

Nachhaltige Standard-Holzbrücken für kommunale Wege

Prof. Dr.-Ing. Thomas Uibel

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Nachhaltige Standardbrücken in Holzbauweise“ wurden Standardtypen für Geh- und Radwegbrücken entwickelt. Die Brückenkonstruktionen sind durch konsequente Umsetzung von Maßnahmen des konstruktiven Holzschutzes für eine Nutzungsdauer von 100 Jahren konzipiert. Innovative Lösungen für Bauteile und Anschlüsse gewährleisten einen wartungsarmen Unterhalt und tragen somit zur Wirtschaftlichkeit bei. Die Förderung des Projekts erfolgte durch die Europäischen Union aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und durch das Land Nordrhein-Westfalen.

1 Motivation

Holz ist einer der ältesten Baustoffe wurde schon vor Jahrtausenden zum Bau von Brücken eingesetzt. Die älteste erhaltene Holzbrücke Europas ist die 1333 erbaute Kapellbrücke in Luzern (CH), s.a. [1]. Sie weist eine Gesamtlänge von 205 m auf und ist gekennzeichnet durch ein typisches Merkmal, welches sie mit vielen älteren Holzbrücken gemein hat. Ein Dach schützt die hölzerne Konstruktion vor Witterung. In Süddeutschland und in den Alpenländern sind insbesondere gedeckte Holzbrücken aus den letzten drei Jahrhunderten erhalten und werden nach wie vor genutzt. In den letzten Jahrzehnten wurde auf Überdachungen aus architektonischen Überlegungen oder aus Kostengründen häufig verzichtet. Mangelhafter konstruktiver Holzschutz oder vernachlässigte Wartung führen immer wieder dazu, dass Holzbrücken die ursprünglich geplante Lebensdauer nicht erreichen. Die Nutzungsdauer für ungeschützte Holzbrücken wird zu 30 Jahren angenommen. Der aktuell vermehrte Ersatz von Geh- und Radwegbrücken aus den 1980er und 1990er Jahren durch Konstruktionen aus anderen Baustoffen ist unter den Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit und insbesondere der Ressourcen- und Klimaschonung kritisch zu sehen.

Daher wurde das Forschungsvorhaben „Nachhaltige Standardbrücken in Holzbauweise“ [2] zur Entwicklung von Holzbrücken initiiert, die eine lange Lebensdauer aufweisen und vergleichsweise wirtschaftlich zu produzieren sind. Die Erkenntnisse einer umfangreichen Bestandsanalyse bilden die Grundlage für den Entwurf von vier Standardtypen für Geh- und Radwegbrücken. Die Konstruktionen sind so konzipiert, dass sie die häufigsten Einsatzgebiete abdecken und durch konsequente Umsetzung von Maßnahmen des konstruktiven Holzschutzes einer Nutzungsdauer von 100 Jahren genügen. Damit erfüllen diese auch die Anforderungen der zukünftigen Generation europäischer Bemessungsnormen (vgl. FprEN 1995-2:2025). Über ihre Nutzungsdauer betrachtet sind die erarbeiteten Lösungen auch aufgrund ihrer wartungsarmen Konstruktionsweise wirtschaftlich. Erste Konstruktionen in dieser Bauweise bzw. in Anlehnung an dieser wurden z. B. bei einer Brücke in Untergruppenbach bereits umgesetzt.

Zum Erreichen langer Nutzungsdauern von Holzbrücken ist die Umsetzung der Anforderungen an den konstruktiven Holzschutz unerlässlich. Die Mitglieder der Qualitätsgemeinschaft Holzbrückenbau (QHB) haben sich 2014 dazu verpflichtet, ausschließlich geschützte Holzbrücken zu planen und zu bauen. Für Bauherren, Planer und Ausführende gibt die QHB unter der Marke Informationsdienst Holz umfangreiche Planungshilfen heraus, siehe [3, 4, 5, 6]. An der FH Erfurt wurde ein Kompendium technischer Richtlinien entwickelt, welches Empfehlungen für den Entwurf, die Baudurchführung, die Erhaltung geschützter Holzbrücken enthält [7].

2 Bestandsuntersuchungen

2.1 Holzbrücken in Kommunen

Während der Anteil des Holzbaus im Hochbau 2023 bundesweit 22 % für Wohnbauten (Höchstwert in Baden-Württemberg mit 35,2 %) und 23,4 % für Nicht-Wohnbauten (Baden-Württemberg 30,0 %) beträgt (vgl. [8]), ist der Anteil der Holzbauweise im Brückenbau geringer. Eine entsprechende Statistik ist allerdings weder für Neubauten noch für den Brückenbestand verfügbar. Für Brücken in Bundesfernstraßen beträgt der Flächenanteil von Holzbrücken an der Gesamtfläche weniger als 0,1 % [9]. Es ist davon auszugehen, dass auf kommunaler Ebene deutlich mehr Holzbrücken im Bestand existieren. Um diesbezüglich eine Abschätzung treffen zu können, wurde in Kooperation mit der FH Erfurt eine bundesweite Umfrage an 86 Kommunen gerichtet. Diese Grundgesamtheit wurde aus den 50 flächengrößten und 50 bevölkerungsreichsten Kommunen gebildet. Bild 1 zeigt das Ergebnis der Rückmeldungen aus 39 Kommunen zur Brückenanzahl sowie zum Material des Haupttragwerkes dieser Brücken. Etwa acht Prozent der 8353 Brücken in den betreffenden Kommunen sind Holzbrücken. Dies stellt einen bedeutenden Anteil dar, da bei der betrachteten Brückenanzahl alle Nutzungsarten und nicht nur Geh- und Radwegbrücken erfasst wurden.

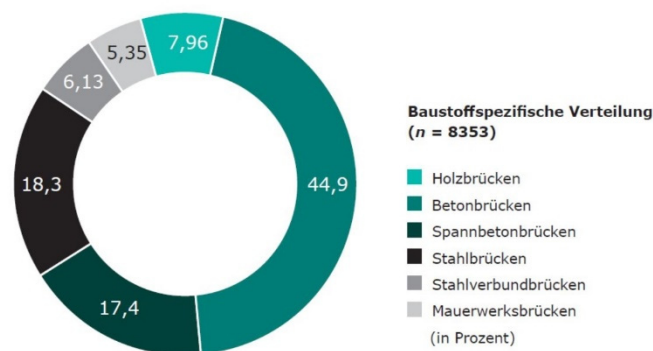


Bild 1: Baustoffspezifische Anteile des Haupttragwerkes von Brücken in 39 Kommunen

2.2 Datenerhebung und Analyse

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Nachhaltige Standardbrücken in Holzbauweise“ [2] wurde der Holzbrückenbestand in Nordrhein-Westfalen genauer erfasst und analysiert. Hierzu wurden die 396 Kommunen sowie weitere Baulastträger befragt. Aus den 396 Kommunen waren insgesamt 292 Rückmeldungen (73,7 %) zu verzeichnen und 125 Kommunen stellten Daten bzw. Unterlagen zur Verfügung. Zusammen mit den Rückmeldungen aus den Kreisen, den Landesbetrieben und den Wasserverbänden standen Daten von 608 Holzbrücken für die statistische Auswertung zur Verfügung. Insgesamt wurden 960 Dokumente wie Prüfberichte der Bauwerksprüfung nach RI-EBW-PRÜF [10, 11], Bauwerksbücher, Datenblätter sowie sonstige Berichte und Gutachten ausgewertet. An 42 dieser Brücken wurden eigene Untersuchungen zur Festlegung der Zustandsnoten durchgeführt. Darüber hinaus wurden weitere Brücken in anderen Bundesländern und im europäischen Ausland besichtigt bzw. untersucht, um einen breiteren Überblick über Tragwerkskonzepte und Maßnahmen des konstruktiven Holzschutzes zu erhalten.

Auf der Grundlage der Datenbasis von 608 Holzbrücken in NRW konnte ein repräsentativer Überblick über den Bestand erstellt werden. Der Großteil der Holzbrücken (94 %) führt über ein Gewässer und über 97 Prozent sind als Geh- und Radwegbrücken bzw. Gehwegbrücken ausgeführt. Nur bei wenigen Brücken (1,38 %) wurde im Lastansatz ein Dienstfahrzeug explizit berücksichtigt. 2,59 % der Brücken dienen dem Straßenverkehr. Die Nutzbreite beträgt bei 92 % aller Brücken nicht mehr als drei Meter. Bei 59 % aller Brücken ist die Gesamtlänge klei-

ner als 10 m und bei rund 81 % aller Brücken ist diese kleiner als 16 m. Die meisten Brücken (81 %) werden lediglich über ein Feld gespannt. Entsprechend groß ist der Anteil der Einfeldträger (88,6 %) als statisches System der Brückenhauptträger.

Bild 2 zeigt die Verteilung der maximalen Spannweite der Brücken. Zusätzlich sind dem Balkendiagramm zu jeder Spannweite die Anzahl nach Brückentyp bzw. Tragwerksform zu entnehmen. Letztere Informationen stehen für 601 von 608 Brücken zur Verfügung. Am häufigsten vertreten sind Deckbrücken mit einem Anteil von rund 89 Prozent. 72,4 % aller Brücken weisen eine Spannweite von bis zu zehn Meter auf. Bei 90,1 % der Brücken beträgt die Spannweite nicht mehr als 16 m.

Konkrete Angaben zu den verwendeten Holzarten sind für 345 Brücken dokumentiert. Bei Brücken aus Nadelholz (VH und BSH) entfallen 77 Prozent (70 Brücken) auf die Holzarten Fichte, Tanne und Kiefer und 23 Prozent (21 Brücken) auf die Holzart Lärche. Für 33 Brücken aus Nadelholz wurde die Holzart nicht spezifiziert. Des Weiteren kann für 74 Brücken die Holzart Eiche (insgesamt 88 Brücken aus Laubholz, 14 Brücken ohne Angabe der konkreten Holzart) festgestellt werden. Bei 133 Brücken ist Tropenholz als Baustoff des Haupttragwerks angegeben. Hiervon bestehen 91 aus Bongossi und eine aus Bankirai.

Bisher werden bei Holzbrücken auch Verschleißteile bevorzugt aus dem Werkstoff Holz hergestellt. Beläge aus Naturstein oder Kunststoff (z. B. GFK) finden erst seit einigen Jahren Verwendung und sind im Bestand entsprechend wenig vertreten. Für 560 Brücken liegen Angaben zu den Belägen vor, welche zu 97 Prozent aus Holz bestehen. Tendenziell werden hierfür vermehrt Laub- bzw. Tropenhölzer eingesetzt. Bei 115 Brücken wurde für dem Belag Tropenholz verwendet. Hiervon verfügen mehr als drei Viertel auch über ein Haupttragwerk aus Tropenholz. Häufig wird zur Verwendung eines Bohlenbelags aus Holz durch die Kommunen angegeben, dass dieser besser zu einer Holzbrücke passe, günstig und einfacher zu warten sei. Die Wartung bzw. der Austausch des Belags könne durch das Personal der Kommune (z. B. Bauhof) durchgeführt werden.

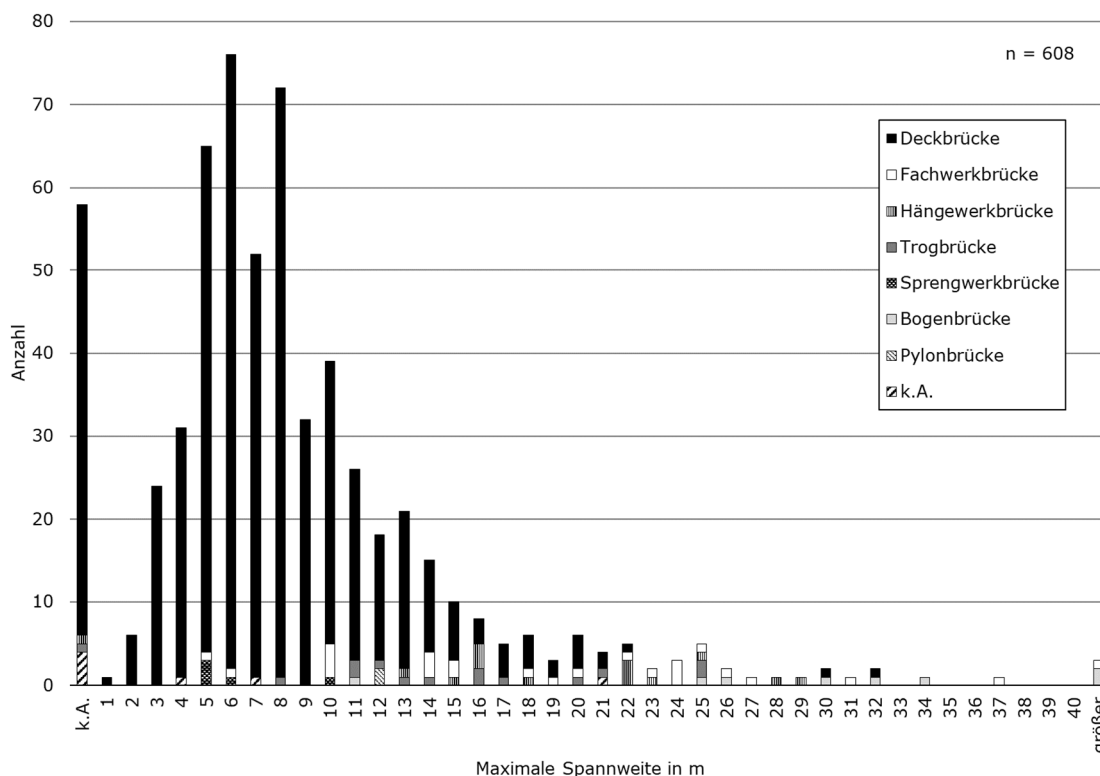


Bild 2: Spannweiten der 608 Holzbrücken unter Angabe der Brückentypen/Tragwerksform

Ebenfalls wird das Geländer von Holzbrücken in der Regel aus Holz hergestellt. Zu 93 Prozent (Angaben für 530 Brücken) wurde Holz für das Geländer verwendet. Reine Metallgeländer kommen nur für drei Prozent der Brücken zum Einsatz. Mischkonstruktionen haben einen Anteil von 2,3 Prozent. In einigen Fällen dient das Tragwerk als Geländer, z. B. die Hauptträger bei Trogbriicken.

Die Lebensdauer von Holzbauteilen ist direkt von der Holzart sowie von dem Vorhandensein und der Qualität der Holzschutzmaßnahmen abhängig. Chemischer Holzschutz, wie er in einigen europäischen Ländern angewendet wird, stellt keine zu bevorzugende Alternative im Vergleich zum konstruktiven Holzschutz dar. Das heißt, die Lebensdauer der Bauteile ist davon abhängig, ob diese direkt der Witterung bzw. dem Feuchteeintrag ausgesetzt und somit ungeschützt sind oder ob sie vor dem Eintrag von Feuchte konstruktiv geschützt werden. Eine Definition geschützter und ungeschützter Bauteile ist im nationalen Anhang zu DIN EN 1995-2 [12, 13] angegeben. Ebenfalls sind Beispiele geschützter Brückenbauteile dargestellt. In den zukünftigen europäischen Normen wird der konstruktive Holzschutz entsprechend seiner Bedeutung detaillierter definiert.

Für die Bestandsanalyse wird ergänzend der Begriff „teilgeschützt“ definiert, vgl. [14]. Während ein Bauteil geschützt ist, wenn neben einer oberen Abdeckung auch die bewitterten Seiten einen ausreichenden Schutz aufweisen, fehlt letzterer bei teilgeschützten Bauteilen. Der seitliche Schutz kann durch Bekleidungen erfolgen oder die obere Abdeckung ist so ausgeführt, dass eine seitliche Bewitterung vermieden wird. Bild 3 (rechts) zeigt schematisch die Definitionen.

Für 445 Brücken konnte der Bauteilschutz klassifiziert werden. Das Diagramm in Bild 3 (links) verdeutlicht, dass lediglich 3,6 Prozent der Brücken über normkonform geschützte Bauteile des Tragwerks verfügen. 72,8 Prozent der Brücken weisen keinen konstruktiven Holzschutz auf. Für derartige Brücken gibt die Ablösungsbeträge-Berechnungsverordnung (ABBV [15]) eine theoretische Nutzungsdauer von 30 Jahren an. Bei geschützten Brücken wird diese mit 60 Jahre angesetzt.

Zur Bewertung des Zustands der erfassten Brücken in NRW wurden die Zustandsnoten der Brückenprüfungen nach RI-EBW-PRÜF [10, 11] aus den Unterlagen der Baulastträger ausgewertet. Zusätzlich wurden 42 Brücken in NRW besichtigt und entsprechende Zustandsnoten festgelegt. Aus den Kriterien für Standsicherheit, Verkehrssicherheit und Dauerhaftigkeit der Einzelschäden ergibt sich auf der Grundlage der RI-EBW-PRÜF eine Gesamtnote für das Bauwerk. Diese wird in die Notenbereiche sehr gut bis ungenügend unterteilt. Aussagen zu den Zustandsnoten waren für 504 der 608 in NRW erfassten Brücken möglich. Für 51 Prozent dieser Brücken sind die Zustandsnoten ausreichend und schlechter. Der Zustand von 17 Prozent der Brücken wird mit sehr gut bzw. gut beurteilt.

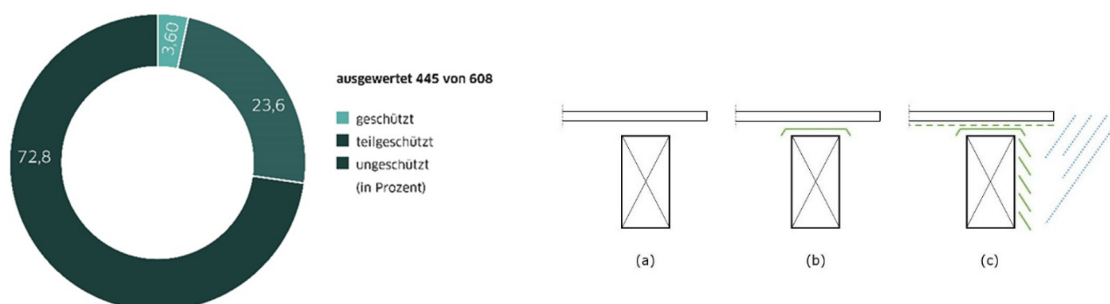


Bild 3: Auswertung zum konstruktiven Holzschutz von 445 Brücken (links) und Definition ungeschützter (a), teilgeschützter (b) und geschützter (c) Bauteile in schematischer Darstellung (rechts)

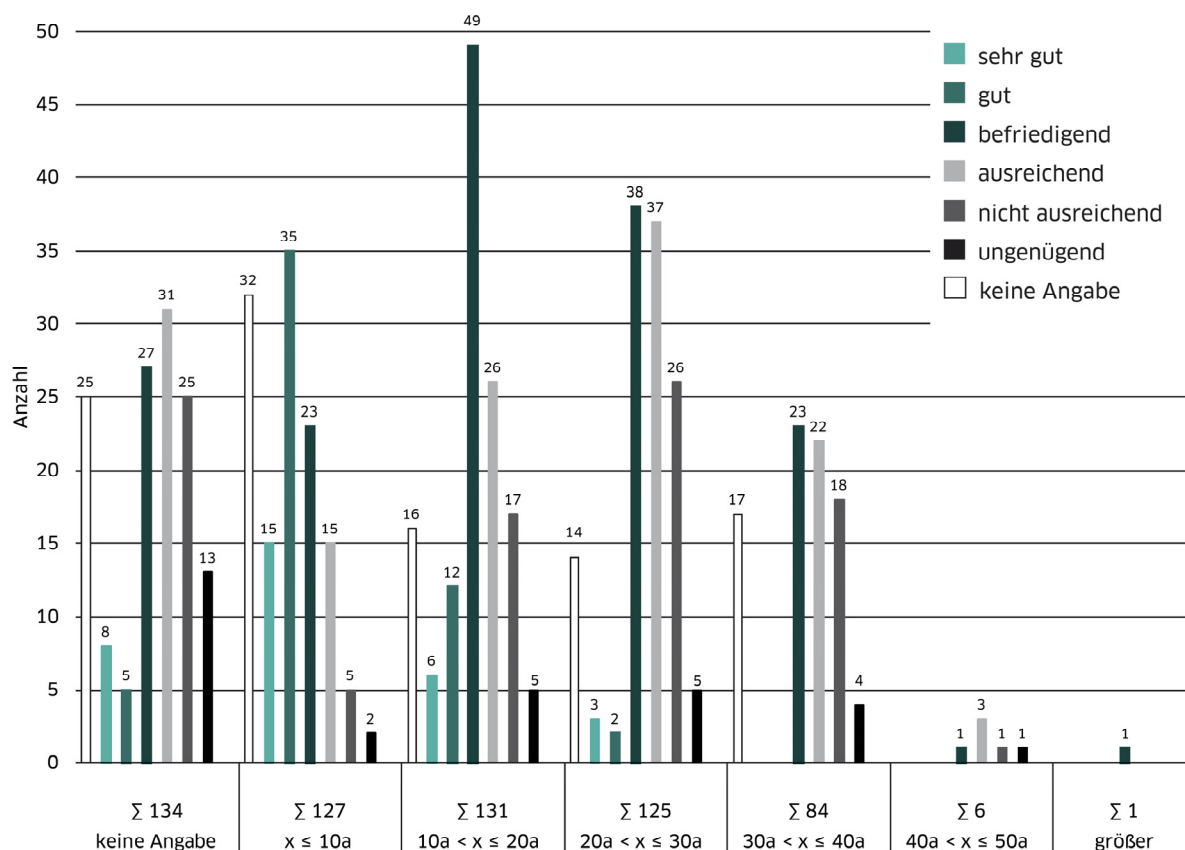


Bild 4: Zustandsnoten nach RI-EBW-PRÜF in Abhängigkeit vom Alter für 608 Brücken in NRW

Eine Auswertung in Abhängigkeit vom Alter der Brücken ist in Bild 4 dargestellt. Für insgesamt 134 der 608 Brücken ist das Alter aus den Unterlagen nicht eindeutig feststellbar. Somit ergibt sich eine Grundgesamtheit von 395 Brücken für die sowohl Daten zur Zustandsnote als auch zum Alter vorhanden sind. Bereits im Zeitraum der ersten 20 Jahre sind einige Brücken (7,3 %) mit einer nicht ausreichenden bzw. sogar ungenügenden Beurteilung vorhanden. In der Altersklasse 20 bis 30 Jahre liegt dieser Anteil bei 7,8 Prozent. Insgesamt weisen 383 Brücken ein Alter von bis zu 30 Jahre auf. Die Anzahl der Brücken mit einem Alter von mehr als 30 Jahre beträgt lediglich 91.

Selten liegen Schäden nur in einem Bereich vor. Schäden im Auflagerbereich (Anteil 72,5 Prozent) sind am häufigsten. Diese werden überwiegend durch LESS (Abkürzung für Laub, Erde, Schnee und Splitt [16]) verursacht. Ansammlungen von LESS, insbesondere auf Horizontalflächen, führen zu dauerhaft hoher Feuchtigkeit. Bei mangelnder Wartung fungieren die Ansammlungen als Feuchtespeicher, welche selbst äußere, trockene klimatische Bedingungen langfristig überdauern. Oftmals wird das Auflagerdetail bezüglich des konstruktiven Holzschutzes unzureichend, z. B. mit zu geringen Abständen, erstellt. Schäden am Belag bzw. Schäden, die durch die Befestigung des Belags aufgrund der Verbindungsmitteldurchdringungen (VM-Durchdringung) am Tragwerk entstehen, konnten bei 71,3 % der geschädigten Brücken beobachtet werden. Auch in diesem Bereich kommen Ansammlungen von LESS als Schadensursache hinzu. Sind die Anschlüsse des Geländers an den Hauptträger unzureichend bezüglich des konstruktiven Holzschutzes ausgebildet, führt dies bei Bewitterung der Horizontal- oder Vertikalflächen zu Schäden. Am Haupttragwerk werden Schäden zumeist durch die Bewitterung ungeschützter Vertikal- und Horizontalflächen verursacht.

3 Entwicklung von vier Standardbrückentypen

3.1 Anforderungen und Anwendungsbereiche

Die Entwicklung einer Standardlösung bedarf die Berücksichtigung vielfältiger Aspekte. Eine Übersicht der wesentlichen Anforderungen, auf denen die Entwicklung der Standardbrücke basiert, ist Bild 5 zusammengestellt. Anforderungen an die Dauerhaftigkeit haben die größte Priorität, um eine Nutzungsdauer von 80 bzw. 100 Jahren zu erreichen.

Ebenso wichtige Parameter sind die Wartungsfreundlichkeit, Wirtschaftlichkeit sowie weitere Aspekte der Nachhaltigkeit. Zusätzlich ergeben sich aus der Bestandsanalyse Randbedingungen an Geometrie und Nutzung, die zu erfüllen sind, um den geplanten Einsatz als Standardbrücke und somit eine häufige Anwendung zu gewährleisten. Die Erkenntnisse aus der Bestandsanalyse wurden mit den Baulastträgern, führenden Ingenieurbüros und Holzbauunternehmen, der Qualitätsgemeinschaft Holzbrückenbau sowie im wissenschaftlichen Austausch reflektiert. Hierdurch wurden die im Bestand ermittelten Randbedingungen geprüft und sofern erforderlich weiterentwickelt, um auch zukünftigen Ansprüchen an Brückenbauwerken zu genügen.

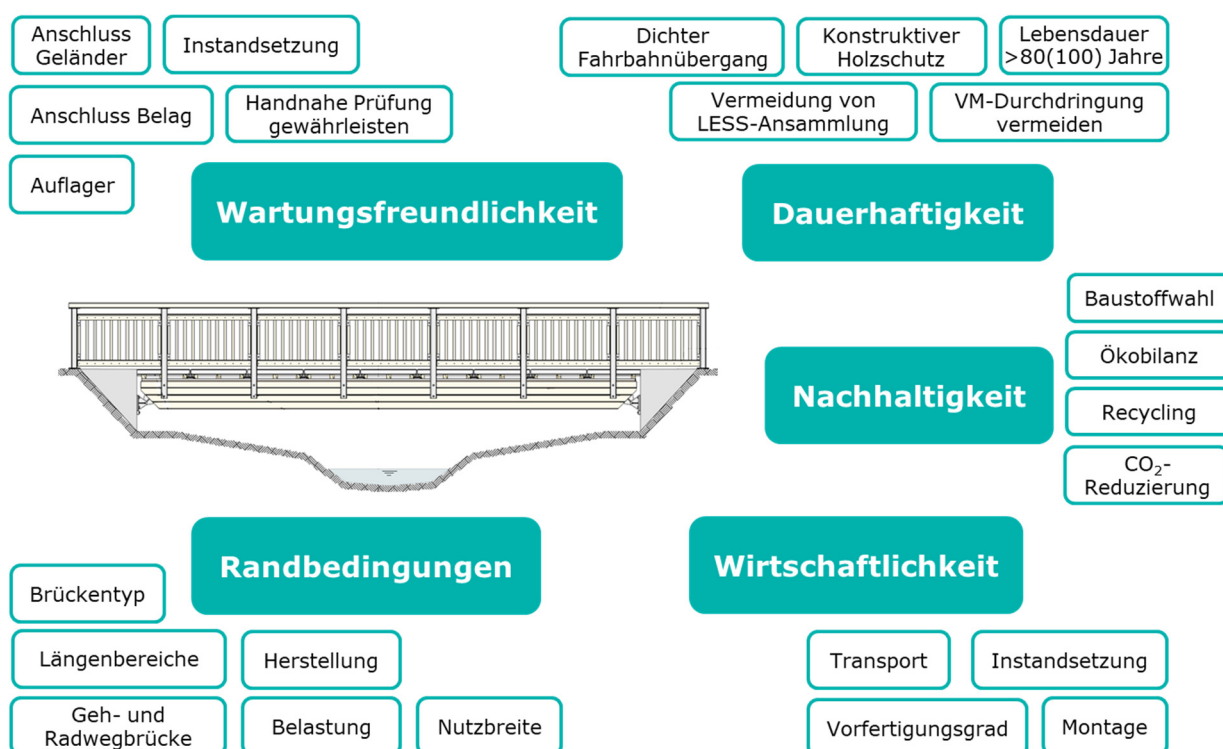


Bild 5: Standardbrücke in Holzbauweise – Randbedingungen und Anforderungen

3.2 Standardtypen und Ausführungsvarianten

Insgesamt wurden unter Beachtung der genannten Randbedingungen vier Standardtypen für Geh- und Radwegbrücken in Holzbauweise entwickelt, siehe Tabelle 1. Die Ausführungen des Belags, des Geländers und der Auflagerung können variiert werden.

Der Typ 1 der Standardbrücken ist als Deckbrücke konstruiert und für Spannweiten bis zu 10,0 m und Nutzbreiten bis zu 2,50 m geeignet. Die empfohlene Mindestnutzbreite beträgt 1,80 m. Es wird eine gleichmäßig verteilte Verkehrslast von 5,00 kN/m² infolge Geh- und Radwegverkehr berücksichtigt. Die Belageebene kann sowohl als Natursteinbelag als auch als Holzbohlenbelag ausgeführt werden. Bild 6 (links) zeigt Brückentyp 1 in der Ausführungsvari-

ante mit Holzbohlenbelag und zusätzlicher dichten Ebene. Die zu bevorzugende Ausführungsvariante mit Natursteinbelag ist in Bild 6 (rechts) am Typ 2 dargestellt.

Dieser Brückentyp ist für Nutzbreiten von mehr als 2,50 m bemessen. Zusätzlich zu der gleichmäßig verteilten Verkehrslast wird ein Dienstfahrzeug (3,5 t) bei den Einwirkungen berücksichtigt. Infolge der höheren Verkehrslast sind anstatt von zwei Hauptträgern (vgl. Typ 1) vier Hauptträger anzuordnen. Die generelle konstruktiven Durchbildung entspricht ansonsten dem Typ 1.

Die Standardbrücke Typ 3 (s. Bild 7) ist für Spannweite zwischen 10,0 m und 16,0 m bei einer Nutzbreite von bis zu 3,00 m anwendbar und ist als Deckbrücke konstruiert. Das Haupttragwerk besteht aus zwei BSH-Blockträgern. Neben den Lasten aus Fußgänger- und Radverkehr wird ein Dienstfahrzeug berücksichtigt.

Typ 4 (Bild 8) wird als Trogbrückenkonstruktion ausgebildet. Die Belastung, der Spannweitenbereich sowie die Nutzbreite sind identisch mit dem Typ 3, so dass dieser Typ eine Alternative zur Deckbrücke des Typs 3 darstellt. Aufgrund geometrischer Randbedingungen oder topographischer Gegebenheiten kann der Einsatz einer Trogbrücke erforderlich werden oder wirtschaftlicher sein.

Die Ausführungsvarianten „Stahl-Holz“ und „Holz“ für die Geländer sind in Bild 9 dargestellt. Zur Vermeidung von Durchdringungen erfolgt der Anschluss der Pfosten über ein Stahlblech (Pos. 5 in Bild 9) seitlich an den Hauptträger. Das Blech ist so gestaltet, dass die Funktion der Verschalung als konstruktiver Holzschutz für den Hauptträger auch im Anschlussbereich nicht beeinträchtigt wird. Zudem können über das Anschlussblech Horizontallasten aus der Belagebene ohne Durchdringungen der Dichtebene in den Hauptträger eingeleitet werden, siehe Bild 6. Das Anschlussblech ist bei den Ausführungsvarianten „Stahl-Holz“ und „Holz“ identisch ausgeführt. Die Detailausbildung erlaubt eine Revision eines Holzpfostens oder den Austausch gegen einen Stahlpfosten direkt an der Verbindung zum Anschlussblech. Die Verbindung zwischen Anschlussblech und Hauptträger bleibt somit über die gesamte Nutzungsdauer erhalten.

Tabelle 1: Übersicht der Standardtypen 1 bis 4 für Geh- und Radwegbrücken

	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4
Konstruktionsvariante	Deckbrücke		Deckbrücke	Trogbrücke
Spannweite ¹	bis 10 m		10 m bis 16 m	
Nutzbreite ¹	bis 2,50 m	2,50 bis 3,00 m	bis 3,00 m	
Zusätzliche Verkehrslast	-	Dienstfahrzeug 3,5 t	Dienstfahrzeug 3,5 t	
Tragwerk	2 Hauptträger	4 Hauptträger	2 Blockträger	2 Hauptträger Stahlrahmen
Belag	bevorzugt Natursteinbelag, alternativ offener Bohlenbelag unter Ausbildung einer dichten Ebene			
¹ abweichenden Spannweiten oder Nutzbreiten sind unter Anpassung der Musterstatik möglich				

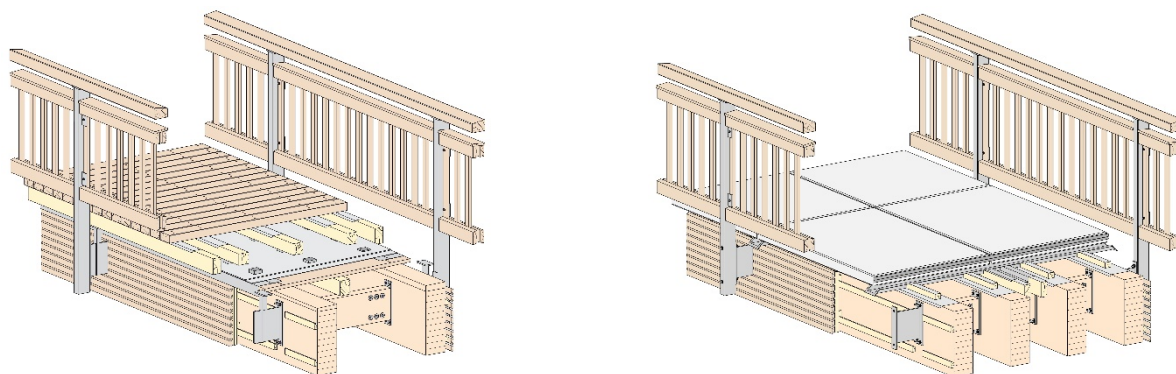


Bild 6: Standardbrücken Typ 1 (links) und Typ 2 (rechts), Ausführung mit Bohlenbelag und Dichtebene bzw. Natursteinbelag, Geländer als Stahl-Holz-Kombination, Zeichnungen: IB-Miebach

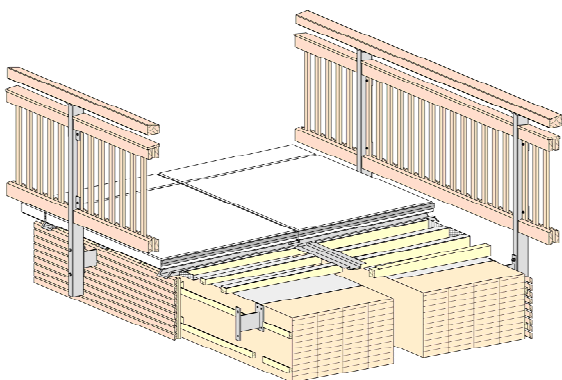


Bild 7: Standardbrücke Typ 3 mit zwei Blockträgern, hier mit Natursteinbelag und Geländer als Stahl-Holz-Kombination, Zeichnung: IB-Miebach

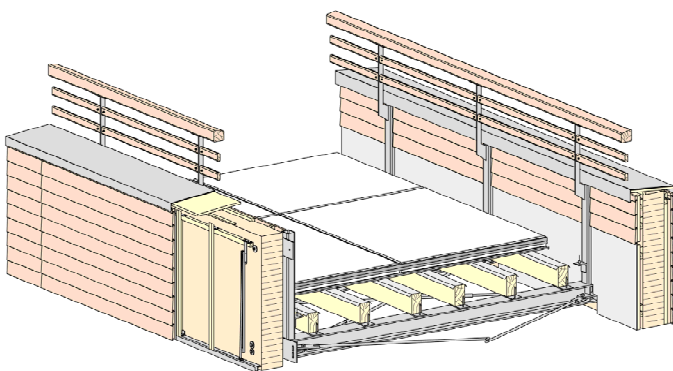


Bild 8: Standardbrücke Typ 4, Trogbrücke, Natursteinbelag, Zeichnung: IB-Miebach

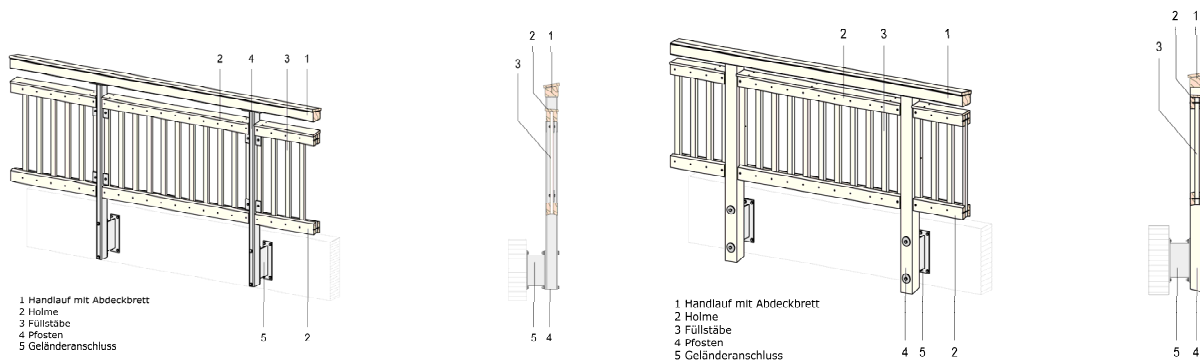


Bild 9: Geländervarianten „Stahl-Holz“ (links) und „Holz“ (rechts), Zeichnung: IB-Miebach

3.3 Bauteile und Anschlüsse

Auf der Grundlage der Bestandsanalyse und den herausgearbeiteten Anforderungen wurden für die Standardtypen geeignete Bauteile und Details ausgewählt bzw. konstruiert. Insbesondere wurde hierbei die Umsetzung des konstruktiven Holzschutzes und die Gewährleistung der Nutzungsdauer beachtet. Eine ausführliche Darstellung der Konstruktionen und ihrer Details ist in [2], [17] und [18] aufbereitet. Die für die Planung und bauliche Umsetzung erforderlichen Informationen wurden in Form von Musterstatiken, Musterzeichnungen, Detailkatalogen und Leitfäden praxisfreundlich zusammengestellt, siehe Abschnitt 4.

Bei den als Belag bevorzugten Natursteinplatten haben sich bisher Granit und Grauwacke bewährt. Natursteinplatten sind ein dauerhaftes, dichtes, natürliches und somit nachhaltiges Material. Planmäßig müssen sie innerhalb einer Nutzungsdauer von 100 Jahren nicht ausgetauscht werden. Als wasserabführende Schicht sollten die Platten mit einem Gefälle von mindestens 2,5 % verlegt werden. Die statisch erforderlichen Plattendicken stehen zur Verfügung. Aufgrund ihrer begrenzten Flächenmaße müssen jedoch Querstöße der Platten alle 70 bis 120 cm berücksichtigt werden. Grundsätzlich sollten Natursteinplatten als ein Element über die Brückenbreite verlegt werden. Bei größeren Breiten (> 2,0 bis 2,5 m) sind auch Stöße in Längsrichtung der Brücke auszuführen. Die entstehenden Quer- und Längsfugen sind möglichst dauerhaft und elastisch zu verfüllen. Durch klimatische Beanspruchungen und Alterung kann die Dichtigkeit der Fugenfüllung während der Nutzungsdauer nachlassen, so dass diese entsprechend erneuert werden muss. Als redundante Zusatzmaßnahme sind unterhalb der Fugen zusätzliche Rinnen aus Zink oder Edelstahl anzuordnen. Das anfallende Wasser wird in den Rinnen abgeführt und mit größtmöglichem Abstand zum Brückentragwerk abgeleitet (siehe Pos. 2 in Bild 10).

In Bild 11 ist die Ausführungsvariante mit offenem Bohlenbelag als Prinzipskizze dargestellt. Die Bohlen der Holzarten Lärche oder Eiche weisen mindestens die Dauerhaftigkeitsklassen 3-4 nach DIN EN 350 auf. Die lastabtragenden inneren Belagsträger (Pos. 2 in Bild 11) liegen lediglich auf den darunterliegenden Bauteilen auf. Mechanische Verbindungsmittel werden nicht angeordnet, um die Dichtebene nicht zu durchdringen. Unterhalb der Belagsträger werden punktuelle Auflager aus witterungsbeständigem Material angeordnet. Dadurch wird die flächige Entwässerung auf der Dichtebene nur minimal beeinträchtigt. Die Horizontallasten werden außen über einen Längsträger an den Geländeranschluss und letztlich an den Hauptträger weitergeleitet. Dadurch werden Verbindungsmitteldurchdringungen innerhalb der Dichtebene ausgeschlossen. Die Dichtebene wird mit einem Mindestgefälle von 2,5 % ausgeführt und schützt die darunterliegende Haupttragkonstruktion. Der Bohlenbelag selbst wird ohne Gefälle ausgeführt. Zum Ausgleich des Gefälles werden die punktuellen Auflager als Keile mit einer Mindesthöhe von 2 cm ausgeführt.

Die Bestandsanalyse ergab, dass Schäden am häufigsten im Auflagerbereich auftreten. Die Ausbildung der Auflagerkonstruktion und die dafür erforderliche Wartung hat einen entscheidenden Einfluss auf die Lebensdauer des Gesamtbauwerks. Zur Vorbeugung der festgestellten Schadensursachen wird eine innovative Auflagerkonstruktion bei der Standardbrücke umgesetzt. Sie unterscheidet sich in eine aufgehängte und eine aufgeständerte Ausführungsvariante, siehe Bild 12. Der Hauptträger wird jeweils im unteren Bereich in einem Winkel von 45° angeschnitten. Die Montage der hauptträgerseitigen Kopfplatte bei den Typen 1 bis 3 erfolgt durch Vollgewindeschrauben. Bei der Trogbrücke (Typ 4) wird der Anschluss an den Hauptträger mit einem innen liegenden Stahlblech und Passbolzen ausgeführt.

Bei der aufgehängten Variante wird das Gegenstück an der Kammerwand befestigt. Auf die Ausbildung einer Auflagerbank kann somit verzichtet werden. Bei dieser Ausführungsvariante sind insbesondere die Zusatzmomente beim statischen Nachweis des Widerlagers zu berücksichtigen.

sichtigen. Bild 12 (unten) zeigt die aufgeständerte Variante. Diese gewährleistet einen ausreichenden Abstand zwischen der Unterkante des Hauptträgers und der Auflagerbank. Sie kann sowohl bei einem Neubau als auch bei Bestandslagern angewendet werden. Beim Nachweis des Hauptträgers ist zu beachten, dass im Bereich unterhalb der am angeschnittenen Trägerende befestigten Kopfplatte eine Kombination aus Schub- und Querkzugspannungen auftritt, die zu einem Aufreißen des Trägers entlang der Faserrichtung führen kann. Dieser Bereich ist analog zu einer Ausklinkung am Auflagerbereich zu betrachten und kann entsprechend nachgewiesen und ggf. verstärkt werden. Als Querkzugverstärkung können z. B. selbstbohrende Holzschrauben mit Vollgewinde verwendet werden.

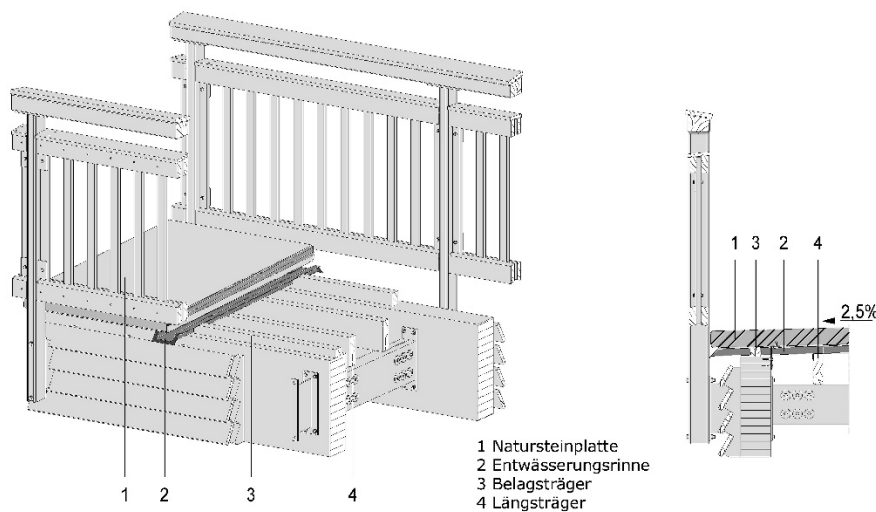
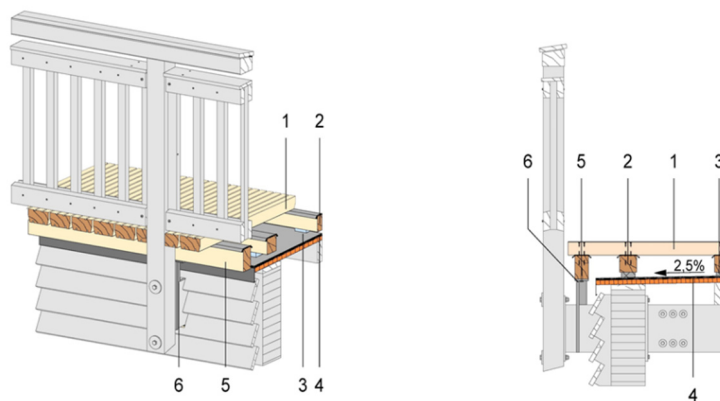
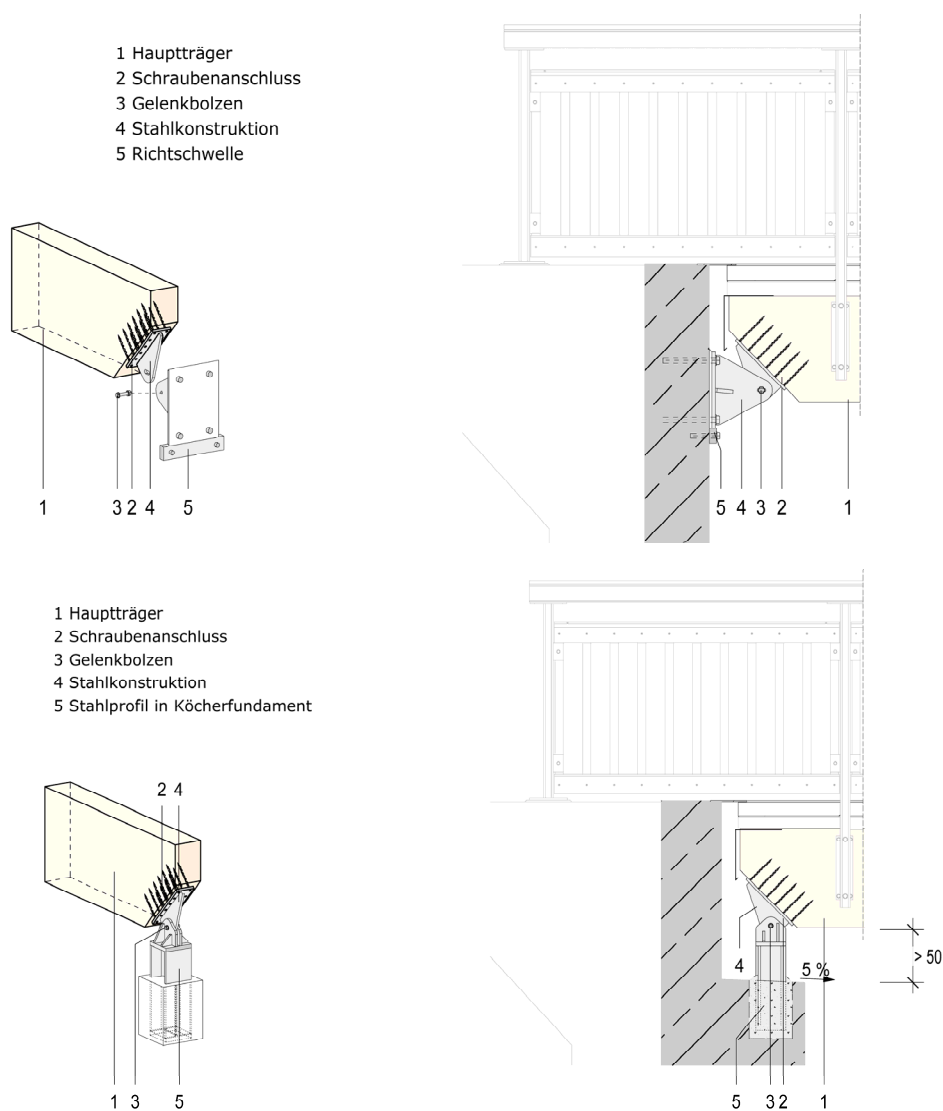


Bild 10: Natursteinbelag mit Rinnen, Zeichnung: IB-Miebach



- 1 Holzbohlen
- 2 Belagsträger innen
- 3 witterungsbeständige punktuelle Lagerung
- 4 Dichtebene
- 5 Belagsträger außen
- 6 Befestigung für Horizontallasten

Bild 11: Offener Bohlenbelag mit zusätzlicher Dichtebene, Zeichnung: IB-Miebach



**Bild 12: Aufgehängte und aufgeständerte Auflagervariante der Standardbrücken,
Zeichnungen: IB-Miebach**

Der zuverlässige Witterungsschutz aller tragenden Bauteile und Anschlüsse der Konstruktion ist entscheidend für die Lebensdauer der Brücke. Dieser lässt sich bei einigen Konstruktionen durch einen ausreichenden Überstand eines dichten Fahrbahnbelags oder einer Dichtebene realisieren.

Ansonsten sind seitliche Verschalungen und oberseitige Abdeckungen anzuordnen, vgl. [18]. Bei Verschalungen ist zu beachten, dass diese robust auszuführen und mit geringem Aufwand auszutauschen sind, da sie als bewitterte Verschleißteile eine geringere Lebensdauer als die geschützte Konstruktion haben. Des Weiteren müssen sie die Zugänglichkeit des Haupttragwerks für eine Brückenprüfung erlauben. Für die Standardbrücken sind verschiedene Varianten vorgesehen, die entweder aus klappbaren oder aus leicht zu demontierenden Elementen bestehen. Ausführlich werden diese in den Detailkatalogen für Deckbrücken [19] und für Trogbrücken [20] erläutert, siehe auch [18].

4 Leitfäden für Planer und Bauherren

Für die Standardbrücken wurden im Rahmen des Forschungsprojekts Leitfäden für Planer und Bauherren bzw. Baulastträger entwickelt. Diese stehen über das AZH als „Aachener Leitfäden für den Holzbau“ (Reihe 01 – Standardbrücken) zur Verfügung und können digital unter <http://fhac.de/azh> kostenfrei abgerufen werden.

Die Leitfäden umfassen Musterstatiken mit Musterzeichnungen für die vier Standardtypen. Des Weiteren wurde ein Detailkatalog mit Musterdetails für folgende Positionen ausgearbeitet: Hauptträger, Auflager, Geländer/Geländeranschluss, Belag /Belagsanschluss, Übergangskonstruktion, Maßnahmen des konstruktiven Holzschutzes. Der Detailkatalog umfasst zu den Positionen neben einer detaillierten Ausführungsbeschreibung mit Zeichnung auch Montageempfehlungen und Angaben zur Wirtschaftlichkeit, Lebensdauer, Ökobilanz sowie zur Wartung. Er erlaubt somit auch einen direkten Vergleich alternativer Ausführungsvarianten.

In einem weiteren Leitfaden sind für die Ausschreibung Leistungsverzeichnisse für die vier Standardtypen mit ihren Ausführungsvarianten zusammengestellt. Ergänzend wurden weitere Leitfäden für die Pflege und Wartung, für die Prüfung der Standardbrücken sowie für ein Monitoringkonzept erarbeitet.

5 Zusammenfassung

Auf der Grundlage einer umfangreichen Bestandsanalyse der Holzbrücken in NRW wurden im Rahmen des Forschungsprojekts „Nachhaltige Standardbrücken in Holzbauweise“ vier Standardbrückentypen entwickelt. Diese sind für die häufigsten Anwendungen von Holzbrücken bei Geh- und Radwegen geeignet. Eine dezidierte Analyse des Zustands der Bestandsbrücken ermöglichte die Auswahl geeigneter Bauteile und Details bzw. die Optimierung dieser, so dass eine Nutzungsdauer von 100 Jahren erreicht wird. Des Weiteren waren bei der Konstruktion die Wirtschaftlichkeit, Wartungsfreundlichkeit und Nachhaltigkeit wichtige Aspekte.

Um die breite Anwendung der Standardbrücke zu fördern und Planer und Bauherren zu unterstützen, wurden Leistungsverzeichnisse, Musterstatiken, Musterzeichnungen und ein umfangreicher Detailkatalog entwickelt. Die Unterlagen erlauben auch die Durchführung von Vergleichsbetrachtungen unterschiedlicher Ausführungsalternativen unter Berücksichtigung verschiedenen Parameter. Ergänzt werden diese Unterlagen durch Hinweise für den Betrieb der Brücke in Form von Leitfäden für die Pflege und Wartung sowie für die Brückenprüfung. Ebenso wird ein Konzept für ein optionales Monitoringsystem zur Verfügung gestellt.

Informationen zum Forschungsprojekt

Die Förderung des Projekts „Nachhaltige Standardbrücken in Holzbauweise“ erfolgte durch die Europäischen Union aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und durch das Land Nordrhein-Westfalen. Das Projektkonsortium bestand aus dem Ingenieurbüro Miebach, Lohmar, dem Ingenieurbüro und Holzbaubetrieb A. Conrads, Stolberg, und dem Lehr- und Forschungsgebiet Holzbau am Fachbereich Bauingenieurwesen der FH Aachen. Assoziierte Partner waren der Landesbetrieb Wald und Holz NRW sowie die Stadt Mechernich.

Literatur

- [1] Gerold, M.: Holzbrücken am Weg – einschließlich Geschichte des Holzbrückenbaus unter Berücksichtigung neuester Entwicklungen und heutiger Anwendungsgebiete. Eigenverlag, Karlsruhe 2007, ISBN 978-3-00-023624-2
- [2] Uibel, T.; Moorkamp, W.; Bedbur, C.; Kampf, J.; Sundermann, J.; Thull, J.: Nachhaltige Standardbrücken in Holzbauweise. Aachener Holzbauforschung, Band 1. Hrsg.: FH Aachen, AZH - Aachener Zentrum für Holzbauforschung, Aachen, 2025
- [3] Informationsdienst Holz: Entwurf von Holzbrücken. Holzbau Handbuch Reihe 1, Teil 9, Folge 1, Hrsg.: Qualitätsgemeinschaft Holzbrückenbau e. V., Frielzheim, 2019, ISSN-Nr. 0466-2114
- [4] Informationsdienst Holz: Tragwerksplanung von Holzbrücken. Holzbau Handbuch Reihe 1, Teil 9, Folge 2, Hrsg.: Qualitätsgemeinschaft Holzbrückenbau e. V., Frielzheim, 2019, ISSN-Nr. 0466-2114
- [5] Informationsdienst Holz: Musterzeichnungen für Holzbrücken. Holzbau Handbuch Reihe 1, Teil 9, Folge 3, Hrsg.: Qualitätsgemeinschaft Holzbrückenbau e. V., Frielzheim, 2019, ISSN-Nr. 0466-2114
- [6] Informationsdienst Holz: Drüber und drunter – Brücken aus Holz. Hrsg.: Qualitätsgemeinschaft Holzbrückenbau e. V., Frielzheim, 2019, ISSN-Nr. 0466-2114
- [7] Simon, A.; Jahreis, M.; Koch, J.; Arndt, R. W.: Entwicklung einheitlicher Richtlinien für den Entwurf, den Bau, die Überwachung und Prüfung geschützter Holzbrücken – Protected Timber Bridges (ProTimB), Abschlussbericht, FH Erfurt, 2019, <https://www.fh-erfurt.de/fakultaeten-und-fachrichtungen/fakultaet-bauingenieurwesen-und-konservierung-restaurierung/fachrichtung-bauingenieurwesen/projekte/protimb-ergebnisse>
- [8] Holzbau Deutschland – Bund Deutscher Zimmermeister im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e. V.: Lagebericht 2024 – Zimmerer/Holzbau, Berlin, 2024
- [9] Simon, A.: ProTimB – neue Regelwerke für den modernen Holzbrückenbau. 4. Internationale Holzbrückentage (IHB 2016), Stuttgart, 2016, Tagungsband. Hrsg.: forum-holzbau, Biel, S. 177 – 186
- [10] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076 (RI-EBW-PRÜF), Ausgabe: 03/2013
- [11] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076 (RI-EBW-PRÜF), Ausgabe: 02/2017
- [12] DIN EN 1995-2, Ausgabe Dezember 2010. Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 2: Brücken; Deutsche Fassung EN 1995-2:2004
- [13] DIN EN 1995-2/NA, Ausgabe August 2011. Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 2: Brücken
- [14] Uibel, T.; Moorkamp, W.: Geh- und Radwegbrücken in NRW – Bestandsanalyse und Perspektiven. In: 5. Internationale Holzbrückentage IHB 2018. Tagungsband. Hrsg.: forum-holzbau, Biel, Schweiz, 2018, S. 19 – 32
- [15] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Verordnung zur Berechnung von Ablösungsbeträgen nach dem Eisenbahnkreuzungsgesetz, dem Bundesfernstraßengesetz und dem Bundeswasserstraßengesetz (Ablösungsbeträge-Berechnungsverordnung ABBV), Ausgabe: 07/2010
- [16] Aicher, S.; Leitschuh, N. (2015): Geh- und Radwegbrücken aus Holz – Ergebnisse und Konsequenzen aus 100 Brückenbegutachtungen. 3. Stuttgarter Holzbau-Symposium – Neueste Entwicklungen bei geklebten Holzbauteilen, Stuttgart 2015, ISBN 978-3-9809512-9-6, Seite 7-20
- [17] Bedbur, C.; Thull, J.; Moorkamp, W.; Uibel, T.: Standardbrücken für Geh- und Radwege. In: Tagungsband, 4. Aachener Holzbautagung 2019, Hrsg.: T. Uibel, L. A. Peterson, M. Baumann, Fachhochschule Aachen, 2019, ISSN: 2197-4489, Seiten 34 – 45
- [18] Miebach, F.: Holzschutzmaßnahmen für langlebige Holz-Standardbrücken. In: Tagungsband, 4. Aachener Holzbautagung 2019, Hrsg.: T. Uibel, L. A. Peterson, M. Baumann, Fachhochschule Aachen, 2019, ISSN: 2197-4489, Seiten 46 – 57
- [19] FH Aachen, Fachbereich Bauingenieurwesen, AZH - Aachener Zentrum für Holzbauforschung (Hrsg.): Detailkatalog Deckbrücke. Aachener Leitfäden für den Holzbau, Reihe 01: Standardbrücken, Heft 01a, Aachen, 2021
- [20] FH Aachen, Fachbereich Bauingenieurwesen, AZH - Aachener Zentrum für Holzbauforschung (Hrsg.): Detailkatalog Trogbücke. Aachener Leitfäden für den Holzbau, Reihe 01: Standardbrücken, Heft 01b, Aachen, 2021

Autor

Prof. Dr.-Ing. Thomas Uibel
Lehrgebiet Holzbau und Grundlagen konstruktiver Ingenieurbau
Geschäftsführender Direktor Aachener Zentrum für Holzbauforschung

Kontakt

FH Aachen
Fachbereich Bauingenieurwesen
AZH | Aachener Zentrum für Holzbauforschung
Bayernallee 9
52066 Aachen
uibel@fh-aachen.de