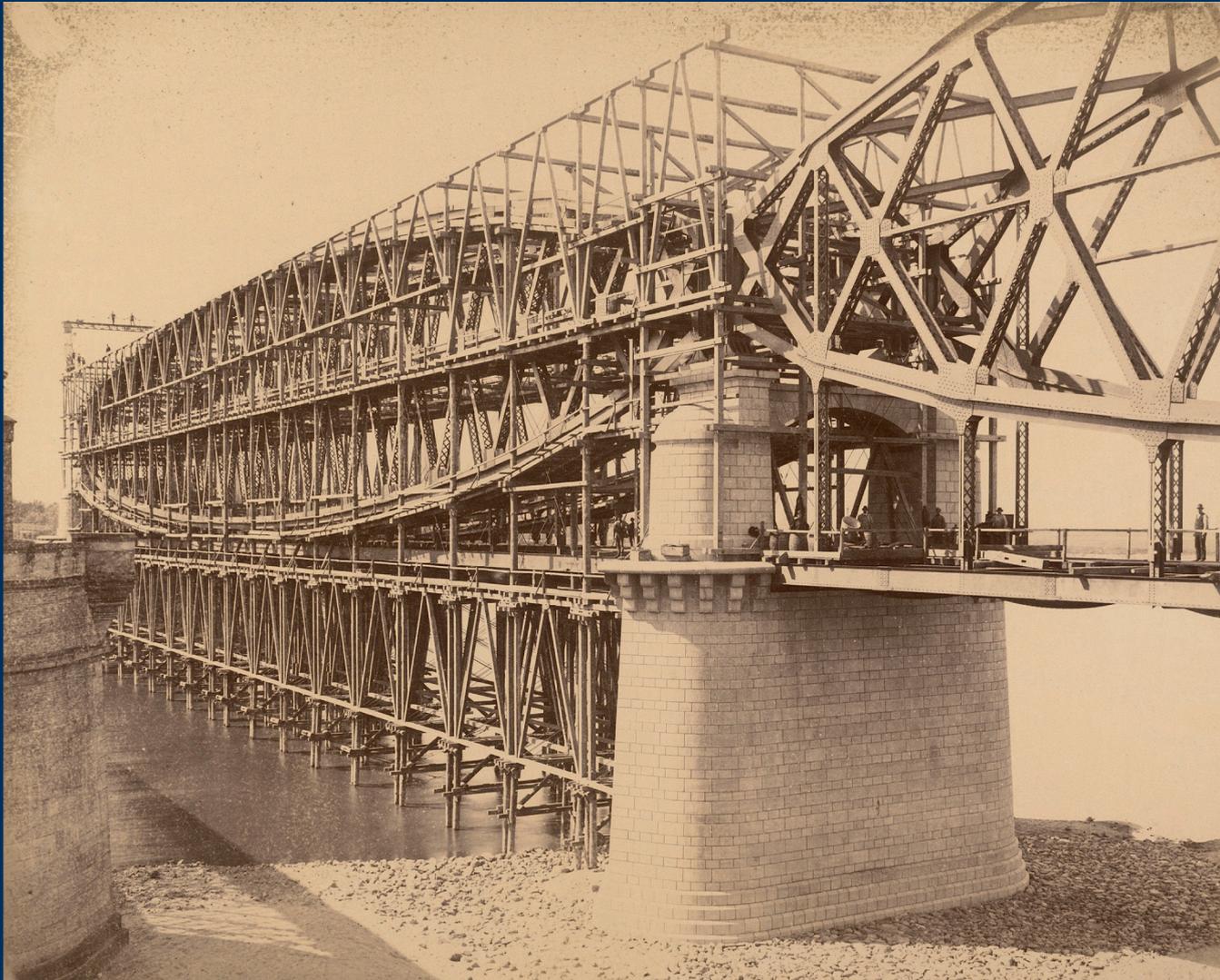




**TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN**

**FAKULTÄT BAUINGENIEURWESEN** Institut für Massivbau [www.dbbs.tu-dresden.de](http://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

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

## Sanierung der historischen Betonbogenbrücke in Naila

**Dipl.-Ing. Ammar Al-Jamous**

*CarboCon GmbH, Dresden*

**Dipl.-Ing. Karsten Uhlig**

*K+U-Plan Ingenieurgesellschaft, Wunsiedel*

### 1 Das Bauwerk

Die Bogenbrücke Naila wurde im Jahr 1910 errichtet und diente bis 1973 der Überführung der ehemaligen Bahnstrecke Naila–Schwarzenbach am Wald. Wegen ihrer Lage wird die Brücke auch als Eingangstor zur Stadt Naila bzw. in das Selbitztal bei Naila bezeichnet. Nach über 40-jähriger Lethargie sollte das imposante und unter Denkmalschutz stehende Bauwerk im Zuge des Döberberg-Radweges von Grund auf instand gesetzt und einer neuen Nutzung zugeführt werden.

Das Bauwerk besteht aus 3 Hauptbögen mit lichten Weiten von 15,00 m bei einem Stichmaß von je 9,30 m und einem kleinen Bogen am westlichen Ende. Die Wandungsdicken betragen im Scheitel 60 cm bis ca. 140 cm im Kämpfer.

Die Bögen bestehen aus einem unbewehrten Stampfbeton, dessen Gefüge und Festigkeit herstellungsbedingt – trotz nahezu gleicher Zusammensetzung – stark schwanken.

Bezüglich der Lastannahmen zum originären Bauwerk waren keine Angaben vorhanden. Es ist aber von einem Belastungszug der Königlich Bayerischen Staatseisenbahnen mit 80 t Gewicht,

verteilt auf 5 Achsen à 16 t mit je 1,4 m Abstand, für eine Lokomotive auszugehen. Die statische Nachrechnung ergab eine maximal zulässige Tragfähigkeit für die Verkehrslast eines SLW 30 nach DIN 1072 [1], sodass dem Bauwerk eine ausreichende Tragfähigkeit für die künftige Nutzung als Geh- und Radwegbrücke bescheinigt werden konnte.

### 2 Das Schadensbild

Die Bögen waren mit quer verlaufenden Trennrissen in den Betonierabschnittsfugen und flächenhaften netzartigen bzw. ungerichteten Rissen übersät. Wegen der über 100 Jahre alten und schadhafte Teerabdichtung war das Bauwerk stark durchnässt, mit großflächigen Aussinterungen und Stalaktiten an der Betonoberfläche.

Die nahezu flächendeckende Rissbildung resultierte offensichtlich aus der damaligen Betontechnologie sowie der Betonzusammensetzung mit unausgewogenem Mischungsverhältnis der Zuschläge und lagenweisem Handeinbau mit nur einfachen Hilfsmitteln zur Verdichtung des Betons. Diese Vorgehensweise hatte ein mangelhaftes bzw. gestörtes Betongefüge mit Netz- und Trennrissbildung



Bild 1 Bauwerksansicht 2007

Foto: Karsten Uhlig

durch Fröhschwinden und plastische Setzungen nach Rückbau des Leergerüstes sowie Hohlräume und Fehlstellen bis ca. 1,5 cm Durchmesser zur Folge. Über den langen Stand- und Nutzungszeitraum verstärkte sich das Rissbild durch die Verkehrsbelastung aus jahrzehntelangem Bahnbetrieb und durch Zwangsspannungen infolge klimatischer Einflüsse wie tägliche und jahreszeitliche Schwankungen von Außenlufttemperatur, Sonneneinstrahlung, Regen und Schnee mit damit einhergehenden Änderungen der Temperaturverteilung in den massigen Betonquerschnitten der Bögen. Die senkrechte Stellung der Trennrissflächen zur Bogenachse bedeutet im statischen Sinne zwar eine Gelenkausbildung, die Druckbeanspruchungen konnten dennoch problemlos übertragen werden, womit kein grundsätzliches Standsicherheitsproblem vorlag.

Letztlich setzten dem Bauwerk Frost- und Tauwechsel mit entsprechenden Verwitterungserscheinungen und Ausbrüchen an der Betonoberfläche stark zu.

### 3 Das Ziel

Neben seiner Schlüsselrolle als Überbrückung des Selbitztals, mit der Staatsstraße und dem Fluss Selbitz, bei der geplanten Umnutzung der ehemaligen Bahnstrecke zum Radweg hat das historische Bauwerk vor allem eine ideelle Bedeutung für die Stadt Naila und seine Bewohner. Deshalb sollte eine denkmalgerechte Sanierungsvariante mit Wahrung der alten Geometrie und Optik bei gleichzeitiger Sicherstellung der aktuellen Anforderungen an die Standsicherheit, Verkehrssicherheit und Dauerhaftigkeit entwickelt werden. Neben der Sanierung des Verblendmauerwerks, der Erneuerung der Gesimse mit den markanten Gesimskonsolen sowie dem Einbau eines Aufbetons mit Abdichtung und Belag lag die größte Herausforderung im Finden einer geeigneten Methode zur rissfreien und dauerhaften Instandsetzung der Betonbögen.

### 4 Die Suche nach der optimalen Sanierungsmethode

Es konnte nur ein System mit sehr guten rissüberbrückenden und rissverteilenden Eigenschaften zur Anwendung kommen. Begründet war dies darin, dass eine Rissverpressung beim vorhandenen Rissbild kaum steuer- bzw. kontrollierbar gewesen wäre. Das System sollte langfristig auftretende Zwangsspannungen infolge von Temperaturschwankungen aufnehmen können, um eine erneute Rissbildung zu



Bild 2 Schadensbild Bogen 2 Foto: Karsten Uhlig

vermeiden. Es musste diffusionsoffen sein, um eine für Beton typische Austrocknung über 4–6 Jahre des stark durchnässten Bauwerks zu gewährleisten. Zusätzlich waren ein niedriger E-Modul sowie die Witterungsbeständigkeit im Sprühnebelbereich von entscheidender Bedeutung.

Unter Berücksichtigung dieser Kriterien mussten typische Instandsetzungsverfahren mittels Rissverpressung, Betonersatz und Oberflächenschutzsystemen nach ZTV-ING, Teil 3, Abschnitt 4/5 [2] ausgeschlossen werden. Das Verpressen wäre in Bezug auf die Art und den Umfang der Risse sowie hinsichtlich des Kosten-Nutzen-Verhältnisses sehr unsicher gewesen, da die Gefahr bestand, dass Verpressgut unkontrolliert in Hohlräume der Bogenauffüllung gelangen könnte. Eine Schleierinjektion, die diesen Effekt vermeiden hätte, war aufgrund der mörtelgebundenen Auffüllung nicht möglich bzw. nicht kontrollierbar. Zudem war nicht auszuschließen, dass vorhandene Risse letztlich wieder durch die Beschichtung durchschlagen könnten. Eine rissüberbrückende Beschichtung musste wegen der mangelhaften Wasserdampfdiffusionsfähigkeit solcher Systeme ebenfalls ausgeschlossen werden.

Auch faserbewehrter Spritzbeton mit Makrokunststofffasern oder Edelstahlfasern wurde in

Betracht gezogen. Da diese Fasern jedoch nur sehr geringe Zugfestigkeiten aufnehmen können, vor allem aber durch die zufällige Anordnung der Fasern mit nicht steuerbarer Lage in Bezug zum Rissverlauf, wurde auch diese Variante verworfen.

Als einzig plausible und in Bezug auf die vorgenannten Anforderungen nachhaltige Lösung wurde deshalb in der Vorplanung im Jahr 2010 ein betonstahlbewehrter Spritzbeton nach ZTV-ING, Teil 3, Abschnitt 4 [2] favorisiert. Dazu hätte der Altbeton mittels Höchstdruckwasserstrahlens ca. 10 cm tief abgetragen werden müssen. Anschließend wäre zur Überbrückung der Altrisse und Beschränkung der Rissbreite eine Betonstahlmatte aufgedübelt und in einen der Festigkeit und dem E-Modul des Bestandsbetons entsprechenden, 4–6 cm starken Spritzbeton C 25/30 eingebettet worden. Zur Gewährleistung einer ausreichenden Betondeckung und Sicherstellung der Dauerhaftigkeit gegenüber Umwelteinflüssen musste eine zweite, 2,5 cm starke Lage Spritzbeton C 30/37 vorgesehen werden. Abschließend sollte zur Gewährleistung einer optisch ansprechenden Betonoberfläche ein dritte, 1,5 cm starke Lage Spritzmörtel C30/37 eingebaut und geglättet werden.

Wie entstand nun die Idee, carbonbewehrten Beton zu verwenden? Ein Grund ist die regional ansässige Firma V. FRAAS Solutions in Textile GmbH als direkter Hersteller von technischen Textilien. Deshalb bestand seitens der Stadt Naila bereits seit einiger Zeit ein großes Interesse zur praktischen Anwendung von Textilbeton resp. Carbonbeton, vorzugsweise im Zuge eines Brückenneubaus. Des Weiteren hatte sich zufällig der Planer, Karsten Uhlig, im Rahmen seiner Diplomarbeit bei Professor Curbach am Lehrstuhl für Massivbau der Technischen Universität Dresden im Jahr 2001 sowohl theoretisch als auch in praktischen Versuchsreihen mit der Thematik der Rissverteilung von Textilbeton auseinandergesetzt, [3]. So entstand schon im Zuge der Entwurfsplanung für die Sanierung der historischen Bogenbrücke im Jahr 2012 die Idee, die Stampfbetonbögen mit Textilbeton unter Verwendung von Carbonbewehrung zu verstärken.

Wesentliches Kriterium war das seitens des Planers im Zuge der Diplomarbeit erlangte Wissen um das große Potenzial von textilbewehrtem Beton zur Rissüberbrückung und -verteilung sowie dessen einfache praktische Anwendung mittels Spritz- bzw. Laminierverfahrens. Darüber hinaus spielten die deutlich geringeren Schichtstärken

eine wesentliche Rolle bei der Entscheidungsfindung. Erste Kostenberechnungen ergaben trotz höherer Materialkosten eine mögliche Kostenersparnis bei der Instandsetzung der Untersicht von bis zu 20 Prozent. Somit entwickelte sich aus einer Idee die Vorzugslösung zum altbewährten Verfahren, die ab diesem Zeitpunkt gemeinsam mit dem Deutschen Zentrum Textilbeton (DZT, [4]) konsequent verfolgt wurde.

Es dauerte danach noch ganze 3 Jahre bis zur Umsetzung des Projektes. Dazu mussten zunächst die technischen Rahmenbedingungen geklärt werden, da noch keine Erfahrungswerte in Bezug auf den geplanten Einsatz vorlagen.

Es musste eine ausreichende Zugfestigkeit zur Aufnahme von Zwangsspannungen aus Temperatur und zur Überbrückung von Altrissen mit einer nahezu „rissfreien“ Oberfläche sichergestellt werden. Der E-Modul der Verstärkungsschicht sollte im Bereich des an Bohrkernen des Bestandsbauwerkes ermittelten Elastizitätsmoduls von 27.600 N/mm<sup>2</sup> liegen. Der Beton sollte mindestens die Anforderungen der Expositionsklassen XD1, XF2, XA1 erfüllen und diffusionsoffen sein.

Durch die hohe Zugfestigkeit der Gitterstruktur mit Einbau von zwei senkrecht zueinander parallelen Lagen Carbontextil (Haupttragrichtung einmal um 90° gedreht), konnten die Aufnahme von Zwangsspannungen und eine planmäßige Rissüberbrückung sichergestellt werden. Aufgrund seiner feinen Struktur und des durch eine filmbildende Dispersion als Beschichtungsmittel verbesserten Verbundverhaltens des Carbongelestes TUDALIT®-BZT2-V.FRAAS, s. [5], hat die textile Bewehrung eine deutlich bessere rissverteilende Wirkung als Betonstahlmatten. Mit einem ausgewiesenen E-Modul von 25.000 N/mm<sup>2</sup>, der Zuordnung zu nahezu allen Expositionsklassen nach DIN 1045-2 [6] / EN 206-1 [7] sowie seiner rein mineralischen Zusammensetzung mit entsprechender Diffusionsfähigkeit war der Pagel TUDALIT®-Feinbeton TF-10, s. z. B. [5], für die Anforderungen bestens geeignet. Somit waren aus bautechnischer Sicht alle Bedenken ausgeräumt.

Letztlich musste die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens noch im freien Wettbewerb zum Spritzbeton bestehen. Dazu wurde die Variante mittels Alternativposition als Zulageposition mit Gesamtpreis im Ausschreibungsverfahren berücksichtigt. Die Kostenvorteile konnten dabei bestätigt werden und das Verfahren damit als wirtschaftlichere Lösung den Zuschlag erhalten.



Bild 3 Auftrag des Spritzmörtels auf mittels HDW vorbereiteter Betonoberfläche

Foto: Karsten Uhlig

## 5 Die Baudurchführung

Die Umsetzung erfolgte in direkter Abstimmung zwischen dem Planer und der CarboCon GmbH Dresden, welche auch die Ausführungsplanung mit Zuschnitt und Verlegeplan lieferte und im Rahmen der Fremdüberwachung die Qualitätssicherung übernahm.

Zunächst musste eine verstärkungsfähige Betonoberfläche nach Abschnitt 4.5 der abZ [5] geschaffen werden. Dazu erfolgte die Oberflächenvorbereitung analog zum Spritzbeton mit Höchstdruckwasserstrahlen (HDW). Wegen der durch ein Größtkorn bis 63 mm bedingten Rautiefen von bis zu 40 mm erfolgte nach dem Reinigen der Oberfläche von Feinbestandteilen und dem Vornässen durch Druckwasserstrahlen die Egalisierung und Reprofilierung der Bögen mit einfachem Spritzmörtel SM 4 C 25/30 im Trockenspritzverfahren.

Der Spritzmörtel wurde abgezogen und die angesteifte Oberfläche mit einem Rabbotiereisen aufgeraut, sodass ggf. vorhandene Kanten entgratet und die Sinterschicht zerstört wurden. Gleichzeitig wurde eine mittlere Rautiefe von mindestens

1 mm bis maximal 3 mm gemäß Abschnitt 4.5 abZ erreicht. Nach einer Standzeit von 14 Tagen erfolgten die Begutachtung der Oberfläche und die Durchführung von je 3 Haftzugprüfungen mit Ringnut gemäß DIN EN 1542 [8] pro Abschnitt. Die Prüfwerte der Oberflächenzugfestigkeit lagen bei einem Minimalwert bzw. Ausreißer von 1,94 N/mm<sup>2</sup> zwischen 2,6 und 4,0 N/mm<sup>2</sup> und damit deutlich über den gemäß Abschnitt 4.5 abZ geforderten 1,0 N/mm<sup>2</sup>.

Jetzt konnten die Spritz- und Laminierarbeiten nach Abschnitt 4.6 abZ durchgeführt werden. Dazu wurde der Untergrund 24 Stunden vor Beginn mittels Druckwasserstrahlens vorgehäst und gleichzeitig von Feinbestandteilen gereinigt. Anschließend wurde tagsüber aller 2 Stunden nachgenässt und die Flächen über Nacht mit Folie abgedeckt. Letztendlich wurde ca. 20 Minuten vor dem Aufbringen der Carbonbetonschicht vorgehäst.

Der Einbau des Carbonbetons begann mit dem Aufsprühen der ersten 6 mm dünnen Feinbetonschicht im Nassspritzverfahren. In diese wurde die erste, quer zur Bogenlängsachse und in die Bogenstirnseite umlaufende Carbonbewehrungslage einlaminiert.

Da die Instandsetzungsarbeiten aufgrund der zu verstärkenden Flächengrößen unterbrochen werden mussten, wurde die letzte Feinbetonschicht – vor Überschreitung der Verarbeitungszeit – durch einen Besenstrich aufgeraut. Am nächsten Tag erfolgte das Aufspritzen einer weiteren Feinbetonschicht, in die dann die zweite Lage Carbonbewehrung eingebaut wurde. Eine letzte Feinbetonschicht diente dann als Überdeckung der zweiten Bewehrungslage.



Bild 4 Einbau der Carbonbewehrung in die frisch gespritzte Feinbetonschicht Foto: C<sup>3</sup> – Jörg Singer

Zur Vermeidung von Krackeleerissen in der Sichtbetonschicht wurde die Oberfläche abschließend geschwammt. Danach erfolgte die Nachbehandlung durch kontinuierliches Besprühen der Betonoberfläche. Der Schichtaufbau des Carbonbetons betrug insgesamt ca. 20 mm.

Nach Abschluss der Arbeiten wurden die Carbonbetonflächen flächendeckend auf Fehl- und Hohlstellen überprüft.

## 6 Die Qualitätssicherung

Die Ausführung erfolgte ausschließlich durch ein gemäß abZ [5] zertifiziertes Unternehmen mit entsprechendem geschultem Fachpersonal, welches neben dem SIVV-Schein und dem Düsenführerschein auch an baupraktischen Schulungen des Deutschen Zentrums Textilbeton und der EIPOS GmbH teilgenommen hatte [9], [10], [11].

Darüber hinaus wurde im Vorfeld der Sanierung planungsseitig ein detaillierter digitaler Schadensplan erstellt, in welchem alle während der Bauausführung aufgetretenen Mängel eingetragen wurden bzw. spätere Mängel eingearbeitet werden können, um somit eine lückenlose Dokumentation zur Dauerhaftigkeit des Verfahrens zu gewährleisten.

Darüber hinaus erfolgte durch die CarboCon GmbH die Begutachtung der Oberflächenvorbereitung sowie eine entsprechende Einweisung und Belehrung der Bauausführenden. Seitens der Bauüberwachung wurden die einzelnen Arbeitsschritte detailliert koordiniert und vor Ort begleitet.

## 7 Die ersten Erfahrungen

Im Zuge der Baumaßnahme konnten bereits erste und wesentliche Erfahrungen gesammelt werden. So ist eine lückenlose Nachbehandlung gemäß abZ [5] unabdingbar, da sich schon bei kleinsten Nachlässigkeiten Schwindrisse mit Gefügestörungen bilden.

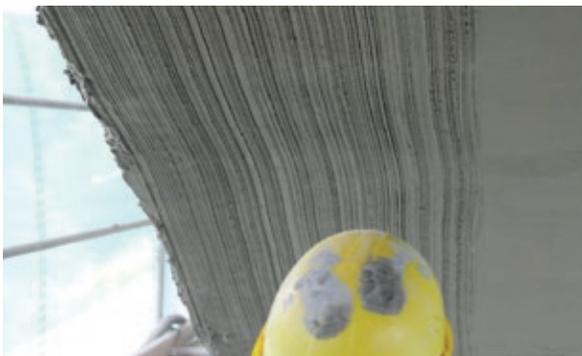


Bild 5 Herstellung einer rauen Oberfläche mittels Besenstrich Foto: Ammar Al-Jamous

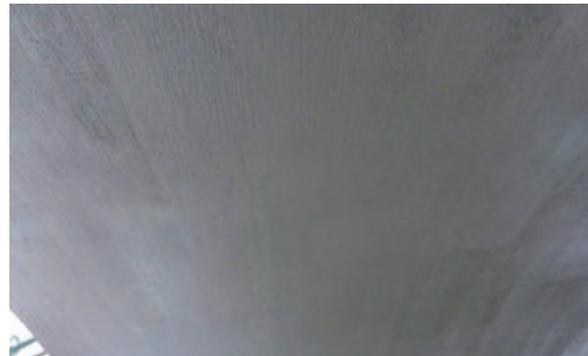


Bild 6 Ansicht der fertiggestellten Carbonbetonschicht Foto: Ammar Al-Jamous



Bild 7 Lessons Learnt – links freigestemmt und rechts instandgesetzte Hohlstellen am Bogen 2  
Fotos: Ammar Al-Jamous und Karsten Uhlig

Bei der Überprüfung der Ausführung wurden an einem Bogen Hohlstellen festgestellt, die auf Widrigkeiten beim Einbau und dadurch bedingte Ausführungsmängel zurückzuführen waren. Dem wurde besondere Beachtung geschenkt, da dieser Fehler in der Praxis immer wieder auftreten könnte. Hier zeigte sich jedoch gleichzeitig ein weiterer Vorteil der Anwendung von Carbonbeton, da die Schadstellen durch vorsichtiges Aufstemmen und anschließendes Nachlaminieren mit Feinbeton relativ unproblematisch beseitigt werden konnten. Vorteil ist dabei im Gegensatz zum Spritzbetonverfahren mit Betonstahl eine deutlich geringere Gefahr von Verbundstörungen der angrenzenden Bereiche. Bei einer späteren Überprüfung wurden keine Hohlstellen mehr festgestellt.

Außerdem zeigten sich an einem Bogen rissartig verlaufende Durchfeuchtungen, die offensichtlich auf die hohe Restfeuchte innerhalb des ehemals

stark durchnässten Bauwerks zurückzuführen waren und konzentriert im Bereich alter Trennrisse auftraten. Bei der handnahen Prüfung waren mit bloßem Auge zunächst keine Risse erkennbar, auch konnten keine Hohlstellen festgestellt werden. Erst bei der Auswertung der digitalen Bilder zeigten sich vereinzelte Mikrorisse. Da der Sachverhalt schadens- und konstruktionsbedingt bereits im Vorfeld der Maßnahmen nicht ausgeschlossen werden konnte, wurden keine Maßnahmen zur Mängelbeseitigung ergriffen. Nach ca. 3 Monaten waren die Stellen größtenteils austrocknet und bis auf vereinzelte leichte Sinteradern kaum noch erkennbar.

## 8 Das Ergebnis

Bei einer Gesamtbauzeit von 11 Monaten betrug die Kernbauzeit mit Abbruch und Instandsetzung



Bild 8 Durchfeuchtung mit Riss und Aussinterung am Bogen 3 vor (links) und nach (rechts) der Austrocknung  
Fotos: Ammar Al-Jamous und Karsten Uhlig



Bild 9 Ansicht Nord der fertig instandgesetzten Brücke

Foto: Ammar Al-Jamous

lediglich 7 Monate. Die veranschlagten Baukosten wurden eingehalten, wodurch die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens bewiesen werden konnte.

Nach Abschluss der Maßnahme konnten Eignung und nachfolgende wesentliche Vorteile des Carbonbetons als Instandsetzungsverfahren für Ingenieurbauwerke herausgestellt werden:

- Aufnahme von Zugkräften im Vergleich zu herkömmlichen Oberflächenschutzsystemen,
- deutlich bessere Rissverteilung als bei Verwendung von Betonstahl bei adäquater Fähigkeit zur Rissüberbrückung,
- höhere Dauerhaftigkeit, da keine Bewehrungskorrosion stattfinden wird, und Zuordnung des verwendeten Feinbetons zu nahezu allen Expositionsklassen der DIN EN 206-1/DIN 1045-2,
- ausreichend geringer E-Modul der Sanierungsschicht und damit besondere Eignung zur Instandsetzung von älteren Bauwerken mit geringeren Betonfestigkeiten,
- rein mineralische Zusammensetzung des Feinbetons und damit diffusionsoffener als kunststoffmodifizierte Spritzmörtel und Betone,
- Wirtschaftlichkeit durch geringeren Materialverbrauch und einfache Verarbeitung bei gleichzeitig lediglich geringer Zunahme des Eigengewichts der Konstruktion und minimaler Veränderung der ursprünglichen Geometrie (Lichtprofil) des Bauwerks.

In Bezug auf den hohen Sanierungsbedarf von Ingenieurbauwerken im Zuge von Verkehrswegen ist Carbonbeton eine technische Lösung, die über die Grenzen bestehender Instandsetzungssysteme hinaus einsetzbar ist.

## Literatur

- [1] DIN 1072: Straßen- und Wegbrücken. Berlin: Beuth, 1985
- [2] ZTV-ING, Teil 3: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten, Teil 3: Massivbau. Bundesanstalt für Straßenwesen (Stand 12/2013).
- [3] Uhlig, K.: Kappen von Straßenbrücken aus textilbewehrtem Beton. Diplomarbeit, TU Dresden, 2001
- [4] Homepage des Deutschen Zentrums Textilbeton: <http://www.textilbetonzentrum.de/> (geprüft am 20.1.2017)
- [5] abZ Z-31.10-182: Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit TUDALIT (Textilbewehrter Beton). DIBt, Berlin, 2014
- [6] DIN 1045-2: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1. Berlin: Beuth, Ausgabe 08/2008.
- [7] EN 206-1: Beton: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität. Berlin: Beuth, Ausgabe 07/2001
- [8] DIN EN 1542: Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Messung der Haftfestigkeit im Abreißversuch; Deutsche Fassung EN 1542:199. Berlin: Beuth.

- [9] Reese, U.: Innovative Werkstoffe am Bau – Weiterbildung Textilbeton. Beton- und Stahlbetonbau 110 (2015) S1 – Verstärken mit Textilbeton, Jan., S. 106–108
- [10] Assmann, U.; Offermann, P.: Nutzung der abZ „Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit TUDALIT® (Textilbewehrter Beton)“. Beton- und Stahlbetonbau 110 (2015) S1 – Verstärken mit Textilbeton, Jan., S. 109
- [11] Homepage des Europäischen Instituts für postgraduale Bildung GmbH zu Schulungen zu Textilbeton: <http://www.eipos.de/weiterbildung/kurs/verfahren-zur-verstaerkung-von-stahlbetonbauteilen-mit-tudalitr-textilbewehrter-beton/> (geprüft am 201.1.2017)

### **Beteiligte am Bau**

Bauherr:	Stadt Naila
Planung:	K+U-Plan Ingenieurgesellschaft, Wunsiedel   CarboCon GmbH, Dresden
Hauptauftragnehmer:	WTU GmbH, Weischlitz
CarbonTextilbetonarbeiten:	Laumer Bautechnik Ost GmbH, Leipzig