

# **Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals**

**26. Zusammenkunft der Ingenieurinnen/Ingenieure  
der Bauwerksprüfung**

**am 11. und 12. September 2018 in Koblenz**

**Veranstalter:** Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur  
Referat Brücken-, Tunnel- und sonstige Ingenieurbauwerke

**Leiter:** Prof. Dr.-Ing. Gero Marzahn, Leiter des Referates  
Brücken-, Tunnel- und sonstige Ingenieurbauwerke

**Tagungsort:** Hochschule Koblenz  
Audimax  
Konrad-Zuse-Straße 1 – 56075 Koblenz

**Ausrichter:** Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz

**Organisator:** Dipl.-Ing. Andreas Jackmuth

**Titelfotos:** Balduinbrücke Koblenz, © Waldemar Brachczok [www.facebook.com/waldemar.braschczok](http://www.facebook.com/waldemar.braschczok)  
A 61 – Moseltalbrücke Winnigen, © Dipl.-Ing. Jörg Gilles

## Inhaltsverzeichnis

### **TOP 1 Begrüßung der Teilnehmer durch**

#### **Prof. Dr.-Ing. Gero Marzahn**

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur,  
Leiter des Referates Brücken-, Tunnel- und sonstige Ingenieurbauwerke in der Abteilung Straßenbau, Bonn

#### **Grußworte**

#### **Dipl.-Ing. Gerhard Harmeling**

Abteilungsleiter Verkehr und Straßenbau,  
Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau  
des Landes Rheinland-Pfalz

#### **Prof. Dr.-Ing. Norbert Krudewig**

Dekan und Fachrichtungsleiter „Bauingenieurwesen“ der  
Hochschule Koblenz

### **TOP 2 Organisatorische Angelegenheiten**

#### **Dipl.-Ing. Andreas Jackmuth**

Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz, Koblenz

### **TOP 3 Informationen aus dem BMVI**

#### **Dipl.-Ing. Wolf-Dieter Friebe**

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur,  
Referat für Brücken-, Tunnel- und sonstige Ingenieurbauwerke in  
der Abteilung Straßenbau, Bonn

### **Moderation: Direktor und Prof. Dr.-Ing. Jürgen Krieger**

Bundesanstalt für Straßenwesen

### **TOP 4 Film über die Bauwerksprüfung**

#### **Dipl.-Ing. Wolf-Dieter Friebe**

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur,  
Referat für Brücken-, Tunnel- und sonstige Ingenieurbauwerke in  
der Abteilung Straßenbau, Bonn

## Inhaltsverzeichnis

- TOP 5**            **Bauwerksprüfung im kommunalen Bereich –  
Was kann der VFIB hierzu beitragen?**  
**Dipl.-Ing. René Pinnel**  
Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium für  
Wohnen, Bau und Verkehr, München
- TOP 6**            **Landesweiter Erfahrungsaustausch kommunaler Ingenieure der  
Bauwerksprüfung am Beispiel NRW  
– Chancen und Nutzen für die Bauwerksprüfung –**  
**Prof. Dr.-Ing. Martin Mertens**  
Hochschule Bochum  
**Dipl.-Ing. Karsten Ditscheid**  
Klingenstadt Solingen, Technische Betriebe Solingen
- TOP 7**            **Bauwerksprüfung im Verkehrssektor außerhalb der Straße  
– Entwicklungen und Chancen –**  
**Dipl.-Ing. Ralf Holst**  
Bundesanstalt für Straßenwesen
- TOP 8**            **Sichere, einfache, handnahe und wirtschaftliche Durchführung  
von Bauwerksprüfungen nach DIN 1076  
– Ausgewählte Beispiele aus der Praxis –**  
**Dipl.-Ing. Robert Saager**  
Landesbetrieb Straßenbau NRW, Betriebssitz, Gelsenkirchen
- TOP 9**            **B 327 – Verstärkung der Hochstraße Horchheim  
– Chronologie eines Koppelfugenschadens –**  
**Dipl.-Ing. Andreas Jackmuth**  
Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz, Koblenz

## Inhaltsverzeichnis

**Moderation: Dipl.-Ing. Bernd Winkler**

Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz

**TOP 10      Lehrgang Stahl- und Stahlverbundbrücken für Ingenieure der  
Bauwerksprüfung nach DIN 1076 (Wahlpflichtlehrgang zur  
Zertifikatsverlängerung) – Vorstellung der Inhalte**

**Dipl.-Ing. Ansgar Schabrich**

Hessen Mobil Straßen- und Verkehrsmanagement, Kassel

**TOP 11      Prüfung von Aluminiumbrücken**

**Dipl.-Ing. Nina Lajos**

Klingenstadt Solingen, Technische Betriebe Solingen

**TOP 12      Pilotprojekt Multibeam (Sonarinspektion) an drei Hamburger  
Bauwerken**

**Dipl.-Ing. Christiane Thiel**

Freie und Hansestadt Hamburg - Landesbetrieb Straßen, Brücken  
und Gewässer

**Andreas Plank**

Bayernhafen GmbH & Co KG, Regensburg

**TOP 13      Dauerüberwachung der Thalaubachtalbrücke mittels  
Schallemissionsanalyse-Verfahren**

**M.-Eng. Sebastian Krahle**

Hessen Mobil Straßen- und Verkehrsmanagement, Wiesbaden

**Moderation: Prof. Dr.-Ing. Gero Marzahn**

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

**TOP 14      Unterstützung der Bauwerksprüfung bei der Stadt Köln durch  
Laser-Scanner-Verfahren**

**Dipl.-Ing. (FH) Lukasz Ludewig**

Stadt Köln - Amt für Brücken, Tunnel und Stadtbahn

## Inhaltsverzeichnis

- TOP 15**      **Neue Handbücher für eine zielgerichtete Wartung und effiziente Prüfung von Holzbrücken**  
**Prof. Dr.-Ing. Antje Simon**  
Fachhochschule Erfurt - Fakultät Bauingenieurwesen und Konservierung/Restaurierung
- TOP 16**      **Planung der notwendigen Voraussetzungen für den Betrieb eines teilstationären Brückenuntersichtgerätes (BUG) an Großbrücken**  
**Dipl.-Ing. Marco Schettler**  
Hessen Mobil Straßen- und Verkehrsmanagement, Wiesbaden
- TOP 17**      **Schäden an Lärmschutzwänden aus Beton**  
**Dipl.-Ing. Joachim Charfreitag**  
Landesbetrieb Straßenbau NRW, Betriebssitz
- TOP 18**      **Chloridschäden an Brücken und Tunneln**  
**Prof. Dr.-Ing. Uwe Willberg**  
Autobahndirektion Südbayern, München
- TOP 19**      **Aussprache zu allgemeinen Themen**

## **Begrüßung der Teilnehmer durch**

### **Prof. Dr.-Ing. Gero Marzahn**

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur,  
Leiter des Referates Brücken-, Tunnel- und sonstige Ingenieurbauwerke in der  
Abteilung Straßenbau, Bonn

## **Grußworte**

### **Dipl.- Ing. Gerhard Harmeling**

Abteilungsleiter Verkehr und Straßenbau  
Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau des  
Landes Rheinland-Pfalz

### **Prof. Dr.-Ing. Norbert Krudewig**

Dekan und Fachrichtungsleiter „Bauingenieurwesen“ der  
Hochschule Koblenz

**Organisatorische Angelegenheiten**

Dipl.-Ing. Andreas Jackmuth  
Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz

## Informationen aus dem BMVI

Dipl.-Ing. Wolf-Dieter Friebe  
 Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

### Kurzfassung

Die Verteilung der Brückenklassen für Brücken an Bundesfernstraßen hat sich in den letzten Jahren weiter verbessert.

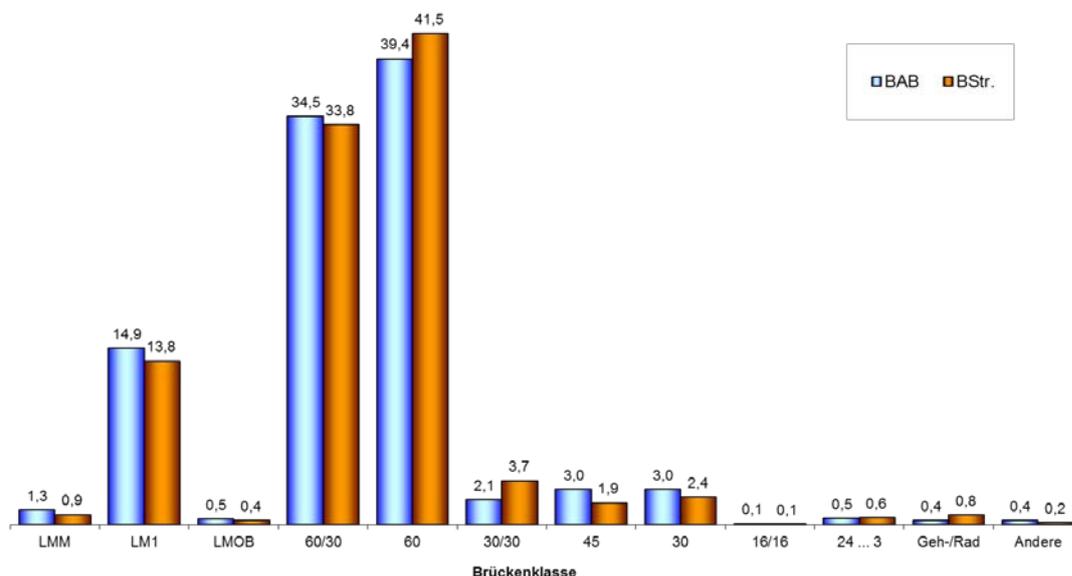
Bei der Nachrechnung und Ertüchtigung des Bauwerksbestandes gibt es weitere deutliche Fortschritte. Die Umsetzung der Brückenmodernisierung erfolgt unter Berücksichtigung eines vordringlichen Netzes bei weiterer Steigerung der Erhaltungsmittel.

Die RI-EBW-PRÜF wurde mit ARS 06/2017 neu herausgegeben. Es wurden Anpassungen zur Holzfeuchtemessung, Hinweise zum VFIB sowie Ergänzungen im Schadensbeispielkatalog vorgenommen und weitere Beispiele für Prüfhandbücher aufgenommen. Die bisherigen Regelungen der RBA-BRÜ sind in der RE-ING aufgenommen worden.

Der VFIB nimmt bei der Mitgliederzahl und der Anzahl der ausgegebenen Zertifikate eine weiterhin positive Entwicklung. In einer Arbeitsgruppe des Beirates wurde ein neuer Film über die Bauwerksprüfung erarbeitet.

### 1. Bauwerksbestand und -zustand

In Bundesfernstraßen gibt es aktuell 39.621 Brücken (51.593 Teilbauwerke) mit einer Gesamtlänge von über 2.130 km und einer Gesamtfläche von 30,8 Mio. m<sup>2</sup>. Die überwiegende Anzahl der Bauwerke sind mit 87 % Beton- (17 %) und Spannbetonbrücken (70 %), gefolgt von Stahl- und Stahlverbundbrücken mit jeweils etwa 6 % der Gesamtbrückenfläche.

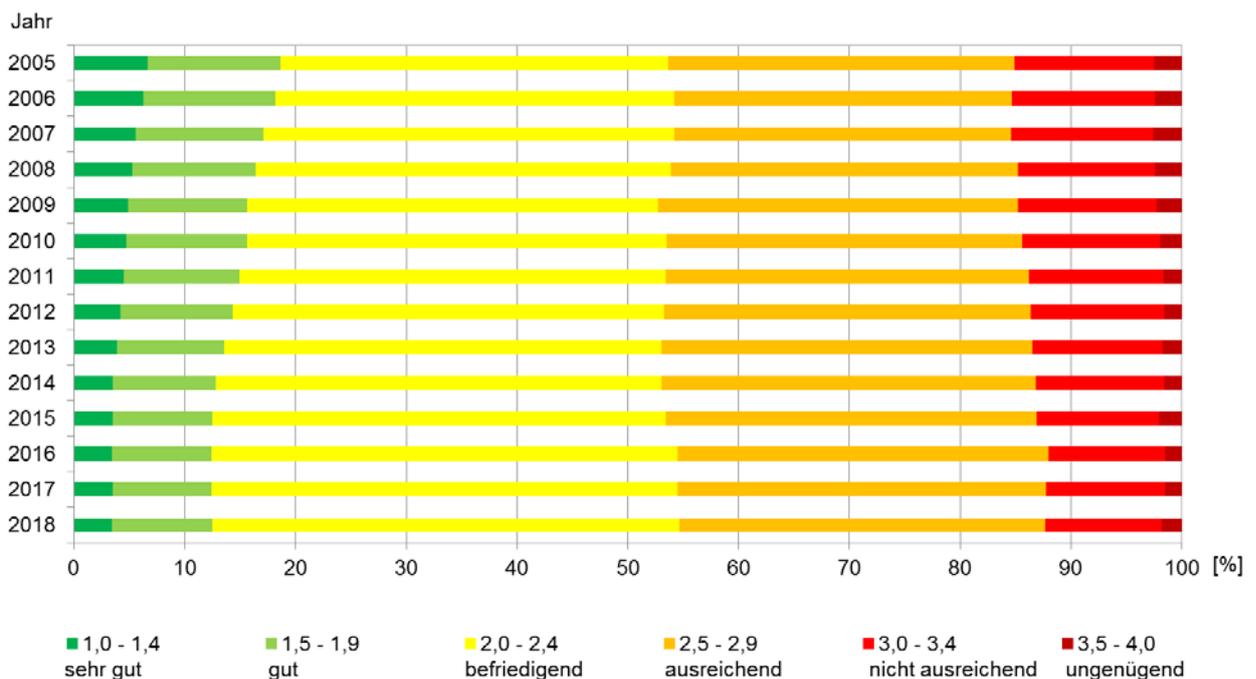


**Bild 1** Brückenklassen der Brücken an Bundesfernstraßen nach Prozent der Brückenflächen [%] (Quelle: BMVI)

## Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals

Die meisten Brücken wurden in den alten Bundesländern in den 60er und 70er Jahren gebaut und in den neuen Bundesländern in den Jahren 1995 bis 2010. Die Brückenklassen sind in **Bild 1** dargestellt. Der überwiegende Anteil der Brücken hat noch die Brückenklasse 60 oder weniger. Die Verteilung hat sich in den letzten Jahren allerdings deutlich verbessert. Waren im Jahr 2012 nur etwa 6,5 % bzw. 7,5 % der BAB- und B-Brücken in Brückenklasse LM 1, so sind es im Jahr 2016 bereits 16,2 % bzw. 14,2 % der Brückenfläche. Dementsprechend hat sich der Anteil der Brückenklasse 60 und schlechter von etwa 50,6 % bzw. 48,7 % der BAB- und B-Brücken auf 39,4 % bzw. 41,5 % stark verringert.

Die Zustandsentwicklung der Brücken in Bundesfernstraßen zeigt **Bild 2**. Die Zustandsbereiche haben sich insgesamt verstetigt. Allerdings haben die Bereiche mit „guten“ bis „sehr guten“ Zustandsnoten von 2005 18,6 % auf 2018 12,5 % stark abgenommen. Resultieren tut dies wesentlich aus einer nachlassenden Ausführungsqualität. Erfreulicherweise hat sich der Anteil der „nicht ausreichend“ oder „ungenügend“ bewerteten Bauwerke insgesamt verringert. Waren es im Jahr 2006 noch 15,3 %, so sind es im Jahr 2018 12,4 % der Bauwerksfläche. Hieran lassen sich, wie auch bei den Brückenklassen, erste Erfolge der deutlich verstärkten Erhaltungsmittel und deren Umsetzung erkennen.

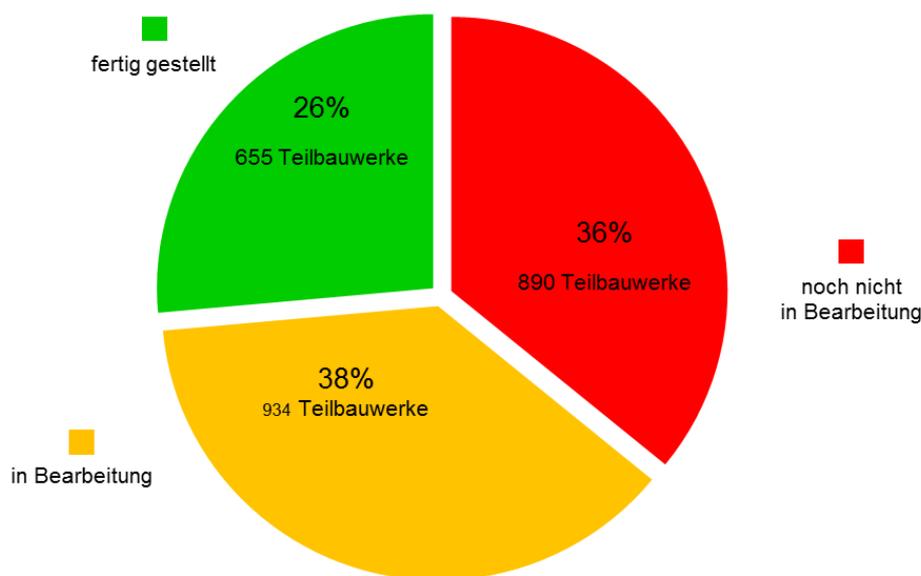


**Bild 2** Zustandsentwicklung der Brücken an Bundesfernstraßen nach Prozent der Brückenflächen [%]  
(Quelle: BMVI)

## 2. Stand der Nachrechnung und Brückenertüchtigung

Über die Notwendigkeit der Nachrechnung und Ertüchtigung der Brücken im Bestand wurde bereits hier und bei verschiedenen Veranstaltungen berichtet. An dieser Stelle soll wieder auf die aktuelle Entwicklung eingegangen werden.

Die „Objektbezogenen statischen Nachrechnungen“ laufen, d. h. die Straßenbauverwaltungen der Länder haben für die überwiegende Zahl der in der „BAST-Liste“ betroffenen Bauwerke die Nachrechnung inzwischen geplant und durchgeführt. Der überwiegende Anteil der Bauwerke ist in Bearbeitung oder bereits für die angestrebte Brückentragfähigkeit hergestellt (**Bild 3**).



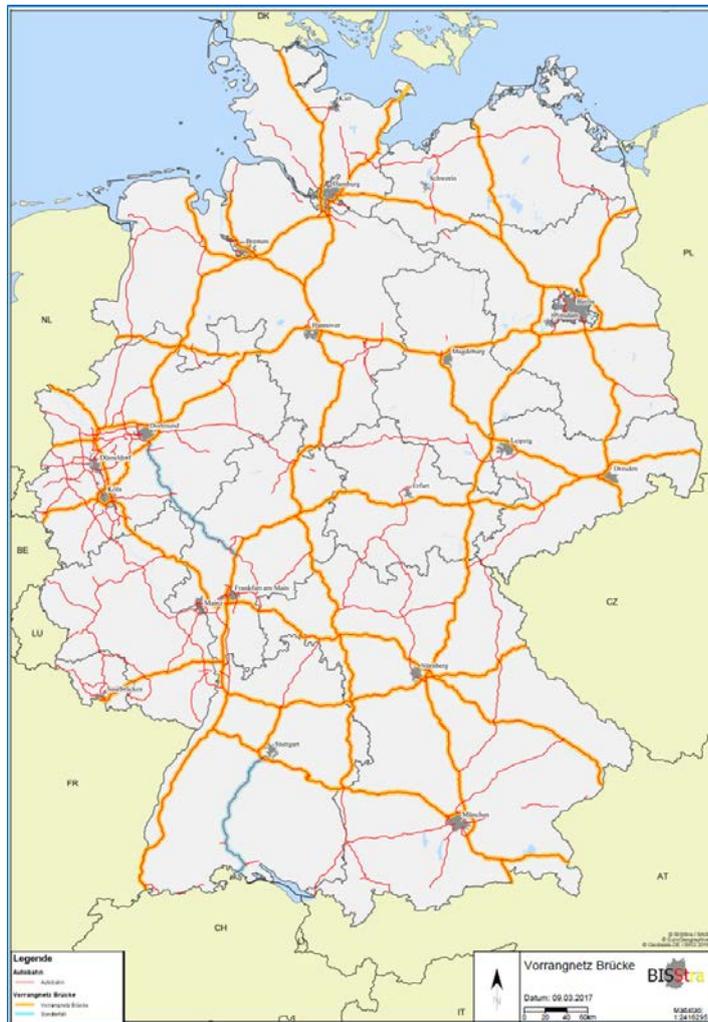
**Bild 3** Überblick Bearbeitungsstand, Stand 09.2017 (Quelle: BMVI)

Die bisherigen Schwerpunkte waren die Untersuchung und Modernisierung von Einzelbauwerken, vorwiegend Großbrücken der BAST-Liste. Mit der Fortschreibung der Strategie zur Brückenmodernisierung wird der Blick auf die Modernisierung ganzer Streckenzüge unter Berücksichtigung des BVWP 2030 und dem Transeuropäischen Netz im Autobahnnetz ausgeweitet, um zukunftssichere Korridore, also reale Verkehrswerte, zu schaffen. Es wird dabei der Focus auf die Modernisierung ausgewiesener, überwiegend hochbelasteter Transitstrecken gerichtet, um diese Strecken vordringlich zu ertüchtigen und zugleich übrige Strecken vorerst möglichst unbeeinträchtigt für die Verkehrsabwicklung zur Verfügung zu haben. Es entsteht so ein vordringliches Netz im BAB-Bereich (**Bild 4**), das „Vorrangnetz Brücke“.

Die Gesamtlänge des Vorrangnetzes Brücke umfasst mit rund 6.600 km fast die Hälfte des Bundesautobahnnetzes. Im Zuge der ausgewiesenen Strecken befinden sich ca. 5.200 Brücken bzw. fast 10.000 Brücken-Teilbauwerke. Stark betroffen sind die Flächenländer Bayern, Hessen, Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen und Baden-Württemberg.

## Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals

Die Bundesregierung hat die Investitionen in die Erhaltung kräftig aufgestockt. Für das Jahr 2018 stehen insgesamt 3,7 Mrd. € Erhaltungsmittel bereit, die in der Finanzplanung weiterhin kontinuierlich erhöht werden sollen. Für das Jahr 2020 sind 4,2 Mrd. € vorgesehen, eine Summe, die hohe Ansprüche an die planerische und bauliche Umsetzung stellt. Der Anteil für die Erhaltung und Ertüchtigung der Ingenieurbauwerke wird stetig von anfangs rund 26 % auf ca. 45 % im Jahr 2030 steigen.



**Bild 4** Vordringliches Netz Brückenmodernisierung

Seit dem Haushaltsjahr 2015 werden Maßnahmen der Brückenertüchtigung mit einem Bauvolumen über 5 Mio. € im Straßenbauplan gesondert dargestellt und die hierfür vorgesehenen Haushaltsmittel in den Erhaltungstiteln für Bundesautobahnen und Bundesstraßen gesondert aufgeführt. Enthalten sind jeweils jährlich 100 Mio. € für die Ertüchtigung kleinerer Brücken mit einem Bauvolumen unter 5 Mio. €, um auch die Brückenmodernisierung ganzer Streckenabschnitte voranzutreiben. Folgende Haushaltsansätze (**Tabelle 1**) sind in der aktuellen Finanzplanung für das „Sonderprogramm Brückenmodernisierung“ vorgesehen:

**Tabelle 1** Entwicklung der Ausgaben im Sonderprogramm Erhaltung

Haushaltsjahr	2018	2019	2020	2021	2018-21
Haushaltsmittel [Mio. €]	740	760	780	850	3.130

### 3. Neue Regelungen bei der Bauwerksprüfung

Die „Richtlinie für die Einheitliche Bewertung, Aufzeichnung, Erfassung und Auswertung der Ergebnisse der Bauwerksprüfung nach DIN 1076 (**RI-EBW-PRÜF**)“ wurde überarbeitet und mit ARS 06/2017 eingeführt. Es wurden weitere Beispiele für Prüfhandbücher aufgenommen, der Schadensbeispielkatalog wurde weiter ergänzt und die Regelungen zur Holzfeuchtemessung von Holzbrücken präzisiert. Weiterhin sind jetzt Qualifikationsanforderungen bei Vergabe der Bauwerksprüfung an Dritte beschrieben.

Die „Richtlinie für den Entwurf und Ausbildung von Ingenieurbauten (**RE-ING**)“ wurde Ende 2016 eingeführt. Hierin sind die Regelungen zur Bauwerksprüfung im Teil 2, Abschnitt 3 „Bauliche Durchbildung von Brücken für die Überwachung, Prüfung und Erhaltung (**BDA-BRÜ**)“ enthalten. Grundsätzlich ist bereits bei der Planung die spätere Überwachung, Prüfung und Erhaltung der Bauwerke zu beachten. Hierbei sind vorliegende Gefährdungsbeurteilungen für vergleichbare Bauwerke zu beachten oder ggf. eine neue Gefährdungsbeurteilung aufzustellen. Bei hohen Böschungstreppen sind künftig Handläufe und/oder Böschungstreppen vorzusehen.

Bei Stahlverbundbrücken geht die Entwicklung zur besseren Prüfbarkeit und Instandsetzung zu offenen Querschnitten.

Aktuell erfolgt in der Arbeitsgruppe der Bund/Länder-Dienstbesprechung IT-Koordinierung eine vollständige Neuerstellung der **ASB-ING**.

In der AG „**Neugestaltung SIB-Bauwerke**“ erfolgt auf Basis der neuen ASB-ING die Realisierung des Programmsystems SIB-Bauwerke 2.0. Ein erster Prototyp des Web-basierten wurde bereits vorgestellt. Die weitere Entwicklung soll im Wesentlichen in 2018 abgeschlossen werden, so dass im Jahr 2019 die Testphase bei den Ländern laufen kann. Das neue Programm soll den Kommunen kostenfrei zur Verfügung gestellt werden. Hierzu sind noch Vereinbarungen zu treffen. Ingenieurbüros und andere Dritte können das Programm gegen ein Entgelt erwerben. Erste Schulungen der Mitarbeiter der Länder erfolgen durch den Programmentwickler. Angebote zur Durchführung von weiteren Schulungen werden noch vorbereitet. Hierzu werden Gespräche mit dem VFIB geführt. Bis zur Einführung sind noch Regeln zu finden, wie mit SIB-Bauwerke (alt) weiter verfahren wird.

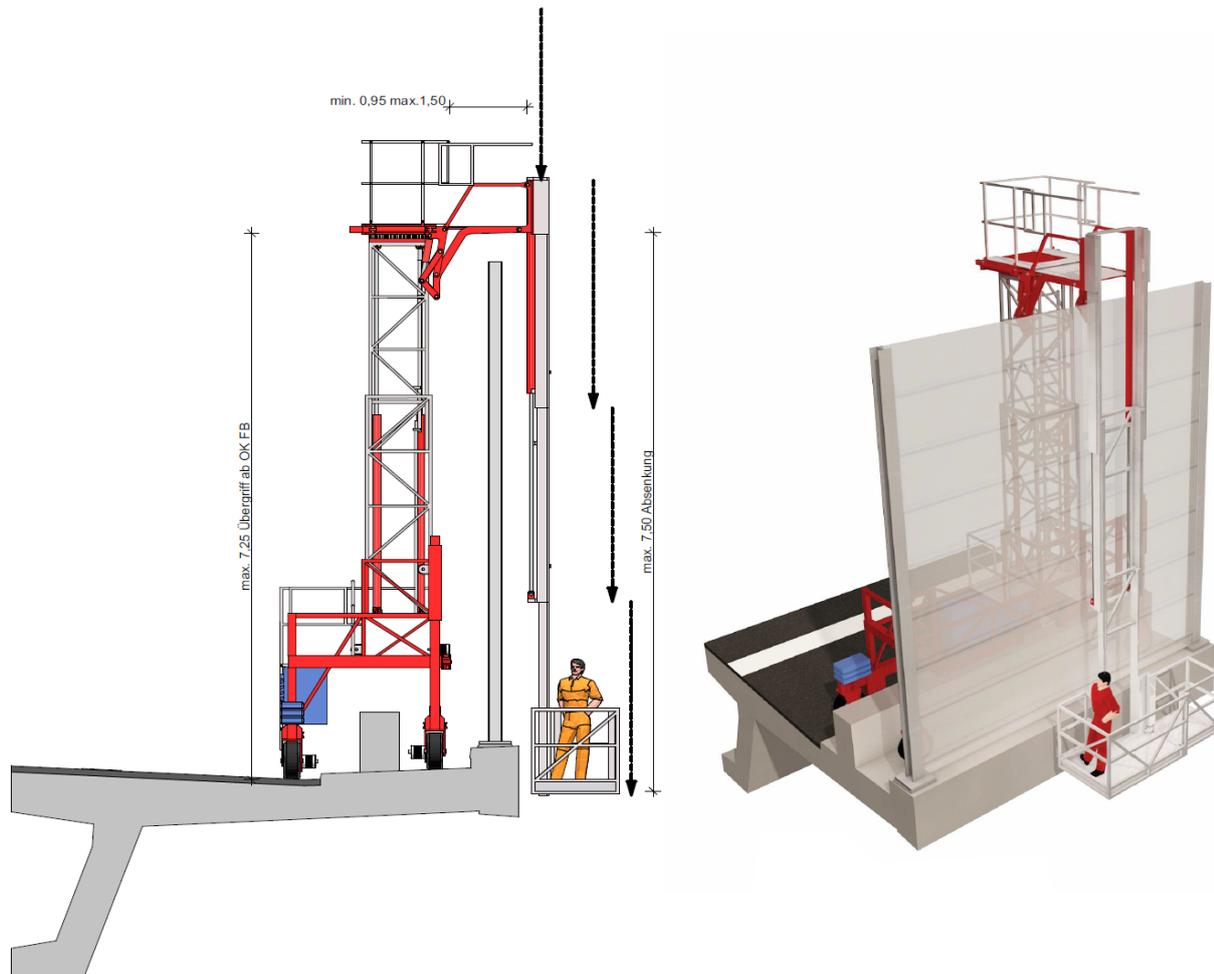
### 4. Prüfung von Lärmschutzbauwerken

Durch gestiegene Anforderungen an den Lärmschutz werden die auf Brückenbauwerken angeordneten und die parallel zur Strecke realisierten Lärmschutzwände immer höher. Es ist bei der Planung darauf zu achten, dass die Bauwerksprüfung aller Bauwerksteile ermöglicht wird. Bei der Planung von Lärmschutzmaßnahmen mit Wandhöhen ab 5,0 m sind in der Gesamtabwä-

## Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals

gung nach RE 2012 die erforderlichen Maßnahmen zur Sicherstellung der Bauwerksprüfung in den Entscheidungsprozess einzubeziehen.

Bei der Prüfung von hohen Lärmschutzwänden auf Brücken ist mit einer Höhe von über 5 m oft die Grenze für Unterflurbesichtigungsgeräte erreicht. Aus diesem Grund hat sich Hessen mobil dieser Fragestellung angenommen und ein teilstationäres Besichtigungsgerät für die Unterflurbesichtigung und die Prüfung von Lärmschutzwänden entwickeln lassen. Es wird geprüft inwieweit ein solches Gerät auch bundesweit eingesetzt werden kann. Aktuell finden Gespräche mit den Herstellern bzw. Vermietern von Brückenbesichtigungsgeräten zur Realisierung und Vermietung statt.



**Bild 5** Prüfung von hohen Lärmschutzwänden auf Brücken (Quelle: Hessen Mobil)

Für freistehende Lärmschutzwände ist darauf zu achten, dass eine Prüfung von allen Seiten möglich ist. Wenn der Raum zur Anlage eines Wartungsweges ausnahmsweise nicht zur Verfügung steht, so ist die Prüfung durch entsprechende Einbauten, Besichtigungsgeräte bzw. Anschlagpunkte bereits bei der Planung sicherzustellen. Auf gekröpfte Lärmschutzwände ist so weit wie möglich zu verzichten, da der Eingriff in den Verkehr zur Prüfung in der Regel erheblich ist.

### 5. Neues aus dem VFIB

Der „Verein für Ingenieure der Bauwerksprüfung (VFIB)“ bietet neben den klassischen Lehrgängen für Ingenieure der Bauwerksprüfung weitere Lehrgänge an. Dies sind einerseits Praxislehrgänge für die Bauwerksprüfung und Lehrgänge zur Prüfung von Lagern, andererseits werden aktuell Lehrgänge zur Anwendung und Ausschreibung von „Zerstörungsfreien Prüfverfahren (ZfP)“ angeboten. Diese Lehrgänge wurden durch die BAST und die BAM unter Begleitung einer Expertengruppe entwickelt und stellen eine sinnvolle Ergänzung des Lehrgangsangebotes des VFIB dar.

Der 5. Erfahrungsaustausch „Bauwerksprüfung nach DIN 1076“ fand am 28.09.2017 mit rund 500 Teilnehmern in Fulda statt. Wiederum gab es eine begleitende Fachausstellung, die sehr gut angenommen wurde. Schwerpunkt der Veranstaltung war dieses Mal die Prüfung und Erhaltung kommunaler Bauwerke, mit denen sich mehrere Vorträge befassten. Der Rechnungshof Rheinland-Pfalz hat in seinem Vortrag die teilweise sehr unbefriedigende Situation und deren Folgen bei den Städten und Gemeinden dargestellt. Es ist zu erwarten, dass dies nicht nur im Land Rheinland-Pfalz so ist. Eine Verbesserung kann hier durch die Schulung des Personals gelingen. Der 6. Erfahrungsaustausch findet am 14.11.2019 im Gürzenich in Köln statt.

In die 3. Auflage der VFIB-Empfehlung zur Leistungsbeschreibung, Aufwandsermittlung und Vergabe von Leistungen der Bauwerksprüfung nach DIN 1076 wurden bis Ende November 2017 wichtige Änderungen und Ergänzungen aufgenommen. Dies sind unter anderem Aufwandswerte für Trogbauwerke und Empfehlungen zur Qualitätssicherung der Bauwerksprüfung, Aktualisierung des EU-Schwellenwertes und der TV-L-Stundensätze, Komplettüberarbeitung der Excel-Datei „7\_Zeitaufwand+Kosten“ mit einer umfangreichen Hilfedatei sowie Hinweise zur Befüllung der „Liste der zu prüfenden Bauwerke“ mit Hilfe des Programms SIB-Bauwerke.

Der Film über die Bauwerksprüfung nach DIN 1076 ist fertiggestellt.

Die 9. Mitgliederversammlung des VFIB hat am 12.04.2018 in Bonn stattgefunden. Die Mitgliederzahl entwickelt sich mit über 200 Mitgliedern weiterhin erfreulich positiv und auch die Lehrgangsangebote werden insgesamt gut angenommen. Im Anschluss an die Mitgliederversammlung fand ein feierlicher Festakt zum 10-jährigen Bestehen des VFIB statt. In den 10 Jahren hat der VFIB in einer Zeit, in der eine qualifizierte Brückenprüfung immer wichtiger wird, eine hervorragende Arbeit für die Bauwerksprüfung geleistet.

### **Film über die Bauwerksprüfung**

Dipl.-Ing. Wolf-Dieter Friebe  
Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

#### **Kurzfassung**

In den Jahren 2017 und 2018 wurden mehrere Versionen eines Films über die Bauwerksprüfung nach DIN 1076 hergestellt. Der Film wurde gemeinsam vom BMVI, den Straßenbauverwaltungen der Länder und dem VFIB finanziert.

Es gibt folgende Filmversionen:

- Langversion 45 Minuten Deutsch/Englisch
- Kurzversion 7 Minuten Deutsch/Englisch
- VFIB-Version 5:30 Minuten Deutsch
- Nachwuchswerbung 3:30 Minuten Deutsch

Die 45 Minuten lange Version dient der Information und Schulung und soll auch bei den Lehrgängen des VFIB eingesetzt werden. Die Lang- und Kurzversionen der Filme sind bereits auf der Homepage des BMVI und über YouTube einzusehen. Die Kurzversionen sollen auch auf den Internetseiten der Länder und des VFIB bereitgestellt werden.

Es wurden 14 Drehorte besucht und viele Stunden Filmmaterial erzeugt. Das gute Ergebnis war nur durch die Auswahl einer sehr guten Produktionsfirma (globe360) und der Mitwirkung aller Beteiligten, insbesondere der Prüfer vor Ort, möglich.

Dafür nochmals Dank an alle Beteiligten.

### **Bauwerksprüfung im kommunalen Bereich**

#### **Was kann der VFIB hierzu beitragen?**

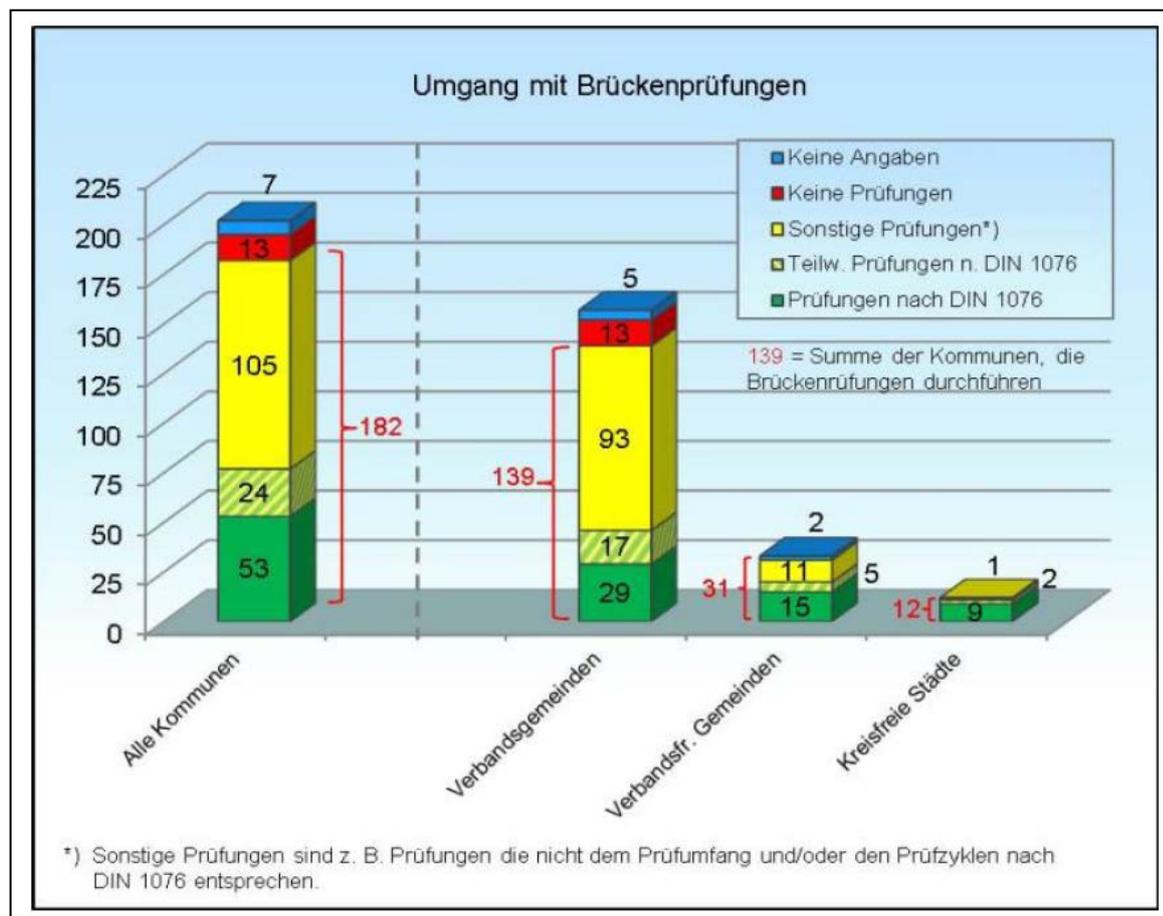
BD Dipl. Ing (Univ.) René Pinnel  
Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr

#### **Kurzfassung**

Die Erhaltung der Verkehrsinfrastruktur ist als Teil der öffentlichen Daseinsvorsorge Aufgabe von Bund, Ländern, Landkreisen und Gemeinden. So haben nach § 4 Fernstraßengesetz (FStrG) und den verschiedenen Länderstraßengesetzen die Träger der Straßenbaulast dafür einzustehen, dass ihre Bauten allen Anforderungen der Sicherheit und Ordnung genügen. Auch ohne ausdrückliche Festlegung erfordert dieses Gebot die Beachtung der in technischen Richtlinien, Merkblättern oder DIN-Normen festgelegten anerkannten Regeln der Technik. Die DIN 1076 ist eine solche anerkannte Regel der Technik. Während im Bereich des Bundes und der Länder das Regime der DIN 1076 und der RiEBW-Prüf durchwegs angewandt wird, hat eine Prüfung durch den Rechnungshof Rheinland-Pfalz ergeben, dass im kommunalen Bereich eine eher heterogene Gemengelage vorliegt. Es stellt sich die Frage, was durch den VFIB unternommen wird bzw. unternommen werden kann, um das Thema Bauwerksprüfung auch seitens des VFIB bundesweit an die Kommunen heranzutragen.

#### **1. Ausgangslage**

Die Erhebungen des Rechnungshofs Rheinland-Pfalz haben ergeben, dass in vielen Gemeinden kein Bauwerksverzeichnis vorgehalten wird, was dazu führt, dass es häufig bereits Unklarheiten beim Umfang des jeweiligen Bestandes gibt. Weiter hat die Prüfung gezeigt, dass lediglich ca. 25 % der kommunalen Kommunen in Rheinland-Pfalz streng nach DIN 1076 prüfen, weitere 65 % prüfen, jedoch nicht unbedingt nach den Vorgaben der DIN 1076. Schließlich haben 10 % der geprüften Kommunen angegeben, gar nicht zu prüfen bzw. haben keine Angaben gemacht. Es ist davon auszugehen, dass die Situation aufgrund der föderalistischen Struktur unseres Landes und der hieraus resultierenden kommunalen Selbstverwaltung in den anderen Bundesländern sich hiervon nicht wesentlich unterscheiden dürfte. Der VFIB als Stimme der Bauwerksprüfer in der Gesellschaft kann hier wichtige Aufklärungsarbeit leisten und entscheidende Impulse geben.



**Bild 1** Auszug aus Prüfbericht Rechnungshof Rheinland-Pfalz AZ: 2-P-0057-31-1/2011, Seite 29

## 2. Reguläre Vereinsarbeit

Der VFIB konnte mittlerweile drei kommunale Spitzenverbände, den Deutschen Städtetag, den Deutschen Städte- und Gemeindebund sowie den Deutschen Landkreistag als ordentliche Mitglieder gewinnen. Dadurch ist sichergestellt, dass das Thema Bauwerksprüfung nach DIN 1076 auf der obersten Handlungsebene der Kommunen stets präsent ist. Auch sind mittlerweile 19 Städte außerordentliche Vereinsmitglieder und haben so direkten Zugang zum Netzwerk des VFIB. Über Mitgliederversammlungen und Erfahrungsaustausche sowie über den VFIB Newsletter, trägt der VFIB fortlaufend aktuelle Informationen zur Bauwerksprüfung direkt an seine Mitglieder heran. Daneben nutzen Vertreter der Kommunen auch das Fortbildungsprogramm des VFIB oder werden von VFIB Mitgliedern auf das Thema Bauwerksprüfung angesprochen.

## 3. Besondere Aktivitäten

Um das Thema Bauwerksprüfung noch unmittelbarer an die Kommunen, bei denen es bisher noch nicht fest verankert ist, heranzutragen, hat der VFIB eine Reihe von Initiativen zur Sensibilisierung gestartet. So hat es sich zum Beispiel als sehr zielführend erwiesen, im Rahmen von verschiedenen Fachtagungen kommunaler Entscheidungsträger, über relativ kurze Referate das Spannungsfeld zwischen Verantwortung und Haftung der handelnden Personen im Bereich

## Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals

---

der kommunalen Infrastruktur zu beleuchten. Außerdem werden spezielle Fachtagungen zum Thema Bauwerksprüfung in Zusammenarbeit mit kommunalen Bildungseinrichtungen angeboten, um auf Entscheidungsebene Unterstützung hinsichtlich der praktischen Umsetzung zu geben. Schließlich bietet auch der VFIB selbst Lehrgänge zum Thema „Prüfung von Verkehrsbauwerken in Kommunen an“. Mit diesem Dreiklang aus Maßnahmen soll erreicht werden, dass die Bauwerksprüfung nach DIN 1076 auch dort wahrgenommen wird, wo sie bis dato eher ein Randthema dargestellt haben mag.

### **4. Unterlagen und Informationen**

Um die Vergabe von Bauwerksprüfung zu vereinfachen und eine faire Vertragsgestaltung und damit eine gute Qualität der Bauwerksprüfung zu befördern, hat der VFIB die „Empfehlungen zur Leistungsbeschreibung, Aufwandsermittlung und Vergabe von Bauwerksprüfungen nach DIN 1076“ erarbeitet. Diese bieten den Auftraggebern eine Reihe von Hilfsmitteln, um einfacher und klarer zu Ingenieurverträgen im Bereich der Bauwerksprüfung zu gelangen. Sie stellen somit ein wichtiges Werkzeug gerade auch für Kommunen dar. Der VFIB berät über seine Vertreter auf Anfrage auch gerne Kommunen in Fragen der Bauwerksprüfung, um Hemmschwellen abzubauen und zu unterstützen.

### **5. Resümee**

Der VFIB engagiert sich bereits intensiv, um die Bauwerksprüfung nach DIN 1076 bei den Kommunen ins Blickfeld zu rücken. Dabei ist jedoch bislang noch keine flächige Abdeckung des gesamten Bundesgebiets erreicht worden. Dieser Herausforderung will sich der VFIB in der Zukunft jedoch stellen. Um dies möglich zu machen, müssen die daraus resultierenden Lasten jedoch auf eine Vielzahl von Schultern verteilt werden.

### **Literaturverzeichnis**

/1/ Rechnungshof Rheinland-Pfalz: Bericht nach § 111LHO über die Erhaltung und den Zustand von Brücken in kommunaler Baulast. Speyer, 10. Oktober 2013, Seite 29

### **Landesweiter Erfahrungsaustausch: Der kommunale Arbeitskreis K-IngNRW**

Dipl.-Ing. Karsten Ditscheid  
Technische Betriebe Solingen/K-IngNRW

Prof. Dr.-Ing. Martin Mertens  
Hochschule Bochum/K-IngNRW

#### **Kurzfassung**

Im Jahr 2013 wurde der kommunale Arbeitskreis K-IngNRW gegründet, dessen Mitglieder aus derzeit 49 nordrhein-westfälischen Kommunen und Kreisen jährlich zwei bis drei Erfahrungsaustausch-Veranstaltungen an wechselnden Standorten im Land organisieren und durchführen. Ziele sind u.a. die Gründung von Netzwerken zum fachlichen Austausch, die Kontaktaufnahme zu wichtigen Institutionen, Vereinen, Hochschulen und Körperschaften, die Hilfestellung bei überregionalen Themen, die Klärung aktueller Herausforderungen, Gewinnung von Nachwuchskräften und die Stärkung des Bereichs „Ingenieurbau“ auf kommunaler und Landesebene. Der vorliegende Beitrag soll über die Gründung, die bisherigen Aufgabenstellungen, die Organisation sowie erste Erfolge berichten und gegebenenfalls Ideen und Hilfestellung für zukünftige vergleichbare Einrichtungen in anderen Bundesländern liefern.

#### **1. Veranlassung zur Gründung**

Nordrhein-Westfalen ist das bevölkerungsreichste Bundesland, mit rund 18 Mio. Einwohnern in 396 selbständigen Städten und Gemeinden. Im Zentrum Nordrhein-Westfalens liegt zwischen Duisburg und Dortmund das stark verstädterte Ruhrgebiet, in dem gut ein Drittel der Bevölkerung lebt. Aus Marketing-Gründen wird es gern als „Metropole-Ruhr“ bezeichnet, und gehört wie der Großraum Paris (Ile-de-France), der Großraum London (Greater London) und die Stadt Istanbul zu den größten Ballungsräumen Europas.



**Bild 1** Verknüpfung

Aufgrund dieser regionalen Besonderheiten hat die Verknüpfung von Interessen und Aufgaben insbesondere auf kommunaler Ebene in diesem Landesteil seit jeher Tradition.

Der Rückzug von Kohle- und Stahlindustrie, die damit verbundenen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Gegebenheiten, das Vorhandensein großer Industriebrachen und eine im Rahmen der Industrialisierung seit mindestens zwei Jahrhunderten stetig gewachsene Infrastruktur haben einen seit Jahren anhaltenden Investitionsboom – insbesondere aus dem Ausland – hervorgerufen. Vor diesem Hintergrund werden an den Bereich der Erhaltung und des Ausbaus der Infrastruktur hohe Erwartungen gestellt, mit denen sich die Straßenbauverwaltungen aktuell konfrontiert sehen.

## Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals

---

Bei in der Regel gleichbleibendem oder nur gering steigendem Personalbestand im kommunalen, konstruktiven Ingenieurbau führt diese Entwicklung nahezu zwangsläufig infolge der steigenden Aufgabenvielfalt und des Umfangs zu Überlastungen. Es ist daher von hoher Bedeutung, hier sowohl die Effizienz zu erhöhen und Synergieeffekte zu nutzen als auch Engpässe mit dem Ziel der Behebung aufzuzeigen.

Daher ist es nicht verwunderlich, dass im Jahr 2013 im Nachgang zu einer Vortragsveranstaltung zum Thema „Bauwerksprüfung nach DIN 1076“ bei den Technischen Betrieben Solingen von überregionaler Teilnehmerseite aus der Wunsch geäußert wurde, einen landesweiten, regelmäßigen Erfahrungsaustausch von Mitarbeitern/Mitarbeiterinnen aus dem kommunalen, konstruktiven Ingenieurbau ins Leben zu rufen.

Hierzu gründete sich ein Arbeitskreis, der sich den ebenso prägnanten wie selbstbewussten Namen K-IngNRW (Kommunale Ingenieurbauwerke in NRW) gab.

### **2. Ziele und Aufgaben**

Ein Stahlschrank mit spärlich gefüllten Hängemappen, ein Schreibtisch und ein Telefon gehören in der Regel auch heute noch zum alleinigen Begrüßungsequipment für die oder den frisch gebackenen Brückenfachmann einer Kommune. Nicht selten muss diese Fachkraft – insbesondere bei kleineren Kommunen – eine Vielzahl von Arbeiten, von der Projektierung eines komplexen Brückenbauwerks bis hin zur fachlichen Begleitung bei der Anlage eines Kunstrasenplatzes, verrichten. Die Weitergabe von Erfahrungen oder die Möglichkeit des fachlichen Austausches liegen dabei im Nährwert des Inhalts oben erwähnten Stahlschranks.

Ein regelmäßiger, zielgerichteter Erfahrungsaustausch bietet die Möglichkeit, derartige Umstände grundlegend zu verbessern.

K-IngNRW hat daher bereits in der Gründungsphase die eigenen Ziele und Aufgaben definiert. Allem voran steht der unmittelbare fachliche Austausch, insbesondere anhand von Fallbeispielen, die aus den Reihen der Teilnehmer oder auch durch externe Gäste vorgetragen und handlungsorientierend diskutiert werden. Weiterhin steht die Kontaktaufnahme und Vernetzung mit für unseren Arbeitsbereich wichtigen Institutionen, Körperschaften, Vereinen, Hochschulen, Ministerien und Vertretern aus der Politik auf der Agenda.

Von großer Bedeutung ist auch die Gewinnung und Förderung von Nachwuchskräften, von der Kontaktaufnahme bereits im Hochschulstudium über Weiterbildungsmöglichkeiten/fachliche Unterstützung bis hin zur Ermöglichung attraktiver Bedingungen insbesondere mit dem Ziel einer aufgaben- und verantwortungsgerechten Vergütung.

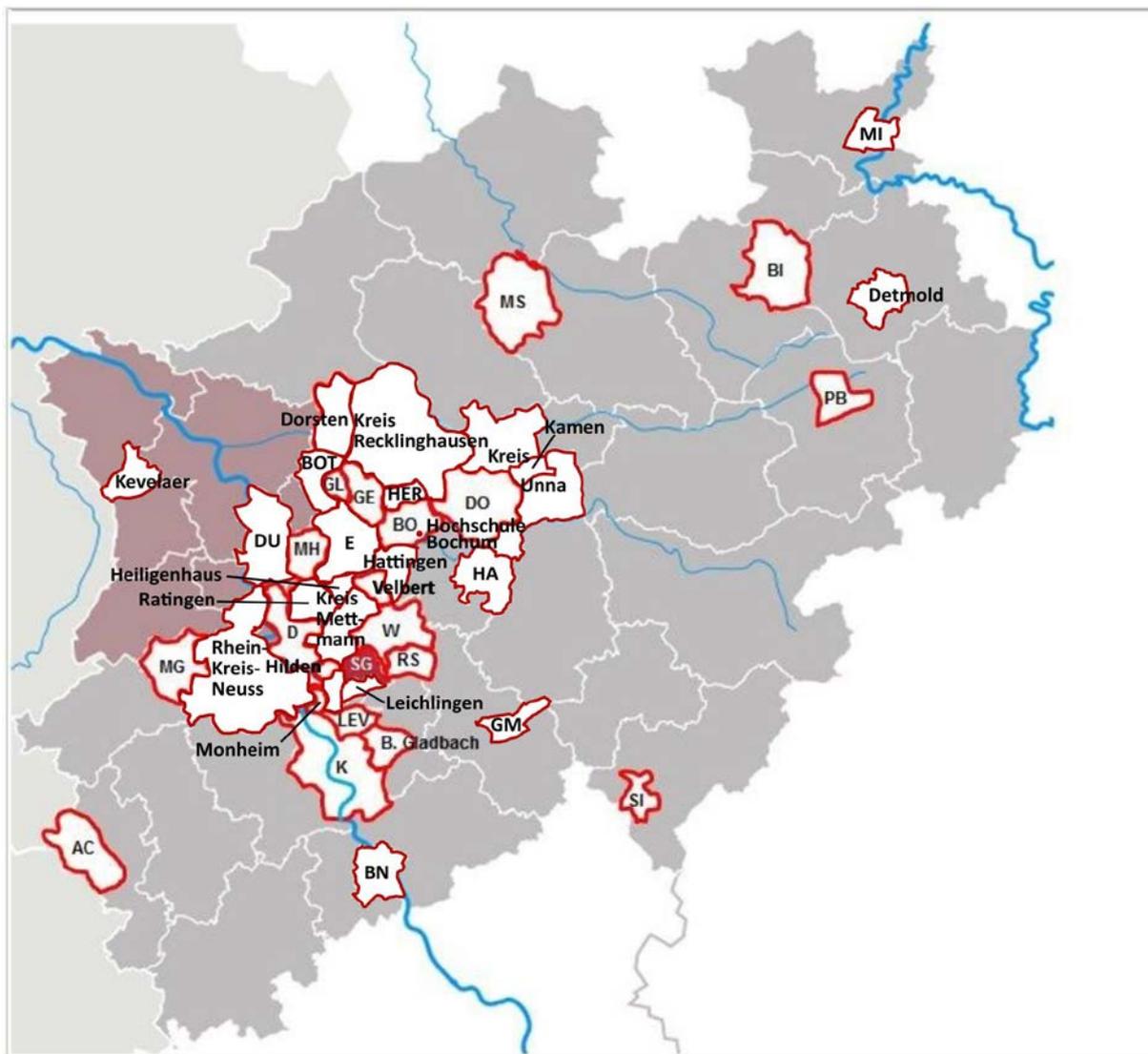
### 3. Struktur des Arbeitskreises

Der Arbeitskreis K-IngNRW ist locker gefügt und besitzt keine starre Struktur. Wie bei derartigen Erfolgsmodellen üblich, profitiert der Arbeitskreis von Protagonisten unter den Teilnehmern, hier insbesondere Vertreter der größeren Kommunen Köln, Düsseldorf, Münster, Ratingen, Mönchengladbach, Hagen und Solingen sowie der Hochschule Bochum.

Die Teilnehmer des Arbeitskreises haben aus diesen Reihen Sprecher ernannt, die den Arbeitskreis nach außen vertreten.

Fachliche Themen werden durch Aufgabenverteilung/Arbeitsgruppen bearbeitet, die Organisation der Erfahrungsaustausch-Veranstaltungen erfolgt im Rahmen der lokalen Möglichkeiten reihum.

Zurzeit verfügt K-IngNRW über äußerst motivierte Mitglieder aus 44 Kommunen, 4 Kreisen und einer Hochschule. Dies mit stetig steigender Tendenz.



**Bild 2** Mitglieder des Arbeitskreises K-IngNRW

## 4. Kommunikationswege

Basis der Kommunikation sind insbesondere die jährlich zwei bis dreimal stattfindenden Erfahrungsaustausch-Veranstaltungen im Plenum. Hier werden sowohl die erarbeiteten Themenbereiche vorgestellt als auch neue, aktuelle Themen besprochen, Arbeitskreise eingerichtet und Aufgaben verteilt. Weiterhin bietet ein Erfahrungsaustausch auch stets die Möglichkeit, externe Fachleute einzuladen bzw. vortragen und mitdiskutieren zu lassen.

In der Zeit zwischen den Veranstaltungen findet ein stets reger Austausch via Email statt, wobei stets alle Teilnehmer des Arbeitskreises in Thema und Diskussion eingebunden werden. Dieses Vorgehen ermöglicht es aktuelle Themen, Aufgaben- und Problemstellungen innerhalb des Arbeitskreises breit zu streuen, um Unterstützung/Hilfestellung, Anregungen und konstruktive Kritik auf kurzem Wege zu erhalten bzw. zu geben. Die Erfahrung der letzten Jahre hat gezeigt, dass sich hieraus ein wertvolles Instrument für den Berufsalltag jedes einzelnen Mitglieds entwickelt hat. Im kommunalen Bauwerksmanagement ist hierdurch der Spagat zwischen Anspruch und Umsetzbarkeit um einiges einfacher geworden.

## 5. Bisherige Arbeitsthemen

Die bisherigen Arbeitsthemen umfassten bislang u.a. folgende Problemfelder (Auswahl):

- Bauwerksprüfungen, Verpflichtungen, rechtliche Grundlagen, Richtlinien, Empfehlungen,
- Teilzuständigkeiten / geteilte Baulasten,
- Vergaberecht,
- Erfahrungen zu einfachen Detaillösungen in der Brückenausstattung,
- Bau und Unterhaltung von Aluminiumbrücken,
- Bau und Unterhaltung von Holzbrücken,
- Weiterführung von SIB-Bauwerke im kommunalen Bereich,
- Ausschreibung und Vergabe von Bauwerksprüfleistungen,
- Möglichkeiten der Förderung von Bauunterhaltung und Neubau,
- Eingruppierung von Bauwerksprüfern im kommunalen Bereich,
- Umgang mit Sonderbauwerken (z.B. Kanäle),
- Gefährdungsbeurteilung von Bauwerken,
- Umgang mit Brandschäden,
- Spannungsrisskorrosionsgefährdete Bauwerke,
- Notwendige Investitionen/Ausstattung im Bereich Bauwerksprüfung im kommunalen Umfeld

Ergebnisse und Inhalte dieser Arbeitsthemen sollen an anderer Stelle vorgetragen werden. Hierzu ist u.a. ein King-NRW Beitrag auf dem VFIB-Erfahrungsaustausch 2019 in Köln in der Planung.

### **6. Ausblick**

Der nächste planmäßige Erfahrungsaustausch findet im November 2018 in Velbert (NRW) statt. Einen zukünftigen Schwerpunkt sieht der Arbeitskreis K-IngNRW in der Aus- und Weiterbildung seiner Mitglieder. Hier werden zurzeit sowohl Kooperationen mit Hochschulen, bestehenden Weiterbildungseinrichtungen und Vereinen als auch eigene weiterführende Veranstaltungen und Angebote angestrebt oder sind in der Vorbereitung.

### **Literaturverzeichnis**

- /1/ Ditscheid, Karsten: Der kommunale Arbeitskreis K-IngNRW. Vortrag, Konferenz Deutsch-Niederländische Brückeninfrastruktur, Köln, September 2015
- /2/ Mertens, Martin: Prüfung von Ingenieurbauwerken im kommunalen Bereich, Erfahrungen aus der Sicht eines Ingenieurbüros, Vortrag, Instandsetzung und Ertüchtigung von Ingenieurbauwerken, VDI, Stuttgart 2017

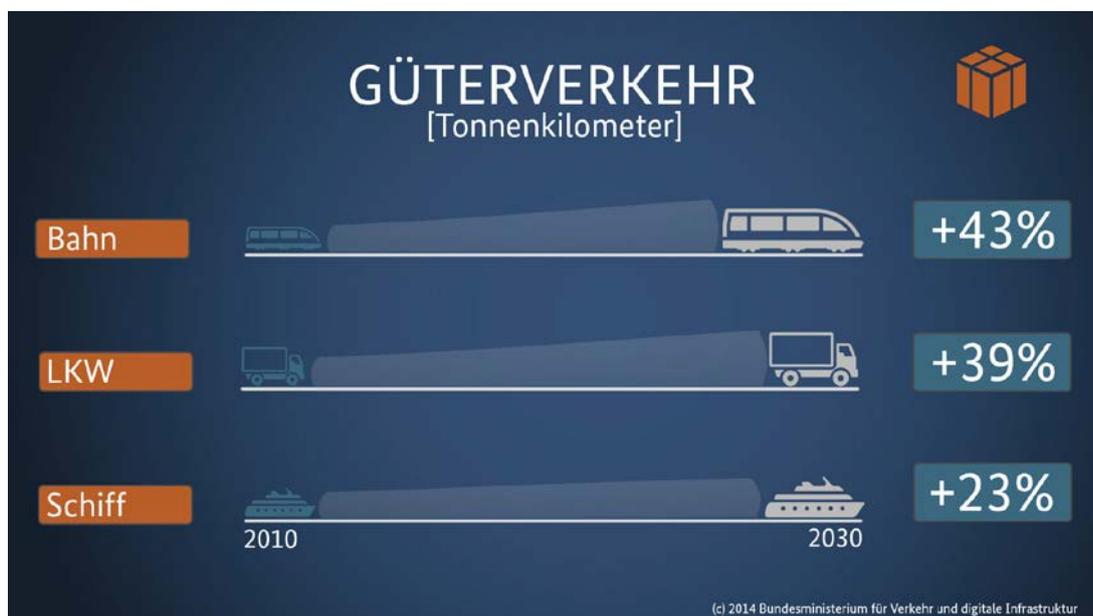
### Bauwerksprüfung im Verkehrssektor außerhalb der Straße – Entwicklungen und Chancen

Bauoberrat Dipl.-Ing. Ralph Holst  
Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)

#### Kurzfassung

Eine möglichst umfassende Zustandsbeschreibung der Brücken und sonstigen Ingenieurbauwerke ist die wichtigste Grundlage für eine systematische Erhaltungsplanung. Der Beitrag untersucht, welche Methoden und Verfahren es in angrenzenden Bereichen gibt und ob und wie sich diese auf den Bereich Straße auswirken werden. Es zeigt sich, dass im Bereich Zustandserfassung weniger mit großen technischen Neuerungen zu rechnen ist. Vielmehr wird es zukünftig darum gehen, im Rahmen der Digitalisierung unterschiedlichste Datenquellen (visuelle Prüfung, Monitoring, ZfP, Drohnen, ...) so zusammenzuführen, dass die Baulastträger zeitnah ein umfassendes Bild der Bauwerke (innen und außen) erhalten. Dabei wird das Building Information Modelling (BMS) eine große Rolle spielen und bietet viele Möglichkeiten sowohl die Arbeit am Objekt, als auch die weiteren Arbeiten mit den Dateninformationen zu unterstützen.

#### 1. Ausgangslage



**Bild 1** erwartete Güterverkehrszunahmen (Verkehrsprognose 2030 [1]) (Foto: BMVI)

Es ist ohne Zweifel so, dass Mobilität nicht nur in Deutschland, sondern in allen Ländern eine der Grundvoraussetzungen für wirtschaftliches Wachstum und somit Wohlstand ist. Das gilt sowohl für den Personen-, als auch den Güterverkehr und ist nicht nur auf den Straßenbereich beschränkt. Die weiteren Verkehrsträger wie Schiene, Wasserstraße, aber auch der Luftverkehr haben einen erheblichen Anteil an den Transportleistungen. Daher ist es von großer Bedeutung die Funktionsfähigkeit und damit Verfügbarkeit dieser Systeme zu gewährleisten und möglichst frühzeitig umfassende Kenntnis über beeinträchtigende Veränderungen zu erhalten.

## Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals

---

Aufgrund des nach wie vor steigenden Verkehrs (**Bild 1**), der zunehmenden Alterung und weiterer sich ständig verändernden Einflüsse, z.B. aus dem Klimawandel, kommen immer häufiger die Verkehrsinfrastrukturen an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit. Ausbau der Systeme kann diesen Problemen nur sehr begrenzt entgegenwirken. Es gilt die bestehende Infrastruktur systematisch zu erhalten, dafür ausreichend finanzielle und personelle Ressourcen zur Verfügung zu stellen und die notwendigen Maßnahmen vor Ort umzusetzen.

Dabei ist es besonders wichtig, frühzeitig festlegen zu können, wann welche Maßnahmen in welchem Umfang durchgeführt werden müssen bzw. können, um die Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit des jeweiligen Verkehrsträgers sowie von Umwelt und Dritten so gering wie möglich zu halten.

Da die Bauwerke, die Baustoffe, das mögliche Verhalten und weitere Abhängigkeiten immer komplexer werden, macht es Sinn, nach Möglichkeiten zu schauen, wie die bestehenden Verfahren durch neue Techniken ergänzt werden können.

Dafür bietet es sich an, sich diejenigen Bereiche anzuschauen, die ebenfalls über vergleichbare bauliche Substanzen verfügen. Das sind zum einen die Verkehrsträger „Schiene“ und „Wasserstraße“, der Hochbaubereich sowie in gewissem Umfang auch die Automobil- und Maschinenbauindustrie. Ferner wird geschaut, wie andere Länder bezüglich ihrer Verkehrsinfrastrukturen handeln und ob sich daraus Möglichkeiten für Straßenbauwerke in Deutschland zeigen.

Dieser Artikel hat nicht den Anspruch vollständig zu sein, sondern will nur den Blick erweitern, neue Möglichkeiten zu hinterfragen und bereit zu sein, diese auch auszuprobieren.

## **2. Spezielle Randbedingungen bei den Verkehrsträgern „Schiene“, „Straße“ und „Wasserstraße“**

### **2.1 Straße**

Die Zustandserfassung und -bewertung der Brücken und Ingenieurbauwerke der Straßen ist dadurch gekennzeichnet, dass ausgebildetes Prüfpersonal alle 6 bzw. 3 Jahre die Bauwerke handnah prüft. Dabei spielt die Erfahrung und das Wissen dieser Personen eine sehr große Rolle beim Erkennen und Bewerten von Schäden. Dafür müssen diese Veränderungen aber von außen sicht- und bewertbar sein. Weitergehende Techniken, wie der Einsatz von Sensorik oder die Anwendung zerstörungsfreier Prüfverfahren erfolgt nur vereinzelt und auf besondere Veranlassung. Die Prüfung beeinträchtigt je nach Art der Kreuzung die anderen Verkehrsteilnehmer oder Dritte mal mehr oder weniger (z.B. Sperrung einer Fahrspur während der Prüfung).



**Bild 2** Neubau Lahntalbrücke (Foto: 758319671/GettyImages)

### 2.2 Schiene

Die Prüfung von Ingenieurbauwerken der Bahn basiert auf den Regelungen gemäß Ril 804 und erfolgt auch weitgehend mit entsprechend ausgebildetem Prüfpersonal handnah. Im Gegensatz zu den Brücken der Bundesfernstraßen befinden sich im Zuständigkeitsbereich der DB Netz AG ca. 80 % der Bauwerke in einem Spannweitenbereich bis 16 m. Dafür gibt es schon Regelungen für Standardisierungen, die derzeit ergänzt werden. Solche Standardisierungen können die Bauwerksprüfung vereinfachen. Neben den handnahen Prüfungen werden auch einfache Geräte der zerstörungsfreien Prüfung, z.B. zur Bewehrungsartung oder Messung der Betonüberdeckung, sowie Schweißnahtprüfung (Ultraschall) eingesetzt. Charakteristisch für die Prüfung von Bahnbrücken ist es, dass diese im Gleisbereich und in engen, vorher festgelegten Sperrpausen erfolgen müssen. Kurzzeitige Sperrungen einzelner Gleise, im Vergleich mit Fahrspuren auf der Straße, sind nicht möglich.



**Bild 3** Neubau einer Eisenbahnbrücke (Foto: nmann77/Fotolia)

## 2.3 Wasserstraße

Die Prüfungen von Brücken im Bereich der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) erfolgen vergleichbar zur handnahen Prüfung im Straßenbereich gemäß DIN 1076. Den größeren Aufwand für das Prüfpersonal stellen aber die eigentlichen Wasserbauwerke, wie Schleusen und Wehranlagen, dar. Charakteristisch hierfür ist zum einen, dass hierbei im größeren Umfang bewegliche Teile verbaut werden und zudem befinden sich diese direkt im Wasser oder sind von Wasser umgeben und können bzw. dürfen teilweise nicht oder nur sehr kurz gesperrt werden. Das betrifft z.B. Bauwerke, die zur Wasserhaltung notwendig sind. Zur Prüfung von Schleusenkammern müssen diese gesperrt und vollständig entleert werden, was je nach Befahrungsfrequenz, z.B. beim Nord-Ostsee-Kanal (NOK), zu erheblichen Einschränkungen des Schiffsverkehrs führen kann.



**Bild 4** Schleusenanlage (Foto: BB Digitalfotos/Fotolia)

## 2.4 Weitere Bereiche (z.B. Hochbau, Maschinenbau, Automobilbau)

Neben den Verkehrsträgern existieren noch weitere Bereiche, die über eine große Anzahl von im weitesten Sinne „Bauwerken“ verfügen, deren Verhalten sich über die Zeit verändert und worüber Informationen benötigt werden.

Das betrifft zum einen den Bereich des „Hochbau“, wobei hiermit sowohl Wohn-, als auch Industriegebäude gemeint sind. Für den Bereich des Wohnungsbaus existieren keine vorgeschriebenen Regelungen. Allerdings sollten auch hier regelmäßige Prüfungen, insbesondere von öffentlichen Bauten (siehe Eissporthalle in Bad Reichenhall) erfolgen. Interessanter sind dagegen Industriebauwerke, an die sehr große Sicherheitsanforderungen gestellt werden, da ein Versagen sehr schwerwiegende Folgen haben kann. Dieses betrifft z.B. Anlagen des Kraftwerksbaus und insbesondere Kernkraftwerke. Hier werden Sensorik, Dauerüberwachung und zerstörungsfreie Prüfungen planmäßig eingesetzt, da sich in diesem Bereich ein anderes Nutzen-Kosten- bzw. Kosten-Risiko-Verhältnis ergibt als bei Ingenieurbauwerken der Verkehrsträger. Trotzdem lassen sich Vorteile von Bauüberwachung und ZfP-Verfahren sehr gut zeigen und in gewissem Umfang auf die Straße übertragen.

Auf dem Gebiet des Maschinenbaus, der Automobilindustrie und des Flugzeugs sind Sensornetze bzw. Sensornetze mit entsprechenden Redundanzen und Auswertalgorithmen

# Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals

---

seit langer Zeit Stand der Technik und haben sicherlich sehr dazu beigetragen, dass die Sensorik heute zu vernünftigen Kosten auch in Infrastrukturbauwerken eingesetzt werden kann. Allerdings muss beachtet werden, dass Automobile und Flugzeuge in großer Stückzahl und in Fabriken unter immer gleichen Randbedingungen hergestellt werden.

## 3. Vorgehensweisen in anderen Ländern

### 3.1 Europa

Unter den einleitend beschriebenen Randbedingungen leiden grundsätzlich alle Industrieländer. Daher ist ein Blick nach Europa aber auch außerhalb sehr nützlich. Hierzu wurden im Rahmen der COST-Action TU 1406 „Quality specifications for roadway bridges, standardization at a European level (BridgeSpec)“ [2] u.a. Befragungen durchgeführt und ausgewertet. Diesen lagen Angaben aus 28 europäischen Ländern und Israel vor.

Dabei zeigte sich ein ähnliches Bild wie in Deutschland. Zum größten Teil finden visuelle Bauwerksprüfungen mit geschultem Personal statt. Diese werden durch Messungen bestimmter Veränderungen (z.B. Rissweiten und -längen) ergänzt. Wenn Informationen bezüglich der Veränderungen über die Zeit wichtig sind, werden gezielt Methoden der Dauerüberwachung angewendet. Das gleiche gilt für den Einsatz zerstörungsfreier Prüfverfahren (ZfP), wie z.B. Potentialfeld, Ultraschallecho und Wirbelstrom. Diese werden z.B. eingesetzt, um Betonüberdeckungen oder aktive Korrosionsbereiche festzustellen. Bei Bedarf werden auch teilweise zerstörende oder Laboruntersuchungen durchgeführt, z.B. um Chloridgehalte festzustellen und Karbonatisierungsgrade. Somit sind die Grundprinzipien europaweit vergleichbar, obwohl es Unterschiede bei der Qualifikation des Prüfpersonals sowie der Art und Weise der Prüfung und Bewertung, z.B. mit Schadenskatalogen/Schadensbildern, gibt.

### 3.2 Außerhalb Europas

Zur Erfassung von Entwicklungen außerhalb Europas wurden für diesen Beitrag Unterlagen der jährlichen Treffen des Transportation Research Board (TRB) [3] und von internationalen Konferenzen der Jahre 2012 [4], 2016 [5] und 2018 [6] hinsichtlich der Methoden und Verfahren der Zustandserfassung und -bewertung von Ingenieurbauwerken ausgewertet.

Dabei hat sich gezeigt, dass im Prinzip in allen großen Industrienationen die visuelle Bauwerksprüfung noch immer die wichtigste Grundlage für die Zustandserfassung und -bewertung von Bauwerken der Verkehrsinfrastruktur darstellt. Vor dem Hintergrund der Digitalisierung und der damit verbundenen Chancen wird diese Basis zunehmend durch weitere, schon bekannte Techniken, wie Monitoring, den Einsatz zerstörungsfreier Prüfverfahren und auch Drohnen systematisch ergänzt. Ziel ist es, durch eine intelligente Verknüpfung dieser Daten und Information frühzeitig einen noch besseren Überblick nicht nur über äußerlich sichtbare Veränderungen zu bekommen, sondern auch darüber, was sich im Inneren der Konstruktionen abspielt und später zu Schäden führen kann.

Die Entwicklungen und der Grad der Digitalisierung sind sowohl zwischen den unterschiedlichen Ländern, als auch in den Ländern (Verwaltung, Ingenieurbüros) selbst sehr unterschiedlich, lassen aber einen Blick in die Zukunft zu.

## 4. Rückschlüsse für Verkehrsträger „Straße“ in Deutschland

### 4.1 technische Potentiale/Aspekte

Aus der Auswertung internationaler Aktivitäten lässt sich ablesen, dass jetzt und in Zukunft große Neu- und Weiterentwicklung eher nicht auf dem Gebiet der Verfahren der Zustandserfassung zu erwarten sind, sondern auf den Gebieten Informationserkennung aus Daten bzw. Mustern, Datenverknüpfung und weitergehende Methoden wie Big Data, Smart Data, Deep Learning und anderen IT-Verfahren. Auch das Thema „Virtual Reality“ ist zwar noch im Forschungsbereich, aber doch im Zusammenhang mit der Prüfung und Dokumentation von Bauwerken angekommen.

Man könnte meinen, dass diese Techniken keinen direkten oder nur geringen Einfluss auf die Vorgehensweisen vor Ort am Bauwerk haben werden. Wenn man sich allerdings den Bereich des ebenfalls sehr präsenten Themas „Building Information Modelling“ (BIM) anschaut, wird sehr schnell deutlich, dass diese Entwicklungen einen sehr großen Einfluss auf die Arbeit am Bauwerk haben werden.

In den Ländern außerhalb Deutschland sind diese Entwicklungen unterschiedlich weit fortgeschritten. Aber es ist deutlich zu erkennen, dass zukünftig die Bauwerksprüfer alle Daten der Bauwerke direkt vor Ort elektronisch zur Verfügung haben und im Zuge von BIM die Schadenserkennung und -beschreibung direkt am 3D-Modell, z.B. auf einem Tablet, erfolgen werden. Dabei werden alle weiteren Informationen, z.B. aus vorangegangenen Prüfungen oder Sonderuntersuchungen (ZfP- und Monitoring-Daten), direkt und in Echtzeit zur Verfügung stehen.

### 4.2 organisatorische Potentiale/Aspekte

Es wird sicherlich Veränderungen bezüglich der Art und Weise der Merkmalsbeschreibung geben. Denn alle vor Ort gesammelten Daten werden zukünftig verstärkt mit automatisierten Verfahren zusammengeführt und weiter für Aufgaben der Baulastträger im Rahmen des Erhaltungsmanagements ausgewertet werden. Dieses wird Einflüsse auf die Organisation, Durchführung und Auswertung der Prüfungen haben. Damit werden Informationen schneller an unterschiedlichen Orten verfügbar sein.

## 5. Fazit und Ausblick

Die visuelle Bauwerksprüfung hat sich über Jahrzehnte bewährt und immer weiterentwickelt. Diese Systematik ist grundsätzlich überall auf der Welt vergleichbar.

Jetzt stehen mit der Digitalisierung und damit auch mit dem Thema „BIM“ Entwicklungen vor der Tür, die zu Veränderungen führen werden. Andere Bereiche wie der Maschinen- und Automobilbau sowie die Luftfahrtindustrie haben die damit verbundenen Prozesse schon sehr weitgehend umgesetzt. Davon wird mit Sicherheit nicht alles sinnvoll übertragbar sein. Aber „Übertragungspotential“ bieten diese Entwicklungen schon.

Die Veränderungen werden nicht so sehr die Verfahren und Methoden der Zustandserfassung betreffen, sondern vielmehr die Umwandlung von Daten in Informationen und die Zusammenführung mit weiteren Informationen.

## Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals

---

Das Wissen des Einzelnen über Schäden und Schadenszusammenhänge wird auch zukünftig sehr wichtig sein. Nur wird die „Zeichnung des Ingenieurs“ zukünftig digitalisiert und für die jeweiligen Gegebenheiten anpassbar sein. Es werden Informationen schneller austauschbar sein und möglicherweise können Dritte oder weitere Experten direkt vor Ort aufgeschaltet werden, um z.B. für die Beurteilung eines aktuellen Schadens die Meinung Dritter direkt zu erfahren.

Darüber hinaus werden sich im Zuge der Digitalisierung immer mehr Möglichkeiten, aber auch Anforderungen zur Datenerfassung, -haltung und -auswertung ergeben. Hierbei gilt es einen Weg zu finden, auch zukünftig auf Veränderungen vor Ort angemessen reagieren zu können und trotzdem den hohen Datenqualitätsanforderungen gerecht zu werden, um die Bauwerksprüfung ihrer Bedeutung entsprechend im Rahmen einer systematischen Bauwerkserhaltung zu unterstützen.

## Literaturverzeichnis

- [1] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2014, „Verkehrsprognose 2030“. Berlin: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur [Zugriff am: 26.07.2018]. Verfügbar unter:  
[www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/verkehrsprognose-2030-  
praesentation.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/verkehrsprognose-2030-praesentation.pdf?__blob=publicationFile)
- [2] COST TU 1406 “Quality specifications for roadway bridges, standardization at a European level (BridgeSpec)”, 2018, [Zugriff am 27.07.2018], Verfügbar unter: [www.TU1406.eu](http://www.TU1406.eu)
- [3] Transportation Research Board (TRB), 2018, TRB Annual Meeting Online, Washington DC: Transportation Research Board, [Zugriff am 27.07.2018], Verfügbar unter: <http://amonline.trb.org/?qr=1>
- [4] Strauss, Alfred, Frangopol, Dan M., Bergmeister Konrad, 2017, “Life-Cycle and Sustainability of Civil Infrastructure Systems” (Tagungsband IALCCE 2012), London, Taylor & Friends, ISBN 978-0-415-62126-7
- [5] Bakker, Jaap, Frangopol, Dan M., Breugle, Klaas van, 2017, “Life-Cycle of Engineering Structures: Emphasis on Sustainable Civil Infrastructure” (Tagungsband IALCCE 2016), London, Taylor & Friends, ISBN 978-1-138-02847-0
- [6] Powers, Nigel, Frangopol, Dan M., Al-Mahaidi, Riadh, Capriani, Colin, 2018, Maintenance, Safety, Risk, Management and Life-Cycle Performance of Bridges” (Tagungsband IABMAS 2018), London, Taylor & Friends, ISBN 978-1-138-73045-8

## **Sichere, einfache, handnahe und wirtschaftliche Durchführung von Bauwerksprüfungen nach DIN 1076 – Ausgewählte Beispiele aus der Praxis –**

Dipl.-Ing. Robert Saager  
Landesbetrieb Straßenbau NRW

### **Kurzfassung**

Die „Richtlinie für die bauliche Durchbildung und Ausstattung von Brücken zur Überwachung, Prüfung und Erhaltung“ - RBA-BRÜ /1/ wurde im Jahr 1982 vom Bundesministerium für Verkehr für den Bereich der Bundesfernstraßen eingeführt.

Sie enthält Entwurfsregeln, die dazu dienen ein Bauwerk so zu entwerfen, dass die Überwachung und Prüfung nach DIN 1076 /2/ sowie die Durchführung von Erhaltungsarbeiten sicher und wirtschaftlich durchführbar sind. Insbesondere aus der Bauwerksprüfung sind umfangreiche Erfahrungen in diese Richtlinie eingeflossen.

Die Richtlinie wurde in den letzten Jahren mehrfach überarbeitet und ist 2016 unter dem neuen Namen „Bauliche Durchbildung und Ausstattung von Brücken zur Überwachung, Prüfung und Erhaltung“ (BDA-BRÜ) /3/ in die Richtlinie RE-ING /4/ „Richtlinien für den Entwurf, die konstruktive Ausbildung und Ausstattung von Ingenieurbauten“, (Teil 2 Brücken, Abschnitt 3) eingeflossen. Mit ARS 11/2017 vom 17.05.2018 ist die aktuelle Fortschreibung der BDA-BRÜ veröffentlicht worden.

Dieser Beitrag gibt anhand ausgewählter Beispiele aus der Praxis einen Überblick über die Richtlinie BDA-BRÜ. Der Fokus liegt dabei auf der baulichen Durchbildung und den ortsfesten Besichtigungseinrichtungen.

### **1. Einleitung**

Die Richtlinie BDA-BRÜ enthält Vorgaben für die Ausbildung der Zufahrts- und Zugangswege, für die bauliche Durchbildung der Brücke (z.B. in Bezug auf Lichträume, Zugänge, Durchstiege) sowie für ortsfeste Ausstattungen und stationäre und ortsveränderliche Besichtigungseinrichtungen.

Die Festlegungen der BDA-BRÜ sind größtenteils in den Richtzeichnungen (RIZ) /5/ dargestellt. Beispielsweise regelt die Richtzeichnung LAG 6 die Anordnung von Pressen auf Unterbauten zwecks Lagerwechsel.

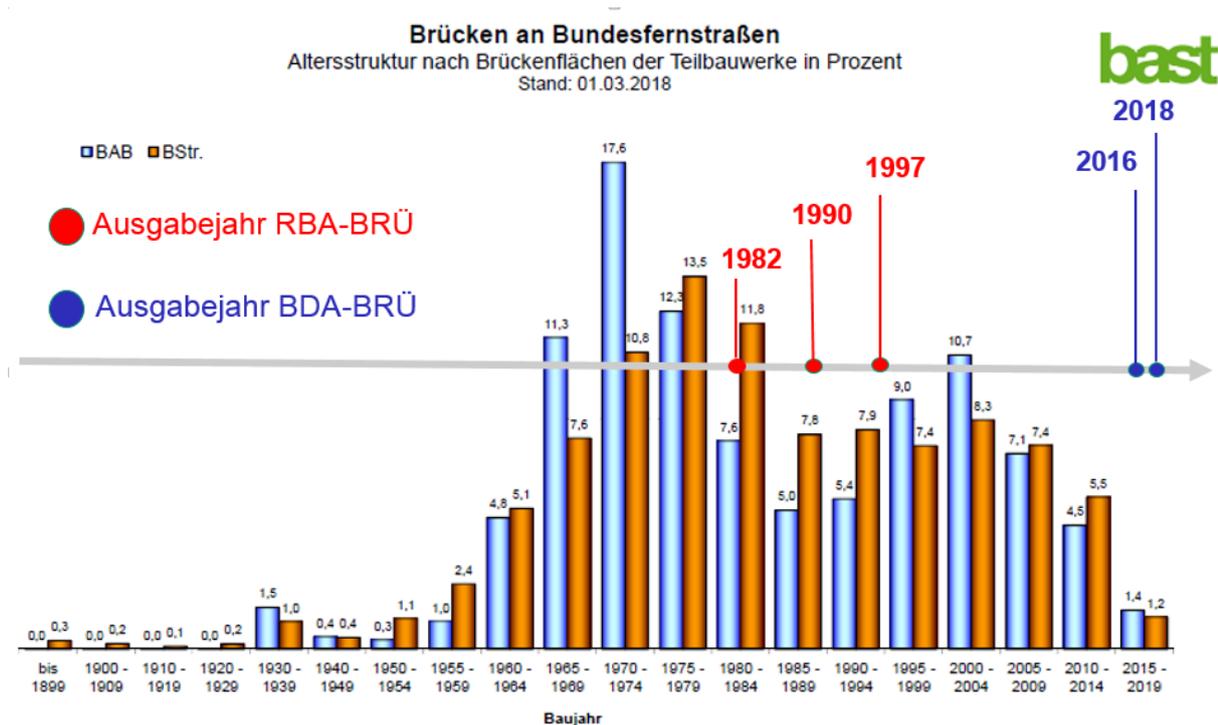
Alle sicherheitstechnischen Anforderungen zur baulichen Durchbildung und Ausstattung mit bauwerksverbundenen Einrichtungen von Brücken beinhalten die Sicherheitsregeln Brückeninstandhaltung /6/.

# Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals

Die Notwendigkeit, Brücken entsprechend konstruktiv durchzubilden und Besichtigungseinrichtungen vorzusehen, war in der Vergangenheit nicht immer selbstverständlich. Während es bei Großbrücken aus Stahl bereits Vorkehrungen für die Prüfung gab, fehlten diese meist bei Stahlbetonbrücken. Man nahm damals noch an, dass bei Betonbrücken keine umfangreichen Erhaltungsmaßnahmen erforderlich sind und aus diesem Grunde auch der Aufwand für Prüfung und Überwachung gering ist. Größere Brücken aus Stahl wurden zu der Zeit bereits mit stationären Besichtigungswagen ausgestattet, um den Korrosionsschutz und die Nietverbindungen prüfen zu können. Erst mit Eintreten von größeren Schäden an Betonbrücken kam man zu der Erkenntnis, dass Brücken so zu entwerfen sind, dass „...die Überwachung und Prüfung nach DIN 1076 und die erforderliche Erhaltung jederzeit sicher, einfach, handnah und wirtschaftlich durchgeführt werden kann“. Dies ist die Kernaussage der RBA-BRÜ, 1982 /7/.

## 2. Anwendung der BDA-BRÜ

Die meisten Brückenbauwerke an Bundesfernstraßen sind zwischen 30 und 50 Jahre alt. Bezogen auf die Brückenfläche wurden etwa 50 % der Brücken an Autobahnen vor Einführung der BDA-BRÜ errichtet. An Bundesstraßen ist der prozentuale Anteil mit etwa 40 % Brückenfläche etwas geringer.



**Bild 1** Historie BDA-BRÜ (Statistik BAST)

Die Graphik (**Bild 1**) zeigt in welchen Jahreszeitspannen wie viel Brückenfläche errichtet wurde. Auf dem Zeitstrahl sind die einzelnen Fortschreibungen der RBA-BRÜ und BDA-BRÜ von der ersten Veröffentlichung 1982 bis zur aktuell gültigen Ausgabe 2018 markiert.

Bei den nach den Vorgaben dieser Richtlinie gebauten Brücken jüngeren Datums kann man davon ausgehen, dass sie „erhaltungsfreundlich“ geplant und ausgebildet worden sind. Bei den vor Veröffentlichung der Richtlinie 1982 errichteten Brücken sieht die aktuelle Situation dagegen etwas anders aus. Es gibt immer noch Bauwerke im Bestand, die den Anforderungen der

# Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals

---

Arbeitssicherheit nicht ausreichend genügen. Hier besteht zum Teil immer noch ein Nachholbedarf an Nachrüstung.

## 3. Aus Fehlern lernen - Ausgewählte Beispiele aus der Praxis

„Bereits bei der Entwurfsbearbeitung sind die Möglichkeiten und Bedingungen für die Überwachung, Prüfung und Erhaltung festzulegen und in den Bauwerksplänen darzustellen und zu erläutern“. [...] „Erforderliche Nachrüstungen zur Durchführung der Bauwerksprüfungen und von Erhaltungsarbeiten können im Rahmen der verfügbaren Haushaltsmittel entsprechend dieser Richtlinie erfolgen.“

*BDA-BRÜ Abschnitt 1 (1) und (3)*

Nachfolgend werden einige Beispiele aus der Praxis gezeigt.

### 3.1 Beispiele

- “Der Abstand von UK Überbau bis OK Auflagerbank muss mindestens 50 cm, in Ausnahmefällen 30 cm, betragen. Der Abstand zum Lager von der Vorderkante der Auflagerbank ist so zu wählen, dass das Prüfen des Lagers selbst und das Untersetzen von Hubpressen auf einfache Weise möglich ist.” BDA-BRÜ, Abs.3.4 (2)



**Bild 2** Talbrücke Nuttlar, Pfeilerkopf (Straßen.NRW)



**Bild 3** Lagerprüfung mit Absturzgefährdung (Straßen.NRW)

- Ortsfeste Einrichtungen – Laufstege, Treppen und Steigleitern



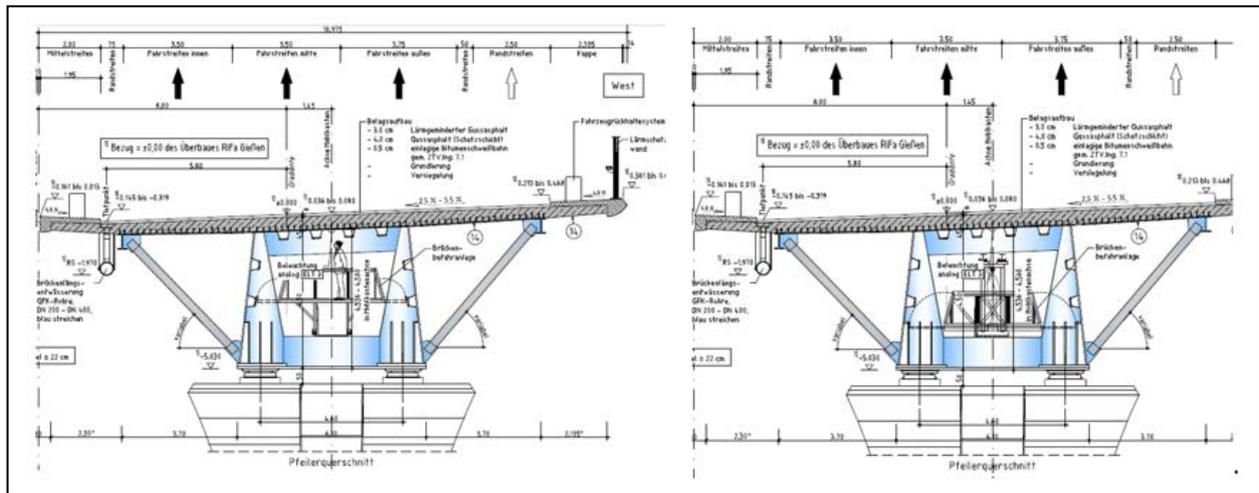
**Bild 4** Zugang Widerlager (Straßen.NRW)



**Bild 5** Zugang Widerlager (Straßen.NRW)

## Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals

- "In Hohlkästen mit lichten Höhen von mehr als 3,0 m sind Besichtigungseinrichtungen (evtl. Verfahrbare) für die Prüfung der Fahrbahnplattenunterseite vorzusehen." BDA-BRÜ, Abs.3.4 (2)



**Bild 6** Hohlkastenüberbau, Besichtigungswagen stehend und hängend (Straßen.NRW)



**Bild 7** TB Nuttler, Besichtigungswagen im Hohlkasten (Straßen.NRW)



**Bild 8** TB Siegtal, Rollgerüste (Straßen.NRW)

#### 4. Fazit und Ausblick

- Die Festlegungen dieser Richtlinie sind für die Entwurfsbearbeitung von Brücken für die Straßenbauverwaltung verbindlich.
- Dauerhafte, erhaltungsfreundliche Konstruktionen und Detaillösungen sind zu bevorzugen.
- Schon in der Entwurfsphase sollten erfahrene Bauwerksprüfer mit einbezogen werden.
- Bestandsbauwerke sollten da, wo es statisch und konstruktiv technisch möglich und wirtschaftlich sinnvoll ist, entsprechend den Vorgaben der BDA-BRÜ nachgerüstet werden.

## Literaturverzeichnis

- /1/ RBA-BRÜ: Richtlinien für die bauliche Durchbildung und Ausstattung von Brücken zur Überwachung, Prüfung und Unterhaltung]. Ausgabe 1997, BMVBS
- /2/ DIN 1076: Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen – Überwachung und Prüfung, Deutsches Institut für Normung, Berlin, 1999
- /3/ BDA-BRÜ: Bauliche Durchbildung und Ausstattung von Brücken zur Überwachung, Prüfung und Unterhaltung]. RE-ING, Teil 2 Brücken, Abschnitt 3, Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 09/2018 vom 08.05.2018
- /4/ RE-ING: Richtlinien für den Entwurf, die konstruktive Ausbildung und Ausstattung von Ingenieurbauten
- /5/ Richtzeichnungen für Ingenieurbauten, RIZ-ING, Ausgabe 12/2012 (RIZ)
- /6/ DGUV Regel 0014-15 Sicherheitsregeln Brücken-Instandhaltung, Ausgabe 1995
- /7/ Standfuss, Friedrich: Überwachung und Prüfung von Ingenieurbauwerken im Zuge von Straßen und Wegen. Straße und Autobahn Heft 6/1983, Seiten 232-233

## B 327- Verstärkung der Hochstraße Horchheim Chronologie eines Koppelfugenschadens

Dipl.-Ing. Andreas Jackmuth  
Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz

### Kurzfassung

Die Hochstraße Horchheim wurde im Jahr 1972 fertiggestellt und gehört damit bauzeitbedingt - im Hinblick auf die Dauerfestigkeit der Koppelfugen - zu den kritischen Brückenbauwerken. Dennoch konnte etwa bis zur Hälfte der normativen Nutzungsdauer kein ausgeprägtes Rissbild festgestellt werden. Die routinemäßig durchgeführte Überprüfung der Koppelfugen nach Handlungsanweisung der BASt ergab, dass die Spannungsschwingbreiten besonders stark vom anliegenden Grundmoment abhängen und die zulässigen Grenzwerte dabei überschritten werden. In einem anschließenden Betriebsfestigkeitsnachweis wurde die Restnutzungsdauer - ohne Verstärkung - auf das Jahr 2031 begrenzt. Wenige Jahre nach dieser rechnerischen Überprüfung der Koppelfugen stellte die Bauwerksprüfung fest, dass zwischenzeitlich mindestens zwei Koppelfugen ein ausgeprägtes Rissbild zeigen. Dieses Prüfergebnis hatte eine völlige Neubewertung der Restnutzungsdauer zur Folge. Am Ende des Prozesses steht eine Erhaltungsstrategie, die eine temporär begrenzte Verstärkung der Hochstraße Horchheim mit externen Spanngliedern vorsieht.

### 1. Beschreibung des Bauwerks

Die Hochstraße Horchheim, benannt nach dem Koblenzer Stadtteil des Standorts, ist die rechtsrheinische Vorlandbrücke der sogenannten „Südbrücke“ im Zuge der B 327. Im Koblenzer Stadtgebiet stellen die „Südbrücke“ sowie die zentral gelegene Pfaffendorfer Brücke die einzigen Straßenquerungen über den Rhein dar.

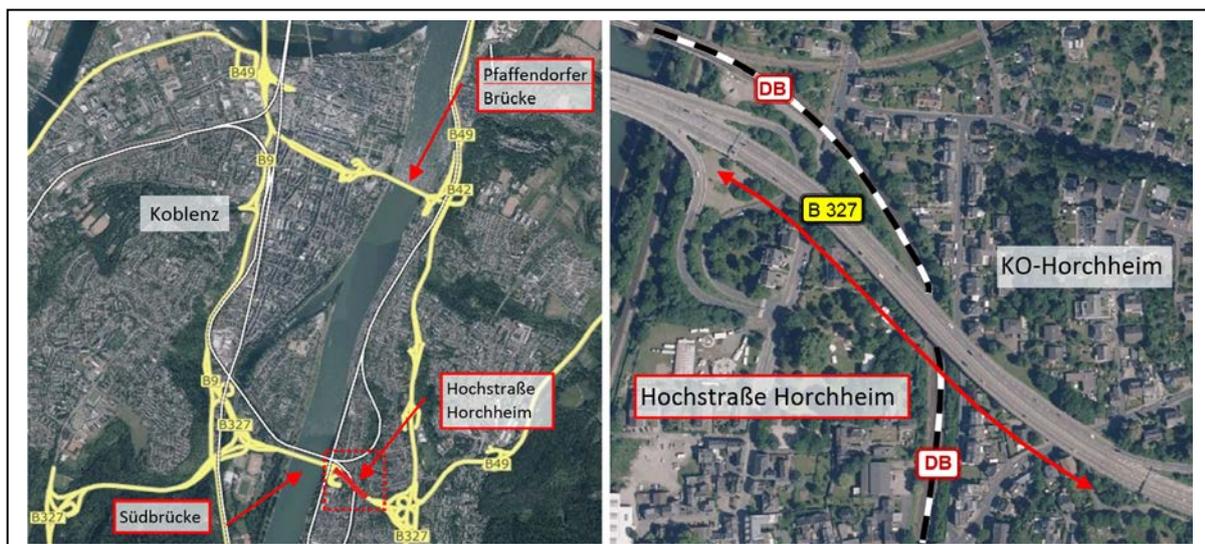
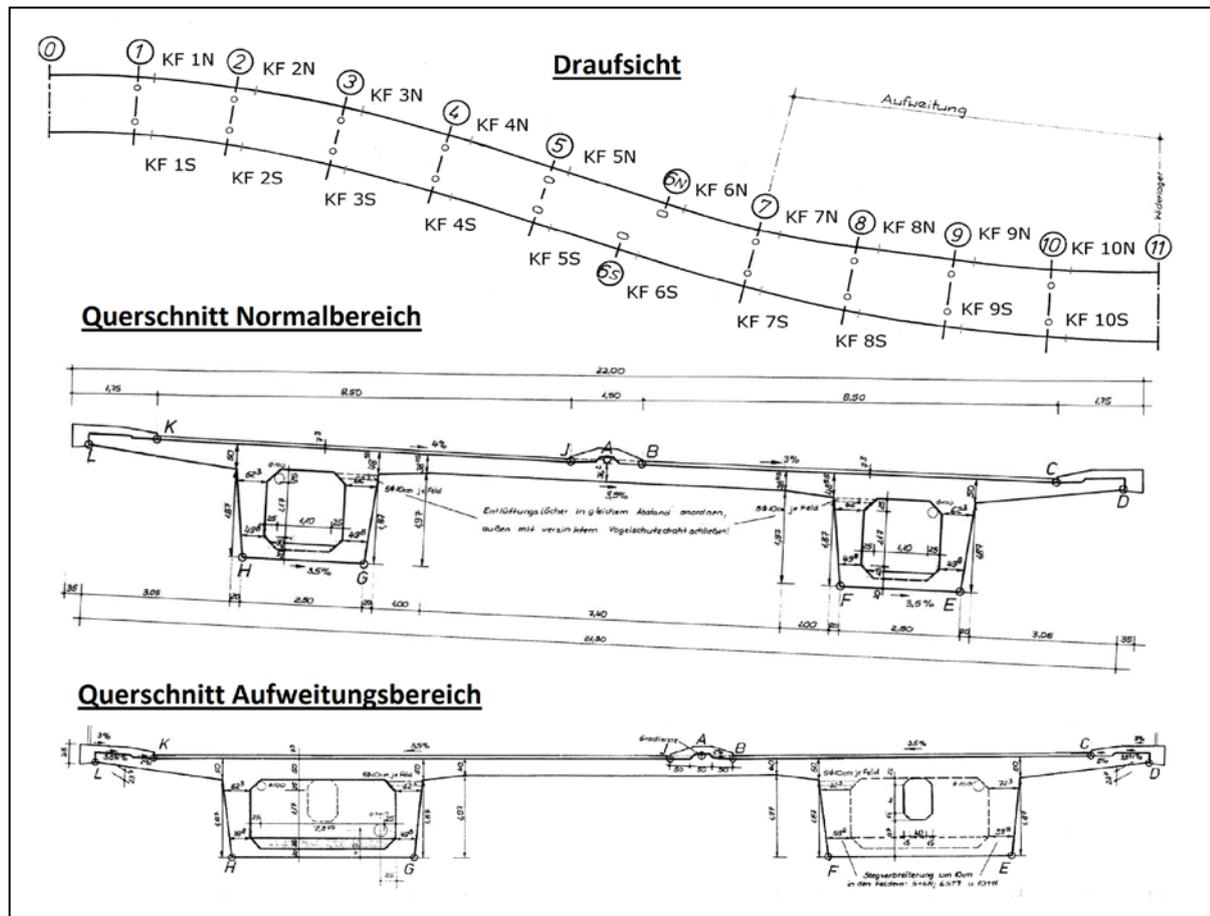


Bild 1 Lageplan, Quelle: [www.geoportal.rlp.de](http://www.geoportal.rlp.de)

# Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals

Die beiden Richtungsfahrbahnen der Hochstraße Horchheim sind auf einem gemeinsamen Überbauquerschnitt, der als zweistegiger Hohlquerschnitt ausgeführt wurde, angeordnet und mit täglich mehr als 45.000 Fahrzeugen belastet. Die Brücke ist sowohl in Längs- als auch in Querrichtung beschränkt vorgespannt.

Die rd. 390 m lange Hochstraße Horchheim wurde im Jahre 1972 hergestellt und für die Brückenklasse 60 nach DIN 1072-06/67 bemessen. Der Überbau besteht aus einem 11-feldrigen Durchlaufsystem, dessen Einzelstützweiten zwischen 28,5 und 38,8 m lang sind. Die Herstellung des Überbaus erfolgte in 11 Betonierabschnitten, wobei die Arbeitsfugen mit einem Versatz von 20 % der Stützweite ins Nachbarfeld gelegt wurden.



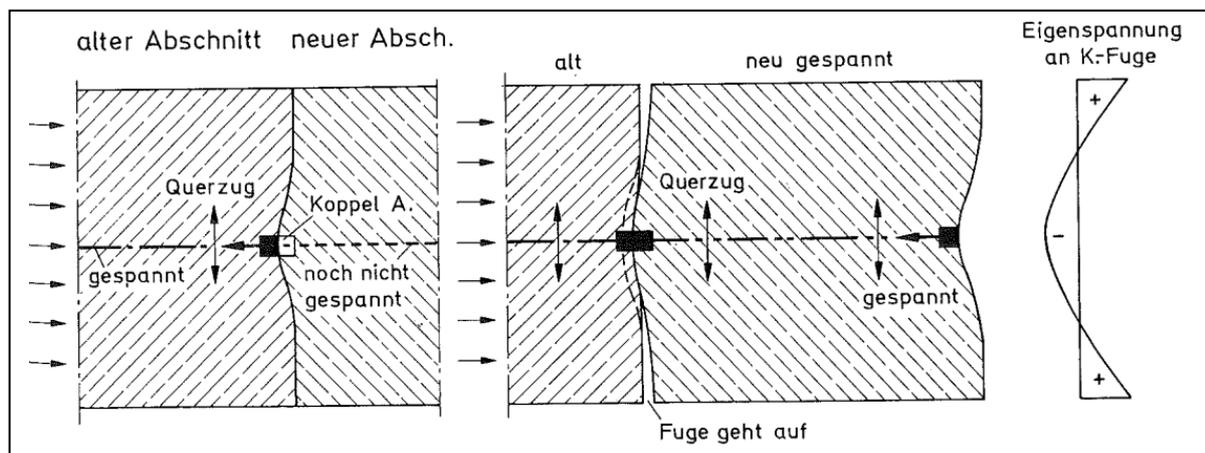
**Bild 2** Hochstraße Horchheim, Draufsicht und Querschnitte

## 2. Koppelfugenproblematik - allgemein

Bereits aus den Anfangsjahren des Spannbetonbrückenbaus ist bekannt, dass Koppelfugen in einem Tragwerk potentielle Schwachstellen darstellen können. Gegenüber den ungestörten Abschnitten eines Überbaus ist hier die Auftretenswahrscheinlichkeit von Rissen besonders hoch. Die Rissbildung in der Betonierfuge wird im Wesentlichen durch folgende Effekte begünstigt:

## Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals

- verminderte Betonzugfestigkeit aufgrund des gestörten Betongefüges in der Arbeitsfuge;
- höhere Spannkraftverluste, weil die Stahldehnungen im Bereich der massiven Kopp-lungsstücke geringer sind und die aufgebrachte Vorspannung durch Kriechen und Schwinden somit stärker abgebaut wird;
- Koppelfugen werden oft im Bereich der Momentennullpunkte aus den planmäßigen Eigen- und Verkehrslasten angeordnet, so dass außerplanmäßige Zwangsbeanspruchungen - bspw. infolge aus Temperatur oder Stützensenkung - hier einen erheblichen Momentenzuwachs erzeugen;
- beim Vorspannen des anbetonierten Abschnitts wird die „Eisenkmulde“ im Bereich der Spanngliedverankerung des alten Abschnitts teilweise rückgängig gemacht. Damit wird ein Eigenspannungszustand mit Zugspannungen an den Fugenrändern erzeugt (auch als „MEHLHORN-Effekt“ bezeichnet).



**Bild 3** Verformungsvorgänge an Koppelfugen durch Spannen des gekoppelten Spanngliedes /1/

Infolgedessen weisen insbesondere Bauwerke, die - wie die Hochstraße Horchheim - vor dem Soforterrlass 02.77 der Einführung der DIN 4227 Teil 1, Ausgabe 12/1979 oder der ZTV-K 80 hergestellt wurden, vermehrt Risse in den Koppelfugen auf /3/. Erst danach wurden bundeseinheitlich beispielsweise ein linearer Temperaturgradient für den Ermüdungsnachweis von Spanngliedkopplungen oder ein ungekoppelter Spanngliedanteil von mindestens 30 % berücksichtigt.

Der vornehmliche Zweck der Vorspannung ist es, im Gebrauchszustand weitgehende Rissfreiheit zu gewährleisten, damit auch bei großen Stützweiten die Durchbiegungen geringgehalten werden. Wird die Spannstahlachse dennoch von Rissen gekreuzt, besteht die Gefahr, dass unzulässig hohe Schwingbreiten einen spröden Ermüdungsbruch mit Spannstahl erzeugen.

Aufgrund der komplexen Einflussfaktoren ist der tatsächliche Spannungszustand in einem Koppelfugenquerschnitt rechnerisch nur schwer zu erfassen. Um dennoch eine einheitliche Vorgehensweise bei der Bewertung von Koppelfugenschäden sicherzustellen, wurden mit Einführung der „Handlungsanweisung zur Beurteilung der Dauerhaftigkeit vorgespannter Bewehrung von älteren Spannbetonüberbauten“ (kurz: Handlungsanweisung) am 25. Juni 1998 verbindliche Rechenannahmen festgelegt. Die Handlungsanweisung beinhaltet ein dreistufiges Nachweis-

## Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals

---

verfahren mit wachsender Genauigkeit in Bezug auf die Ermittlung des anliegenden Grundmoments. Die Abschätzung der Schwingbreite erfolgt jeweils unter Ansatz von 50 % des Lastbilds der entsprechenden Brückenklasse (= ermüdungswirksame Belastung):

- *Stufe 1:* Es wird eine ausgeprägte Rissbildung (Zustand II) angenommen.
- *Stufe 2:* Das Dekompressionsmoment und ein Zusatzmoment infolge Temperaturgradient werden als Grundmoment angenommen.
- *Stufe 3:* Die Summe der Momente aus Eigengewicht, Vorspannung und Temperaturgradient werden als Grundmoment angenommen; ggf. ist das Grundbeanspruchungsniveau durch Messung zu ermitteln.

Kann der Nachweis über die Begrenzung der Spannungsschwingbreiten im abgestuften Berechnungsverfahren nicht erbracht werden, sieht die Handlungsanweisung für das betroffene Bauwerk eine rechnerische Ermittlung der Restnutzungsdauer vor.

Die rechnerische Ermittlung der Restnutzungsdauer erfolgt auf Grundlage des DIN Fachberichts (bzw. seit 2011 auf Grundlage der Nachrechnungsrichtlinie i.V.m dem DIN-FB) entweder

- als vereinfachter Betriebsfestigkeitsnachweis mit schädigungsäquivalenten Spannungen auf Basis eines objektunabhängig kalibrierten Ermüdungslastmodells 3 (ELM3), oder
- als expliziter Betriebsfestigkeitsnachweis auf Basis eines individualisierbaren Ermüdungslastmodells 4 (ELM4) mit linearer Schadensakkumulation.

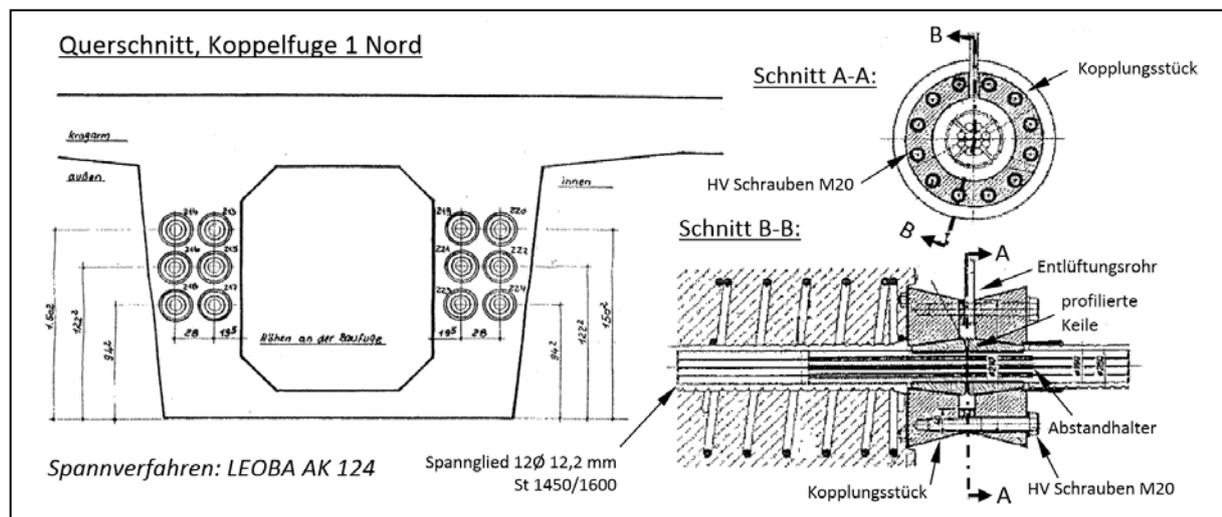
### 3. Koppelfugenproblematik der Hochstraße Horchheim

#### ***Phase 1 (1972 bis 2005):***

Bauzeitbedingt gehört die Hochstraße Horchheim im Hinblick auf die Dauerfestigkeit der Koppelfugen zu den kritischen Bauwerken:

- In den Koppelfugen der Hochstraße Horchheim sind die Spannglieder zu 100 % gestoßen,
- die Spanngliedkopplungen sind teilweise in der Stegmitte konzentriert, was sich ungünstig auf den Eigenspannungszustand auswirkt (Scheibenspannungen),
- der Lastfall „Temperaturunterschied“ sowie
- Zusatzbeanspruchungen durch profilverformende Kräfte wurden in der Urstatik nicht berücksichtigt.

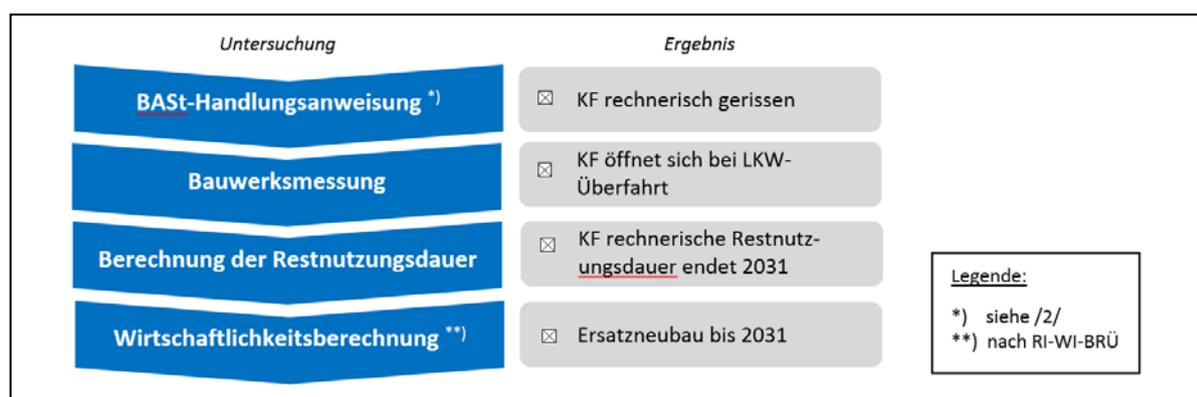
Dennoch wurde in der ersten Hälfte der normativen Nutzungsdauer keine ausgeprägte Rissbildung festgestellt.



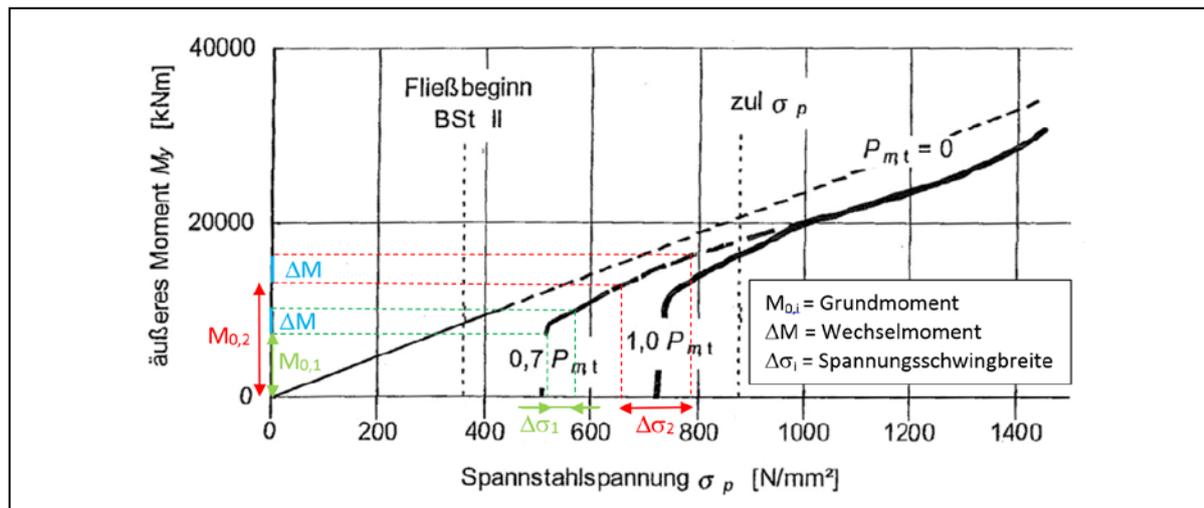
**Bild 4** Hochstraße Horchheim, Koppelfuge 1 Nord

## Phase 2 (2005 bis 2011):

Aufgrund der vorhandenen bauzeitbedingten Defizite wurden die Spanngliedkopplungen der Hochstraße Horchheim im Jahr 2005 routinemäßig nach der BAST Handlungsanweisung untersucht. Im Ergebnis war die Dauerfestigkeit weder auf der ersten noch auf der zweiten Stufe nachweisbar. Auch ein bauwerksbezogener Berechnungsansatz auf der dritten Stufe ergab für die meisten Koppelfugen eine Überschreitung der zulässigen Schwingbreiten. Die Interpretation der Berechnungsergebnisse zeigte, dass die Spannungsamplitude beim vorliegenden Bauwerk besonders stark vom anliegenden Grundmoment abhängt: Bei gleicher Wechselbeanspruchung kann ein größeres Grundmoment eine erheblich größere Spannungsschwingbreite erzeugen (siehe **Bild 5**) /4/. Durch Messungen am Bauwerk konnten Rissbreitenänderungen bei LKW-Überfahrten nachgewiesen werden. Der anschließende Betriebsfestigkeitsnachweis ergab eine rechnerische Restnutzungsdauer bis ins Jahr 2031.



**Bild 5** Ablaufschema zur Bewertung der Koppelfugen (KF)



**Bild 6** Momenten-Spannstahlspannungs-Diagramm, Koppelfuge 1N, untere Spanngliedlage /4/

Um die normative Nutzungsdauer von 70 Jahren dennoch erreichen zu können, wäre eine Verstärkungsvorspannung erforderlich; deren Einbau müsste über die gesamte Bauwerkslänge erfolgen, da mehr als ein Drittel aller Koppelfugen dauerhaft überbeansprucht sind /2/.

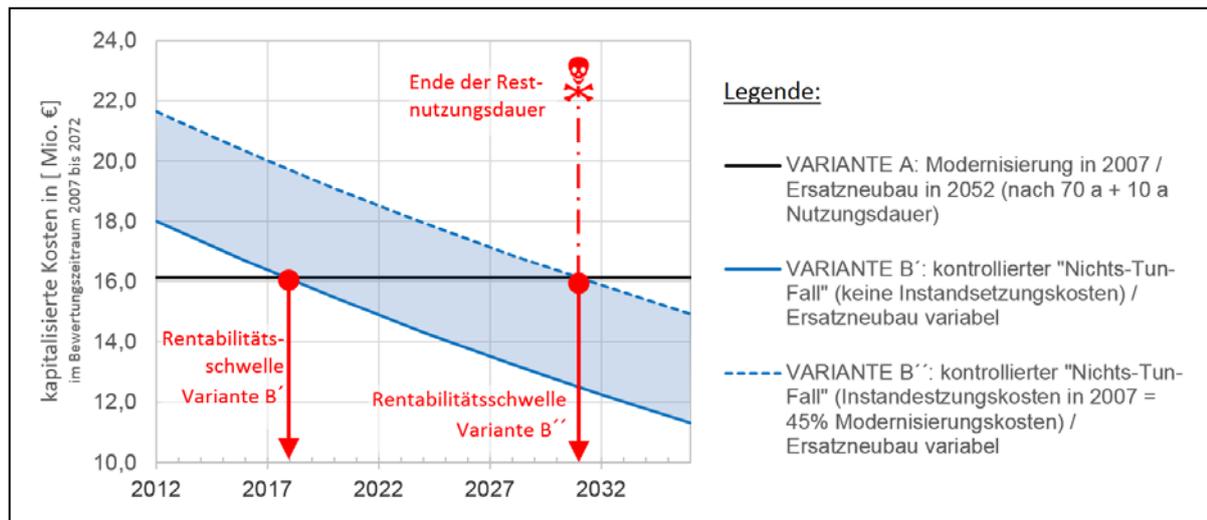
Als Kompensationsmaßnahme für die festgestellten Defizite wurde der Prüfzyklus zunächst auf 12 Monate verkürzt.

Unter diesen Randbedingungen bieten sich zwei Hauptvarianten für die Bildung einer objektbezogenen Erhaltungsstrategie an:

- VARIANTE A: Modernisierung in 2007 als Erstmaßnahme (Instandsetzung des Gesamtbauwerks mit Verstärkung der Koppelfugen) und Ersatzneubau am Ende der normativen Nutzungsdauer im Jahr 2042 als Zweitmaßnahme oder
- VARIANTE B: kontrollierter „Nicht-Tun-Fall“ als Erstmaßnahme in 2007 (nur Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Verkehrssicherheit) und Ersatzneubau vor Ablauf der Restnutzungsdauer im Jahr 2031 als Zweitmaßnahme

Ein wesentliches Kriterium zur Identifikation einer Vorzugsvariante ist der Wirtschaftlichkeitsnachweis nach RI-WI-BRÜ. Dazu wurde die Rentabilitätsschwelle („break-even point“) des kontrollierten „Nicht-Tun-Falls“ nach VARIANTE B in Abhängigkeit von den Kosten der Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Verkehrssicherheit („Sensitivitätsanalyse“) bestimmt. Demzufolge liegt der frühestmögliche Zeitpunkt eines Ersatzneubaus im Jahr 2018 – sofern bis dahin keine Instandsetzungsmaßnahmen durchgeführt werden müssen (vgl. **Bild 6**: VARIANTE B'). Sind dennoch Instandsetzungsarbeiten zur Aufrechterhaltung der Verkehrssicherheit erforderlich, dürfen diese bis zu 45 % der Modernisierungskosten nach VARIANTE A umfassen – ohne, dass die Rentabilitätsschwelle bis zum Ende der Restnutzungsdauer der Koppelfugen (2031) überschritten wird (vgl. **Bild 6**: VARIANTE B'').

Unter Würdigung des Gesamtzustands wurde festgelegt, dass die Hochstraße Horchheim einer gezielten Alterung zugeführt und mittelfristig durch ein neues Bauwerk ersetzt wird (VARIANTE B).



**Bild 7** Frühestmöglicher Zeitpunkt eines Ersatzneubaus (Rentabilitätsschwelle), Bezugsjahr 2007

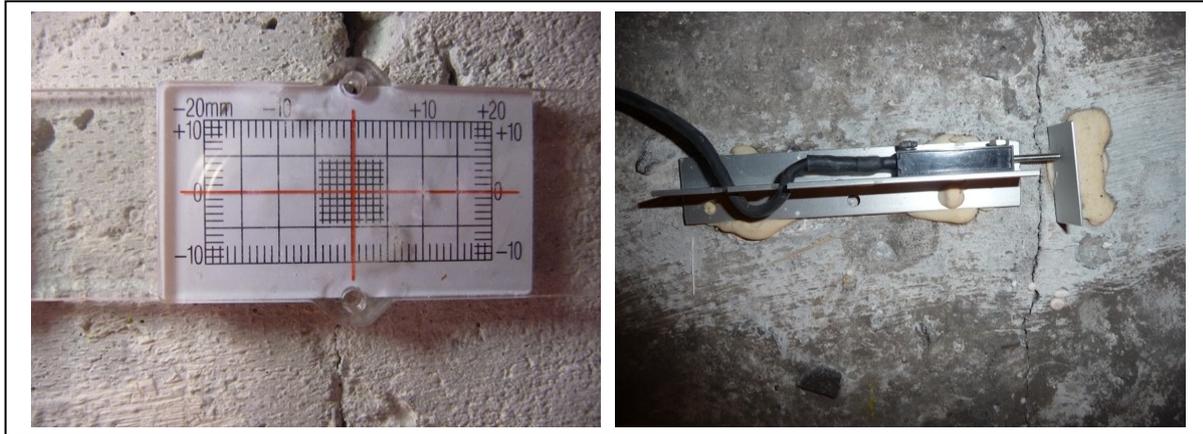
### Phase 3 (2011-2018):

Im Rahmen einer Bauwerksprüfung im Jahr 2011 wurde festgestellt, dass mindestens zwei Koppelfugen – ohne signifikante Verkehrslasten – eine Rissbreite von ca. 1 mm aufweisen und bis zu ca. 1,30 m über die Unterkante des Hohlkastens geöffnet sind [siehe **Bild 7**]. Aufgrund dieses neuen Schadensbildes konnte nicht ausgeschlossen werden, dass sich ungünstigere Voraussetzungen für die Ermittlung der Restnutzungsdauer ergeben, als bislang anzunehmen waren.



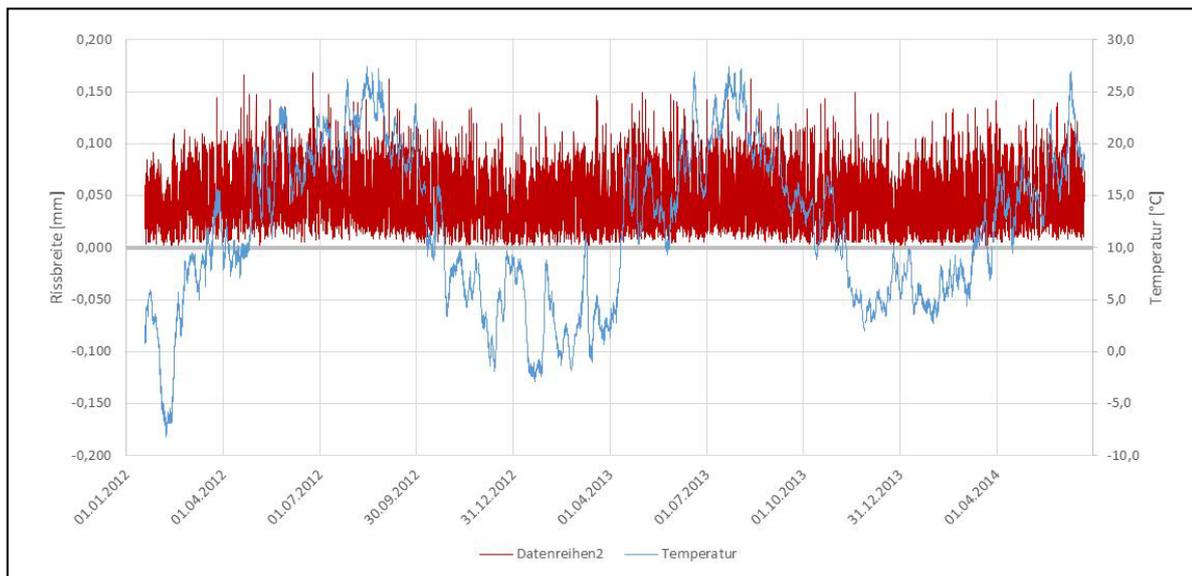
**Bild 8** Ausgeprägter Koppelfugenriss; *Quelle: KHP*

Als Sofortmaßnahme wurden an mehreren Koppelfugen Kurzzeitmessungen durchgeführt und die nach diesen Messergebnissen als „auffällig“ identifizierten Koppelfugen zur Langzeitmessung mit Linearpotentiometern ausgestattet. Zusätzlich wurde die Hohlkasteninnentemperatur gemessen.



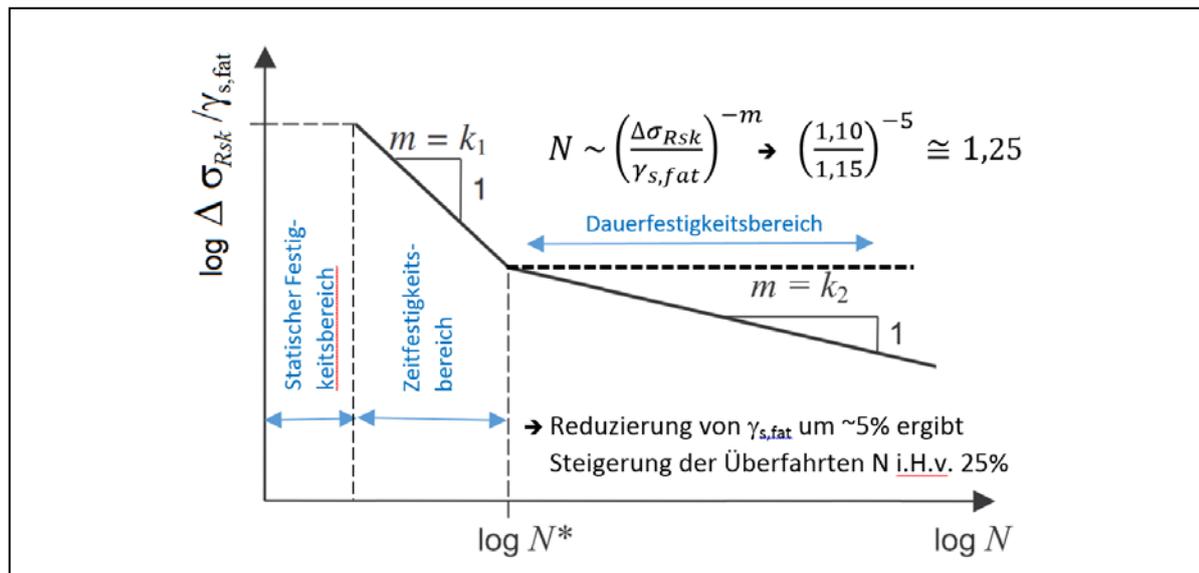
**Bild 9** Mechanischer Rissmonitor (l.) und Linearpotentiometer (r.), *Quelle:* KHP

Die Langzeitmessungen ergaben zwar einerseits, dass innerhalb der Beobachtungsperiode keine Zunahme der Rissweite feststellbar war, zeigten jedoch andererseits, dass die Koppelfugenrisse ganzjährig geöffnet sind und unter Verkehrslasten arbeiten. Letzteres steht im Widerspruch zur Annahme des ursprünglichen Betriebsfestigkeitsnachweises, dass signifikante Schwingspiele nur im Sommerhalbjahr – d.h. bei gleichzeitigem Zwang aus einem ungünstig wirkenden Temperaturunterschied zwischen Ober- und Unterseite – auftreten.



**Bild 10** Koppelfuge 1 S, Schwingbreiten (Rissbreitenänderung unter Verkehrslasten), *Quelle:* KHP

Die daraufhin erforderliche Neuberechnung der Restnutzungsdauer wurde auf Grundlage der im Jahr 2011 eingeführten Nachrechnungsrichtlinie geführt. Dabei gelang der Nachweis einer ausreichenden Restnutzungsdauer bis Ende 2018 nur mit einem von  $\gamma_{fat} = 1,15$  auf  $\gamma_{fat} = 1,10$  reduzierten Teilsicherheitsbeiwert für den Ermüdungswiderstand.



**Bild 11** Wöhlerlinie

Zur Kompensation der Abweichung vom normativen Teilsicherheitsbeiwert wurde ein Schutzkonzept, bestehend aus einer Sicherheits- und einer Notfallorganisation, erstellt. Voraussetzung für dessen Wirksamkeit ist die Festlegung verbindlicher Alarmierungsgrenzen und Reaktionszeiten.

- Sicherheitsorganisation:
  - Kontinuierliche elektronische Überwachung der auffälligen Koppelfugen mit Linear-Potentiometern (wöchentliche Auswertung); Alarmierungsgrenze  $\Delta w_{grenz} = 0,4$  bis  $0,5$  mm
  - Turnusmäßige Beobachtung aller übrigen Koppelfugen mit mechanischen Rissmonitoren (Auswertung alle 6 Wochen); bei  $\Delta w_{auffällig} = 0,2$  bis  $0,3$  mm wird die jeweilige Koppelfuge zusätzlich mit einem Linear-Potentiometer ausgestattet.
  - Wöchentliche Sichtprüfung der Koppelfugen im Zuge der Streckenkontrolle
- Notfallorganisation
  - Alarmierungsplan mit festgelegten Informations- und Meldewegen
  - Einsatzmaßnahmen für Vollsperrung der Hochstraße Horchheim mit Verkehrszeichenplan und Materiallisten

Die Alarmierungsgrenze wurde über ein vereinfachtes - aber konservatives - Rechenmodell zur Spannstahlspannung-Rissweiten-Beziehung bestimmt. Als Reaktionszeit wurde der Zeitraum abgeschätzt, der nach einem lokalen Versagen der untersten Spanngliedlage im Koppelfugenquerschnitt noch zur Verfügung steht, bis die darüber liegende Spanngliedlage ebenfalls auf Ermüdung versagt.

## Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals

Unter den geänderten Randbedingungen musste die objektbezogene Erhaltungsstrategie der Hochstraße Horchheim neu überdacht werden. Dabei war zu berücksichtigen, dass die Vorschädigung der Koppelfugen der Hochstraße Horchheim zwar offensichtlich fortgeschritten ist, der genaue Schädigungsgrad jedoch nicht mehr bestimmt werden kann. Da eine Verstärkung mit externer Vorspannung zwar zukünftige Schädigungen verhindern, bereits erfolgte Schädigungen jedoch nicht heilen kann, wurde die zusätzliche Restnutzungsdauer mit Verstärkung auf maximal 10 Jahre begrenzt („temporäre Verstärkung“).

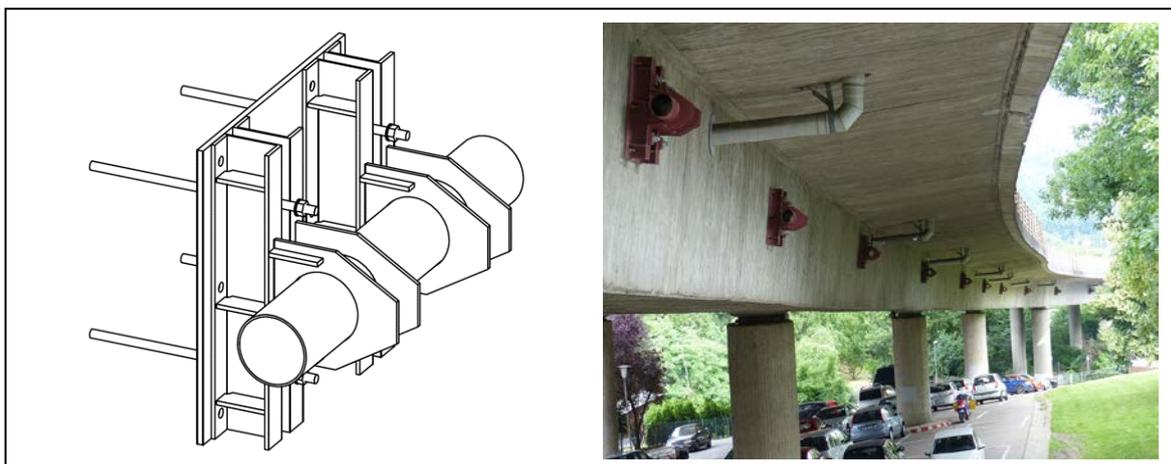
Für die Fortschreibung der objektbezogenen Erhaltungsstrategie bleiben somit zwei Handlungsoptionen:

- VARIANTE B1: Ersatzneubau bis 2018
- VARIANTE B2: temporäre Verstärkung bis Ende 2018; Ersatzneubau bis 2028.

In Abstimmung mit der Stadt Koblenz, die ab 2018-2019 die Erneuerung der Pfaffendorfer Brücke beabsichtigt, und unter Berücksichtigung eines angemessenen Planungsvorlaufs für den Ersatzneubau der Hochstraße Horchheim, wurde VARIANTE B2 als Erhaltungsstrategie festgelegt.

### 4. Temporär begrenzte Verstärkung der Koppelfugen mit externer Vorspannung

Um Zusatzschädigungen in den Koppelfugen bis zur Herstellung des Ersatzneubaus zu vermeiden, muss eine externe Vorspannung aufgebracht werden. Damit zur Minimierung der Spannstahtschwingbreiten die gerissenen Überbauquerschnitte sicher überdrückt sind, ist eine Verstärkungsvorspannung mit  $2 \times 3$  MN Vorspannkraft je Hohlkasten erforderlich.



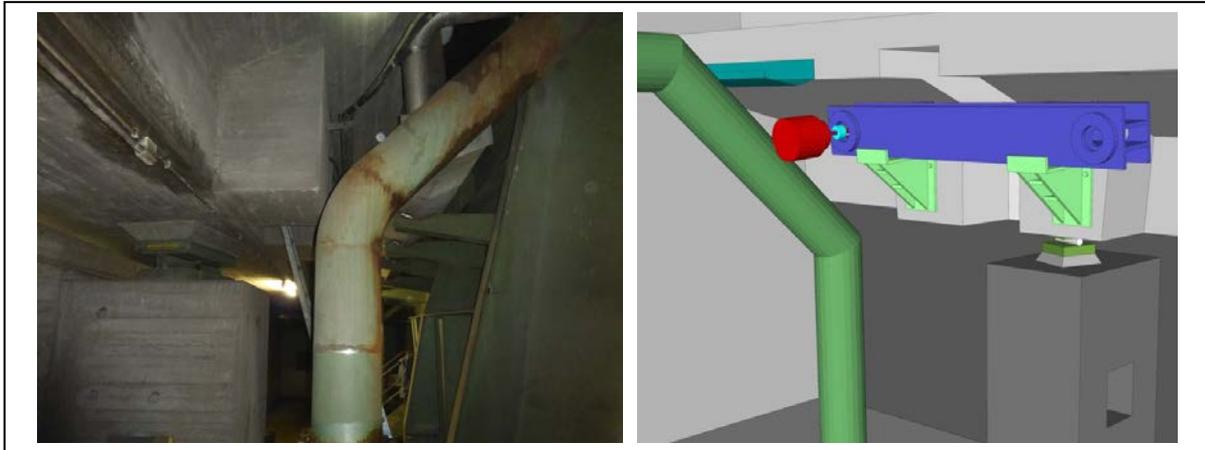
**Bild 12** Umlenkkonstruktion

Wegen der beengten Platzverhältnisse im Innern der beiden Hohlkästen werden die Zusatzspannglieder über die gesamte Bauwerkslänge außerhalb des Querschnitts angeordnet. Dabei werden die Spannglieder in der Seitenansicht parallel zur Schwerachse geführt; im Grundriss müssen sie jedoch über regelmäßig angeordnete Umlenkkonstruktionen an die Krümmung des

## Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals

---

Überbaus polygonal angepasst werden. Die Endverankerung erfolgt hinter den bestehenden Endquerträgern über aufgesetzte Stahlträger.



**Bild 13** Endverankerung der externen Spannglieder, Trennpfeiler zur Südbrücke; *Quelle:* KHP

Die temporäre Verstärkung der Hochstraße Horchheim befindet sich derzeit in der baulichen Umsetzung. Die Arbeiten werden voraussichtlich noch im III. Quartal 2018 abgeschlossen. Dann haben die jeweils Verantwortlichen rd. 10 Jahre Zeit gewonnen, um den Ersatzneubau der Pfaffendorfer Brücke zu realisieren bzw. die Bauvorbereitungen für den Ersatzneubau der Hochstraße Horchheim zur Ausführungsreife voranzutreiben.

### Projektbeteiligte

- König und Heunisch Planungsgesellschaft (KHP), 60596 Frankfurt am Main
- Landesbetrieb Mobilität Cochem-Koblenz (LBM COC-KO), 56812 Cochem
- Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz (LBM RP), 56068 Koblenz

### Literaturverzeichnis

- /1/ Leonhardt, Fritz: Vorlesungen über Massivbau, Sechster Teil, 1979, Seiten 191 ff.
- /2/ BAST: Handlungsanweisung zur Beurteilung der Dauerhaftigkeit vorgespannter Bewehrung von älteren Spannbetonüberbauten, 1998, Seite 18
- /3/ Schnellenbach-Held, Peeters, Scherbaum: Sachstand Verstärkungsverfahren – Verstärken von Betonbrücken im Bestand, BAST B75, November 2010, Seiten 9 ff.
- /4/ KHP: Stellungnahme zur Dauerhaftigkeit der Spanngliedkopplungen im Überbau der Hochstraße Horchheim i.Z.d. B 327, September 2005
- /5/ KHP: Überprüfung / Neuberechnung der Restnutzungsdauer, Oktober 2012
- /6/ LBM COC-KO: B 327 Hochstraße Horchheim Sicherheits- und Notfallorganisation, März 2013
- /7/ KHP: Machbarkeitsstudie zur Verstärkung, Juli 2014

**Lehrgang Stahl- und Stahlverbundbrücken  
für  
Ingenieure der Bauwerksprüfung nach DIN 1076  
Vorstellung der Inhalte**

Dipl.-Ing. Ansgar Schabrich  
Hessen Mobil  
Straßen- und Verkehrsmanagement, Kassel

**Einleitung**

Gemäß DIN 1076 „Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen, Überwachung und Prüfung“ sind Ingenieurbauwerke regelmäßig und sachkundig zu prüfen und zu überwachen. Um für die verantwortungsvolle Tätigkeit der Bauwerksprüfung ein hohes Qualitätsniveau zu erreichen und zu wahren, wurde der VFIB gegründet. Neben einem einwöchigen, zertifizierten Grundlehrgang werden zur fortlaufenden Qualifizierung verschiedene Fortbildungskurse angeboten. Der Wahlpflichtlehrgang, der nachfolgend vorgestellt wird, kann zur Zertifikatsverlängerung genutzt werden.

**Inhalte und Aufbau des Lehrgangs**

Es handelt sich um eine zweitägige Fortbildungsveranstaltung, die am Lehrgangsort Lauterbach angeboten wird. Es ist das Ziel, den Teilnehmern spezielles Wissen zur Prüfung von Stahl- und Stahlverbundbrücken zu vermitteln.

Der erste Tag wird von drei Mitarbeitern von Hessen Mobil durchgeführt, die seit Jahren in der Brückenprüfung tätig sind.

Es werden verschiedene Ausführungsarten von Stahlbrücken erläutert und die Besonderheiten bei der Bauwerksprüfung besprochen.

Hierbei wird ein besonderer Schwerpunkt auf kritische Bereiche und die Erkennung von Schäden gelegt.

Die Überprüfung von Schrauben- und Nietverbindungen sowie von Schweißnähten sind weitere Bestandteile des Lehrgangs.

Es werden verschiedene Schäden ausführlich dargestellt und anschließend nach der RI-EBW-Prüfung bewertet.

Im Themenbereich der Oberflächenprüfverfahren wird auf die Anforderungen der ZTV-ING und der erforderlichen Messungen bei der 1. Hauptprüfung und nach durchgeführten Instandsetzungen eingegangen.

Im praktischen Teil werden verschiedene Prüfgeräte vorgeführt und die Anwendungsmöglichkeiten besprochen.

# Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals

---

Hierbei bekommen die Teilnehmer die Möglichkeit, sich mit der Handhabung vertraut zu machen.

Am zweiten Tag stellen zwei externe Referenten Prüfmethode und Möglichkeiten der zerstörungsfreien Prüfung im Stahlbau vor und geben einen Überblick über die Ausbildung und Qualifizierung in diesem Bereich.

Es werden physikalische Grundlagen zur Wellenlehre, Elektrik und Magnetismus vermittelt.

Den Teilnehmern werden die ZfP-Verfahren der Ultraschall- und Wirbelstromprüfung sowie der Farbeindring- und Magnetpulverprüfung ausführlich erläutert und teilweise praktisch vorgeführt.

## Inhaltsverzeichnis TAG 1

---

### Stahlbrücken und Stahlverbundbrücken aus der Sicht der Bauwerksprüfung

1. Einführung Stahlbrücken (Schadensbilder, -mechanismen, kritische Bereiche)
2. Schadensbeispiele Stahlbrücken (Lager, Gelenke und Übergangskonstruktionen)
3. Schadensbeispiele Stahlverbundbrücken (Spezielle Schäden, Erkennung und Prüfung)
4. Bewertung der Schäden mit SIB Bauwerke
5. Oberflächenprüfverfahren
6. Praktische Vorführung verschiedener Prüfungen

## Inhaltsverzeichnis TAG 2

---

### Zerstörungsfreie Prüfungen bei Stahlbrücken und Stahlverbundbrücken

1. Überblick der zerstörungsfreien Prüfung an Stahl
2. Physikalische Grundlagen (Wellenlehre, Elektrik, Magnetismus)
3. Oberflächenverfahren (Farbeindringprüfung / Magnetpulverprüfung)
4. Ultraschall- und Wirbelstromprüfung
5. Praktische Vorführung verschiedener Prüfverfahren
6. Diskussions- und Erfahrungsaustausch

## Schadensbilder / Kritische Bereiche



**Bilder 1 / 2** Lochfraßkorrosion / Querschnittsschwächungen



**Bilder 3 / 4** Schweißverbindungen

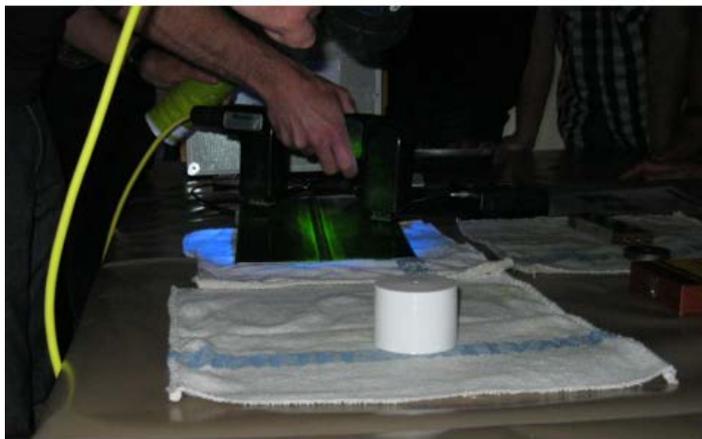


**Bilder 5 / 6** Verformungen

## Praktische Vorführung verschiedener Prüfverfahren



Bilder 7 / 8 Lehrbauhof Lauterbach



Bilder 9 / 10 Magnetpulverprüfung



Bilder 11 / 12 Ultraschallprüfung

## Prüfung von Aluminiumbrücken

Dipl.-Ing. Nina Lajios  
Technische Betriebe Solingen

### 1. Einleitung

Neue Baustoffe erobern den Bereich des konstruktiven Ingenieurbaus. Hierzu gehört neben GFK besonders der Werkstoff Aluminium, der seinen Weg in den kommunalen Brückenbau gefunden hat.

Immer mehr Kommunen wagen sich, marode Fuß- und Radwegebrücken durch Aluminiumbrücken zu ersetzen. Dies hat vielfältige Gründe. Zum einen versuchen Kommunen, die Unterhaltung von Bauwerken zu vereinfachen, zum anderen besitzt Aluminium besondere Werkstoffeigenschaften, die den Einsatz für Kommunen trotz hoher Anschaffungskosten rechtfertigen.

Viele Jahre wurden in den Kommunen nur die bekannten Werkstoffe wie Beton und Stahl verbaut. In den 80er Jahren entstand kurzzeitig der Trend zum Bau von Holzbrücken. Die Ursachen sind vielschichtig, jedoch spielte eine große Rolle, dass Holzbrücken kostengünstig und einfach zu realisieren waren. Der naturnahe Werkstoff wurde bevorzugt eingesetzt. So wurden Holzbrücken oft über Bachläufen/Flussläufen oder in Park- und Waldgebieten gebaut. Sie fügten sich optisch in die Umgebung ein, waren einfach vor Ort zu montieren und die Kosten waren deutlich geringer als die Kosten für herkömmliche Brückenbauwerkstoffe. Jedoch mussten die Kommunen schnell feststellen, dass der Bau von Holzbrücken in dauerfeuchten Ortslagen sowie der Verzicht auf ausreichenden konstruktiven Holzschutz die Dauerhaftigkeit der Bauwerke sehr negativ beeinflusste. Zusätzlich wurde die Unterhaltung von Holzbrücken aus Kostengründen oder personellen Engpässen versäumt. Dies hatte zur Folge, dass die Holzbrücken bereits nach kurzer Standdauer Schäden aufwiesen, die eine wirtschaftliche Sanierung nicht mehr zuließen. Der Bau von massiven Stahl-, Beton- oder Stahlbetonbrücken in derartigen Ortslagen war nicht gewollt. Zu diesem Zeitpunkt begannen auch die Aluminiumbrückenhersteller bevorzugt im kommunalen Raum den Vertrieb Ihrer Brückenkonstrukte. Die Hersteller versprachen unterhaltungsarme, korrosionsfreie, leichte und in die Umgebung einfügbare Konstruktionen, die als Fertigteil angeliefert werden können.

Mit dem Einzug von Aluminiumbrücken im kommunalen Ingenieurbau entstanden jedoch durch den Werkstoff neue Anforderungen an kommunale Planer und auch an die Bauwerksprüfer.

### 2. Der Werkstoff Aluminium

Aluminium ist in der Erdhülle nach Sauerstoff und Silicium das dritthäufigste Element und das in der Erdkruste am häufigsten vorkommende Metall, häufig unedel vorkommend in chemischer Verbindung mit Aluminiumsilicaten.

Durch seine besonderen Eigenschaften hat Aluminium im kommunalen Brückenbau einige Vorteile gegenüber den herkömmlichen Baustoffen. So hat Aluminium als Weichmetall eine deutlich geringere Dichte ( $2,6989 \text{ g/cm}^3$ ) als Stahl ( $7,86 \text{ g/cm}^3$ ). Trotz der geringen Dichte weist das Weichmetall jedoch eine hohe Stabilität auf. Selbst durch den Einsatz von Legierungen bleibt das Gewicht der Aluminiumkonstruktionen weit unter dem Gewicht von herkömmlichen Werkstoffen. Für den kommunalen Brückenbau bedeutet das geringe Gewicht zunächst die Möglichkeit einen Einbau als Fertigteil ausführen zu können, da Transport und Kranstandort zur Montage weniger Platz benötigen. Die Produktion als Fertigteil hat den Vorteil, dass negative Einwir-

kungen von Temperatur und Wetter fast vollständig ausgeschlossen werden können. Auch Widerlagerkonstruktionen sowie Transportgeräte und Baumaschinen fallen deutlich kleiner aus. Für die spätere Unterhaltung bietet das Gewicht einen weiteren Vorteil, z.B. lassen sich Lagertäusche mittels Einsatz eines herkömmlichen Wagenhebers einfach ausführen.

Den größten Vorteil für den Brückenbau weist jedoch die chemische Eigenschaft von Aluminium auf. Aluminium reagiert an der Luft mit Sauerstoff und bildet eine Oxidschicht (ca. 5 µm). Diese Fähigkeit der Passivierung macht Aluminium bei einem PH-Wert von 4-9 korrosionsbeständig. Häufig wird bei Aluminium von einem korrosionsfreien Werkstoff gesprochen. Jedoch ist Aluminium nicht korrosionsfrei, sondern lediglich korrosionsarm und korrosionsbeständig. Aluminium kann folgende Korrosionsformen zeigen: Lochfraß, Spannungs-Riss-Korrosion, Spaltkorrosion, interkristalline Korrosion, Schichtkorrosion, Fadenkorrosion.

Auch der Einsatz von Legierungen kann zu einer deutlichen Verringerung der Korrosionsbeständigkeit führen. Um die Korrosionsbeständigkeit deutlich zu erhöhen, besteht die Möglichkeit der Eloxierung (mittels elektrischer Oxidation oder chemischer Verstärkung).

Weiterhin lässt sich Aluminium leicht formen, was die Herstellung von Strangpressprofilen möglich macht. Der Aluminiumbrückenbau erfolgt durch die Herstellung von unterschiedlichen Strangpressprofilen, als Hohlraumprofile. Die Einzelprofile werden dann mittels Schweißen oder mechanischer Verbindung (Schraubverbindung) zu einer Brücke zusammengebaut. Schweißungen erfolgen hauptsächlich in der Lauffläche und den Auflagerbereichen. Das zur Lastverteilung erforderliche Fachwerk bei längeren Brückenkonstruktionen wird mit der Lauffläche verschraubt. Beim Schweißen und Schrauben wird die Oxidationsschicht geschädigt, weshalb an diesen Stellen ein besonderes Augenmerk auf das Korrosionsverhalten gelegt werden sollte.

Zu den bereits genannten positiven Eigenschaften kommt eine negative Eigenschaft für den Brückenbau hinzu: Die Temperaturleitfähigkeit des Werkstoffes. Aluminium besitzt eine hohe Temperaturleitfähigkeit (E-Modul Aluminium 70 KN/mm<sup>2</sup>, Stahl 210 KN/mm<sup>2</sup>) und damit verbundene große Dehnwege bei Temperaturveränderungen. Besonders bei der Planung von mehrfeldrigen Konstruktionen sind die Übergangskonstruktionen zwischen den Bauteilen auf die großen Dehnwege anzupassen. Ein weiterer Nachteil ist, dass bei Einbringung von hohen Temperaturen, z. B. beim Schweißen, ein Festigkeitsverlust im Werkstoff auftritt. Grundsätzlich sollte bei der Planung von Konstruktionen jede unnötige Schweißung vermieden werden, um den Festigkeitsverlust so gering wie möglich zu halten.

### 2.1 Planung von Aluminiumbrücken

Bevor die Entscheidung für den Bau einer Aluminiumbrücke getroffen wird, sollten folgende Gedankengänge nicht vernachlässigt werden:

- Ist der Einbauort für die Lieferung mittels Fertigteil erreichbar? Dies gilt insbesondere auch für das öffentliche Straßennetz, denn Kreisverkehre können hier ein großes Problem aufgrund der Transportlängen darstellen.
- Sind Anpralllasten zu erwarten? Insbesondere bei Gewässern sind Freibordhöhen so zu wählen, dass Treibgüter bei Hochwasser nicht mit der Brücke in Berührung kommen. Im Straßenraum sollte eine Durchfahrthöhe von 4,50 m nicht unterschritten werden. Durch das geringe Eigengewicht kann die Brücke bei hohen Anpralllasten vollständig herausgehoben werden.
- Frost- und Tausalze? Der Einsatz von Frost- und Tausalzen ist für Aluminiumbrücken grundsätzlich zu unterlassen. Die Chloride führen zu großen Verlusten der Korrosionsbeständigkeit. Ist der Einsatz nicht vermeidbar, wie z.B. bei Straßenbrücken, sollte der Einfluss von Spritzwasser ausgeschlossen werden.

Nach Betrachtung der oben genannten Punkte und positiver Entscheidung für eine Aluminiumbrücke kommen weitere Entscheidungsprozesse auf den Planer zu, die neben optischen Auswirkungen auch Einfluss auf die Entwicklung von Schadensbildern geben können:

- Gestaltung der Laufflächen (Aluplanken blank oder mit Kunstharzbeschichtung, Holz, GFK-Planken oder Rost)
- Gestaltung der Geländer (Füllstab aus Holz oder Alu, Lochblech, Stahlseil)
- Eloxieren oder Beschichten
- Schweiß- und Schraubverbindungen
- Übergangskonstruktionen (Schleppbleche, Verbindungen)
- Bauliche Unterhaltung

### 3. Prüfung von Aluminiumbrücken

Hauptsächliche Problembilder sind neben Korrosion auch die Ausführung der Schweiß- und Schraubverbindungen sowie die Einwirkungen von Materialwechseln auf die Metallkonstruktionen.

Ein besonderes Augenmerk ist hierbei auch auf die H1-Prüfung gerichtet. Die häufige Konstellation beim Bau von Aluminiumbrücken ist, dass der kommunale Bauherr mittels funktionaler Ausschreibung lediglich einen Entwurfsplan liefert und die gesamte Werks- und Ausführungsplanung durch den Aluminiumbrückenbauer abgewickelt wird. Hier liegt die hauptsächliche Verantwortung für ein unterhaltungsarmes Bauwerk beim Bauherren, der die Werksplanung gewissenhaft prüfen muss, um mögliche Problemfelder bereits vor Fertigung beseitigen zu können. Auch der für die Hauptprüfung H1 beauftragte Bauwerksprüfer sollte eine gewissenhafte Prüfung sowie ausreichende Kenntnisse zu Mängeln an Aluminiumbauwerken besitzen, um vor Abnahme der Gesamtkonstruktion beratend gegenüber dem Bauherrn tätig werden zu können. Die Prüfung von Aluminiumbauwerken teilt sich in zwei wichtige Bereiche auf. Der 1. Prüfungsteil bezieht sich auf Prüfungen während der Fertigung von Bauwerken (Qualitätssicherung). Der 2. Prüfteil beinhaltet die regulären Bauwerksprüfungen sowie die Besonderheiten von H1-Prüfung. Bei intensiver H1-Prüfung können diverse Mängel und zukünftige Unterhaltungsschwierigkeiten noch erkannt werden.

#### 3.1 Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung setzt zunächst voraus, dass der Bauherr ausreichende Kenntnisse zu Schadensbildern an Bauwerken besitzt. Bei Aluminiumbrücken, die als Fertigteil am Stück geliefert werden, beginnt die Qualitätssicherung bereits mit der Prüfung der Werkspläne und einer Fertigungskontrolle im Werk. Mangelhaftes Eloxieren oder Beschichten sowie die fehlerhafte Ausführung von Schweißnähten kann nur bei einer Fertigungsüberwachung ausreichend gesichert werden. Hierfür empfiehlt es sich, einen externen Prüfer zu beauftragen. Dieser gleicht bereits im Werk die Ausführung von Schweißnähten mit der Ausführungsplanung ab, prüft die Verbindungen und kontrolliert die Anforderungen des Betriebes. Es ist möglich, dass trotz WPQ andere Schweißzusätze, anderes Schweißpersonal, andere Schweißnahtherstellung etc. als angegeben wurde, verwendet wird. Weiterhin wird eine ausgeführte Eloxierung beim Schweißen beschädigt. Hier sollte das Augenmerk besonders auf die Ausbesserungen der Eloxierung nach dem Schweißen gelegt werden.

## 3.2 H1-Prüfung und Bauwerksprüfung

### **Unterbauten:**

Die Herstellung der Unterbauten ist analog zur Herstellung von Unterbauten anderer Brückenkonstruktionen. Standardmäßige Schäden bei den Unterbauten sind Ausführungsmängel bei der Herstellung von Stahlbeton, wie z.B. Betonqualität, Kiesnester, Rissbildung, Abplatzungen. Hinzu kommen Mängel beim Verguss der Auflagerbereiche, aber auch fehlende Neigungen der Bauteile zum Abtransport des Niederschlagwassers.

### **Lager:**

Gelagert werden Aluminiumbrücken herstellerabhängig auf Elastomerlagern. Aufgrund der geringen Lasten (Materialgewicht) und dem Einsatz der Alubrücken als Rad- und Fußwegebrücken reichen häufig Hochbaulager aus. Die Verwendung abweichender Lagerung ist gemäß DIN EN 1337 Teil 3-Elastomerlager zulässig, wenn der Verwendbarkeitsnachweis durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder eine europäisch technische Zulassung/Europäische technische Bewertung (ETA) unter Beachtung des DIBt erbracht wurde. Bei der Bauwerksprüfung ist dies zwingend zu beachten.

Die hier am häufigsten anzutreffenden Mängel beziehen sich zunächst auf die Lagerung selbst. So ist zu prüfen, dass die als Festlager und Loslager bestimmten Lagerflächen auch gemäß Planung ausgeführt werden, d.h. das Festlager sollte nach Montage auch ein Festlager sein, analog gilt dies auch für die Loslager. Die kraftschlüssige Verbindung sollte grundsätzlich überprüft werden. Weiterhin ist bei der Fertigung von hoher Priorität, dass der Bezug zwischen Ober- und Unterbau planerisch dargestellt wird. Abweichungen, die aufgrund ungenauer Ausführung erfolgen, führen zu Problemen bei der Lagerung, die sich z.B. dahingehend zeigen, dass die Lagerplatte nicht vollständig aufliegt. Damit verbunden ist die exzentrische Belastung der Lagerfläche und der ungleichmäßige Verschleiß des Elastomerlagers. Auch ein Durchbiegen der Lagerplatte kann bei fehlerhafter Montage möglich sein. Häufig kommt es auch vor, dass bei der Montage in der Örtlichkeit die für die Aufnahme der Brücke vorgesehenen Lagerbereiche weiter aufgestemmt werden müssen, damit die Brücke überhaupt passgenau aufgesetzt werden kann.

Die Schweißnähte im Bereich der Lagerflächen müssen gemäß der Werksplanung ausgeführt werden. Es ist jedoch möglich, dass Schweißnähte nicht vollständig so ausgeführt werden, wie die Planung dies vorsieht. Ursächlich ist hierfür die Anordnung der Schweißnähte. Die Erfahrung hat hier bei der Werkskontrolle gezeigt, dass die Zuwegbarkeit einzelner Schweißnähte aufgrund der Anordnung der Bauteile nicht immer in Gänze möglich ist. Das konstruktive Problem wurde bisher bei keinem Hersteller behoben. Nicht gemäß Planung und bestätigter Prüfstatik ausgeführte Schweißnähte im Bereich der Lagerung sollten zwingend nach Abschluss der Fertigung statisch nachgewiesen werden.

### **Überbau:**

Die hier auftretenden Mängel haben häufig das Ergebnis, dass die Korrosionsbeständigkeit nicht in Gänze gegeben ist. Bei eloxierten Aluminiumbrücken führt der Transport und die Montage dazu, dass die Eloxierung beschädigt wird. Ist die Beschädigung nur oberflächlich, bildet der Werkstoff aufgrund seiner Materialeigenschaften schnell eine schützende Oxidschicht, die immer noch eine große Korrosionsbeständigkeit besitzt. Bei tiefergehenden Schäden, die auch Materialverluste zur Folge haben, sollte zwingend eine Nachbearbeitung stattfinden und bei nachfolgenden Prüfungen ein besonderes Augenmerk auf die Stellen gelegt werden.

## Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals

---

Nicht passgenaue Bauteile oder Temperaturverschiebungen führen zu Spalten und damit verbundener Spaltkorrosion. Auch hier sollte genau beobachtet werden, ob Korrosionsanzeichen auftreten, wie auch bei Materialübergängen. Diese sind ebenfalls durch Kontaktkorrosion anfällig. Die Kontrolle der Materialien ist nicht zu vernachlässigen. Kontaktkorrosion kann vermieden werden, wenn geeignete Kontaktpartner (verzinkte Stahlteile mit einer ausreichend dicken Zinkschicht mind. 50 µm) eingesetzt werden. Die Hersteller unterbinden den Ionenaustausch auch häufig mittels Klebemitteln, die als Trennung vor Montage der Schrauben zusätzlich zu Zinkscheiben eingesetzt werden.

Alle Schraubverbindungen sollten kraftschlüssig sein. Sind diese nicht ausreichend kraftschlüssig verbunden, ist es möglich, einzelne Verbindungsmittel zu entfernen. Durch die großen Dehnwege können sich Schrauben lösen. Eine Schraubensicherung kann diesem oder auch dem Diebstahl von Schrauben Abhilfe schaffen.

### **Belag:**

Es können unterschiedliche Materialien verwendet werden (Holz, GFK, Epoxidharze). Beim Einsatz von Holzbohlenverplankung bekommt der Feuchtetransport sowie die direkte Ableitung von Niederschlagswasser eine hohe Bedeutung. Hier sind ähnliche Probleme wie beim Holzbrückenbau zu erwarten. Der direkte Kontakt zwischen Aluminium und Holz sollte unterbunden sein, sowie eine Ableitung des Niederschlagswassers in Gänze möglich sein.

GFK zeigt in Verbindung mit Aluminium keinen Einfluss auf die Korrosionsbeständigkeit.

Blanke Aluminiumplanken dagegen haben das Problem, dass bei Lage in dauerverschatteten Gebieten bei mangelhafter Reinigung eine erhöhte Rutschgefahr auftritt, da sich auch auf den Aluminiumplanken Grünspan absetzt. Die Rutschproblematik ist bei GFK- und Holzplanken ebenfalls zu beachten.

Der am häufigsten verwendete Belag wird mittels Epoxidharzen mit unterschiedlicher Körnung in der Laufschrift hergestellt. Dieser Belag ist rutschfest und unterhaltungsarm und kann die auftretenden Dehnungen aufgrund der Temperaturveränderungen gut aufnehmen. Im Bereich der Nut- und Federverbindungen ist eine zusätzliche, vollflächige Verschweißung zu empfehlen und bei großen Dehnwegen ist auch der Einsatz von rissüberbrückenden Geotextilien, die in den Belag eingearbeitet werden, sinnvoll. Bei großen Spannweiten kommt es verstärkt zu Rissbildungen, die aber beim Einsatz von Geotextilien und ausreichender Verschweißung fast vollständig ausgeschlossen werden können. Die Epoxidharzbeläge sind frost- und tausalzbeständig. Trotzdem empfiehlt es sich auf den Einsatz von Taumitteln zu verzichten, da Spritzwasser an die Konstruktion gelangen kann.

### **Geländer:**

Aus optischen Gründen bieten die Hersteller auch Geländer mit Holzfüllstäben, Lochblechen oder Stahlseilen an. Neben den optischen Unterschieden entstehen hier auch abweichende Schadensbilder. Lochbleche werden z. B. häufig als Kunstunterlage verwendet, d.h. eine Anti-Graffiti-Beschichtung sollte zum Einsatz kommen. Ebenso ist die Befestigung der Bleche zu prüfen.

Beim Einsatz von Holz ist ein erhöhter Unterhaltungsaufwand zu erwarten. Die Holzgeländer werden mit einem Ober- und Untergurt aus Aluminium gefertigt. Die Füllstäbe werden dann in die Konstruktion eingeklemmt und verschraubt. Die Übergangsbereiche sind gründlich zu prüfen, da zu erwarten ist, dass Holzfäule oder Korrosion an den Kontaktstellen auftreten.

Stahlseilkonstruktionen wirken leicht und filigran. Die geführte Seilkonstruktion sollte unbedingt ziemlich starr und auf Spannung gezogen sein, da ansonsten die Seile auseinandergezogen werden und die Vorgaben zur Verkehrssicherheit nicht eingehalten werden können.

### **Sonstiges:**

Schweißnähte sind während und nach der Fertigung zu prüfen. Für die Bauwerksprüfung ist zu empfehlen, dass bei erkennbaren Mängeln oder Rissen in den Schweißnähten ausreichende Prüfungen (möglichst zerstörungsarm) durch qualifiziertes Fachpersonal erfolgen. Selbiges gilt für das Auftreten von Korrosion an den Bauteilen.

Durch die Herstellung der Hohlprofile besitzt das Brückenbauwerk viele konstruktive Spalte, durch die Regen oder Kondenswasser abfließen kann. Häufig werden keine weiteren Entwässerungsöffnungen vorgesehen, die jedoch dringend zu empfehlen sind.

Übergangskonstruktionen, Leitungen, sowie fehlende Abdeckungen an Bauteilen nehmen zwar keinen Einfluss auf die Standsicherheit des Bauwerks, spielen aber in Hinsicht auf die Dauerhaftigkeit und Verkehrssicherheit eine große Rolle. Die entsprechenden Kennzeichnungen wie z.B. CE-Kennzeichen oder Lagertypenschild werden häufig nicht angebracht.

### **4. Ausblick**

Entwurf, Berechnung und Ausführung von Aluminiumkonstruktionen erfordern spezialisiertes Fachwissen.

In geschweißten Aluminiumkonstruktionen können Bereiche mit reduzierter Festigkeit auftreten. Eine einfache Übertragung von Kenntnissen aus dem Stahlbau führt nicht zur optimalen Nutzung des Werkstoffes Aluminium.

Aluminiumbrücken sind eine Alternative zu den bisherigen Werkstoffen für Fußgängerbrücken, wenn eine gewissenhafte Planung und gut kontrollierte Ausführung erfolgt.

Aluminiumbrücken, die diese Anforderungen erfüllen, scheinen auch zukünftig unterhaltungsarm und dauerhaft zu sein.

Die Auswirkungen der unterschiedlichen Konstruktionsfehler auf die Dauerhaftigkeit, auch des Korrosionsschutzes, werden erst in den nächsten Jahrzehnten sichtbar werden, weshalb eine gewissenhafte Bauwerksprüfung der Aluminiumbrücken zur Erkennung von Schweiß-, Unterhaltungs- und Korrosionsproblemen in Zukunft eine größere Rolle spielen wird.

### **Literaturverzeichnis**

- /1/ F. Ostermann: Anwendungstechnik Aluminium, Seminarunterlagen, 2007
- /2/ Prof. Dr.-Ing. M. Schwesig, Dr.-Ing. P. Nölle: Aluminium im konstruktiven Ingenieurbau, Seminarunterlagen, 2013
- /3/ ZTV-ING, Teil 1-10, 2008:1
- /4/ DIN EN 1090-1:2012-2
- /5/ DIN EN 1090-3:2008-09
- /6/ [www.chemie.de/lexikon/Aluminium.html](http://www.chemie.de/lexikon/Aluminium.html)
- /7/ Technische Betriebe Solingen, Fotos

### **Pilotprojekt Bildgebende Unterwasser-Strukturprüfung (Multibeam) an drei Hamburger Bauwerken**

Dipl.-Ing. Christiane Thiel  
Freie und Hansestadt Hamburg  
Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer

Andreas Plank  
bayernhafen

#### **Einleitung**

Gemäß DIN 1076 müssen alle 6 Jahre im Zuge einer Hauptprüfung alle Bauteile handnah geprüft werden (auch die schwerzugänglichen Teile). Prüfungen an Unterwasserbauteilen waren bislang mit großen Schwierigkeiten bzgl. Durchführung der Prüfung und Verwertbarkeit der Ergebnisse sowie hohen Kosten verbunden. Da Hamburg über sehr viele Brückenbauwerke über Wasser verfügt, wurde an drei Hamburger Brückenbauwerken ein neues kostensparendes Verfahren getestet, bei dem die Strukturen mittels Multibeam Sonar detailgenau erfasst und anschließend in einem 3D-Modell abgebildet werden. Die anschließende Dokumentation erfolgt in BIM sowie in SIB-BW.

#### **1. Problemstellung - Schwierigkeiten bei Betauchung von Unterwasserbauteilen**



- schlechte Sicht durch trübes Wasser
- meist nur durch Abtasten durchführbar
- witterungsabhängig
- hohe Fließgeschwindigkeiten erschweren das Abtasten
- spezielle Sicherungsmaßnahmen notwendig
- mehrere Schiffe zur Absicherung erforderlich
- zusätzliches Anbringen von Schiffshaltern an den Pfeilern der Bauwerke
- vorgesetzte Spundwände setzen, um Fließgeschwindigkeiten zu reduzieren (sehr kostenintensiv)
- ggf. Schifffahrtsstraße sperren

## Schwierigkeiten bei der tideabhängigen Betauchung:

- Kenterzeit zwischen Ebbe und Flut, geringes Zeitfenster: - max. 30 Minuten
- Kein Vorspunden möglich, da sich mit dem Tidenhub der Elbe (5h auflaufend und 7h ablaufend) die Fließrichtung in Mündungsnähe umkehrt
- Tägliche Verschiebung des Zeitfensters durch die Tide um ca. eine Stunde - dadurch dauert der Einsatz mehrere Monate

## 2. Auswahl der Brückenbauwerke

Aufgrund der zuvor beschriebenen Schwierigkeiten wurden drei repräsentative Bauwerke ausgewählt, um eine bildgebende Strukturprüfung auf Basis von Multibeam-Sonar zu testen.



### Neue Elbbrücke (Baujahr 1960):

Bogenbrücke mit abgehängter Fahrbahn - Stahlbrücke – Fläche 3.504 m<sup>2</sup>

Grund: repräsentatives Bauwerk für Hamburg

Besonderheiten: Elbgebiet, tideabhängig und starke Strömung vorhanden



### Norderelbbrücke (Baujahr 1963):

Schrägseilbrücke – Stahlbrücke mit orthotrope Platte – Fläche 12.502 m<sup>2</sup>

Grund: Entscheidungsfindung Neubau/ Instandsetzung

Besonderheiten: Elbgebiet, tideabhängig und starke Strömung vorhanden



### Wandrahmsfleetbrücke (Baujahr 1900):

Bogenbrücke mit abgehängter Fahrbahn - Stahlbrücke – Fläche 235 m<sup>2</sup>

Grund: Widerlager neigen sich zur Wasserseite

Besonderheiten: Elbgebiet, tideabhängig, Strömung und Schlickbildung vorhanden

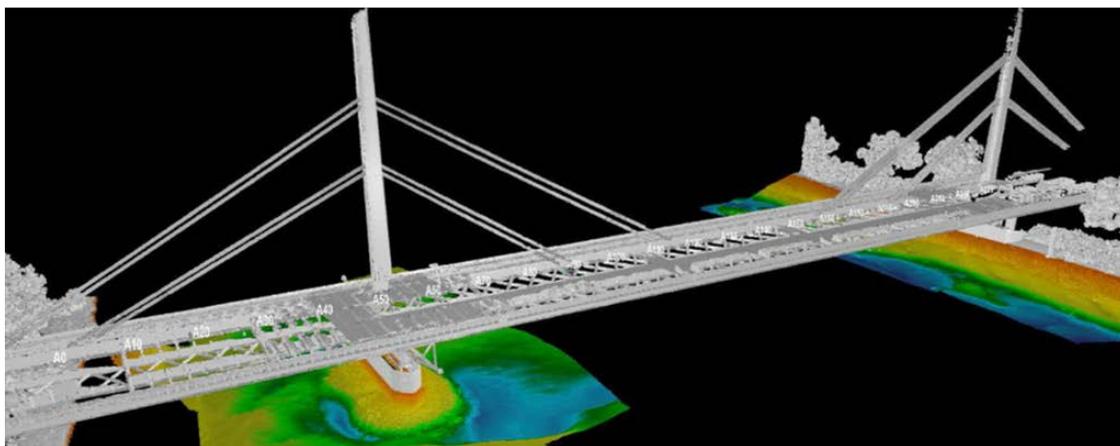
## 3. Verfahrensbeschreibung Multibeam

Ein mobiles Sonar, das am Untersuchungsboot befestigt ist, erfasst in Vorbeifahrt die Bauteile unter Wasser. Dabei werden Millionen von Datenpunkten erzeugt. Auch alle Teile über Wasser werden mittels Laser Scan vermessen. Die Punktwolke wird später nachbearbeitet, um Störsignale herauszufiltern. Danach werden die Daten in ein cloud-basiertes 3D-Programm eingespielt, mit dem direkt gearbeitet werden kann (z.B. Zoomen, Drehen, Koordinaten ausgeben, Abstände messen, Querprofile erzeugen, Screenshots erzeugen).



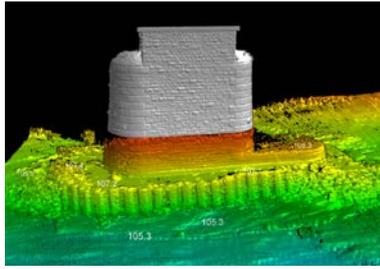
Untersuchungsboot mit Multibeam und Laser Scan, Besatzung, Klappmechanik

Das Verfahren ist materialunabhängig. Es dient zur Schadenserfassung an Beton-, Stein-, Stahl- und Holzbauteilen sowie zur Erfassung von Veränderungen an Gründungen, Widerlagern und Pfeilern. Es kann eine vollumfassende Darstellung des Bauwerks in 3D erzeugt werden mit allen Schäden, die die Bauwerke aufweisen.

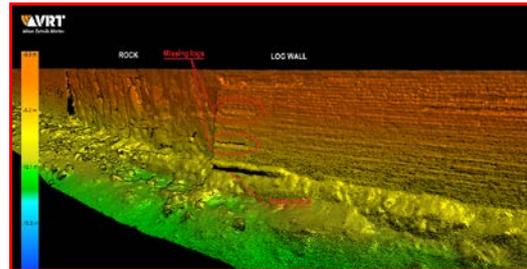


3D-Modell der Norderelbbrücke in Hamburg

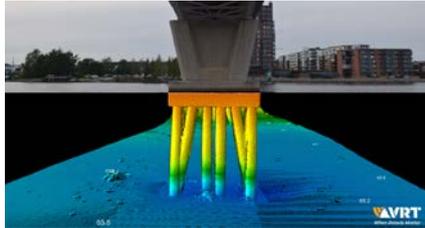
- Erfassung von Strukturschäden am Bauwerk, dazu gehören:
  - Materialausbrüche und Fehlstellen (Hohlräume) im Bauteil
  - Risse im Bauwerk (> 5 cm)
  - Biegungen von Stahl
  - Schadhafte Pfahlgründungen
  - Versätze
- Erkennen von Unterspülungen
  - Deformierungen / Verformungen / Verdrehungen
  - Steinbewegungen
  - Auskolkung und Erosionen
  - Flutschäden



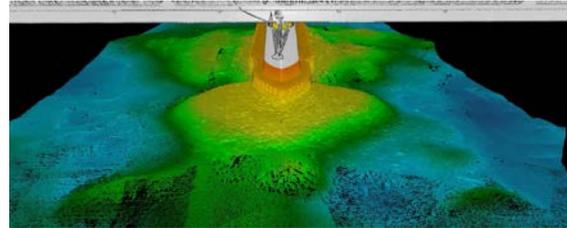
Widerlager mit vorgelagerter Spundwand



Schadhafte Uferbefestigung (Holz) und Unterspülung



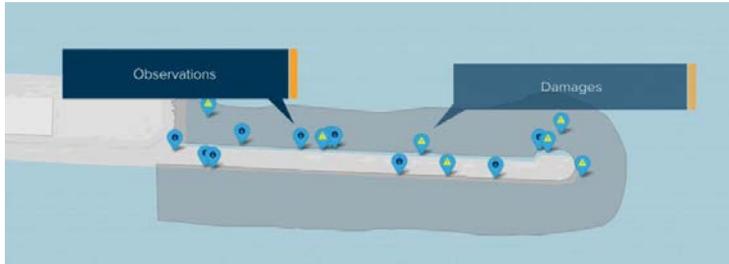
Darstellung einer Pfahlgründung



Auskolkung am Brückenbauwerk

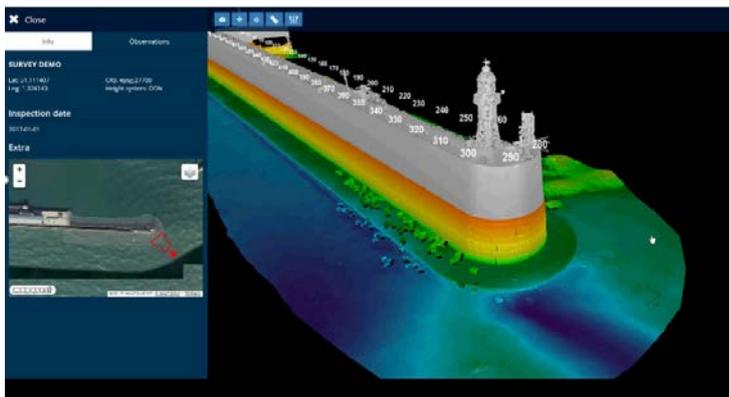
## 4. Erfassung der Ergebnisse im BIM (Building Information Modeling)

Über das Internet kann sich mit den individuellen Zugangsdaten in das BIM eingeloggt werden. Auf der Übersichtskarte werden alle Beobachtungen und Schäden dokumentiert und können jederzeit im 3D-Modell dargestellt und betrachtet werden.



Das BIM bietet folgende Funktionen:

- Anzeige aller Beobachtungen und Schäden
- Drehen des 3D-Modells
- Verschieben
- Zoomen
- Ausgabe von Punktkoordinaten
- Messen von Abständen
- Erzeugen von Querprofilen
- Erzeugen von Screenshots

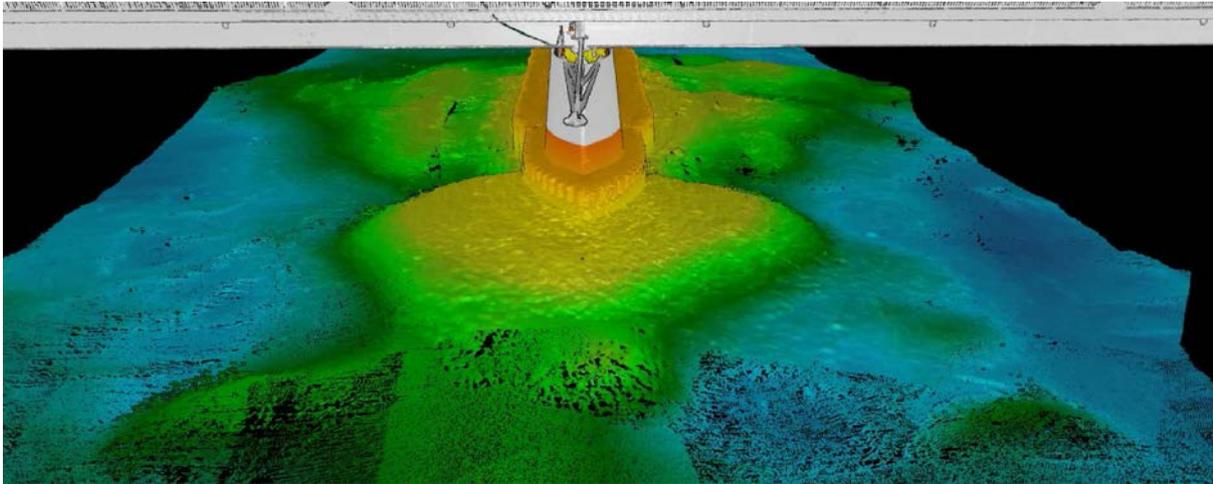


## 5. Erfassung in SIB-BW

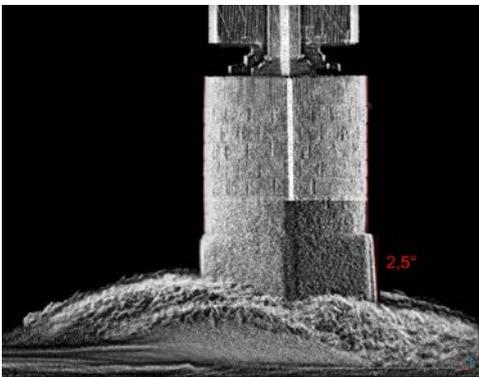
Die Ergebnisse bzw. die vorgefundenen Schäden am Bauwerk mittels Multibeam können in die SIB-Bauwerke-Datenbank im Prüfbericht aufgenommen und bewertet werden.

### Neue Elbbrücke (Auszug aus dem Prüfbericht)

Schaden [85]: Durchflussquerschnitt, Bereichsweise, Wasserausolkung/-ausspülung, Volumen: 30,00 m<sup>3</sup> beidseitig, Unten, Anschluss zu TBW 2 (östlicher Überbau) Gewässersohle im Bereich der Pfeiler 1 ausgeprägte Ausspülung bis 2m Tiefe, S-V-D 0-0-2



### Norderelbbrücke (Auszug aus dem Prüfbericht)



Schaden[352]: Pfeilerfuß, Pfeiler als Vollquerschnitt, Beton, Gesamtes Bauteil, Nicht im Lot, 3-ter Pfeiler/Stütze, näheres siehe Prüfbericht VRT Finnland Seite 5  
**S-V-D 1-0-2**

Maßnahmeempfehlung: Im Ergebnis der Untersuchungen an diesem Bauwerk konnte, mittels Auswertung des Berichtes von VRT Finnland, eine unplanmäßige Schiefstellung des Pfeilerfußes an Pfeiler 3 festgestellt werden.

Es wird vermutet, dass diese Schiefstellung bereits bauteilzeitlich entstanden ist und daher keine Auswirkungen auf die Standsicherheit des Bauwerks hat.

Um sicher zu gehen, dass diese Schiefstellung nicht aus Ereignissen der jüngeren Vergangenheit resultieren, sollten über einen entsprechenden Zeitraum vermessungstechnische Untersuchungen (nach 6 Jahren z.B. Multibeam) durchgeführt werden.

## 6. Einschätzung

Nachfolgende Tabelle stellt die Vor- und Nachteile von Multibeam und Tauchereinsatz gegenüber.

Tauchereinsatz	Multibeam
<p>Nachteile</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schäden werden durch schlechte Sicht nicht erkannt, Schäden können nur ertastet werden, Lokal subjektiver Eindruck</li> <li>• witterungsabhängig (Windstärken, Nebel, etc.)</li> <li>• Spundwände müssen ggf. zur Reduzierung der Strömung eingesetzt werden</li> <li>• Schiffe für Sicherungsmaßnahmen oder Pontons für den Tauchvorgang notwendig (umfangreiches Equipment erforderlich)</li> <li>• ggf. Sperrung der Schifffahrtsstraße</li> <li>• ggf. zusätzliche Ankerelemente für Schiff- und Taucheinsätze an den Pfeilern des Bauwerks notwendig (sehr kostspielig)</li> <li>• wasserrechtliche und schifffahrtspolizeiliche Genehmigungen notwendig</li> </ul> <p><u>In Tideflüssen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kein Vorspunden möglich durch Änderung der Fließrichtung</li> <li>• Taucher hat pro Einsatz nur 30 Minuten Zeit für Prüfung - Dauer der Prüfung zieht sich über mehrere Monate</li> </ul>	<p>Nachteile</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• keine handnahe Prüfung nach DIN 1076</li> <li>• keine Probenentnahme möglich</li> <li>• Technologie bedingte Oberflächen-glättung des Bauteils in der Darstellung (deshalb Risse und Ausbrüche ca. ab 5 - 10 cm erst sichtbar)</li> </ul>

*Fortsetzung auf der nächsten Seite*

Fortsetzung:

Tauchereinsatz	Multibeam
<p>Vorteile</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• direkte Probenentnahme möglich</li> <li>• die Dimensionen der Schäden sind ertastbar bzw. teilweise auch erkennbar (Verwurzelungen, Moosbildung, Ausbrüche, Ausspülungen etc.)</li> <li>• genaue Rissbreiten feststellbar auch bei kleineren Rissen (nur bei guten Sichtverhältnissen)</li> <li>• handnahe Prüfung nach DIN 1076</li> </ul>	<p>Vorteile</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• flexibel einsetzbar, tideunabhängig</li> <li>• bis Windstärke 4 Prüfung möglich</li> <li>• Langzeitüberwachung von Bauwerken möglich, periodische Beobachtungen zeigen frühzeitig Veränderungen</li> <li>• komplexe Gesamtdarstellung der Unterwasserbauten auf einen Blick</li> <li>• die Dimensionen der Unterwasserstrukturen der Bauteile und deren Schädigungen sind erkennbar und messbar (Auskolkungen, Ausbrüche, Rohrleitungen, Öffnungen, Fehlstellen und große Risse in Länge, Breite und Tiefe sowie Bauteilneigungen)</li> <li>• kurze Inspektionsdauer ca. 2 Brücken an einem Tag</li> <li>• unkompliziertes Verfahren (ein Boot mit Equipment steuert Prüfung)</li> <li>• keine wasserrechtliche und schiffahrtspolizeiliche Genehmigung notwendig (in Hamburg)</li> </ul>

Durch den geringen Aufwand des Multibeam-Verfahrens sowie durch Zeit- und Kostenersparnisse stellt das Verfahren eine sehr gute Alternative gegenüber des Betauchens (handnahe Prüfung nach DIN 1076) der Unterwasserbauten der Bauwerksprüfung dar. Durch das Scannen der Bauteile alle 6 Jahre zur Hauptprüfung können hier Langzeiterfassungen durchgeführt werden, um Veränderungen am Bauwerk zu beobachten (z.B. Bauwerksneigung).

Die Freie Hansestadt Hamburg empfiehlt, analog zur Kamerabefahrung von Schrägseilbrücken, ein Prüfhandbuch für dieses Verfahren am Bauwerk zu erstellen.



## Zitat aus der RI-EBW-PRÜF:

Das Prüfhandbuch beschreibt in einer Prüfmatrix die erforderlichen zerstörungsfreien/zerstörungsarmen Maßnahmen und den notwendigen Geräteeinsatz für die Bauwerksprüfung in Verbindung mit allgemeinen Hinweisen, Anforderungen, Regelungen und Vorgaben für Bauwerke und Bauteile.

Es dokumentiert somit als ergänzendes Hilfsmittel zur DIN 1076 Art und Umfang der notwendigen regelmäßigen Prüfungen und Messungen.

## Norderelbbrücke Br.Nr. 553

Anlage x zum Prüfhandbuch: Prüfmatrix für die Unterwasserbauteile der...									
Lfd. Nr.	Personal	Prüfungskategorie/ Prüfungszeitraum			Lfd. Beobacht./ Besichtig.	Einfache Prüfung 3 Jahre	Hauptprüfung (HP) 6 Jahre	Erweiterte HP einmal n. 24 Jahren	Fachspezifi. OSA
		Prüfverfahren	Prüfmittel	Zugangstechnik					
1	B	Handnahe Prüfung/ alternativ Sonar-Scan Multibeam	Sonarinspektion	Boot mit Sonareinrichtung (Multibeam)			Alle Unterwasserbauteile	Alle Unterwasserbauteile	✓

## 7. Einschätzung der BAST

(Auszug aus dem Vortrag von Roder/Holst im Rahmen der KoA-Erhaltung im Oktober 2017):

- Mit Hilfe von Sonar kann ein wesentlicher Anteil der auftretenden Schäden erkannt und erfasst werden (ca. 82 %), davon standsicherheitsrelevante Schäden wie Unterspülung/Auskolkung, Verformung.
- Risse bzw. gerissene Bauteile unter einer bestimmten Größe (5-10 cm Ausdehnung) können damit nicht erkannt werden.
- Allerdings bestehen auch für Ingenieurtaucher Grenzen und Einschränkungen (Trübung, Strömung, Tide, Tauchzeit).
- Sonar zur Voruntersuchung einsetzbar in Anlehnung an Regelung für Seilbefahrung/Tunnelscanner (RI-EBW-PRÜF).
- Bei Verdacht „handnahe“ Nachuntersuchung (Taucher).
- Wasserwechselzonen bei Niedrigwasser prüfen (Korrosion).

## **Dauerüberwachung der Thalaubachtalbrücke mittels Schallemissionsanalyse-Verfahren**

M.-Eng., Sebastian Krahle  
Hessen Mobil Straßen und Verkehrsmanagement

### **Kurzfassung**

#### **1. Einleitung**

Die Thalaubachtalbrücke im Zuge der BAB A7 südlich von Fulda ist eines von 49 Bauwerken, welche in Hessen derzeit unter besonderer Beobachtung der Bauwerksprüfung stehen.

Das Bauwerk wurde bereits im Jahr 2011 hinsichtlich seiner Zukunftsfähigkeit statisch nachgerechnet. Im Zuge dieser Nachrechnung traten erhebliche Defizite in der lokalen, aber auch in der globalen Tragfähigkeit zu tage. Insbesondere setzen temperaturbedingte Spannungen die Tragfähigkeit der sprödbrechgefährdeten orthotropen Fahrbahnplatte herab.

Um eine kontinuierliche Überwachung der am meisten beanspruchten Bereiche am Überbau zu gewährleisten, wurde ein Dauermonitoring mittels Schallemissionsanalyse-Verfahren installiert.

#### **2. Das Bauwerk**

Die Thalaubachtalbrücke, welche im Jahre 1968 dem Verkehr übergeben wurde, überspannt das Thalaubachtal im Zuge der BAB A7 ca. 15 km südlich von Fulda bei Döllbach. Die Konstruktion besteht aus je einem 312 m langen reinen Stahlüberbau pro Richtungsfahrbahn mit 7 Feldern und Stützweiten zwischen 32 und 54 m.

Maßgeblich haben die geologischen Verhältnisse und ein damals geplanter Stausee, der die Pfeiler bis zu einer Höhe von ca. 10 m umspült hätte, die Konstruktion bestimmt.

Aufgrund dieser Gegebenheiten wurde ein biegeweiches Stahl-Durchlaufträgersystem gewählt. Diese Anforderung an die Konstruktion führte dazu, dass die Überbauten im Querschnitt aus drei Vollwandträgern bestehen, die zusammen mit Querträgern einen Trägerrost bilden. Aus fertigungstechnischen Gründen wurden die Bleche der Fahrbahntafel und die v-förmigen Aussteifungs-Hohlrippen (V-Steifen) nicht in Brückenlängsrichtung, sondern quer dazu angeordnet. Die V-Steifen leiten die Kräfte nicht direkt in die Hauptträger ab, sondern über Zwischenbleche – sog. Schottbleche –, die an die V-Steifen und die Obergurtflansche der Hauptträger angeschweißt wurden.

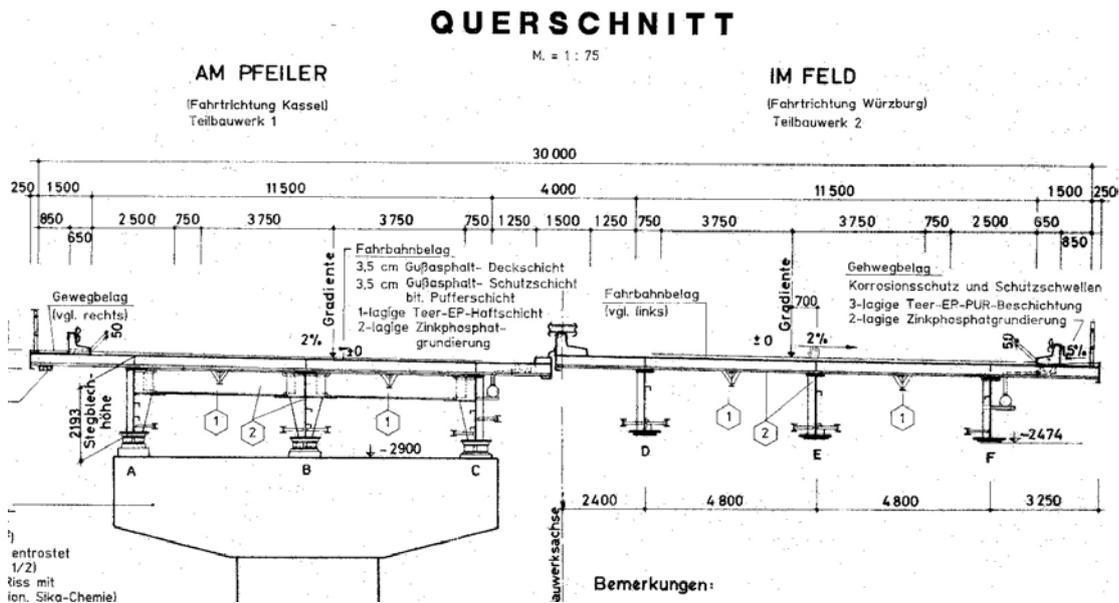
Da die Fahrbahnplatte durch die Verbindung über die Schottbleche gleichzeitig den statisch angesetzten Obergurt des Hauptträgers bildet, ist diese maßgeblicher Teil des Haupttragssystems.



**Bild 1** Seitenansicht der Thalaubachtalbrücke



**Bild 2** Ansicht Schottblech / V-Steife



**Bild 3** Querschnitt der Thalaubachtalbrücke

### 3. Defizite aus der Nachrechnung

Im Zuge der Nachrechnung wurden u.a. Defizite bei den Schweißnahtverbindungen des Fahrbahnplatten-Deckbleches mit den Obergurtflanschen der Hauptträger offensichtlich. Die Schweißnähte, welche die Verbindung zwischen Hauptträger-Obergurt und Schottblechen sowie Schottblechen und Fahrbahnplatten-Deckblech sicherstellen, wurden zu gering dimensioniert, da das Versatzmoment aus der Schubkraft zwischen Deckblech der Fahrbahnplatte und Hauptträger-Obergurt rechnerisch nicht berücksichtigt wurde. Im Bereich der maximalen Schnittgrößen (Pfeilerbereiche) beim Ansatz von Lasten der Brückenklasse 60 treten Spannungsüberschreitungen bis zum 1,4-fachen des zul. Wertes auf. Da es keine Möglichkeit der Kräfteumlagerung gibt und die Last beim Versagen einer Schweißnaht die dahinterliegende nächste Schweißnaht zusätzlich belastet, besteht die Gefahr eines Versagens ähnlich dem Prinzip eines sich öffnenden Reißverschlusses.

Die Ermüdungsproblematik wurde einer besonderen Betrachtung unterzogen: Nach Nachrechnungsrichtlinie 13.10.1 (2) darf ein Nachweis der Restnutzungsdauer auch auf Grundlage bruchmechanischer Untersuchungen erfolgen.

Alternativ darf nach Nachrechnungsrichtlinie 13.10.3 (4) auf den Nachweis der Ermüdung verzichtet werden, wenn die vorläufig eingeschränkte Nutzungsdauer auf maximal 12 Jahre festgelegt wird. Hierzu ist u.a. der Überbau soweit zu verstärken, dass alle Bauteile ausreichende Tragsicherheiten aufweisen. Weiter dürften bisher keine Ermüdungsschäden festgestellt worden sein. Da letzteres jedoch nicht zutrifft – es wurden bereits bei den Prüfungen nach DIN 1076 Ermüdungsschäden festgestellt – wären zusätzliche Kompensationsmaßnahmen zur rechtzeitigen Erkennung der Entwicklung bzw. Entstehung von Ermüdungsschäden notwendig.

Eine Instandsetzung der Konstruktion im Hinblick auf einen Austausch oder eine Ertüchtigung der mit unzureichenden Ermüdungswiderständen ausgestatteten Bauteile zur dauerhaften Behebung der konstruktiv bedingten Ursachen der Ermüdungsschäden ist technisch nicht durchführbar.

## Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals

---

Es wurde daher zunächst zur zeitlich begrenzten Beherrschung der fortbestehenden Ermüdungsproblematik folgende Vorgehensweise gewählt:

Zunächst erfolgt die Instandsetzung der Ermüdungsrisse und als zusätzliche Kompensationsmaßnahme Durchführung von Sonderprüfungen im Abstand von 3 Monaten mit besonderem Augenmerk auf neue Ermüdungsrisse, Rissbildungen in bereits instandgesetzten Bereichen und eventuelles Risswachstum.

Schäden sind sofort zu beheben; ggfs. ist kontinuierliches Nachschweißen erforderlich.

Unter diesen Rahmenbedingungen konnte der Ansatz einer reduzierten Restlebensdauer von 6 bis 8 Jahren als noch vertretbar erachtet werden.

Da die beschriebene Vorgehensweise in der Nachrechnungsrichtlinie nicht explizit vorgesehen ist, wurden die von Gutachterseite empfohlenen weiteren Untersuchungen an den Schweißnähten durch Hessen Mobil beauftragt: Für den Anschluss der Schottbleche an die Hauptträger der Talbrücke Thalaubach wurden bruchmechanische Untersuchungen im Hinblick auf eine mögliche Sprödbruchgefährdung und einen Ermüdungsrissfortschritt der Schweißnähte durchgeführt.

Das Ergebnis der bruchmechanischen Berechnungen hatte weitere kompensierende Überwachungsmaßnahmen zur Folge, da mit sinkenden Temperaturen in der kalten Jahreszeit mit erhöhter Sprödbruchgefahr der Schweißnähte an den Schottblechen gerechnet werden muss.

Dies erforderte die Verdichtung der regelmäßigen Sonderprüfintervalle im Winterhalbjahr ab einer Temperatur von 5° C bis 0°C von bisher drei Monaten auf einen Monat, bei Temperaturen von unter 0° C bis -5°C auf zwei Wochen und unter -5° C auf ein wöchentliches Intervall.

#### **4. Monitoring Schallemissionsanalyse**

Eine Überprüfung der Schweißnähte ist in den engen Intervallen zeitlich und personell nicht leistbar, aufgrund dessen wurde die Installation eines dauerhaften Monitorings des gesamten Tragwerks geprüft. Die sog. Schallemissionsprüfung konnte nach ausgiebiger Recherche als ein geeignetes Messverfahren für diese Anwendung ausfindig gemacht werden.

Da dieses Messverfahren jedoch in Deutschland bislang nicht an (Brücken-) Bauwerken durchgeführt wurde, sondern hauptsächlich als Prüfverfahren im Behälterbau eingesetzt wird, erfolgte im Vorfeld zu einem Dauermonitoring eine 10-tägige Testmessung an ausgesuchten Schottblechen. Aufgrund der positiven Erfahrungen aus dieser Testmessung entschied sich Hessen Mobil, ein Dauermonitoring mithilfe der Schallemissionsprüfung an der Thalaubachtalbrücke durchzuführen. Die Schallemissionsprüfung (englisch: **A**coustic **E**missions **T**esting = **AT**) wird seit Jahrzehnten weltweit in der Materialforschung und -prüfung, bei Laborprüfungen von Komponenten und Bauteilen sowie als Prüfverfahren für Risse- und Leckagedetektion sowie Korrosionserscheinungen im Bereich der Prozessindustrie, Kraftwerksbranche und im Behälterbau erfolgreich eingesetzt.

Für die Schallemissionsprüfung kommen alle Werkstoffe in Frage, die Schallemissionsquellen von genügend hoher Amplitude erzeugen, wie Metall, Keramik, Glas, Gestein, Beton, spröde Polymerwerkstoffe, Holz und Verbundwerkstoffe. Mechanismen der Schallemission sind z.B. Rissbildung, Rissfortschritt, Delamination, Rissuferreibung u.v.a.m.

## Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals

---

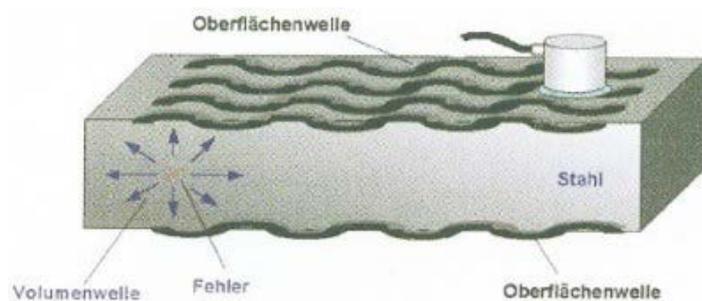
Die Zielstellung der Schallemissionsprüfung bei industriellen Anwendungen ist es, anhand der Aufzeichnung und Analyse von Schallemissionssignalen die Fertigungsqualität oder den Schadenszustand von Komponenten und Bauteilen zu charakterisieren, bruchkritische Schadenssituationen vor dem ultimativen Versagen anzuzeigen und Bereiche hoher Schallemissionsaktivität bzw. -intensität zu lokalisieren.

Die Schallemissionsprüfung wird als begleitendes Prüfverfahren u.a. bei der Abnahmeprüfung, Wiederkehrenden Prüfung sowie Lebensdauer-/Zustandsüberwachung eingesetzt.

Internationale Bedeutung hat die Schallemissionsprüfung von Druckbehältern, Tanks, Rohrleitungen, Ventilen, geologischen Endlagerstätten, Brücken und Staudämmen erlangt.

Die Schallemissionsprüfung basiert auf der Detektion dynamischer Verschiebungen im Nanometer-Bereich an der Oberfläche des Prüfobjekts, welche durch akustische Wellen (elastische Spannungswellen) bewirkt werden. Diese Wellen werden durch kurzzeitige, sehr kleine Verschiebungen erzeugt, die bei plötzlichen Spannungsänderungen in schnell ablaufenden Prozessen im Werkstoff entstehen.

Durch diese Schallwellen entsteht eine Wechseldruckanregung des Schallemission-Sensors.



**Bild 4** Messprinzip Schallemissionsprüfung

Der Wechseldruck erzeugt im aktiven Piezoelement des Schallemission-Sensors einen elektrischen Spannungsausschlag, dessen Amplitude von der frequenzabhängigen Sensorempfindlichkeit und der Stärke des Schallemissionsereignisses abhängt. Die bei der Schallemissionsprüfung ausgenutzten Wellentypen sind Volumenwellen (in geologischen Strukturen).

### Objektspezifische Maßnahmen:

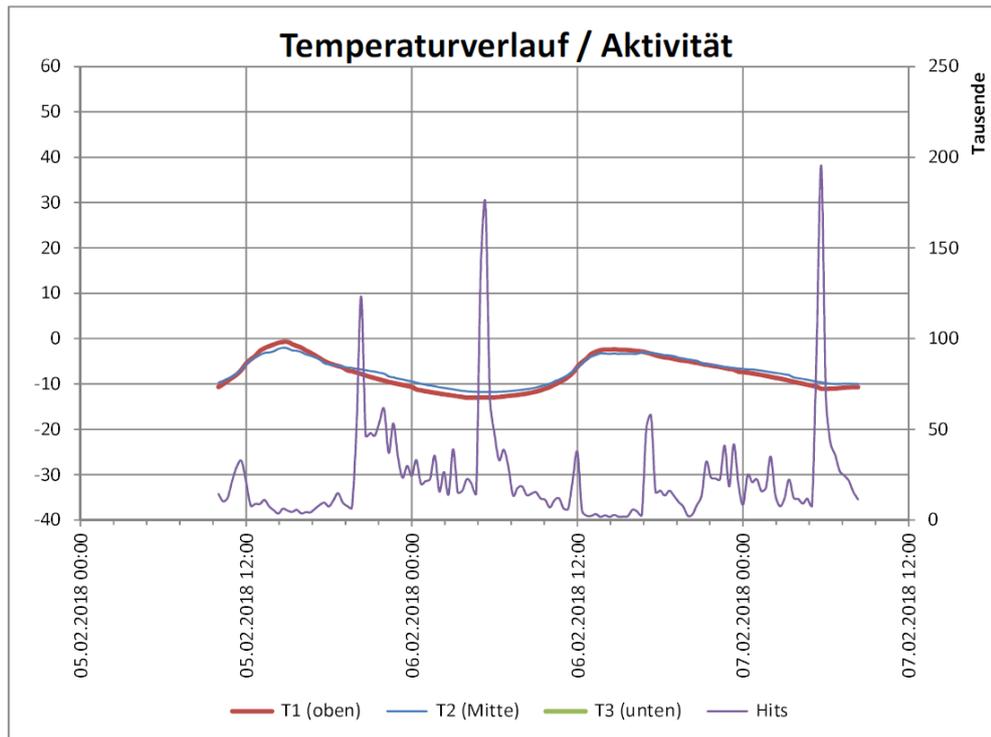
Zur permanenten Überwachung der Thalaubachtalbrücke wurde an insgesamt 51 Schottblechen Schallemission-Sensoren appliziert. An vier Stellen wurden Temperatur-Sensoren zur Erfassung der Luft- und Bauteiltemperaturen (an Fahrbahnober- und -unterseite sowie am Untergurt des Hauptträgers) installiert. In der südlichen Widerlagerkammer wurde die Zentraleinheit für die Datenerfassung und Datenfernübertragung in einem klimatisierten Schrank untergebracht. Es wurden ca. 13.600 m Steuerungskabel verlegt.



**Bild 5** Messzentrale



**Bild 6** Sensoren während der Installation



**Bild 7** Auswertung der Messungen (Korrelation zw. Temperaturverlauf / Aktivität)

### Literaturverzeichnis

- /1/ DGZfP-Fachausschuss Schallemissionsprüfverfahren  
Kompendium AT (November 2011)
- /2/ Weihermüller und Vogel GmbH  
Untersuchungen zur Klärung der Rißbildung im Fahrbahnbelag der Überbauten der Thalaubachtalbrücke (April 1987)
- /3/ Thomas und Bökamp Ingenieurgesellschaft mbH  
Machbarkeitsuntersuchung für die Brücke A7 Talbrücke Thalaubach hinsichtlich Ertüchtigung der Überbauten für Ziellastniveau LM 1 nach Nachrechnungsrichtlinie bzw. DIN – FB (November 2015)
- /4/ Feldmann + Weynand Consulting GmbH & Co. KG  
A7 - TB Thalaubach - Zwischenstand der bruchmechanischen Untersuchungen (August 2017)
- /5/ Bilfinger Noell GmbH  
Ergebnisvorstellung Schallemissionsprüfung Thalaubachtalbrücke (November 2017)

## **Unterstützung der Bauwerksprüfung bei der Stadt Köln durch Laser-Scanner-Verfahren**

Dipl.-Ing. (FH) Lukasz Ludewig  
Stadt Köln

### **Kurzfassung**

Dem Amt für Brücken, Tunnel und Stadtbahnbau der Stadt Köln obliegt die Unterhaltungspflicht sowohl der Ingenieurbauwerke des Individualverkehrs als auch der Ingenieurbauwerke des über 150 km langen ÖPNV-Stadtbahnnetzes.

Im Bauwerksbestand befinden sich derzeit

1. 20,1 km Brückenlänge bzw. 282.000 m<sup>2</sup> Brückenfläche
2. 8,4 km Ufermauern entlang des Rheins
3. 2,2 km Straßentunnel
4. 2,5 km Hochbahnbrücke
5. 35,0 km Stadtbahntunnel

Insgesamt >2.500 Bauwerke

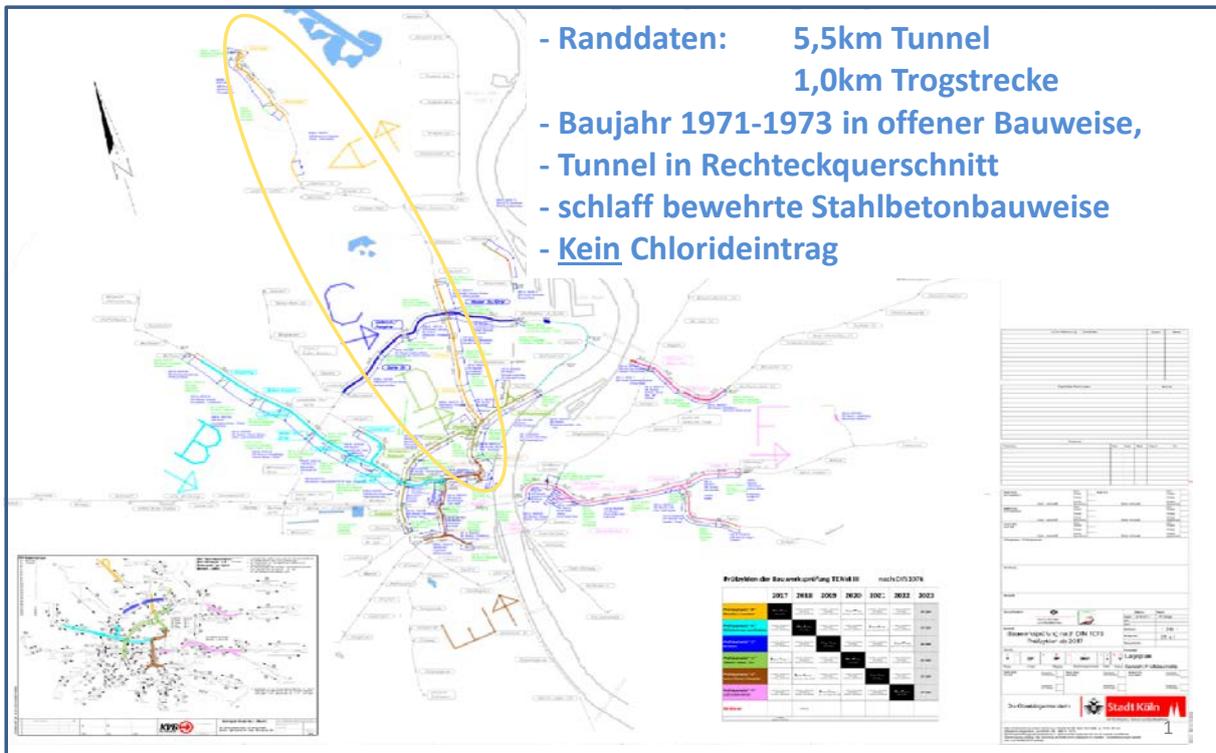
Die hoheitliche Aufgabe der Bauwerksprüfung wird zentral durch ein Sachgebiet abgedeckt. Zielsetzung des Sachgebietes ist die Erledigung der Bauwerksprüfungen und Überwachungen zu 100% in Eigenregie.

Bei der Prüfung der Stadtbahntunnel liegt die Herausforderung im Verhältnis der kurzen Sperrpausen (Mo-Fr je 135 Minuten) zur durchschnittlichen Anzahl von Befunden am Bauwerk (1,2 Befunde pro Meter Tunnellänge). Die Erfahrungen der letzten Hauptprüfungen ergaben, dass der Anspruch einer handnahen Prüfung in konventioneller Weise auch durch den „Zukauf“ von externer Manpower, bei diesen Randbedingungen, nicht zu bewerkstelligen ist.

Die Unterstützung bei der handnahen Prüfung durch das Laser-Scanner-Verfahren stellt bei den Stadtbahntunneln eine Lösungsmöglichkeit dar.

2017 wurde in einem Pilotprojekt an der Stadtbahnstrecke Ebertplatz – Chorweiler das Laser-Scanner-Verfahren eingesetzt. Die Tunnel aus den Baujahren 1971-1973 wurden in offener Tunnelbauweise mit schlaff bewehrtem Stahlbeton im Rechteckquerschnitt hergestellt. In der Summe beläuft sich die Tunnellänge auf 5,5 km und die Troglängen für Anrampungen und offene Streckenabschnitte zusätzlich auf 1,0 km.

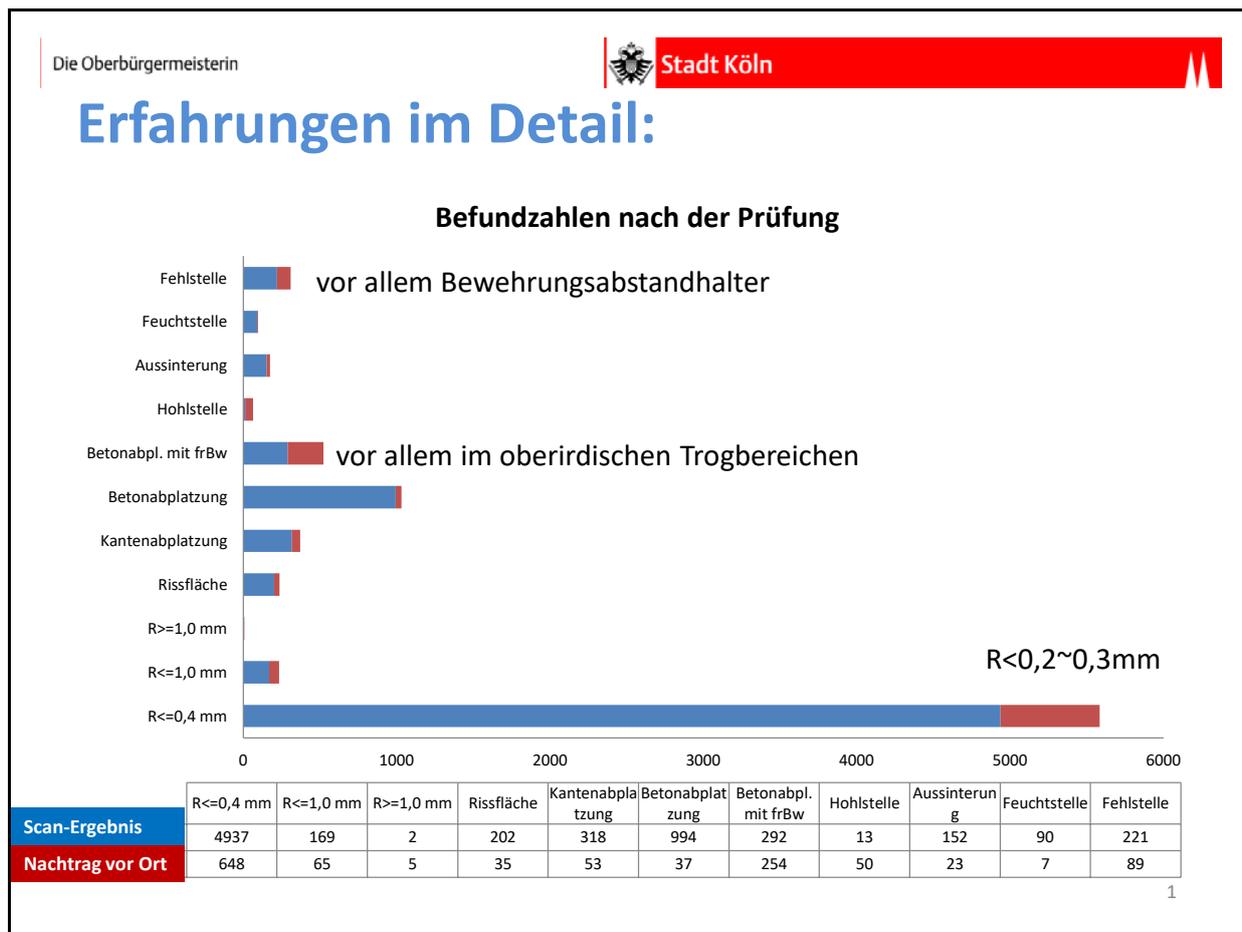
## Erprobung bei den Stadtbahntunneln am Tunnelabschnitt Ebertplatz – Chorweiler



Im Vorfeld der eigentlichen Bauwerksprüfung wurden Laserreflexionsbilder und thermografische Aufnahmen durch die Fa. Spacotec erstellt und ausgewertet. Mit dieser Grundlage wurde die Hauptprüfung nach DIN 1076 gemäß RI-EBW-PRÜF Abs. 10.5.2 durchgeführt.

Über die Anforderungen der RI-EBW-PRÜF Abs. 10.5.2 (stichprobenweise Überprüfung) hinaus, wurden auf der Pilotstrecke 65 % der Bauwerksflächen konventionell parallel handnah geprüft, um die Plausibilität bzw. Trefferquote der Scanner-Auswertung hinreichend nachzuweisen.

Die Überprüfung ergab, dass im Vergleich zur konventionellen Methode >90 % der Befunde durch das Tunnelscanning richtig detektiert wurden. Schwächen des Laserscannings zeigten sich in den oberirdischen Trogbereichen durch Bemoosung sowie Fremdlicht und bei Rissweiten kleiner 0,2-0,3mm. Eine hohe Übereinstimmungsquote mit weit über 95 % konnte im geschlossenen Tunnel ohne Witterungseinflüsse festgestellt werden.



Durch die perfekte digitale Kartierung konnte eine zusammenhängende Abwicklung des gesamten Tunnelabschnitts mit exakter Lage der Einzelbefunde unter geringem Aufwand erstellt werden (Zeichnungsgröße 30cm x 15 Meter). Dabei konnten kausale Zusammenhänge der Befunde untereinander besser eingeschätzt werden.

Für den nach der Bauwerkprüfung folgenden Prozessschritt der Instandhaltung (falls erforderlich) kann die detaillierte und maßstabsgetreue Kartierung neben dem Prüfbericht als gute Grundlage für die Planung, Massenschätzung, Leistungsverzeichnisse, Baubeschreibung und Abrechnung genutzt werden.

Bei der Pilotstrecke betrug die Kosteneinsparung gegenüber einer klassischen Hauptprüfung mehr als 25 %.

Nach den guten Erfahrungen aus dem Pilotprojekt wird das Laser-Scanner-Verfahren weiter bei der Stadt Köln eingesetzt.

Dabei sollen die Erfahrungen vertieft und die Schaffung von Standards zur Erstellung eines allgemein zugänglichen Wettbewerbs unter den Scan- und Bewertungs-Anbietern realisiert werden. Hierbei kristallisiert sich bereits jetzt schon heraus z.B. die Auswertung nur durch VFIB zertifizierte Bauwerksprüfer und die Befahrung der Tunnel ausschließlich mit Zweiwegefahrzeugen (Sicherheit für die Operateure im Tunnel; schneller Prüfablauf; Wegfall der Stromabschaltung) in der Ausschreibung zu fordern. Die Aufgabe liegt hier darin, den Wettbewerb durch die Forderung nach firmenspezifischen Highlights nicht „abzuwürgen“.

## **Neue Handbücher für eine zielgerichtete Wartung und effiziente Prüfung von Holzbrücken**

Prof. Dr.-Ing. Antje Simon  
Fachhochschule Erfurt

### **Kurzfassung**

Im Brückenbau stehen umfangreiche Richtlinien für Stahlbeton-, Spannbeton-, Stahl- und Verbundbrücken zur Verfügung. Für Brücken aus dem natürlichen Baustoff Holz gilt das nicht. Für die materialgerechte Planung, den Bau, die Unterhaltung geschützter Holzbrücken und für die Prüfung von Holzbrücken gibt es bisher keine oder nur unzureichende Vorgaben. Um den daraus resultierenden erheblichen Wettbewerbsnachteil für das Bauen von Brücken mit dem nachhaltigen Baustoff Holz zu beheben, wurde im Jahr 2016 an der Fachhochschule Erfurt das Forschungsprojekt „Protected Timber Bridges – ProTimB“ initiiert. Ziel dieses Projektes ist die Erarbeitung einheitlicher Richtlinien für den Entwurf, die Baudurchführung und die Erhaltung geschützter Holzbrücken in Anlehnung an die für die anderen Baustoffe anerkannten und eingeführten Regelwerke. Damit soll der verstärkte Einsatz des ökologischen und nachhaltigen Baustoffes Holz im Brückenbau unterstützt und forciert werden. Ein wesentliches Ergebnis des Projektes auf dem Gebiet der Erhaltung ist die Entwicklung von Musterhandbüchern für die zielgerichtete Wartung und effiziente Prüfung von Holzbrücken. Der nachfolgende Beitrag informiert über erste Projektergebnisse und stellt die neuen Musterhandbücher vor.

### **1. Einleitung**

Durch die aktuelle Nachhaltigkeitsdebatte erfährt das Bauen mit Holz eine neue öffentliche Wertschätzung. Im Hochbau zeigen sich die positiven Auswirkungen durch steigende Marktanteile. Der Anteil reiner Holzbaukonstruktionen für neu errichtete Nichtwohngebäude liegt mittlerweile im Bundesdurchschnitt bei ca. 20 %. Das herausragende ökologische Potential von Holz als Baumaterial wird zunehmend auch von den politischen Entscheidungsträgern erkannt. Das Klimaübereinkommen von Paris, die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung, der Klimaschutzplan 2050, die „Charta für Holz 2.0“ – all diese Vereinbarungen drängen auf Maßnahmen zur Steigerung nachhaltiger Holzverwendung für das Erreichen der Klimaschutzziele. Das „Bauen mit Holz in Stadt und Land“ als ein wesentliches Handlungsfeld der „Charta für Holz 2.0“ zielt auf die vermehrte Nutzung von Holz im Bauwesen, einem der rohstoffintensivsten Wirtschaftsbereiche Deutschlands, ab. Bauen mit Holz ist national und international im Hinblick auf das Erreichen der Klimaschutzziele verpflichtend und aus Sicht eines verantwortungsvollen Umgangs mit den Ressourcen zwingend notwendig.

Holz als Baumaterial für Brücken zu verwenden, ist eine Frage der Überzeugung, aber auch der Verantwortung. Die Negativbeispiele der vergangenen Jahre dürfen nicht dazu führen, den Holzbrückenbau zu verhindern. Sie müssen vielmehr zu verstärkten Forschungsanstrengungen führen, damit künftig nur noch richtig geplante und sorgfältig ausgeführte, dauerhafte, geschützte Holzbrücken entstehen.

Eine Grundvoraussetzung für die Planung und den Bau von Tragwerken stellt die Bereitstellung technischer Regelwerke dar, die den aktuellen Stand der Wissenschaft und Technik abbilden.

Ein Verzicht auf Regelungen eröffnet zwar einerseits unbegrenzte Möglichkeiten der Kreativität und bietet vielfältigen Gestaltungsspielraum. Andererseits ist die Gefahr gravierender Planungs- und Ausführungsfehler sehr groß. Im Bundesfernstraßennetz gibt es nur sehr wenige Holzbrücken, daher entwickelt der Bund keine Richtlinien für den Holzbrückenbau. Da es im Verantwortungsbereich der Kommunen viele Holzbrücken gibt, ist deren Interesse an einheitlichen Richtlinien groß, Kommunen verfügen aber nicht über die finanzielle und personelle Ausstattung zur Richtlinienentwicklung. Das Forschungsprojekt „Protected Timber Bridges – ProTimB“ /1/ schließt diese Lücke mit der Erstellung eines Kompendiums technischer Richtlinien, das die für den Entwurf und die Baudurchführung geschützter Holzbrücken sowie die Erhaltung von Holzbrücken notwendigen Regelungen enthält.

### **2. Neue Richtlinien für den modernen Holzbrückenbau**

Die neuen Richtlinien für den modernen Holzbrückenbau orientieren sich inhaltlich und formal an der von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) vorgegebenen Grundstruktur, die den Entwurf, die Baudurchführung und die Erhaltung von Ingenieurbauwerken umfasst. Für den Neubau von Holzbrücken berücksichtigen die Richtlinien ausschließlich geschützte Konstruktionen im Sinne der Holzbrückennorm DIN EN 1995-2/NA, da nur geschützte Tragwerke dauerhaft und langlebig sind.

Im Bereich des Entwurfes wurde der Schwerpunkt auf die Erstellung von Zeichnungsdetails für geschützte Holzbrücken gelegt. Analog zu den Richtzeichnungen für Ingenieurbauwerke /2/ entstanden ca. 40 neue Musterzeichnungen, die die bisher für Holzbrücken verfügbaren Zeichnungslinien /3/, /4/ vereinen, aktualisieren und ergänzen. Die Musterzeichnungen für Holzbrücken beschreiben für die Planung, Kalkulation und Ausführung von geschützten Holzbrücken empfohlene konstruktive Details. Sie stellen bewährte und dauerhafte Lösungen, basierend auf dem aktuellen Stand der Technik, dar. Strukturell und grafisch folgen die Musterzeichnungen dem Aufbau der Richtzeichnungen, um eine breite Akzeptanz bei den mit den Richtzeichnungen vertrauten Ingenieuren zu erzielen.

Um den Bauherren, ihren Bauüberwachern, den Ausführungsplanern und den Bauausführenden verbindliche Handlungsanweisungen für die Errichtung geschützter Holzbrücken zur Verfügung zu stellen, werden derzeit im Rahmen von ProTimB „Empfehlungen für Technische Vertragsbedingungen für Holzbrücken“ erarbeitet. Neben reinen Holzbrücken werden auch Holz-Beton-Verbundbrücken in diesem Dokument berücksichtigt, da Brücken dieser Bauart systembedingt einen hervorragenden konstruktiven Holzschutz aufweisen. Strukturell ist dieses Regelwerk eng an die ZTV-ING /5/ angelehnt, um eine breite Akzeptanz zu ermöglichen.

Die Erhaltung im Ingenieurbau umfasst i. W. die Prüfung der Bauwerke als Voraussetzung für eine wirtschaftliche Durchführung von Instandsetzungen oder Erneuerungen. Im Rahmen des Forschungsprojektes ProTimB wurde ein Aufbaulehrgang „Prüfung von Holzbrücken“ für die vfiib-Ausbildung der Ingenieure der Bauwerksprüfung konzipiert und den zuständigen Stellen bei der BASt übergeben. Der zweitägige Aufbaulehrgang beinhaltet einen Theorie- und einen Praxisteil. Hauptbestandteil der Weiterbildung ist die Vermittlung der baustoffspezifischen Grundlagen und der Theorie zu den holzbauspezifischen Prüfverfahren der Holzfeuchtemessung, der Rissaufnahme, der Detektion von Hohlräumen, der Bohrwiderstandsmessung und zur Anwendbarkeit von Ultraschallverfahren. Diese Prüfverfahren werden im praktischen Teil von den Teilnehmern selbständig geübt. Den Abschluss bildet eine Schulung in der Anwendung des Programmsystems SIB-Bauwerke für Holzbrücken. Zur Verbesserung der Programmstruktur für die Anwendbarkeit von SIB-Bauwerke im Holzbrückenbau wurden einige Empfehlungen erarbeitet

## Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals

und an die BASt übergeben. Ein neu entwickeltes zusätzliches Excel-Tool ermöglicht es dem Ingenieur der Bauwerksprüfung, sehr effizient den notwendigen Prüfumfang vor Beginn der Zustandsaufnahme für ein spezielles Bauwerk zu ermitteln.

Eine Besonderheit bei der Prüfung von Holzbrücken stellt die in der RI-EBW-PRÜF /6/ seit 2013 geforderte jährliche Hauptprüfung für ungeschützte Holzbrücken und Holzbrücken, die über Gewässer führen, dar. Die jährliche Durchführung einer Hauptprüfung bedeutet einen fünfmal höheren organisatorischen und finanziellen Aufwand für den Baulastträger, da Brücken gemäß DIN 1076 normalerweise nur alle sechs Jahre einer Hauptprüfung unterzogen werden müssen. Während der erhöhte Aufwand für ungeschützte Holzbrücken gerechtfertigt ist, bestehen erhebliche Zweifel an der Notwendigkeit einer jährlichen Prüfung geschützter Holzbrücken über Gewässern. Aus diesem Grunde wurde im Rahmen des Forschungsprojektes ProTimB ein umfangreiches Holzfeuchte-Monitoringprogramm initiiert /7/. In diesem Programm wird die Entwicklung der Holzfeuchte an neun geschützten Holzbrücken verschiedener Bauarten, die über Gewässer führen, überwacht. Die Ergebnisse des Monitorings (**Tabelle 1**) mit einer durchschnittlichen Holzfeuchte von 17,0 M% belegen, dass die Brücken durch guten konstruktiven Holzschutz ausreichend vor Feuchteintrag geschützt sind. Die in der RI-EBW-PRÜF /6/ unterstellte Gefährdung durch den gewässernahen Standort wird durch die Messdaten des umfangreichen Monitorings widerlegt.

**Tabelle 1** Durchschnittliche Holzfeuchte (HF) über dem Vorland und über dem Gewässer

Brücke	Zeitraum	HF Vorland [M%]	HF Gewässer [M%]
Höngesberg	19.08.15-30.06.18	18,5	17,2
Schiffarth	21.10.16-30.06.18	16,1	16,0
Wippra	13.10.16-30.06.18	18,3	17,9
Schwäbisch Gmünd	28.10.16-30.06.18	15,9	16,4
Breitungen	26.10.16-30.06.18	16,0	16,1
Sigmaringen	04.11.16-30.06.18	16,6	16,0
Lörrach	03.11.16-30.06.18	19,2	20,1
Werdau	24.11.16-30.06.18	16,2	15,9
Frankenroda	23.11.16-30.06.18	16,9	16,9

Ein weiteres wesentliches Ergebnis sind die im Forschungsprojekt entwickelten Musterhandbücher für die Wartung und Prüfung von Holzbrücken.

### 3. Das Musterhandbuch für die Prüfung von Holzbrücken

Gemäß RI-EBW-PRÜF /6/ ist für besondere Holzbrücken ein Prüfhandbuch zu erstellen. Als besondere Holzbrücken gelten z. B. Grünbrücken sowie Fachwerk- oder Schrägseilbrücken mit großen Stützweiten. Zur Vereinheitlichung der Inhalte und der Struktur der Prüfhandbücher wurde ein Muster-Prüfhandbuch für Holzbrücken entwickelt und mit dem Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) und der BASt abgestimmt. Unter Anwendung der Struktur dieses Musterhandbuches kann für eine besondere Holzbrücke zukünftig bauwerkspezifisch ein Prüfhandbuch erstellt werden. Das Prüfhandbuch dokumentiert als ergänzendes Hilfsmittel zur DIN 1076 Art und Umfang der notwendigen regelmäßigen Bauwerksprüfung und Überwachung. Es enthält spezielle Prüfhinweise, organisatorische und fachliche Anweisungen sowie Maßnahmen zur Verkehrssicherung. Das Prüfhandbuch dient dem Prüfer zur Optimierung der Planung und Durchführung der Brückenprüfung unter Berücksichtigung der bauwerks-

# Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals

spezifischen Besonderheiten. Durch eine regelmäßige und gewissenhafte Bauwerksüberwachung sowie eine speziell auf das Bauwerk abgestimmte Prüfung soll sichergestellt werden, dass Schäden rechtzeitig erkannt und wirtschaftlich behoben werden können, bevor gravierende Folgeschäden entstehen.

Das Prüfhandbuch ist eine Anlage zum Bauwerksbuch. Im Prüfhandbuch sind die Aufgaben für die zweimal jährlich durchzuführende Laufende Beobachtung und die jährliche Besichtigung sowie für die Einfache Prüfung und die Hauptprüfung detailliert textlich und in Form einer Prüfmatrix (**Bild 2**) erläutert. Die Anwendung einfacher Checklisten (**Bild 1**) erhöht die Effizienz der Bauwerksüberwachung. Da die im Bauwerk vorhandene Holzfeuchte das wesentlichste Kriterium für die Beurteilung der Dauerhaftigkeit des Holztragwerkes darstellt, gibt es in einer Anlage 2 zum Musterprüfhandbuch zusätzlich Hinweise für die korrekte Ermittlung und Interpretation der Holzfeuchte.

Die Hinweise zur Prüfung und Überwachung sind durch den Baulastträger umzusetzen. Zur Vorbereitung einer Bauwerksprüfung ist das Prüfhandbuch gemeinsam mit dem Bauwerksbuch dem zuständigen Prüfer zur Verfügung zu stellen. Da das Prüfhandbuch eine Anlage zum Bauwerksbuch ist, sollte es bei Neubaumaßnahmen durch den Aufsteller des Bauwerksbuches erstellt werden. Prüfhandbücher können bei Bedarf aber auch für bestehende Bauwerke erstellt werden. Sie sind dann ergänzend in die Bauwerksakte aufzunehmen.

Checkliste zur Überwachung von Holzbrücken (Muster) Seite 1 von 3  
Prüfhandbuch – Anlage 3

Bauwerksnummer: *Bauwerksnummer* eintragen Straße: *Straße* eintragen  
Bauwerksname: *Bauwerksname* eintragen

Besichtigung	
Anlass:	<input type="checkbox"/> jährliche Besichtigung <input type="checkbox"/> nach Unfall <input type="checkbox"/> sonstiges: .....
	<input type="checkbox"/> nach Hochwasser <input type="checkbox"/> nach Unwetter
Besichtigung wurde durchgeführt am ..... durch .....	
Folgende holzbrückenspezifische Punkte wurden bei der Besichtigung beachtet: <input type="checkbox"/> Alle konstruktiven Holzschutzeinrichtungen waren vorhanden und funktionstüchtig. (Blechabdeckungen, Holzverschalungen, Dächer, etc.) <input type="checkbox"/> Alle zugänglichen Bauteile wurden auf feuchte Stellen untersucht. (Wasserränder, Holz im Erdkontakt, Moos- und Algenbewuchs, Tropfen und Rinnsale während oder kurz nach einem Regenereignis, etc.) <input type="checkbox"/> An betroffenen Stellen wurden Holzfeuchtemessungen durchgeführt. Die Messwerte wurden protokolliert (siehe unten). <input type="checkbox"/> Alle zugänglichen Bauteile wurden auf Fruchtkörper holzerstörender Pilze und/ oder sichtbares Myzel, sowie eine veränderte Holzoberfläche (beginnende Fäule) untersucht. <input type="checkbox"/> Alle zugänglichen Bauteile wurden auf Ausflüglöcher holzerstörender Insekten untersucht. <input type="checkbox"/> Wurden herausstehende Verbindungsmittel beobachtet? (Schrauben im Bohlenbelag, Stabdübel in Knotenbereichen, etc.)	
Folgende Veränderungen / Schäden / Feuchtemesswerte wurden festgestellt:	
.....	
.....	
Unterschrift: .....	

#### Auszug aus DIN 1076:

##### „6.2 Besichtigung

Alle Ingenieurbauwerke sind regelmäßig einmal jährlich ohne größere Hilfsmittel wie Besichtigungsfahrzeuge, Klöppel usw. „oben oder“ Benutzung von am Bauwerk vorhandenen Besichtigungseinrichtungen, von geeigneten Höhenrücken des Bauwerks, von der Verkehrsebene und dem Geländeniveau, soweit zugänglich, auf offensichtliche Mängel oder Schäden hin zu besichtigen.

Von der Besichtigung ausgenommen sind die Jahre, in denen eine Haupt- bzw. eine Einfache Prüfung erfolgt.

Dabei sind insbesondere folgende Feststellungen zu protokollieren:

- außergewöhnliche Veränderungen am Bauwerk,
- erhebliche Mängel/Schäden an und Fehlen von Verkehrszeichen, Schutzeinrichtungen und Absturzsicherungen,
- erhebliche Mängel/Schäden und Veranreinigungen an Entwässerungseinrichtungen und Übergangskonstruktionen,
- erhebliche Mängel/Schäden an Belägen,
- erhebliche Anprallschäden und Betonsabplatzungen, auffällige Risse,
- außergewöhnliche Verformungen und Verschiebungen des Bauwerkes,
- Mängel/Schäden an Böschungen,
- Auswaschungen und Anwachlungen in Gewässern.

Darüber hinaus sind die Bauwerke nach außergewöhnlichen Ereignissen, die die Stand- und Verkehrssicherheit der Bauwerke beeinträchtigen können, wie z. B. nach Posipf auf jeden größeren Hochwassers oder Unglücks- und nachschweren Unfällen zu besichtigen.“

Checkliste zur Überwachung von Holzbrücken (Muster) Seite 2 von 3  
Prüfhandbuch – Anlage 3

Bauwerksnummer: *Bauwerksnummer* eintragen Straße: *Straße* eintragen  
Bauwerksname: *Bauwerksname* eintragen

1. Laufende Beobachtung	
Laufende Beobachtung wurde durchgeführt am ..... durch .....	
Folgende holzbrückenspezifische Punkte wurden bei der Laufenden Beobachtung beachtet: Fehlen konstruktive Holzschutzeinrichtungen? (Blechabdeckungen, Holzverschalungen, Dächer, etc.) <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Bemerkung: ..... Wurden Schäden an konstruktiven Holzschutzeinrichtungen beobachtet? (Blechabdeckungen, Holzverschalungen, Dächer, etc.) <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Bemerkung: ..... Wurden auf den ersten Blick feuchte Stellen entdeckt? (Wasserränder, Holz im Erdkontakt, Moos- und Algenbewuchs, Tropfen und Rinnsale während oder kurz nach einem Regenereignis, etc.) <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Bemerkung: ..... Wurden auf den ersten Blick Fruchtkörper holzerstörender Pilze oder Veränderungen an Holzoberflächen entdeckt? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Bemerkung: ..... Wurden auf den ersten Blick Ausflüglöcher von Insekten in Holzbauteilen entdeckt? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Bemerkung: ..... Ist die Durchführung von Wartungsmaßnahmen notwendig? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja Bemerkung: .....	
Bemerkungen:	
.....	
.....	
Unterschrift: .....	Gesehen: .....

#### Auszug aus DIN 1076:

##### „6.3 Laufende Beobachtung

Alle Ingenieurbauwerke sind im Rahmen der allgemeinen Überwachung des Verkehrsweges in Bezug auf deren Verkehrssicherheit laufend im Rahmen der Streckenkontrolle zu beobachten.

Darüber hinaus sind in der Regel zweimal jährlich alle Bauteile ohne besondere Hilfsmittel, von Verkehrsebene und Geländeniveau aus auf offensichtliche Mängel/Schäden hin zu beobachten.

Dabei sollen nur erhebliche und evtl. die Stand- bzw. Verkehrssicherheit gefährdende Mängel/Schäden protokolliert werden. Die Besichtigung nach 6.2 bleibt unberührt.“

**Bild 1** Checklisten für die Bauwerksüberwachung

Lfd. Nr.	Prüfverfahren	Prüfungsfang	Prüfmittel	Zugangstechnik	Laufende Beobachtung (LB) (2 x jährlich)	Besichtigung (B) (1 x jährlich wenn keine Prüfung)	Einfache Prüfung (E) (3 Jahre nach Hauptprüfung)	Hauptprüfung (H) (Abnahme; Ende der Gewährleistung; danach alle 6 Jahre)	OSA (bei gravierenden Schäden unklarer Ursache oder Ausmaßes)
01	Visuelle Prüfung des konstruktiven Holzschutzes	Vorhandensein und Zustand des konstruktiven Holzschutzes; Reparatur- und Austauschbedarf	keine	LB/B/E: keine H: ggf. Unter-sichtgerät, Hubarbeits-bühne	Bleche und Verscha-lung Haupt-träger	Von der Verkehrsebene und dem Geländeniveau zugängliche schützende Bauteile	zugängliche schützende Bauteile	gesamter konstruktiver Holzschutz	
02	Visuelle Prüfung auf feuchte Stellen	Feuchtefahnen; Moos- und Algenbewuchs; (Prüfung sinnvoll nach Regenereignis)	keine	LB/B/E: keine H: ggf. Unter-sichtgerät, Hubarbeits-bühne	Von der Verkehrs-ebene und Gelände-niveau aus sichtbare Bauteile	Von der Verkehrsebene und dem Geländeniveau aus zugängliche Bauteile	zugängliche Bauteile	alle Bauteile	
03	Visuelle Prüfung auf Anzeichen eines Pilzbefalls	Veränderung der Holzoberfläche; oberflächiges Myzel; Fruchtkörper	keine	LB/B/E: keine H: ggf. Unter-sichtgerät, Hubarbeits-bühne	Bohlen-belag; Verschalung	Von der Verkehrsebene und dem Geländeniveau aus zugängliche Bauteile	zugängliche Bauteile	alle Bauteile	
04	Visuelle Prüfung auf Anzeichen eines Insektenbefalls	Ausschlupflöcher; ggf. Bohrmehl an Spinnweben	keine	LB/B/E: keine H: ggf. Unter-sichtgerät Hubarbeits-bühne	Bohlen-belag; Verschalung	Von der Verkehrsebene und dem Geländeniveau aus zugängliche Bauteile	zugängliche Bauteile	alle Bauteile	

**Bild 2** Auszug aus der Prüfmatrix des Musterprüfhandbuches

## 4. Das Musterhandbuch für die Wartung von Holzbrücken

Unabhängig von der Prüfung sollten Holzbrücken regelmäßig gewartet werden. Hierfür kann zusätzlich zum Prüfhandbuch ein Wartungshandbuch erstellt werden. Das Wartungshandbuch gibt dem Baulastträger bauwerksspezifische Hinweise und Empfehlungen zur qualitätsgerechten, regelmäßigen Wartung seiner Holzbrücke. Durch eine regelmäßige, gewissenhafte und speziell auf das Bauwerk abgestimmte Wartung sollen die Standsicherheit, Verkehrssicherheit und Dauerhaftigkeit der Brücke sichergestellt werden. Ziel ist es, Schäden, basierend auf hohen Holzfeuchten, Verschmutzungen und biotischen Einwirkungen, zu vermeiden. Weiterhin werden in dem Wartungshandbuch Instandsetzungsmaßnahmen benannt, mit denen nach einer bestimmten Nutzungsdauer gerechnet werden muss.

Das Wartungshandbuch ist wie das Prüfhandbuch eine Anlage zum Bauwerksbuch. Es besteht aus einem erläuternden Textteil und einer Wartungsmatrix. Dem Baulastträger obliegt es, die angegebenen Hinweise umzusetzen, da er für die Erhaltung des Bauwerks zuständig ist. Bei Neubaumaßnahmen wird das Wartungshandbuch durch den Aufsteller des Bauwerksbuches erstellt. Wartungshandbücher, die nachträglich für bestehende Bauwerke erstellt werden, sind ergänzend in die Bauwerksakte aufzunehmen. Da laufende Beobachtung und Besichtigung Grundlage für die Festlegung der notwendigen Wartungsarbeiten sind, wird empfohlen, die Checklisten für die Bauwerksüberwachung (**Bild 1**) parallel zum Wartungshandbuch zu verwenden.

Die Wartungshandbücher sind auch ein wesentliches Instrument in der Wartungs- und Erhaltungsoffensive „60 Jahre und mehr“ der Qualitätsgemeinschaft Holzbrückenbau e. V. (QHB). Ziel dieser Offensive /8/ ist es, für bestehende und neue Holzbrücken eine Nutzungsdauer von mindestens 60 Jahren zu erreichen.

### 5. Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des Forschungsprojektes ProTimB werden derzeit an der Fachhochschule Erfurt einheitliche Richtlinien für den Entwurf, die Baudurchführung und die Erhaltung geschützter Holzbrücken erarbeitet. Für den Bereich der Erhaltung wurden Musterhandbücher für die Wartung und Prüfung von Holzbrücken sowie zugehörige Anwendungsbeispiele erarbeitet. Die in engem Dialog mit dem BMVI und der BAST entstandenen Dokumente sind auf den Internetseiten der QHB veröffentlicht ([www.holzbrueckenbau.com/holzbruecken/](http://www.holzbrueckenbau.com/holzbruecken/)), ein Anwendungsbeispiel findet sich auch auf den Internetseiten der BAST. Die Handbücher für die Wartung und Prüfung von Holzbrücken sollen den Baulastträger darin unterstützen, die Standsicherheit und die Verkehrssicherheit seiner Holzbrücken für einen langen Nutzungszeitraum sicherzustellen und die Dauerhaftigkeit entscheidend zu erhöhen. Fachgerechte Wartung und kompetente Prüfung tragen dazu bei, dass Holzbrücken auch in der Unterhaltung wirtschaftlich konkurrenzfähig zu den Massiv- und Stahlbrücken werden können. Ökologisch überzeugen sie ohnehin.

### Danksagung

Die Forschungsarbeit wird unterstützt und finanziert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Förderlinie „FHprofUnt“. Eine finanzielle Beteiligung leisten die Firmen der Qualitätsgemeinschaft Holzbrückenbau e. V.: Schaffitzel Holzindustrie GmbH + Co. KG, Schmees & Lühn Holz- und Stahlingenieurbau GmbH und Grossmann Bau GmbH sowie das Ingenieurbüro Setzpfandt Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG. Die Qualitätsgemeinschaft Holzbrückenbau e. V., die Studiengemeinschaft Holzleimbau e. V. und die Ingenieurbüros Harrer Ingenieure GmbH und HSW-Ingenieure Schiermeyer Wiesner GbR tragen als Mitglieder im projektbegleitenden Ausschuss mit ihrer Expertise zum Gelingen des Forschungsprojektes bei. Allen Partnern sei an dieser Stelle für ihre fachliche und finanzielle Unterstützung sehr herzlich gedankt.

### Literaturverzeichnis

- /1/ Simon, A.: ProTimB – neue Regelwerke für den modernen Holzbrückenbau. In: Tagungsband der 4. Internationalen Holzbrückentage IHB 2016, Stuttgart 06/2016
- /2/ Bundesanstalt für Straßenwesen: Richtzeichnungen für Ingenieurbauten (RIZ-ING), Ausgabe 12/2017
- /3/ HARRER Ingenieure (im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung e.V.): Musterzeichnungen Holzbrücken, 2006.
- /4/ Qualitätsgemeinschaft Holzbrückenbau: Detailzeichnungen Holzbrücken, März 2012.
- /5/ Bundesanstalt für Straßenwesen: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING), 02/2017
- /6/ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076 - RI-EBW-PRÜF, 02/2017.
- /7/ Koch, J.; Simon, A.: Untersuchung der langfristigen Holzfeuchteentwicklung an geschützten Holzbrücken. Doktorandenkolloquium Holzbau „Forschung und Praxis“ Stuttgart 03/2018
- /8/ Kleinhanß, K.: 60 Jahre und mehr. Bauen mit Holz, 03/2017

### **Planung der notwendigen Voraussetzungen für den Betrieb eines teilstationären Brückenuntersichtgerätes (BUG) an Großbrücken**

Dipl.-Ing. (FH) Marco Schettler  
Hessen Mobil Straßen- und Verkehrsmanagement

#### **1. Einleitung**

Der Betrieb und die Erhaltung von Ingenieurbauwerken erfordern eine fachgerechte Kontrolle des Bauwerkszustandes mit den ggf. notwendigen Maßnahmen für die Gewährleistung der Verkehrssicherheit, Standsicherheit und Dauerhaftigkeit. Gem. geltendem Regelwerk DIN 1076 sind dabei Hauptprüfungen handnah durchzuführen. Für Großbrücken kommen dafür spezielle Besichtigungsgeräte zum Einsatz.

#### **2. Anlass**

Bedingt durch planungs- und baurechtliche Aspekte (z.B. hohe Lärmschutzwände über 5,00 m) ist eine vorschriftsmäßige Prüfung der Bauwerke mit einem Besichtigungsgerät stellenweise nicht mehr möglich oder sehr stark beeinträchtigt. Nach Rücksprache mit den Geräteherstellern ist eine Umrüstung und Anpassung der verfügbaren Zugangstechnik an die veränderten Brückenkonstruktionen technisch nicht realisierbar.

Des Weiteren geht der Einsatz von konventioneller, mobiler Brückenzugangstechnik (Brückenuntersichtgeräte) von der Brückenoberseite in der Regel mit einer Beeinträchtigung der zur Verfügung stehenden Fahrstreifen (z.B. Sperrung des Hauptfahrstreifens bei 80 km/h) auf den hochbelasteten Fernstraßen einher, wenn die notwendige Seitenstreifenbreite nicht vorhanden ist.

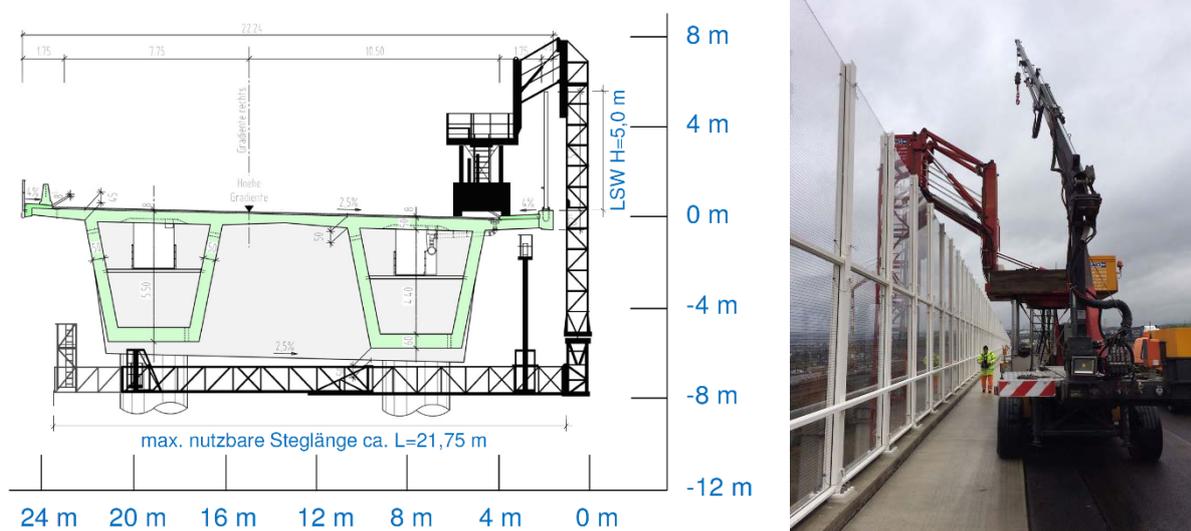
Die Verkehrsbelastung hat in den letzten Jahren zugenommen und es ist zu erwarten, dass auch die Güterverkehrsleistungen auf der Straße weiterhin deutlich ansteigen werden. Im verkehrsreichen Hessen wird es insbesondere auf Bundesfernstraßen immer schwieriger, eine Genehmigung für Prüfzeiträume „Slotzeiten“ zu erhalten. Die Verkehrsabteilung genehmigt den Einsatz von Besichtigungsgeräten auf verkehrsreichen Strecken überwiegend nur noch nachts oder am Wochenende, bei dem zusätzlich eine kostenintensive Verkehrssicherung erforderlich ist.

Beispiele dafür sind die Neuplanung von Talbrücken an der hessischen BAB A 45 und der Neubau der Lahntalbrücke Limburg der BAB A 3.

Bei den Talbrücken-Ersatzneubauplanungen der BAB A 45 hat sich ergeben, dass aufgrund der Anforderungen an die Anzahl der Fahrstreifen und die Höhe der notwendigen Lärmschutzeinrichtungen auf den Bauwerken die Unterseiten einiger Bauwerke zum Teil gar nicht bzw. bei hohen Lärmschutzwänden nur mit Einschränkungen mit konventioneller, mobiler Zugangstechnik erreichbar sind.

## Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals

Ebenso wurde bei der H1-Prüfung am Neubau der Lahntalbrücke Limburg im Zuge der BAB A 3 festgestellt, dass es für die Bauwerksprüfung der Untersichten nur ein eingeschränkt geeignetes Brückenuntersichtgerät gibt. Wegen der hohen Lärmschutzwand und den gevouteten Stahlbetonhohlkästen muss bei dessen Einsatz ein Teil der Lärmschutzwand sowie das komplette Schutzplankensystem abgebaut werden.



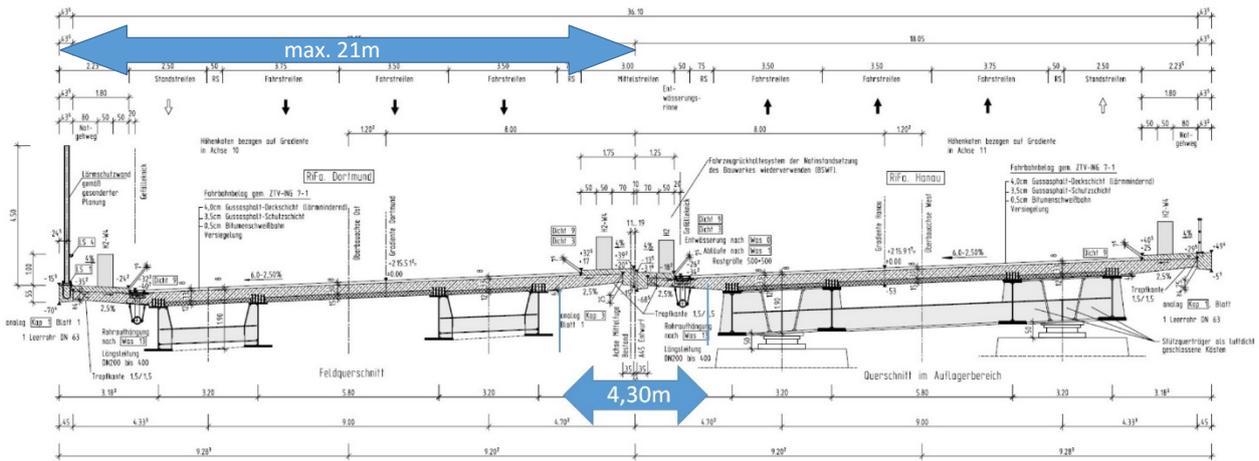
**Bild 1** Besichtigungsgerät auf der Lahntalbrücke Limburg, BAB A 3, RQ 43,5

### 3. Entwurfsplanung

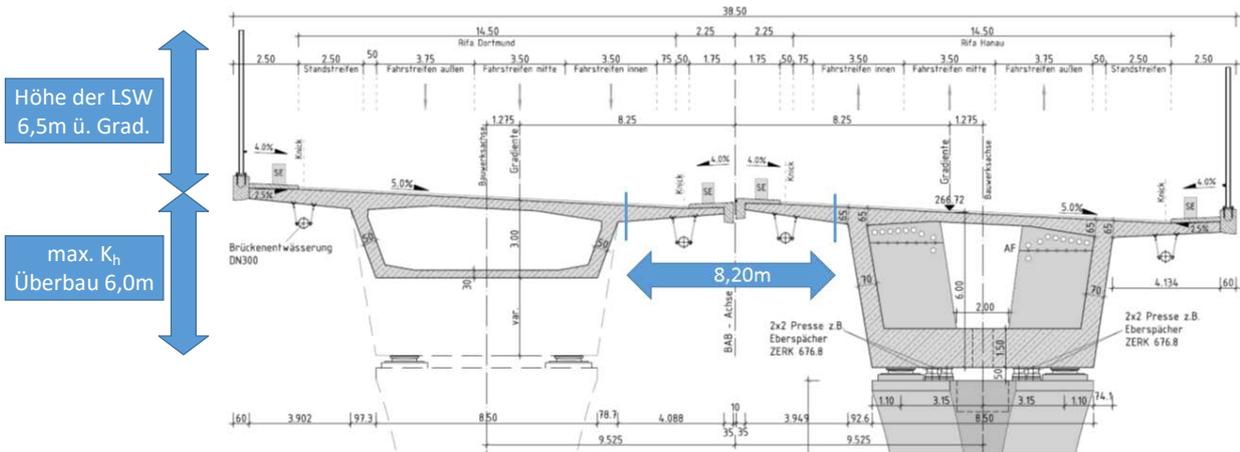
Im Januar 2016 wurde die Entwurfsbearbeitung für eine Neuentwicklung eines sogenannten teilstationären Brückenuntersichtgerätes einschließlich dem zugehörigen Transportsystem an ein Ingenieurbüro vergeben. Die Neuentwicklung war dabei so auszurichten, dass die bei der Prüfung entstehende Verkehrsbeeinträchtigung entfällt bzw. so gering wie möglich ausfällt und, dass das Gerät universell an verschiedenen Brückenkonstruktionen einsetzbar ist. Der Entwurf für das teilstationäre Brückenuntersichtgerät sieht dafür den Bau entsprechender Schienensysteme an den Überbauunterseiten und Zuwegungen vor.

Die Planung erfolgte mit verschiedenen Lösungsansätzen, bei denen verschiedene Variantenuntersuchungen mit Wirtschaftlichkeitsnachweis betrachtet wurden.

# Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals



**Bild 2** Talbrücke Münchholzhausen, BAB A 45, RQ 36



**Bild 3** Talbrücke Sechshelden, BAB A 45, RQ 36

## 4. Ergebnis der Variantenuntersuchung

Die Variantenuntersuchung ergab, dass die Befahrung des Bauwerks von der Brückenoberseite mittels mobilem Brückenuntersichtgerät (Aufstellung auf/unmittelbar neben der Brückenkappe) nicht bzw. nicht mit vertretbarem Aufwand realisierbar ist.

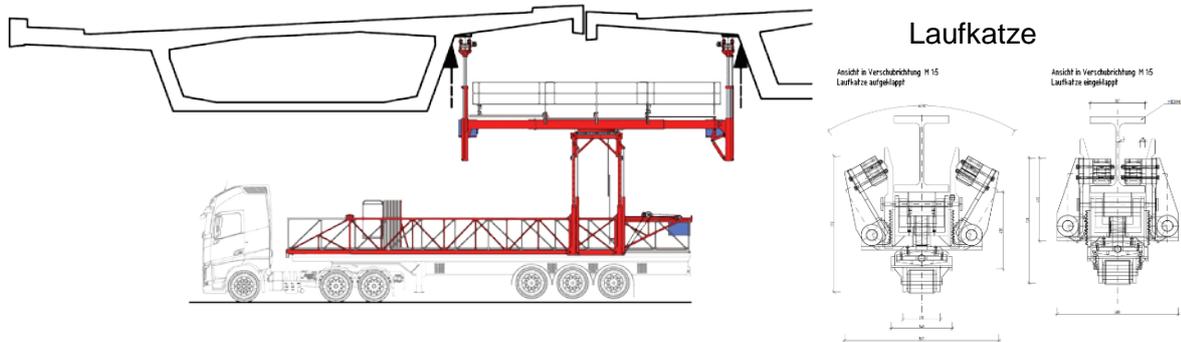
Alternativ dazu wurden sowohl ein teilstationäres Brückenbesichtigungsgerät einschließlich Transportsystem als auch ein eigenständiges Prüfgerät für die beidseitige Prüfung hoher Lärmschutzwände auf Bauwerken (vor)entwurfsreif geplant. Durch seine hohe Flexibilität im inneren Kragarmbereich bzw. beim Pfeilerdurchgang und der deutlich verbesserten Besichtigungsmöglichkeit von Lärmschutzwänden stellt die Kombination beider Geräte eine sehr interessante Alternative zur bisherigen, mietbaren Geräteausstattung dar, vor allem infolge der geringeren/entfallenden Verkehrsbeeinträchtigung.

Zudem ergab die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eine Ersparnis von 25 % beim Einsatz des BUG an Großbrücken im Vergleich zur herkömmlichen Zugangstechnik.

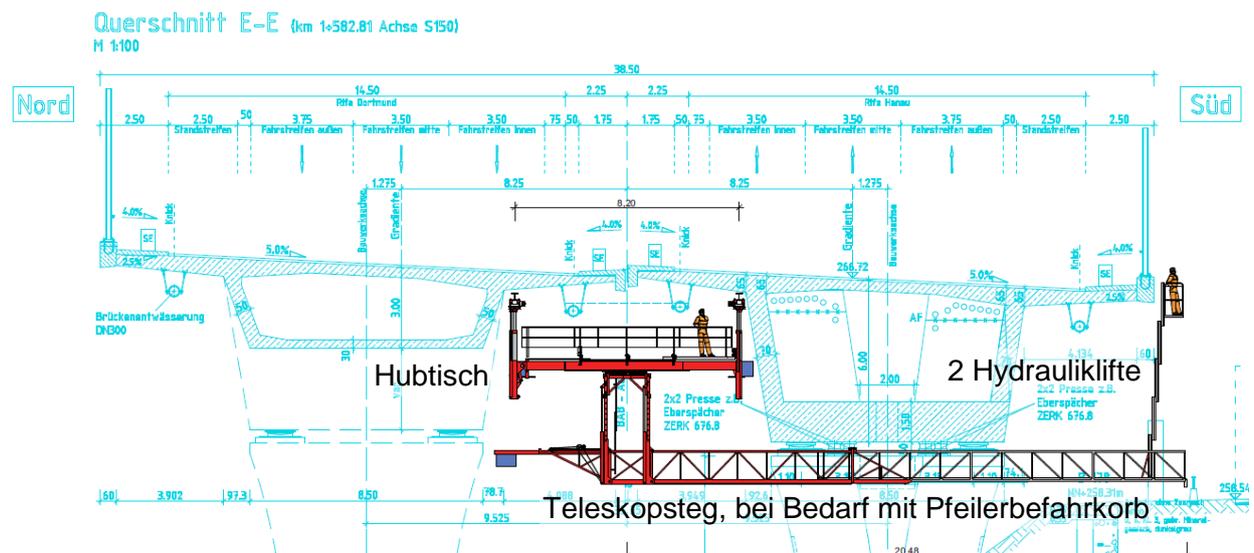
Aufbau und Funktionsweise des teilstationären Brückenuntersichtgerätes orientieren sich an bewährten Lösungen für stationäre Geräte, wobei sich das teilstationäre Gerät über selbstver-

# Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals

riegelnde Laufkatzen ohne weitere Hilfsmittel in an der Bauwerksuntersicht montierte Schienen einhängt. Nach erfolgter Brückenprüfung, die hier ohne Verkehrssicherungsmaßnahmen auf dem überführten Verkehrsweg auskommt, erfolgt der Transport zur nächsten Brücke. Wichtigste Voraussetzungen für einen Einsatz bestehen im Einbau von Transportschienen am inneren Kragarm-Anschnitt sowie der Ausbildung eines nah der Brückenuntersicht angeordneten, angepasst dimensionierten Zufahrtsweges.



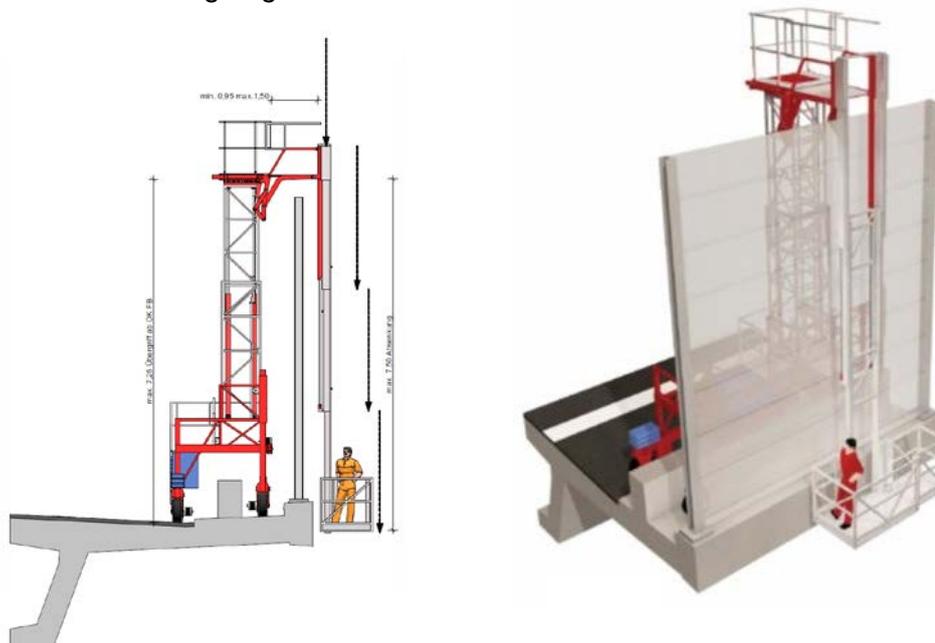
**Bild 4** BUG Aufbauprozess



**Bild 5** BUG Arbeitsprozess

# Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals

Das eigenständige, ebenfalls transportable LSW-Prüfgerät ermöglicht die beidseitige Prüfung bis zu 7,80 m hoher Lärmschutzwände auf Bauwerken, ohne dass dafür auf dem Bauwerk spezielle bauliche Vorkehrungen getroffen werden müssen.



**Bild 6** LSW-Prüfgerät

**Tabelle 1** Technische Daten

Beschreibung	Daten
Aufbauübergriff passive Schutzeinrichtung (PSE) ab OK Fahrbahn:	bis 1,50 m
vertikaler Übergriff LSW ab OK Fahrbahn:	bis 7,25 m
horizontaler Übergriff ab AK Gerät (hinter PSE):	0,95 bis 1,50 m
Absenktiefe ab OK Tisch:	bis 7,50 m
Aufstellbreite beim Aufbau:	2,15 m

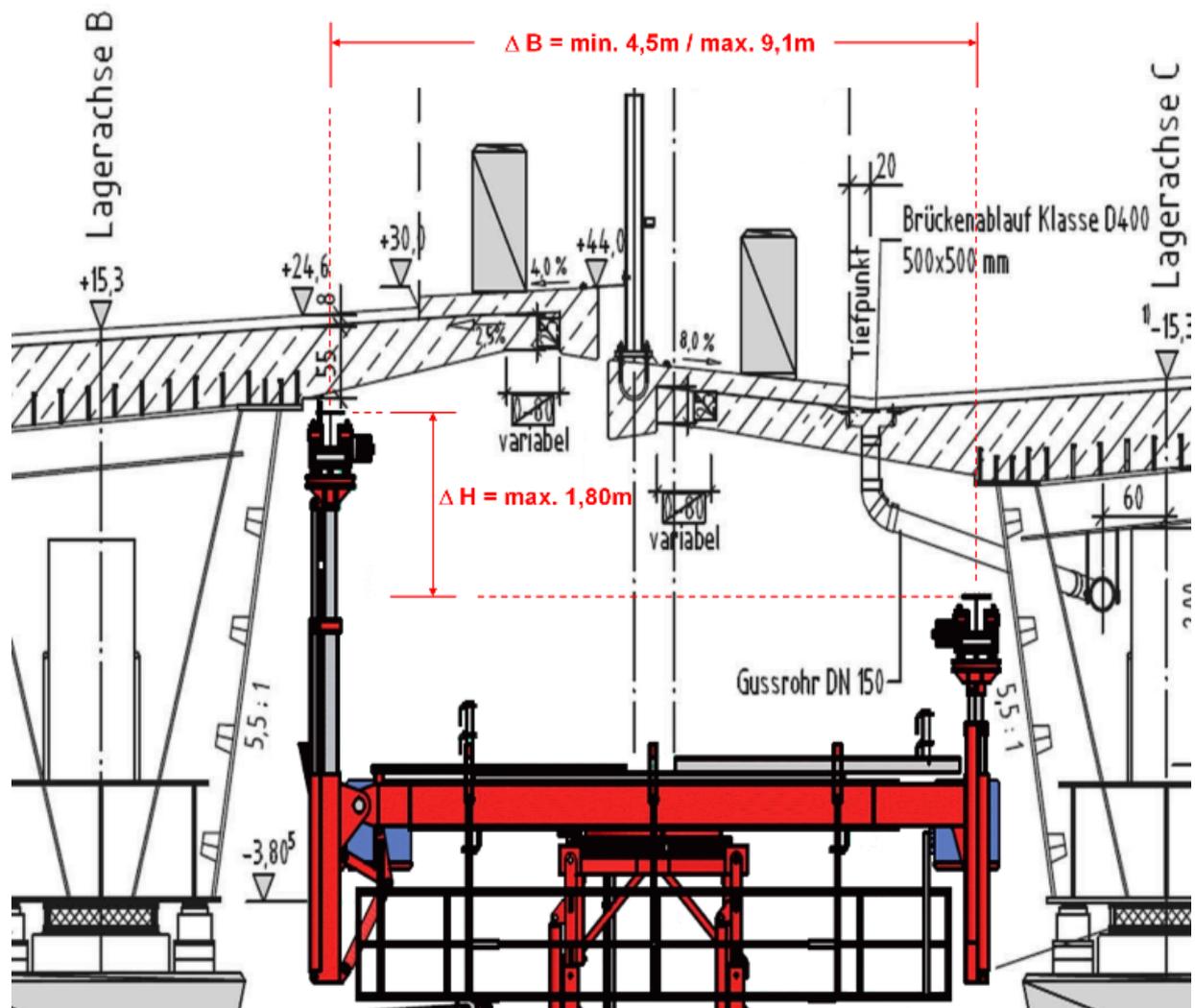
## 5. Vorgaben für Bauwerksplanungen (Randbedingungen)

Anforderungen an das Halte- und Laufsystem:

- Verankerung alle 4 m, bevorzugt am Kragarmanschnitt
- Befestigungspunkte (z.B. horizontaler Abstand der Schienenachsen min. 4,50 m / max. 9,10 m, vertikaler Abstand max. 1,80 m, Abstand der Schienenachse zur Außenkante des Hauptträgers vom Überbau min. 55 cm)
- Ausführungsqualität der Schienenmontage (z.B. Parallelität, Neigung der Schienen in Brückenlängs- und Querrichtung)
- Zusatzlasten aus dem Einsatz des Gerätes (bis zu 250 kN, je nach Abstand der Schienen)

Anforderungen zum Aufbau des Gerätes:

- Aufbaufäche geeignet für Transportfahrzeuge bis 40 t
- Andienweg nach RE-ING  
(z.B. Höhenlage: Abstand Weg – UK Schiene nicht größer als 9 m)



**Bild 7** Beispiel für die Lage der Schienen

## 6. Ausblick

Ende 2017 wurde unter Leitung von StB 17 eine Ad-Hoc-Gruppe mit ausgewählten Vertretern aus Verwaltung und Privatwirtschaft mit dem Ziel der Weiterentwicklung und Realisierung eingerichtet, sowie die Geräte durch Private bauen, betreiben, warten und vermieten zu lassen. Als Marktanreiz seitens des Bundes ist parallel vorgesehen, den Einsatz insbesondere des teilstationären Brückenuntersichtgerätes mit dem Einbau von Transportschienen sowie der Herstellung der zugehörigen Zuwegung an möglichst vielen Bauwerken sicherzustellen. Zur künftigen Planung möglichst vieler Großbrücken entsprechend den Randbedingungen ist dafür eine Länderabfrage von StB 17 erfolgt.

In Hessen wurden die für den Einsatz des teilstationären Brückenuntersichtgerätes geeigneten Bauwerke ermittelt und sind bereits in einigen Fällen Bestandteil im Genehmigungsverfahren. Für die weitere Realisierung werden die Befestigungsdetails entwickelt und auf Grundlage der Länderabfrage die Randbedingungen präzisiert.

### Literaturverzeichnis

- /1/ Rundschreiben BMVBS: "Abfrage zu geeigneten Brückenbauwerken für den Einsatz eines neu entwickelten teilstationären Brückenbesichtigungsgerätes", 25.04.2018, Seite 1-3
- /2/ Dokumentation BMVBS: "Bauwerksprüfung nach DIN 1076 Bedeutung, Organisation, Kosten", 06.09.2013
- /3/ Produktkatalog, WEMOTEC: "Brückenuntersichtgeräte Road-Rail Zugangstechnik Tunnelinspektionsgeräte", 2015

### Schäden an Lärmschutzwänden aus Beton

Joachim Charfreitag  
Landesbetrieb Straßenbau NRW

#### 1. Veranlassung

Lärmschutzwände mit hochabsorbierender Vorsatzschale aus Einkornbeton werden seit den 90er Jahren aufgrund ihrer erwarteten Robustheit und Dauerhaftigkeit vermehrt für den Lärmschutz an Verkehrswegen eingesetzt.

Bereits zum damaligen Zeitpunkt kam es zu ersten Schadensfällen, bei denen sich großflächig Vorsatzschalen aus Einkornbeton von der Tragplatte aus Normalbeton ablösten und herunterfielen. Die plausiblen Erklärungsansätze für das Zustandekommen solcher Schadensfälle führten dazu, dass weiterhin diese Bauweise ausgeführt und die Dauerhaftigkeit nicht weiter in Frage gestellt wurde. Im Laufe der Jahre kam es jedoch immer wieder zu vereinzelt Schadensfällen.

Im Jahr 2014 wurde durch die für den westfälischen Bereich der Bundesautobahnen zuständige Autobahnunterhaltung an Lärmschutzwänden mit einer Vorsatzschale aus Einkornbeton eine Häufung von Schadensfällen „Ablösung der Einkornbeton-Vorsatzschale“ festgestellt. Die Prüfstelle für Straßenbaustoffe und Baugrunduntersuchung wurde daraufhin mit der Schadensanalyse beauftragt



**Bild 1** Geschädigte LSW mit Vorsatzschale aus Einkornbeton

## 2. Bauwerksbestand

Eine Auswertung des Betriebssitzes zum Bauwerksbestand bei Straßen.NRW mit SIB-Bauwerke ergab folgende Zahlenwerte (Stand 03/2017):

- Länge aller in SIB-Bauwerke erfassten LSW ca. 880.000 m
- davon LSW mit Vorsatzschale aus Einkornbeton ca. 203.000 m
- Gesamtfläche aller in SIB-Bauwerke erfassten LSW ca. 3.100.000 m<sup>2</sup>
- davon LSW mit Vorsatzschale aus Einkornbeton ca. 810.000 m<sup>2</sup>

## 3. Untersuchungen

Durch die zuständige Niederlassung wurden 8 Schadensfälle an verschiedenen Bauwerken gemeldet, bei denen vornehmlich 2 unterschiedliche Zusammensetzungen der Vorsatzschale zum Einsatz kamen. Der Verbund zwischen Vorsatzschale und Tragplatte sollte (außer in einem Fall) durch die Bauweise „frisch in frisch“ sichergestellt werden.

Hinsichtlich der Zusammensetzung deutlich zu unterscheiden sind:

- Vorsatzschalen mit rein quarzsandhaltigem Zuschlag (vgl. **Bild 2**)
- Vorsatzschalen aus Leichtzuschlag mit haufwerksporigem Gefüge (vgl. **Bild 3**)



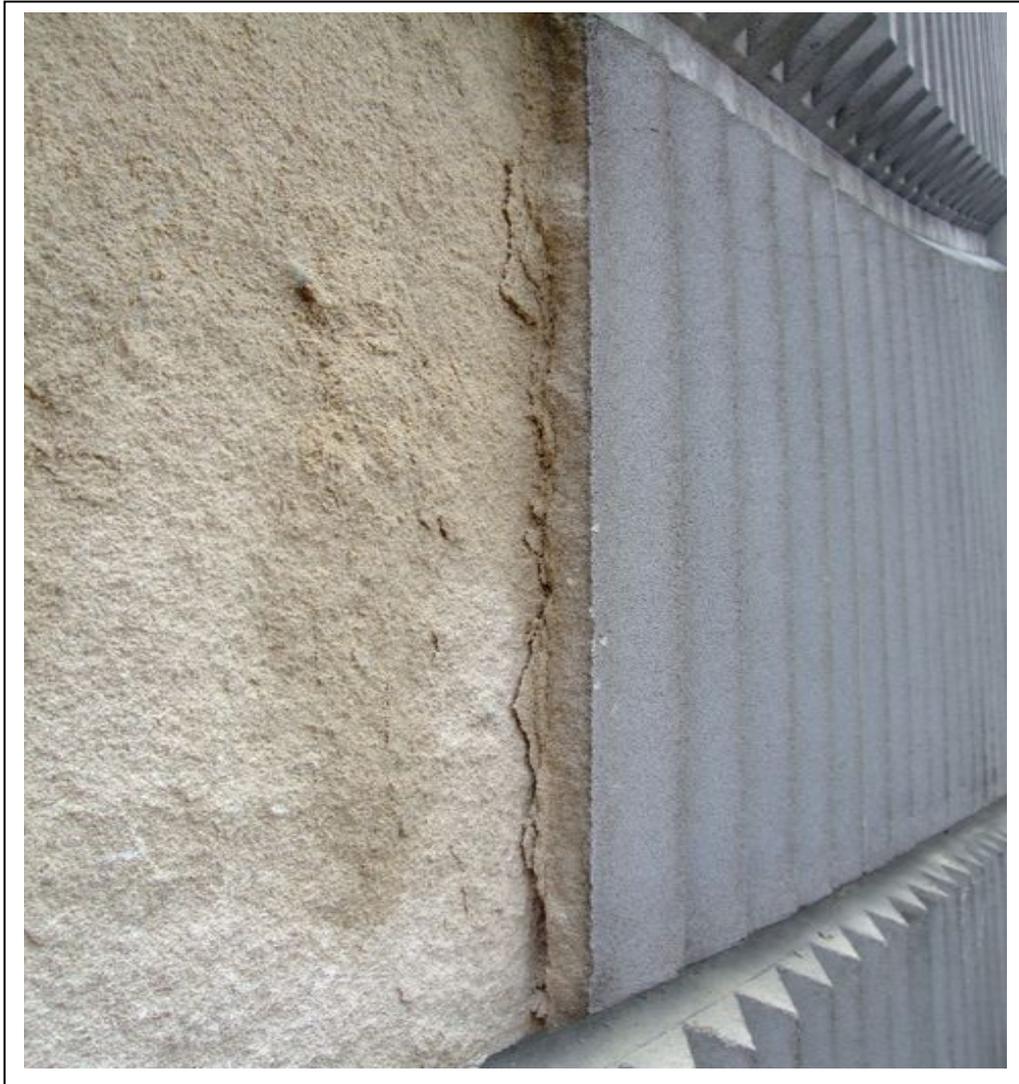
**Bild 2** Zuschlag aus Quarzsand



**Bild 3** Leichtzuschlag

Die Beurteilung der Trennflächen in situ führte zu folgenden, teilweise wiederkehrenden Feststellungen:

- Großflächige Ablösungen, teilweise auch vollflächig (gesamtes Element).
- Abscheren immer in der Verbundzone, dort i.d.R. im Material der Vorsatzschale.
- Schadensfortschritt häufig von unten nach oben (bei aufgesetzten Glaselementen umgekehrt).
- Teilweise schollenartige Abplatzungen auf der freigelegten Oberfläche.
- Vorsatzschalen mit Zuschlag Quarzsand: in der Schadzone nur noch geringer bis kein Zementstein am Gestein.
- Vorsatzschalen mit Leichtzuschlägen: Zuschläge bleiben außer in Randbereichen mit Zementstein umhüllt. In den Bereichen, in denen bis zum Abscheren die Lastabtragung noch erfolgt, vollzieht sich der Bruch im Gestein.



**Bild 4** Schaden an Vorsatzschale mit Zuschlag aus Quarzsand

Für die Vorsatzschalen liegen i.d.R. keine Angaben zur Betonzusammensetzung vor, daher wurde im Labor der Prüfstelle an Probenmaterial die Betonzusammensetzung von erhärtetem Beton nach DIN 52170 Teil 3 (1980-02) sowie die Rohdichte bestimmt. Nach den Feststellungen in situ lag die Vermutung nahe, dass Feuchtigkeit in Verbindung mit Frost erheblichen Einfluss auf die Veränderungen des Betons im Bereich der Verbundzone haben. Hierzu wurde an eigens aus Bruchstücken hergestellten Probekörpern (**Bild 5**) die max. Wasseraufnahme und der zeitliche Verlauf des Gewichtsverlust nach Wassersättigung bestimmt.



**Bild 5** Probekörper aus Bruchstücken

Die wesentlichen Erkenntnisse aus den zuvor genannten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

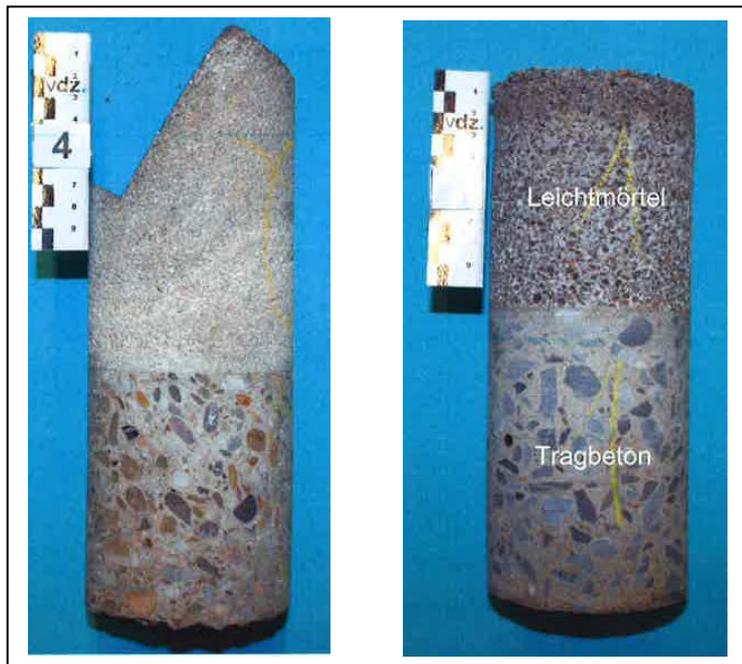
- Beide Vorsatzschalen-Typen sind in der Lage Wasser in erheblichem Maße aufzunehmen (Vorsatzschale quarzsandhaltig ca. 10 M.-%, Vorsatzschale mit Leichtzuschlag ca. 16 M.-%).
- Die Vorsatzschale mit Leichtzuschlägen trocknet nach Wasserlagerung durch das haufwerksporige Gefüge genauso schnell wie die Vorsatzschale mit quarzsandhaltigen Zuschlägen.
- Die kleinmaßstäblichen Probekörper benötigten ca. 3 ganze Tage, um weitestgehend durchzutrocknen.
- Die Betonzusammensetzungen der Vorsatzschalenbetone weisen deutliche Unterschiede im Zementgehalt auf, allerdings lassen die in der Norm angegebenen großen Toleranzen keine klare Aussage zu.

Weiterhin wurde der Verein Deutscher Zementwerke (VDZ), Düsseldorf, Abteilung Zementchemie, mit der Gefügebeurteilung von Betonproben aus dem Verbundbereich mittels

- Lichtmikroskopie
- Rasterelektronenmikroskopie
- Röntgenfluoreszenzspektroskopie

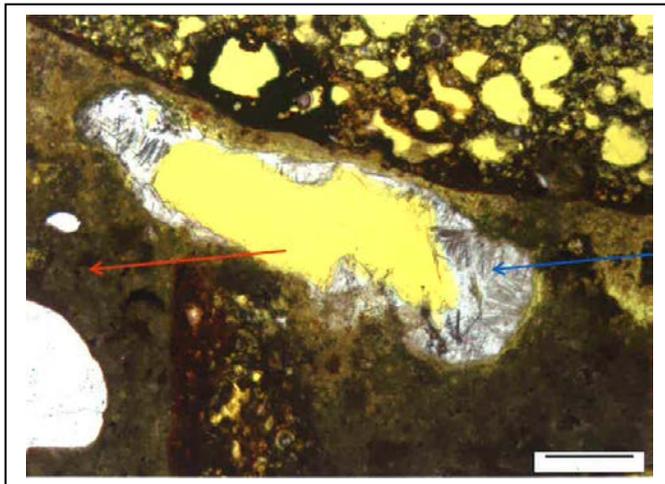
beauftragt. Anhand dieser Gefügebeurteilung sollte der Zementstein in der Verbundzone auf Veränderungen untersucht werden.

Hierzu wurden durch die Prüfstelle Bohrkern aus zwei Lärmschutzwänden (Vorsatzschalen mit unterschiedlichen Zuschlägen) entnommen, jeweils ein Bohrkern aus einem geschädigten Bereich und ein Bohrkern aus einem Bereich ohne erkennbare Verbundstörungen.



**Bild 6** Bohrkern aus zwei unterschiedlichen Lärmschutzwänden [1/1]

Anhand der Untersuchungsergebnisse stellt der VDZ in seinem Technischen Bericht fest, dass bei beiden untersuchten Vorsatzschalen-Typen eine Auslaugung des Zementsteins nach Carbonatisierung stattfindet, die gleichzeitig mit einer erhöhten Porosität des Zementsteins einhergeht. Diese Auslaugung der Vorsatzschale führt zu einer Gefügeschwächung des Einkornbetons. Daher ist für die Vorsatzschale eine Verringerung der Festigkeit zu erwarten. /1/



**Bild 7** Lärmschutzwand B, Probe 1, Dünnschliff 2, Vorsatzschicht, poröser Zementstein, (roter Pfeil); Poren mit dicker Schicht aus Calcitkristallen (blauer Pfeil), darin feine Kristallnadeln; Aufnahme in polarisiertem Licht [1/1]

## 4. Zusammenfassung

Die Untersuchungen des VDZ zeigen Mechanismen auf, die zu Veränderungen im Zementsteingefüge des Vorsatzschalenbetons im Allgemeinen (Carbonatisierung und Auslaugung des Einkornbetons) und insbesondere im Bereich der Verbundzone zwischen Tragplatte und Vorsatzschale (Calcitbildung) führen.

Von Bedeutung für den Schadensfortschritt scheint dabei die Zufuhr von Wasser zu sein. Dabei spielt das in die Vorsatzschale eindringende Wasser nicht allein bei der Auslaugung des Zementsteins eine wichtige Rolle, sondern auch im Zusammenhang mit jährlich wiederkehrenden Frost-Tauwechselln (s. schollenartige Abplatzungen an der freiliegenden Trennfläche, **Bild 4**). Die Vermutung liegt nahe, dass die Verbundzone nach Regenereignissen und kräftiger Feuchtigkeitzufuhr für längere Zeit zumindest in einem feuchten Zustand, wenn nicht gar nassem Zustand, verbleibt.

Die Zufuhr von Wasser und die Einwirkung von Frost finden zwar „planmäßig“ statt, erscheinen aber im Übergangsbereich von Tragplatte zu Vorsatzschale problematisch.

Bei den bisherigen baustofftechnologischen Betrachtungen bleiben viele weitere mögliche Einflussfaktoren unberücksichtigt, wie z.B.

- Spannungszustände aus Wind, Temperatur, Verformungen,
- Bauteilabmessungen,
- Chemie etc.

## Literaturverzeichnis

/1/ VDZ: Technischer Bericht P-2015/0431; A-2015/2624, A-2015/3260 vom 27.04.2016

## Chloridschäden an Brücken und Tunneln

Prof. Dr. Uwe Willberg, Dr.-Ing. Angelika Schießl-Pecka, Dipl.-Ing. Bernhard Möhrle  
ABD Südbayern, Ingenieurbüro Schießl Gehlen Sodeikat, ABD Südbayern

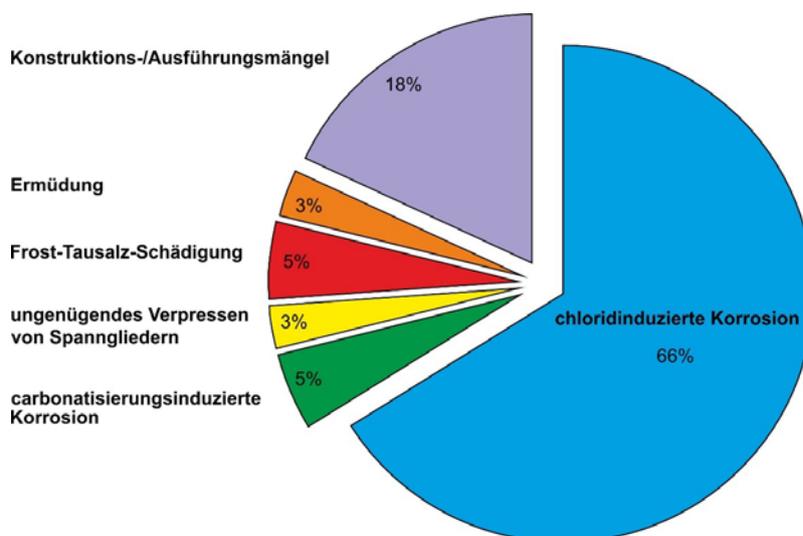
### Kurzfassung

Zahlreiche Schäden an zum Teil noch relativ jungen Ingenieurbauwerken aus Stahlbeton im Zuge von Autobahnen zeigen, dass die Intensität der Chlorideinwirkung in den vergangenen Jahren aufgrund von verschiedenen Einflussfaktoren zugenommen hat. Um zukünftig Schäden zu minimieren, wird im Rahmen dieses Beitrags ein Konzept vorgestellt, wie Bauwerke dauerhafter gebaut und somit aus wirtschaftlicher und volkswirtschaftlicher Hinsicht sehr aufwendige Instandsetzungen an stark frequentierten Brückenbauwerken vermieden bzw. langfristig minimiert werden können.

### 1. Einleitung

Im Bereich der Bundesfernstraßen gibt es aktuell 39621 Brücken mit einer Gesamtbrückenfläche von 30,8 Mio. m<sup>2</sup> [1]. Die überwiegende Anzahl der Bauwerke sind bezogen auf die Brückenfläche Betonbrücken (17 % Stahlbetonbrücken und 70 % Spannbetonbrücken [1]).

Um auch im Winter die Sicherheit der Autofahrer zu gewährleisten und um witterungsbedingte Verkehrsbehinderungen weitestgehend zu vermeiden, werden seit den 70er Jahren Tausalze eingesetzt. Die durch die Taumittel eingebrachten Chloride dringen in den Beton ein und können ab einem bestimmten kritischen Chloridgehalt im Bauteil Bewehrungskorrosion auslösen. Der Anteil chloridinduzierter Bewehrungskorrosion ist im Vergleich zu anderen Schadensmechanismen am höchsten, vgl. auch **Bild 1**. Die daraus entstehenden wirtschaftlichen und auch volkswirtschaftlichen Schäden sind enorm.



**Bild 1** Verteilung der Schadensursachen an Betonoberflächen von Brückenbauwerken im deutschen Autobahnnetz nach [2]

# Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals

---

In diesem Beitrag werden zunächst typische Schäden an Brücken und Tunneln exemplarisch aufgezeigt und die dauerhaftigkeitsrelevanten Einflussfaktoren dargestellt. Mögliche Lösungsstrategien werden kurz beleuchtet und ein variables 3-Stufen-Konzept für künftige Baumaßnahmen vorgestellt.

## 2. Beispiele

### 2.1 Brücke im Zuge der A 94 (AK München Ost)

Das Brückenbauwerk BW 17 überführt die A 94 über die Bundesautobahn A 99, den Autobahnring München. Das Bauwerk ist in vier Teilbauwerke unterteilt. Die beiden mittleren Teilbauwerke (TBW 2 und TBW 3) wurden im Jahre 1973 errichtet, vgl. **Bild 2**. Die südliche Verbreiterung (TBW 4) wurde 1999, die nördliche Verbreiterung (TBW 1) im Jahr 2004 erstellt. Die Widerlager und die drei Pfeilerreihen bestehen aus Stahlbeton. Ein Teil der Pfeiler wurde im Jahr 2005 mit einer Tiefenhydrophobierung versehen, da die Pfeiler, auch die des TBW 4, sehr hohe Chloridgehalte aufwiesen und bereits Abplatzungen über korrodierenden Bewehrungseisen festgestellt wurden. Die vierfeldrigen Überbauten des Bauwerks bestehen aus mehrstegigen Spannbetonfertigteilen mit einer durchlaufenden Ortbetondecke. Die Spannbetonfertigteile aus den 70er Jahren weisen Fußaufweitungen auf, bei einer planmäßigen Betondeckung von 2,5 cm.



**Bild 2** AK München Ost, BW 17, Baujahr 1973, Teilbauwerke 1999, 2004

Im Zuge der Bauwerksuntersuchung nach DIN 1076 wurden vertiefte Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit durchgeführt. Neben den Schäden am ursprünglichen Bauwerk zeigte sich, dass auch die Dauerhaftigkeit der in den Jahren 1999 und 2004 fertiggestellten Teilbauwerke bereits deutlich beeinträchtigt war. Auch hier waren die Schäden an den Stegen der Plattenbalken über den Lkw-Spuren deutlich ausgeprägter als über den anderen Spuren. In Bereichen mit geringen Betondeckungen kam es an der Untersicht der Spannbetonfertigteile bereits zu großflächigen Abplatzungen.

In Bezug auf die übrigen Bauteile wurde Folgendes festgestellt [3]:

- Der Überbau, über den die A 94 führt, wies an der Oberseite ausnahmslos Chloridgehalte im Bereich des Eigenchloridgehalts des Betons auf. D.h., wenn die Abdichtung intakt ist und der Beton geschützt, ist die Dauerhaftigkeit des Betons auch nach fast 50 Jahren sehr gut.

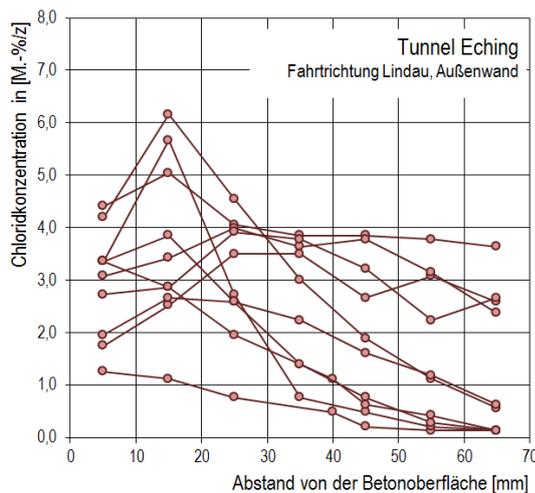
## Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals

- Bei den im Jahr 2005 verstärkten Pfeilern mit einer aufgetragenen Tiefenhydrophobierung wurden lediglich in der 1. Tiefenlage (0-20 mm) erhöhte Chloridgehalte bis i.M. 0,7 M.-%/z festgestellt, tiefer lag der Chloridgehalt in der Größenordnung des Eigenchloridgehalts.
- Die Widerlager des ursprünglichen Bauwerks wiesen bis auf Höhe der Bewehrung hohe korrosionsauslösende Chloridgehalte auf.
- Die 2005 hergestellten Widerlager wiesen bereits bis in die 2. Tiefenlage (20-40 mm) Chloridgehalte über 1,0 M.-%/z auf.

Das Bauwerk musste aufgrund der starken Schäden an den Spannbetonträgern erneuert werden.

### 2.2 Tunnel Eching und Etterschlag

In der Zeit von 2011 bis 2015 wurden an den Tunnelbauwerken Eching und Etterschlag (Fertigstellung in den Jahren 1995 bzw. 1998) durch verschiedene Ingenieurbüros umfangreiche Zustandserfassungen der Tunnelwände und -decken sowie der Notgehwege und Schlitzrinnen durchgeführt. Zu diesem Zweck wurden Potentialfeld-, Betondeckungs- sowie Elektrolytwiderstandsmessungen und tiefengestaffelte Bohrmehlentnahmen zur Chloridgehaltsbestimmung durchgeführt und lokal Bewehrung sondiert.



**Bild 3** Ergebnisse der Chloridgehaltsbestimmungen an der Außenwand des Tunnels Eching, Fahrtrichtung Lindau [4]

Bei den Untersuchungen zur Bewertung der Gefahr von Bewehrungskorrosion zeigte sich in beiden Tunneln, dass alle Tunnelwände fast über die komplette Höhe unerwartet hohe Chloridgehalte aufwiesen [4]. Dabei wurde wider Erwarten nur eine vergleichsweise geringe Abnahme der Chloridgehalte mit zunehmender Höhe der Entnahmestelle und keine systematische Abnahme der Chloridgehalte mit zunehmendem Abstand vom Tunnelportal festgestellt, d. h., erhöhte Chloridgehalte liegen nahezu über die gesamte Tunnellänge und Wandhöhe vor. Beispielhaft sind in **Bild 3** die Ergebnisse der Bohrmehlentnahmen aus dem Tunnel Eching für die am stärksten belastete Außenwand (Fahrtrichtung Lindau) dargestellt.

Die Chloridgehalte in den Tunnelwänden des Tunnels Etterschlag sind oberflächennah ebenfalls sehr stark erhöht, allerdings sind die Chloridgehalte in größeren Tiefenlagen tendenziell

## Erfahrungsaustausch des Bauwerksprüfpersonals

---

geringer als im Tunnel Eching, was in erster Linie auf die höhere Betongüte und damit einhergehend geringere Kapillarporosität des Betons zurückzuführen ist.

Lokale Bewehrungs Sondierungen im Bereich von Rissen oder Betonierfehlstellen in beiden Tunneln ergaben an einzelnen Bewehrungsstäben korrosionsbedingte Querschnittsverluste von bis zu rd. 50 %. Die Chloridgehalte in den Schlitzrinnen und Notgehwegen waren bis in eine Tiefe des Betons von 100 mm stark erhöht. Zum Teil wurden Querschnittsverluste von bis zu 100 % festgestellt.

Die Chloridgehalte in den Tunneldecken erwiesen sich in beiden Tunneln als unkritisch. Es ist an dieser Stelle anzumerken, dass die Untersichten von Tunneldecken in Ortbetonbauweise grundsätzlich eine glatte Untersicht haben.

### 2.3 Fazit

Die beschriebene Brücke und die beiden Tunnel stehen stellvertretend für eine Vielzahl vergleichbarer Infrastrukturbauwerke im Zuge von Bundesfernstraßen. Daraus leitet sich für die Planung und den Betrieb von Ingenieurbauwerken in Bezug auf eine zukünftige Verbesserung der Dauerhaftigkeit die zentrale Frage ab:

Durch welche Maßnahmen kann künftig die Dauerhaftigkeit gegenüber chloridinduzierter Bewehrungskorrosion derart verbessert werden, dass die planmäßige Nutzungsdauer ohne umfangreiche Instandsetzungsmaßnahmen erreicht werden kann?

## 3. Dauerhaftigkeitsrelevante Einflussfaktoren

Chloridinduzierte Korrosion tritt bei Stahlbetonbauteilen auf, bei denen Chloride von der Bauteiloberfläche zur Bewehrungsfläche transportiert werden und infolge von Aufkonzentrationen der Chloridgehalt auf Bewehrungshöhe den kritischen korrosionsauslösenden Chloridgehalt von Betonstahl überschreitet. Die Einflussfaktoren der chloridinduzierten Bewehrungskorrosion lassen sich in zwei Bereiche unterteilen und werden in [5] detailliert dargestellt:

Einwirkungsseite:

- Streusalzaufkommen
- Verkehrsintensität
- Entfernung der Chloridquelle vom Bauteil
- Bauteilausrichtung

Widerstandsseite:

- Betondeckung
- Materialwiderstand Beton (w/z-Wert, Bindemittelkombination)
- Materialwiderstand Betonstahl (Normaler Stahl, verzinkter Stahl, nichtrostender Stahl, Glasfaserbewehrung)

Darüber hinaus begünstigt eine feingliedrige Konstruktion mit nach oben abgeschrägten Flächen bzw. Fußaufweitungen der Überbauten den Chloridangriff.

## 4. Lösungsansätze

Aus den Einflussfaktoren ergeben sich für Neubauprojekte nach [5] drei mögliche Lösungsstrategien, um Korrosion zu unterbinden oder die Korrosionsinitiierung so weit nach hinten zu verschieben, dass während der Nutzungsdauer nicht von einer relevanten Schädigung auszugehen ist:

1. Verlangsamen des Chloridtransports zur Bewehrung durch betontechnologische Maßnahmen
2. Erhöhen des kritischen korrosionsauslösenden Chloridgehalts des Bewehrungsstahls durch Verwenden von Stahl mit erhöhtem Korrosionswiderstand
3. Unterbinden des Chlorideindringens in den Konstruktionsbeton durch Aufbringen einer Tiefenhydrophobierung

Aus den unter Ziff. 2 gemachten Erfahrungen sollten künftig möglichst keine feingliedrigen Konstruktionen für Brückenüberbauten bzw. Tunnel unmittelbar über den Autobahnen verwendet werden.

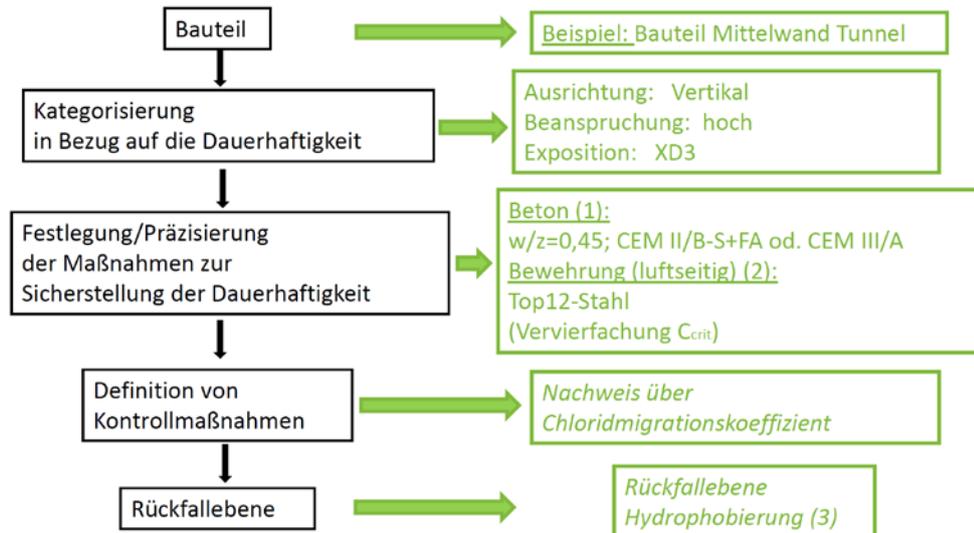
## 5. Variables 3-Stufen-Konzept

In der Praxis wird der Chloridangriff durch die Zuordnung des betroffenen Stahlbetonbauteils zu einer entsprechenden Expositionsklasse berücksichtigt und damit indirekt Anforderungen an die Betonzusammensetzung gestellt. Die zahlreichen unter Ziff. 2 beschriebenen Schäden zeigen aber, dass für besonders stark beanspruchte Bauteile weitere Maßnahmen ergriffen werden müssen.

Unter dem variablen 3-Stufen-Konzept [5] versteht man eine „maßgeschneiderte“ Kombination der unter Ziff. 4 beschriebenen Strategien in Abhängigkeit des Bauteils und der Umgebungsbedingungen auf der Basis von vollprobabilistischen Lebensdauerberechnungen.

Zunächst wird das Bauteil z.B. in Hinblick auf seine Ausrichtung, Exposition und die anvisierte Lebensdauer kategorisiert, siehe **Bild 4**. Im Falle eines Tunnelbauwerks wären dies z.B. die Bauteile „Notgehweg“, „Tunnelwand“ und „Tunneldecke“. Die betontechnologischen Maßnahmen können i.d.R. weitgehend kostenneutral durchgeführt werden und sollten daher grundsätzlich verfolgt werden.

Der Einsatz von korrosionsarmer Bewehrung richtet sich nach der Exposition. So ist z.B. der Einsatz von Top12-Stahl ohne Walzhaut mit einer vierfachen Erhöhung von  $C_{krit}$  gegenüber herkömmlichem Betonstahl für die luftseitige Bewehrung der hochbeanspruchten Wände eines Tunnels zur Sicherstellung einer Lebensdauer von 100 Jahren erforderlich, während bei einer mäßig beanspruchten Tunneldecke eine betontechnologische Optimierung ausreichend ist.



**Bild 4** Variables 3-Stufen-Konzept als Baukastenprinzip, nach [6]

Zahlreiche Erfahrungen haben gezeigt, dass die Dauerhaftigkeit nur dann erreicht werden kann, wenn die Ausführung qualitativ hochwertig ist. Um dies sicherzustellen, sieht das variable 3-Stufen-Konzept nach der Ausführung eine Qualitätskontrolle der dauerhaftigkeitsrelevanten Materialeigenschaften durch den Auftraggeber vor, z.B. mittels Bestimmung des Chloridmigrationskoeffizienten ( $D_{RCM}$ ) am Bauwerk. Wird ein bestimmter, im Leistungsverzeichnis verankerter Zielwert nicht erreicht, so ist auf Kosten der ausführenden Firma im Rahmen einer „Rückfallebene“ zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit eine Tiefenhydrophobierung auf das Bauteil aufzubringen.

## Literaturverzeichnis

- /1/ <http://www.bast.de/DE/Statistik/Bruecken/Brueckenstatistik.pdf> (Stand 01.03.2018)
- /2/ Schießl, P.; Mayer, T.: Lebensdauermanagementsystem – Teilprojekt A2. Schlussbericht zur ersten Phase des DAfStb/BMBF-Verbundforschungsvorhaben „Nachhaltig Bauen mit Beton“, DAfStb-Heft 572, 2007
- /3/ Schießl-Pecka, A.; Willberg, U.; Müller, G.; Gehlen, C.: 100 Jahre Dauerhaftigkeit für Brücken- und Tunnelbauwerke, Tagungsband 28. Dresdner Brückenbausymposium 2018, Seite 157 bis 167
- /4/ Schießl-Pecka, A.; Schneck, U.; Willberg, U.; Goj, K.; Hocke, Ch.: A96 Lindau – München, Tunnel Eching und Etersschlag – Umsetzung von Erhaltungsmaßnahmen und eines Konzeptes zur Betoninstandsetzung im Zuge der Tunnelnachrüstung nach RABT, in DGGT (Hrsg.): Taschenbuch für den Tunnelbau 2018, Seite 180 bis 219
- /5/ Schießl-Pecka, A.; Willberg, U.; Rausch, A.; Bäuml, W.: 100 Jahre Dauerhaftigkeit für Brücken- und Tunnelbauwerke, Beton- und Stahlbetonbau 113 (2018) Heft 9
- /6/ Willberg, U.; Schießl-Pecka, A.: Chloridbelastung von Tunnelinnenschalen, Analyse, Vorbereitung, Instandsetzung und Konsequenzen für den Neubau, Tagungsband 8. Bast Tunnelbausymposium 2018 (Tagungsband in Vorbereitung)

**Aussprache zu allgemeinen Themen**

**„Koblenzer Impressionen“**



Balduinbrücke Koblenz



Blick von der Festung Ehrenbreitstein auf das Deutsche Eck