

Vom Problem zur Prüfaufgabe – 10 Jahre ZfPBau in einem Ingenieurbüro

Andrei WALTHER
BauConsulting GmbH, Brandenburg

Kontakt E-Mail: Walther@bauconsulting.com

Kurzfassung. [Die zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen ist seit Jahrzehnten Gegenstand der Forschung. Bereits 30 Jahre existiert der Fachausschuss ZfPBau der DGZfP. Die Mitglieder setzen sich seit Anbeginn aus Gruppen bestehend aus Wissenschaftlern, Grundlagenforschern, Produktherstellern und Anwendern zusammen. Zunehmend kommen mehr und mehr Anwender sowie Hersteller der Geräte hinzu. Dieses liegt insbesondere im Zeitalter der Digitalisierung (Industrie 4.0) begründet. Auch im Bauwesen sind Informationen sowie Daten über Strukturen immer wichtiger. Die genormte Prüfung von Bauten des Bundesfernstraßennetzes sowie die per Richtlinie aufgezeigt Untersuchung von Hochbauten ist vorgegeben. Die Daten werden gesammelt und teilweise veröffentlicht. Auf Grund der Alterung von Brücken aus der Wiederaufbau- und Erweiterungsphase (50-iger / 60-iger Jahre) erfolgt bei vielen dieser Brücken die Nachrechnung nach Richtlinie. Informationen zu realen Geometrie sowie tatsächlichen Materialeigenschaften müssen dazu ermittelt werden. Die Problemstellungen sind dabei vielfältig und können bereits jetzt von spezialisierten Büros in einem Prüfprogramm umgesetzt werden. Hinzu kommen objektbezogene Schadensanalysen. Diese Informationen werden digitalisiert. Der Masterplan Bauen 4.0 sieht vor, dass diese Daten in einer BIM-Cloud bereitzustellen sind. Das Paper soll aufzeigen das wirtschaftlich im Bereich ZfPBau gearbeitet werden kann und zukünftig verstärkt auf die Personenqualifikation eingegangen werden muss. Denn der Masterplan Bauen 4.0 ist eine Herausforderung, die zum einen das digitale Planen und zum anderen die Digitalisierung der Plandokumentation der Bestandsstrukturen fordert.]

1. Einführung

Die Prüfung von Bauten auf Schäden sowie Inhomogenitäten ist seit jeher eine Aufgabe die verschiedene Berufsgruppen durchführten.

So ist in einem 1735 erschienen Buch von Karl Christian Schramm über Brücken zu lesen, dass “Zu Einnehmung des Brückengeldes und Zolls ein Brückenmeister bestätigt war, welcher zugleich mit die Brücke in Obsicht hatte” [1]. In Städten und Gemeinden existierte die Stelle des Bauinspektors. Dieser hatte, historisch gesehen, zur Aufgabe die Ausführung von Bauten nach Maßgabe des Baumeisters oder Baudirektors zu kontrollieren.





Abb. 1: Holzbrücke Bad Säckingen (Ursprung 1270) mit Zoll- und Wohnhaus des Brückenmeister am linken Bildrand

Außerdem war es die Pflicht des Bauinspektors, in gewissen Zwischenräumen städtische Gebäude und andere zu inspizieren [2]. Dazu gehörten auch Brücken, die nicht zollrechtlich in der Obhut des Brückenmeisters lagen. Diese Beamtenstellen der Brückenmeister sowie Bauinspektoren wurde über Jahrhunderte so aufgestellt.

Diese Personen prüften aus den Erfahrungen im Umgang mit den verwendeten Materialien. Eine tatsächlich wissenschaftlich begründete Prüfung von Materialien fand erstmalig durch Leonardo da Vinci sowie Galileo Galilei statt. So stellte Galilei Versuchsreihen zur Biegung des Holzes in Abhängigkeit von der Holzart, der Länge und der Dicke des Balkens auf (Abb. 2.). Daraus bildete er sich ein Erklärungsmodell, welches über Jahrhunderte Bestand hatte. Leonardo da Vinci beschrieb die Prüfung der Festigkeit von Draht und hat eine solche Prüfvorrichtung dokumentiert (Abb. 3).

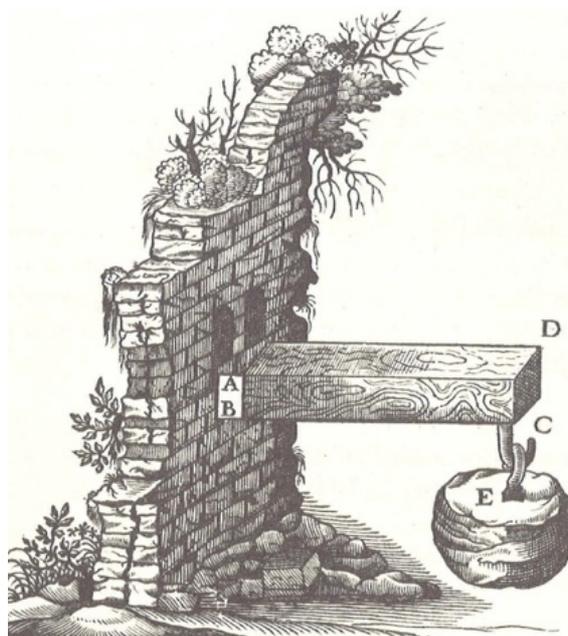


Abb. 2: Untersuchung der Belastbarkeit von Holz, aus Galilei, Discorsi 1638

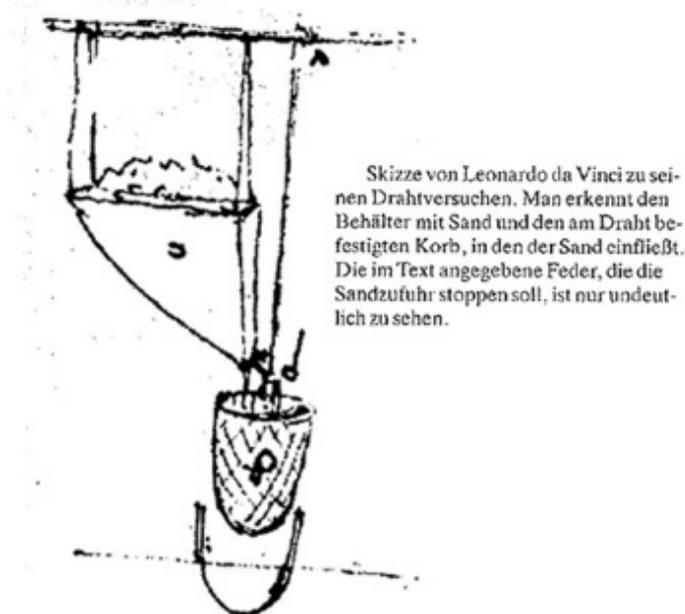


Abb. 3: Versuchsanordnung Leonardo da Vincis zur Bestimmung der Zugfestigkeit von Draht, nach Krankenhagen u. Laube, 1983

Im Zuge der Industrialisierung des 20. Jahrhunderts nahm die Bautätigkeit zu und auch die Vielfalt der eingesetzten Materialien wurde erhöht. Schadensfälle führten zur Gründung von Materialprüfungsämtern. Die Gedanken zur Normung, unter anderem mit dem Ziel der einheitlichen Prüfung von Materialien und Bauten fanden immer mehr Bedeutung. Verkehrsbauwerke sowie deren Belastung nahmen stetig zu. Die Qualität der Ausführung insbesondere eiserner Konstruktion war in den Anfangsjahren des industriellen Bauens nicht befriedigend. Bereits 1930 sahen sich daher die damaligen Baulastträger veranlasst, eine Norm herauszugeben, in der die Qualifikation des Bauwerksprüfpersonals sowie die Prüfzyklen und der Umfang der Prüfungen eindeutig geregelt wurden. Sie erschien zunächst als DIN 1076 „Richtlinie für die Überwachung und Prüfung eiserner Straßenbrücken“. Auf dieser Richtlinie aufbauend werden auch noch aktuell alle Brücken in Deutschland geprüft und überwacht. Durch einen Einsturz einer Hallenkonstruktion im Jahre 2006 wurde auch die Strategie zur Überprüfung von Hochbauten einheitlich geregelt. Seit 2008 existiert die Richtlinie für die Überwachung der Verkehrssicherheit von baulichen Anlagen des Bundes (RÜV) sowie seit 2010 die Richtlinie zur Standsicherheit von Bauwerken; Regelmäßige Überprüfung (VDI 6200).

Diese Prüfungen obliegen Brückenprüfern und sachkundige Planern. Das Ingenieurgebiet der Bauwerksdiagnose ist diesen Personenkreisen bekannt und teilweise von diesen anwendbar. Bei Speziellen Problemstellungen, wie zum Beispiel Spannungsrisskorrosion, sind vertiefte Kenntnisse notwendig. Dienstleister im Bereich der Bauwerksdiagnose können diese Prüfaufgaben lösen. Im Folgenden wird Einblick in das Feld der Bauwerksdiagnose mit dem Auge des Ingenieurdienstleisters gegeben.

2. Problem vs. Prüfaufgabe

Die Bauwerksprüfung ist normentechnisch in der DIN 1076 für Straßenbrücken geregelt. Eine normierte Prüfung im Hochbau existiert nicht sondern wird über Richtlinien durchgeführt (RÜV, VDI 6200). Allerdings wird in allen Bereichen des Bauingenieurwesens unter der Prüfung die Hand nahe visuelle Untersuchung einer fachlich ausgebildeten Person verstanden.

Eine tatsächliche Prüfaufgabe entsteht bei der Einschätzung dieser Person, dass eine detaillierte Analyse für bestimmte Bereiche des geprüften Bauteils durchgeführt werden muss. Dieses erfolgt, wenn ein Schaden nur teilweise erkannt wird, oder der Schaden ein Ausmaß erreicht, dass der Prüfer die tatsächliche Bauwerkssicherheit nicht einschätzen kann. Dabei handelt es sich um die objektbezogene Schadensanalyse.

Unter zur Hilfenahme der Schadensanalyse werden Aussagen über eine rechtzeitige und damit wirtschaftliche Instandsetzung möglich. Von der kontinuierlichen und gleichartigen Zustandserfassung der Bauwerke wird erwartet, dass bei Vorlage entsprechenden Datenmaterials und dessen Auswertung auf die Nutzungsdauer von Bauwerken geschlossen werden kann. Darüber hinaus werden durch die dann abschätzbare Restnutzungsdauer genauere Wirtschaftlichkeitsüberlegungen zur Instandsetzungs- oder Erneuerungsplanung möglich. Bauwerksprüfung und Zustandsbewertung sind somit wichtige Bausteine des Bauwerksmanagementsystems (Abb. 4).



Abb. 4: Ablaufschema im Rahmen des Bauwerksmanagements (BASt 2008)

Die tatsächliche Prüfaufgabe bildet daher die Untersuchung einer Problemstellung (Schaden, Verdachtsstelle, etc.) mit Messinstrumenten vor Ort oder im Labor.

Diese Aufgabe ist aktuell nicht normentechnisch erfasst und die Qualität der Messung wird durch den Baudiagnostiker und dessen Qualifikation bestimmt.

3. Beispiele

3.1. Objektbezogene Schadensanalyse

Wie im Bauwerksmanagementsystem der BAST vorgegeben wird bei der normierten Brückenprüfung eine Hand nahe Untersuchung der Bauteile durch einen Brückenprüfingenieur durchgeführt. Sollte bei dieser Prüfung Unklarheiten bezüglich Schäden oder Schadensfolgen vorhanden sein so ist eine objektbezogene Schadensanalyse durchzuführen. In dem nun folgenden Fall handelte es sich um eine Spannbetonbrücke deren Zustandsnote bereits einen schlechten Zustand attestierte (siehe Abb. 5).



Zustandsnote: 3,5

Abb. 5: Prüfnote nach DIN 1076 einer Spannbetonbrücke Baujahr 1970

In diesem Prüfbericht wurde bereits als Empfehlung eine Zusatzuntersuchung ausgesprochen. Dabei handelte es sich um Sondergutachten bezüglich Chloriduntersuchung sowie Eigenschaften des Spannstahls.

Die Objektbezogene Schadensanalyse erfolgte im Anschluss in Teilbereichen der Brücke. Dabei wurde der Spannstahl auf Brüche sowie Spannungsrisskorrosion untersucht. Eingesetzt wurden dabei das Verfahren der Streufeldmessung [7] sowie endoskopische Untersuchungen (Abb. 6).



Abb. 6: Streufeldmessung (links) sowie ermittelter Spannstahlbruch infolge Chlorideinwirkung (rechts)

3.2. Prüfaufgaben im Rahmen der Umnutzung/Modernisierung von Gebäuden

Das Bauen im Bestand gewinnt immer mehr an Bedeutung. Häufig sind dabei vorhandene Konstruktionen die umgenutzt oder Gebäude die teilweise entkernt und erweitert werden. Die tatsächliche Art der verbauten Materialien ist dabei nur noch teilweise dokumentiert oder vorhandene Eigenschaften der Bauteile sowie Baustoffe werden erneut ermittelt. Dafür eignen sich teilweise auch zerstörungsfreie Prüfverfahren.

Das folgende Beispiel zeigt die Nutzung der zerstörungsfreien Radaruntersuchung zur Identifizierung von Hohlbereichen/ Luftschächten in Mauerwerkswänden. Der Zwinger in Dresden (Abb. 7) wird seit ca. 2006 umfangreich modernisiert und teilweise werden Bauteile verstärkt. Zur tatsächlichen Feststellung der Lage von Luftschächten wurden mehrjährig Untersuchungen durchgeführt.

Dabei wurde mit elektromagnetischen Wellen die Mauerwerksstruktur untersucht. Schächte wurden in Plänen markiert und dem Tragwerksplaner übergeben. An Hand der Ergebnisse dieser Untersuchungen konnte zusätzlich eine wertvolle Information zur monolithischen Ausbildung des Mauerwerks geliefert werden.



Abb. 7: Zwinger Dresden (links) sowie Radaruntersuchungen auf oberflächennahe Lüftungsschächte (rechts)

In der Praxis ist häufig anzutreffen, dass Umbaumaßnahmen ohne Wissen zur tatsächlichen Materialbeschaffenheit begonnen werden. Das Problem, nämlich unzureichendes Informationen zu den tatsächlich verbauten Materialien, ergibt sich meist erst bei der Ausführung der Arbeiten. So auch bei dem folgenden Beispiel.

Dabei handelt es sich um den Umbau eines Büro- und Einkaufskomplexes in Berlin. Im Zuge der Umbaumaßnahmen wurde festgestellt, dass eine Stütze des Bauwerkes minderfeste Betone aufwies (Abb. 8). Als Folge wurde durch den Prüfstatiker die Nutzungsfreigabe des Gesamtbauwerkes verwehrt. Für die BauConsulting Mitarbeiter war hier die Problemstellung zu lösen, einen Nachweis der Festigkeit aller Stützen des Gebäudes zu erbringen und Stützen mit Minderfestigkeiten zu katalogisieren.

Zur Abschätzung der Festigkeit nach DIN EN 13791 wurde ein Prüfprogramm aufgestellt, dass die Bohrkernentnahme und Labordruckfestigkeitsprüfung sowie die zerstörungsfreie Prüfung mit Rückprallhammer nach DIN EN 12504-2 an mehreren Stützen vorsah. An Hand der ermittelten Korrelation zwischen Rückprallwerten und Bohrkernfestigkeiten wurden alle Stützen des Gebäudes zerstörungsfrei untersucht. Das Ergebnis war die Eingrenzung von mehreren minderfesten Stützen sowie deren nachfolgende Verstärkung.



Abb. 8: Minderfeste Stützen (links) sowie zerstörungsfreie Untersuchung an Stützen (rechts)

3.3. Prüfaufgaben im Rahmen von Unterhaltungsmaßnahmen an Bestandsbauten

Die gebaute Infrastruktur ist zu einem erheblichen Anteil für eine Lebensdauer von mehr als 80 Jahren ausgelegt. Im Zuge der Lebenszeit der Bauwerke wird im Rahmen der Modernisierung von TGA oder Elektroleitungen in gewissen Abständen Maßnahmen erforderlich, die neu zu erstellende Wanddurchführungen beinhalten. Ein im alltäglichen kleines Problem.

So bald allerdings Bauteile von Lastträgern der öffentlichen Hand betroffen sind, ist hier besondere Sorgfalt zu wahren. Im Bereich der Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) ist muss daher seit einigen Jahren jede Kernbohrung in Bestandsbauteilen von der Prüf Abteilung der BVG genehmigt werden. Diese schreibt wiederum vor, dass vor Erstellung der Bohrung die Bewehrung zerstörungsfrei geortet und lokal gekennzeichnet werden muss (Abb. 9).



Abb. 9: Ermittlung der Bewehrungslage vor Kernbohrung im Rahmen der Bestandsanalyse von Hintergleiswänden eines U-Bahnhofes

4. Ausblick

Die Beispiele in Kapitel 3 sollten aufzeigen, dass von der objektbezogenen Schadensanalyse bis hin zur einfachen „Freimessung“ von Bestandsbauteilen Probleme im Bauwesen durch zerstörungsfreie Prüfung und erfahrene Baudiagnostiker gelöst werden können. Zukünftig sind in drei Gebieten durch die breite Fachöffentlichkeit Entwicklungen durchzuführen:

1. Ausbildung von Fachkräften
2. Weiterentwicklung der Technik
3. Organisation der Daten

4.1. Ausbildung

Zur Sicherung der Qualität in der zerstörungsfreien Prüfung bei immer höherer Nachfrage an Leistungen werden Fachkräfte benötigt. Dazu müssen bereits in der Ausbildung im Bauingenieurwesen gezielt Themen der Diagnose integriert sein. Prof. Große hat bereits zur Bauwerksdiagnose 2012 die Möglichkeit aufgezeigt, welche Vorlesungsbestandteile notwendig wären. Teilweise ist im bundesdeutschen Schnitt Bauen im Bestand und somit die Bauwerksanalyse ein Bestandteil des Studiums. Eine Erweiterung zur Vertiefung auf physikalischen und messtechnischen Grundlagen wäre hier wünschenswert. In der Ausbildung des Brückenprüfers ist das Modul der ZfPBau Bestandteil der Weiterbildung. Ein aktueller Kenntnisstand wird hier vermittelt. Allerdings beschränkt sich dieses auf die Präsentation.

Eine tatsächliche Ausbildung oder Qualifikation zu einem Baudiagnostiker findet nicht statt. Das Integrieren der Ausbildung in die Personalzertifizierung nach DIN EN ISO 9712 und den Richtlinien der DGZfP sollte diskutiert werden. Hierbei ist allerdings die Überlegung, wie eine Stufenzertifizierung durchgeführt werden kann.

Möglicherweise sollte ähnlich den Richtlinien des VDI 6050 „Weiterbildung von Fachleuten“ vorgegangen werden.

Zusätzlich zur Personenzertifizierung muss ebenso das methodisch richtige Vorgehen während der zerstörungsfreien Prüfung quantifizierbar sein. Erste Erfolge zur Entwicklung von Prüfprozeduren für zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen sind im Unterausschuss „Qualitätssicherung“ im FA ZfP im Bauwesen zu verzeichnen. Die Mitglieder aus allen Bereichen der Wirtschaft, Forschung und Bildung diskutieren hierbei Möglichkeiten der Verbesserung der Prüfaussage bezüglich angewendeter Verfahren.

4.2. Technik

Die zerstörungsfreien Prüfmethode im Bauwesen sind in ständiger Verbesserung. ZfP Ergebnisse werden in immer kürzerer Zeit anwenderfreundlich präsentiert.

So musste z. Bsp. noch vor zehn Jahren für die Rückprallhammerprüfung mehr als eine Stunde für mehrere Prüffelder aufgewendet werden. Dieses ist nun durch modernere Technik auf ein Viertel der damaligen Zeitaufwendung geschrumpft. Bei weiteren Verfahren hat die Digitalisierung noch zu erfolgen. Zusätzlich ist im Rahmen des Bauens 4.0 die ortsgenaue Datenerfassung von größtem Interesse. Daran arbeiten die Hersteller verschiedenster Geräte im Bauwesen.

4.3. Organisation der Daten

Es werden in nicht mehr als 5 Jahren alle Bauwerke des Bundes auf Basis von Building Information Modeling digital geplant und auch erstellt. Diese Modelle eignen sich auch für die Integration von Daten aus der Diagnose sowie Schadensanalyse. Bestandsbauten werden in immer größerem Maße digital planerisch dokumentiert.

Zukünftig sollten Messungen an Bauwerken ortsnah mit digitalen Modellen verbindbar sein und so eine gezieltere Auswertung möglich werden. Sei es das innere Gefüge von Bauteilen oder die sofortige Bereitstellung von Informationen zur Geometrie, Festigkeit oder auch Schadstellen immer mehr werden Bauwerke erlebbar und auch einschätzbar.

Im Masterplan Bauen 4.0 wurde festgeschrieben, dass bereits in wenigen Jahren die Verfügbarkeit von Daten zu Eigenschaften und Materialien eines Bauwerks in einer BIM-Cloud gespeichert und abrufbar sein sollen. Dieses wird ein Arbeitsgebiet von enormer Tragweite für das Bauingenieurwesen sein (siehe Abb. 10).

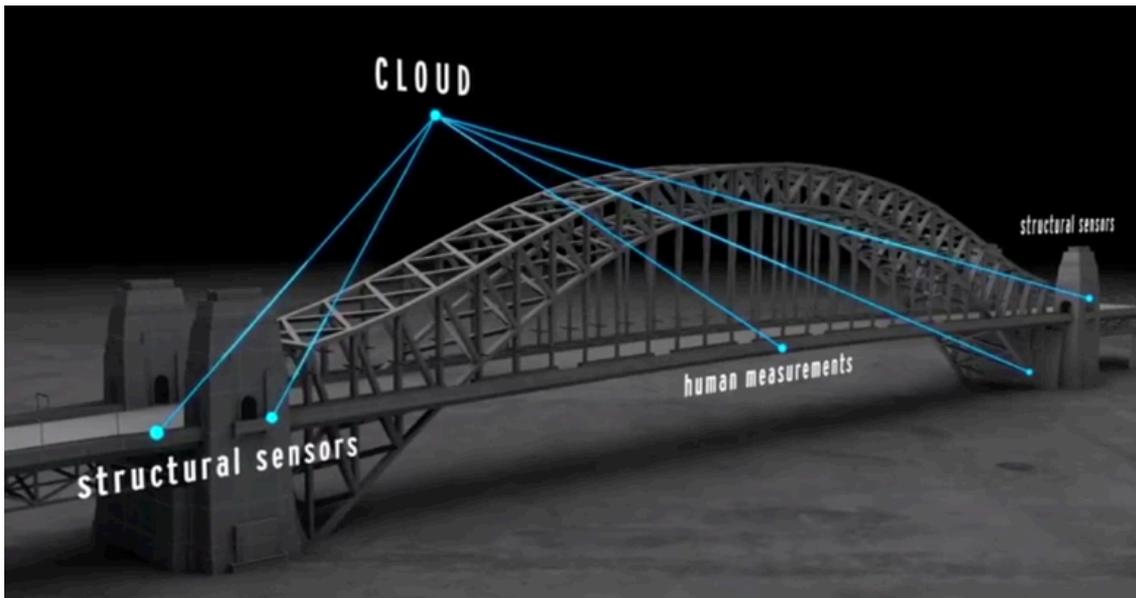


Abb. 10: Cloudbasierte Speicherung von Daten eines Bauwerks (Fa. Tectus Dreamlab) [6]

5. Fazit

Prüfaufgaben in der zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen existieren in der Praxis und können bereits jetzt auf einem hohen Niveau durch Fachkräfte gelöst werden. Im Zuge der weiteren Vereinheitlichung der Überprüfung von Bauwerken nicht nur durch Normung (DIN 1076) sondern auch durch Richtlinien im Hochbau (RÜV, VDI 6200) sind zusätzliche Aufgabengebiete des Bauingenieurwesens vorhanden. Es werden sachkundige Brückenprüfer und auch Planer sowie daran anschließend sachkundige Baudiagnostiker benötigt. Teilweise sind Ausbildungsgebiete in der Hochschulausbildung sowie Weiterbildung von Ingenieuren vorhanden.

Eine gezielte Ausbildung mit Personalzertifizierung sowie das Vorhandensein von Prüfprozeduren zur einheitlichen Anwendung der Verfahren werden zukünftige Aufgaben in den Fachkreisen sein. Im nächsten Jahrzehnt wird das Bauwesen vollständig digitalisiert. Der Masterplan Bauen 4.0 gibt vor, dass Daten cloudbasiert zur Verfügung gestellt werden. Die Einbindung von Bestandbauten sowie deren Prüfdaten inkl. Ergebnisse aus objektbezogenen Schadensanalysen sind Herausforderungen die Bauingenieure zukünftig in der zerstörungsfreien Prüfung zu leisten haben.

Literatur

- [1] Schramm, K.Ch. „Historischer Schauplatz, in welchem die merkwürdigsten Brücken.. vorgestellt und beschrieben werden“ Leipzig 1735
- [2] Bornhak, C. „Geschichte des Preußischen Verwaltungsrechts“, Springer Verlag 1885
- [3] Richtlinie für die Überwachung der Verkehrssicherheit von baulichen Anlagen des Bundes, 2008
- [4] Richtlinie VDI 6200 "Standssicherheit von Bauwerken; Regelmäßige Überprüfung", VDI 2010
- [5] DIN 1076 „Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen - Überwachung und Prüfung“ 1999
- [6] Poser, M., Screening Eagle - revolutionising asset inspection and management, linkedin 2017
- [7] Walther A., Wilcke M., Brossmann N.; „Zerstörungsfreies Untersuchen von Spannbetonbauteilen“, Der Bausachverständige 13, 6, Fraunhofer IRB 2017