

Die Bauwerksprüfung geschützter Holzbrücken – handnah und wirtschaftlich?

Prof. Dr.-Ing. Antje Simon
Professorin für Ingenieurholzbau
Fachhochschule Erfurt – University of Applied Sciences
DE-Erfurt

Freie Mitarbeiterin in der Ingenieurgemeinschaft
Setzpfandt GmbH & Co. KG, DE-Weimar

Prof. Dipl.-Ing. Andreas Müller
Professor für Holzbau u. Baukonstruktion
Leiter Institut für Holzbau, Tragwerke u. Architektur
Bernern Fachhochschule, CH-Biel

ö.b.u.v. Sachverständiger für Holzbau, insbesondere Holzbrückenbau
Tragwerkeplus Ingenieurgesellschaft
DE-Reutlingen



Die Bauwerksprüfung geschützter Holzbrücken – handnah und wirtschaftlich?

1. Einleitung

Die sachkundige Prüfung von Ingenieurbauwerken ist eine grundlegende Voraussetzung für die Erhaltung des Bauwerksbestandes. Nur mit Hilfe einer regelmäßigen Überwachung und Prüfung kann der Bauwerkszustand kontinuierlich erfasst werden, wodurch Mängel und Schäden rechtzeitig erkannt und erforderlichenfalls behoben werden können.

Holzbrücken stellen aufgrund ihres natürlichen Hauptbaustoffes einen besonderen Konstruktionstyp der Ingenieurbauwerke dar. Unerkannte Schäden können sich bei Holzbrücken in kurzer Zeit gravierend auf die Dauerhaftigkeit und Standsicherheit auswirken.

Der folgende Beitrag widmet sich unter Berücksichtigung des aktuellen Standes der Regelwerke der Frage, ob die Bauwerksprüfung geschützter Holzbrücken einfach handnah und wirtschaftlich möglich ist. Dabei werden Anforderungen an das Bauwerksprüfpersonal, die Ausstattung der Prüfer und der Bauwerke herausgearbeitet und anhand praktischer Beispiele dokumentiert.

2. Die Bauwerksprüfung im Allgemeinen

2.1. Bedeutung

Ingenieurbauwerke unterliegen einem Qualitätsmanagement, welches die Planung, den Bau, die Erhaltung sowie den Rückbau bzw. Ersatzneubau umfasst. Die Brückenprüfung ist ein wesentlicher Bestandteil in diesem Qualitätsmanagementsystem. Nur durch kontinuierliche Überwachung des Bauwerkszustandes können Schäden und Mängel rechtzeitig erkannt und behoben werden.

In Deutschland ist die Prüfung von Ingenieurbauwerken Aufgabe der Straßenbauverwaltung. Die Straßenbauverwaltungen sind im Rahmen der allgemeinen Daseinsvorsorge verantwortlich für die Standsicherheit, Verkehrssicherheit und Dauerhaftigkeit der Ingenieurbauwerke im Zuge ihrer Straßen und Wege.

2.2. Regelwerke

Im Folgenden werden die wichtigsten deutschen Regelwerke der Bauwerksprüfung aufgeführt, die auch für die Prüfung von Holzbrücken relevant sind. Eine umfassende Darstellung aller in Deutschland zu berücksichtigenden Normen und Richtlinien bei der Bauwerksprüfung findet sich in [1].

Das grundlegende technische Regelwerk für die Erfassung des Zustandes von Ingenieurbauwerken ist in Deutschland die DIN 1076 – Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen, Überwachung und Prüfung [2]. In dieser Norm ist festgelegt, welche Bauwerke wie oft von wem, wie und mit welchem Aufwand zu prüfen sind. In Deutschland ist die DIN 1076 auf Veranlassung des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) für die Baulastträger der Bundesfern- und Landesstraßen verbindlich eingeführt. Da diese Norm zudem als „Anerkannte Regel der Technik“ gilt, müssen auch kommunale Baulastträger die DIN 1076 für ihre Bauwerke anwenden.

Die Grundlage für eine standardisierte Aufnahme und objektive Bewertung von Bauwerksschäden wurde mit der „Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076 (RI-EBW-PRÜF) [3] geschaffen. Im Gegensatz zur DIN 1076 ist die RI-EBW-PRÜF, die in den Ländern ebenfalls eingeführt wurde, für kommunale Baulastträger nicht verpflichtend.

Werden im Rahmen einer Bauwerksprüfung Schäden mit unklarer Ursache, größeren oder unbekanntem Ausmaß festgestellt, so kann eine „Objektbezogene Schadensanalyse nach (OSA)“ [4] erforderlich werden. Bei einer solchen, über die regelmäßige Bauwerksprüfung hinausgehenden Untersuchung sind Ursachen und Ausmaß der Schäden detailliert zu untersuchen und zu bewerten, um geeignete Sicherungs- und Erhaltungsmaßnahmen ableiten zu können.

Bereits beim Entwurf von Ingenieurbauwerken sind die „Richtlinien für die bauliche Durchbildung und Ausstattung von Brücken zur Überwachung, Prüfung und Erhaltung (RBA-BRÜ)“ [5] sowie die „Richtzeichnungen für Ingenieurbauten (RiZ-ING)“ [6] zu berücksichtigen. RBA-BRÜ und Richtzeichnungen geben wesentliche konstruktive Hinweise für die Zugänglichkeit und den Platzbedarf für Prüfpersonal und Ausrüstung sowie für stationäre Bauwerksausstattung zur Brückenprüfung.

Da die Richtzeichnungen keine Hinweise zur Konstruktion von Holzbrücken geben, wurden für Holzbrücken eigene Muster- [7] und Detailzeichnungen [8] entwickelt. Im Gegensatz zu den Richtzeichnungen sind diese Konstruktionszeichnungen nicht bauaufsichtlich eingeführt worden, da eine selten vorkommende Bauweise keiner bundesrechtlichen Regelung bedarf. Abbildung 1 zeigt, dass in Deutschland im Verantwortungsbereich des Bundes und der Länder Holzbrücken sehr selten gebaut werden.

Da die holzbauspezifischen Konstruktionszeichnungen nicht bauaufsichtlich geregelt sind, unterliegen sie aufgrund fehlender Arbeitsgruppen- und Forschungsfinanzierung keiner kontinuierlichen Fortschreibung. Die Aktualisierung der Muster- bzw. Detailzeichnungen unter Berücksichtigung aktueller Erkenntnisse und Forschungsergebnisse ist daher nur mit deutlichem Zeitverzug umsetzbar.

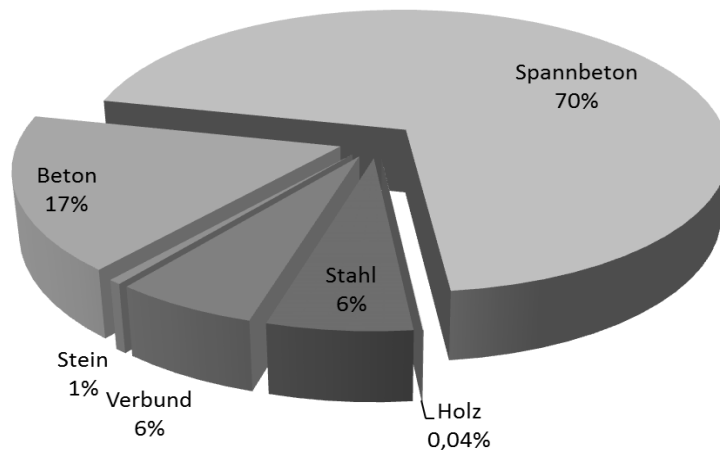


Abbildung 1: Flächenanteile verschiedener Bauarten an der Gesamtfläche der Brücken in Bundesfernstraßen (Stand 01.03.2012, Quelle: BMVBS)

2.3. Arten der Bauwerksprüfung

Bauwerksprüfungen nach DIN 1076 erfolgen mit unterschiedlicher Prüftiefe in unterschiedlichen Zeitintervallen.

Die Verkehrssicherheit aller Ingenieurbauwerke ist im Rahmen der allgemeinen Streckenkontrolle laufend zu kontrollieren. Zusätzlich sind im Rahmen der **Laufenden Beobachtung** zweimal jährlich alle Bauteile ohne besondere Hilfsmittel von der Verkehrsebene und vom Geländeniveau aus zu beobachten.

Einmal pro Jahr erfolgt eine **Besichtigung** von der Verkehrsebene und vom Geländeniveau aus sowie in begehbaren Hohlräumen zur Feststellung offensichtlicher Mängel/Schäden. Diese Besichtigung ist zusätzlich notwendig nach außergewöhnlichen Ereignissen, die die Standsicherheit oder Verkehrssicherheit beeinträchtigen können, wie z. B. Hochwasser, Eisgang oder schwere Verkehrsunfälle. In den Jahren, in denen eine Einfache oder eine Hauptprüfung durchgeführt wird, entfällt die Besichtigung.

Bevor ein Bauwerk abgenommen wird, ist die erste **Hauptprüfung** notwendig. Die zweite Hauptprüfung erfolgt vor Ablauf der Verjährungsfrist für die Gewährleistung. Danach wird das Bauwerk im Abstand von sechs Jahren einer Hauptprüfung unterzogen. Im Rahmen einer Hauptprüfung sind alle, auch die schwer zugänglichen Bauwerksteile **handnah** zu prüfen. Dazu sind Abdeckungen zu entfernen und die Oberflächen zu reinigen, um auch versteckte Schäden erkennen zu können. Über die Hauptprüfung wird ein detaillierter Prüfbericht erstellt, in dem sämtliche Schäden beschrieben, ggf. bildlich dokumentiert und hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Standsicherheit, Verkehrssicherheit und Dauerhaftigkeit des Bauwerkes bewertet werden.

Drei Jahre nach einer Hauptprüfung erfolgt eine **Einfache Prüfung** als intensive erweiterte Sichtprüfung. Hierbei ist insbesondere auf die Schäden der vorangegangenen Hauptprüfung zu achten.

Nach außergewöhnlichen Ereignissen (z. B. Hochwasser, Unfall) kann zusätzlich zur Haupt- oder Einfachen Prüfung eine **Prüfung aus besonderem Anlass (Sonderprüfung)** erforderlich werden.

Die folgende Abbildung 2 gibt einen Überblick über die Zyklen der Bauwerksprüfung nach DIN 1076.

Prüfungstyp ¹	Prüfung vor Abnahme der Leistung	Anzahl der Prüfungen bis zur Verjährung der Mängelansprüche					Anzahl der Prüfungen bis zum Ende der Nutzungsdauer						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	weiterhin
	Baujahr												
LB ²		2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x
B		1x	1x		1x		1x	1x		1x	1x		1x ³
E				●					●				Alle 6 Jahre
H ⁴	●					●						●	Alle 6 Jahre
S		Auf Anordnung oder nach größeren Unwettern, Hochwassern, Verkehrsunfällen oder sonstigen den Bestand der Bauwerke beeinflussenden Ereignissen											

¹ LB = Laufende Beobachtung, B = Besichtigung, E = Einfache Prüfung, H = Hauptprüfung, S = Sonderprüfung

² Beobachtung laufend im Rahmen der Streckenkontrolle und zusätzlich 2x/Jahr Beobachtung aller Bauteile von der Verkehrsebene/Geländeebene aus

³ außer in den Jahren, in denen eine Haupt- oder einfache Prüfung durchgeführt wird

⁴ für Holzbrücken gelten abweichende Regelungen gemäß RI-EBW-PRÜF [3]

Abbildung 2: Zyklen der Bauwerksprüfung und Bauwerksüberwachung nach DIN 1076 (Tabelle 2 aus [1])

Der Übersicht ist zu entnehmen, dass für die Hauptprüfung von Holzbrücken mit Einführung der neuen RI-EBW-PRÜF [3] im Jahr 2013 abweichende Prüfintervalle festgelegt wurden. Ungeschützte Holzbrücken und solche, die aufgrund ihrer Lage im Bereich von Gewässern oder Ähnlichem einer besonderen Beanspruchung ausgesetzt sind, sind danach **jährlich** einer Hauptprüfung zu unterziehen.

Für die Laufende Beobachtung, die Besichtigung und die Prüfung von Holzbrücken sind in [9] über die Anforderungen der DIN 1076 hinausgehende zusätzliche Maßnahmen aufgeführt. Diese Maßnahmen beinhalten die Forderungen, bereits bei der Laufenden Beobachtung und Besichtigung sachkundiges Personal einzusetzen und das Hauptaugenmerk auf das Erkennen von Durchfeuchtungen, Fäule und Pilzwachstum zu richten.

Eine umfassende Anleitung für die Durchführung von Bauwerksprüfungen an Holzbrücken bietet das in Österreich entwickelte Wartungsmanual für Holzbrücken [10]. Bei der Anwendung dieses Manuals in Deutschland ist zu beachten, dass das österreichische Überwachungsmanagement (Überwachungsintervalle, Prüfungstiefen) von den Vorgaben der DIN 1076 abweicht.

3. Besonderheiten bei der Bauwerksprüfung von Holzbrücken

3.1. Prüfverfahren für Holzbrücken

In DIN 1076 und RI-EBW-PRÜF ist der Mindestumfang für die Prüfung von Holzbrücken vorgeschrieben. Gemäß DIN 1076, Pkt. 5.2.6 sind bei Holzkonstruktionen insbesondere zu prüfen:

- „tragende Teile auf Verformungen,
- Schrauben und sonstige Verbindungen auf festen Sitz,
- auf Druck beanspruchte Stoßflächen auf sattes Aufeinandersitzen,
- Stöße oder Risse auf Eindringen von Feuchtigkeit,
- Klebefugen auf Unversehrtheit,
- alle Teile auf etwaige Bildung von Wassersäcken und Fäulniserscheinungen,
- alle Teile auf Befall durch Holzschädlinge
- Verschleißteile auf Abnutzung,
- Oberflächenschutz auf Mängel/Schäden,
- Verkehrsflächen auf Griffigkeit.“

Mit Einführung der neuen RI-EBW-PRÜF wurden unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus den Schadensfällen der vergangenen Jahre in Deutschland diese Prüfhinweise erweitert. In Deutschland ist nun vorgeschrieben, dass bei **jeder** Prüfung von Holzbrücken Holzfeuchtemessungen an konstruktiv sinnvollen Stellen durchzuführen sind.

Bauwerksprüfungen können mit Hilfe verschiedener technischer Verfahren durchgeführt werden. Zu den bewährten klassischen Prüfverfahren, die auch bei Holzbrücken eingesetzt werden, zählen u. a.:

- Holzfeuchtemessungen,
- Sichtprüfung auf Feuchtefahnen und Analyse biotischer Schädlinge (Pilze, Insekten),
- Messen von Rissen und Vergleich mit Messergebnissen vorangegangener Prüfungen,
- Messen von Verformungen,
- Abklopfen von Oberflächen zum Detektieren von Hohlstellen,
- Chemische Untersuchungen (z.B. Feststellung von Salzbelastungen, Holzschutzmittelbehandlungen).

Besteht bei der Prüfung von Holzbrücken der Verdacht auf gravierende Schäden, sind ggf. das Ultraschall-Echo-Verfahren einzusetzen oder Bohrwiderstandsmessungen durchzuführen. Diese Verfahren zählen - wie auch Thermografie, Endoskopie, Schalltomografie oder Röntgenverfahren - zu den zerstörungsfreien bzw. zerstörungssarmen Prüfverfahren. Eine umfassende Übersicht über geeignete Prüfverfahren in Abhängigkeit vom Prüfziel und den äußeren Randbedingungen, einschließlich Angaben zu Gerätekosten und erforderlicher Qualifikation des Brückenprüfers gibt das ZfPBau-Kompendium der Bundesanstalt für Straßenwesen [11]. Zu beachten ist, dass automatisierte Prüfverfahren (z. B. Laserscanning oder Thermografie) die Bauwerksprüfung unterstützen können, eine handnahe Prüfung jedoch nicht ersetzen dürfen.

Gerade bei Holzbrücken kann die Installation von Bauwerksmonitoringsystemen sinnvoll sein. Ziel eines Monitorings ist es, Messgrößen – insbesondere die Holzfeuchte, ggf. die Klimadaten der Umgebung oder Verformungen – über einen längeren Zeitraum kontinuierlich zu erfassen und zu dokumentieren. Auf der Basis der ausgewerteten Messergebnisse sind Schadensentwicklungen schneller feststellbar und Schadensursachen erkennbar.

3.2. Anforderungen an das Prüfpersonal

Die DIN1076 verlangt, dass die Prüfung von Ingenieurbauwerken durch einen sachkundigen Ingenieur erfolgt, der Statik und Konstruktion der Bauwerke beurteilen kann. Diese Forderung sollte für die Bauwerksprüfer von Holzbrücken im besonderen Maße gelten, da falsche Einschätzungen des Bauzustandes bei Holzbrücken durch Unkenntnis und fehlende Erfahrung gravierendere Auswirkungen für die Dauerhaftigkeit und Standsicherheit haben können als bei anderen Baustoffen.

Der Bauwerksprüfer muss sich sowohl mit modernen Konstruktionen, Baustoffen und Instandsetzungssystemen als auch mit historischen, heute nicht mehr gebräuchlichen Bauweisen auskennen. Eine qualitätsgerechte Bauwerksprüfung erfordert ein breites Wissen auf verschiedenen Gebieten des Bauingenieurwesens, wie z. B. Baukonstruktion, Baustatik, Baustoffkunde, Prüftechnik, Straßen- und Verkehrstechnik, Vermessungswesen, Instandsetzung. Außerdem sind Kenntnisse der Gesetze, Verwaltungsvorschriften, des Arbeitsschutzes und der Unfallverhütungsvorschriften notwendig.

Neben den fachlichen Anforderungen erfordert die Bauwerksprüfung eine gute körperliche und psychische Verfassung, sowie ein hohes Maß an Sozialkompetenz, Organisationsvermögen und Verantwortungsbewusstsein.

Im Jahre 2008 wurde in Deutschland der „Verein zur Förderung der Qualitätssicherung und Zertifizierung der Aus- und Fortbildung von Ingenieurinnen/Ingenieuren der Bauwerksprüfung“ (VFIB) gegründet, um durch Aus- und Fortbildung den hohen Qualitätsanspruch an die Bauwerksprüfung sicher zu stellen. Mitglieder in diesem Verein sind u. a. das BMVBS, die Straßenbauverwaltungen der Bundesländer, Kommunen, Kreise, Ingenieurkammern und Ingenieurbüros. Die qualitätsgesicherte Ausbildung umfasst einen fünfjährigen Grundlehrgang und mehrere zweitägige Fortbildungslehrgänge.

Die Straßenbauverwaltungen in Deutschland verlangen in der Regel die Vorlage des Lehrgangszertifikates als Nachweis der Sachkunde bei der Vergabe von Bauwerksprüfungen.

Während im Grundlehrgang des VFIB der Holzbrückenbau nicht thematisiert wird, können in Fortbildungslehrgängen Kenntnisse zur Prüfung von Holzbrücken erlangt werden. Inhalte dieser Fortbildungen sind u. a. Schadensursachen und Schadensabläufe an Holzbrücken sowie holzbauspezifische Prüfmethode in Theorie und Praxis. Weiterhin bietet der VFIB regelmäßig Fortbildungstagungen an, auf denen auch die Prüfung von Holzbrücken thematisiert wurde [12].

Eine Umfrage in einigen Landesämtern ergab, dass bei der Vergabe der Bauwerksprüfungen von Holzbrücken auf eine holzbauspezifische Sachkompetenz der Prüfer Wert gelegt wird.

3.3. Anforderungen an die Bauwerkskonstruktion und -ausstattung

Brückenbauwerke sind so zu konstruieren und auszustatten, dass die in DIN 1076 geforderte handnahe Prüfung jederzeit sicher, einfach und wirtschaftlich durchführbar ist.

Damit ergibt sich die unmittelbare Forderung, dass bereits beim Entwurf eines Brückenbauwerkes Anforderungen, die sich aus der Durchführung der handnahen und wirtschaftlichen Bauwerksprüfung ergeben, Berücksichtigung finden müssen. In den Straßenbauverwaltungen der Länder werden daher die Ingenieure der Bauwerksprüfung zunehmend bereits in den Entwurfsprozess mit einbezogen.

Der konstruktive Holzschutz ist ein integraler Bestandteil bei der Planung von Holzbrücken. Die Definition für geschützte Brücken ist im Nationalen Anhang des EC 5 [13], NA.1.5.2.6 enthalten: Ein Bauteil gilt als geschützt, wenn „eine direkte Bewitterung durch Niederschläge oder durch Eintrag von Feuchte ausgeschlossen ist“.

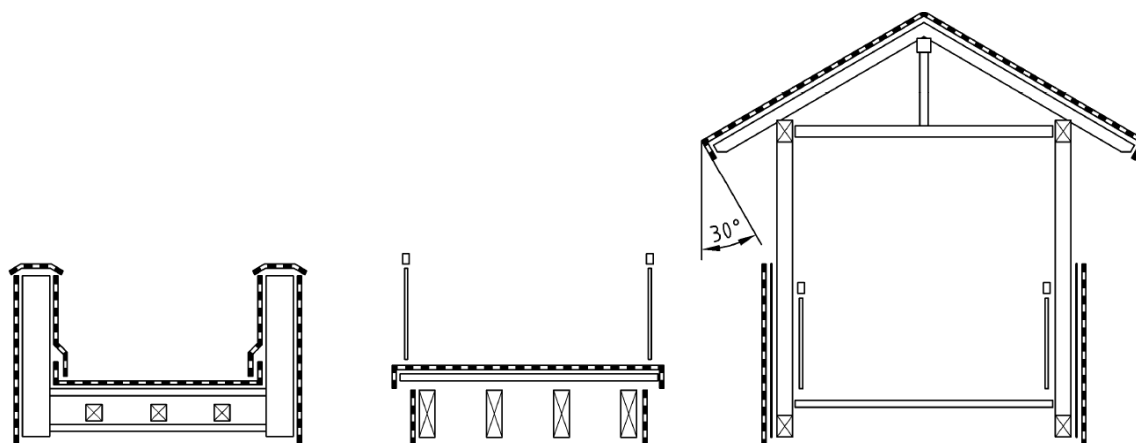


Abbildung 3: Beispiele für geschützte Brückenbauteile: Brücke mit unten liegender Verkehrsbahn (links), Brücke mit oben liegender Verkehrsbahn (Mitte), gedeckte Brücke (rechts) (Bild NA.1 aus [13])

Gemäß NCI NA.4.4.1 sind geschützte Bauteile „an allen durch Niederschläge gefährdeten Seiten durch einen Wetterschutz z. B. in Form von Bekleidungen oder eines ausreichenden Dachüberstandes zu schützen.“ Besondere Expositionen (z. B. Feuchteintrag durch Fahrzeugverkehr auf gedeckten Brücken, Loipenbrücken, Brücken im unmittelbaren Sprühhbereich von Wasserfällen) sind besonders zu berücksichtigen.

Empfehlungen für die bauliche Durchbildung von Holzbrücken geben Abschnitt 4 des EC 5-2 [14] und der Anhang NA.C.1 des deutschen Nationalen Anhangs [13]. Generell sollten tragende oder nicht austauschbare Bauteile (z. B. Hauptträger) geschützt ausgebildet werden. Der Wetterschutz soll so konstruiert sein, dass die dahinter liegenden Bauteile einfach zu kontrollieren sind. Vorschläge für die konstruktive Ausbildung des Wetterschutzes geben die Musterzeichnungen HS0 – HS7 nach [7]. Untergeordnete oder austauschbare Bauteile (z. B. Geländer, Bohlenbeläge) dürfen ungeschützt ausgebildet werden.

Am einfachsten ist der Bewitterungsschutz durch einen ausreichenden Überstand der schützenden Konstruktion über die zu schützende Konstruktion zu gewährleisten. Bei gedeckten Brücken realisiert das Dach diesen ausreichenden Überstand (Abbildung 3).

Bei Brücken mit obenliegender Verkehrsbahn, sogenannten Deckbrücken, ist die Verkehrsbahn geschlossen auszuführen und ausreichend überstehen zu lassen (z. B. Holz-Beton-Verbundbrücken, Brücken mit Gussasphaltdeckschicht) (Abbildung 4).

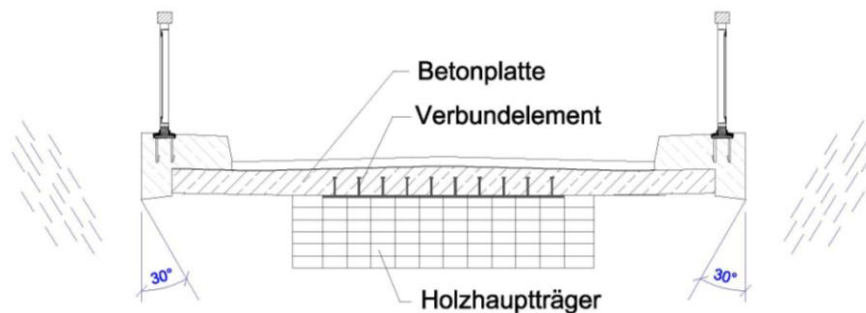


Abbildung 4: Geschützte Brücke mit oben liegender Verkehrsbahn: Holz-Beton-Verbundbrücke

Brücken mit untenliegender Verkehrsbahn, sogenannte Trogbrücken, können nur durch seitliche Bekleidungen geschützt werden. Solche Bekleidungen sind auch für alle tragenden Bauteile notwendig, wenn der Dachüberstand nicht ausreicht (vgl. Abbildung 3).

Die Bekleidung ist so auszubilden, dass die dahinter liegenden Bauteile einfach zu kontrollieren sind. Wird diese Forderung missachtet, ist bei jeder Hauptprüfung der Wetterschutz soweit abzubauen, dass eine handnahe Prüfung erfolgen kann. Der alleinige Einsatz von Endoskopie zur Begutachtung des Zustandes der Haupttragglieder widerspricht dem Prinzip der handnahen Prüfung und wird daher von Seiten der Bauherren nicht akzeptiert. Eine offene, lamellenartige Bekleidung mit ausreichendem Brettabstand analog Musterzeichnung HS1 nach [7], die gleichzeitig Wetterschutz bietet und die Sichtprüfung der Holzoberflächen ermöglicht, stellt einen akzeptablen Kompromiss dar.

Durchgängig verschraubte Verschalung können nur mit großem Aufwand abgebaut werden. Wirtschaftlicher als eine kontinuierlich verschraubte Bekleidung wären abklappbare oder aushängbare Verschalungen in handhabbaren Einzelelementgrößen.

Für die Bauwerksprüfung besonderer Bauteile – hierzu werden Holzbrücken gezählt – ist gemäß RI-EBW-PRÜF ein Prüfhandbuch zu erarbeiten. In diesem Dokument sind Prüfanweisungen aus der Tragwerksplanung, erforderliche zerstörungsfreie/zerstörungsarme Prüfverfahren einschließlich Geräteeinsatz und verbindliche organisatorische Anweisungen vorzugeben.

Das Prüfhandbuch sollte zur Erläuterung des Holzschutzkonzeptes genutzt werden. Darin ist festzuhalten, welche Bauteile als Verschleißteile vorgesehen sind, die bei Bedarf ausgetauscht werden müssen, und welche Bauteile geschützt ausgeführt sind. Weiterhin sind die Wartungsarbeiten vorzuschreiben, die für die Dauerhaftigkeit der Brücke bedeutsam sind (z. B. regelmäßige Reinigung, Entfernung von Bewuchs in der unmittelbaren Bauwerksumgebung, Erneuerung des Anstriches und des Korrosionsschutzes der Stahleinbauteile).

3.4. Anforderungen an die technische Ausrüstung

Einen umfassenden Überblick über Besichtigungsgeräte und die erforderliche technische Standardausrüstung eines Brückenprüfer-Teams gibt [1]. Zusätzlich zu den dort genannten Gegenständen sind für die Prüfung von Holzbrücken folgende Geräte sinnvoll:

Gerät	Zielgröße	Einsatz ¹
Holzfeuchtemessgerät	Bestimmung der Holzfeuchte (lokal)	EP, HP an allen konstruktiv kritischen Stellen
Endoskop	Besichtigung schwer zugänglicher Bereiche	HP an allen konstruktiv kritischen Stellen, die nicht durch Abbau von Verkleidungen erreichbar sind
Zuwachs-/Kernbohrer	Erfassung des Holzzustandes	HP, OSA Bei Verdacht auf Schädigung im Inneren des Bauteils, Ermittlung der Tiefe des geschädigten Bereiches
Geräte zur Bohrwiderstandsmessung	Bestimmung von geschädigten Holzbereichen	OSA Bei Verdacht auf Schädigung im Inneren des Bauteils, Ermittlung der Tiefe des geschädigten Bereiches
Röntgenblitzröhre	Untersuchung von nicht zugänglichen Verbindungen	OSA Bei Verdacht auf Schädigung im Inneren des Bauteils, Ermittlung der Tiefe des geschädigten Bereiches

¹ EP = Einfache Prüfung, HP = Hauptprüfung, OSA = Objektbezogene Schadensanalyse

Für besondere Prüfverfahren (z. B. für Ultraschallmessungen, für Schalltomografie, Frequenzmessungen) werden besondere Geräte benötigt. Spezielle Untersuchungsmethoden werden meist nur im Rahmen einer OSA eingesetzt und i. d. R. durch entsprechend ausgerüstete Spezialfirmen ausgeführt.

3.5. Aufwand der Bauwerksprüfung von Holzbrücken

3.5.1. Allgemeines

Der Aufwand bei der Prüfung von Ingenieurbauwerken wird im Wesentlichen von folgenden Einflussfaktoren bestimmt:

- Art der Bauwerksprüfung
- Größe, Lage, Bauart, Baustoff, Alter, Zustand, Ausstattung und Zugänglichkeit des Bauwerkes
- Kreuzende Verkehrswege und Gewässer
- Arten der erforderliche Besichtigungsgeräte
- Verkehrssicherung

Die Art der Bauwerksprüfung (Einfache Prüfung, Hauptprüfung, Sonderprüfung) bestimmt die zu erbringende Leistung und den erforderlichen Geräteeinsatz. Die Verkehrssicherungsmaßnahmen, das Bereitstellen und Betreiben der Besichtigungsgeräte, das Einholen von Genehmigungen (z. B. bei Prüfungen im Bereich von Gleisanlagen oder Wasserstraßen) sowie das Reinigen von Bauteilen, Entfernen von Abdeckungen und Bewuchs gelten dabei als Besondere Leistungen. Reinigungsarbeiten und das Entfernen von Abdeckungen und Bewuchs werden häufig von den örtlichen Straßenmeistereien selbst durchgeführt. Diese Arbeiten sind dann nicht Bestandteil der zu vergebenden Leistungen.

Die Durchführung von speziellen Prüfverfahren (Ultraschallprüfungen u. ä.) wird i. d. R. nicht direkt mit der Bauwerksprüfung beauftragt, sondern im Rahmen einer OSA gesondert vergeben.

3.5.2. Ausschreibung/Vergabe

Die Verfahren zur Ausschreibung und Vergabe von Bauwerksprüfungen variieren in den einzelnen Bundesländern und Kommunen und sind abhängig vom Auftragsumfang. Kleinere Aufträge – dazu zählen die Prüfung von Holzbrücken i. d. R. – werden meist auf der Wertung von mind. drei Vergleichsangeboten vergeben.

Nach Informationen einzelner Landesämter wird die Prüfung größerer Holzbrücken zunehmend mit landeseigenem, im Holzbau speziell geschultem Personal durchgeführt und nicht mehr an Ingenieurbüros vergeben. Da die Verantwortung für die Sicherheit der Bauwerke stets bei der Verwaltung verbleibt, ist die Qualitätssicherung mit Vor-Ort-Kontrollen und fachgerechter Auswertung der Prüfbefunde notwendig. Bei der geringen Anzahl von Holzbrücken ist die Prüfung mit landeseigenem Personal sinnvoll, da der in den Verwaltungen ohnehin anfallende begleitende Aufwand im Vergleich zu dem eigentlichen Prüfaufwand vergleichsweise hoch ist.

Einige Länder unterziehen ihre Holzbrücken unabhängig von der Forderung der RI-EBW-PRÜF einer jährlichen Hauptprüfung, um Schäden rechtzeitig zu erkennen und beheben zu können.

Kommunen schreiben die Prüfung von Holzbrücken häufig nur bei statisch besonderen oder bereits stark geschädigten Bauwerken separat aus. Kleinere Holzbrücken werden hingegen meist im Paket mit Brücken anderer Bauarten vergeben, so dass für diese Brücken auch keine besondere holzbauspezifische Sachkompetenz erwartet wird. Eigenes Prüfpersonal mit holzbauspezifischer Sachkenntnis gibt es in den Kommunen i. d. R. nicht.

3.5.3. Kosten

Aktuelle durchschnittliche Prüfkosten für Brücken des Bundesfernstraßennetzes sind in [1] für Einfache und Hauptprüfungen zusammengestellt (Abbildung 5). Diese Daten basieren auf der Auswertung von Prüfkosten von ca. 2500 Bauwerken unterschiedlichster Größe und Konstruktion aus acht Bundesländern und fünf Kommunen. Darin sind auch Holzbrücken enthalten. Aufgrund der sehr geringen Anzahl von Holzbrücken an der Gesamtzahl der berücksichtigten Bauwerke kann zu genauen Prüfkosten für Holzbrücken daraus keine Aussage abgeleitet werden. Separate Kostenermittlungen für die Prüfung von Holzbrücken liegen nicht vor.

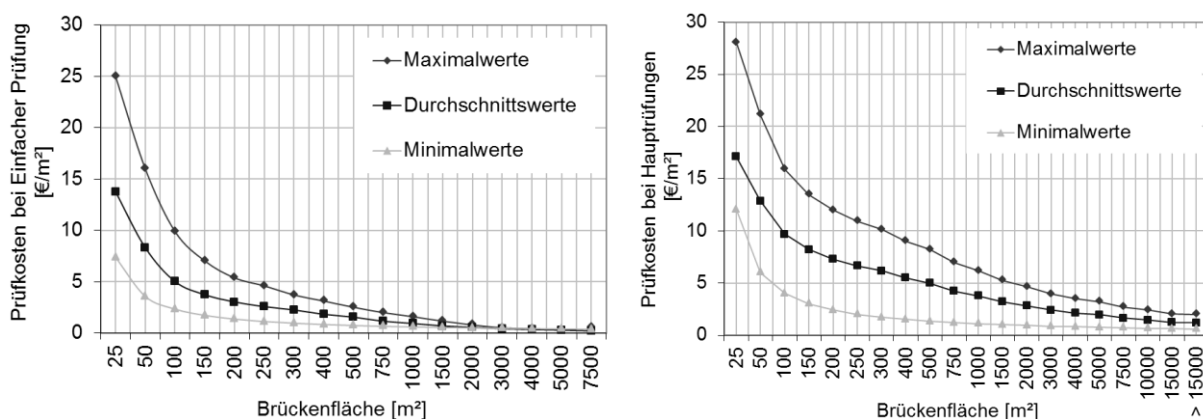


Abbildung 5: Prüfkosten für Einfache Prüfung (links) und Hauptprüfungen (rechts) in Abhängigkeit von der Brückenfläche – Stand 2012 (Bild 44 und 45 aus [1])

Die Auswertung zeigte, dass sich Prüfkosten zusammensetzen aus einem weitgehend konstanten Kostenanteil (z. B. für Vorbereitung und Dokumentation, Fahrtkosten) und einem Anteil, der von der Bauwerksgröße abhängt. Bei kleineren Brücken, zu denen die Holzbrücken zu zählen sind, ist der Anteil für die Vorbereitung, Dokumentation und Fahrt im Verhältnis zur eigentlich Prüfleistung hoch.

Ob sich die Kosten für die Prüfung geschützter Holzbrücken von denjenigen ungeschützter Holzbrücken unterscheiden, kann nicht nachgewiesen werden. Da bei ungeschützten Brücken verstärkt Schäden zu erwarten sind, ist der Prüfaufwand für diese Bauwerke vermutlich höher. Bei der Prüfung geschützter Brücken stellt die Entfernung des Witterschutzes einen zusätzlichen Aufwand dar. Im Vergleich zu den Kostenarten Verkehrssicherung, Betreiben und Vorhalten der Besichtigungsgeräte sind die Kosten für das Entfernen der Abdeckungen vergleichsweise gering.

4. Praktische Erfahrungen bei der Prüfung geschützter Holzbrücken

4.1. Ausbildung der Schutzbekleidungen

Der Bau geschützter Holzbrücken hat sich in den vergangenen Jahren erfreulicherweise durchgesetzt. Dies ist sehr zu begrüßen, da die jahrelangen Erfahrungen leider eindrücklich zeigten, dass mit ungeschützten Holzbrücken keinesfalls eine ausreichende Dauerhaftigkeit sichergestellt werden kann.

Andererseits führt dieser Sachverhalt meist zu einem höheren Aufwand bei der Brückenprüfung, da die direkte Zugänglichkeit der Bauteile für die handnahe Prüfung durch die Schutzbekleidungen etc. in der Regel erschwert wird. Der Aufwand steigt umso mehr, je weniger die Prüfbarkeit konsequent von Anfang an mit (ein-) geplant wurde.

Bei Hauptprüfungen ist die handnahe Überprüfung aller Bauteile und Einsichtnahme über die gesamte Träger- bzw. Bauteilfläche nach DIN 1076 [2] zwingend vorgeschrieben. Deshalb machen spezielle Prüföffnungen wenig Sinn. Eine über die gesamten Bauteilabmessungen leicht demontierbare Schutzbekleidung ist deshalb bei der Planung und Ausführung immer vorzuziehen.

Aushängbare oder aufklappbare Elemente sind für die Prüfer das Optimum. Nur so können mit vertretbarem Aufwand alle Bauteile wie gefordert über die gesamte Träger- bzw. Bauteilfläche eingesehen werden. Die so ausgeführten Schutzbekleidungen müssen dabei immer zwingend mit Schraubverbindungen lagegesichert werden. Der Vandalismus ist heute beim Unterhalt von Brücken ein ernstzunehmendes Thema.

Bei den Befestigungsmitteln sind in jedem Fall Schraubverbindungen aus nichtrostendem Stahl zu verwenden. Dabei ist zu beachten, dass über die gesamte Lebensdauer einer geschützten Brücke die Schutzbekleidungen sicher mehr als 12 Mal für die Hauptprüfungen abgenommen und wieder befestigt werden müssen. Deshalb sind Schraubhülsen oder absicherbare Systemverbinder zu bevorzugen.

Bekleidungen aus Holzwerkstoffplatten, hier besonders Dreischichtplatten aus Nadelholz der Holzart Lärche, haben sich ebenfalls bewährt. Bei diesen ist jedoch zu beachten, dass die Fugen an den Stößen genügend breit eingeplant werden, damit auch nach dem Aufquellen der Platten diese noch problemlos entfernt werden können (Abbildung 6). Teilweise waren die Holzwerkstoffplatten bei Bauwerksprüfungen so fest verklemmt, dass ein Entfernen nur unter grossem Kraftaufwand und mit der Gefahr der Beschädigung der Plattenränder möglich war.



Abbildung 6: Beispiel einer gut entfernbaren, nachgerüsteten Schutzbekleidung



Abbildung 7: Gut einsehbare Hauptträger einer HBV-Brücke durch eine offene Stülpschalung

Offene, lamellenartige Bekleidungen mit ausreichendem Brettabstand (Abbildung 7) stellen wie in Abschnitt 0 bereits beschrieben, bezüglich der Prüfbarkeit der Hauptträger einen guten Kompromiss dar. Aber auch hier müssen für die Holzfeuchtemessung oft einzelne Bretter entfernt werden.

In der Regel wird der Überprüfbarkeit der Bauwerke bei der Ausbildung der Schutzbekleidungen noch eher keine Beachtung geschenkt. Für den Brückenprüfer ist es dann von grossem Vorteil, wenn wenigstens kleinteilige Schalungsteile bzw. -bretter verwendet wurden (Abbildung 8, Abbildung 9). Dabei haben sich im Besonderen Stülpschalungen sehr bewährt. Abweichend von den Forderungen in DIN 1076 [2] verzichten erfahrene Brückenprüfer oft auf die Einsichtnahme der Bauteile und überprüfen nur die kritischen Punkte am Bauwerk bzw. dort, wo durch Verfärbungen bzw. andere Hinweise eine Überprüfung angezeigt ist.



Abbildung 8: Schutzbekleidung mit kleinformatiger Stülpschalung

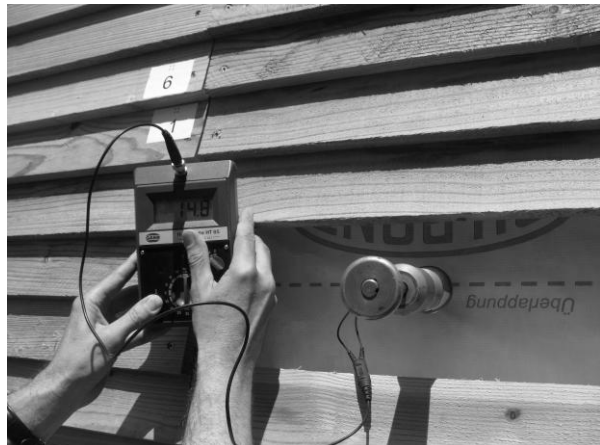


Abbildung 9: Diffusionsoffene Feuchteschutzbahn verhindert die visuelle Überprüfbarkeit

Ein wichtiges Handwerkszeug ist bei der Brückenprüfung ein leistungsfähiger Akku-Schrauber mit einer möglichst grossen Auswahl an Bits für die unterschiedlichsten Schraubenkopftypen. Die Mitnahme von mehreren Akkus zum Austausch bzw. ggf. eines Ladegerätes zum Nachladen macht Sinn. Die Brückenuntersichtgeräte und Hebebühnen sind heute in der Regel mit Stromanschlüssen ausgestattet.

4.2. Handnahe Überprüfung der Brückenuntersicht

4.2.1. Brücken über Straßen

Brücken über Verkehrswege (Straßen) können in der Regel sehr gut mit Hubarbeitsbühnen von unten sicher beurteilt werden. Diese sind in vielfältiger Form meist auch von regionalen Dienstleistern sehr gut ausleihbar. Diese können oft auch einschliesslich professionellen Bedienungspersonals angemietet werden. Dies macht für eher ungeübte

Nutzer ggf. Sinn. Professionelle Anbieter übernehmen dabei auch auf Nachfrage die Verkehrssicherungspflicht. Die Verantwortung hierfür muss jedoch klar vertraglich geregelt werden. Die Verkehrssicherungsmaßnahmen unterscheiden sich abhängig vom Straßentyp und des dadurch entstehenden Gefährdungspotentials erheblich. Der Aufwand hierfür ist nicht zu unterschätzen.

4.2.2. Brücken über Flüsse und Wasserwege

Brücken über Wasserwege sind in der Regel immer mit deutlich höherem Aufwand von unten handnah einsehbar. Der Einsatz von Brückenuntersichtgeräten sollte hier immer als beste und komfortabelste Lösung in Betracht gezogen werden. Gerade für die Überprüfung der heute vor allem auch für Straßenbrücken oft verwendeten Brücken mit oberliegender Verkehrsbahn nach Abbildung 3 bzw. Abbildung 4 sind diese Brückenuntersichtgeräte sehr gut geeignet. Selbst bei Brücken mit beidseitigem Haupttragwerk wie bei den sog. Trogbrücken nach Abbildung 10 sind diese Geräte bei nicht zu hohen Hauptträgern sehr gut einsetzbar. Die geforderte Mindestbreite des Lichtraumprofils von Geh- und Radwegbrücken reicht für diese ca. 2 m breiten Geräte gerade aus.

Begrenzt wird der Einsatz dieser Geräte besonders bei älteren Geh- und Radwegbrücken häufig durch die zulässige Flächenbelastung respektive zulässigen Radlasten. Das kleinste Gerät hat immerhin ein Eigengewicht von ca. 2.000-2.300 kg und belastet das Bauwerk mit ca. 5 kN/m². Die nach Fachbericht 101 anzusetzende Flächenlast kann abhängig von der Brückenlänge bei diesem Brückentyp auch niedriger sein. In diesen Fällen hilft nur ein entsprechend ausgebautes Rollgerüst für die Brückenprüfung (Abbildung 10).



Abbildung 10: Mit Rollgerüst befahrene Trogbrücke



Abbildung 11: Weder mit Brückenuntersichtgerät noch mit Rollgerüst befahrbare, gut geschützte, überdachte Holzbrücke

Eine weitere Begrenzung für den Einsatz dieser Brückenuntersichtgeräte ist der zur Verfügung stehende freie Lichtraum zwischen den Bauteilen, um die Ausleger bzw. Arbeitsstege dieser Geräte überhaupt „einfahren“ zu können. Gedeckte Fachwerkbrücken nach Abbildung 11 können leider i.d.R. nicht mit diesen Geräten befahren werden. Bei diesem aus baulich-konstruktiver Sicht für Geh- und Radwegbrücken auch für grosse Spannweiten häufig genutzten Brückentyp ist eine Überprüfung von unten kaum bzw. nur mit erhöhtem Aufwand möglich. Dies trifft auch auf die heute noch oft mit reduziertem Verkehr befahrbaren historischen Holzbrücken z.B. in der Schweiz zu. Die bei den Hauptprüfungen erforderliche handnahe Überprüfung der Brückenuntersicht kann hier nur durch aufwendige Gerüste oder durch z.B. auf Schwimmpontons befestigte Gerüste einigermaßen sicher wahrgenommen werden.

Anhängengerät

Max. Reichweite unter dem Bauwerk	4,50 m	Eigengewicht	2.000 - 2.300 kg*
Stegbreite	1,00 m	Belastung auf dem Bauwerk im Einsatz	< 500 kg/m ²
Max. Absenktiefe	4,00 m	Gesamtlänge	7,50 m
Max. horizontaler Übergriff	1,20 m	Transportbreite	2,00 m
Max. Belastung Steg	300 kg	Gesamthöhe	3,50 m
Max. Belastung Stegende	150 kg		
Drehbereich des Arbeitsstegs	135°	Benzinstromaggregat	
Platzbedarf in Einsatzposition	2,00 m	Hydraulischer Fahrtrieb	

Ausstattung Arbeitssteg

Stromanschluss 220 V

Der Betrieb ist bis zu einer Windstärke von 14 m/s zulässig.

Das Gerät ist mit einer Kugelkopfkupplung (Kupplungshöhe ca. 50 cm) ausgestattet.

*je nach Ausführung

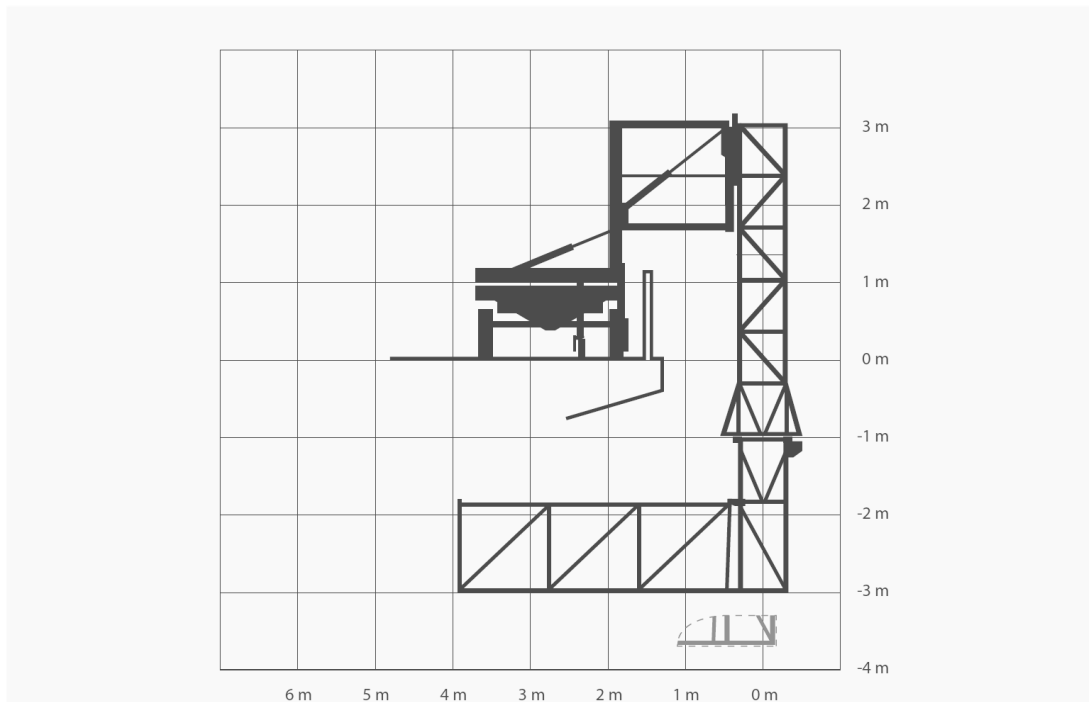


Abbildung 12: Auszug aus Datenblatt Brückenuntersichtgerät Fa. WEMO [16]

Selbst bei Bogenbrücken mit hochgehängter Verkehrsbahn ist in den auflagernahen Feldern der freie Zwischenraum zwischen Gelände und Bogen zum „Einfahren“ dieser Geräte i.d.R. zu gering (Abbildung 13, Abbildung 14). Hier hilft nur eine ausreichend breite Uferzone vor dem Widerlager, um ggf. mit einer Leiter die Brückenuntersicht zu betrachten.



Abbildung 13: Brückenprüfung mit sehr handlichem Anhängergerät



Abbildung 14: Brückenprüfung mit sehr handlichem Anhängergerät

4.3. Die systematische Erfassung der Prüfergebnisse

Nach der RI-EBW-PRÜF [3] sind die Ergebnisse der Bauwerksprüfungen einheitlich zu erfassen, zu bewerten, aufzuzeichnen und auszuwerten. Hierfür wird in Deutschland sehr häufig das Programmsystem SIB-Bauwerke eingesetzt. Dabei sind die vorgegebenen Begriffe und Eingabemöglichkeiten für eine abgestufte Beurteilung von Holzbrücken oft zu begrenzt bzw. für die Holzspezialisten nicht präzise genug. Die daraus automatisch resultierende Schlussbewertung scheint oft zu schlecht. Eine Überarbeitung dieses Tools speziell für den Holzbau wäre notwendig.

Die Protokolle der Holzfeuchtemessungen mit präzisen Angaben der genauen Lage der Messstellen, der jeweiligen Messtiefen und der Klimadaten der Umgebung sollten immer in den (SIB-)Prüfberichten als Anlage eingefügt werden. Für einen Vergleich der Messergebnisse bei einer weiteren Prüfung ist es dann immer sehr hilfreich, wenn der genaue Ort der Messstelle gut beschrieben wurde. Noch besser ist es, wenn z.B. selbstklebende Nummern an den Messstellen belassen werden können.

5. Zusammenfassung

Der Bau geschützter Holzbrücken ist in den vergangenen Jahren erfreulicherweise zum gebauten Standard geworden. Dies ist für eine lange und für eine mit den konkurrierenden Bauarten vergleichbare Lebensdauer massgebend. Im Rahmen einer Hauptprüfung sind jedoch alle, auch die schwer zugänglichen Bauwerksteile handnah und vollflächig zu prüfen. Dazu sind in der Regel alle Abdeckungen der Haupttragglieder zu entfernen, um auch ggf. versteckte Schäden erkennen zu können. Der alleinige Einsatz von Endoskopie zur Begutachtung des Zustandes der Haupttragglieder widerspricht dem Prinzip der handnahen Prüfung und wird daher von Seiten der Bauherren nicht akzeptiert. Aus diesen Gründen muss der Überprüfbarkeit und der Zugänglichkeit der tragenden Bauteile bei der Planung von geschützten Holzbrücken unbedingt Beachtung geschenkt werden. Alle Schutzbekleidungen sind baulich so auszubilden, dass sie im Zuge der Bauwerksprüfungen leicht demontiert bzw. geöffnet werden können. Damit ist eine Bauwerksprüfung auch bei geschützten Brücken wirtschaftlich durchführbar. Dies ist heute leider noch nicht gebauter Standard.

Die notwendige Überprüfung der Untersicht von Brücken über Verkehrswege ist i.d.R. durch den Einsatz von Hubarbeitsbühnen problemlos möglich. Bei Brücken über Flüsse oder Wasserwege ermöglichen Brückenuntersichtgeräte eine sorgfältige Prüfung.

Dennoch scheint die in der neuen RI-EBW-PRÜF [3] geforderte jährliche Hauptprüfung bei geschützten Holzbrücken über Gewässern überzogen und ist nach den Erfahrungen der Verfasser fachlich nicht begründbar. Der Aufwand gerade bei diesen Brücken ist aus den genannten Gründen sehr hoch.

Wesentlich wirkungsvoller ist der Einbau von Monitoringsystemen. Mit diesen können besondere Klimabedingungen und ggf. ansteigende Holzfeuchten sehr effizient beobachtet werden [17].

6. Literatur

- [1] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Bauwerksprüfung nach DIN 1076 – Bedeutung, Organisation, Kosten. Dokumentation 2013
- [2] DIN 1076 – Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen; Überwachung und Prüfung, Ausgabe 11/1999
- [3] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076 (RI-EBW-PRÜF), 03/2013
- [4] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Leitfaden Objektbezogene Schadensanalyse (OSA), 2004
- [5] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Richtlinien für die bauliche Durchbildung und Ausstattung von Brücken zur Überwachung, Prüfung und Erhaltung (RBA-BRÜ), Ausgabe 1997
- [6] Bundesanstalt für Straßenwesen: Richtzeichnungen für Ingenieurbauten (RiZ-ING), 12/2012
- [7] HARRER Ingenieure (im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung e.V.): Musterzeichnungen Holzbrücken, April 2010
- [8] Qualitätsgemeinschaft Holzbrückenbau: Detailzeichnungen Holzbrücken, März 2012
- [9] Kleinhanss, K.: Grünbrücken in Holzbauweise. In: Forum Holzbau (Hrsg.): 1. Internationale Holzbrückentage Bad Wörishofen, 2010, Tagungsband, S. 1-12
- [10] Schickhofer, G.; Unterwieser, H.: Wartungsmanual für Holzbrücken – ein Leitfaden zur Brückenüberwachung. Technische Universität Graz, Institut für Holzbau und Holztechnologie
- [11] Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung: ZfPBau-Kompendium, Verfahren der Zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen 2004 (www.bam.de/zfpbau-kompendium.htm)
- [12] Mertens, M.: Zerstörungsfreie/zerstörungsarme Prüfung von Holzbrücken, Fallbeispiele. VFIB: Erfahrungsaustausch Brückenprüfung München 2009, S. VI.1 – VI.11
- [13] DIN EN 1995-2/NA:2011-08: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter -Eurocode 5 – Bemessung und Konstruktion von Holzbauten, Teil 2: Brücken
- [14] DIN EN 1995-2:2010-12: Eurocode 5 – Bemessung und Konstruktion von Holzbauten, Teil 2: Brücken
- [15] Müller, A.: Erfahrungen aus Brückeninspektionen. In: Forum Holzbau (Hrsg.): 1. Internationale Holzbrückentage Bad Wörishofen, 2010, Tagungsband, S. 1-16
- [16] http://www.wemo-tec.com/de/brueckenuntersichtgeraete_4272.html
- [17] Scharmacher, F., Müller, A.: Erfahrungen und Konsequenzen aus der Langzeitüberwachung von Holzbrücken. Brückenbau Symposium: Grünbrücken aus Holz – Wirtschaftliche Umsetzung des Generalwildwegeplans, Stuttgart, 2012