



*Matthias Gerold  
Harrer Ingenieure VBI GmbH,  
Karlsruhe und Ingenieurgemein-  
schaft Kuhlmann - Gerold -  
Krauss - Eisele,  
Ostfildern, Deutschland*

## **Musterzeichnungen für Brücken aus Holz**

**Standard design drawings for timber  
bridges**

**"Schizzi tipo" per ponti in legno**

**Dokument in Deutsch**



# Musterzeichnungen für Brücken aus Holz

## 1 Einleitung

In Deutschland werden jährlich tausende von Verkehrswegebrücken erstellt oder ersetzt. Auftraggeber ist zumeist die öffentliche Hand, die aus Kostengründen Standardbauwerke bevorzugt.

Auf Bundes- und Länderebene sind Holzbrücken im Verkehrswegebau bisher nicht bzw. nur unzureichend geregelt - im Gegensatz zu Brücken aus Stahlbeton oder Stahl. Hier existieren als Mindeststandards zahlreiche gute Richtzeichnungen, die laufend aktualisiert werden, sowie Typenberechnungen. Der Planer kann unter Zuhilfenahme dieser Unterlagen Brücken sowohl entwerfen, als auch besonders schadensträchtige Details konstruktiv sauber planen. Die Planung insbesondere von größeren Holzbrücken bedeutet daher einen enormen Aufwand - zumal es gerade im Ingenieurholzbau auf die Güte der Detailausbildungen ankommt - weit mehr als im Spannbeton-, Stahlbeton-, Stahl- oder dem klassischen Stahl-Beton-Verbundbau.

## 2 Ablöserichtlinien (Lebenserwartung)

### 2.1 Ausgangssituation

Über den Entwurf 2004 zu den im Jahre 1980 wurden vom Bundesminister für Verkehr, Bauen und Wohnungswesen (BMVBW), auf der Grundlage der Beschlussfassung des Länder-Fachausschusses Brücken- und Ingenieurbauten, herausgegebenen

**" Richtlinien für die Berechnung der Ablösebeträge der Erhaltungskosten für Brücken und sonstige Ingenieurbauwerke "**

wurde im letzten Jahr bereits berichtet [X]. Im nachfolgenden soll zunächst kurz der momentane Stand wiedergegeben werden, um dann zu den Musterzeichnungen überzuleiten.

#### 2.1.1 Unterhaltungskosten

Mit den Daten einer Felduntersuchung [9] wurde für Deutschland einmal mehr bestätigt, dass - ausreichende Betondeckungen bzw. Holz- und Korrosionsschutz unterstellt - bei guter Planung keine gravierenden Unterschiede zwischen Holzbrücken und Stahl-, Verbund-, Stahlbeton- oder Spannbetonbrücken bestehen (vgl. Tabelle 1). Die gegenüber der geplanten Neufassung der Ablöserichtlinien geänderten Werte und Begrifflichkeiten wurden fett gedruckt. Insbesondere sollte künftig nicht zwischen Brücken "ohne" und "mit Schutzdach", sondern zwischen "nicht geschützten" und "geschützten Brücken" unterschieden werden. Auch die modernen Brücken ohne Satteldach, aber mit z.B. geschlossenem Bitumenbelag, schützen nämlich die Haupttragelemente jeder Brücke, verlängern somit die Nutzungsdauer und verringern die Unterhaltungskosten.

Diesem Sachverhalt wird auch in den Alpenländer Österreich / Schweiz, z.B. in der Ausschreibung zum Salzachsteg in Urstein Rechnung getragen. Zitat:

*" In Abänderung zu den Richtlinien (der HLAG, ÖBB und ASFINAG [11]) wird für die gegebenen Verhältnisse unter der Voraussetzung des ausgeschriebenen hochwertigen Korrosionsschutzes, des vorgesehenen weitgehenden Verzichts auf Auftaumittel sowie unter der Annahme eines optimierten konstruktiven Holzschutzes kein Unterschied bei den jährlichen Unterhaltungskosten zwischen Stahl-, Beton- und Holzbauweise angenommen. "*

Die Schweizer Untersuchung [12] durch die EMPA Dübendorf kam zu ähnlichen Ergebnissen.

### 2.1.2 Lebensdauer

Vom Projektleiter wurden in [9] asphaltgedeckte Brücken gezeigt, die heute fast 70 Jahre alt wären, hätten sie nicht vor ca. 10 Jahren trotz gutem baulichen Zustand einer Autobahnverbreiterung weichen müssen.



Abbildung 1: Brücke Pforzheim-West (D) Baujahr 1938

In Österreich wurden im Jahre 2002 zwischen HLAG, ÖBB und ASFINAG die Richtlinien [11]

#### " Berechnung der Erhaltungskosten und Ablösungsbeträge von Ingenieurbauwerken, Straßen und Wegen "

vereinbart. Danach gilt für eine Holzkonstruktion mit Schutzdach eine Lebensdauer von 50 Jahren. In der Ausschreibung zum Salzachsteg in Urstein steht darüber hinaus gehend:

*" Der modernen verbesserten Holzbautechnologie mit entsprechenden Schutzmaßnahmen und zu erwartender fachkundiger Inspektion und Wartung wird insofern Rechnung getragen, dass für entsprechend abgedeckte Holzkonstruktionen eine verlängerte Nutzungsdauer von 60 Jahren zugrunde gelegt werden kann. Unter „abgedeckter Holzkonstruktion“ wird auch eine „Abdeckung mit Fahrbahnabdichtung plus bituminösem Belag und Randabdeckungen“ verstanden. "*

Tabelle 1 zeigt den Vorschlag nach [9b]; die kursiv gestellten Klammerwerte stellen die österreichische Variante dar.

Tabelle 1: Auszug Neufassung Ablöserichtlinie (Vorschlag GEROLD 2006 [9b])

1	Brücken	Theoretische	Jährliche Unter-
1.2	Überbauten	Nutzungsdauer	haltungskosten
1.2.5	aus Holz	m [Jahre]	p [%]
	Spalte	1	2
1.2.5.1	für Geh- und Radwege <b>(nicht geschützt)</b>	<b>30</b>	2,5
1.2.5.2	für Geh- und Radwege <b>(geschütztes Haupttragwerk)</b>	<b>80</b>	<b>1,0</b>
1.2.5.3	für Straßen <b>(geschütztes Haupttragwerk)</b>	<b>80 (60)</b>	<b>1,3 (1,0)</b>

Die ermittelten Werte stellen eine erhebliche Verbesserung in der Wirtschaftlichkeitsberechnung von Holzbrücken dar und erhalten die Wettbewerbsfähigkeit gegenüber Konkurrenzbaustoffen.

## 2.2 Erfahrungen, Hinweise

Aus den vielfältigen Erfahrungen der Untersuchung [9] sollen nachfolgend nochmals einige der Hinweise aufgeführt werden:

- Insbesondere bei Bohlen und Geländerholmen aus Eiche oder Harthölzern ist auf eine geeignete HolzAuswahl zu achten:  
Es ist gut abgelagertes sowie möglichst astfreies Holz auszuschreiben und einzubauen  
(Anforderungsprofil z.B. in Anlehnung an Tischlerarbeiten nach DIN EN 942, Klasse J10 [4]).  
- Der Faserverlauf sollte weitestgehend parallel zu den Schnittkanten sein.
- Querschnitte mit geometrischen Kantenlängen von mehr als 15 cm sind häufig nicht in der Lage, höhere Holzfeuchten im Inneren des Querschnittes langfristig wieder auf ein unschädliches Maß abzubauen. Dies belegen die z.B. an den Brücken Essing oder Stuttgart-Bad Cannstatt (vgl. GEROLD 2001 [10]) durchgeführten Sanierungsarbeiten.
- Bei Trogbrücken ist auf einen ausreichend breiten Spalt zwischen den Hirnholzenden des Bohlenbelages und der Verschalung der Hauptträger zu achten (Spritzwasserbereich siehe z.B. Abbildung 2).



Abbildung 2: Spritzwasserbereich Brücke Münster (D)

- Weniger als 10° gegenüber der Vertikalen geneigte Ansichtsflächen der Tragkonstruktionen von Brücken sind baulich dauerhaft zu schützen. Selbst eine Kesseldruckimprägnierung ist hier nicht zielführend (siehe auch Philosophie Entwurf DIN 1074 [1]). Der bauliche Schutz kann über hinterlüftete Bekleidungen erfolgen.

Bei stabförmigen Konstruktionen ist häufig gewünscht, dem Betrachter die Konstruktion bzw. den Kraftschluss zu zeigen, oder aber Technikgeschichte sichtbar zu lassen. Vom Tiefbauamt der Stadt Kempten wurde mitgeteilt, dass man mit den in der Dokumentation dargestellten Versuchsnetzen gute Erfahrungen gesammelt hätte. In jedem Fall stellen transparente Scheiben, wie sie bei der Brücke St. Leon-Rot im Bereich einer Eisenbahnunterführung angeordnet wurden (Abbildung 3), einen zugleich geschlossenen baulichen Holzschutz dar.



Abbildung 3: Detailansicht Bekleidung Fachwerkträger  
Fußgängerbrücke St. Leon-Rot (D)

- Titan-Zink-Blechabdeckungen sollten unterseitig mit einem Glasvlies o.glw. versehen werden, um anfallendes Kondenswasser aufzunehmen (siehe auch Flachdachrichtlinien [5]). Anderenfalls kann es zu starken Korrosionserscheinungen kommen. Bezogen auf den baulichen Holzschutz sollte unterhalb des Vlieses eine Bitumenpappe angeordnet werden, oder das Vlies mit Abstand zu den tragenden Holzquerschnitten eingebaut werden.

Im Bereich von Geländern oder der seitlichen Bekleidung von Hauptträgern können auch diffusionsoffene Schalungsbahnen mit Drainageschicht (z.B. EnkaDrain, BauerTOP VENT 02 NSK o.glw.) angeordnet werden.

Die etwa 7 mm hohe Ausgleichs- und Drainageschicht sorgt für die schnelle, sichere Ableitung von Tauwasser oder Kondensat zwischen Metalldach und Trennlage. Das gleiche gilt für den Fall, dass Eisschneen im Traufbereich einen Rückstau von Niederschlags- oder Schmelzwasser verursachen. Eine dauernde Feuchtigkeitsbelastung der Metallunterseite mit Korrosion als Folge wird wirksam verhindert – und die Lebensdauer des Dachs deutlich erhöht. Durch das oberseitig aufkaschierte Gewirk kann Luft an die Unterseite der Metalleindeckung gelangen.

- Bohlen als Unterbau für Asphaltbeläge oder Epoxidharzbeschichtungen haben sich nicht bewährt. Holz ist ein natürliches Bauprodukt und arbeitet daher je nach Witterungslage. Es sind daher flächige Holzwerkstoffplatten zu verwenden, mit welchen sich Sperreffekte in den verschiedenen Richtungen erzielen lassen, wie dies z.B. bei einer Baufurniersperrholzplatte (BFU) der Fall ist. Diese Erkenntnis ist seit der ehemaligen Versuchsbrücke in Stuttgart-Büsnau über die alte B 14 (vgl. [10]) bekannt.
- Asphaltbeläge, egal auf welcher Unterkonstruktion (Beton, Stahl oder Holz), können - entsprechend den Aussagen von Mitarbeitern der Straßenbauverwaltungen gegenüber dem Verfasser - nicht grundsätzlich als 100% dicht angenommen werden. Auch bei Fußgänger- und Radwegbrücken sollte der Asphaltbelag daher nicht direkt auf den Blockträger, sondern auf eine unterlüftete Holzwerkstoffplatte aufgebracht werden (Stichworte: einsehbar und kontrollierbar). Dieser Abstand sollte so groß gewählt werden, dass Feuchteanfall unterhalb der Holzwerkstoffplatte im Rahmen der Brückenprüfungen nach DIN 1076 [2] von außen erkannt werden kann.
- Das Aufbringen eines Fließasphalts mit einer Stärke von 8 bis 12 mm zur Rutschsicherung kann nicht als dauerhaft angesehen werden. Eine derartige Asphaltsschicht widersteht der Abnutzung infolge Fußgängern und Fahrradfahrern allenfalls drei bis vier Jahre.
- Bei Brückenneigungen von über 6% sollten Asphaltbeläge nicht eingesetzt werden. Je nach Unterbau besteht sonst die Gefahr, dass die Aufbauten schieben, wie das Beispiel der Brücke Oberammergau zeigt (Abbildung 4).



Abbildung 4: Hohlkastenbrücke Oberammergau (D)

- Sichtbare Holzbauteile sollten alle 2 Jahre durch Anstrich geschützt werden.  
Auf die Unterhaltungspflicht, die sich nach DIN 1076 [2] ergibt, wird hingewiesen.

Diese Hinweise sollen helfen, künftig Ingenieurholzbauten noch besser zu konstruieren, um die Unterhaltungskosten zu senken und die Lebensdauern zu verlängern. Sie stellen auch wichtige Hinweise dar auf Sachverhalte, welche in Richtzeichnungen geregelt werden könnten bzw. durch die Musterzeichnungen (vgl. Abs. 3) erfasst wurden.

### 3 Musterzeichnungen (Konstruktionshinweise)

Im Umfeld des Projektes 'Ablöserichtlinien' [9] wurde Kontakt zu Ministerien aufgenommen, um die Ergebnisse rasch umsetzen zu können. In diesem Zusammenhang informierte das Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg über die seinerzeit geplante Neuaufstellung und Ergänzung der „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten“ (ZTV-ING). In den zugehörigen Richtzeichnungen sind bisher ca. 200 geprüfte Regeldetails für Stahl-, Stahlbetonverbund-, Stahlbeton- und Spannbetonbrücken aufgeführt, die eine rasche und einfache Brückenplanung und -genehmigung gewährleisten.

Die in der ZTV-ING fehlenden Angaben zu Holzbrücken sind z. Zt. wesentliches Hemmnis für den flächendeckenden Einsatz größerer Holzbrücken. Richtzeichnungen aus dem Bereich des Ingenieurholzbaus gibt es bisher nicht, sind aber in Behörden und Planungsbüros für Brücken tägliches Werkzeug.

2004/2005 war vom Bund geplant, ein Kapitel zu Holzbrücken aufzunehmen. Die Erstellung einer Reihe H (= Holzbrücken) von Musterzeichnungen sollte dazu beitragen, die Akzeptanz von Brücken in Holzbauweise weiter zu fördern.

Ziel des zweiten Vorhabens [13] war daher die Erstellung von Musterzeichnungen für eine Auswahl von Holzbrücken im Verkehrswegebau. Diese können dann eine Grundlage bilden bei der Erarbeitung von Richtzeichnungen des Bundes sowie zur Einarbeitung in die ZTV-ING für Holzbrücken. Die in der ZTV-ING herausgegebenen Richtzeichnungen sind das Ergebnis der fast 40-jährigen Tätigkeit einer selbstständigen Arbeitsgruppe, deren Mitglieder reiche Erfahrungen sowohl aus dem Bau, als auch insbesondere aus der Bauwerkserhaltung eingebracht haben. Zur Verdeutlichung dieses Anspruchs wird auf das Vorwort zur ZTV-ING verwiesen (Abs. 3.4).

Bei der Bearbeitung wurden die dem Unterzeichner bekannten Erfahrungen sowie Hinweise aus der Arbeitsgruppe zu Grunde gelegt. Dabei handelte es sich auch um die in [9] und [10] dokumentierten Brücken und die dabei gewonnenen Erkenntnisse.

Der Arbeitsgruppe gehörten auch maßgebliche Experten aus der Straßenbauverwaltung an.

### 3.1 Allgemeines

Dem Baulichen Holzschutz ist höchste Priorität und somit Vorrang vor chemischen Schutzmaßnahmen einzuräumen (siehe auch DIN 68 800 Teil 2 [3]). Er kann durch den chemischen Holzschutz nicht ersetzt, sondern nur unterstützt werden.

Bei der Verwendung von Brettschichtholz (BS-Holz) oder Konstruktionsvollholz (KVH) können darüber hinaus Holzinsekten den Baustoff infolge der technischen Trocknung bei der Herstellung nicht mehr befallen.

Pilzbefall sowie übermäßige Schwind- bzw. Quellverformungen können die Brauchbarkeit der Konstruktion beeinträchtigen. Holz kann jedoch wirksam geschützt werden, indem eine Veränderung des Feuchtegehaltes verhindert wird. Dies ist im Holzbrückenbau möglich durch Anordnung eines Schutzdaches und/oder durch Ausführung sog. moderner, geschützter Holzkonstruktionen. In [9] ist definiert, dass es sich dabei um Überbauten mit einem geschlossenen Belag aus Gussasphalt, Stahlbeton oder Blech handelt, um dreiseitig durch Bekleidung oder Verschalung geschützte Haupttragelemente von Brücken oder um Brücken aus hochresistenten Holzarten.

DIN 68 800 Teil 2 gibt weitere Hinweise für vorbeugende bauliche Maßnahmen. Unter baulichem Holzschutz versteht man die dauerhafte Bewahrung des eingebauten Holzes durch bauphysikalische und konstruktive Maßnahmen. Die fünf wichtigsten konstruktiven Holzschutzmaßnahmen gegen Feuchte sind:

1. Niederschläge fernhalten oder schnell ableiten
2. Feuchträume entlüften
3. Feuchtigkeitsübertragung aus angrenzenden Stoffen vermeiden
4. Vermeidung von Tauwasserbildung
5. Regelmäßige Wartung und Pflege, ggf. Monitoring

### 3.2 Umsetzung Musterzeichnungen

Für die bereits vielfach praktizierten Möglichkeiten des baulichen Holzschutzes wurden daher 11 Musterzeichnungen ausgearbeitet:

- Allgemeine Angaben zur Planung (u.a. zur Berücksichtigung des baulichen und ggf. chemischen Holzschutzes), zum Aufbau von Beschichtungssystemen sowie zu Entwässerungen - ggf. als Teil der Bauwerksausstattung (HS 0.1 bis 0.3; sollten später in die ZTV-ING Teil Holzbau einfließen).
- Dachüberstand und Brüstungsbekleidung bei gedeckter Holzfachwerkbrücke mit offenen Bohlenbelag; Definition Mindestüberstand a (HS 1; vgl. Abbildung 5)
- Geschlossene Fahrbahn durch lose aufgelegte Stahlbetonfertigteile (HS 2.1 - Fußgänger- und Radwegbrücke; vgl. Abbildung 6-1)  
oder in Holz-Beton-Verbundbauweise (HS 2.2 - auch Straßenbrücke; vgl. Abbildung 6-2)  
Geschlossener Gussasphaltbelag - auch für Straßenbrücken (HS 3; vgl. Abbildung 7)  
Dreiseitig durch Bekleidung geschützte Hauptträger einer Trogbrücke (HS 4; vgl. Abbildung 8)  
mit Detailausbildungen für allseitig geschützte Holzpylone (Abbildung 6-1) bzw. Schrägstiele z. B. einer Sprengwerkbrücke (Abbildung 10), oder die zweiseitig geschützten Bögen einer Bogenbrücke mit abgehängter Fahrbahn (HS 5; vgl. Abbildung 9)

- Nichtrostende Stahlwanne unter offenem Bohlenbelag für Brücken über Verkehrswegen (HS 6; vgl. Abbildung 7)
- Ausbildung Bohlenbeläge (HS 7),  
Ausbildung von oben geschützter Längsträger unter Bohlenbelägen (HS 8)



Abbildung 5: Brücke Emmendingen-Wasser (D)



Abbildung 6-1: Brücke Wernau (Neckar) (D)  
im Bauzustand



Abbildung 6-2: Straßenbrücke Innerferra (CH)



Abbildung 7: Straßenbrücke Hoyerswerda (D)



Abbildung 8: Pylonbrücke Mihla (D)



Abbildung 9: Bogenbrücke bei Altheim (D)



Abbildung 10: Sprengwerkbrücke Bad Wurzach (D)

Ferner wurden zu wichtigen Bauteilen einer Holzbrücke 27 weitere Musterzeichnungen erstellt. Sie komplettieren die Richtzeichnungen aus dem Brückenkatalog des Bundes sowie die der DB Netz AG und berücksichtigen die diesbezüglichen Besonderheiten des Holzbauwes. Erstellt wurden:

- Abschlussprofile für die Abdichtung von Holzbrücken gegen Erdreich (H Abs 1), für die Anordnung eines Überganges (H Abs. 2) sowie mit Spalt gegen Stahlbetonwiderlager (H Abs 3)
- Fahrbahnübergänge für Holzbrücken mit geschlossenem Fahrbahnbelag (H Übe 1 und 2) sowie offenem Fahrbahnbelag (H Übe 3)
- Befestigungen von Lärmschutzwänden und/oder eines Berührungsschutzes für Brücken über Oberleitungsanlagen (H Elt 1, Elt 2.1 bis 2.3)
- Holzgeländer bewittert - Bezeichnungen (H Gel 1), Ausbildung (H Gel 2 bis 5)
- Verformungslager - ohne Festhaltekonstruktion / bewegliches Lager (H Lag 1 und 2), mit Festhaltekonstruktion / festes Lager (H Lag 3 und 4)
- Ausbildung Schrammborde in Holz und Beton auf hölzernem Überbau für Straßenbrücken nach DIN FB (H Kap 1.1, 1.2, 1.3 und 2.1, 2.2) und für forstwirtschaftliche Brücken (H Kap 3)
- Brücke für forstwirtschaftlichen Verkehr mit Fahrbahnplatte in QS-Bauweise und unterlüftetem Holzschrammbord (H Dicht 1)
- Einarbeitung Tropftülle mit Sickerschicht in Abdichtung Asphaltbelag (H Was 1), Entwässerung Stahlbeton-Fahrbahnplatte einer HBV-Brücke (H Was 2), Brückenablauf einer asphaltgedeckten Holzbrücke (H Was 3)

### 3.3 Diskussionsergebnisse, Hinweise

Bei den Ausführungen von Holzbauarbeiten bestehen häufig Unsicherheiten hinsichtlich der Anforderungen an die Holzfeuchte beim Einbau und den Voraussetzungen für die Lieferung von trockenem Bauholz. Auf die Beachtung folgender Punkte soll deshalb hingewiesen werden:

- Bauholz soll für Konstruktionen, die gegenüber Schwindverformungen empfindlich sind, gemäß DIN 1052, trocken eingebaut werden.
- Als "trocken" wird Bauholz nach DIN 4074 Teil 1 dann bezeichnet, wenn es eine mittlere Holzfeuchte  $u$  von höchstens 20% hat. Auch nach DIN 1052 sind, zur Verminderung von Schwindrissen und Maßänderungen von Hölzern, diese in der Nutzungs-kategorie (NKL) 2 mit einer mittleren Holzfeuchte von maximal 20% einzubauen.
- Auch in DIN 4074 Teil 1, und in der VOB-Norm DIN 18 334 sind sinngemäße Bestimmungen enthalten.
- Bei der Ausschreibung von Zimmer- und Holzbauarbeiten muss deshalb für solche Bauhölzer, die trocken einzubauen sind, eine ausreichende Vorlaufzeit eingehalten und eine besondere Position im Leistungsverzeichnis aufgenommen werden:  
*" Trocknen von Bauholz mit Querschnittsabmessungen von ... bis ... cm und in Längen von ... bis ... m auf eine mittlere Holzfeuchte bis höchstens 20% (Abrechnung nach  $m^3$ ). "*

Ein nachträgliches Schwinden wird verhindert, indem man durch künstliche Vortrocknung die Gleichgewichtsfeuchte beim Einbau auf die im Bauwerk im Mittel zu erwartende Holzfeuchte abstimmt wird. Bei geschützten Holzbrücken sind Ausgleichsfeuchten im eingebauten Zustand von 15% bis 18% zu erwarten.

Ein weiterer grundsätzlicher Hinweis ist der, dass an Brückenbauten höhere Anforderungen gestellt werden als an üblichen Hochbauten (vgl. Fachregeln des Zimmerhandwerks [6]). Dies betrifft nicht nur die Lebensdauer (100 statt 50 Jahre), sondern auch die gesamtheitliche Betrachtung [9a]. Auch ist z.B. eine Sperrung des unter der Brücke fließenden Verkehrs von Bundesstraßen nicht so ohne weiteres möglich ist oder über Flüssen können nicht für jede Wartung Gerüste aufgebaut werden.

Weitere Diskussionsergebnisse in Stichworten:

1. Die allgemeinen Hinweise in den Musterzeichnungen HS 0 wären später in den noch nicht existierenden ZTV-ING Fachbericht 105 *Holzbrücken* zu übernehmen.
2. Gleiches gilt für die Grundlagen zur Entwässerung von Brückenflächen. Hervorzuheben ist hier der Hinweis, dass für Fußgänger- und Radwegbrücken oder Wirtschaftswegbrücken in Holzbauweise häufig auf Entwässerungsleitungen verzichtet und das Wasser über z.B. die geschlossene Fahrbahn mit V-Gefälle zu den Widerlagern hin abgeführt werden kann. In den Musterzeichnungen selber ist häufig der in der Planung schwierigere Fall bei Anordnung eines Brückenablaufes dargestellt.
3. Bei geschlossenen Fahrbahnen ist ein Mindestgefälle von 1% an der Oberfläche erforderlich. Für die Abdichtungsebenen aus z.B. verklebten Bitumenbahnen ist ein Mindestgefälle von 2% (vgl. HS 0.3) erforderlich, da dieser Bereich sowohl nicht einsehbar und kontrollierbar ist, als auch sich durch die Kapillarwirkung des Wassers ein Wasserstau über längere Zeit einstellen kann. Gleiches gilt für geschlossene Bohlenbeläge (HS 7).

4. In den Musterzeichnungen HS 1 bis HS 8 wurden die vier grundsätzlichen Möglichkeiten dargestellt, eine Holzbrücke baulich gut zu schützen. Diese vier grundsätzlichen Möglichkeiten sind:

- Anordnung eines Pult- oder Satteldaches in Verbindung mit einem Schutz weiterer tragender Bauteile (z.B. des Untergurtes eines Holzfachwerkträgers bei einem Befahren der Brücke; vgl. HS 1).

In der Musterzeichnung HS 1 wird auch das Maß a eines Überstandes definiert, auf welches in den nachfolgenden Musterzeichnungen HS 2 ff. immer wieder Bezug genommen wird.

- Schutz der Haupttragelemente durch eine geschlossene Fahrbahn aus Gussasphalt (HS 3, H Abs - siehe Anlagen, H Dicht, H Kap, H Was).

In der Musterzeichnung HS 3 ist der Aufbau eines Asphaltbelages in Anlehnung an die ZTV-ING Teil 7 festgelegt, wie er bei Holzbrücken üblicherweise eingebaut wird. Zu beachten sind dabei insbesondere die Einbauparameter Lufttemperatur und Temperatur Gussasphalt sowie die Einbaudicken von ca. 25 mm für die untere Schutzschicht und 35 mm für die obere Deckschicht, um keine Blasenbildungen und damit eingeschlossenes Kondenswasser zu erzeugen. Ferner ist auf die laut Prof. Schellenberg vom IFM Rottweil zu verwendenden Bitumen- und Splitt-Materialien hinzuweisen. Darüber hinaus wurden die bei Gussasphalt empfohlenen Prüfungen angegeben. Daher kommt nunmehr der Ausführung der Vergussfugen an den Rändern besondere Bedeutung zu (siehe auch MILBRANDT, SCHELLENBERG 1998 [14]).

An dieser Stelle ist nochmals darauf hinzuweisen, dass Asphaltbeläge, insbesondere im Bereich der Vergussfugen, als nicht dauerhaft dicht anzusehen sind. Die Abdichtungsebene sind die Bitumenschweißbahnen. An den jeweils niedrigsten Punkten der Abdichtungsebene sind daher Tropftüllen anzuordnen (siehe H Was 1) - sofern nicht über die Bohrungen in den Randwinkeln entwässert werden kann.

Ferner sollte die Abdichtungsebene auf eine unterlüftete Holzwerkstoffplatte aufgebracht werden. Die Mindesthöhe der Unterlüftung hat - im Hinblick auf die Brückenprüfungen nach DIN 1076 - 40 mm zu betragen. Die Haupttragkonstruktion ist dann - je nach Überbau - mittels einer dauerhaften diffusionsoffenen Trennlage nach DIN 18 338 '*Dachdeckungs- und Dachabdichtungsarbeiten*' der VOB Teil C bzw. bei Verbundtragwerken mit BITU-Bahn nach ZTV-BEL zusätzlich zu schützen (vgl. HS 0.2).

Seitens der Straßenbauämter wird für Straßenbrücken i.d.R. der **Walzasphalt** auf Grund der größeren Robustheit bevorzugt. Walzasphalt als Alternative zum Gußasphalt wurde aber nicht in einer Musterzeichnung geregelt, da sich zum Einen die nötige Verdichtung infolge der Nachgiebigkeit und Verformung der Unterkonstruktion häufig nicht einstellt. Auch haben sich Gussasphaltbeläge entsprechend den heute verwendeten Rezepturen als die wesentlich dichteren Beläge erwiesen.

Bei den Brücken Ruderting und Neukirchen vorm Wald wurde vom Staatlichen Bauamt Passau auf einer Dichtungsschicht aus 'zweilagiger Bitumenbahn' - nach ZTV-Bel - Walzasphalt wie folgt eingesetzt:

Schutzschicht aus Asphaltbeton 0/11 S mit Bindemittel PMB 65A, Bitumen 50/70, Hohlraumgehalt fertige Schicht max. 4 Vol.-%, Einbaudicke 35 mm,

mit Edelsplitt, mit Edelbrechsand aus Gesteinsart wie Splitt, Natursand, Kalksteinmehl, Mischgut ohne Asphaltgranulat, SZ-Wert der Splitte max. 18%

Deckschicht aus Asphaltbeton 0/11 Bauklasse 'V',  
Hohlraumgehalt fertige Schicht max. 4 Vol.-%

Einbaudicke 35 mm mit Bindemittel 'PMB 45 A' mit Edelsplitt, Edelbrechsand, Natursand, Gesteismehl,  
Abstumpfen der Oberfläche.

Walzbeton zeichnet sich durch eine bessere Langzeitstabilität bei Anfahrts- und Bremsvorgängen aus, ist kostengünstiger als Gussasphalt und kann bei geringerer Temperatur verarbeitet werden. Entscheidend zum Walzerfolg ist - wie bereits erwähnt - die Steifigkeit der Konstruktion, hier liegen noch zu wenig Erfahrungen bei Holzbrücken vor. Oszillierende Walzen sollen eine geringere Belastung verursachen und besitzen die Möglichkeit, die Rezeptur des Walzasphalts auf die Erfordernisse anzupassen.

Die zum Auftrag von Walzasphalt erforderlichen Konstruktionssteifigkeit ist im Rahmen weiterführender Arbeiten einzugrenzen.

- Schutz der Haupttragelemente durch eine geschlossene Fahrbahn aus Stahlbeton (HS 2.1, 2.2)
- Die Musterzeichnungen HS 4 und HS 5 zeigen mindestens dreiseitig durch Bekleidung geschützte Haupttragelemente von Trog-, Deck-, Pylon-, Schrägstiel- und Bogenbrücken.

Um anfallende Feuchtigkeit schnell abzuleiten, wurden Außenbekleidungen in Abweichung von [6] mit einem Hinterschnitt von einheitlich 30° versehen.

Bei nicht lotrechten Bauteilen wie z.B. bei den Bekleidungen von Bogenbrücken (HS 5) kann sich dieser Winkel gegenüber der Lotrechten deutlich verringern.

- HS 7 und HS 8 zeigen die Anforderungen an diesbezüglich mögliche Bohlenbeläge und an die Längsträger unter diesen Belägen.  
Bei Bohlenbelägen über Verkehrswegen ist eine dichte Wanne anzuordnen (HS 6).

Nicht geregelt wurden Blechabdeckungen im Bereich der Witterung ausgesetzter Knotenpunkte, da derartige Konstruktionen nach Möglichkeit zu vermeiden sind.

- Als weitere Möglichkeit des baulichen Holzschutzes gibt es den Einsatz resistenter Holzarten. Welche Holzarten eingesetzt werden können, ergibt sich aus Tabelle 2 auf HS 0.1 sowie aus einzelnen Musterzeichnungen. Beispielhaft sei hier die Musterzeichnungen HS 7 zu den Holzbohlenbelägen und H Gel 1 zu den Holzgeländern erwähnt.

Hinsichtlich eines möglichen, ausschließlich chemischen Holzschutzes wurden bewusst keine Hinweise aufgenommen.

5. Damit sich zwischen einzelnen Fugen kein Schmutz sammelt und sich dadurch Feuchtigkeit halten kann, sind Mindestabstände von 20 mm zwischen einzelnen Bauteilen einzuhalten. Dies kann z.B. bei den Anschlüssen Geländerpfosten an Längsträger (H Gel) über Unterlegscheiben erfolgen.

Unterschieden wurde dieser Wert an der Oberfläche von offenen Holzbohlenbelägen, um ein Hängenbleiben von Rennfahrradreifen, Kinderwagen oder Stöckelschuhen weitestgehend zu vermeiden. Dafür sind die Bohlen in der unteren Hälfte anzuschrägen, damit Laub und Schmutz besser durchfallen können (HS 7).

Im Spritzwasserbereich hingegen wurde der Abstand auf 30 mm erhöht (siehe HS 4); bei Boden-Deckel-Schalungen wurde ein Mindestabstand von 15 mm vorgesehen, da sich bei jedem zweiten Brett automatisch ein größerer Abstand einstellt.

Im Bereich von Widerlagern wurden Abstände der Holzkonstruktion von den Kammerwänden von im Mittel 100 mm vorgesehen (vgl. z.B. H Abs 3, H Lag 2).

6. Um Schüsselungen und Verwerfungen von Hölzern weitestgehend zu vermeiden, sind Bohlen und die erste Lage von Boden-Deckel-Schalungen durch jeweils mindestens zwei Verbindungsmittel je Befestigungspunkt zu fixieren (vgl. HS 7, HS 4).

Die Bretter oder Bohlen sind - je nach Einbaufeuchte - entsprechend ihrem Jahrringverlauf so anzuordnen, dass keine Stolperfallen entstehen bzw. eine weitestgehend geschlossene Oberfläche verbleibt, die dem Eindringen von Wasser Widerstand leistet. Wenn möglich sollten Bohlen mit stehenden Jahrringen verwendet werden.

7. Unter Titanzinkblechabdeckungen wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens "*Ablöserichtlinien*" häufig Weißrostbildungen festgestellt. *Nach Aussage einzelner Holzbauunternehmen / Zimmereibetriebe seien diese Korrosionserscheinungen durch das Einlegen von Bitumenpappe noch verstärkt bzw. beschleunigt worden.* In den Musterzeichnungen wurde daher zwischen den Blechabdeckungen und der Bitumenpappe zusätzlich ein Vlies angeordnet, welches den unmittelbaren Kontakt der beiden Materialien unterbindet und zudem anfallendes Kondenswasser aufsaugen kann (vgl. z.B. HS 5, HS 8, H Elt 2.2).

Die alleinige Anordnung von Bitumenschweißbahnen, Neopren- oder Kunststoffbahnen als baulicher Holzschutz wurde nicht geregelt, da hier vielfältige Möglichkeiten einer missbräuchlichen Verarbeitung vorhanden sind, welche die Fäulnis dann in anderen Bereichen entstehen lassen.

8. In den übrigen Musterzeichnungen (vgl. Abs. 3.2) wurden Hinweise zur Ausbildung von Fahrbahnübergängen (Übe), Verformungslagern (Lag), Abschlussprofilen (Abs), Schrammborden (Kap), Berührungsschutz (Elt), Geländern (Gel), Tropftülle und Entwässerungen (Was) bei Holzbrücken gegeben.

Schrammborde aus Holz sind - genauso wie Asphaltbeläge - zu unterlüften. Die Mindesthöhe der Unterlüftung hat - im Hinblick auf die Brückenprüfungen nach DIN 1076 - 24 mm zu betragen.

Bei den im Unterschied zu Stahlbeton-, Stahl- oder Verbundbrücken wesentlich leichteren Holzbrücken werden häufig die Elastomerlager eingesetzt. Hinzuweisen ist auf ein mögliches Abheben von Holzbrücken (z.B. bei Erdbeben) auf Grund ihres geringen Eigengewichtes.

### 3.4 Vorwort zur Sammlung "Richtzeichnungen für Brücken und andere Ingenieurbauwerke"

#### 1. Grundlagen

Die technischen Bestimmungen der Richtzeichnungen dieser Sammlung beschreiben die für die Planung, Kalkulation und Ausführung von Bauwerken und ihren Teilen geltenden Bedingungen, damit für wiederkehrende technische Aufgaben der Erfahrung nach hierfür bewährten Lösungen vorgesehen werden können. Zudem besteht so auch für die Hersteller die Möglichkeit einer sinnvollen Produktion und Lagerhaltung bestimmter Bauteile, da die Richtzeichnungen bei allen Straßenbauverwaltungen in Deutschland gleichermaßen Anwendung finden.

Die Konstruktionen müssen insbesondere den nachfolgenden Kriterien genügen:

- Verkehrsicherheit
- Robustheit
- geringe Ausführungsrisiken
- Funktionstüchtigkeit
- Dauerhaftigkeit
- Wirtschaftlichkeit
- leichte Prüfbarkeit (DIN 1076)
- Erhaltungsfreundlichkeit

## 2. Anwendung

Für den Bereich der Bundesfernstraßen sind die Richtzeichnungen im Rahmen von Bauverträgen grundsätzlich anzuwenden. Im Zuständigkeitsbereich der Länder, Kreise und Gemeinden ist ihre Anwendung empfohlen.

Der sachliche Inhalt der Sammlung ist verbindlich; über ihre sinnvolle und zweckmäßige Anwendung ist jedoch in jedem Einzelfall zu entscheiden.

In begründeten Ausnahmefällen, wie z.B. örtlichen Besonderheiten oder gestalterischen Notwendigkeiten, können Abweichungen oder auch andere konstruktive Lösungen erforderlich werden. In solchen Fällen sind aber die Festlegungen in den Richtzeichnungen als Mindestanforderungen und Maßstab für die erforderliche Qualität einzuhalten.

## 3. Technischer Stand

Die Richtzeichnungen geben den jeweiligen Stand der Technik wieder und werden bei Änderung der Grundlage entsprechend fortgeschrieben. Änderungen können aber auch dadurch erforderlich werden, dass es für bestimmte Konstruktionen technisch bessere oder wirtschaftlichere Lösungen gibt.

Um eine erfolgreiche praktische Anwendung der Richtzeichnungen sicherzustellen und ihre laufende Anpassung an die technische Weiterentwicklung zu ermöglichen, sind Rückäußerungen über Erfahrungen oder zweckmäßige Änderungen erwünscht. Hierzu sind alle Anwender aufgerufen.

Ansprechpartner für solche Vorschläge sind das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen und die Straßenbauverwaltungen der Länder.

### 3.5 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

Auf Grund immer wiederkehrender Diskussionen zum dynamischen Verhalten von Brücken - insbesondere Straßenbrücken in Holz-Beton-Verbundbauwerke - anbei noch einige Hinweise:

Für einen kommunalen Brückenneubau bedarf es zwar keiner Baugenehmigung durch eine Bauaufsichtsbehörde, jedoch sind die öffentlich-rechtlichen Vorschriften - insbesondere die jeweilige Landesbauordnung - zwingend einzuhalten. Daher sind in erster Linie die in der Liste der Technischen Baubestimmungen zusammengefassten Regeln der Technik einzuhalten. Hierzu gehören auch die DIN 1074 (Ausgabe 1991) sowie die DIN 1052 (Ausgabe 2004). In der DIN 1052 sind die Verbundtheorien geregelt, mit denen sich Holz-Beton-Verbundkonstruktionen berechnen lassen. Zur Bemessung bedarf es ausreichend abgesicherter Erkenntnisse über den Verschiebungsmodul, d.h. zur Nachgiebigkeit der stählernen Verbindungsmittel zwischen dem Werkstoff Holz einerseits und dem Werkstoff Beton andererseits.

Da in der Norm für viele Bauweisen keine Werte für den Verschiebungsmodul angegeben sind, wurden bisher 5 bauaufsichtliche Zulassungen erwirkt. Anwendungsbereich von 4 Zulassungen ist der klassische Hochbau, d.h. die Anwendung von z.B. Schraubverbindern setzt beheizte Räume voraus, bei denen die relative Luftfeuchtigkeit von 65% nur für einige Wochen pro Jahr überschritten wird (Nutzungsklasse 1). Bei eingeklebten Blechen ist diese Einschränkung in der Zulassung nicht enthalten. Sie dürfen im Bereich der Gefährdungsklassen 0 bis 2 nach DIN 68 800 Teil 3, Tabelle 2, bei vorwiegend ruhenden Lasten angewendet werden.

Bei Fußgänger- und Radwegbrücken werden vorwiegend ruhende Lasten unterstellt (Lastspielzahlen  $< 5 \times 10^6$ ; vgl. z.B. DIN 18 800 Teil 1, El. (741) - Gl. (26) ). Bei diesen Bauwerken ist daher ein Schwingbeiwert von  $\varphi = 1,0$  in Ansatz zu bringen; d.h. keine erhöhten dynamischen Forderungen.

Anmerkungen: Die Nachweise zu den Schwell- und Wechselbeanspruchungen unter Berücksichtigung der Dauerschwingfestigkeiten betreffen nur Straßenbrücken (vgl. DIN 1074, Abs. 5.2 (1)). Die Nachweise zu den Schwingungsanregungen infolge Gehen, Laufen (vgl. GEROLD 1998 [15]) oder Walken hingegen sind selbstverständlich zu führen, dürften aber hier wegen der schweren Platte kein Problem darstellen.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass in jedem Fall ein bauaufsichtlich zugelassenes Holz-Beton-Verbundsystem zu verwenden ist oder eine Bauart, deren Einzelkomponenten nach DIN 1052 und DIN 18 800 bemessen werden kann. Ferner muss das System eine hohe Steifigkeit aufweisen. Auch daher scheiden aus den in der Bundesrepublik bauaufsichtlich zugelassenen Systemen alle außer den eingeklebten HBV-Schubverbindungen aus. Ferner würden dann noch die Systeme mit Kerne und Schraube / eingeklebtem Bewehrungsstahl als Quersicherung zur Verfügung stehen; vgl. MICHELFELDER 2006 [16]; AVAK, GLASER 2006 [17]).

Neben den formalen Aspekten ist aber auch der baulichen Durchbildung, Bemessung und Bauausführung sorgfältige Beachtung zu schenken:

Bei einer Holz-Beton-Verbundkonstruktion handelt es sich um eine geschützte Bauweise der Nutzungsklasse 2 und der Gefährdungsklasse 2. Die Nutzungsklasse 2 ist durch Ansatz entsprechender Modifikationsfaktoren  $k_{mod}$  nach DIN 1052 zu berücksichtigen.

Hinsichtlich der möglichen Frage nach von unten zwischen dem Aufbeton und dem darunter liegenden hölzernen Blockträger eindringender Feuchte werden meinerseits keine Schwierigkeiten erwartet, da die Brücke über die Ruhr geht. In den Arbeitsgruppensitzungen zum Forschungsvorhaben wurde seitens der Vertreter der Straßenbauverwaltungen immer nur der Fall einer Unterführung von Bundesstraßen mittels einer Holz-Beton-Verbundkonstruktion als kritisch angesehen. Hier ist zu beobachten, dass durch den schweren LKW-Verkehr große Mengen an Feuchtigkeit aufgewirbelt werden. Hingegen sind bei hölzernen Brücken über Bäche und Flüsse keine negativen Auswirkungen auf die Überbauten bekannt. Als Beispiel sei hier die Fußgänger- und Radwegbrücke bei Reichenbach/Fils über die Bundesbahn, die B 10 und die Fils erwähnt (siehe GEROLD 2001 [10]), deren asphaltgedeckte Blockträger keinerlei Schäden aufweist, wie die jahrelange Überwachung durch das Otto-Graf-Institut an der FMPA Stuttgart (heutige MPA an der Universität Stuttgart) ergab. Drittens: Umfangreiche Versuche zum Verbundverhalten bei HBV-Schubverbindern bzw. Kernen liegen insbesondere an der Universität Stuttgart - Frau Prof. Kuhlmann (vgl. auch [16]), der Bauhaus-Universität Weimar - Herr Prof. Rautenstrauch, sowie bei der BTU Cottbus - Herr Prof. Avak [17] vor. Bei diesen Traglastversuchen von Verbundsystemen mit Kerne und Schraube / Bewehrungsstahl werden typischerweise durch mehrere Lastwechsel im Gebrauchslastbereich unplanmäßige Haftverbundwirkungen gelöst, so dass am Ende nur der mechanische Verbund getestet wird, der auch bei schwingender Belastung erhalten bleibt. Im Hinblick auf die Verifikation des Verschiebungsmoduls (vgl. [16]) kann es für den speziellen Anwendungsfall sinnvoll sein, Push-Out-Versuche zu fahren, auszuwerten und mit den vorgenannten Versuchsergebnissen gleicher oder ähnlicher Bauarten zu vergleichen. Ergänzend können Biegeträgerversuche durchgeführt werden, um die Ergebnisse der Kleinversuche und die Modellierung in den vorhandenen Programmsystemen zu verifizieren.

## 4 Zusammenfassung

Holzbrücken im Verkehrswegebau zeigen die hohe Eignung dieses Werkstoffes im rauen Einsatz und haben große öffentliche Signalwirkung.

Die Amtentwürfe von Straßenbauämtern und Kommunen sehen bisher aber selten Brücken aus Holz vor. Sondervorschläge für Brücken in Holzbauweise werden häufig unter Hinweis auf die Ablöserichtlinien des Bundes (die immer noch Beton- und Stahlbrücken bevorzugen), als auch auf fehlende Regelquerschnitte oder geprüfte Richtzeichnungen abgelehnt bzw. gar nicht erst zugelassen.

Daher wurden in den letzten Jahren vom Ingenieurbüro Harrer Ingenieure, Karlsruhe, unter der Leitung von Herrn Dipl.-Ing. Matthias Gerold, zwei Vorhaben durchgeführt. Das Büro verfügt über jahrzehntelange Erfahrungen in der Planung und Bauüberwachung von Brücken aller Materialien im Verkehrswegebau. Auch kennt Herr Gerold die Schwachpunkte insbesondere der Holzbrücken auf Grund seiner gutachterlichen und prüfenden Tätigkeiten.

Hinsichtlich der bundesdeutschen Ablöserichtlinien sollte **künftig nicht zwischen Brücken "ohne" und "mit Schutzdach", sondern zwischen "nicht geschützten" und "geschützten Brücken" unterschieden** werden. Auch die modernen Brücken ohne Dach, aber mit geschlossenem Fahrbahnbelag (z.B. Bitumenbelag), schützen nämlich die Haupttragelemente jeder Brücke, verlängern somit die Nutzungsdauer und verringern die Unterhaltungskosten. Mit diesem Brückentyp ist gerade im Straßenbau noch ein enormes Einsatzpotential vorhanden. Ferner konnten die im Referentenentwurf für Holzbrücken mit Schutzdach angegebenen Werte nicht bestätigt werden. Auf Grund vergleichbarer Untersuchungen in den Alpenstaaten Österreich und Schweiz handelt es sich bei den in Tabelle 2 angegebenen Werte um realistische Werte.

Um diese Werte auch zu erreichen, sind erprobte Detailausbildungen erforderlich. Ursprünglich war geplant, 30 Musterzeichnungen zu erstellen. Durch die rege Mitarbeit der Mitglieder des begleitenden Arbeitsausschusses stellte sich heraus, dass es in Deutschland viele bereits vielfach eingesetzte und auch bewährte Detaillösungen gibt, so dass nunmehr insgesamt 35 Musterzeichnungen und 3 übergeordnete Hinweisblätter für Fußgänger- und Radwegbrücken, Fortwirtschaftliche Brücken und Straßenbrücken nach DIN Fachbericht entstanden.

## 5 Ausblick

In den kommenden Jahren ist mit einem erheblichen Bedarf an Brückenbauten zu rechnen. Dies liegt zum Einen daran, dass umfangreiche Sanierungen auf Grund mangelhafter Detailausbildungen notwendig sind, zum Anderen daran, dass jede Kommune bemüht ist, erweiterte und zusätzliche Rad- und Erholungswege sowie Neubaugebiete zu erschließen. Insbesondere in den neuen Bundesländern muss das Verkehrs- und Wegenetz größtenteils saniert bzw. erneuert werden.

Bei einer erneuten Annäherung der Ablösebeträge an realistische Werte bei gleichzeitiger Einbindung von Holzbrücken moderner Bauart durch die Verbreitung guter Musterzeichnungen sowie durch die Ausarbeitung typengeprüfter Holzbrücken werden die Marktchancen für den Einsatz von Holz ganz entscheidend verbessert. Hierbei sollte nicht unerwähnt bleiben, dass die großen neuen Messe- und Arenabauten wie Nürnberg, Friedrichshafen, Rostock, Rimini, Sinsheim, Karlsruhe oder Mannheim gezeigt haben, dass mit den heutigen Hölzern, Holzwerkstoffen und Verbindungsmitteln freie Spannweiten von bis zu 95 m wirtschaftlich realisierbar sind. Diese weit gespannten Dachtragwerke besitzen auf Grund der hohen Anhängelasten (z.B. Flugzeuge) mit Fußgänger- und Radwegbrücken vergleichbare Belastungen.

## 6 Literatur

- [1] DIN 1074 Holzbrücken Entwurf 10/04
- [2] DIN 1076 Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen  
- Überwachung und Prüfung Ausgabe 11/99
- [3] DIN 68 800 Holzschutz im Hochbau  
Teil 1 Allgemeines ( Ausgabe 01/84)  
Teil 2 Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau (05/96)  
Teil 3 Vorbeugender chemischer Holzschutz (04/90)  
Teil 4 Bekämpfungsmaßnahmen  
gegen holzerstörende Pilze und Insekten (11/92)  
Teil 5 Vorbeugender chemischer Schutz von Holzwerkstoffen  
(05/78 bzw. E 01/90)  
Teil 6 Vorbeugender chemischer Schutz von Holzleimbauteilen (Entwurf)  
unter Berücksichtigung von z.B.  
RL19 Baulicher Holzschutz  
Richtlinie 19 des Regierungspräsidium Karlsruhe  
(06/85 und Entwurf 06/88)
- [4] DIN EN 942 Holz in Tischlerarbeiten -  
Allgemeine Sortierung nach der Holzqualität Ausgabe 06/96
- [5] Flachdachrichtlinien -  
Fachschrift des Dachdeckerhandwerks  
Zentralverband des deutschen Dachdeckerhandwerks (Hrsg.) -  
Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik - e.V.  
Verlag Rudolf Müller, Köln Ausgabe 05/92
- [6] Fachregeln des Zimmerhandwerks - Außenwandbekleidungen.  
Bund Deutscher Zimmermeister (BDZ), Entwurf 02/06
- [7] SENGLER, D. 1986  
Dokumentation und Ermittlung realitätsbezogener und bauart-spezifischer Unter-  
haltungskosten von Holzbrücken.  
Schlussbericht Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V. (DGfH), München und  
Forschungs- und Materialprüfungsanstalt (FMPA) Baden-Württemberg,  
gefördert aus Mitteln des Forstabsatzfonds
- [8] Richtlinien für die Berechnung der Ablösebeiträge der Erhaltungskosten  
für Brücken und sonstige Ingenieurbauwerke - Ablöserichtlinien 1980, Ausgabe  
1988  
Bundesminister für Verkehr (Hrsg.)
- [9] GEROLD, M. 2004  
Ablösebeiträge für moderne Holzbrücken.  
Abschlussbericht Forschungsvorhaben, koordiniert durch die DGfH Innovations-  
und Service GmbH, gefördert durch den Holzabsatzfonds (HAF)
- [9a] GEROLD, M. 2005  
Unterhaltungskosten und Lebensdauer geschützter Holzbrücken.  
In: 11. Internationales Holzbau-Forum, Garmisch-Partenkirchen
- [9b] GEROLD, M. 2006  
Economic Efficiency of Modern Timber Bridges - Life Expectancy and Costs of  
Maintenance.  
In: SEI-Journal, H. 3, S. 261 - 267

- [10] GEROLD, M. 2001  
Holzbrücken am Weg – einschließlich  
Geschichte des Holzbrückenbaus unter Berücksichtigung neuester Entwicklungen.  
108 Seiten, Bruderverlag, Karlsruhe, ISBN 3-87104-126-2;  
Rezension siehe z.B. Bautechnik 80 (2003), H. 3, S. 211
- [11] Richtlinien für die „Berechnung der Erhaltungskosten und Ablösungsbeträge von  
Ingenieurbauwerken, Straßen und Wegen“  
Österreichische Vereinbarung zwischen HLAG, ÖBB und ASFINAG aus dem Jahr  
2002
- [11a] WERNER, G. 1988  
Unterhaltungskosten von Holzbrücken.  
in: Bautechnik 75 (1988), H. 4, S. 109 – 113
- [12] FINGER, A.; MEILI, M. 2002  
Dauerhaftigkeit von offenen Holzbrücken.  
Forschungsbericht 115/49 der EMPA Dübendorf, November 2002
- [13] GEROLD, M. 2006  
Musterzeichnungen für Holzbrücken.  
4. Zwischenbericht Forschungsvorhaben,  
gefördert durch die Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V.  
aus Mitteln des Bayerischen Staatsministerium für Landwirtschaft und  
Forsten, des Holzabsatzfonds, der Studiengemeinschaft Holzleimbau  
und der Firmen Schaffitzel Holzindustrie GmbH + Co., Ing. Holzbau  
Busmann GmbH, Holzbau Dieter Patzwahl GmbH, Holzbau Müller GmbH,  
Grossmann Bau GmbH & Co. KG
- [14] MILBRANDT, E.; SCHELLENBERG, K. 1998  
Eignung von bituminösen Belägen für Holzbrücken.  
Forschungsbericht E 96/7, durchgeführt für die EGH in der  
Deutschen Gesellschaft für Holzforschung e.V., München (Hrsg.)
- [15] GEROLD, M. 1998  
Dynamisch beanspruchte Holzkonstruktionen  
- Schwingungsberechnungen und Konstruktionshinweise.  
In: Bautechnik 75 (1998), H. 8, S. 509 - 529
- [16] MICHELFELDER, B. 2005  
Trag- und Verformungsverhalten von Kerven als Verbundmittel.  
In: Holzbau Forschung + Praxis  
Universität Stuttgart, Institut für Konstruktion und Entwurf, &  
Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart (Otto-Graf-Institut),  
Deutsche Gesellschaft für Holzforschung (DGfH), München (Hrsg.)
- [17] AVAK, R.; GLASER, R. 2006  
Vereinfachtes Verfahren zur Vorhersage des Langzeitverhaltens von Holz-Beton-  
Verbundkonstruktionen.  
In: Bautechnik Jg. 82, H. 4, S. 200-211