

# Bauwerksprüfung nach DIN 1076: Archaisches Abklopfen oder moderne Technik?

Martin MERTENS \*, Oliver GUNKEL \*  
\* Hochschule Bochum, Bochum

**Kurzfassung.** Mit einer stetig höher werdenden Verkehrsbelastung und dem zunehmenden Alter der Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen ist ein immer größerer Prüfaufwand verbunden. Zur sicheren Beurteilung von Standsicherheit, Verkehrssicherheit und Dauerhaftigkeit der Bauwerke muss daher ggfls. im Einzelfall diskutiert werden, ob der alleinige Einsatz von Standardprüfverfahren noch ausreichend ist. Anhand von Beispielen soll dargestellt werden, wie moderne zerstörungsfreie bzw. zerstörungsarme Prüfverfahren Einzug in den Praxisalltag der Bauwerksprüfung gefunden haben.

## 1. Einführung

Seit jeher gelten Brücken als erhaltenswerte Infrastrukturelemente, die einer besonderen Aufmerksamkeit bedürfen.

Bereits im Mittelalter wurden Brücken häufig einem Brückenmeisteramt unterstellt, so dass eine ständige Überwachung und Unterhaltung der Bauwerke sichergestellt werden konnte. So hatte z.B. die Steinerne Brücke in Regensburg die im 12. Jahrhundert errichtet wurde. ihre eigene Verwaltung, der ein Brückenmeister vorstand. Dieses Amt hatte besondere Rechte und Einkünfte, die zur Erhaltung der Brücke zweckgebunden einzusetzen waren. [1]

Ein Beispiel für eine Brückenprüfung im 19. Jahrhundert ist durch ein Schreiben an den Bürgermeister von Kettwig (heute Stadtteil von Essen) bezüglich der Prüfung der 1786 errichteten „Mühlengrabenbrücke“ dokumentiert:

*„Am 27. Dezember 1888 erging „An Herrn Bürgermeister Göring, Wohlgeboren, Kettwig a. d. Ruhr“ folgendes Schreiben:*

*Euer Wohlgeboren beehre ich mich anzuzeigen, daß ich Sonnabend, den 29ten d. Mts. Nachmittags 2 Uhr 40 M. in Kettwig zur Besichtigung der Ruhrbrücke eintreffen und mich vom Bahnhof geradewegs dorthin begeben werde. Ich bitte, veranlassen zu wollen, daß zu dieser Zeit ein schwer beladener Wagen die Brücke passiert und mir ein Schlosser mit einem Hammer versehen, sowie das Amtsblatt des Jahres 1884 zur Verfügung gestellt wird. Meine Rückreise nach Essen muß erfolgen 3 Uhr 37 M. von dort.*

*Der Königliche Kreisbauinspektor Spillner“ [2]*

Wie ersichtlich, hat sich am Prinzip der Bauwerksprüfung über die Jahrhunderte hinweg wenig verändert. Abklopfen von Oberflächen und Verbindungsmitteln, Sichtprüfung des Bauwerks unter Verkehr und ggfls. Verformungsmessungen am Bauwerk sind offenbar seit Beginn der Bauwerksprüfung anerkannte und praxistaugliche Vorgehensweisen.

Geändert hat sich im Laufe der Zeit jedoch die Komplexität der Bauwerke. Die Entwicklungen auf den Gebieten der Baustoffe, der Bauweisen, bei den Konstruktions- und Berechnungsverfahren und –in neuerer Zeit- die Alternsentwicklung der Bauwerke haben dazu geführt, dass notwendiger Prüfumfang und –tiefe größer geworden sind. Zudem sind die Anforderungen an das Anforderungsprofil des Bauwerksprüfers deutlich gestiegen. Dessen Fähigkeiten in Bezug auf Bewertung und Analyse von Mängeln bzw. Schäden sowohl bei historischen wie neuzeitlichen Konstruktionen und dessen Kenntnis bezüglich der Anwendung, den Einsatzmöglichkeiten und den Grenzen herkömmlicher und moderner Prüfverfahren beeinflussen ganz wesentlich die Sicherheit der im Netz vorhandenen Verkehrsbauwerke.

Dies soll nachfolgend anhand von baustoffbezogenen Beispielen dargestellt werden.

## **2. Bauwerksprüfung nach DIN 1076**

### *2.1 Stahlbeton- und Spannbetonbrücken*

Bei den 141.425 deutschen Brückenbauwerken (39.231 in der Baulast des Bundes, 26.780 in der Baulast der Länder, 8.700 Kreisstraßenbrücken durch die Länder verwaltet und 66.714 in der Baulast der Kommunen [4; 5]) liegt der Anteil der Stahl- und Spannbetonbauwerke zwischen 80- 90 %. Daraus ist ersichtlich, dass ein Großteil der täglichen Arbeit der Bauwerksprüfungingenieure die Zustandsbewertung von Betonbrückenbauwerken darstellt. Die Norm DIN 1076 „Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wege“, 1999, Abschn. 5.2.4 regelt, welche Untersuchungen erforderlich sind.

Auszug DIN 1076, Abschn. 5.2.4:

„5.2.4 Massive Bauteile

Mauerwerk, Beton, Stahlbeton und Spannbetonbauteile sind auf Risse, Ausbauchungen, Durchfeuchtungen, schadhafte Fugen, Ausblühungen, Rostverfärbungen, Hohlstellen, Abplatzungen und andere Oberflächenveränderungen zu prüfen.

Abplatzungen im Bereich der Spanngliedern und Risse parallel zu diesen, soweit notwendig, bis zur Spannbewehrung punktuell zu verfolgen.

Bei bedenklichem Zustand des Betons sind Druckfestigkeit, Karbonatisierungstiefe, Chloridgehalt, Betondeckung und Rostgrad der Bewehrung festzustellen.

Stellen mit Rostverfärbungen sind in jedem Fall auf Hohlstellen abzuklopfen. Der Zustand von Oberflächenschutzschichten zu prüfen. Auf freiliegende Bewehrung ist zu achten.

Rißbreiten, insbesondere im Bereich von Arbeitsfugen, und Betonfehlstellen sind zu messen. Bedenkliche Risse sind aufzumessen und auf Bewegung zu kontrollieren. Instandgesetzte Bereiche bedürfen einer intensiven Überprüfung.“ [6]

Neben dem Abklopfen der Bauteiloberflächen, z.B. um evtl. Hohlräume zu lokalisieren, wird mithin auch der Einsatz von Messgeräten angeraten.

Bei einem „bedenklichen Zustand des Betons“ sollen u.a. Druckfestigkeit, Karbonatisierungstiefe, Chloridgehalt und Betondeckung bestimmt werden.

In der Praxis ergibt sich hieraus die Notwendigkeit zur Mitführung eines Schmidhammers, eines Bohrmehlnahmeegerätes, eines Bewehrungssuchgerätes und von Phenolphthaleinlösung.

Die Norm gibt keine Hinweise dazu, wie Rissbewegungen zu kontrollieren sind. Es ist in das Ermessen des Prüfers gestellt, ob z.B. eine visuelle Kontrolle der Risse im Rahmen der dreijährigen Prüfintervalle (Hauptprüfung/Einfachprüfung) ausreichend ist, ob Rissmonitore oder Gipsmarken gesetzt werden müssen oder eine dauerhafte Überwachung durch Monitoring mit geeigneten Rissensoren erforderlich ist.

In der Praxis stellt sich das Abklopfen des Bauwerks mit dem Hammer zur Hohlraumdetektion als nicht immer zielführend heraus. Hohlräume in Tiefen größer 5 cm sind auf diese Weise nur schwer zu orten. Eine zuverlässigere Ortung von Hohlräumen ist Radar- oder Ultraschall-Echo-Messungen möglich.

Diese Verfahren können als Stand der Technik angesehen werden, sie sind jedoch sehr zeitaufwendig, kostenintensiv und verlangen spezifisch geschultes Personal.

## 2.2. Stahl- und Stahlverbundbrücken

Stahlbrücken sind mit einem Anteil von ca. 6-9 % am Gesamtbestand in der täglichen Praxis deutlich seltener anzutreffen. Sie unterscheiden sich in der Prüfcharakteristik u.a. darin, dass ein flächiges Abklopfen weitgehend entfällt. Besonderer Aufmerksamkeit ist auf den Anschlussausbildungen zu widmen (siehe folgenden Auszug aus der DIN 1076).

Auszug DIN 1076, Abschn. 5.2.5:

„5.2.5 Stahl und andere Metallkonstruktionen

Stahlkonstruktionen sind auf Risse und Verformungen, insbesondere die Anschlüsse auf festen Sitz, zu prüfen. Verformungen sind aufzumessen.

Niete sind zu überprüfen. Ein Abklopfen ist erforderlich, wenn Risse in der Beschichtung am Rande des Nietkopfes oder durch Rosterscheinungen an diesen Stellen anzunehmen ist, daß der Niet lose ist. Das Gewicht des Abklopfhammers darf 300 g nicht überschreiten.

Schraubenverbindungen sind auf festen Sitz der Muttern durch Stichproben zu prüfen.

Bei Geschweißten Konstruktionen sind alle Schweißnähte zu besichtigen. Werden Mängel/Schäden vermutet, ist die Naht zu prüfen.

Alle losen oder mangelhaften Niete und Schrauben, alle Risse in den Schweißnähten und alle Mängel/Schäden an den einzelnen Teilen sind deutlich zu kennzeichnen.

Sinngemäß gleiche Untersuchungen sind bei anderen Metallkonstruktionen vorzunehmen“  
[6]

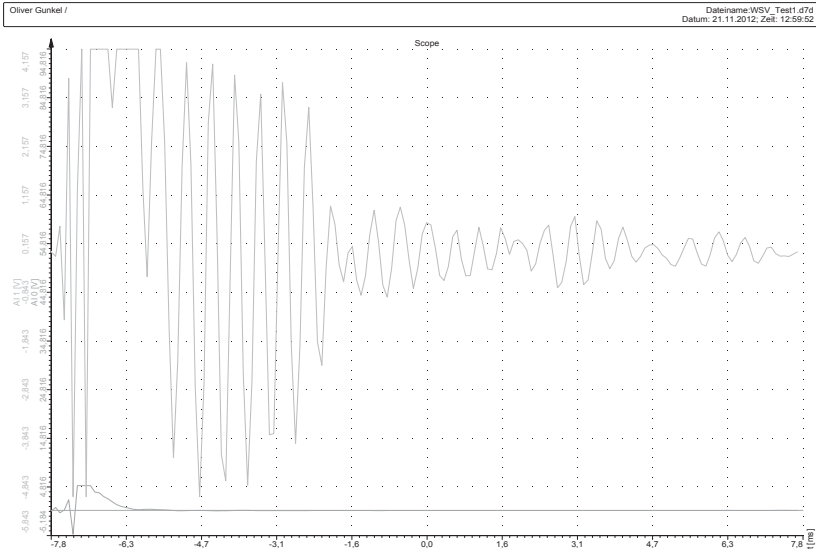
Werkstoffbedingt ist zur Schadensbestimmung i.d.R. ein hochwertiges Messequipment, auch schon bei kleineren Schadensausmaßen, erforderlich. So ist z.B. im Vergleich zu Massivbaukonstruktionen die Ortung und Messung von Rissen ungleich aufwändiger. Statt der bei Stahlbetonbauteilen meist als Messausrüstung ausreichenden Risskarte sind bei Schweißnähten von Stahlkonstruktionen u.U. Farbeindringprüfungen oder Ultraschallmessungen zum Auffinden und Beurteilen von Rissen erforderlich.

Die in der Norm DIN 1076 angegebene Methode zur Beurteilung von Nieten hinsichtlich ihres Sitzes: das einfache Abklopfen mit dem angegebenen Abklopfhammer von 300g, nicht ausreichend.

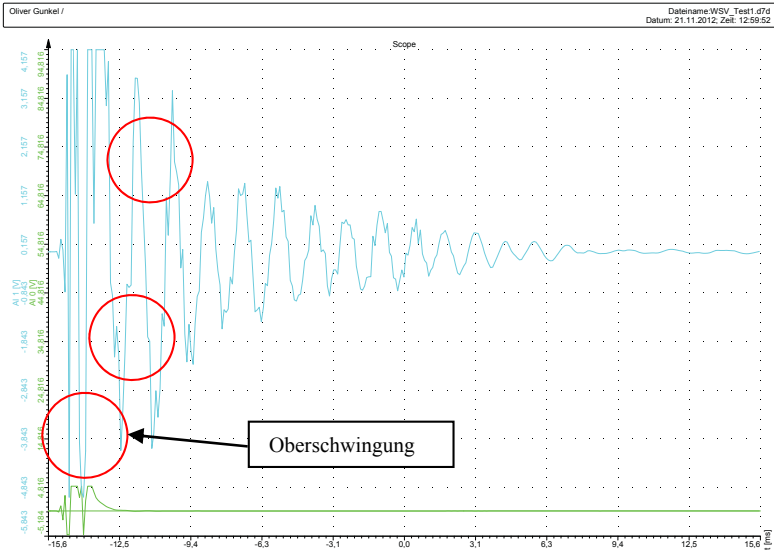
Zur Beurteilung des festen Sitzes von Nieten empfiehlt die Norm DIN 1076 das Anschlagen der Nietköpfe mit einem Hammer (Schlosserhammer, max. 300gr.). Diese Verfahren erweist sich in der Praxis als nicht zwingend ausreichend.

Erfolgversprechender ist die Verfeinerung dieses Verfahrens der Nietprüfung durch eine Aufnahme des dynamischen Verhaltens infolge einer Erregung durch einen

aufgebrachten Impuls. Zum Aufbringen eines definierten Impulses dient ein piezoelektrischer Impulshammer. An dessen Kopf befindet sich ein Aufnehmer, der den Impuls in ein analoges Signal umwandelt. Dieses Signal wird graphisch dargestellt. Die beiden folgenden Abbildungen zeigen an einem Testkörper aufgenommene Schwingungen mit fester und loser Nietverbindung. Charakteristisch für einen losen Niet ist eine Oberschwingung in der Systemantwort infolge einer Anregung (Abb. 2).



**Abb. 1** Feste Nietverbindung (Testkörper)



**Abb. 2** Lose Nietverbindung (Testkörper)

### 2.3 Holzbrücken

Der Anteil an Holzbrücken an der Gesamtheit der Brückenbauwerke in Deutschland ist gering. Holzbrücken wurden – weitgehend unabhängig von der verwendeten Holzart- Mitte bis Ende des letzten Jahrhunderts im Vertrauen auf die natürliche Dauerhaftigkeit des verwendeten Holzes, insbesondere der tropischen Hölzer, häufig ohne oder mit nur geringem konstruktivem Holzschutz ausgeführt.

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung forderte mit Schreiben vom 11.12.2008 die Obersten Straßenbaubehörden der Länder in Bezug auf die im Bereich der Bundesfernstraßen vorhanden Holzbrücken *„mindestens (...) Bauwerke über Verkehrswegen einer Sonderprüfung unter Einsatz von zerstörungsfreien oder zerstörungsarmen Prüfverfahren zu unterziehen“*.

Das Ministerium verweist im o.g. Schreiben auf einen Schadensfall mit erforderlicher, sofortiger Verkehrssperrung einer 107 m langen Bongossiholzbrücke, bei der ohne äußerliche Erkennbarkeit eine umfassende Schädigung des Haupttragwerkes durch Pilzbefall vorhanden war, die bei der Bauwerksprüfung nur durch Einsatz von zerstörungsfreien Prüfverfahren (Ultraschall-Echo- und Bohrwiderstandsmessungen) entdeckt wurde. Weiterhin wird dieses Vorgehen mit Meldungen über einen „schlechten Zustand von Holzbrücken“ im Bereich der Bundesfernstraßen begründet.

Auf Grund einer in den letzten Jahren festgestellten Vielzahl von Schadensfällen wurde die Anwendung zerstörungsfreier/zerstörungsarmer Prüfverfahren daraufhin in der Neufassung der RI-EBW-PRÜF [ ] aus dem Jahr 2013 übernommen.

Auszug RI-EBW-Prüf, 2013; Abschn. 3.2:

#### „3.2 Prüfung von Holzbrücken

Ergänzend zur DIN 1076 gilt Folgendes:

Bei jeder Prüfung von Holzbrücken ist an konstruktiv sinnvollen Stellen eine Feuchtemessung durchzuführen. Bei dem Verdacht auf gravierende Schäden ist die Prüfung teilweise oder ganz auf den Umfang einer Hauptprüfung auszuweiten. Dabei sind gegebenenfalls „zerstörungsfreie Prüfverfahren“ (z.B. Ultraschall-Echo-Verfahren) oder „zerstörungsarme Prüfverfahren“ (z.B. Bohrwiderstandsmessung) anzuwenden.

Ist die Holzbrücke aufgrund ihrer Bauart ohne ausreichenden konstruktiven Holzschutz und/oder ihrer Lage im Bereich von Gewässern oder Ähnlichem einer besonderen Beanspruchung ausgesetzt, so ist jährlich eine Hauptprüfung durchzuführen.“ [3]

Auszug DIN 1076, Abschn. 5.2.6.:

#### „5.2.6 Holzkonstruktionen

Bei Holzkonstruktionen sind insbesondere zu prüfen:

- tragende Teile auf Verformungen,
- Schrauben und sonstige Verbindungen auf festen Sitz,
- auf Druck beanspruchte Stoßflächen auf sattes Aufeinandersitzen,
- Stöße und Risse auf Eindringen von Feuchtigkeit,
- Klebefugen auf Unversehrtheit,
- alle Teile auf etwaige Bildung von Wassersäcken und Fäulnisercheinungen,
- alle Teile auf Befall durch Holzschädlingen,
- Verschleißteile auf Abnutzung,
- Oberflächenschutz auf Mängel/Schäden,
- Verkehrsflächen auf Griffbarkeit.“ [6]

Interessanterweise ordnet die RI-EBW-PRÜF 2013 zerstörungsfreie/zerstörungsarme Prüfverfahren dem Umfang einer Hauptprüfung zu. Diese waren zuvor im Bereich einer „Objektbezogenen Schadenanalyse, OSA“ angesiedelt.

Weiterhin zeigt sich die Sorge der Baulastträger hinsichtlich einer zuverlässigen Zustandsbewertung von Holzbrücken in der Forderung, bei einem Bauwerk „ (...) *ohne ausreichenden konstruktiven Holzschutz*“ bzw. seiner „*Lage im Bereich von Gewässern oder Ähnlichem (...)*“ eine jährliche Hauptprüfung durchzuführen.

Die Forderung ist recht scharf und betrifft einen sehr großen Teil des Holzbrückenbestands. Die Entscheidungskriterien für eine jährliche Hauptprüfung sind zwar eindeutig, jedoch nicht in jedem Fall angemessen.



**Abb. 3** Holzbrücke über Dammeinschnitt



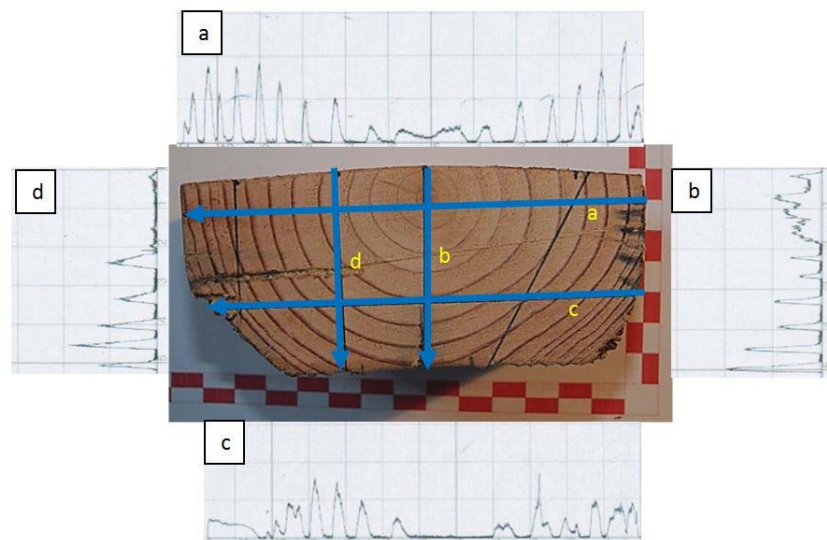
**Abb. 4** Holzbrücke über Gewässer

Die Abbildungen 3 und 4 zeigen hölzerne Geh- und Radwegbrücken die nicht zwangsläufig einer besonderen Beanspruchung ausgesetzt sind.

In der Praxis hat die Neuerung des Regelwerkes zur vorherrschenden Meinung geführt, dass nahezu alle Holzbrücken „auf der sicheren Seite liegend“ jährlich und meist unter Zuhilfenahme zerstörungsarmer bzw. zerstörungsfreier Verfahren zu prüfen sind.

Dies wird einer sinnvollen und wirtschaftlichen Zustandsprüfung von Holzbrücken jedoch nicht gerecht. Der Einsatz von Bohrwiderstands- oder Ultraschall-Echo-Verfahren ist eine bewährte Ergänzung zur Detektion und Beurteilung von Mängeln und Schäden. Er sollte jedoch auf den Einzelfall (Verdachtsfall) beschränkt sein und im Ermessen des Bauwerksprüfingenieurs bleiben. Da für beide Verfahren in der Anwendung über Expertenwissen verfügt werden muss, sind diese auch weiterhin im Sinne einer Objektbezogenen Schadensanalyse anzuwenden und sollten keinesfalls den Standard-Prüfverfahren zugeordnet werden.

Zudem ist die Anwendung beider Verfahren ohne ausreichende Schulung und Erfahrung schlichtweg unmöglich und führt in aller Regel zu Fehlinterpretationen, wie am Beispiel der Bohrwiderstandsmessung gezeigt werden soll:



**Abb. 5** Bohrwiderstandsmessung

Der Bohrwiderstand wird durch die Zerspanungsarbeit an der Bohrspitze, sowie die Verdrängungs- und Kompressionsarbeit des Bohrmehls beim Vorschub der Nadel bestimmt. Diese sind u.a. abhängig von Dichte und Holzfeuchtigkeit.

Eine weitere Einflußgröße ist die Reibung am Bohrnadelschaft. Diese kann durch „Verlaufen“ der Bohrnadel oder -bei hohen Dichten des Holzes- durch die nicht mehr mögliche, vollständige Verdrängung des Bohrmehls im Bohrloch entstehen. Neben diesen Faktoren hat, wie in Abbildung 5 ersichtlich, die Anatomie des Holzes einen bedeutenden Einfluss. Der reine Amplitudenausschlag des Bohrwiderstandes ist kein ausreichendes Kriterium zur Beurteilung der Holzqualität, da der Weg der Bohrnadel durch die Früh- und Spätholzphasen die Ergebnisse signifikant verzerrt. Obwohl das Holz gesund und nicht zu beanstanden ist, könnten unerfahrene Anwender dazu neigen, anhand der Bohrwiderstandsdiagramme a, b und d Fäulnis im Querschnittinneren zu diagnostizieren.

### 3. Fazit

Moderne, zerstörungsfreie/zerstörungsarme Prüfverfahren haben längst Eingang in die tägliche Praxis des Bauwerksprüfingenieurs gefunden.

Dabei ist die früher scharfe Grenze zwischen Standard-Prüfverfahren und (ZfP-) Verfahren, die in den Bereich der Objektbezogenen Schadensanalyse einzuordnen sind, mittlerweile fließend.

Jedoch ist nicht alles technisch Mögliche (oder wissenschaftlich Wünschenswerte) im Hinblick auf eine sinnvolle und vor allem wirtschaftliche Bauwerksprüfung in jedem Fall erforderlich.

Der Bauwerksprüfingenieur muss in der Lage sein, Anwendungsmöglichkeiten sowie Sinn und Grenzen moderner Prüfverfahren beurteilen und ggfls. Empfehlungen für deren Einsatz qualifiziert aussprechen zu können.

Deren Verwendung als „Black-Box-System“ ohne ausreichendes Grundlagenwissen, Schulung und Erfahrung ist fehlerintensiv und grundsätzlich abzulehnen.

Die seit ca. zwei Jahren im Bereich von ZfP-Verfahren existierenden Schulungsmöglichkeiten (VFIB-Seminare) sollten für Bauwerksprüfingenieure (selbstauferlegte) Verpflichtung sein.

Baulastträgern wird empfohlen, vor Auftragserteilung einer zerstörungsfreien/zerstörungsarmen Prüfung Nachweise über einschlägige Kenntnisse, Schulungen und Erfahrungen des Bieters einzufordern.

Die Auswirkung einer Schadensentwicklung bzw. einer Schadendetektion auf die Standsicher- Verkehrssicherheit, sowie Dauerhaftigkeit des Bauwerks ist vom verantwortlichen Bauwerksprüfingenieur vorzunehmen.

### Referenzen

- [1] Schönsteiner, J.: Beschreibung der Donaubrücke Regensburg – Steinerne Brücke
- [2] Naumann, J.: Bauwerksprüfung nach DIN 1076 – Bedeutung, Verantwortung, Durchführung; TU Dresden, 2007
- [3] Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung; 2013
- [4] Bauwerksprüfung nach DIN 1076, Bedeutung, Organisation, Kosten, Dokumentation 2013; Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung; 2013 2
- [5] Arndt, Wulf-Holger; et al: Kommunale Straßenbrücken - Zustand und Erneuerungsbedarf, Deutsches Institut für Urbanistik, 2013
- [6] DIN 1076: Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wege, 1999