zu verwenden. Mit Schrauben aus nichtrostendem Stahl lassen sich eine gute Austauschbarkeit und hohe Standzeit erreichen. Der Mindestdurchmesser liegt bei 10 mm für Hartholz und 8 mm für Nadelholz. Es eignen sich Schrauben mit Sechskant- oder Torxantrieb. Vorbohren und Senken ist nach Herstellervorgabe zu beachten.

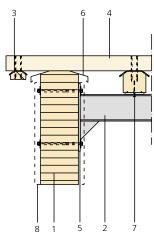
Die Auflagerfläche der Bohlen sollte nicht größer als statisch notwendig gewählt werden, um Schmutzansammlungen zu vermeiden.











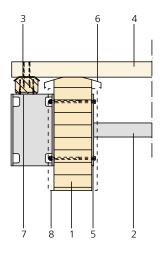


Abb. 7.2 Anschlüsse von Holzbohlen auf Deckbrücken ohne Durchdringung der Hauptträgerabdichtung

- Hauptträger
- Querträger
- Belagsträger, oberseitig abgedeckt 3
- Bohlenbelag
- Anschluss Querträger an Hauptträger
- Durchdringungsfreie Hauptträgerabdeckung
- Anschluss Belagsträger an Stahlprofil mit Distanzblech
- innere und äußere Verschalung

Seitliche Anschnitte zu einem trapezförmigen Bohlenquerschnitt verringern das Ansammeln von Schmutz (Abb. 7.1).

Die Verkehrssicherheit durch Rutschgefahr bei feuchter Witterung ist durch geeignete konstruktive Maßnahmen und regelmäßiges Reinigen zu minimieren. Eine verbesserte Rutschsicherheit bieten eingelassene Kunststoffstreifen mit einer Quarzsandabstreuung. Vollflächige Beschichtungen erweisen sich auf Holzbohlen als nicht sehr haltbar.

Tabelle 7.1 | Anhaltswerte für die Lebensdauer von Bohlenbelägen aus Holz

Material	Dauerhaftigkeit* [Jahre]
Kiefer (Farbkernholz)	ca. 7
Europäische Lärche	ca. 15
Douglasie	ca. 15
Eiche	ca. 15
Acetylierte Kiefer	ca. 25
Robinie	ca. 20

^{*} Lebensdauerberechnung gemäß [10]

Abb. 7.3Brückenbelag aus
GFK-Profilen

Abb. 7.4

Anschluss von

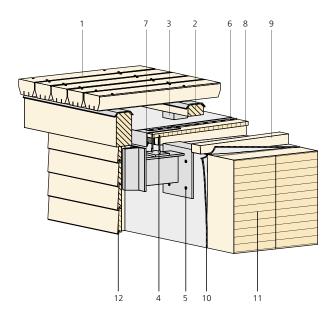
Bohlenbelägen auf
blockverklebten

Hauptträgern ohne
Durchdringung der
Abdichtung



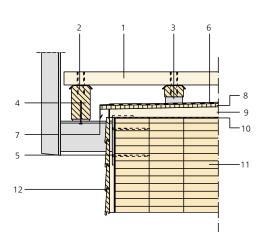
Größere Höhenversätze und Fugen sind bei der Ausführung zu vermeiden. Bei offenen Bohlenbelägen empfiehlt sich eine mittlere Fugenbreite von 8 mm, wobei eine Unterschreitung von 5 mm bzw. eine Überschreitung von 13 mm auch unter Berücksichtigung von Quellen und Schwinden zu vermeiden ist. Schleppbleche an den Brückenantritten tragen dazu bei, die Verschmutzung von Auflagerbänken zu reduzieren (vgl. MuZ H-Übe 4). Die Verwendung geschlossener Holzbohlenbeläge in der Nutzungsklasse 3 ist aufgrund der großen Belastung durch stehende Feuchtigkeit und Verschmutzungen nicht zu empfehlen.

Übliche Querschnitte für Belagsbohlen auf Fußgängerbrücken mit Wartungsfahrzeug betragen ca. 80 x 140 mm (Höhe x Breite) bei Nadelholz und ca. 60 x 140 mm bei Laubholz.





- 2 Belagsträger, oberseitig abgedeckt
- 3 Elastomelager für Belasgträger
- 4 Anschluss Belagsträger mit Distanzblech
- 5 Anschluss Geländer an Hauptträger
- 6 Kunstoff- oder Bitumenabdichtung mit oberseitiger Bautenschutzmatte



- 7 Tropfblech
- 8 Holzwerkstoffplatte
- 9 Unterkonstruktion keilförmig ≥ 2,5% geneigt
- 10 diffusionsoffene Unterspannbahn
- 11 Hauptträger
- 12 seitliche Verschalung hinterlüftet auf Unterkonstruktion

Erforderliche Verschleißschichten sind hierbei bereits berücksichtigt (siehe auch "Tragwerksplanung von Holzbrücken", Kapitel 5.1). Verbindungsmittel sind zu versenken.

Die zu erwartende Lebensdauer hängt von der eingesetzten Holzart ab. Tabelle 7.1 gibt Anhaltswerte für die Lebensdauer von Belägen aus unterschiedlichen Holzarten.

7.1.2 Beläge aus Kunststoff

Neuartige Alternativen zu Belägen aus Holzbohlen stellen Profile aus Kunststoff, Holz-Kunststoff-Komposit (WPC) oder glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) dar. Sie lassen sich wie ein Holzbohlenbelag einsetzen und versprechen eine höhere Dauerhaftigkeit und Rutschfestigkeit.

Profile aus unverstärktem Kunststoff oder Holz-Kunststoff-Komposit sind als Hohlkammer- oder Vollprofile erhältlich, die sich ähnlich wie Holzbohlen verarbeiten lassen, jedoch eine höhere Lebensdauer aufweisen (laut Herstellerangaben über 25 Jahre). Die Hersteller bieten unterschiedliche Befestigungsmöglichkeiten und Fugenausführungen an. Schlossverbindungen oder Federn in den Längsfugen verhindern das Durchfallen von Schmutz. Aufgrund der begrenzten Profilhöhen und des ungünstigen Kriechverhaltens eignen sich diese Profile allerdings nur bedingt für Fahrbahnen und lassen meist keine größeren Belastungen etwa durch Dienstfahrzeuge zu. Das Geräuschverhalten der Bohlen mit Hohlkammerquerschnitt kann zudem als unangenehm empfunden werden.

Profile aus glasfaserverstärktem Kunststoff sind mittlerweile im Holzbrückenbau etabliert. Sie sind leicht, von hoher Materialeffizienz durch Hohlkammern oder verstärkte Stege und auch für höhere Belastungen verwendbar.

Eine Oberfläche aus eingestreutem Natursteingranulat ergibt eine hohe Rutschfestigkeit. Die Befestigung erfolgt nach Herstellerangabe und ist in der Regel nicht von oben sichtbar. Schlösser oder Nut-und-Feder-Systeme in den Profilfugen ermöglichen eine schmutzdichte Ausführung. Aufgrund von Temperaturausdehnungen sind in regelmäßigen Abständen Fugen vorzusehen.

Bei allen Profilen aus Kunststoff ist die Eignung für den Einsatz als Brückenbelag mit einer bauaufsichtlichen Zulassung zu belegen.

7.2 _ Plattenförmige Beläge

7.2.1 _ Beläge aus Betonfertigteilen

Dauerhafte geschlossene Beläge für Holzbrücken lassen sich mit Betonfertigteilen herstellen. Großformatige Fertigteilplatten bilden hierbei eine dichte Fahrbahn und schützen das Holztragwerk mit ausreichend Überstand oder Schürzen vor Bewitterung. Die Montage erfolgt auf einer Belüftungsebene mit Lagesicherung.

Abb. 7.5
Belagsplatten aus
Granit



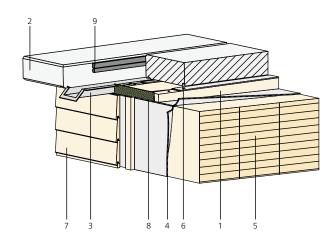
Unterhalb der Bauteilfugen sind geeignete Rinnen aus Titanzink (ohne Tausalzbelastung) oder Edelstahl anzuordnen. Zum Schutz vor Verschmutzung werden Fugen mit dauerelastischer Fugenmasse verfüllt oder mit Dichtprofillagen verschlossen. Alle Kanten sind zu fasen.

Als Unterkonstruktion und Belüftungsebene werden EPDM-Kissen oder Latten bzw. Blöcke aus Vollholz verwendet. Eine Lagesicherung der Platten ist zumeist nur bei der Berücksichtigung von Bremslasten erforderlich. Bei Rad- und Fußwegbrücken ist die Auflast durch das Eigengewicht häufig ausreichend, um die Horizontallasten aus Verkehr durch Reibung übertragen zu können. Zur gleichmäßigen Lastverteilung und Verbesserung der Reibung

sowie dem Ausgleich von Toleranzen empfiehlt es sich bei einer Unterkonstruktion aus Holz Neopren- oder elastische EPDM-Steifen anzuordnen. Um Wasseransammlungen zu vermeiden, ist ein Gefälle von 2,0-2,5 % angeraten. Die Abmessungen der Betonfertigteile sind so zu wählen, dass ein Versetzen mit leichteren Mobilkränen oder Turmdrehkränen noch möglich ist. Bei konventionellem Stahlbeton liegen die Plattenstärken zwischen 13 und 20 cm. Sofern die ZTV-ING [7] als Planungsgrundlage gelten, ist eine Mindestdicke von 20 cm einzuhalten. Mit faserbewehrtem Beton lassen sich deutlich dünnere Platten realisieren. Montagepunkte und Anschlagspunkte sind bereits bei der Planung zu berücksichtigen. In Abhängigkeit von der Belastung ist die Betongüte der Fertigteile anhand der Expositionsklassen festzulegen. Im Falle einer Tausalzbelastung des Belags ist eine Mindestdruckfestigkeitsklasse C35/45 erforderlich.

Die Rutschsicherheit wird durch eine geeignete Beschichtung (z.B. Epoxidharzbeschichtung mit Quarzsandabstreuung) oder Oberflächenbehandlung (Besenstrich, Strukturmatrizen etc.) gewährleistet.

Abb. 7.6 Plattenbelag auf Blockträger



- Unterkonstruktion keilförmig ≥ 2,5% geneigt, oberseitig abgedeckt
- oberseitig abgedeckt
- 2 großformatige Fertigteilplatten aus Beton oder Naturstein mit umlaufender Tropfkante
- 3 Rinne aus nicht rostendem Stahl
- 4 diffusionsoffene Unterspannbahn
- 5 Hauptträger
- 6 Lagesicherung Betonplatte
- 7 seitliche Verschalung hinterlüftet auf Unterkonstruktion
- 8 Insektenschutzgitter
- 9 Bauteilfuge dauerelastisch versiegelt

7.2.2 _ Beläge aus Naturstein

Eine weitere Lösung für plattenförmige Brückenbeläge bildet die Verwendung von Naturstein. Moderne Herstellungsverfahren ermöglichen die präzise Herstellung von Platten mit Abmessungen bis zu 1,5 x 3,0 m. Die Platten werden aus großen Natursteinblöcken herausgeschnitten und mit Fräs- und Sägewerkzeugen bearbeitet. So sind schmalere Fugen und feinere Kantenausbildungen als bei Beton herstellbar. Befestigung und Verlegung erfolgen analog zu Betonplatten. An der Unterseite sind umseitig Tropfnuten vorzusehen.

Die Dicke der Platten ergibt sich aus den technischen Eigenschaften des Gesteins und der Belastung. Die Unversehrtheit aller Platten ist bereits im Werk durch eine Probebelastung zu belegen. Bei Fuß- und Radwegbrücken ohne Fahrzeugbelastungen ergeben sich Plattendicken von 7-10 cm. Gute Rutschsicherheit ist durch eine geeignete Oberflächenbehandlung wie Sandstrahlen herstellbar.

7.3 _ Bituminöse Beläge

Bei Fuß- und Radwegbrücken sowie Straßenbrücken aus Holz lassen sich auch Brückenbeläge aus Gussasphalt einsetzen. Ein Gussasphaltbelag auf einer Trägerplatte ist eben, rutschfest und dient gleichzeitig als Witterungsschutz für das darunterliegende Tragwerk. Der empfohlene Aufbau ergibt sich aus Tabelle 7.2 bzw. Abbildung 7.7 (siehe auch MuZ H-Belag 1 und MuZ H-Dicht 1,2).

Randabschlüsse sind so zu gestalten, dass Wasser, das sich oberhalb der Abdichtung sammeln kann, ungehindert abfließt. Hierzu sind in den Randprofilen Entwässerungsbohrungen im Abstand von e < 30 cm anzuordnen. Die Fugen entlang der Randabschlüsse sind auf die Dicke der Schutz- und Deckschicht mit Unterfüllstoff und Vergussmasse zu verfüllen. Eine zusätzliche Abkantung des Randprofils nach Abb. 7.7 verhindert eine Belastung der Unterkonstruktion bei Rissen im Fugenverguss. Undichtigkeiten im Asphalt dürfen zu keiner Belastung der Unterkonstruktion oder des Tragwerks führen. Wenn Brücken oder Rampen ein Gefälle von deutlich über 6 % aufweisen, ist ein Belag aus Gussasphalt nicht zu empfehlen.

Tabelle 7.2 Empfohlener Aufbau für Gussasphaltbeläge für Holzbrücken

Schicht	Bauteil	Beschreibung
1	Trägerplatte	Baufurnierschichtholz, Brettsperrholz oder Bretterschalung (Einbaufeuchte < 12%), auf belüfteter Unterkonstruktion mit Gefälleausbildung > 2,5% für die Abdichtung. Die Tragschicht und Unterkonstruktion sind ausreichend steif zu konstruieren, um zu große Durchbiegungen zu vermeiden. Sofern Gelenke im Tragwerk angeordnet sind, sollte der Belag in diesem Bereich unterbrochen und eine Übergangskonstruktion angeordnet werden.
2	Abdichtung	Einlagige geklebte Polymerbitumenbahn mit Haftzugfestigkeit ≥ 1,5 N/mm² vollflächig auf Oberfläche aufgeschweißt. Grundierung und Versiegelung auf Epoxidharzbasis mit Einstreuung Bei Straßenbrücken mit Schubverbund des Asphalts. Bei Fuß- und Radwegbrücken Ausführung ohne Verbund. Trennlage aus Glasfließ und Ölpapier [14] oder besandeter Glasvliesbitumenbahn [15]. Anschlüsse an Stahlwinkel oder Einbauteile mit Edelstahleinlage sowie Voranstrich oder geeignetem Flüssigkunststoff.
3	Gussasphalt untere Lage	Schutzschicht aus Gussasphalt 0/8 25 mm dick, ggfls. mit reduzierter Einbautemperatur zur Vermeidung von Blasenbildung durch Wasserdampf aus der Trägerplatte während des Einbaus.
4	Gussasphalt obere Lage	Deckschicht aus Gussasphalt 0/8 oder 0/11, entsprechend Beanspruchung 25 - 45 mm Dicke, ggfls. mehrlagig. Oberfläche mit gewalztem Abstreusplitt. Heller Abstreusplitt kann hohe Oberflächentemperaturen reduzieren.

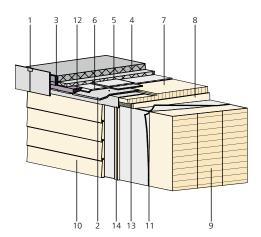
7.4 _ Beläge aus Stahl

Blechprofilroste oder Pressblechroste stellen eine einfache, offene Lösung für den Belag dar. Diese lassen sich vergleichbar mit Bohlen oder glasfaserverstärkten Kunststoff-Profilen (GFK) verlegen und erfordern eine gesonderte Abdeckung der Tragkonstruktion.

Darüber hinaus lassen sich flächige Stahlbleche als Platten verlegen, die einen dichten Belag bilden und das Holztragwerk konstruktiv schützen. Die Plattengrößen sind entsprechend der Montagebedingungen zu wählen. Die Plattenstöße können offen ausgeführt und mit einer Rinne unterlegt werden. Je nach Brückenlänge sind auch verschweißte Stöße möglich. Das unterschiedliche Temperaturverhalten der Baustoffe Holz und Stahl ist bei der Befestigung und an den Übergangskonstruktionen zu beachten.

Die Rutschfestigkeit wird durch den Einsatz eines RHD-Belags (Reaktionsharzgebundener Dünnschichtbelag) mit Quarzsandabstreuung erreicht [7 Teil 7 Abschnitt 5].

Abb. 7.7 Asphaltbelag



- 1 Stoßabdeckung aus Metall, verklebt, nicht rostend
- 2 geneigtes Randprofil mit Entwässerungsöffnungen
- 3 Anschluss zu Stahlwinkel, Fugenverguss
- 4 Gussasphalt Decktschicht
- 5 Gussasphalt Schutzschicht
- 6 Abdichtung Polymerbitumenbahn
- 7 Trägerplatte aus Holzwerkstoff mit Epoidharzversiegelung und Absteuung
- 8 Unterkonstruktion keilförmig ≥ 2,5% geneigt9 Blockträger
- 10 seitliche Verschalung hinterlüftet auf Unterkonstruktion
- 11 diffusionsoffene Unterspannbahn
- 12 Sickerschicht, Drainagemörtel
- 13 Insektenschutzgitter
- 14 Tropfblech

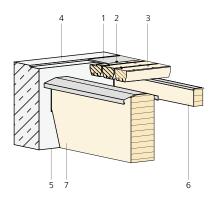
7.5 _ Entwässerung

Abhängig von der Brückenfläche, dem Belag sowie dem Standort ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an eine Entwässerung der Brücke. Wird ein offener Belag ausgeführt, ist eine Entwässerung nicht gesondert zu berücksichtigen. Bei geschlossenen Belägen kann eine Entwässerung seitlich oder längs über die Brückenoberfläche erfolgen. Die Oberflächenentwässerung sollte möglichst nicht auf der Brücke angeordnet werden. Für die Platzierung von Entwässerungsrinnen eignen sich Bereiche am Wegeanschluss vor der Kammerwand.

Beträgt die geschlossene Oberfläche einer Brücke mehr als 400 m², sind Abläufe vorzusehen [7 Teil 8 Abschnitt 5 2.2.]. Diese sind entsprechend der Belagsausführung zu konstruieren. Generell ist das Risiko eines Feuchteeintrags für das Haupttragwerk zu minimieren. So lassen sich Entwässerungspunkte ideal in Randbereichen des Belags oder in Freiräumen im Haupttragwerk platzieren. Siehe hierzu auch MuZ H-Was 1-3.

7.6 _ Übergangskonstruktionen

Entsprechend der Bauweise sind bei Holzbrücken unterschiedliche Freiheitsgrade bei Lagern oder Gelenken erforderlich. Hierzu gehören auch durch Quellen und Schwinden des Holztragwerks verursachte Veränderungen in der Brückenhöhe. Je nach Belagsart sind diese Bewegungen von Übergangskonstruktionen aufzunehmen. Bei der Ausführung gilt es die Verkehrssicherheit und die Dauerhaftigkeit der Brücke langfristig zu gewährleisten. Dichte Beläge sind mit dichten Übergangskonstruktionen auszuführen. Bei offenen Belägen sind Schleppbleche oder vergleichbare Konstruktionen zu empfehlen. Diese verhindern auch Schmutzansammlungen in Auflagerbereichen. Bei dichten Übergangskonstruktionen ist eine ausreichende Redundanz zu empfehlen, etwa durch eine zusätzliche Hirnholzabdeckung des darunterliegenden Tragwerks.



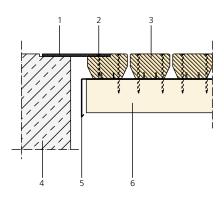
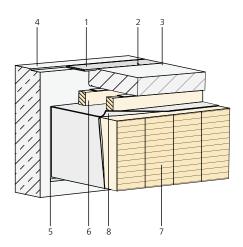


Abb. 7.8 Schmutzdichte Übergangskonstruktion bei Bohlenbelägen

- Schleppblech, nicht rostend, rutschhemmend
- Befestigung Schleppbech
- 3 Bohlenbelag
- 4 Kammerwand
- Hirnholzschutz
- Belagsträger, oberseitig abgedeckt
- Hauptträger, oberseitig abgedeckt



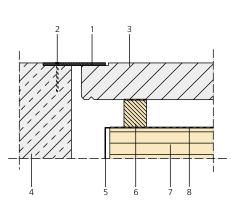
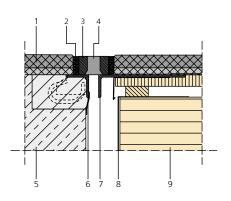


Abb. 7.9 Schmutzdichte Übergangskonstruktion bei Plattenbelägen

- Schleppblech, nicht rostend, rutschhemmend
- Befestigung Schleppbech
- Fertigteilbelag 3
- Kammerwand
- Hirnholzschutz
- 6 Belagsträger oberseitig abgedeckt
 - Hauptträger
- diffusions offene Unterspannbahn



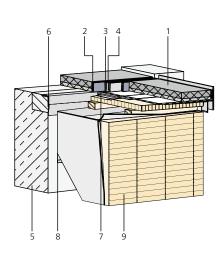


Abb. 7.10 Dichte Übergangskonstruktion bei Asphaltbelägen

- Asphalt Schutz- und Deckschicht
- Fugenverguss
- 3 Randprofil
- Dichtprofil
- Kammerwand
- Winkel als Auflager der Profile mit angeschweißter Bewehrung, mit Kammerwand vergossen
- Winkel als Auflager der Profile in Holzwerkstoffplatte und Unterkonstruktion verschraubt, mit Verstärkungsstreifen
- Hirnholz schutz
 - Hauptträger

8 _ Verschalungen und Abdeckungen

Eine entscheidende Herausforderung für den Entwurf von Holzbrücken ist der zuverlässige Witterungsschutz aller tragender Konstruktionsteile. Lässt sich dieser nicht durch einen ausreichenden Überstand einer Dichtebene oder eines dichten Fahrbahnbelags über dem Tragwerk sicherstellen, ist eine seitliche Verschalung und oberseitige Abdeckung anzuordnen [25].

Grundsätzlich eignen sich Bekleidungen entsprechend der Fachregeln für Gebäudefassaden [11] und oberseitige Abdeckungen entsprechend der Fachregeln des Dachdeckerhandwerks. Neben dem Werkstoff Holz sind Materialien wie Kunststoff, Metall, Stein oder auch Glas möglich. Primärer Zweck der Verschalungen und Abdeckungen ist der Schutz des Tragwerks vor Witterungseinflüssen.

8.1 _ Seitliche Verschalungen

Seitliche Verschalungen bilden eine vertikale Ebene für den Witterungsschutz des Tragwerks, sei es als geschlossene oder teildurchlässige Ausführung. Neben der Schutzfunktion tragen sie maßgeblich zur Bauwerksgestaltung bei.

8.1.1 _ Geschlossene Verschalungen

Geschlossene Bekleidungen bilden eine witterungsdichte, meist vertikale Ebene zum Schutz des Tragwerks. Sie bestehen meist aus profilierten, horizontal oder vertikal angeordneten Holzbrettern mit einer Dicke von 18-24 mm, die durch Überlappen oder Nut und Feder eine geschlossene Ebene herstellen. Für Bekleidungen, die zur Verkehrsfläche angeordnet sind, empfehlen sich Dicken ≥ 21 mm, um Vandalismus vorzubeugen. Zur Vermeidung von Verletzungen ist der Einsatz gehobelter und gefaster Bretter vorzuziehen. Empfehlungen für die Wahl der Holzarten sind in Kapitel 3 Rahmenbedingungen – 3.6 Baulicher Holzschutz dargestellt.

Abb. 8.1, 8.2 Holzbrücken mit unterschiedlichen Verschalungen





Zur Hinterlüftung werden die Schalungsbretter auf einer Unterkonstruktion aus Latten (Sortierung gemäß DIN 4074-1 "10" [33]) mit einem Abstand e ≤ 400 mm befestigt. Für das schnelle Abtrocknen ist eine Luftschicht von mindestens 20 mm vorzusehen. Informationen zur Ausführung orientieren sich an Gebäudefassaden und sind in den Fachregeln des Zimmererhandwerks – Außenwandbekleidungen aus Holz und Holzwerkstoffen [11] detailliert beschrieben. Besondere Anforderungen ergeben sich aus der Bauwerksprüfung (siehe Kapitel 10 Unterhaltung und Prüfung). Entsprechend der Zugänglichkeit des Haupttragwerks sollten geschlossene Verschalungen mit einfachen Mitteln demontierbar sein, damit tragende Bauteile handnah geprüft werden können (siehe auch MuZ H-Schutz 6). Dies gilt auch für den etwaigen Austausch der Verschalung. Bei Überschneidungen mit anderen Konstruktionsteilen – beispielsweise bei Trogbrücken mit dem Belag – sind Verschalungen entsprechend zu trennen (Abb. 8.4).

Es empfiehlt sich, Bauteile, die schlecht zugänglich oder einer hohen Spritzwasserbelastung ausgesetzt sind, mit dauerhafteren Materialien auszuführen. Grundsätzlich werden Verschalungen bei Brücken mit korrosionsbeständigen Verbindungsmitteln befestigt, um eine hohe Standzeit und einen späteren Austausch zu sichern.

Alternativ zu Verschalungen aus Holz lassen sich Plattenwerkstoffe wie Furnierschichtholz, HPL-Platten oder Faserzementplatten einsetzen. Weitere Möglichkeiten stellen Holzschindeln, Bleche aus Titanzink, Aluminium oder Kupfer und Glas als Schindeln oder geschlossene Flächen dar.

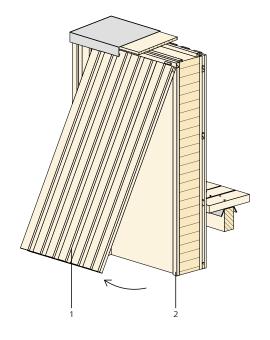


Abb. 8.3

Vorschlag für

außenseitige Verschalung
einer Trogbrücke

- Verschalung, klappbar nach Musterzeichnung -> MuZ H-Schutz 6
- 2 Unterkonstruktion

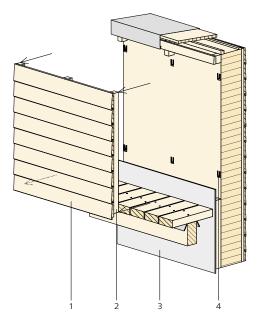


Abb. 8.4
Vorschlag für
innenseitige Verschalung
einer Trogbrücke

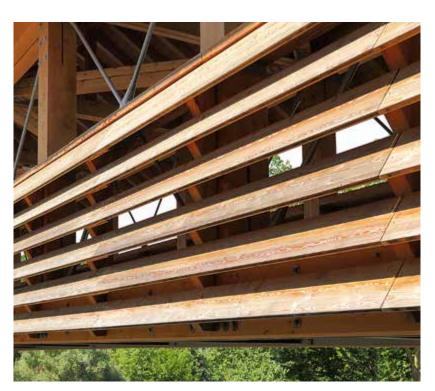
- Verschalung, aushängbar nach Musterzeichnung -> MuZ H-Schutz 6
- 2 Unterkonstruktion
- 3 witterungsbeständiger Plattenwerkstoff im Spritzwasserbereich
- 4 Einhängeverbinder

8.1.2 _ Offene Verschalungen

Alternativ zu geschlossenen Verschalungen bieten offene Konstruktionen aus horizontalen Lamellen die Möglichkeit zur Realisierung eines transparenten Witterungsschutzes.

Die Anordnung der Lamellen übereinander erfolgt dabei so, dass vom Tropfpunkt des oberen Brettes bis zur oberen Kante des unteren Brettes ein Schlagregenwinkel von mindestens 30° eingehalten wird. Im Gegensatz zu geschlossenen Bekleidungen ergibt sich der Nachteil, dass Regen und Schnee bei starkem Wind hinter die Verschalungsebene gelangen können. Gefährdete Konstruktionsteile in diesem Bereich – beispielsweise Fachwerkknotenpunkte – sind entsprechend zu schützen (Abb. 8.5). Von Vorteil bei offenen Bekleidungen ist die gute Einsehbarkeit der tragenden Holzbauteile. Eine Demontagemöglichkeit für Prüfungen muss nicht berücksichtigt werden.

Abb. 8.5
Offene
Lamellenbekleidung



$\bf 8.2_Oberseitige\ Abdeckungen$

Sofern kein wasserdichter Fahrbahnbelag das Tragwerk abdeckt, ist der Schutz der Holzbauteile durch eine Abdichtungsebene herzustellen. Es lassen sich sowohl flächige als auch bauteilbezogene Abdichtungen einsetzen.

Aufgrund der höheren Witterungsbelastung und schlechten Einsehbarkeit eignen sich für zusätzliche Abdichtungen Materialien wie Metall oder Kunststoffe besser als Holz oder Holzwerkstoffe. Grundlage für die Ausführung bilden die Regelungen für das Dachdeckerund Spenglerhandwerk. Für flächige Abdichtungen mit geringer Neigung lassen sich die Regelungen der DIN 18531 Teil 1-5 [44] anwenden. Für Abdichtungen unter Asphaltbelägen gelten zudem Teil 7 Abschnitt 1 und 2 aus den ZTV-ING [7].

Bei Abdichtungen unter offenen Belägen ergeben sich erhöhte Belastungen durch mechanische Einwirkungen, den Einsatz von Streusalzen oder Verschmutzungen. Neigungen und Aufbauten sind deshalb entsprechend zu wählen. Bei Vorgaben zu Mindestneigungen von Unterkonstruktionen sind stets die Verformungen des Tragwerks zu beachten. Schneeablagerungen können zusätzliche Abdichtungsmaßnahmen in vor Schlagregen geschützten Bereichen erfordern, zum Beispiel im Inneren von gedeckten Fachwerkbrücken.

8.2.1 _ Abdeckungen aus Metall

Für die flächige Abdeckung von Holztragwerken oder oberseitige und seitliche Abdeckung von Einzelträgern und Anschlussbereichen sind Titanzink-, Aluminium-, Edelstahl- oder Kupferbleche verwendbar. Die Regeldachneigung liegt je nach Ausführung bei mindestens 7°. Ein Gefälle von minimal 3° oder gefällelos (nur Edelstahl) kann durch Zusatzmaßnah men wie zusätzliche Abdichtungen erreicht werden. Dehnungsstöße sind mindestens alle 8 m anzuordnen.

Für Abdeckungen, die einer Tausalzbelastung ausgesetzt sind, eignen sich resistentere Metalle oder Kunststoffe. Titanzink oder Aluminium sind hierfür nicht geeignet. Darüber hinaus sind mögliche Kontaktkorrosionen mit Verbindungsmitteln oder Einbauteilen aus Metall zu berücksichtigen. Eine Gefahr durch Tauwasserausfall an Abdeckungen ist durch geeignete Trennlagen zu vermeiden.

Weitere Informationen zur Ausführung und Verarbeitung sind in den Fachregeln für Metallarbeiten im Dachdeckerhandwerk aufgeführt.

8.2.2 _ Abdeckungen aus Kunststoff und Bitumen unter offenen Belägen

Für die Ausführung von Abdichtungen mit geringem Gefälle von ≥ 1,5 % ist der Einsatz von Bitumen oder Kunststoffbahnen im Holzbrückenbau verbreitet. Die Teile 1-4 der DIN 18531 [44] enthalten Regelungen für die Ausführung von genutzten und nicht genutzten Dächern und lassen sich auch bei Brücken anwenden. Für Abdichtungen unter offenen Belägen liefern die Angaben aus Teil 5: Balkone, Loggien und Laubengänge spezifische Hinweise.

Die Abdichtungsebene unter offenen Belägen lässt sich mit den meisten Polymerbitumenbahnen und allen Kunststoff- oder Elastomerbahnen gemäß DIN 18531 [44] Teil 2 umsetzen. Randabschlüsse, Rinnen oder Einbauteile sind als Standardteile aus Verbundblechen oder vorbehandelten Metallen verfügbar. Als Unterkonstruktion eignen sich belüftete Holzwerkstoffplatten oder Vollholzschalun-

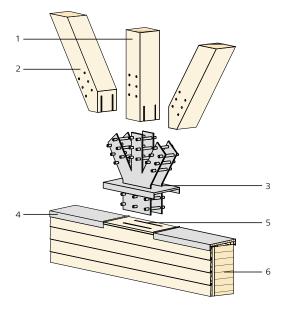


Abb. 8.6
Schutz des Untergurtes
in Fachwerkknotenpunkten
gegen Feuchtigkeits- oder
Schmutzansammlungen bei
überdachten Fachwerkbrücken.

- l Pfosten
- 2 Strebe
- 3 Schlitzblechanschluss der Pfosten und Streben, mit oberer Abdeckung verschweißt
- 4 Abdeckung Untergurt Zinkblech mit Abtropfkante
- 5 Schlitze durchgehend oder mit Ablauf
- 6 Untergurt

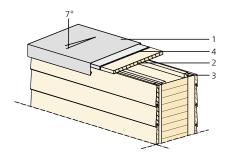


Abb. 8.7
oberseitige Abdeckung
von Haupträgern

- I Zinkblechabdeckung mit Abtropfkante unter 7° geneigt
- 2 Holzwerkstoffplatte
- 3 Unterkonstruktion
- 4 diffusionsoffene Dichtbahn

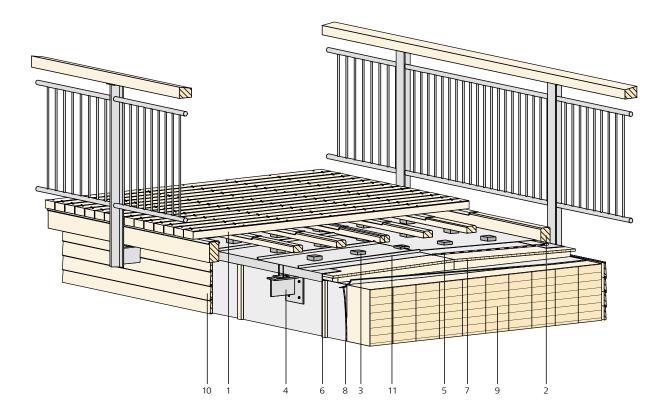
gen. Zur Redundanz lassen sich zusätzliche diffusionsoffene Abdichtungen unterhalb der Belüftungsebene anordnen.

Schutzschichten gegen mechanische Belastungen sind bei Abdichtungsebenen unter offenen Belägen erforderlich. Hierfür eignen sich beispielsweise Bautenschutzmatten aus Gummigranulat mit einer Mindestnenndicke von 6 mm. Zusätzlich sind Abstandshalter – beispielsweise Unterlagen aus EPDM – für die Unterkonstruktion vorzusehen, die eine ausreichende Distanz zur Abdichtungsebene schaffen.

8.3 _ Hirnholzseitige Abdeckungen

Wegen ihrer Faserstruktur nehmen Stirnseiten von Holzstäben und Blockträgern Feuchtigkeit besonders schnell und tief auf. Diese Bereiche sind daher sorgfältig zu schützen. Hierzu lässt sich entweder die seitliche Bekleidung um das Hirnholz herumführen oder eine zusätzliche Blechabdeckung vorsehen. Erhöhte Sicherheit schaffen wasserdichte und schmutzdichte Übergangskonstruktionen. Siehe hierzu Kap. 7.6 Übergangskonstruktionen.

Abb. 8.8
Blockträgerbrücke,
Abdichtung unter Bohlen,
links Stehfalzdeckung,
rechts Kunststoff-/
Bitumenbahn



- 1 Bohlenbelag
- 2 Belagsträger
- 3 Elastomerlager für Belagsträger
- 4 Geländerkonstruktion über Stahlteil an Hauptträger angeschlossen
- 5 Kunststoff- oder Bitumenabdichtung mit oberseitiger Bautenschutzmatte
- 6 Tropfblech

- 7 Holzwerkstoffplatte auf Unterkonstruktion keilförmig ≥ 2,5% geneigt
- 8 diffusionsoffene Unterspannbahn
- 9 Hauptträger
- 10 seitliche Verschalung auf Unterkonstruktion hinterlüftet
- 11 Zinkblechabdeckung, Stehfalz mit abgedichtetem Falz

9 _ Lagerkonstruktionen

Lagerkonstruktionen dienen zur Stützung der unterschiedlichen Tragwerke und stellen die Verbindung zwischen Unter- und Überbauten her. In Abhängigkeit vom statischen System sind unterschiedliche Freiheitsgrade wie Verschiebungen oder Verdrehungen zu ermöglichen.

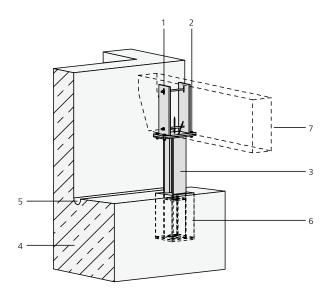
Die Ausführung von Lagerkonstruktionen bei Holzbrücken korelliert zusätzlich mit der Dauerhaftigkeit der Bauwerke. Eine detaillierte Planung mit Berücksichtigung aller möglichen Einwirkungen durch Niederschläge und Verschmutzungen sind für eine lange Lebensdauer zu berücksichtigen.

9.1 _ Lagerkonstruktionen für Holzbrücken Bei der Lagerung von Holzbrücken sind neben geometrisch bedingten Verformungen Ver-

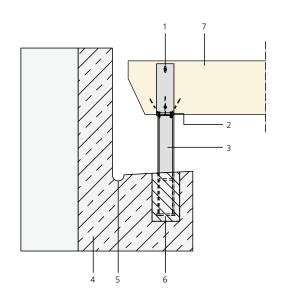
schiebungen durch Quellen und Schwinden in veränderlichen Umgebungsfeuchten auszugleichen. Längenänderungen durch Temperaturunterschiede ergeben sich im Gegensatz zu Beton und Stahl kaum, da die Längenausdehnung aus Temperaturveränderung von der einhergehenden Längenausdehnung durch Feuchteänderung überlagert wird [12]. Der Einfluss von Feuchtigkeit ist in Abhängigkeit der Bauform zu berücksichtigen. Untersuchungen zeigen, dass die Feuchteänderung bei großformatigen blockverleimten Querschnitten nur geringe Dimensionsänderungen für den Trägerquer- und -längsschnitt verursacht [13].

Lagerkonstruktionen bestehen in der Regel aus Stahl und unterscheiden sich in der Regel – abgesehen von Anschlüssen an Holzbauteile – nicht von Brücken aus anderen Materialien.

Abb. 9.1
Auflagerkonstruktion
Gabellagerung aus Stahl

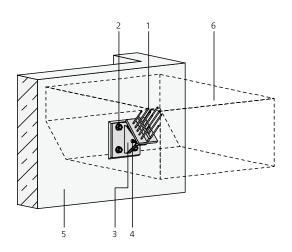


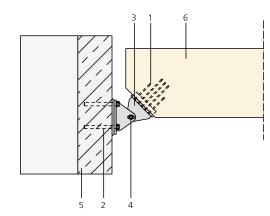
- Gabellagerung mit Langloch oben zum Ausgleich von Quelle und Schwinden
- 2 obere Ankerplatte ins Holz eingelassen mit Holzschrauben zur Aufnahme der Horizontalkräfte
- Festlager aus Walzprofil mit Aussteifung, in Auflagerbank eingegossen



- 4 Widerlager
- 5 Entwässerung der Auflagerbank d > 10 cm
- 6 Köcherfundament
- 7 Hauptträger

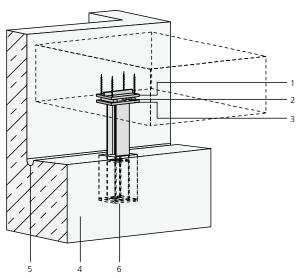
Abb. 9.2 Auflagerkonstruktion ohne Auflagerbank (Entwicklung aus Forschungsprojekt "Nachhaltige Standardbrücke in Holzbauweise", FH Aachen)

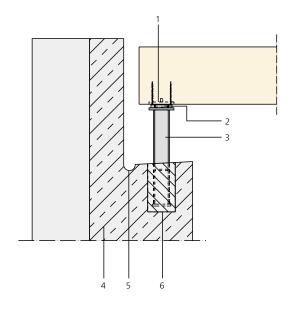




- Vollgewindeschrauben Anschluss Auflager an Wiederlagerwand
- Augenblech
- Bolzen mit Langloch Widerlager
- Hauptträger

Abb. 9.3 Auflagerkonstruktion mit Elastomer





- obere Ankerplatte in Überbau eingelassen mit Holzschrauben zur Aufnahme der Horizontalkräfte
- Elastomerlager
- untere Lagerplatte mit Festlager aus Walzprofil verschweißt, in Auflagerbank eingegossen
- Enwässerung der Auflagerbank d > 10 cm
- Köcherfundament

Das Quell- und Schwindverhalten der Holzbauteile ist zu beachten und zum Beispiel durch Langlöcher orthogonal zur Faserrichtung aufzunehmen. Verschiebungen und Verdrehungen lassen sich mittels Elastomerlagern oder Langlochverbindungen aufnehmen. Anschlüsse an die Holzkonstruktion lassen sich als klassische Holz-Stahlverbindungen (innenoder außenliegende Bleche mit Stabdübeln und Passbolzen etc.) ausführen. Speziell die Übertragung von Horizontalkräften wird vermehrt mit schräg eingeschraubten Vollgewindeschrauben realisiert.

9.2 _ Biegesteife Lagerkonstruktionen

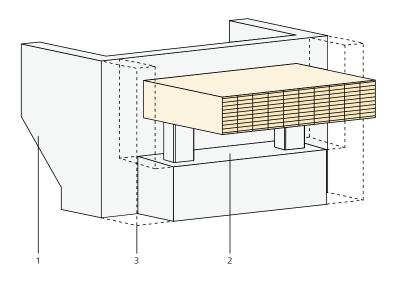
Zur Vermeidung von Fugen und Wartungsbauteilen bei Lagern lassen sich Brückenüberbauten auch biegesteif bzw. "integral" an die Unterbauten anschließen. Die Verbindung von Holztragwerk zu Unterbauten aus Beton erfolgt über separate Stahlkonstruktionen oder Betonstähle, die im Holztragwerk eingeklebt sind und in das Widerlager einbinden.

9.3 _ Ausbildung von Widerlagern bei Holzbrücken

Die Verbindung zwischen der tragenden Hauptkonstruktion aus Holz und den Widerlagern aus Stahlbeton lässt sich auf unterschiedliche Art ausbilden. Eine gängige Bauweise ist die Ausführung einer Auflagerbank, auf der die Hauptkonstruktion über Lagerkonstruktionen aus Stahl aufgelegt wird. Eine Ausführung mit einer Schwelle aus Hartholz entspricht nicht dem Stand der Technik. Bei der Ausführung einer Auflagerbank ist der Einfluss von Spritzwasser und Verschmutzung zu beachten. Um den Spritzwasserschutz zu gewährleisten, ist zwischen Auflagerbank und Holzbauteilen ein vertikaler Abstand von mindestens 30 cm [26] einzuhalten und die Oberfläche der Auflagerbank mit einem Gefälle von 5 % auszuführen. Gemäß Abschnitt 3 der RE-ING [2] ist zur Prüfung ein Abstand von 50 cm einzuhalten. Es empfiehlt sich zudem Auflagerbänke nur in der Breite des Tragwerks auszuführen. Alternativ ist eine seitliche Einfassung der Auflagerbank möglich. Dies eignet sich besonders bei Widerlagern, die tiefer in eine Böschung einbinden.

In Abhängigkeit des Brückentyps und der Belastung lässt sich auch ein horizontaler Anschluss an die Widerlagerkonstruktion ausführen. Hierbei wird das Haupttragwerk der Brücke über Stahlbauteile direkt an die Kammerwand angeschlossen und auf eine Auflagerbank verzichtet. Bei dieser Ausführung besteht keine Gefährdung durch Spritzwasser oder Schmutzansammlungen. Die Ausbildung der Widerlagerkonstruktion ist abhängig von der Übergangskonstruktion (siehe auch Kapitel 7, Beläge). Offene Übergangskonstruktionen erfordern einen erhöhten Aufwand, um einen zuverlässigen Ablauf von Wasser und Schmutz zu gewährleisten.

Abb. 9.4Ausbildung Widerlager



- 1 Flügelwand
- 2 Auflagerbank in Brückenträgerbreite
- 3 alternativ seitliche Kammerwand

10 _ Unterhalt und Prüfung

Muster-Handbücher

Im Ramen eines
Forschungsprojekts
wurden Handbücher zur
Wartung und Prüfung von
Holzbrücken entwickelt.
Auf der Homepage der
Qualitätsgemeinschaft
Holzbrückenbau e.V.
www.holzbrueckenbau.com
sowie der Homepage der
Fachhochschule Erfurt
werden die Musterhandbücher als PDF zur Verfügung gestellt.

Der Unterhalt von Brücken erzeugt Kosten, die neben den Entstehungskosten die Gesamtkosten bestimmen. Zur Minimierung dieser Kosten schreibt die DIN 1076 [45] eine regelmäßige Prüfung und Überwachung vor, um Schäden und Mängel frühzeitig zu erkennen. Diese lassen sich durch eine frühe Detektion beheben, bevor größere Beeinträchtigungen für die Standsicherheit, Verkehrssicherheit oder Dauerhaftigkeit entstehen. Speziell für die Prüfung und Wartung von Holzbrücken sind besondere Kenntnisse erforderlich, um Schäden und Mängel zuverlässig zu erkennen sowie Sanierungsmaßnahmen fachgerecht zu planen.

10.1 _ Prüfzyklen und Regelungen

Für die Prüfung von Ingenieurbauwerken sind unterschiedliche Prüfzyklen vorgesehen. Diese werden in der DIN 1076 [45] festgelegt. Vorgaben zur Prüfung von Holzbrücken sind zusätzlich in der RI-EBW-PRÜF [16] aufgeführt. Detaillierte Ausführungsempfehlungen zur Prüfung und Überwachung von Holzbrücken lassen sich dem "Muster-Prüfhandbuch für Holzbrücken" [17] entnehmen.

10.2 _ Monitoring

Die größte Gefahr für die Dauerhaftigkeit von Holzbrücken sind Schäden durch Feuchteeinwirkung. Bei modernen Holzbrücken wird das Tragwerk durch konstruktive Maßnahmen vor Witterung direkt geschützt. Die Funktionalität dieser Maßnahmen muss dauerhaft gewährleistet sein und ist bei Schäden möglichst kurzfristig wiederherzustellen. Systeme zur Überwachung der Holzfeuchte und der Dichtigkeit von Abdichtungen sind eine sinnvolle Ergänzung zur Bauwerksüberwachung. Bereits etabliert hat sich Messtechnik, die anhand von elektrischen Widerständen die Holzfeuchte an definierten Punkten in Holzbauteilen misst.

Die Anordnung dieser Punkte wird bereits in der Planung festgelegt. Sinnvoll hierfür sind unzugängliche Bereiche wie Trägerenden bei Übergangskonstruktionen oder Bereiche unterhalb von Abdichtungen. Sollten Holzfeuchten von über 20 % (Gefahr durch holzzerstörende Pilze) auftreten, werden über Datenfernübertragung Baulastträger und Verantwortliche ohne Verzögerung informiert, um schnell reagieren zu können und Schäden minimal zu halten.

Speziell für flächige Abdichtungen ist auch der Einsatz von elektrisch leitenden Textilgeweben möglich. Mit diesen Systemen lassen sich Leckagen von Abdichtungen aus Metall, Kunststoff oder Bitumen bis auf wenige Zentimeter genau lokalisieren. Der Einsatz ist für solche Konstruktionen zu empfehlen, bei denen Schäden an Abdichtungen nur mit hohem Aufwand behoben werden können, etwa bei Grünbrücken in Holzbauweise.

10.3 _ Wartungsmaßnahmen

Die regelmäßige Wartung von Brücken wirkt sich generell positiv auf die Lebensdauer des Bauwerks und der Einzelbauteile aus. Speziell für Holzbrücken ergeben sich einige Wartungsempfehlungen, um Schäden zu vermeiden und Unterhaltskosten zu reduzieren. Dies gilt in erster Linie für ungeschützte Verschleißbauteile wie Fahrbahnbeläge oder Geländer aus Holz sowie für Bauteile des konstruktiven Holzschutzes.

Zur Wartung gehört das regelmäßige Entfernen von Bewuchs und Schmutzansammlungen, die zu höheren Feuchten führen können, wie auch die Reinigung des Bauwerks, die Erneuerung von Anstrichen und Fugenfüllungen sowie laufende Reparaturen einzelner Bauteile. Je nach Bauwerkstyp und -gestaltung ist die Festlegung spezieller Empfehlungen für die

Wartung sinnvoll. Das "Muster-Wartungshandbuch" [18] dient als Vorlage für ein objektbezogenes Wartungshandbuch und liefert weitere Hinweise zum Unterhalt von Holzbrücken.

Verschalungen, die tragende Holzbauteile vor Nässe schützen, sowie Beläge und Schutzeinrichtungen sind der Witterung ausgesetzt. Den eingesetzten Materialien entsprechend ergeben sich unterschiedliche Nutzungsdauern (siehe Tabelle 6.2 und 7.1), die sich durch eine regelmäßige Wartung verlängern lassen, jedoch unterhalb der Lebensdauer einer geschützten Holzbrücke liegen. Erforderliche Instandsetzungsmaßnahmen lassen sich der Nutzungsdauer entsprechend bereits im Wartungshandbuch berücksichtigen.

10.4 _ Unterhaltungskosten und Lebensdauer

Die allgemeine geplante Nutzungsdauer eines Bauwerks ist in der DIN 1990 [46] festgelegt. Für Brücken und andere Ingenieurbauwerke werden 100 Jahre als Planungsgröße der Nutzungsdauer vorgeschrieben.

Als Grundlage für die Lebensdauerbetrachtung von Brücken des Bundesfernstraßennetzes gilt zudem die "Ablösungsbeträge-Berech-

nungsverordnung" (ABBV) [19], welche die theoretische Nutzungsdauer und Prozentsätze der jährlichen Unterhaltskosten von Ingenieurbauwerken definiert. In folgender Tabelle ist die Entwicklung der theoretischen Nutzungsdauer abhängig vom Baustoff in verschiedenen Versionen der ABBV dargestellt. Nach einer Untersuchung der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung (DGfH) [20], die 68 bestehende Holzbrücken untersucht und auswertet, ist bei konstruktiv geschützten Holzbrücken eine theoretische Nutzungsdauer von 80 Jahren realistisch. Dagegen kann eine theoretische Nutzungsdauer bei ungeschützten Brücken von 30 Jahren deutlich überschätzt sein. Deswegen ist dringend davon abzuraten, konstruktiv ungeschützte Holzbrücken zu bauen.

Die angegebenen Unterhaltskosten setzen voraus, dass die in der DIN 1076 [45] vorgeschriebenen Bauwerksüberwachungen und -prüfungen in den vorgeschriebenen Intervallen stattfinden und die daraus erforderlichen Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen zeitnah umgesetzt werden. Verantwortlich für die Überwachung und Prüfung von Bauwerken ist der Baulastträger bzw. der Eigentümer.

Tabelle 10.2 Theoretische Nutzungsdauer und Unterhaltskosten gemäß der ABBV [19]

Überbauten	Theoretische Nutzungsdauer m [in Jahren]	Prozentsatz der jährlichen Unterhaltungskosten p [v.H.]
aus Stahlbeton	70	0,8
aus Spannbeton mit internen Spanngliedern	70	1,3
Spannbeton mit externen Spanngliedern	70	1,1
aus Stahl	100	1,5
aus Holz für Geh- und Radwege (nicht geschützt)	30	2,5
aus Holz für Geh- und Radwege (geschützt)	60	2,0
aus Holz für Straßen (geschützt)	60	2,0

11 _ Literatur

- [1] Prof. Dr.-Ing Thomas Uibel: Vortrag
 Fachgespräch Holzbrücken –
 Entwicklung von Standardbrücken für
 Geh- und Radwege, 19. September 2018,
 Fachhochschule Aachen,
 2018
- [2] Richtlinien für den Entwurf, die konstruktive Ausbildung und Ausstattung von Ingenieurbauten (RE-ING), Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, 2017
- [3] Simon, A.; Arndt, R. W.; Jahreis, M. G.; Koch, J.: ETV-Holz – Empfehlungen für Technische Vertragsbedingungen für Holz-brücken, Forschungsprojekt ProTimB, Fachhochschule Erfurt, 2018
- [4] Empfehlungen für Fußgängerverkehrsanlagen (EFA), Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, 2002
- [5] Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA), Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, 2010
- [6] Koch, Simon: Untersuchung der langfristigen Holzfeuchteentwicklung an geschützten Holzbrücken. In: 7. Doktorandenkolloquium Holzbau Forschung + Praxis, S. 105-112, Institut für Konstruktion und Entwurf, Universität Stuttgart, DE-Stuttgart, 2018

- [7] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING), Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, 2017
- [8] Gläser, Rüther, Gerwin, Schreiber: Informationsdienst Holz Spezial, Korrosion metallischer Verbindungsmittel in Holz und Holzwerkstoffen, Informationsverein Holz e.V., Berlin, 2013
- [9] Richtzeichnungen für Ingenieurbauten (RiZ-ING), Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, 2017
- [10] Anna Pousette, RISE, Kjell Arne Malo, NTNU, Sven Thelandersson, Lund University, Stefania Fortino, VTT, Lauri Salokangas, Aalto University, James Wacker, USDA: Durable Timber Bridges, Final Report and Guidelines 2017, RISE Research Institutes of Sweden, Skellefteå, 2018
- [11] Außenwandbekleidungen aus Holz und Holzwerkstoffen — Fachregeln des Zimmererhandwerks, Bund Deutscher Zimmermeister, 2014
- [12] Glass, Zelinka: Moisture Relations and Physical Properties of Wood. In: Wood Handbook, Forest Products Laboratory, United States Department of Agriculture, Madison; Wisconsin, 2010

- [13] Müller, Franke, Franke:
 Langzeitmonitoring von Holzbrücken –
 Erkenntnisse zum Feuchteverhalten im
 Tragquerschnitt, Berner Fachhochschule,
 Institut für Holzbau, Tragwerke und
 Architektur, Biel, Schweiz,
 2014
- [14] Florian Scharmacher, Berner Fachhochschule: Forschungsbericht: Asphaltbeläge
 auf Holzbrücken, Untersuchung bituminöser Fahrbahnbeläge auf Strassenbrücken mit Holztragwerk, Berner
 Fachhochschule, Institut für Holzbau,
 Tragwerke und Architektur, Biel, Schweiz
 Auftraggeber Bundesamt für Umwelt
 BAFU,
 2013
- [15] Milbrandt, Schellenberg: Forschungsbericht: Eignung von bituminösen Belägen für Holzbrücken, Entwicklungsgemeinschaft Holzbau in der DGfH, 1998
- [16] RI-EBW-PRÜF Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, 2017
- [17] Simon, Arndt, Jahreis, Koch: Muster-Prüfhandbuch für Holzbrücken, Fachhochschule Erfurt, 2018

- [18] Simon, Arndt, Jahreis, Koch: Muster-Wartungshandbuch für Holzbrücken, Fachhochschule Erfurt, 2018
- [19] Verordnung zur Berechnung von Ablösungsbeträgen nach dem Eisenbahnkreuzungsgesetz, dem Bundesfernstraßengesetz und dem Bundeswasserstraßengesetz, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2010
- [20] Gerold: Forschungsvorhaben Ablösebeträge für moderne Holzbrücken, Richtzeichnungen/Typenentwürfe, Abschlussbericht Teil 1, Harrer Ingenieure, Karlsruhe, 2005
- [21] Hafner, A. et al.: Treibhausgasbilanzierung von Holzgebäuden Umsetzung neuer Anforderungen an Ökobilanzen und Ermittlung empirischer Substitutionsfaktoren (THG-Holzbau), Forschungsprojekt: 28W-B-3-054-01 Waldklimafonds, 2017
- [22] RICHTLINIE 2008/98/EG DES
 EUROPÄISCHEN PARLAMENTS
 UND DES RATES,
 Amtsblatt der Europäischen Union,
 2008
- [23] Bundesrechtsverordnung:

 Verordnung über Anforderungen an die

 Verwertung und Beseitigung von Altholz

 (Altholzverordnung AltholzV),

 2012

12 _ Normen

- [24] DIN EN 16449, Holz und Holzprodukte –
 Berechnung des biogenen Kohlenstoffgehalts im Holz und Umrechnung in
 Kohlenstoffdioxid,
 DIN Deutsches Institut für Normung e. V.,
 Berlin, 2014
- [25] DIN EN 1995-2, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten Teil 2: Brücken, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, 2011
- [26] DIN 68800-1, Holzschutz Teil 1: Allgemeines,DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, 2011
- [27] DIN 68800-2, Holzschutz Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin. 2012
- [28] DIN 68800-3, Holzschutz Teil 3: Vorbeugender Schutz von Holz mit Holzschutzmitteln, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, 2012
- [29] DIN 18040 Barrierefreies Bauen Planungsgrundlagen Teile 1-3, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, 2010-2014
- [30] DIN EN 350, Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten – Prüfung und Klassifizierung der Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten gegen biologischen Angriff, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, 2016

- [31] DIN EN 14080 Holzbauwerke –
 Brettschichtholz und Balkenschichtholz Anforderungen,
 DIN Deutsches Institut für Normung e. V.,
 Berlin, 2013
- [32] DIN 20000-3 Anwendung von
 Bauprodukten in Bauwerken Teil 3:
 Brettschichtholz und Balkenschichtholz
 nach DIN EN 14080,
 DIN Deutsches Institut für Normung e. V.,
 Berlin, 2015
- [33] DIN 4074-1 Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit – Teil 1: Nadelschnittholz, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, 2012
- [34] DIN EN 1995-1-1, Bemessung und Konstruktion von Holzbauteilen, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, 2010
- [35] DIN 20000-7 Anwendung von
 Bauprodukten in Bauwerken Teil 7:
 Keilgezinktes Vollholz für tragende
 Zwecke nach DIN EN 15497,
 DIN Deutsches Institut für Normung e. V.,
 Berlin, 2015
- [36] DIN EN 15497 Keilgezinktes Vollholz für tragende Zwecke Leistungsanforderungen und Mindestanforderungen an die Herstellung,
 DIN Deutsches Institut für Normung e. V.,
 Berlin, 2014

- [37] DIN EN 14374 Holzbauwerke –
 Furnierschichtholz (LVL) Anforderungen,
 DIN Deutsches Institut für Normung e. V.,
 Berlin, 2016
- [38] DIN EN 14081-1 Holzbauwerke Nach Festigkeit sortiertes Bauholz für tragende Zwecke mit rechteckigem Querschnitt -Teil 1: Allgemeine Anforderungen, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, 2016
- [39] DIN 1052-10, Herstellung und
 Ausführung von Holzbauwerken Teil 10:
 Ergänzende Bestimmungen,
 DIN Deutsches Institut für Normung e. V.,
 Berlin, 2012
- [40] DIN EN 14592 Holzbauwerke –
 Stiftförmige Verbindungsmittel –
 Anforderungen,
 DIN Deutsches Institut für Normung e. V.,
 Berlin, 2012
- [41] EN ISO 12944 Beschichtungsstoffe Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, 2017
- [42] DIN 18065 Gebäudetreppen –
 Begriffe, Messregeln, Hauptmaße,
 DIN Deutsches Institut für Normung e. V.,
 Berlin, 2015
- [43] DIN EN 1991-2, Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, 2012

- [44] DIN 18531 1-5 Abdichtung von
 Dächern sowie von Balkonen, Loggien
 und Laubengängen,
 DIN Deutsches Institut für Normung e. V.,
 Berlin, 2017
- [45] DIN 1076 Ingenieurbauwerke im

 Zuge von Straßen und Wegen –

 Überwachung und Prüfung,

 DIN Deutsches Institut für Normung e. V.,

 Berlin, 1999
- [46] DIN EN 1990, Eurocode:Grundlagen der Tragwerksplanung,DIN Deutsches Institut für Normung e. V.,Berlin, 2010

13 _ Bildnachweis

Burkhard Walther

Titel

www.schwarzwald-informationen.de,

Abb. 1.1

René Legrand, Abb. 1.2, 8.2, 8.5

Knippers Helbig, Knight Architects,

Abb. 1.3

Kolb Ripke Architekten,

Abb. 1.4

Render-Manufaktur,

Abb. 1.5

Ingenieurbüro Miebach, Abb. 3.1, 3.2-3.4, 3.6, 3.7, 5.1, 5.2, 5.4, 5.5, 5.7-5.9, 6.2, 6.3, 6.5, 6.6, 6.9,

7.1-7.10,

8.3, 8.4, 8.6-8.8,

9.1-9.4

Ilona Schmitz,

Abb. 3.5

Zaugg AG Rohrbach,

Abb. 3.8

HSW Ingenieure, Abb. 3.9, 6.1

Burkhard Walter, Abb. 5.3, 6.8

Schmees & Lühn,

Abb 5.6

Pirmin Jung Ingenieure,

Abb. 5.10, 5.11

Schmees & Lühn,

Abb 5.12

Heinz Brüninghoff,

Abb. 5.13

Richard J. Dietrich,

Abb. 5.14

Klaus-Rainer Klebe,

Abb. 6.4, 6.7

Arnim Seidel,

Abb. 8.1



Technische Anfragen an:
Fachberatung Holzbau
Telefon 030 / 57 70 19 95
Montag bis Freitag 9 bis 16 Uhr
Dieser Service ist kostenfrei.
fachberatung@informationsdienst-holz.de
www.informationsdienst-holz.de

Ein Angebot des Holzbau Deutschland-Institut e.V. in Kooperation mit dem Informationsverein Holz e.V.