

Hinweise zur Objektbezogenen Schadensanalyse (OSA) an Holzbrücken

Vorbemerkung

Eine Objektbezogene Schadensanalyse (OSA) ist ein Verfahren zur Erfassung, Auswertung und Bewertung von Schäden, die zusätzliche Untersuchungen erfordern, sowie für Empfehlungen von Maßnahmen einschließlich Kostenschätzungen.

Das vorliegende Dokument gibt Hinweise zur Untersuchung von Holzbrücken als Ergänzung zum Leitfaden „Objektbezogene Schadensanalyse“ der „Richtlinien für die Erhaltung von Ingenieurbauten (RI-ERH-ING)“ [1]. Zur Bewertung und Dokumentation vorgefundener Schäden sind die „Anweisungen Straßeninformationsbank für Ingenieurbauten, Teilsystem Bauwerksdaten (ASB-ING)“ [2] zu beachten.

Das Dokument beinhaltet Ergänzungen zu einzelnen Kapiteln der OSA, nur die ergänzten Kapitel sind aufgeführt. Die Nummerierung der Ergänzungen entspricht der Kapitelnummerierung der OSA. Die vorliegenden Hinweise sind daher stets gemeinsam mit dem Leitfaden OSA anzuwenden. Um die Lesbarkeit zu erleichtern, wurden wörtliche oder sinngemäße Zitate (*kursiv* dargestellt) aus dem Leitfaden OSA [1] aufgenommen.

Verfasser

Die Erarbeitung der „Hinweise zur Objektbezogenen Schadensanalyse (OSA) an Holzbrücken“ erfolgte im Rahmen des Forschungsprojektes „Entwicklung einheitlicher Richtlinien für den Entwurf, den Bau, die Überwachung und Prüfung geschützter Holzbrücken – Protected Timber Bridges (ProTimB)“. Das Projekt wurde finanziert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung, den Firmen der Qualitätsgemeinschaft Holzbrückenbau e.V. und dem Ingenieurbüro Setzpfandt Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG.

Projektleitung und Forscherteam:

Prof. Dr.-Ing. Antje Simon	Fachhochschule Erfurt
Prof. Dr.-Ing. Ralf Arndt	Fachhochschule Erfurt
Dr.-Ing. Markus Jahreis	Fachhochschule Erfurt
Johannes Koch	Fachhochschule Erfurt

Die Erarbeitung der „Hinweise zur Objektbezogenen Schadensanalyse (OSA) an Holzbrücken“ wurde begleitet von einer Arbeitsgruppe, der folgende Experten angehörten:

Jürgen Schaffitzel	Schaffitzel Holzindustrie GmbH + Co. KG, Schwäbisch Hall
Josef Schmees	Schmees & Lühn Holz- und Stahlingenieurbau GmbH & Co. KG, Fresenburg
Jürgen Pohlmann	Grossmann Bau GmbH & Co. KG, Rosenheim
Dr.-Ing. Gerhard Setzpfandt	Setzpfandt Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG, Weimar
Dr.-Ing. Karl Kleinhanß	Qualitätsgemeinschaft Holzbrückenbau e. V., Frieleheim
Matthias Gerold	HARRER Ingenieure Gesellschaft beratender Ingenieure VBI mbh, Karlsruhe
Prof. Volker Schiermeyer	HSW-Ingenieure Schiermeyer - Wiesner GbR, Bad Oeynhausen
Dr.-Ing. Tobias Wiegand	Studiengemeinschaft Holzleimbau e. V.
Frank Miebach	Ingenieurbüro Miebach, Lohmar
Prof. Andreas Müller	Berner Fachhochschule, Biel (CH)
Dr.-Ing. Arnold Hemmert-Halswick	Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach
Michael Müller	Landesbetrieb Straßenbau NRW, Leverkusen
Prof. Dr.-Ing. Thomas Uibel	Fachhochschule Aachen

1 Einleitung

Gemäß DIN 1076 [3] sind die Ingenieurbauwerke jährlich durch Laufende Beobachtungen und Besichtigung, alle 3 Jahre durch eine einfache Prüfung und alle 6 Jahre durch eine Hauptprüfung zu kontrollieren. Dadurch sollen Schäden und Mängel rechtzeitig erkannt werden, damit ein wirtschaftliches Erhaltungsmanagement durchgeführt werden kann. Die Bauwerke sind regelmäßig zu warten, um sie langfristig zu erhalten und aufwändigen Instandsetzungsmaßnahmen vorzubeugen.

Bei der Planung und Bauausführung von Holzbrücken sind die spezifischen Besonderheiten des Materials Holz zu berücksichtigen. Holz ist ein organisches Baumaterial, welches im trockenen Zustand eine hohe Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit aufweist. Steigt die Feuchte langfristig über 20 M%, können holzerstörende Pilze und Insekten das Holz besiedeln und zerstören. Die Dauerhaftigkeit (D), Verkehrssicherheit (V) und Standsicherheit (S) sind dann gefährdet.

Jede Holzbrücke ist daher so zu planen, dass tragende Holzbauteile dauerhaft vor Feuchtezutritt geschützt und/oder die schnelle Ableitung eingedrungener Feuchte sowie die Rücktrocknung sichergestellt sind. Eine planmäßige Befeuchtung des Holzes, zum Beispiel durch Niederschlag, Oberflächen- oder Grundwasser sowie aus Ablagerungen (Laub, Erde, Schmutz, Streugut, Schnee) ist auszuschließen. Ist der Schutz nicht durch die Konstruktion selbst gegeben, müssen Abdichtungs- und Schutzmaßnahmen vorgesehen werden. Bei der Bauwerksüberwachung ist zu prüfen, ob die Schutzmaßnahmen funktionsfähig und Durchfeuchtungen oder Schäden an der Holzkonstruktion zu erkennen sind.

4 Einordnung von Schäden und Schadensbildern

Hinweise zu 4.1 Abgrenzung

Die Schadenskriterien für die Entscheidung zur Durchführung einer objektbezogenen Schadensanalyse können sein:

- *Schäden, deren Ursachen unbekannt oder mit den Methoden der Bauwerksprüfung nach DIN 1076 [3] nicht ausreichend erfassbar sind, zum Beispiel:*
 - *Rissbilder oder Durchbiegungen des Überbaus, die nicht direkt geklärt werden können.*
 - *Rissbildungen im Holz, die durch Herstellungsfehler (Verklebung), Schwinden, mechanischer Beanspruchung, Querkzug oder Zwängung im Trägerquerschnitt verursacht worden sind.*
- *Vermutete Schäden, zum Beispiel:*
 - *Pilzschaden im Holz (sichtbare Fruchtkörper, deutliche und nicht nur oberflächliche Verfärbungen des Holzes, reduzierte Festigkeiten, Querrisse oder feine Rissnetze),*
 - *Insektenschaden im Holz (frische Insektenschlupflöcher, Hohlräume und Fraßgänge unter der Oberfläche, Abplatzungen),*
 - *Korrosion der Verbindungsbleche und Verbindungsmittel durch Verwendung ungeeigneter Stahlsorten, insbesondere in Holzarten mit erhöhter Korrosionswirkung (z.B. Eiche, acetyliertes Holz, Tropenholz etc.),*
 - *Schäden an Stahl- oder Holzbauteilen, deren Begutachtung durch angrenzende Bauteile nicht möglich ist (z. B. Träger hinter fest montierten Verschalungen oder unter Bohlenbelägen).*
- *Schäden größeren oder nicht ausreichend bekannten Ausmaßes, zum Beispiel:*
 - *starke Durchfeuchtung aufgrund beschädigter Abdichtung,*
 - *starke Durchfeuchtung aufgrund langfristiger Ablagerungen von Laub, Erde, Schmutz, Streugut und Schnee an der Holzkonstruktion infolge besonderer lokaler Bedingungen oder unterlassener regelmäßiger Wartung und Pflege.*

Hinweise zu 4.2 Auswertung von Schadensdaten

Als Grundlage der objektbezogenen Schadensanalyse dient eine Auswertung der Schadensdaten hinsichtlich der Schädigungsentwicklung in Formularform (Abb. 4-2) aus dem DV-Programm SIB-Bauwerke.

Zu jedem Schaden werden die Einzelschadensbewertungen von 1 bis 4 für Standsicherheit (S), Verkehrssicherheit (V) und Dauerhaftigkeit (D) sowie der Zeitpunkt der Bauwerksprüfung, bei der dieser Schaden festgestellt wurde, angegeben. Zusätzlich wird der Schadensumfang dokumentiert.

Der Schutz der Holzbauteile vor Witterungseinflüssen ist entscheidend für die Dauerhaftigkeit und in der Folge für die Standsicherheit. Fehlende oder beschädigte Schutzeinrichtungen sind daher kritisch zu bewerten (D) und auf deren schnellstmögliche Instandsetzung ist hinzuweisen.

Beschreibung des Schadens	S				V				D				Schadensumfang	Bemerkung
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Bauteil: Überbau Holzträger													[Größe, Anzahl]	
Holzschutz; Abdeckblech beschädigt											7/12		Blech fehlt auf 50 cm ²	
Pilzbefall; vereinzelt Hauptträger			7/12								7/12			
Pilzbefall; Fruchtkörper sichtbar				6/18								6/18		
Verbindungs- mittel HT lose	6/18												alle FW- Knoten	
BSH Riss Querträger		6/18								6/18			L = 50 cm, T = 6 cm	

Abbildung 1: Formular des Schadenskataloges mit fiktivem Beispiel für Holzbrücken

Hinweise zu 4.3 Untersuchungsmethoden

Im Rahmen der objektbezogenen Schadensanalyse sind vor allem zerstörungsfreie und zerstörungsarme Prüfmethode (ZfP) von Bedeutung.

Zur Untersuchung von Holzbauteilen sind folgende Verfahren etabliert:

- Sichtprüfung und Endoskopie,
- Risserfassung,
- lokal begrenzte und minimalinvasive Festigkeitsprüfung bei vermuteten Holzschäden und zur Bestimmung des Schadensausmaßes durch Einstechen mit Nadeln oder Bohrwiderstandsmessung,
- Holzfeuchtemessung nach dem elektrischen Widerstandsmessverfahren (Um Feuchtestellen rechtzeitig zu detektieren, wird der Einsatz von Dauerüberwachungssystemen der Holzfeuchte (Holzfeuchte-Monitorings) mit Datenfernübertragung empfohlen.),
- im besonderen Fall und mit geringem Eingriff Probenentnahme (Bohrprobe) für Laboruntersuchungen
(Die Entnahmestellen sind so anzuordnen, dass keine Folgeschäden infolge der Querschnittsschwächungen auftreten. Nach der Probenentnahme sind die Öffnungen mit Holzersatzstücken gleicher Festigkeit wieder zu verschließen. Bohr- und Einstechlöcher sind gegen Feuchteintritt zu sichern.).

Die Tabellen 1 und 2 dokumentieren die Vor- und Nachteile der Prüfverfahren.

Tabelle 1 Prüfverfahren zur Bewertung der Holzfestigkeit / des Holzzustandes

	Vorteile	Einschränkungen
Visuelle Begutachtung	Durch visuelle Begutachtung können im Holzbau erfahrene Bauwerksprüfer Schadstellen an der Bauteiloberfläche wie z.B. Durchfeuchtungen, Pilzbefall, Insektenbefall, Risse, strukturelle Schädigungen und Korrosion erkennen.	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ zerstörungsfrei ▪ kostengünstig ▪ schnell ▪ einfach ▪ in situ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schäden im Inneren werden nicht erkannt ▪ Prüfergebnisse nicht quantifizierbar ▪ subjektive Beurteilung ▪ nicht reproduzierbar ▪ handnaher Kontakt nötig; Verschalungen müssen ggf. geöffnet werden
Eindringwiderstand	Durch den Einstich an Verdachtsstellen mit geeigneten Hilfsmitteln (z.B. kleine Schraubendreher, Messer und Ahle) kann der Eindringwiderstand der Holzstruktur überprüft werden. Ein ungewöhnlich geringer Eindringwiderstand deutet auf eine strukturelle Schädigung, z.B. durch Pilzbefall, hin.	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ zerstörungsarm ▪ kostengünstig ▪ schnell ▪ einfach ▪ in situ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ nur punktuelle Prüfung ▪ Prüfergebnisse nicht quantifizierbar ▪ subjektive Beurteilung ▪ Prüftiefe gering ▪ handnaher Kontakt nötig; Verschalungen müssen ggf. geöffnet werden
Bohrwiderstandsmessung	Bei der Bohrwiderstandsmessung wird eine spezielle Bohrnadel mit konstanter Vorschubgeschwindigkeit und Drehzahl in das zu untersuchende Holz gebohrt. Dabei wird die Leistungsaufnahme für die erforderliche Schneidarbeit der Bohrnadel über den Bohrweg aufgezeichnet. Sie gibt Aufschluss über den Bohrwiderstand des Holzes und damit über die Struktur des Holzes. Rückschlüsse auf Risse, Schäden, Hohlstellen u.ä. sind daraus möglich.	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ zerstörungsarm ▪ Prüfung des Bauteilinneren ▪ quantifizierbare Prüfergebnisse ▪ in situ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ nur punktuelle Prüfung ▪ nur bei begründetem Verdacht effektiv einsetzbar, da ansonsten das Bauteil unnötig geschädigt wird ▪ hohes Maß an Expertise für die Interpretation notwendig ▪ hoher manueller Zeitaufwand ▪ handnaher Kontakt nötig; Verschalungen müssen ggf. geöffnet werden

Tabelle 2 Prüfverfahren zur Ermittlung der Holzfeuchte

	Vorteile	Einschränkungen
Widerstandsmessverfahren	Bei der Holzfeuchtemessung nach dem elektrischen Widerstandsmessverfahren [4] wird mit Hilfe von zwei schaftisolierten Einschlagelektroden der elektrische Widerstand zwischen den Elektroden spitzen im Holz ermittelt. In Abhängigkeit von der Temperatur und der Holzart erfolgt die Bestimmung der Holzfeuchte durch Korrelation zum Widerstand. Risse, starke Dichteschwankungen (Äste), Fugen und Einschlüsse im Holz beeinflussen das Messergebnis. Der Messbereich handelsüblicher Messgeräte liegt zwischen 6 M% und 30 M%.	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ zerstörungsarm ▪ einfach ▪ kostengünstig ▪ Messung in verschiedenen Tiefen möglich ▪ in situ ▪ auch als langfristiges Monitoring möglich 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ nur punktuelle Messung ▪ handnaher Kontakt nötig; Verschalungen müssen ggf. geöffnet werden
Kapazitives Messverfahren	Die Holzfeuchte kann durch das kapazitive (dielektrische) Messverfahren [5] abgeschätzt werden. Das Verfahren ist für Feuchtegehalte zwischen 7 M% und 30 M% geeignet. Dichteschwankungen, Holzfeuchteverteilung, Risse, Oberflächenprofilierungen, Holzschutzmittel und Oberflächenbeschichtungen beeinflussen das Messergebnis signifikant.	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ zerstörungsfrei ▪ in situ ▪ kostengünstig 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ punktuelle Messung ▪ signifikanter Einfluss der Holzstruktur auf die Messergebnisse ▪ handnaher Kontakt nötig; Verschalungen ggf. abnehmen
Darrverfahren	Beim Darrverfahren wird die Holzfeuchte durch die Masseänderung des Probekörpers vor und nach der Darrtrocknung ermittelt [6]. Dafür wird ein Probekörper definierter Größe entnommen, luftdicht verpackt und im Labor darrgetrocknet. Über die Massedifferenz lässt sich der Feuchtegehalt exakt bestimmen.	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ genaues Verfahren ▪ einfach ▪ kostengünstig 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ zerstörend (Probenentnahme erforderlich) ▪ nur punktuelle Messung ▪ handnaher Kontakt nötig; Verschalungen müssen ggf. geöffnet werden

Aufgrund der zellulären Struktur des Materials sind Ultraschalluntersuchungen an Holz derzeit nicht zuverlässig möglich. Durchstrahlungsverfahren (z. B. Röntgen), Infrarotthermografie und Radarverfahren wurden in verschiedenen Forschungsprojekten für ihre Eignung zur Untersuchung von Holz getestet. Ihr Einsatz erfordert eine hohe Expertise, Messgeräte sind häufig teuer und nur unter Laborbedingungen anwendbar. Eine praxistaugliche Einführung steht bisher aus.

5 Schadensbewertung

Die Bewertung der Dauerhaftigkeit ist bei Holzbrücken von großer Bedeutung, da die Schäden infolge Feuchte, Pilz- und Insektenbefall innerhalb kurzer Zeit zu massiver Schädigung der Bausubstanz und in der Folge zum Verlust der Standsicherheit führen können.

Eine großflächige Durchfeuchtung tragender Holzbauteile infolge Bewitterung, Schäden an der Abdichtung oder feuchter Ablagerungen ist mit der Note 4 in der Kategorie „D“ zu bewerten. Beschädigte Abdichtungen und Schutzkonstruktionen (z. B. Verschalungen) müssen kurzfristig instandgesetzt werden.

Bei Pilzscha den müssen Schadensart und -umfang ermittelt werden. Instandsetzungen durch Bekämpfungs- und Schutzmaßnahmen nach DIN 68800-4 [7] sind kurzfristig durchzuführen. Die an den Befallsbereich angrenzenden Bauteile sind zu kontrollieren und vor dem Übergang des Befalls zu schützen.

Bei Schäden durch Insekten ist zwischen aktivem Befall und Altschaden zu unterscheiden. Bei einem Schaden ist der verbleibende Restquerschnitt zu prüfen und zu bewerten. Ist der Restquerschnitt statisch ausreichend, sind bei einem Altschaden keine weiteren Maßnahmen (Bekämpfung) notwendig. Die Schutzmaßnahmen (Abdeckung, Verschalung, Abdichtung) müssen unverzüglich wiederhergestellt werden. Bei aktivem Befall müssen Bekämpfungs- und Schutzmaßnahmen nach DIN 68800-4 [7] kurzfristig durchgeführt werden.

Risse im Holz können die Tragfähigkeit sowie die Dauerhaftigkeit negativ beeinflussen. Zunächst sind die Ursachen für die Risse zu beurteilen: Schwindriss, statische Überlastung, Schub, Querkzug aus Lasten, Querkzug aus Zwängung (Behinderung von Quellen und Schwinden), Fehlverklebung. Die Auswirkung der Risse auf die Standsicherheit und Dauerhaftigkeit sind für das Bauteil zu bewerten.

Literatur

- [1] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Richtlinien für die Erhaltung von Ingenieurbauten RI-ERH-ING – Leitfaden Objektbezogene Schadensanalyse OSA. 19.12.2007
- [2] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Anweisungen Straßeninformationsbank für Ingenieurbauten, Teilsystem Bauwerksdaten(ASB-ING), 2013
- [3] DIN 1076 – Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen Überwachung und Prüfung. Deutsche Norm, 11-1999
- [4] DIN EN 13183-2 – Feuchtegehalt eines Stückes Schnittholz, Teil 2: Schätzung durch elektrisches Widerstands-Messverfahren. Deutsche Norm, 07-2002
- [5] DIN EN 13183-3 – Feuchtegehalt eines Stückes Schnittholz, Teil 3: Schätzung durch kapazitives Messverfahren. Deutsche Norm, 06-2005
- [6] DIN EN 13183-1 – Feuchtegehalt eines Stückes Schnittholz, Teil 1: Bestimmung durch Darrverfahren. Deutsche Norm, 07-2002
- [7] DIN 68800-4 – Holzschutz, Teil 4: Bekämpfungs- und Sanierungsmaßnahmen gegen Holz zerstörende Pilze und Insekten. Deutsche Norm, 02-2012