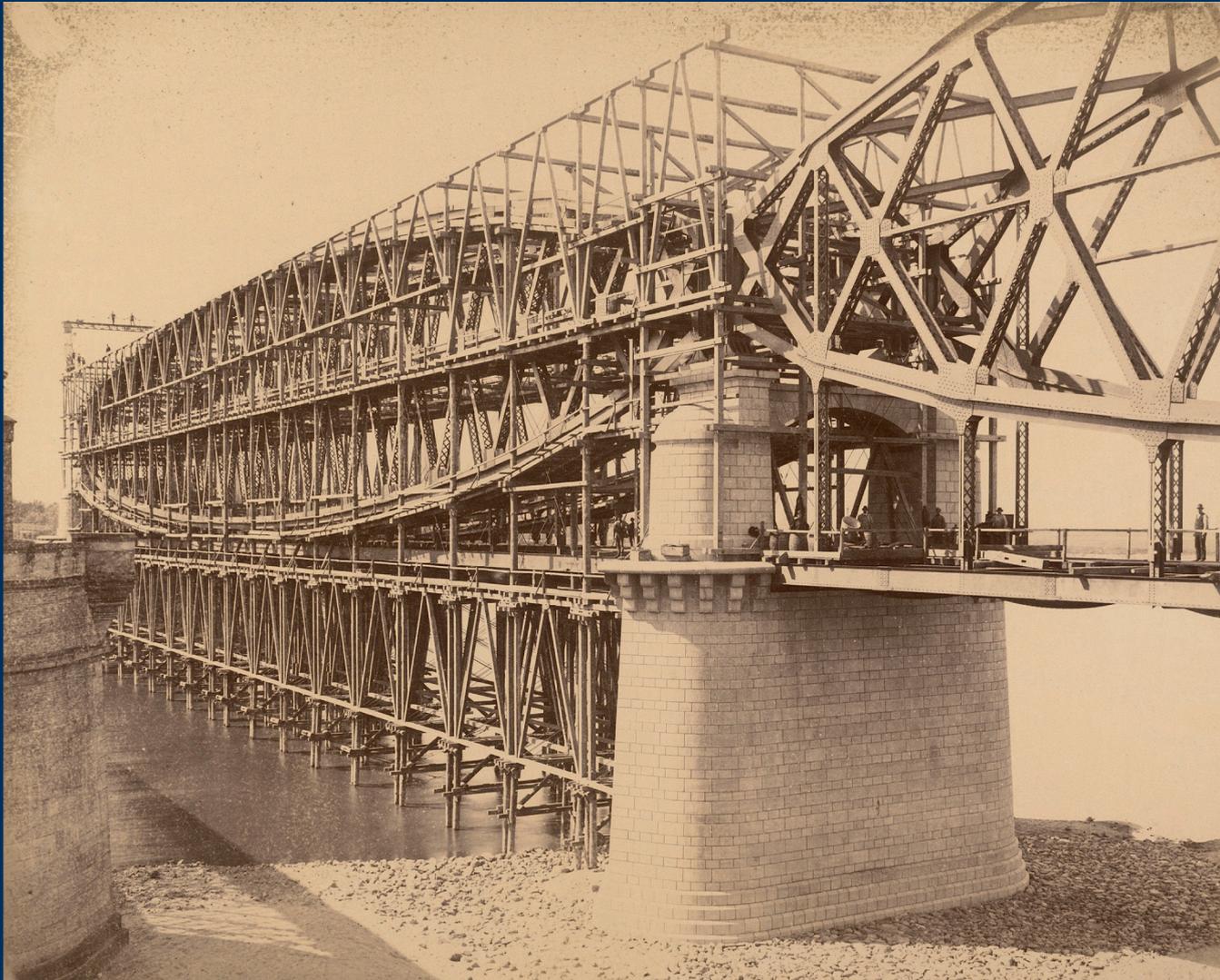




**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

FAKULTÄT BAUINGENIEURWESEN Institut für Massivbau www.dbbs.tu-dresden.de



27. DRESDNER BRÜCKENBAUSYMPOSIUM

**PLANUNG, BAUAUSFÜHRUNG, INSTANDSETZUNG
UND ERTÜCHTIGUNG VON BRÜCKEN**

13./14. MÄRZ 2017

© 2017 Technische Universität Dresden

Alle Rechte vorbehalten.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichnungen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen.

Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie als solche nicht eigens markiert sind.

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach
Technische Universität Dresden
Institut für Massivbau
01062 Dresden

Redaktion: Silke Scheerer, Angela Heller

Layout: Ulrich van Stipriaan

Anzeigen: Harald Michler

Titelbild: Neue Weichselbrücke, Dirschau – Ansicht vor Fertigstellung 1891
Foto: Ferdinand Schwarz, Architekturmuseum der TU Berlin, Inv. Nr. BZ-F 14,025

Druck: addprint AG, Am Spitzberg 8a, 01728 Bannewitz / Possendorf

ISSN 1613-1169
ISBN 978-3-86780-510-0



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

Institut für Massivbau <http://massivbau.tu-dresden.de>

Tagungsband

27. Dresdner Brückenbausymposium

Institut für Massivbau
Freunde des Bauingenieurwesens e.V.
TUDIAS GmbH

13. und 14. März 2017

Inhalt

Herzlich willkommen zum 27. Dresdner Brückenbausymposium	9
<i>Prof. Dr.-Ing. habil. DEng/Auckland Hans Müller-Steinhagen</i>	
Verleihung der Wackerbarth-Medaille	11
<i>Prof. Dr.-Ing. Hubertus Milke</i>	
Laudatio	12
<i>Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach</i>	
Zu aktuellen Entwicklungen im Stahl- und Stahlverbundbrückenbau	
– Fokus: Korrosionsschutz	15
<i>TRDir Dr.-Ing. Gero Marzahn</i>	
Brücken in Lateinamerika – Technik und Geschichte	25
<i>Dr. Dirk Bühler</i>	
Das alte und das neue Ottendorfer Viadukt	43
<i>Prof. Dr.-Ing. Thomas Bösche, Dipl.-Ing. Elke Hering, Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Jens Otto Dr.-Ing. Stephan Teich</i>	
Neubau einer „atmenden“ Stadtbahnbrücke in Düsseldorf	57
<i>Dipl.-Ing. Sonja Rode, Dipl.-Ing. Tobias Riebesehl, Dipl.-Ing. Thomas Neysters, Dipl.-Ing. Guido Herbrand</i>	
Sanierung der historischen Betonbogenbrücke in Naila	71
<i>Dipl.-Ing. Ammar Al-Jamous, Dipl.-Ing. Karsten Uhlig</i>	
Georg Christoph Mehtens (1843–1917): Protagonist des Stahlbrückenbaus im wilhelminischen Deutschland	81
<i>Dr.-Ing. Karl-Eugen Kurrer</i>	
Lebenslanger Korrosionsschutz – Pilotprojekt Stahlverbundbrücke	103
<i>Dr.-Ing. Stefan Franz</i>	
Interaktion zwischen Praxis und Forschung	
– Systematische Nachrechnung des Brückenbestands in Mecklenburg-Vorpommern	117
<i>Dipl.-Ing. Oliver Steinbock, Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Olaf Mertzsch, Dr.-Ing. Torsten Hampel Dipl.-Ing. Nico Schmidt, Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach</i>	
Chemnitztalviadukt – Neubau versus Bestandserhaltung	131
<i>Univ.-Prof. Dr.-Ing. Richard Stroetmann, Dipl.-Ing. (FH) Lutz Buchmann, Dipl.-Ing. Toralf Zeißler Dipl.-Ing. Steffen Oertel</i>	
Verstärkung von Stahlbrücken in den Niederlanden	
– Einsatz von hochfestem Beton und zielgerichtete Tragwerksverstärkung	151
<i>M.Sc. Dimitri Tuinstra, Dr.-Ing. Markus Gabler</i>	
Neue Queensferry-Brücke in Schottland	
Herausforderungen bei der Planung und Montage	161
<i>Dipl.-Ing. Martin Romberg</i>	
Brückenbauexkursion 2016 – Hup Holland Hup	177
<i>Dipl.-Ing. Oliver Steinbock, Dipl.-Ing. Jakob Bochmann</i>	
Chronik des Brückenbaus	187
<i>Zusammengestellt von Dipl.-Ing. (FH) Sabine Wellner</i>	
Inserentenverzeichnis	208

Zu aktuellen Entwicklungen im Stahl- und Stahlverbundbrückenbau – Fokus: Korrosionsschutz

TRDir Dr.-Ing. Gero Marzahn

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Referat StB17, Bonn

Im Rahmen der Brückenmodernisierung werden viele Brücken aus technischen oder wirtschaftlichen Erwägungen heraus durch einen Ersatzneubau ersetzt werden müssen. Damit verbunden sind Chancen der technischen Weiterentwicklung und Innovation im Brückenbau. Für die Stahl- und Verbundbrücken eröffnen sich vielfältige und neue Einsatzmöglichkeiten.

Neben der Entwicklung von neuen oder modifizierten Bauweisen, effizienten Querschnitten etc. wird es auch einen Entwicklungsschub in den Bauverfahren geben. Einige Entwicklungen zeichnen sich bereits ab, wozu auch der Korrosionsschutz von Stahlbauteilen im Stahl- und Verbundbrückenbau gehört. Hierzu soll im Weiteren berichtet werden.

1 Einleitung

Das in die Jahre gekommene Netz der Bundesfernstraßen, vorrangig im westlichen Teil Deutschlands, muss quasi „unter dem rollenden Rad“ modernisiert werden. Die meisten Brücken, einst für wesentlich kleinere, leichtere und deutlich weniger Fahrzeuge geplant und gebaut, müssen wegen gestiegener Anforderungen verstärkt oder erneuert werden. Um die notwendigen Ertüchtigungsmaßnahmen im Bundesfernstraßennetz beschleunigt abzuarbeiten, wurde ein Programm zur Brückenmodernisierung aufgelegt [1]. Dabei gilt, dass jede zu modernisierende oder zu ersetzende Brücke, die Baurecht erhält, auch finanziert wird.

Die Haushaltsmittel für Erhaltungsmaßnahmen steigen im Rahmen des Investitionshochlaufs in den kommenden Jahren konsequent an und werden sich von 2,2 Mrd. EUR in 2011 auf 4,2 Mrd. EUR in 2020 in etwa verdoppeln. Allein für die Brückenmodernisierung großer und kleiner Brücken sind die in Tabelle 1 aufgeführten Haushaltsansätze vorgesehen.

Die jährliche Zuweisung der Mittel an die Länder erfolgt bedarfsgerecht entsprechend der im Straßenbauplan veranschlagten Brückenertüchtigungsmaßnahmen. Die Erkenntnis, dass die Erhaltung des bestehenden Bundesfernstraßennetzes und insbesondere seiner Bauwerke eine prioritäre und kontinuierlich zu leistende Aufgaben darstellt, die weit über die aktuelle Legislaturperiode hinausgeht, ist vorhanden. Sie wird über viele Jahre von Bund, Ländern und der Wirtschaft große Anstrengungen abverlangen.

Mit den Anstrengungen sind aber auch große Chancen verbunden. Obwohl mit dem Bauen „unter dem rollenden Rad“ unweigerlich Verkehrsbehinderungen verbunden sind, lassen sich diese jedoch durch intelligente Verkehrsführungen sowie schnelle und wirtschaftliche Bauweisen eingrenzen. Schnelle Bauverfahren sowie wenige und zeitlich begrenzte Eingriffe in den Verkehr durch entsprechend kurze Bauzeiten werden neben der Wirtschaftlichkeit der gewählten Konstruktion daher eine bedeutendere Rolle spielen. Hieraus erwachsen vielfältige Möglichkeiten technischer Entwicklungen und Innovationen im Brückenbau, die in den nächsten Jahren zu erwarten sind und denen sich sowohl Brückenplaner als auch Bauherren öffnen sollten.

2 Korrosionsschutz von Stahl- und Verbundbrücken – Weiterentwicklung der normativen Anforderungen

Vielfältige Fragen in der weiteren Entwicklung des Stahl- und Stahlverbundbrückenbaus betreffen den Korrosionsschutz, vorrangig an den Trägeraußenseiten, aber auch an den Innenseiten, sofern es sich um begehbare Hohlkästen handelt. Hierbei ist im Wesentlichen zwischen organischen Beschichtungen und metallischen Überzügen

Tabelle 1 Haushaltsansätze für das Programm Brückenmodernisierung

Haushaltsjahr	2016	2017	2018	2019	2020
Haushaltsmittel (Mio. €)	450	620	740	760	780

zu unterscheiden. Korrosionsschutz durch Luftentfeuchtung von Hohlkästen spielt bisher keine maßgebliche Rolle.

Während organische Beschichtungen seit Jahrzehnten einen bewährten Korrosionsschutz im Stahl- und Verbundbrückenbau bieten, sind metallische Überzüge für Haupttragelemente, z. B. Feuerverzinken, kaum angewandte Verfahren. Aber auch hier schreitet die technische Entwicklung voran und verweist auf erste Pilotprojekte, z. B. auf ein Überführungsbauwerk über die A 44 bei Waldkappel/Kassel, einem Stahlverbundtragwerk (Bild 1), bei dem die Stahlträger feuerverzinkt ausgeführt wurden [2].

Der mit einer Feuerverzinkung einhergehende abmindernde Einfluss auf die Ermüdungsfestigkeit der (geschweißten) Stahlkonstruktion sowie verfahrensbedingte Besonderheiten durch die thermische Beanspruchung während des Verzinkens wurden wissenschaftlich untersucht und entsprechende Empfehlungen zur Berücksichtigung gegeben [3].

Die Schichtdicke der Verzinkung ist mit ca. 200 Mikrometer angegeben und ist so angelegt, dass diese – sofern Salzsprühnebel kaum auftreten

oder vernachlässigt werden können – über den gesamten Nutzungszeitraum der Brücke wirksam ist und keiner Erneuerung bedarf. Damit sind nicht nur wirtschaftliche Vorteile verbunden, sondern es entfallen zukünftige Instandsetzungsmaßnahmen am Korrosionsschutz, so dass weniger Baustellen und damit weniger Verkehrseingriffe erforderlich werden. Allerdings sind die zu verzinkenden Bauteilabmessungen aufgrund der Größe der Verzinkungsbäder limitiert, womit bei größeren Trägerabmessungen entweder Schraubverbindungen oder ggf. auch Schweißverbindungen (hier allerdings ggf. farbliche Beeinträchtigung durch nachträgliche Spritzverzinkung oder Zinkstaubfarbe im Stoßbereich) auf der Baustelle notwendig werden.

Eine andere, wenn auch im Brückenbau bisher noch nicht angewandte Verzinkungsmethode wäre eine thermische Spritzverzinkung. Zum Ausgleich einer evtl. geringeren Schutzwirkung gegenüber einer Feuerverzinkung unter Wahrung der Anforderung eines lebenslangen Schutzes wäre darüber hinaus eine einfache, ggf. auch farblich gehaltene organische Beschichtung erforderlich. Sofern die Wirtschaftlichkeit dieses Duplex-Systems gegeben ist, wären breite Einsatzgebiete zu erwarten, weil Bauteilabmessun-



Bild 1 Feuerverzinkung im Brückenbau – Pilotprojekt Überführungsbauwerk „Am Weinberg“ über die A 44 bei Waldkappel/Kassel

Foto: Gero Marzahn

gen keine Begrenzung mehr für die Verzinkung darstellen würden.

Korrosionsschutz von Stahlhohlkästen durch aktive Luftentfeuchtung hat in Deutschland, nicht zuletzt wegen der Unterhaltungskosten, bisher keine große Anwendung erfahren. Hier dürften sich die Randbedingungen in den nächsten Jahren nicht wesentlich ändern.

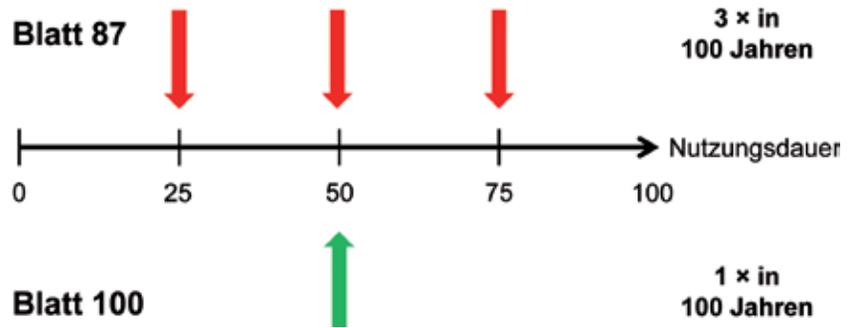


Bild 2 Verlängerung der Schutzdauer von Korrosionsschutzsystemen gemäß Blatt 100 TL/TP-KOR-Stahlbauten [4] Grafik: Gero Marzahn

Nach wie vor sind organische Beschichtungen nach Blatt 87 der Technischen Lieferbedingungen und Technische Prüfvorschriften für Beschichtungssysteme für den Korrosionsschutz von Stahlbauten (TL/TP-KOR-Stahlbauten) [4], mit denen seit über 40 Jahren (seit 1976) sehr gute Erfahrungen vorliegen, die meist angewandten Korrosionsschutzsysteme im Stahl- und Verbundbrückenbau. Die TL/TP-KOR-Stahlbauten befindet sich gerade in der Überarbeitung und soll demnächst in die TL/TP-ING aufgenommen werden. Kennzeichnend für Blatt 87 ist, dass es deskriptiv vorgeht und Aufbau, Schichtdicken und Rezepturen der Stoffe und Stoffsysteme beschreibt. So werden in Richtrezepturen die Bindemittel, Lösemittel, hinzugemischte Pigmente oder Füllstoffe sowie ggf. Additive genannt bzw. festgelegt. Für frei bewitterte Außenflächen wird ein 4-schichtiger Aufbau gefordert:

- Grundbeschichtung Epoxidharz-Zinkstaub (GB EP-Zinkstaub) 70 µm,
- 1. Zwischenbeschichtung Epoxidharz (ZB EP) 80 µm,
- 2. Zwischenbeschichtung Epoxidharz (ZB EP) 80 µm,
- Deckbeschichtung Polyurethan (DB PUR) 80 µm,

womit eine Gesamtschichtdicke von etwa 310 Mikrometern erreicht wird. Mit diesen Vorgaben ergibt sich eine relativ lange Schutzdauer von mindestens 25 Jahren, erfahrungsgemäß werden je nach Exposition des Bauwerks auch bis zu 40 Jahre erreicht. Zur Erhöhung der Korrosionsschutzwirkung sollte im Allgemeinen auf eisenglimmerhaltige Stoffe (DB-Farben) zurückgegriffen werden. Wegen der begrenzten Farbstabilität der Deckbeschichtung sind vorwiegend geprüfte Systeme nach TL/TP-KOR-Stahlbauten [4] zu verwenden, anderenfalls sind spektralphotometrische Untersuchungen oder ggf.

Auslagerungsversuche von Musterstücken zur Bestimmung der Farbstabilität erforderlich.

In den vergangenen Jahren wurden bei einzelnen Bauwerken Schäden an der PUR-Deckbeschichtung in Form von Ablösungen infolge verminderter Haftung zur letzten EP-Zwischenbeschichtung festgestellt, [5] bis [15]. Hierbei betraf es Bauwerke, bei denen die Deckbeschichtung auf der Baustelle appliziert wurde und die zwischenbeschichteten Bauteile bereits mehrere Wochen der freien Bewitterung ausgesetzt waren. Die Ursachen der Ablösung sind nicht völlig bekannt bzw. werden sehr kontrovers diskutiert (mehrere Einflüsse könnten ursächlich sein). Auch treten diese Erscheinungen nicht flächendeckend und systematisch auf, wie eine vom Bund durchgeführte Befragung bei den Straßenbauverwaltungen der Länder zeigte.

Nicht nur wegen der offenen Fragen zur Enthftung der Deckschicht und Schritten zur Abhilfe, sondern auch, um die technische Entwicklung der Beschichtungssysteme aufzugreifen, wurden im vergangenen Jahr die Arbeiten zur Neuformulierung der Korrosionsschutzanforderungen im Blatt 100 einer beabsichtigten Aktualisierung der TL/TP-KOR-Stahlbau [4] intensiviert. Verbunden damit ist eine grundlegende Umstellung der Beschreibung der Anforderungen an die Korrosionsschutzbeschichtungen. Statt Richtrezepturen vorzugeben, werden Leistungsdaten der Beschichtungssysteme formuliert. Damit folgt man den üblichen europäischen leistungsorientierten Systembeschreibungen. An den bewährten Bindemitteln (EP- und PUR-Harze) wird weiterhin festgehalten. Angestrebt wird, die Schutzdauer der Korrosionsschutzbeschichtung wesentlich anzuheben und mindestens 50 Jahre Schutzdauer zu erreichen (Bild 2).

Mit den eingesetzten Stoffen kann die Schichtdicke derart eingestellt werden, dass die Schutzwirkung bereits mit drei Schichten erreicht wird. Die

Gesamtschichtdicke beträgt etwa 400 Mikrometer. Somit entfällt ein Arbeitsgang, womit die Wirtschaftlichkeit gegenüber den Systemen nach Blatt 87 verbessert wird.

Durch eine Reduktion von Lösemitteln (VOC-Reduktion, VOC = flüchtige organische Verbindungen) wird ein verbesserter Umweltschutz und die REACH-Konformität erreicht. Die europäische REACH-Verordnung (EU 1907/2006) [16] steht für *Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals*, also für die Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien, welche das bisherige Chemikalienrecht grundlegend europäisch harmonisiert.

Durch die Verwendung farbstabilerer Materialien soll eine höhere Farbstabilität des Beschichtungssystems erreicht werden. Ebenfalls besteht durch die neuen Stoffformulierungen die begründete Hoffnung, die EP/PUR-Zwischenhaftungs-Thematik zu beseitigen.

Gegenwärtig wird diskutiert, ggf. mechanische, thermische und chemische Zusatzprüfungen einzuführen (Splitt, Chemikalien, Temperaturen beim Einbau von Straßenbelag, SLV), um breitere und mehr Anwendungsfälle abdecken zu können.

Der Entwicklungshorizont für das Blatt 100 ist anspruchsvoll. Gegenwärtig werden die notwendigen Prüfungen und Prüfanforderungen festgelegt. Bis 2018 sollen entsprechende Produkte entwickelt und getestet werden. Die Erprobung der Praxistauglichkeit soll danach innerhalb eines 5-jährigen Pilotzyklus mit ausgewählten Bauwerken erfolgen, bevor ab 2023 das Blatt 100 als Standardsystem im Regelwerk verankert wird und die bisher geltenden Blätter 87, 89, 94, 95 und 97 [4] schrittweise zurückgezogen werden können.

3 Innerer Korrosionsschutz von Stahlhohlkästen

Ver mehrt werden Bauwerksentwürfe von Stahlverbundbrücken erarbeitet, die dicht geschweißt und daher nicht begehbar sind, weshalb auf einen inneren Korrosionsschutz verzichtet werden kann. Entfällt der innere Korrosionsschutz und auch eine Ausstattung für Bauwerksprüfungen im Inneren der Hohlkästen, lassen sich wirtschaftliche Vorteile heben. Der notwendige Korrosionsschutz des Kasteninneren wird in diesen Fällen durch eine Dichtschweißung (Unterbindung von Sauerstoff- und/oder Feuchtigkeitstritt) erreicht. Die Kehrseite dieser Querschnittsausbildung ist, dass dann auch keine handnahe Bauwerksprüfung nach DIN 1076 [17] mehr ohne weiteres möglich ist.

Erfahrungen im Umgang mit älteren Bauwerken belegen jedoch, dass es gerade von Vorteil ist, Hohlkästen von Stahl- und Verbundbrücken auch von innen handnah zu prüfen, weil Schäden, meist in Form von Ermüdungsrissen an der orthotropen Fahrbahn oder im Aussteifungssystem, im Kasteninneren detektiert und auch instandgesetzt werden können.

Die handnahe Bauwerksprüfung nach DIN 1076 [17] ist ein wesentlicher Baustein in der Sicherheitsphilosophie der Bauwerke und für jeden Betreiber einer Brücke sehr wertvoll. Dabei liegt die Betonung auf „handnah“, weil hiermit sichergestellt ist, dass die Prüfung durch fachkundige Ingenieure ausgeführt wird. Weiterhin bedarf es, z. B. für eine Rissdetektion, neben einem profunden Fachwissen der Bauwerksprüfungingenieure meist auch gewisser Prüftechniken, die bisher nicht automatisiert durchführbar oder auch auswertbar sind.

Daher sind Bauwerke, die eine umfängliche handnahe Bauwerksprüfung auch im Inneren von Stahlhohlkästen ermöglichen, der Ausführung anderer Brücken vorzuziehen. Ein wesentliches Kriterium, ob eine Bauwerksprüfung handnah von innen erfolgen kann, sind u. a. die geometrischen Abmessungen der Querschnitte, so dass eine Begehbarkeit überhaupt gewährleistet ist. Hinweise dazu gibt die RBA-BRÜ [18]. Zukünftig werden die Regelungen der RBA-BRÜ in die kurz vor Veröffentlichung stehenden RE-ING [19] übergehen, so dass die RBA-BRÜ zurückgezogen werden kann.

Hinsichtlich einer Begehbarkeit sind zukünftig drei Fälle zu unterscheiden:

1) Begehbare Stahlhohlkästen (RBA-BRÜ: $H \geq 1,90 \text{ m}$ und $B \geq 0,80 \text{ m}$)

Hohlkästen mit den oben genannten Abmessungen bieten eine grundsätzliche Begehbarkeit. Daher sollten sie auch jederzeit begehbar, also nicht dichtgeschweißt, ausgeführt werden (Bild 3). Eine Ausstattung für die Bauwerksprüfung gemäß RBA-BRÜ [18], z. B. Besichtigungseinrichtungen, Beleuchtung, Belüftungsöffnungen, sollte vorgesehen werden. Der innere Korrosionsschutz sollte hell, am besten weiß, zur besseren Risserkennung angelegt sein. Auch sollten Notentwässerungsöffnungen vorgesehen werden. Wird die o. g. lichte Durchgangshöhe in Teilbereichen unterschritten (RBA-BRÜ: $H \geq 1,60 \text{ m}$), so sind diese Bereiche nach Möglichkeit und Zumutbarkeit hinsichtlich Bauwerksprüfung ebenfalls begeh- bzw. bekriechbar auszuführen. Alternativ könnte der Brückenträger in begehbar und dichtgeschweißte, also nicht begehbar Bereiche, unterteilt werden.

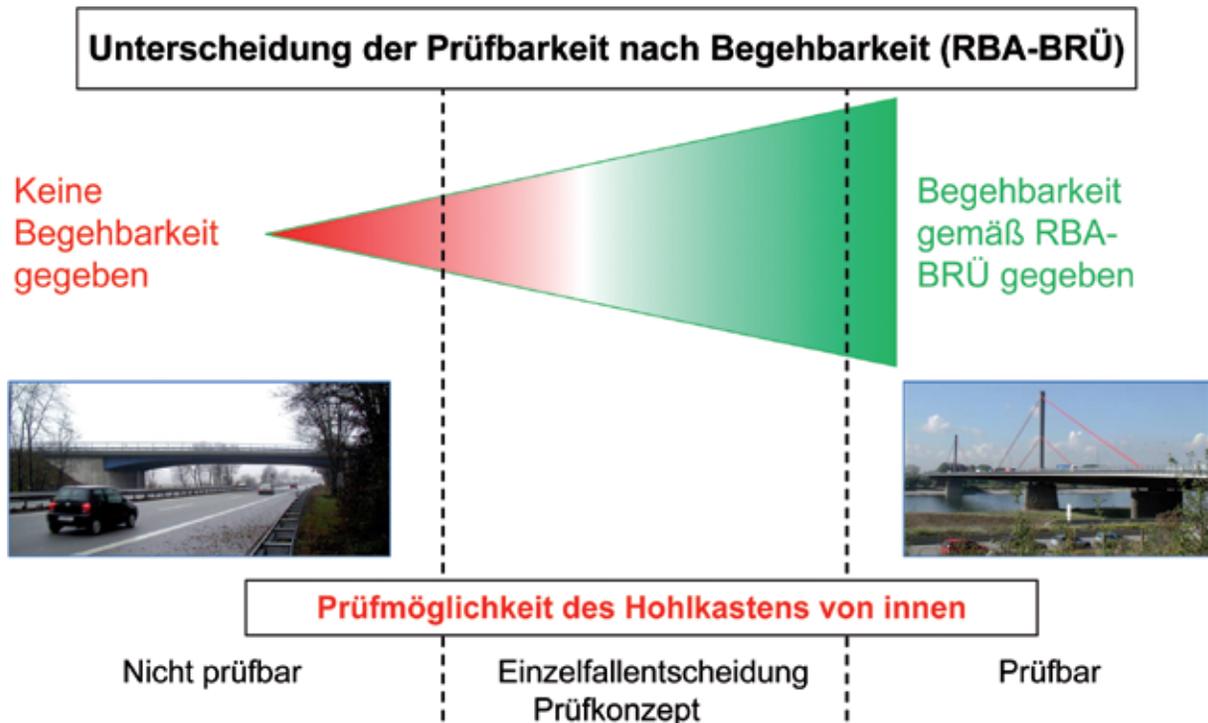


Bild 3 Dichtschweißung vs. innerer Korrosionsschutz von Stahlhohlkästen

Grafik: Gero Marzahn

2) Nicht begeh- bzw. bekriechbare Stahlhohlkästen

Hohlkästen, deren Abmessungen eine Zugänglichkeit nicht zulassen sowie grundsätzlich kleine Hohlkastenbauteile, wie z. B. Trapezsteifen, Schrammborde, Stabbögen, gelten als nicht begehbar und sind mittels Dichtschweißung vor Wasser- und Sauerstoffzutritt zu schützen (Bild 3). Ein innerer Korrosionsschutz und eine Ausstattung für die Bauwerksprüfung sind in diesen Fällen nicht sinnvoll und auch nicht vorzusehen. An den Tiefpunkten der Konstruktion sind jedoch Schraubstopfen vorzusehen, die während der Bauwerksprüfung planmäßig zu öffnen und zu kontrollieren sind. Entsprechende Anforderungen sollten im Bauwerksbuch eingetragen werden. Wegen der nicht vorhandenen Prüfbarkeit der Hohlkästen von innen sind an die hoch ermüdungswirksam beanspruchten Schweißnähte (obere Anschlussnähte des Deckblechs an die Stege) besondere Anforderungen hinsichtlich der Ausführungsqualität für eine erhöhte Ermüdungssicherheit zu stellen bzw. entsprechende Sicherheitsanforderungen zu formulieren. Die Hohlkästen sind in ihrer Konstruktion möglichst einfach, d. h. ohne Versprünge, ohne plötzliche Querschnittsänderungen, wenige Einbauten etc., auszuführen.

Zuweilen wurden in der Vergangenheit darüber hinaus Überdrucktests, so genannte Dichtheits-tests, der Hohlkästen nach Fertigstellung abgefor-

dert. Diese Anforderung ist allerdings kritisch zu hinterfragen und wird zukünftig auch keine Rolle mehr im Regelwerk spielen.

3) Bedingt begeh- bzw. bekriechbare Stahlhohlkästen

Schließen die Geometrieverhältnisse eine Zugänglichkeit der Hohlkästen nicht grundsätzlich aus, gelten diese Kästen als bedingt begehbar (Bild 3). Bei diesen Hohlkästen ist zu überprüfen, ob eine planmäßige Prüfung der inneren Bauteile nach DIN 1076 [17] zumutbar ist oder ob die Hohlkästen als nicht begehbar eingestuft und dichtverschweißt auszuführen sind. Ggf. kann eine Unterteilung des Querschnitts über die Trägerlängsachse in begehbare, bedingt begehbare und nicht begehbare Abschnitte erfolgen. Im Falle der dichten Verschweißung der bedingt begehbaren Bereiche ist die Zugänglichkeit des Hohlkastens für eine Bauwerksprüfung aus besonderem Anlass vorzusehen. Die Einstiegsöffnungen in den Hohlkästen sind über einen Einstiegsrahmen zu verschweißen; Türen sind wegen der Prüfaufwendungen der Abdichtungen und der Scharniere nicht vorzusehen. Die Einstiegsöffnungen sind in der Statik zu berücksichtigen. Obwohl die Korrosionsbelastung so gering ist, dass ein innerer Korrosionsschutz eigentlich nicht notwendig wäre, ist dennoch ein zumindest einschichtiger heller Korrosionsschutz zur besseren Prüfbarkeit der innenliegenden Bauteile und besseren Risserkennung vorzusehen. An den Tiefpunkten der

Konstruktion sind Schraubstopfen vorzusehen, die während der Bauwerksprüfung planmäßig zu öffnen und zu kontrollieren sind. Auch hierfür ist ein entsprechender Eintrag in das Bauwerksbuch vorzunehmen. Eine angepasste Ausstattung (z. B. Anschlaghaken) sowie ein Prüfkonzept für die Bauwerksprüfung aus besonderem Anlass (z. B. ggf. Verwendung von Atemschutzmasken) sind vorzusehen. Die Anforderungen an Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz sind dabei zu beachten. Die Hohlkästen sind in ihrer Konstruktion möglichst einfach auszuführen; so sollte auf besondere Anschlüsse, Steifigkeitssprünge, Querschnittssprünge etc. weitgehend verzichtet bzw. sollten weitergehende Anforderungen an ermüdungssichere Verbindungen gestellt werden.

Grundsätzlich sind zur Dokumentation von dichtgeschweißten Konstruktionen und einer evtl. vorhandenen Begehrbarkeit entsprechende Hinweise im Feld 'Bemerkungen' in SIB-Bauwerke aufzunehmen.

4 Anforderungen an den inneren Korrosionsschutz von Stahlhohlkästen

4.1 Begehrbare Hohlkästen

Frei begehrbare Hohlkästen werden derzeit mit einem inneren Korrosionsschutzsystem ausgestattet, das z. B. nach Blatt 87 meist vor Ort dreilagig aufgebaut wird:

- GB EP-Zinkstaub 70 µm,
- ZB EP 80 µm,
- DB EP 80 µm.

Die Gesamtschichtdicke beträgt damit 230 Mikrometer. Als Bindemittel findet im Wesentlichen Epoxidharz (EP) Verwendung. Gemäß DIN EN ISO 12944-2 [20] werden damit die Anforderungen an eine Korrosivitätskategorie C5 erfüllt. Es wird eine theoretische Schutzdauer von mindestens 15 Jahren erreicht. Auf Grund der deutlich geringeren, tatsächlich anliegenden Korrosivitätsbelastung ist von einer wesentlich längeren Schutzdauer von bis zu 40 Jahren oder mehr auszugehen.

Mit der Entwicklung von Blatt 100 soll auch der Aufbau des inneren Korrosionsschutzsystems grundlegend angepasst werden, wobei wiederum eine 2K-Epoxidharzbeschichtung zur Anwendung kommen soll. Zur Gewährleistung einer Korrosivitätskategorie C5 nach DIN EN ISO 12944-2 [20] müsste der Aufbau allerdings zweilagig aufgebaut

werden, um eine Schutzdauer von mindestens 15 Jahren sicherzustellen. Die Gesamtschichtdicke beträgt ca. 200 bis 250 Mikrometer. Die obere Beschichtung ist grundsätzlich hell abzutönen. Die Applikation beider Schichten sollte bis auf die unmittelbaren Fügstellen für Baustellenschweißungen grundsätzlich vollflächig im Werk erfolgen, so dass Strahlarbeiten vor Ort weitgehend entfallen und nur noch Restflächen an den Fügstellen auf der Baustelle beschichtet werden müssen.

Aufgrund der nachweislich geringeren Korrosionsbelastung im Inneren von Stahlhohlkästen ist die bisherige Forderung einer C5-Korrosivitätskategorie kritisch zu hinterfragen. Gegebenenfalls sind hierbei Differenzierungen anhand der Exposition der zu schützenden Flächen möglich, so dass bis auf wenige Bereiche, z. B. Öffnungen, grundsätzlich eine kleinere Korrosivitätskategorie, z. B. Korrosivitätskategorie C3, vorstellbar wäre.

4.2 Bedingt begehrbare bzw. bekriechbare Hohlkästen

Bedingt begehrbare bzw. bekriechbare Hohlkästen sollen vorzugsweise dichtgeschweißte und planmäßig nur aus besonderen Anlässen oder zu ausgewählten Zeitpunkten für Inspektionen zugänglich sein. Weil nicht auszuschließen ist, dass trotz der Dichtschweißung die inneren, in der Vergangenheit bisher unbeschichtet ausgeführten Stahlflächen Flugrost ansetzen und damit eine Rissdetektion erschweren oder/und unmöglich machen, sollte zukünftig ein einschichtiger, heller Korrosionsschutz im Kasteninneren appliziert werden.

Weil wegen der Dichtschweißung aus Korrosionsschutzgründen eigentlich keine Beschichtung der inneren Stahlflächen erforderlich wäre, die Forderung nach einer hellen, einschichtigen Applikation rein aus Bauwerkprüfungsgründen erhoben wird, sollte zur Dimensionierung dieser Beschichtung lediglich eine Korrosivitätskategorie von C3 oder geringer gefordert werden. Diese Forderung wird durch die Applikation einer 200 Mikrometer dicken Schicht nach Blatt 100 sicher erfüllt. Es wird erwartet, dass die Funktionsfähigkeit der Beschichtung über die volle Nutzungsdauer der Brücke gegeben ist und keine Vollerneuerung notwendig wird.

Die Applikation der Schicht sollte wie im vorgenannten Fall grundsätzlich vollflächig bis auf die unmittelbaren Fügstellen für Baustellenschweißungen im Werk erfolgen, so dass Strahlarbeiten vor Ort weitgehend entfallen und nur noch Restflächen an den Fügstellen auf der Baustelle beschichtet werden müssen.

4.3 Nicht begehbare bzw. bekriechbare Hohlkästen

Wird die Begebarkeit bzw. Bekriechbarkeit ausgeschlossen, weil z. B. aus geometrischen Gründen keine Begehung möglich ist, z. B. Innenraum von Stabbögen, Trapezsteifen, Schrammborde etc., werden die Stahlhohlkästen dichtverschweißt. Ein zusätzlicher innerer Korrosionsschutz ist dann nicht erforderlich.

5 Erprobung der Praxistauglichkeit

Während die neuen Stoffe und Stoffsysteme durch entsprechende Regelungen der TL/TP-KOR-Stahlbauten [4] erfasst und geprüft werden, ist es darüber hinaus notwendig, die neuen Korrosionsschutzsysteme in der Anwendung, Applikation und Schutzwirkung an realen Bauwerken zu prüfen, Erfahrungen zu sammeln und diese für notwendige Verbesserungen zurückzuspiegeln. Daher sollen die oben beschriebenen Neuerungen durch Pilotprojekte auf Praxistauglichkeit überprüft werden. Die wissenschaftliche Begleitung erfolgt durch die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt). Mehrere Pilotprojekte werden derzeit ins Auge gefasst.

6 Fazit

Im Rahmen der Brückenmodernisierung werden viele Brücken aus technischen oder wirtschaftlichen Erwägungen heraus durch einen Ersatzneubau ersetzt werden müssen. Damit sind große Anstrengungen, aber auch Chancen zu technischen Entwicklungen verbunden.

Der Korrosionsschutz von Stahlbauteilen im Stahl- und Verbundbrückenbau gehört dazu und beeinflusst nicht unwesentlich die Wirtschaftlichkeit der Bauweise. Technische Neuerungen, Innovationen und Weiterentwicklungen können einerseits die Wirtschaftlichkeit erhöhen, andererseits aber auch zu einer schnelleren Bauabwicklung beitragen, ohne die hohen Anforderungen an eine tragfähige, dauerhafte, sichere und robuste Konstruktion einzuschränken.

Die genannten Möglichkeiten zur Entwicklung neuer Korrosionsschutzsysteme sowie der Gestaltung des Korrosionsschutzes im Inneren von Kastenholmträgern werden beiden Seiten gerecht.

Literatur

- [1] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI): Aktionsforum Brückenmodernisierung. Berlin, 11.11.2015 (s. a. <http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/StB/aktionsforum%20brueckenmodernisierung.html?nn=216368> – geprüft am 31.1.2017)
- [2] DEGES (Hrsg.): Projektinformation Neubau A 44 Kassel – Herleshausen, C21 AS Waldkappel – AS Ringgau Überführungsbauwerk C21/07Ü „Am Weinberg“. 8/2016
- [3] Ungermann, D.; Rademacher, D.; Oechsner, M.; Landgrebe, R.; Adelman, J.; Simonsen, F.; Friedrich, S.; Lebelt, P.; Nüsse, G.: Forschungsvorhaben P 835 / IGF-Nr. 351 ZBG – Feuerverzinken im Stahl- und Verbundbrückenbau. Bericht zum Forschungsvorhaben, Düsseldorf: Verlag und Vertriebsgesellschaft, FOSTA, Forschung für die Praxis P835, 2014, 289 S.
- [4] TL/TP-KOR-Stahlbauten: Technische Lieferbedingungen und Technische Prüfvorschriften für Beschichtungsmaterialien für den Korrosionsschutz von Stahlbauteilen (TL/TP-KOR-Stahlbauten). Dortmund: Verkehrsblatt-Verlag, 12/2002
- [5] Forschungsinstitut für Pigmente und Lacke e. V.: Untersuchung und Verbesserung der Haftfestigkeit von PUR-Deckbeschichtungen auf vorbewitterten Teilbeschichtungen. Abschlussbericht zum AIF-Forschungsvorhaben 14050 N, 2006
- [6] Gelhaar, A.; Schneider, A.: Zur Problematik der Zwischenbewitterung von Epoxidharz-Teilbeschichtungen an Brückenbauwerken. Stahlbau 76 (2007) 2, 131–142
- [7] Öchsner, W. P.; Schmidt, R.: Auf der Suche nach optimaler Zwischenhaftung. Farbe und Lacke 113 (2007) 5, S. 146 ff.
- [8] Motzke, G.; Konermann, R.: Haftungsproblem mit der Zwischenhaftung. Deutsches Ingenieurblatt (2008) März
- [9] Schober, U.; Augustin, T.; Pflugfelder, J.: 25 Jahre Pfusch am Bau? Die ZTV-KOR, Blatt 87 und die aktuelle Verbundthematik. KorroNews von Sika Korrosionsschutz GmbH, Ausgabe 1/2007
- [10] Rudolf, A.: Untersuchungen zum Haftverbund zwischen 2K-Epoxidharz- und 2K-Polyurethan-Beschichtungen. Korrosionsschutzseminar am 4.12.2008 an der IKS Dresden
- [11] Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt, Hrsg.): Forschungsbedarf bezüglich der Zwischenhaftung – Länderabfrage zu Blatt-87-Systemen. Schlussbericht zum BASt-Forschungsprojekt F1100.2208010, Bergisch Gladbach, 2009

- [12] Gurack, D.; Krüger, G.; Krotzek, A.; Rudolf, A.: Adhäsionsverhalten zwischen bewitterten 2K-EP-Beschichtungen und 2K-PUR-Beschichtungen – Einfluss der Bewitterung. Stahlbau 80 (2011) 8, S. 627–635
- [13] Binder, G.: Untersuchungen zu Zwischenhaftungsproblemen bei Korrosionsschutzbeschichtungen für den Stahlhochbau. BAW-Brief Nr. 3 (2012) April
- [14] Binder, G.: Untersuchungen zu Zwischenhaftungs- und Farbproblemen – Korrosionsschutz mit Blatt 87, Forschung und Entwicklung. Abschlussbericht, 30.6.2014
- [15] Binder, G.: Empfehlungen zum Korrosionsschutz von Brücken- und Ingenieurbauten. BAW-Brief 01/2016
- [16] VERORDNUNG (EG) Nr. 1907/2006 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 18.12.2006 (REACH-Verordnung), www.eur-lex.europa.eu
- [17] DIN 1076: Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen – Überwachung und Prüfung. Ausgabe 11/1999
- [18] RBA-BRÜ: Richtlinien für die bauliche Durchbildung und Ausstattung von Brücken zur Überwachung, Prüfung und Erhaltung (RBA-BRÜ), Ausgabe 1997
- [19] RE-ING: Richtlinien für den Entwurf, die konstruktive Ausbildung und Ausstattung von Ingenieurbauten (RE-ING). Entwurf 2016
- [20] DIN EN ISO 12944-2: Beschichtungssysteme – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 2: Einteilung der Umgebungsbedingungen (ISO 12944-2:1998); Deutsche Fassung EN ISO 12944-2:1998