

Lebenserwartung und Unterhaltungskosten von Holzbrücken

eine aktuelle Studie

Life-span and costs of maintenance of timber bridges

an aktuell study

Matthias GEROLD

Civil Engineer
Harrer Ingenieure GmbH,
76133 Karlsruhe,
Engineering office
Kuhlmann · Gerold ·
Krauss · Eisele,
73760 Ostfildern,
Germany



Matthias Gerold, born 1959, civil engineering degree from the University (TH) Karlsruhe admission as engineering inspector of structural analysis for concrete structures and timber constructions in 1995, attestation as sworn and appointed expert in 1996, former lecturer at the University of Stuttgart

Einleitung

Brücken und Stege dienen zur Überbrückung tiefer Täler sowie vieler anderer Hindernisse und bieten damit einhergehend Transporterleichterungen. Die Anzahl dieser Bauwerke geht bundesweit in die Hunderttausende. Ihre Lebenserwartung beträgt rund 100 Jahre – und ist damit doppelt so lang wie für Bauwerke des üblichen Hochbaus. Aus diesen beiden Gründen summieren sich die Unterhaltungs- und Neubaukosten beträchtlich. Fast alle Brückenbauwerke werden über die öffentliche Hand in Auftrag gegeben und unterhalten. Um die Volkswirtschaft so gering wie möglich zu belasten, wird eine größtmögliche Wirtschaftlichkeit gefordert. Die beiden wichtigen Faktoren für eine positive Wirtschaftlichkeitsberechnung sind dabei eine lange Lebensdauer gepaart mit niedrigen Unterhaltungskosten. Nachfolgend soll über die diesbezüglichen Ergebnisse einer Forschungsarbeit berichtet werden, welche sogenannte „Moderne“ Holzbrücken mit den innovativen Entwicklungen der letzten 20 Jahre bewertete.

1 Ausgangssituation

Bei einer ganzheitlichen Betrachtung setzen sich die Kosten über den gesamten Lebenszyklus einer Brücke im Wesentlichen aus zwei Anteilen zusammen:

- Leicht abgreifbar sind die Planungs- und Investitionskosten des Neubaus,
- schwieriger ist die Abschätzung der voraussichtlichen Lebensdauer, der Unterhaltungskosten sowie die des Rückbaus einschl. Entsorgung. Verbindliche Angaben hierzu erleichtern dem Bauherrn, die Gesamtkosten „unterm Strich“ zu berechnen. Im Bereich der Fernstraßen werden hierzu i.d.R. die vom Bundesminister für Verkehr, Bauen und Wohnungswesen (BMVBW) herausgegeben *"Richtlinien für die Berechnung der Ablösebeträge der Erhaltungskosten für Brücken und sonstige Ingenieurbauwerke"* herangezogen. Diese wurden erstmals im Jahre 1980 auf der Grundlage der Beschlussfassung des Länder-Fachausschusses Brücken- und Ingenieurbauten herausgegeben.

Mit Veröffentlichung Nr. 191 der Obersten Straßenbaubehörden der Länder im Heft 20/1988 wurden die Ablöserichtlinien geändert [4]. Bei den hölzernen Geh- und Radwegbrücken wurde dabei erstmals zwischen Überbauten mit und ohne Überdachung unterschieden.

Zur Zeit steht wieder eine Aktualisierung der Ablöserichtlinien an. Zudem sollen die Richtlinien (bisher empfehlender Charakter) in eine Bundesverordnung (rechtlich bindend) überführt werden. Tabelle 1 zeigt, dass in dem Referentenentwurf erstmals Holzstraßenbrücken berücksichtigt werden.

Tabelle 1 Auszug Neufassung Ablöserichtlinie (Entwurf)

1 1.2 1.2.5	Brücken Überbauten aus Holz	Theoretische Nutzungsdauer m [Jahre]	Jährliche Unter- haltungskosten p [%]	Ablöserichtlinie Zeile
	Spalte 1	2	3	4
1.2.5.1	für Geh- und Radwege (ohne Schutzdach)	40	2,5	?
1.2.5.2	für Geh- und Radwege (mit Schutzdach)	50	2,0	?
1.2.5.3	für Straßen	40	2,5	?

Obwohl die in den Spalten 2 und 3 angegebenen Werte zu Gunsten des Holzbaus verändert wurden, geht jedoch der Referentenentwurf den Experten nicht weit genug. So widersprechen z.B. die in Spalte 2 für Holzbrücken mit Satteldach angegebenen Werte sowohl den deutschen Ergebnissen der Untersuchung [1] mit amtlicher Bestätigung [2], als auch den Untersuchungen in den beiden anderen Alpenländern Österreich und Schweiz (z.B. [3]). Danach wurden folgende baukostenbezogene, jährliche Unterhaltungskosten aus Wartung, Instandhaltung und Erneuerung (in % der Planungs- und Investitionskosten) ermittelt:

- Überdachte Brücken	max. 1,0 %
- Offene Brücken ohne Schutzdach	max. 1,8 %

In diesem Zusammenhang ist die 1999 erfolgte Änderung der DIN 1076 (Ausgabe 11/99) [13] nicht genug hervorzuheben.

Verglichen mit den für Brücken anderer Werkstoffe vorgesehenen Werten wäre während der Lebenserwartungsdauer einer Stahl-, Stahlbeton- oder Spannbetonbrücke eine Holzbrücke zwei mal zu errichten und wieder abzureißen (deutlich geringere theoretische Nutzungsdauer) – und das bei einer zusätzlichen 2-fachen jährlichen Mehrbelastung bei den Unterhaltungskosten. Selbst wenn eine Brücke in Holzbauweise billiger angeboten werden kann, wäre sie, ganzheitlich betrachtet, nie wirtschaftlich. Brücken aus Holz erscheinen somit als die mit Abstand teuerste Lösung, was aber nicht stimmt.

Drittens wird vorgeschlagen, künftig nicht zwischen Brücken "ohne" und "mit Schutzdach", sondern zwischen "nicht geschützten" und "geschützten Brücken" unterschieden werden. Auch die modernen Brücken ohne Dach, jedoch mit geschlossenem Fahrbahnbelag (z.B. Bitumenbelag), sind nämlich die Haupttragelemente jeder Brücke ebenso geschützt, woraus sich eine erhöhte Nutzungsdauer und die Reduzierung der Unterhaltungskosten ergeben. Bild 1 zeigt beispielhaft moderne Schwerlastbrücken in Holz-Beton-Verbundbauweise aus der benachbarten Schweiz (aus [6]).



Bild 1 Straßenbrücke über den Averser Rhein bei Innerferrera (CH)



Crestawaldbrücke zu Militärdepot bei Sufers (CH)

Im folgenden sollen die wichtigsten, diesbezüglichen Ergebnisse einer wissenschaftlichen Untersuchung zu modernen, innovativen Holzbrücken [10] vorgestellt werden.

3 Jährliche Unterhaltungskosten

In [10] konnte anhand einer repräsentativen Anzahl von Holzbrücken nachgewiesen werden, dass sich Holzbrücken mit Satteldach genauso dauerhaft verhalten wie moderne „geschützte“ Brücken. Als geschützte Holzbrücken können Brücken bezeichnet werden, welche z.B.

- ein ausreichend über die Hauptkonstruktion auskragendes Schutzdach besitzen,
- mit geschlossenem Geh- und Fahrbelag aus Gussasphalt oder
- mit geschlossenem Fahrbelag aus Stahlbeton ausgeführt werden,
- eine Blech-Abdichtung unter einem offenen Bohlenbelag besitzen, oder
- Brücken mit offenem Bohlenbelag, bei denen die Hauptträger seitlich als auch oberseitig mittels Holzverschalung oder Blechverkleidung geschützt sind sowie die Längsträger unter den Bohlen oberseitig eine auskragende Blechabdeckung besitzen, oder
- Brücken aus ausgewählten, hochresistenten Harthölzern, deren exponierte Teile der Haupttragkonstruktion baulich geschützt wurden.

Die Auswahl der zu untersuchenden Brücken geschah durch Nennung seitens der Straßenbauverwaltungen oder Holzbaufirmen – und somit weitestgehend zufällig. Erfreulicherweise waren dabei auch repräsentative Brückenbauwerke höher belasteter Brückenklassen enthalten. Regionale Schwerpunkte ergaben sich in Baden-Württemberg, Bayern und Nordrhein-Westfalen.

Für jede dieser modernen, offenen, aber geschützten Holzbrücken wurde eine Dokumentation erstellt. Die statistischen Auswertungen wurden, wie in [1], von der Amtlichen Forschungs- und Materialprüfungsanstalt (Otto-Graf-Institut) der Universität Stuttgart begleitet.

Ganz allgemein waren die meisten der untersuchten Brücken in einem guten bis sehr guten Zustand – und zwar weitgehendst unabhängig vom jeweiligen Alter. Unterschiede zeigten sich allenfalls bei der Pflege und damit indirekt im Wert, der solchen Maßnahmen beigemessen wird. Besonders deutlich zu erkennen war dies bei Brücken Münster, Walsrode und Sindelfingen: Obwohl bei diesen Brücken die Hauptträger nur oberseitig geschützt wurden, war auch nach Jahrzehnten in den hohen Seitenflächen der Brettschichtholzträger keine Fäulnis vorhanden. Ganz offensichtlich wurden diese Brücken von der Bauherrschaft mehrfach gestrichen.

Im Einzelfall haben die Auswertungen jedoch z.T. erhebliche Unterschiede bei den laufenden jährlichen Unterhaltungskosten ergeben. Neben den örtlichen Standortbedingungen, Umwelteinflüssen oder Organisationsformen bei der Pflege oder z.B. der Intensität des Nutzerverkehrs

lässt dies auf Ursachen schließen, welche zu einem wesentlichen Teil auch davon abhängen, wie konstruiert wurde und mit welcher Sorgfalt auf den baulichen Holzschutz geachtet wurde.

Auf Grund der Untersuchung mit amtlicher Bestätigung [10] ergaben sich – unter Berücksichtigung von [14] – folgende baukostenbezogene, jährliche Unterhaltungskosten für die hölzernen Überbauten:

für - **33 Brücken**

mit geschlossenem Fahrbahnbelag max. 2,5% **i.M. 0,7%** min. 0,2%

- **19 Offene Geh- und Radwegbrücken,**

Hauptträger jedoch dreiseitig geschützt max. 1,9% **i.M. 0,6%** min. 0,1%

- **4 Brücken aus Harthölzern**

max. 1,2% **i.M. 0,8%** min. 0,1%

Die Unterhaltungskosten für hölzerne Überbauten von Straßen-, Geh- und Radwegebrücken betragen somit im Mittel deutlich weniger als 1 % der Anschaffungskosten. Die Werte der vorliegenden Untersuchung liegen damit in der gleichen Größenordnung wie diejenigen Werte, die sich für Geh- und Radwege mit Schutzdach ergaben [1], [5].

Auf Grundlage aller bekannten wissenschaftlichen Untersuchungen müsste daher in der Neufassung der Ablöserichtlinien – auch in Anlehnung an die neuen Begrifflichkeiten im Entwurf der DIN 1074 [15] – in den Zeilen 1.2.5.1 und 1.2.5.2 (Tabelle 1) nicht zwischen "ohne Schutzdach" und "**mit Schutzdach**" unterschieden werden, sondern zwischen "nicht geschützt" und "**geschützt**".

Auch 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.

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

" In Abänderung zu den Richtlinien (der HLAG, ÖBB und ASFINAG [8]) wird für die gegebenen Verhältnisse unter der Voraussetzung des ausgeschriebenen hochwertigen Korrosionsschutzes, des vorgesehenen weitgehenden Verzichts auf Aufbaumittel sowie unter der Annahme eines optimierten konstruktiven Holzschutzes kein Unterschied bei den jährlichen Unterhaltungskosten zwischen Stahl-, Beton- und Holzbauweise angenommen. "

Die schweizer Untersuchung [9] durch die EMPA Dübendorf kam zu ähnlichen Ergebnissen.

4 Nutzungsdauer von Brücken

Bei den untersuchten modernen Holzbrücken handelte es sich überwiegend um jüngere Brücken mit einer Standzeit von i.M. 18 Jahren. Der Grund hierfür liegt in der Tatsache, dass z.B. bei den asphaltierten Brücken erst vor ca. 15 Jahren Prof. Milbrandt und Prof. Dr. Schellenberg diese "neue" Bauweise [11], [12] systematisch untersucht haben [13]. Ältere Bauwerke, bei denen schon wesentlich früher ein dünner, i.d.R. nur einlagig aufgebracht Fließasphalt das Bauwerk schützen sollte, zeigen aber die hervorragende Wirkung dieser alternativen Art der Aufbringung eines "Schutzdaches". Die auf diese Art konstruierten und heute noch existierenden Brücken haben ebenfalls nur sehr geringe Unterhaltungskosten.



Bild 2 Ehem. Fußgängerbrücke
über die BAB 8 bei Pforzheim-West

Bild 2 zeigt eine in [6] dokumentierte Fußgänger- und Radwegbrücke (siehe auch [1]). 1938 wurden drei dieser Fußgängerbrücken im Zuge des Autobahnbaus zwischen Karlsruhe und Stuttgart sowie eine weitere beim Alaufstieg errichtet. Nach Angabe des ehemaligen Landesamtes für Straßenwesen, Stuttgart, betragen die jährlichen Unterhaltungskosten nur 250,-- € je Brücke und Jahr [7]. Dies lag zum Einen an den in Querrichtung mit 2% Gefälle ausgebildeten Bitumenbelägen, welche insbesondere die Hauptträger schützten; zum Anderen am Werkstoff Holz, der gegen die Salzbeanspruchung resistent ist. Die beiden letzten der baugleichen Brücken bei Pforzheim-Ost und -West wurden 1998 im Zuge des sechsspurigen Ausbaus abgerissen. Die Standzeit dieser beiden Brücken hätte auch mehr als nur gut 60 Jahre betragen können.

Holz hat bei richtiger Behandlung (insbesondere konstruktiver Holzschutz) eine hohe Lebensdauer; mehr als 200 Jahre alte Holzbrücken – vor allem in den Alpenländern – beweisen dies [6]; vgl. auch Bild 3. Die Philosophien der neuen DIN 1052 und DIN 1074 unterstützen nachhaltig die Planung der Dauerhaftigkeit von Konstruktionen des Ingenieurholzbaus.



Bild 3 Kapellbrücke Luzern (1333)

Ehem. Straßenbrücke Bad Säckingen (1570)

Ehem. Straßenbrücke Wangen (1550)

2004 wurde bei Hasselfelde im Harz die erste bundesdeutsche Schwerlastbrücke aus Holz über den Brunnenbach errichtet (Bild 4). Die Fahrbahn der einspurigen 60-Tonnen-Brücke wurde aus Eichenholz hergestellt. Entsprechend einer Veröffentlichung des Niedersächsischen Forstamtes wird für diese überdachte Brücke auf Grund des baulichen Holzschutzes eine Nutzungsdauer von 100 Jahren erwartet.

Bild 4

Forstwegbrücke über den Brunnenbach (D)



Aus Sicht des Verfassers wäre daher in der geplanten Neufassung der Ablöserichtlinien die nachfolgenden Zeilen der Tabelle 2 sinnvoll. Die gegenüber Tabelle 1 geänderten Werte und Begrifflichkeiten wurden fett hervorgehoben.

Tabelle 2 Auszug Neufassung Ablöserichtlinie (Vorschlag)

1 1.2 1.2.5	Brücken Überbauten aus Holz	Theoretische Nutzungsdauer m [Jahre]	Jährliche Unter- haltungskosten p [%]	Ablöserichtlinie Zeile
	Spalte 1	2	3	4
1.2.5.1	für Geh- und Radwege (nicht geschützt)	40	2,5	?
1.2.5.2	für Geh- und Radwege (geschütztes Haupttragwerk)	80	1,0	?
1.2.5.3	für Straßen (geschütztes Haupttragwerk)	80	1,3	?

Um auch in der Praxis die Sinnhaftigkeit dieser Sichtweise zu unterstreichen, wurden im Abschlussbericht [10] noch einige Hinweise gegeben, welche sich bei mehreren Brücken herauskristallisierten. Sie sollen helfen, künftig Ingenieurholzbauten noch besser zu konstruieren, um die Unterhaltungskosten zu senken und die Lebensdauern zu verlängern.

Auch im Hinblick auf die nunmehr gleich langen Überwachungsintervalle für Brücken verschiedener Werkstoffe wäre es sinnvoll, die zur Zeit 148 vorhandenen, allgemein anerkannten Richtzeichnungen (RiZ) des Bundes und der Länder auch auf die im Forschungsvorhaben untersuchten moderne Holzbrücken zu übertragen.

4 Zusammenfassung

Auf Grund der vorgestellten Untersuchung ergaben sich für die repräsentative Anzahl von weit über 50 Holzbrücken baukostenbezogene, jährliche Unterhaltungskosten für die Überbauten von i.M. deutlich unter 1%. Damit ist in der Praxis ein Qualitätsniveau vorhanden, das sowohl mit dem von Straßenbrücken aus Stahl, Stahlbeton oder Spannbeton übereinstimmt, als auch die im Referentenentwurf zu den Ablöserichtlinien für Holzbrücken „mit Schutzdach“ angegebenen Werte deutlich unterschreitet.

Außerdem konnte belegt werden, dass bei geschützten hölzernen Brücken nicht zwingend in die Anwendungsbereiche Geh- und Radwege sowie Straßenverkehr unterschieden werden müsste.

Bei der Realisierung von Brücken dürfte künftig der natürliche und wiederverwendbare Rohstoff Holz an Einsatz gewinnen. Neben den fast unbegrenzten Gestaltungsmöglichkeiten sprechen die äußerst günstige Gesamtenergie- und CO₂-Bilanz bei zugleich steigenden Energiekosten und Umweltschutzproblemen, die Um- und Rückbaumöglichkeiten sowie die stoffliche Verwertung für den Baustoff Holz. Holz hat bei gutem baulichen Holzschutz eine hohe Lebensdauer; mehr als 200 Jahre alte Holzbrücken in den Alpenländern beweisen dies.

5 Literatur

- [1] SENGLER, D. 1996
Dokumentation und Ermittlung realitätsbezogener und bauart-spezifischer Unterhaltungskosten von Holzbrücken.
Schlussbericht Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V. (DGfH), München und Forschungs- und Materialprüfungsanstalt (FMPA) Baden-Württemberg,
gefördert aus Mitteln des Forstabsatzfonds
- [2] WERNER, G. 1988
Unterhaltungskosten von Holzbrücken.
in: Bautechnik 75 (1988), H. 4, S. 109 – 113
- [3] SAH 1989
Brücken und Stege aus Holz (11/89).
Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für Holzforschung SAH (Hrsg.),
Sekretariat LIGNUM, Zürich
- [4] Richtlinien für die Berechnung der Ablösebeträge der Erhaltungskosten für Brücken und sonstige Ingenieurbauwerke – Ablöserichtlinien 1980, Ausgabe 1988 – .
Bundesminister für Verkehr (Hrsg.)

- [5] SENGLER, D. 2000
Unterhaltungskosten von Holzbrücken.
Fortschreibung von [1] im Auftrag der Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (EGH) in der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung (DGfH),
gefördert aus Mitteln des Holzabsatzfonds (HAF), noch nicht vollständig abgeschlossen
- [6] GEROLD, M. 2000
Holzbrücken am Weg – einschließlich
Geschichte des Holzbrückenbaus unter Berücksichtigung neuester Entwicklungen.
Bruderverlag Karlsruhe, ISBN 3-87104-126-2
- [7] GEROLD, M.; SCHMID, H. 2000
Hölzerne Brücken über Autobahnen.
In: Bautechnik 77, H. 3, S. 145 – 155
- [8] Richtlinien für die „Berechnung der Erhaltungskosten und Ablösungsbeträge von Ingenieurbauwerken, Straßen und Wegen“
Österreichische Vereinbarung zwischen HLAG, ÖBB und ASFINAG aus dem Jahr 2002
- [9] FINGER, A.; MEILI, M. 2002
Dauerhaftigkeit von offenen Holzbrücken.
Forschungsbericht 115/49 der EMPA Dübendorf, November 2002
- [10] GEROLD, M. 2005
Ablösebeträge für moderne Holzbrücken.
Abschlussbericht Forschungsvorhaben,
koordiniert durch die DGfH Innovations- und Service GmbH),
gefördert aus Mitteln des Holzabsatzfonds (HAF)

Interessenten finden einen Kurzbericht in:
infoholz.de
Forschung und Lehre
Forschungsprojekte Forst&Holz
Zu den abgeschlossenen Forschungsprojekten
Holz im Bauwesen - Neubau und Bestand

oder über Google (Titel ‚Ablöserichtlinien‘ eingeben)
- [11] INFORMATIONSDIENST **HOLZ**
- holzbau handbuch
Reihe 1 Entwurf und Konstruktion
Teil 9 Brücken

Folge 1: Brücken: Planung - Konstruktion - Berechnung (08/97)

Folge 2: Details für Holzbrücken (12/00)

Folge 4: QS-Holzplattenbrücken (10/95)

- Brücken aus Holz - Konstruieren - Berechnen - Ausführen (1999)

Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (EGH) in der

Deutschen Gesellschaft für Holzforschung e.V., München (Hrsg.)

Technische Anfragen, weitere Informationen über

www.informationsdienst-holz.de/Publikationen

[12] Informationen über Gußasphalt

- Heft 26 - Bauwerksabdichtungen - Heft 30 - Parkhausbeläge

- Heft 32 - Bauweisen mit Gußasphalt - Heft 38 - Brücken, Tröge, Tunnel

Beratungsstelle für Asphaltverwendung e.V. (Hrsg.),

Dottendorfer Str. 86, D - 53129 Bonn

[13] 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.),

gefördert aus Mitteln des Forstabsatzfonds

[14] Statistisches Bundesamt, Fachserie 17, R 4 (02/2004)

[15] DIN 1074 Holzbrücken

Entwurf 10/04

[16] DIN 1076 Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen
 - Überwachung und Prüfung

Ausgabe 11/99