

Mit dem Programm der Carbon- und Textilbetontage!

TUDALIT®

Leichter bauen – Zukunft formen

www.tudalit.de

Magazin Nr. 23

September 2020

Nach der Planung folgt die Ausführung

2020 kommt Carbonbeton als Verstärkung bei zwei Ingenieurbauwerken erfolgreich zum Einsatz!

Nachdem in den vergangenen beiden Jahren die Planung und die dazugehörigen Zustimmungen im Einzelfall (ZiE) bzw. die vorhabenbezogenen Bauartgenehmigungen (vBG) für die Projekte *Autobahnbrücke in Hessen* und *Hyparschale Magdeburg* erfolgreich erlangt wurden, erfolgt in diesem Jahr bei beiden Bauwerken die lang ersehnte Verstärkung mit Carbonbeton. „Beide Projekte sind sowohl für uns als auch die Carbonbeton-Community von besonderer Bedeutung. Durch den Carbonbeton werden neue, innovative Maßstäbe im Bereich der Verstärkung von Bauwerken gesetzt“, betonen Sebastian May und Alexander Schumann stellvertretend für das Team der CARBOCON GmbH. Weiterhin ergänzen



Carbonbetonverstärkung der Hyparschale in Magdeburg

Foto: CARBOCON GmbH

sie: „Bei der Autobahnbrücke hatten wir und das beteiligte Planungsbüro *cbing – Curbach Bösche Ingenieurpartner* für die Planung und Umsetzung der ZiE-Versuche und des Gutachtens

gerade einmal drei Monate Zeit. Wenn bei so einem spannenden Projekt alle Beteiligten am gleichen Strang ziehen, schaffen wir es als Team, eine ZiE in dieser und auch einer kürzeren Zeit zu planen und umzusetzen.“ Neben der Betreuung dieses beeindruckenden Pilotprojektes, bei dem erstmals eine große Mehrfeldbrücke aus Spannbeton mit bis zu sechs Lagen Carbonbeton verstärkt wird, ist die Fremdüberwachung für die Ausführung in Magdeburg eine spannende Aufgabe. Sebastian May führt aus:

„Vom Auftraggeber und der ausführenden Firma erhalten wir eine sehr positive Resonanz. Die Ausführungsarbeiten der Carbonbetonverstärkung liegen aktuell im Zeitplan und wir hatten von Beginn an Spaß mit den Kollegen.“ May freut sich über diese Entwicklung: „Die Bauwerksverstärkung mit Carbonbeton findet eine immer breitere Anwendung im Hoch-, Tief- und Ingenieurbau. Ein weiterer Schritt für die Verbreitung des Carbonbetons in der Baubranche ist getan.“

www.carbocon.de

Tagung online

Die 12. Carbon- und Textilbetontage finden dieses Jahr im virtuellen CUBE statt – dem weltweit ersten Haus vollständig aus Carbonbeton, welches aktuell in Dresden entsteht. Die Zusammenfassung der Beiträge aus dem Anwenderbereich und das komplette Programm der Tagung finden Sie in diesem Heft ab Seite 5.

„Voraussetzung für Marktdurchdringung“

Gespräch mit Dr. Udo Wiens, Geschäftsführer DAfStb

Carbon- und Textilbeton ist ein Zukunftswerkstoff, der seit 30 Jahren erforscht wird. Warum setzt sich der Baustoff nicht am Markt durch?

Auch wenn uns der Zeitraum von 30 Jahren für die Erforschung von Carbon- und Textilbeton lang erscheint, so ist dieser doch für eine bahnbrechende Innovation im Betonbau im Vergleich zum Stahlbeton, bei dem wir seit nunmehr über 100 Jahren Wissen und praktische Erfahrungen gesammelt haben, immer noch kurz. Wir können ohne Übertreibung von einer jungen Bauweise sprechen, die sich im Markt erst noch etablieren muss.

Die bisherige Praxiserfahrung mit Bauteilen oder Verstärkungen aus Carbonbeton beschränkt sich noch auf Einzelvorhaben. Für einen erweiterten Marktzugang müssen in einem nächsten Schritt allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen (abZ) bereitgestellt werden, wie dies z. B. mit der abZ des TUDALIT e. V. für das Verstärken mit textiltbewehrtem Beton bereits der Fall ist. Für eine flächendeckende Marktdurchdringung reicht das alleine noch nicht aus. Es sind allgemein gültige und bauaufsichtlich anerkannte technische Regeln unabdingbar, bei deren Entwicklung die praktische Erfahrung und das Wissen der Forscher notwendige Voraussetzungen sind.

Wie unterstützt der DAfStb die Markteinführung?

Der Deutsche Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb) ist ein seit über 100 Jahren national und international anerkanntes und angesehenes technisch-wissenschaftliches Fachgremium zur Förderung des Betonbaus als sichere, dauerhafte, wirtschaftliche und umweltfreundliche Bauart. Carbonbeton ist beim DAfStb in den richtigen Händen: in verschiedenen Gremien des DAfStb wird an der Entwicklung von Richtlinien für das Verstärken, den Neubau und die Instandsetzung mit Carbonbeton gearbeitet.

Welchen Stellenwert hat eine Richtlinie im System?

Im Fokus der Arbeiten des DAfStb stehen Forschungsaktivitäten, die Erstellung von Richtlinien für den Betonbau und die Dokumentation des Wissens in eigenen Publikationen. Der DAfStb ist Partner in verschiedenen C³-Verbundforschungsvorhaben – in den meisten davon geht es darum, Richtlinien für die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten von Carbonbeton vorzubereiten, damit nach Abschluss der Forschungsaktivitäten eine schnellere Umsetzung erreicht werden kann.

Begleitend zur Forschung wurden im DAfStb verschiedene Gremien eingesetzt, die die Arbeitspapiere aus der Forschung in Richtlinien umsetzen sollen. Wesentliches Charakteristikum der Gremien des DAfStb ist deren Zusammensetzung in Form eines „Runden Tisches“, an dem sich in ausgewogenem Verhältnis Vertreter aus den Bereichen

- Bauherren und Bauaufsicht,
- Baustoffindustrie und Bauwirtschaft sowie
- Wissenschaft und beratende Ingenieure/Prüfingenieure

beteiligen. Durch die Einbeziehung aller für den Betonbau relevanten Kreise in den Gremien, die ihre Arbeit nach dem Konsensprinzip gestalten, wird die breite Anerkennung einer Richtlinie in der Fachöffentlichkeit und bei der Bauaufsicht erst ermöglicht.

Wie ist der aktuelle Stand zur Richtlinie für Betonbauteile mit nichtmetallischen Bewehrungen?

Wir sind auf einem guten Weg, im kommenden Jahr einen „Gelbdruckentwurf“ der Richtlinie zu präsentieren, der dann der Fachöffentlichkeit zur Kommentierung zur Verfügung gestellt wird. Die Nachweise der Verwendbarkeit für die Carbonmaterialien (Stäbe oder Matten) werden zunächst über allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen geführt, bis genügend Erfahrungen für die Überführung in die Normung vorliegen.



Udo Wiens

Foto: Sandra Kranich

Welchen Einfluss wird die Richtlinie auf die weitere Marktdurchsetzung haben?

Die Richtlinie ist eine notwendige Voraussetzung für eine flächendeckende Marktdurchdringung. Genauso wichtig sind flankierende Maßnahmen durch die interessierten Kreise in der Wertschöpfungskette und durch einen starken Industrieverband.

Wie schätzen Sie die weiteren Arbeiten für die kommenden zwei Jahre ein?

In den kommenden zwei Jahren werden die C³-Verbundforschungsvorhaben ihren Abschluss finden. Der DAfStb wird die Arbeiten an den Richtlinien in jedem Fall unabhängig von der Forschung fortsetzen. Bei der Fülle der noch zu beantwortenden Fragen werden absehbar weitere Forschungsaktivitäten – auch in größerem Umfang – erforderlich sein, um die Anwendungspalette für Carbonbeton zu vergrößern. Wir freuen uns gemeinsam mit der TU Dresden und der RWTH Aachen außerordentlich, dass der Sonderforschungsbereich/Transregio 280 der DFG im Juni 2020 bewilligt wurde. Der Sonderforschungsbereich ist auf die Strategieentwicklung für Konstruktionen aus Carbonbeton ausgerichtet. Dabei soll gezielt auf adaptive Fertigungsverfahren im Herstellungsprozess und kontinuierliche Bewertungen der Nachhaltigkeit über den gesamten Lebenszyklus der Carbonbetonstrukturen fokussiert werden.

www.dafstb.de

Beton. Hart, stabil, spröde, brüchig, unflexibel

Wohl kaum der ideale Werkstoff für den Flugzeugbau. Und tatsächlich ging es in meiner Diplomarbeit auch nicht darum, das Unmögliche möglich zu machen. Vielmehr ist es dieser Widerspruch, der mich reizte und den ich mit dieser Arbeit aufgreife. Was aussieht wie ein von Kinderhand gefalteter, leichter Papierflieger, der nach kurzem Flug sanft landete, ist tatsächlich aus Textilbeton, 3,6 Meter lang, 1,7 Meter breit und ca. 120 Kilogramm schwer.

Am Anfang war die Idee. Ich sah den Flieger, wie er an der Wand eines öffentlichen Platzes lehnte, deutlich vor mir. Aber aus welchem Material sollte er bestehen? Aus witterungsbeständigem Karton, Metall oder Kunststoff? Bei Recherchen stieß ich auf den an der TU Dresden erforschten Baustoff Textilbeton, welcher durch die Armierung mit Glasfasertextil anstelle von Stahl verhältnismäßig dünn und leicht verarbeitet werden kann. Beide Eigenschaften ergänzen sich perfekt mit der sehr reduzierten, scheinbar zeitlosen Form eines großdimensionierten Papierfliegers.

Unterstützung erhielt ich von Dipl.-Ing. Kai Schneider und Dr.-Ing. Marko Butler vom Institut für Baustoffe der TU Dresden, wahre Spezialisten auf dem Gebiet des Textilbetons, welchen ich besonders zu Dank verpflichtet bin!

In der Holzwerkstatt der Hochschule für Bildende Künste Dresden wurde zunächst die Schalung aus sogenannten „Siebdruckplatten“ gefertigt. Am Institut für Baustoffe der TU Dresden erfolgte schließlich die Fertigung des „Flyer“. Auf die mit Trennwachs beschichtete Schalung wurden 26



Dipl.-Künstlerin Martina Beyer

Foto: Erich Engelhardt

Liter Beton mit Kellen und Händen aufgebracht und das Textil aus Glasfaser in fünf sich überschneidenden Schichten eingearbeitet. Dafür bedurfte es der



„Flyer“ – ein filigranes Kunstwerk aus Textilbeton

Foto: Ingelore Gaitzsch



Der „Flyer“ wird ausgeschalt - Alfred-Hütter-Labor des Instituts für Baustoffe der TU Dresden

Foto: Kai Schneider

atkräftigen Unterstützung von vier Personen. Gelegentlich befeuchtet und mit Folie abgedeckt, härtete der Beton zehn Tage lang aus und wurde dann mit vereinten Kräften aus der Schalung gehoben.

Erstmals wurde „Flyer“ am 14.06.2019 zur Langen Nacht der Wissenschaft der Öffentlichkeit präsentiert. Vom 20.07. bis 1.09.2019 war die Skulptur im Rahmen der Diplomausstellung im Oktogon der Hochschule für Bildende Künste in Dresden zu sehen. Mittler-

weile befindet sich „Flyer“ im Privatbesitz eines Sammlers in Köln.

Zur Diplomausstellung lud ich Vertreter des Unternehmensnetzwerks texton e.V. zur Besichtigung meiner Diplomarbeit ein. Ich bin glücklich über den Austausch und wünsche mir für die Zukunft ein fächerübergreifendes Netzwerk, welches Kunst und Technik auf eine für alle bereichernde Art und Weise miteinander verbindet.

Martina Beyer

www.martinabeyer.com

Ingenieurleistungen mit dem Blick auf Morgen

PlannIng GmbH: pünktlich zu ihrem 25jährigen Geburtstag neu aufgestellt

Als Spezialist für umfassende Planungs- und Ingenieurleistungen im sensiblen Industriebestand der Energiebranche sowie der petrochemischen und produzierenden Industrie hat sich die *PlannIng GmbH* pünktlich zu ihrem 25jährigen Geburtstag neu aufgestellt und ist seit April dieses Jahres nun auch Mitglied im TUDALIT e.V. Neben einem Umzug in größere Büroräume in Bad Neuenahr-Ahrweiler wurde auch die Geschäftsführung mit *Dipl.-Ing. Jens Heckenbach* neu besetzt.

Jens Heckenbach hat an der RWTH Aachen Bauingenieurwesen studiert und sich im Rahmen seiner Diplomarbeit am Institut für Massivbau der an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen dem Bruch- und Rissbildungsverhalten textilbewehrter Bauteile gewidmet. Dies geschah als Teil des interdisziplinären Sonderforschungsbereiches 532 „Textilbewehrter Beton – Grundlagen für die Entwicklung einer neuartigen Technologie“.



Jens Heckenbach



Gute Pläne sind die Grundlage für eine fehlerfreie Bauausführung.

Foto: Dominik Ketz

Seit 2013 war Jens Heckenbach weiterhin zuletzt als Abteilungsleiter im öffentlichen Dienst in der Bauwerksinstandsetzung und dem konstruktiven Ingenieurbau tätig. Daneben hat er als freiberuflich beratender Bauingenieur für verschiedene Auftraggeber Planungs- und Beratungsleistungen erbracht.

Die *PlannIng GmbH* hat sich verschrieben, soziale Verantwortung in unserer Gesellschaft zu übernehmen und sich für den Schutz der Umwelt, die Schonung der natürlichen Ressourcen und den Einsatz von umweltfreundlichen Materialien einzusetzen.

Hieraus spannt sich der Bogen zu „neuen“ Baustoffen wie mit Textil oder Carbon bewehrtem Beton. Im Bauwesen haben Verbundbaustoffe eine lange Tradition, wobei Stahlbeton, der bedeutendste Baustoff

des vergangenen Jahrhunderts, sicherlich noch an erster Stelle zu nennen ist. Die Verpflichtung zum nachhaltigen Umgang mit den vorhandenen Ressourcen macht aber eine Suche nach alternativen Werkstoffkombinationen zur Verwendung im Neubau ebenso wie in der Bauwerksinstandsetzung essentiell.

Dabei bringen die Eigenschaften von Textilbeton oder auch Carbonbeton gegenüber herkömmlichen Baustoffen, wie z. B. eine ausgeprägte Dünnwandigkeit, eine wirtschaftliche Druckaufnahme, Feuerbeständigkeit und Korrosionsunempfindlichkeit weitere Vorteile mit sich, die im weltweit vorhandenen Industriebestand mannigfaltige Einsatzmöglichkeiten ermöglichen.

Durch die Mitgliedschaft im TUDALIT e.V. möchte die *PlannIng GmbH* ein Teil

der visionären Mannschaft werden, die sich das Ziel gesetzt hat, die baukonstruktiven Anwendungen der Bauweise mit nichtmetallischen Bewehrungen, insbesondere aus Carbon und Textil, sowie deren fortlaufende Forschung und Weiterentwicklung zu fördern und zu unterstützen.

www.planning.plus

PROGRAMM

22. SEPTEMBER 2020

09.00 Eröffnung | Frank Schladitz, C³ – Carbon Concrete Composite e. V.

09.05 Berechnung

■■■ **Stabwerkmodelle in carbonbewehrten Betonbauteilen** | Jan-Philipp Schulze-Ardey/Sven Bosbach, RWTH Aachen

■■■ **Mechanisches Modell für die Berechnung der auftretenden Spaltzugbeanspruchungen in textilbewehrtem Beton** | Philipp Preinstorfer/Johann Kolleger, TU Wien

■■■ **Bemessung von Carbonbetonkonstruktionen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit** | Kai Schneider/Viktor Mechtcherine, TU Dresden

10.05 Pause

10.20 Bauteile

■■■ **Einfluss von Zugkräften auf die Querkrafttragfähigkeit von dünnen Plattenstreifen** | Jan Bielak/Henrik Becks, RWTH Aachen

■■■ **Tragwerkverhalten von I-Profil-Trägern aus Carbonbeton** | K. Goliath, Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro, Brasil

■■■ **Korrosionsversuche in der Hybrid-Bauweise Beton-Metall-Carbon** | Maximilian May/Jürgen Triebert, TU Dresden/ Institut für Korrosionsschutz Dresden

11.20 Pause

13.00 Neubau

■■■ **Erste Straßenbrücke mit reiner Carbonbewehrung** | Rainer Wursthorn, RS Ingenieure GmbH & Co. KG | **ABGESAGT**

■■■ **Carbonbeton für den Rosensteinsteg II** | Martin Rettinger, TU Berlin [Seite 6]

■■■ **Vorspannung als Mittel zum wirtschaftlichen und ressourcenschonenden Bauen mit Carbonbeton** | Frank Jesse, Hentschke Bau GmbH [Seite 7]

14.00 Pause

14.15 Neubau

■■■ **Betonbewehrung für Anwendungen in tropischen Klimabedingungen** | Mohit Raina, Raina Industries Private Limited, Mumbai, Indien [Seite 8]

■■■ **Ökobilanz der Carbonbetonbrücke in Ebingen** | Sergej Rempel, solidian GmbH [Seite 9]

■■■ **Carbonbeton im Planungsalltag** | Maren Kupke AIB GmbH | Hendrik Ritter, Assmann Beraten + Planen AG [Seite 10]

15.15 Pause

15.45 Online-Seminar

■■■ **Statische Bemessung von tragenden Bauteilen mit dem CPC – Carbonbetonplatten in Deutschland | Vorstellung eines Bemessungskonzeptes und Anwendungsbeispiele** | Josef Kurath, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

16.45 Pause

17.00 Online-Seminar

■■■ **Bemessung einer realisierten Carbonbetonbrücke** | Sergej Rempel, FH Augsburg

18.00 Pause

18.30 Podiumsdiskussion – Liveübertragung
Thema: Stand der Carbonbetonbauweise

20.00 Ende

23. SEPTEMBER 2020

09.00 Sanierung

■■■ **Brückenverstärkung mit Textilbeton – Einblick in ein österreichisches Pilotprojekt** | Matthias Egger, Universität Innsbruck, Österreich [Seite 11]

■■■ **Verstärkung von Brücken mit spannungsrissskorrosionsgefährdetem Spannstahl mittels Carbonbeton** | Oliver Steinbock, cbing Curbach Bösche Ingenieurpartner [Seite 12]

■■■ **Carbonbeton im Brückenbau – aktuelle ZiEs beim Verstärken und Neubau** | Sebastian May, Alexander Schumann, CARBOCON GmbH [Seite 13]

10.00 Pause

10.15 Bauteile

■■■ **Innovative Kanalhauben aus Carbonbeton für den Wärmeleitungsbau** | Jan Kortmann, TU Dresden [Seite 14]

■■■ **Anwendung von vorgespannten CFK-Textilien zur Entwicklung dünnwandiger Betonbauteile** | Juan Pablo Osman Letelier, TU Berlin / Tankred Lenz, Ginkgo Projektentwicklung GmbH [Seite 15]

■■■ **Dünne Verbundwerkstofffassaden in der technischen Umsetzung im Fertigteilverk** | Andreas Decker, Schöck Bauteile GmbH [Seite 16]

11.15 Pause

12.30 Bewehrung

■■■ **Carbonbeton bei Umgebungstemperaturen und bei hohen Temperaturen** | Panagiotis Kapsalis/Thanasis Triantafyllou, University of Patras, Greece/Tine Tysmans, Vrije Universiteit Brussel, Belgium

■■■ **Verbundverhalten von Carbonbeton** | Alexander Schumann, CARBOCON GmbH

■■■ **Positionierhilfen für textile Bewehrungen** | Kristin Mandel/ Marco Lindner, TU Chemnitz

13.30 Pause

13.45 Bauteile

■■■ **Dauerhaftigkeit von FVK-Bewehrungsstäben in Beton – Aktuelle Prüfmethode und -ansätze** | N. Bies/Nora Keller, TU Kaiserslautern

■■■ **Was wir von lebenszyklusbasierten Nachhaltigkeitsbewertungen lernen können: der Fall zweier Bauteile aus Carbonbeton** | Christoph Scope, TU Dresden

14:25 Pause

14.30 Online-Seminar

■■■ **Instandsetzung mit Carbonbeton, Randbedingungen für gute Planung und Ausführung** | Ammar Al-Jamous, Jamous Engineer Consulting

15.30 Ende der Tagung

16.00 C³-Mitgliederversammlung (nicht öffentlich)

■■■ Praxisvorträge [mit Verweis zu den Abstracts im Heft]

■■■ Wissenschaftliche Vorträge

Änderungen vorbehalten, aktuelle Fassung unter www.carbon-textilbetontage.de/programm

Der **Termin** für die **13. Carbon- und Textilbetontage** steht bereits fest: sie finden am **28. und 29.09.2021** statt.

Carbonbeton für den Rosensteineg II

Durch den Wiederaufbau des Rosensteinegs II erhält die Stuttgarter Öffentlichkeit eine der für das Stadtbild so charakteristischen Brücken in Leichtbauweise zurück. Der erstmals 1977 errichtete Seilbindersteg musste im Jahr 2014 dem Ausbau des Verkehrsknotens B10/B14 am Mineralbad Leuze weichen und konnte schließlich 2019 oberhalb der fertiggestellten Tunnelsegmente wieder aufgebaut werden. Da die schlanken Überbauplatten mit einer Stärke von lediglich 10 cm schon etliche Jahre vor ihrem Abbau erhebliche Korrosionsschäden aufwiesen, entschieden sich Planer und Bauherr für den Wiederaufbau für ein Bewehrungsmaterial ohne Korrosionsrisiko.

Entsprechend der ursprünglichen Planung in den 1970er-Jahren wurden die Betonplatten des Überbaus damals mit gewöhnlicher Stahlbewehrung und einer Betondeckung von nur 30 mm auf der Oberseite und 20 mm auf der Unterseite ausgebildet. Wie bei zahlreichen Projekten aus jener Zeit wurde auch hier in den darauffolgenden Jahren deutlich, dass eine solch geringe Betondeckung bei weitem keinen dauerhaften Korrosionsschutz über die geplante Lebensdauer sicherstellen kann. Bis zum Abbau des Steges bildeten sich erhebliche Korrosionsschäden mit großflächigen Abplatzungen an der Bauteilunterseite aus.

Da für den Wiederaufbau des Steges eines der alten Widerlager wiederverwendet wurde, sollten auch die Auflagerbeanspruchungen

und folglich das Eigengewicht des Überbaus nicht nennenswert erhöht werden. Aus diesem Grund wurde als Alternative zu einer Stahlbetonplatte mit größerer Betondeckung auch erstmals ein alternatives Bewehrungsmaterial in Erwägung gezogen. In der Wahl zwischen verzinktem Bewehrungsstahl, Edelstahlbewehrung und textiler Bewehrung aus glasfaser- oder carbonfaserverstärktem Kunststoff (GFK bzw. CFK) konnte sich eine textile Mattenbewehrung aus CFK aufgrund der geringen erforderlichen Betondeckung und eines günstigen Tragverhaltens in der Platte durchsetzen.

Im Rahmen des Zustimmungsverfahrens wurden vier Überbauplatten an der TU Berlin in zerstörender Prüfung auf ihre Querkraft- und Biegetragfähigkeit sowie die Tragfähigkeit des Geländerschlusses überprüft. Die Biegetragfähigkeit wurde einmal unter statischer Last (Belastung bis zum Bruch) und einmal unter zyklischer Last (15 Lastwechsel bis zur Bemessungslast, anschließend Belastung bis zum Bruch) untersucht. Die experimentellen Bauteilversuche liefern konservative Ergebnisse im Grenzzustand der Tragfähigkeit sowie der Gebrauchstauglichkeit und bestätigen die in der statischen Berechnung ermittelten Bauteilwiderstände sowie das angenommene Bauteilverhalten [1]. In den Biegeversuchen zeigte sich weiterhin eine deutlich wahrnehmbare Bauteildurchbiegung, welche als ausreichende Versagensvorankündigung gewertet werden kann.



Rosensteineg II, 2020

Foto: Martin Rettinger

Mit der Carbonbewehrung der Firma solidian und der Betontage im Werk der Firma informbeton in Schwepnitz konnte eine durchgehend hohe Qualität der Betonelemente erreicht werden. Der Seilbindersteg inklusive aller Betonelemente sowie Geländerschlüsse und Berührschutz wurden innerhalb eines Wochenendes bei Außerbetriebnahme der U-Bahn von der Firma Stahlbau Urfer im Auftrag des Generalunternehmers Ed. Züblin AG montiert. Durch die gute Zusammenarbeit zwischen dem Bauherrn (Tiefbauamt Stuttgart), den Planern (schlach bergemann partner), Prüfern (Peter und Lochner Ingenieure) und Gutachtern (FG Entwerfen und Konstruieren – Massivbau, TU Berlin) sowie allen

beauftragten Firmen konnten die Vergabe, Herstellung und Prüfung der Überbauelemente aus Carbonbeton ohne Verzögerungen im Gesamtzeitplan durchgeführt werden und der Steg konnte zum Ende des Jahres 2019 eröffnet werden.

Martin Rettinger
TU Berlin

[1] Rettinger M.; Hückler A.; Andelfinger J.: Der Wiederaufbau des Rosensteinegs II in Stuttgart mit Überbauelementen aus Carbonbeton. In: Bauingenieur 95 (2020), Heft 7-8, S. 243-253.

Vorspannung als Mittel zum wirtschaftlichen und ressourcenschonenden Bauen mit Carbonbeton

Carbonbeton verspricht extrem dauerhafte und belastbare Bauwerke, weil die Bewehrung nicht korrodieren kann. Die hohe Festigkeit des Carbons wird oft mit der Erwartung verbunden, gleichzeitig dünnwandig, schlank bzw. allgemein ressourcensparend bauen zu können. Die Konstruktionspraxis zeigt jedoch, dass diese Erwartungen teils an klare technische Grenzen stoßen. Anwendungsfälle, bei denen die Bauteilabmessungen vorrangig aus der erforderlichen Betondeckung resultieren, können wegen der geringeren erforderlichen Betondeckung der Carbonbewehrung nennenswerte Einsparungen bei der Betonmenge realisieren. Dies gelingt jedoch nur, solange diese Bauteile im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) ganz oder überwiegend ungerissen bleiben. Zu diesen Anwendungsfällen zählen dünnwandige Fassadenelemente, also eher gering belastete Bauteile.

Bei Anwendungen mit höherer Belastung, bei denen im GZG mit Rissbildung zu rechnen ist, lässt sich Carbonbewehrung hingegen kaum wirtschaftlich ausnutzen. Und auch schlankere Konstruktionen als mit herkömmlichem Stahlbeton sind kaum realisierbar. Dies ergibt sich regelmäßig im Rahmen der Querschnittsbemessung aus den Grenzdehnungen von Carbon und Beton. Versucht man, die sehr hohe Zugfestigkeit der Carbonbewehrung im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) auszunutzen, sieht man sich mit sehr großen Bauteilverfor-

mungen im GZG konfrontiert, die nur in wenigen Anwendungsfällen akzeptabel sind. Zudem führen hohe Dehnungen der Zugzone zur Überlastung der dann zunehmend eingeschnürten Druckzone. Dieser Effekt kann durch hochfeste Betone teilweise kompensiert werden, führt aber generell zu einer nur geringen Ausnutzung der Carbonbewehrung oder verhindert schlanke Bauteilabmessungen.

Die Anwendung der Vorspanntechnik bietet eine Lösung für diese Problematik. Vorspannung ermöglicht eine vollständige Ausnutzung und damit wirtschaftlichere Anwendung der Carbonbewehrung. Gleichzeitig reduziert die Vorspannung die Verformungen so weit, dass trotz der hohen Materialdehnungen sehr schlanke und damit materialsparende und elegante Konstruktionen möglich werden. Dabei kann grundsätzlich auf jahrzehntelange Erfahrungen mit Spannbeton zurückgegriffen werden.

Bei der Vorspannung von Carbon muss allerdings noch geklärt werden, wie trotz des spröden und unangekündigten Versagens von Carbon am Bauteil ein unangekündigtes Versagen vermieden werden kann, denn der Anteil der Vordehnung an der rechnerischen Bruchdehnung steht für eine Versagensankündigung nicht mehr zur Verfügung. Die Vordehnung sollte mindestens so hoch gewählt werden, dass die Verformungsgrenzen im GZG eingehalten werden können. Andererseits sollte die Vordehnung nur so



Fertigteilbau mit Vorspannung

Foto: Stefan Hörnig, Hentschke Bau GmbH

hoch gewählt werden, dass im GZT eine hinreichende Ankündigung eines drohenden Versagens durch eine ausgeprägte Rissbildung bzw. Verformung gewährleistet werden kann, wobei aktuelle Regelwerke hier keine konkreten, auf Carbonbewehrung übertragbaren Vorgaben enthalten. Die Vorspannung könnte z. B. so gewählt werden, dass ein Verlassen des Lastniveaus des GZG durch eine deutlich sichtbare Rissbildung angezeigt wird. Diese Überlegungen führen je nach Anwendung zu einer eher moderaten Vordehnung in Höhe von nur 20–40 % der Materialfestigkeit. Dies entspricht dem in Deutschland bisher nur vereinzelt umgesetzten Konzept der Teilvorspannung. Um ein Verlassen

des GZG sichtbar anzuzeigen, liegt es nahe, auf eine Oberflächenbewehrung teils bewusst zu verzichten, was die Wirtschaftlichkeit einer Carbonbetonkonstruktion signifikant verbessert.

Die wirtschaftlichste Art der Vorspannung ist die Vorspannung im sofortigen Verbund, weil keine aufwendigen Ankerkonstruktionen nötig sind. Wiederverwendbare, robuste und zuverlässige Verankerungen zur Einleitung der Vorspannkraft vorausgesetzt, ermöglicht diese Art der Vorspannung ein sehr wirtschaftliches und damit automatisch ressourcenschonendes Konstruieren und Bauen mit Carbonbeton.

Frank Jesse
Hentschke Bau GmbH

Betonbewehrung für Anwendungen in tropischen Klimabedingungen

Tropische Wetterbedingungen stellen eine besondere Herausforderung für den in verschiedenen Anwendungen verwendeten Stahlbeton dar. Eine der größten Herausforderungen bei herkömmlicher Betonbewehrung ist die Korrosion der Bewehrung. Das Problem der Korrosion der Bewehrung ist in Ländern wie Indien, mit sehr hoher Luftfeuchtigkeit bis zu 95 % bei Temperaturen bis zu 50 °C, sehr stark geprägt. Fasern und textilbasierte Bewehrungen bieten eine optimale Lösung. Zurzeit werden diese Bewehrungen für nicht-strukturelle Bauteile sowie semi-strukturelle Bauteile eingesetzt. Fasern und Textilien werden für sehr dekorative Architekturfassaden sowie Straßenmöbel und Toiletten in Indien eingesetzt. Die Anforderungen an die Bauteile sind komplex. Bei Fassaden werden Materialien gesucht, die ca. 15–40 kg pro m² wiegen, ca. 10–30 mm dünn sind und wo die Bewehrung die Kräfte von den Befestigungselementen tragen kann. Auch bei den Straßenmöbeln sollen die Bauteile je nach Größe max. 100 kg wiegen, gut transportierbar sein und das Gewicht von 3–5 Personen tragen können. Die Bauteile müssen ca. 50 Jahre ohne Sanierung oder Instandhaltung aushalten.

Faser- und Textilbewehrung führen zu sehr dünnwandigen Strukturen sowie keine Bauteilbeschädigung beim Transport und leichte Bauteile. Die Berechnung der Menge an Fasern und Textilschichten werden gemeinsam mit den Faserherstellern bzw. in iterativen Versuchen

festgelegt. Virgin AR-Glasfasern und Carbon-Gewebe-Randabschnitte werden als Bewehrung eingesetzt. Für bestimmte Anwendungen werden auch profilierte Polypropylen-Fasern eingesetzt. Als Einsatzgebiet im Strukturbauteilbereich werden C-Fasermatten für die Ummantelung von Betonsäulen verwendet. Weitere Anwendungen in Strukturbauteilbereichen werden gerade erforscht.

Die technischen Eigenschaften für die genannten Anwendungen erfordern bestimmte grundlegende Anforderungen wie eine Druckfestigkeit von etwa 40 bis 120 MPa und eine Biegefestigkeit von etwa 20 bis 24 MPa nach 28 Tagen. Die Wasseraufnahme des Betons wird voraussichtlich etwa 5–8 % betragen.

Neben der Art der Bewehrung ist auch die Art der Anwendung von großer Bedeutung. Für Fasern ist das Verfahren einfach und eine vorgeschriebene Dosierung kann während der Anwendung mit dem Beton gemischt werden. Bei Textilien und der Anzahl der Schichten ist dies jedoch kompliziert.

Die Verträglichkeit der Betonmatrix mit der Bewehrung spielt ebenfalls eine entscheidende Rolle. Das Hinzufügen der Fasern oder Textilien als Verstärkung sollte die Eigenschaften des Betons aus Sicht der Verarbeitbarkeit nicht beeinträchtigen. Eine Betonmischung mit einer Dichte von 2.400 kg/m³ und selbstverdichtenden und selbstnivellierenden Eigenschaften so-



Foto: Raina Industries Private Limited, Indien

wie einem Slump von über 600 erfordert eine kalkulierte Dosierung der Fasern, um mit der zusätzlichen Textilverstärkung kompatibel zu sein.

Darüber hinaus spielen die Kosten eine sehr wichtige Rolle bei der Entwicklung einer Betonmischung mit Fasern und Textilien. In Indien betragen die konventionellen Betonkosten ca. 90 € pro Kubikmeter und die konventionelle Bewehrung ca. 70 € pro Kubikmeter. Diese Kosten müssen angepasst werden, um nicht korrosive Verstärkungen verwenden zu können.

Unter Berücksichtigung von Kosten, Qualität und technischen Anforderungen muss das Betonmischungsdesign für jede einzelne

Anwendung geprüft und entsprechend vorgeschlagen werden.

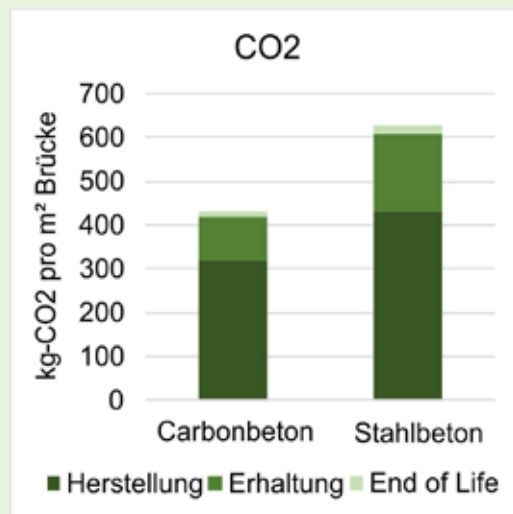
Mohit Raina
Raina Industries Private Limited
Mumbai, Indien

Ökobilanz der Carbonbetonbrücke in Ebingen

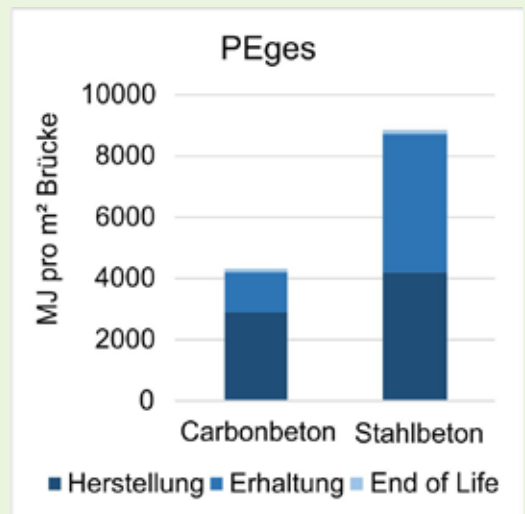
Die erste Carbonbetonbrücke in Deutschland wurde in dem Jahr 2015 in Albstadt errichtet. Hierbei wurde anstelle der herkömmlichen Stahlbewehrung eine Carbonbewehrung verwendet. Diese innovative Bewehrung hat zwei maßgebende Vorteile. Zum einen können Zugbruchspannungen von über 4.000 N/mm² erreicht werden und zum anderen ist eine hohe Korrosionsbeständigkeit gegeben. Dank dieser Eigenschaften können geringe Betondeckungen realisiert und auf die zusätzliche Schutzschicht verzichtet werden. Dadurch entsteht ein nachhaltiges Brückenbauwerk, dessen Ökobilanz im Vergleich zu einem äquivalenten Stahlbetontyp positiver ausfällt.

Die Carbonbetonbrücke in Albstadt ist eine 15,5 m lange Brücke mit einem 3 m breiten Trogquerschnitt. Aufgrund der korrosionsresistenten Bewehrung konnten Wandstärken von 7 cm und eine Plattendicke von 9 cm realisiert werden. Für diese Brücke wurde eine Ökobilanz erstellt. Die Ökobilanz wurde mit der einer Stahlbetonbrücke verglichen. Hierfür wurden die gleichen Spannweiten und Querschnittstypen gewählt. Aufgrund der erforderlichen Betondeckung für die Stahlbewehrung ergaben sich eine Wand- und Plattenstärke von 25 cm.

Bei einer genaueren Betrachtung der beiden Varianten fällt besonders die benötigte Betonmenge für den Oberbau auf. Während die Carbonbetonbrücke 6,2 m³ Beton mit der



Die Ergebnisse der Ökobilanz.



Grafiken: Sergej Rempel

Güte C70/85 benötigt, wird für die Stahlbetonvariante 18,9 m³ C30/37 verwendet. Die Masse der Bewehrung kann schwer verglichen werden, da zwei verschiedene Baustoffe eingesetzt wurden. Die Stahlbetonvariante benötigt ca. 2.650 kg Stahlbewehrung und die Carbonbetonbauweise ca. 165 kg Carbongelege mit Epoxidharztränkung.

Bei der Erstellung der Ökobilanz wurde der gesamte Herstellungsprozess der untersuchten Brückenkonstruktionen betrachtet. Dazu gehören sowohl der Überbau als auch die Widerlager und das Gelände. Es wurden die Rohstoffgewinnung, der Transport der Rohstoffe zum Produktionsort und die Produktionsprozesse berücksichtigt. Des Weiteren umfassen die Untersuchungen ebenfalls die vorhandenen Transportwege zur Baustelle. Der dritte berücksichtigte Punkt ist die Nutzungsphase und umfasst die Instandhaltung, die Instandsetzung, den Austausch und die Modernisierung.

Es wurde ein Zeitraum von 100 Jahren festgelegt. Abschließend wurde die Entsorgungsphase (End of Life) betrachtet und die Abfallbehandlung oder alternativ die Beseitigung integriert. Somit liegt eine Ökobilanz von der „Wiege bis zur Bahre“ für die betrachteten Bauwerke vor.

Die Ergebnisse der Ökobilanz sind wie folgt:

- Bei der Betrachtung des ersten ökobilanzialen Leitindicators – des Treibhauspotentials (GWP) – stellt sich hier heraus, dass über den gesamten Lebenszyklus bzw. den 100-Jahre-Betrachtungszeitraum bei der Carbonbetonbrücke ca. 30 % weniger CO₂ freigesetzt werden als bei der Stahlbetonvariante.
- Bei der Betrachtung des zweiten ökobilanzialen Leitindicators – des Gesamtprimärenergiebedarfs (PEges) – liegt der Verbrauch bei der Carbonbetonbrücke über

den gesamten Lebenszyklus 50 % unterhalb des Stahlbetonquerschnitts.

Eine Ursache dafür ist der geringere Materialaufwand, insbesondere beim Beton, sowohl für die Bauwerksgründung wie auch für den Oberbau. Maßgebend sind allerdings die geringeren Instandhaltungsarbeiten und die dafür notwendigen Materialien. Hier sollte insbesondere die Asphaltdeckschicht erwähnt werden. Nach der Nutzungsdauer von 25 Jahren wird diese bei der Stahlbetonvariante erneuert. Das freigesetzte CO₂ und die Primärenergie haben einen enormen Einfluss auf die Gesamtbetrachtung der Ökobilanz.

Sergej Rempel
solidian GmbH

CUBE: Carbonbeton im Planungsalltag

In der bisherigen Forschung und Entwicklung wurde der Nachweis erbracht, dass mit Carbonbeton tragende Konstruktionen modelliert, berechnet und hergestellt werden können. Mit dem Projekt CUBE stellen wir uns nun den Herausforderungen des öffentlichen Baurechts und der vertragsgebundenen Bauplanung, besonders der Kostenermittlung, des Tragwerksnachweises sowie der Ausschreibung von Bauleistungen.

Die Kostenermittlung im Bau stützt sich üblicherweise auf allgemein verfügbare Kennwerte, Erfahrungen des Planers sowie Bieterpreise in der Angebotsphase. Für Carbonbetongebäude sind Kostenkennwerte und Erfahrungen jedoch noch nicht verfügbar. Für die Kostenschätzung wurden deshalb Kennwerte für vergleichbare Gebäude mit einem von uns eingeschätzten prozentualen Aufschlag versehen und in der Kostenberechnung für die geplanten Carbonbeton-Konstruktionen Materialpreise ermittelt sowie Arbeitszeit und Geräteaufwand eingeschätzt. Nach erfolgter Ausführungsplanung wurden dann erste Bieterangebote eingeholt, in denen deutlich wurde, dass wir die Risiken einer nicht genormten Bauweise, besonders in der Gewährleistung, stark unterschätzt hatten. Durch vorgezogene Technologietests und genauere Definition der Anforderungen in Zusammenarbeit mit den Bietern sollen diese Risiken minimiert und damit die berechneten Baukosten eingehalten werden. Nach Abnahme der Bauleistungen stehen erstmals tatsächliche

Baukosten zur Verfügung, die zukünftig für die Planung mit Carbonbeton genutzt werden können.

Mit der Tragwerksplanung sind die Nachweise einer ausreichenden Gebäude- und Bauteilstandsicherheit zu erbringen, in geltenden Vorschriften und Richtlinien werden dafür verbindliche Materialkennwerte und Berechnungsalgorithmen ausgewiesen. Für die Verwendung von Carbon als Betonbewehrung gibt es bisher keine allgemein gültigen Normen oder Bewehrungskriterien, auch die Produkte am Markt weisen unterschiedliche Eigenschaften auf. Für alle relevanten Bauteile und Materialien im Vorhaben war deshalb eine Zustimmung im Einzelfall (ZiE) zu erwirken. Grundlage dafür bildeten statische Vorabberechnungen, experimentelle Untersuchungen sowie die Durchführung von Technologietests. Da in der Projektlaufzeit kein allgemein gültiger Berechnungsalgorithmus zum Querkraftnachweis aufgestellt werden konnte, wurden alle relevanten Betonquerschnitte ohne Querkraftbewehrung nachgewiesen und teilweise konstruktiv mit Carbonstäben als offene Bügel bewehrt. Um die hohen Zugfestigkeiten des Carbons auszunutzen, wurde weitestgehend die Betonfestigkeitsklasse C50/60 gewählt. Nach Erhalt der ZiE konnten die statische Berechnung und die Ausführungsplanung erstellt, bauaufsichtlich geprüft und zur Ausführung freigegeben werden. Mit der gelungenen Nachweisführung für CUBE steht ein Beispiel für zukünftige Planungen zur



Technologietest Fertigteile

Foto: Marén Kupke

Verfügung, aufgrund der Komplexität des Baustoffes Carbonbeton aber noch kein allgemein zugelassenes Bauverfahren.

Für die Ausschreibung von Bauleistungen werden Texte des Standardleistungsbuchs oder von konkreten Anbietern verwendet, die auf anerkannten Regeln der Technik basieren und eine eindeutige Beschreibung der auszuführenden Leistungen in Menge und Qualität ermöglichen. Solche standardisierten Beschreibungen, Normen und Richtlinien liegen für Carbonbetonbauteile nicht vor. Im Projekt wurden deshalb frühzeitig in einer funktionalen Leistungsbeschreibung Zielkriterien für die zu erbringenden Bauleistungen formuliert und in der laufenden Projektentwicklung mit den Festlegungen

aus der Zustimmung im Einzelfall fortgeschrieben sowie die Bieter fachlich eingebunden, um technologisch und wirtschaftlich umsetzbare Lösungen zu erarbeiten. Nach Abschluss der Baumaßnahmen werden anhand der umgesetzten Leistungen Ausschreibungstexte erstellt, die zukünftig zur Einholung von Angeboten und zur Qualitätssicherung in der Carbonbetonbauweise verwendet werden können.

Marén Kupke, AIB GmbH

Hendrik Ritter, ASSMANN
Beraten+Planen GmbH

Brückenverstärkung mit Textilbeton – Einblick in ein österreichisches Pilotprojekt

In Österreich gibt es circa 36.300 öffentlich verwaltete Brücken. 43 % davon wurden zwischen 1960 und 1990 errichtet. Steigende Verkehrsbelastungen, erhöhte Dauerhaftigkeitsprobleme und Veränderungen im Normungswesen stellen dabei Erhalter, Ingenieure und Baufirmen gleichermaßen vor große Herausforderungen.

Es stellt sich die Frage, wie auch zukünftig ein sicheres und stabiles Verkehrsnetz garantiert werden kann. Dabei zeigt speziell die Bauweise Textilbeton ein großes Potential, um Betontragwerke zeitgemäß zu verstärken und zu sanieren. Eine dauerhafte und leistungsfähige Bewehrung, ein geringes Konstruktionseigengewicht und der Einbau mittels praxiserprobter Bauabläufe sind besondere Vorteile.

Jedoch gibt es in Österreich für die Bauweise noch kein Regelwerk. Daher ist der Einsatz bei Pilotanwendungen ein wesentlicher Entwicklungsschritt. In diesem Zusammenhang wird aktuell anhand einer Brücke in Österreich die Verwendung von Textilbeton zur Querkraft- und Torsionsverstärkung eines Plattenbalken-Stragwerks untersucht.

Die Krumbachbrücke ist eine dreifeldrige, längs vorgespannte Stahlbetonbrücke und wurde 1983 für den Verkehr freigegeben. Sie ist eine wichtige Verbindungsbrücke für den Tourismusort Damüls in Vorarlberg. Die Brücke liegt in einem Kreisbogen mit einem mittleren Radius von 100 m und hat eine Länge von

120 m. Beide Randfelder, mit einer Spannweite von jeweils 36 m, sind mit einem 4-stegigen Plattenbalkenquerschnitt ausgeführt. Aktuell zeigen sich dort starke Verformungen und Schrägrissbildungen an den Stegflächen. Ziel ist es, ein Konzept zu erarbeiten, welches eine Restlebensdauer von ca. 50 Jahren zulässt. Das Konzept zur Aufnahme der Defizite der Plattenbalken besteht in Abhängigkeit der Belastung aus 2 bis 3 cm dünnen Textilbeton U-Schalen. Zusätzlich wird ein Textilbetonkragen über eine Länge von 60 cm, seitlich der Stegflächen, auf der Unterseite der Fahrbahnplatte weitergeführt. In Kombination mit einem Verankerungssystem, bestehend aus einer Ankerplatte und einem Verbundankersystem, wird somit die Endverankerung des Textils ermöglicht. Eine Besonderheit bei der Bewehrung selbst ist, dass sie im Stickprozess hergestellt werden soll. Sie besteht aus ebenen sowie formangepassten Carbon-Gitterstrukturen.

Die Herstellung der Textilbetonschicht vor Ort ist lagenweise, im Dichtstrom-Nassspritzverfahren, geplant. Die Entscheidungsgrundlagen eines solchen Technologie-Einsatzes wurden in unterschiedlichen Planungs- und Entwicklungsphasen erarbeitet. Ausgangspunkt war eine Machbarkeitsstudie. Danach folgten die weiteren Schritte: Brückenerkundung, statische Nachrechnung, Konzeptentwicklung, Untersuchungen in Klein- und Großbauteilversuchen, Kostenschätzung, Lebenszykluskostenermittlung sowie Risikomanagement mittels



Krumbachbrücke

Foto: Matthias Egger

Identifikation von Chancen und Bedrohungen. Darüber hinaus wurde ein Variantenvergleich mit einer konventionell stahlbewehrten Spritzbetonschicht erarbeitet.

Die Arbeiten wurden vom Ingenieurbüro Prof. Feix Ingenieure GmbH und vom Arbeitsbereich Massivbau und Brückenbau der Universität Innsbruck in den vergangenen beiden Jahren durchgeführt. Im Zuge der Bearbeitung sind zusätzliche Schäden und Defizite am Quertragwerk der Fahrbahnplatte bekannt geworden. Grundsätzlich haben sich die Projektbeteiligten gemeinsam für den Einsatz von Textilbeton auf Basis der Projektausarbeitung entschieden, nun muss jedoch zuerst ein Lösungskonzept für das Defizit der Fahrbahnplatte erarbeitet

werden. Sodann soll einer Ausführungsplanung nichts mehr im Wege stehen. Für den Einsatz einer neuen Technologie braucht es Mut, Ehrgeiz und Engagement. Deshalb bedanken wir uns bei allen Projektbeteiligten für die tolle Zusammenarbeit. Spezielle Anerkennung möchten wir an die Landesverwaltung Vorarlberg, vertreten durch die Abteilung Straßenbau (VIIb), Herrn DI Armin Wachter (Fachbereichsleiter) und Herrn Ing. Norbert Plattner (Projektleiter), richten.

Matthias Egger
Christoph Waltl, Jürgen Feix
Universität Innsbruck, Österreich

Verstärkung von Brücken mit spannungsrissskorrosionsgefährdetem Spannstahl mit Carbonbeton

Bis etwa 1993 wurde in Deutschland bei zahlreichen Brücken spannungsrissskorrosionsgefährdeter Spannstahl eingebaut. Da ein Großteil des Brückenbestandes als Spannbetonkonstruktionen ausgeführt ist und in den 1960er bis 1980er Jahren gebaut wurde, ist eine große Anzahl von Brücken betroffen.

Bei der Spannungsrissskorrosion (SpRK) handelt es sich bis heute um ein schwieriges Phänomen, da die Ursachen auf Materialebene für das Auftreten von SpRK noch nicht vollends erforscht sind. So zeigen Spannstähle, trotz ähnlicher chemischer Zusammensetzung, eine unterschiedliche Anfälligkeit hinsichtlich dieser Art Korrosion. Kritisch ist hierbei, dass der Spannstahl infolge einer Versprödung sukzessive ausfällt und damit die Tragfähigkeit des Bauteils herabsetzt. Im ungünstigen Fall bleibt der Ausfall des Spannstahls unbemerkt und kann bei einem entsprechenden Schädigungsgrad zu einem plötzlichen Versagen des Tragwerks führen. In diesem Fall spricht man von einem Bauteil ohne ausreichendes Ankündigungsverhalten.

Infolge von Schadensfällen in den 1960er und 1970er Jahren im Hochbau sowie der Tatsache, dass diese Tragwerke ein Sicherheitsrisiko darstellen, wurde mit der *Handlungsanweisung Spannungsrissskorrosion* des BMVI in den 1990er Jahren ein erstes Konzept für die rechnerische Bewertung der Tragsicherheit von Brücken mit spannungsrissskorrosionsgefährdetem Spannstahl entwickelt und stetig fortgeschrieben.

Das rechnerische Verfahren sieht vor, dass sich der Ausfall von Spannstahl durch Rissbildung an der gezogenen Randfaser des biegebeanspruchten Bauteils zeigt, bevor eine vorgeschriebene Mindesttragsicherheit unterschritten wird. Dabei wird bei diesem Verfahren rechnerisch die Spannstahlfläche soweit reduziert, bis die Zugfestigkeit des Betons bei einer üblichen Verkehrsbelastung überschritten wird. Die beginnende Rissbildung kann somit bei Inspektionen im Rahmen der Bauwerksprüfung erkannt werden. Die Tragfähigkeit des geschädigten Querschnittes wird anschließend einer erforderlichen Tragfähigkeit gegenübergestellt und das Sicherheitsniveau ermittelt (Riss-vor-Bruch-Kriterium). Neben der verbleibenden Spannstahlfläche wird hierbei die Betonstahlbewehrung als zusätzlich tragendes Element angesetzt. Die zeitgenössischen Ausführungen von Spannbetonkonstruktionen jener Zeit als voll vorgespanntes Tragwerk, beziehungsweise das Fehlen einer normativen Forderung nach einer schlaffen Mindestbewehrung bei der Ausführung, führten meist mit zu geringen Bewehrungsgraden. Die Resttragfähigkeit ist häufig nicht in allen Nachweisquerschnitten gegeben.

In einem zweiten Schritt sind weiterführende Nachweise auf Systemebene mit stochastischen Betrachtungen möglich, doch für zahlreiche Tragwerke ist auch damit kein ausreichendes Ankündigungsverhalten nachweisbar. Das fehlende Ankündigungsverhalten aufgrund zu geringer Beweh-



Verstärkungsarbeiten an der Brückenseite Foto: Oliver Steinbock

runismengen in Verbindung mit einem unbemerkten Spannstahlausfall kann durch die Applikation einer Carbonbetonverstärkung kompensiert werden.

Im Beitrag wird die erstmalige Anwendung einer Carbonbetonverstärkung an Spannbetonbrücken mit spannungsrissskorrosionsgefährdetem Spannstahl zur Sicherstellung eines ausreichenden Ankündigungsverhaltens vorgestellt. Das Bauvorhaben befindet sich aktuell in der Umsetzung. Konkret handelt es sich um zwei Teilbauwerke mit jeweils drei Feldern und einer

Gesamtlänge von etwa 66 m. Für die Sicherstellung eines ausreichenden Ankündigungsverhaltens werden die Spannbetonüberbauten in den Randfeldern sowie im Stützbereich mit Carbonbeton verstärkt. Durch die geringen Schichtdicken der Verstärkung sind die Einschränkungen für den Raum unter den Bauwerken minimal – an den Oberseiten kann die nur wenige Zentimeter dicke Verstärkungsschicht ohne Gradientenanhebung unter dem Fahrbahnaufbau integriert werden.

Oliver Steinbock – cbing
Curbach Bösche Ingenieurpartner

Carbonbeton im Brückenbau – aktuelle ZiEs beim Verstärken und Neubau

Knapp 40.000 Brücken sind aktuell im Bestand der Bundesfernstraßen Deutschlands. Davon bestehen ca. 85 % aus Stahl- oder Spannbeton. Von allen Bundesfernstraßenbrücken können über 45 % in die Kategorie „noch ausreichender Bauwerkszustand“ oder schlechter eingestuft werden, wobei sogar 12 % einen „ungenügenden Bauwerkszustand“ aufweisen.

Viele der Spannbetonbrücken in Deutschland, die in eine der unteren Zustandskategorien eingeordnet werden können, weisen bei Vorhandensein älterer Spannstähle die bekannten Probleme der Spannungsrisskorrosion in Verbindung mit einem Defizit an Robustheitsbewehrung auf. Diese Differenzen entstehen u. a. infolge von Normenänderungen und/oder durch höhere Verkehrslasten und sind durch die Bauherren und Planer aufgrund der Relevanz der funktionierenden Infrastruktur in kurzer Zeit zu beheben. Viele der bisher bekannten Baumaßnahmen zur Ertüchtigung sind aufwendig, ressourcenintensiv, und häufig auch bestandschädigend (z. B. Teilabriss und Neubau). Die konventionellen Maßnahmen zur Erneuerung und Modernisierung von relevanten Brückenbauwerken beeinflussen die Volkswirtschaft in erheblichem Maß.

Eine zukunftsweisende Alternative in diesem Bereich bietet der Carbonbeton, sowohl im Gebiet der Verstärkung als auch im Neubau. Durch die hohe Tragfähigkeit in Kombination mit der guten Dauerhaftigkeit der verwendeten Carbonbewehrungen überzeugt der noch relativ junge Werkstoff gegenüber herkömmlichen Maßnahmen im Brückenbau schon jetzt.

Durch das im Vergleich zu anderen Baumaterialien noch „junge Alter“ des Verbundwerkstoffs unterliegt der Carbonbeton in Deutschland noch keiner normativen Regelung und somit sind i. d. R. Zustimmungen im Einzelfall bzw. vorhabenbezogene Bauartgenehmigungen nötig. In den vergangenen zwei Jahren war und ist die CARBOCON an insgesamt sechs Brückenbauwerken hinsichtlich der Planung und experimentellen Nachweiserführung beim Neubau und der Verstärkung aus und mit Carbonbeton beteiligt gewesen. Entsprechend den gegebenen Randbedingungen (zeitliche und monetäre Aspekte) des Projektes und den Anforderungen der Bauherren sowie der beteiligten Institute konnten dabei vereinzelt auch schon Zustimmungen im Einzelfall für die Anwendung des Carbonbetons innerhalb weniger Monate erlangt werden, wodurch die vorgegebene Zeit-



Experimentelle Prüfung eines Großbauteils (7 m weit spannendes Bauteil) im Rahmen eines ZiE-Prozesses
Foto: CARBOCON GmbH

schiene inklusive des ZiE-Prozesses gehalten werden konnte. Die Erlangung einer ZiE kann bei entsprechender Planung in den Bauprozess integriert werden und stellt folglich keine Hürde dar.

Im Rahmen des Vortrages werden die planerischen und gutachterlichen Leistungen beim Erlangen und

Umsetzen einer ZiE für die Anwendung des Carbonbetons in Verbindung mit den beteiligten Projektpartnern gezeigt. Hierbei wird neben den Bearbeitungsinhalten bei jetzigen Planungsprojekten auch auf aktuelle Ausführungsbeispiele eingegangen.

Sebastian May, Alexander Schumann
CARBOCON GmbH

Innovative Kanalhauben aus Carbonbeton für den Wärmeleitungsbau

Die Anwendungsmöglichkeiten für Carbonbeton liegen beim Neubau in den Bauteilgruppen Fassaden, Außenwände, hochbelastete Unterzüge und Decken sowie bei Modulbauten. Des Weiteren finden sich Anwendungsmöglichkeiten in der Instandsetzung und Verstärkung bestehender baulicher Anlagen. Bautechnologisch scheint die Fertigteilbauweise besonders prädestiniert für schlanke Carbonbetonbauteile zu sein und wird daher aktuell vorrangig angewendet. Ein Grund dafür ist, dass in Fertigteilwerken gleichbleibend optimale Rahmenbedingungen (Witterung, Schalung und Rüstung, spezialisierte Fertigungsgruppen) vorliegen, so dass die Herstellung filigraner und qualitativ hochwertiger Bauteile mit geringerem Aufwand zu realisieren ist als in Ortbetonbauweise.

Für die vorteilhafte Substitution von Stahlbeton durch Carbonbeton eignen sich generell Einsatzgebiete, in denen hohe Expositionsanforderungen vorherrschen. Der Fernwärmeleitungsbau ist ein Anwendungsszenario dafür. Für den Transport von innerstädtischer Fernwärme werden u. a. Rohrleitungen eingesetzt, die streckenweise mit einem überdeckenden Bauwerk geschützt sind. Die Leitungen werden entlang der Trasse mit Kanalhauben, bisher als Stahlbetonfertigteile ausgeführt, abgedeckt mit dem Vorteil der Revisionierbarkeit. Durch den dauerhaften Kontakt mit dem Erdreich sind die Kanalhauben aus Stahlbeton korrosionsgefährdet. Neben möglichen oberirdischen Nutzungsän-

derungen mit höheren Auflasten stellt daher vor allem die Korrosion der Stahlbewehrung ein Hauptproblem dar. Im Havariefall können für den Betreiber hohe Kosten durch die auftretenden Versorgungsstörungen und die erforderliche Sanierung der ober- und unterirdischen Infrastruktur entstehen. Deshalb werden bestehende Kanalhauben häufig vorsorglich durch neue Stahlbetonhauben ersetzt. Bei diesen sehr massiven Kanalhauben mit 5 Tonnen und mehr Bauteilgewicht besteht jedoch erneut die Gefahr der Korrosion.

Im Vergleich zur Stahlbetonbauweise ist neben den Kriterien der Bauteilqualität, der Ressourceneinsparung, den Herstellungsbedingungen und dem Arbeitsschutz die Wirtschaftlichkeit das entscheidende Kriterium für den Einsatz von Carbonbeton.

In einer abgeschlossenen Machbarkeitsstudie – gefördert von der Sächsischen Aufbaubank (SAB) – wurde die bestehende Bauweise für Kanalhauben auf das Einsatzpotenzial durch den Einsatz von Carbonbeton untersucht. Ziel war u. a. die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung am Beispiel einer carbonbewehrten Kanalhaube für nicht begehbare Fernwärmekäle. Für die monetäre Untersuchung beider Bauarten war es notwendig, Kostenansätze für Material-, Lohn-, Schalungs- und Gerätekosten zu ermitteln. Grundlage für die Bestimmung der Aufwandswerte und Kostenansätze der Stahlbetonbauweise bildeten belastbare Anga-



Potenzial für Carbonbeton

Grafik: Felix Schmitt, TU Dresden, Technisches Design

ben in der Literatur, validierte Erfahrungswerte und spezifische Vorgaben aus konkreten Angeboten von externen Leistungserbringern. Für die Ermittlung der Lohnkosten waren die Aufwandswerte für die herstellungsrelevanten Vorgänge erforderlich. Aufwandswerte für die Herstellung von Stahlbetonbauteilen sind allgemein bekannt. Für die Herstellung von Carbonbetonbauteilen wurden die Aufwandswerte abgeschätzt und unter Zuhilfenahme der Ergebnisse aus anderen Forschungsprojekten validiert. Die Vergleichsbasis stellten in dieser Betrachtung funktionsgleiche Bauteile aus Carbon- und Stahlbeton in Fertigteilbauweise dar, welche für gleiche statische Lastfälle bemessen wurden. Bei gleicher Funktionalität ergaben sich für die Bau-

teile aufgrund unterschiedlicher Baustoffkennwerte signifikant unterschiedliche Abmessungen.

Mit der entwickelten Carbonbeton-Kanalhaube konnten bei gleicher statischer Tragwirkung ca. 50 % der Bauteilmasse eingespart werden. Im Wirtschaftlichkeitsvergleich wurde zudem die monetäre Vorteilhaftigkeit der Carbonbetonbauweise nachgewiesen.

Jan Kortmann
TU Dresden

Anwendung von vorgespannten CFK-Textilien zur Entwicklung dünnwandiger Betonbauteile

Die Erfolgsgeschichte von Spannbeton basiert auf der Verwendung von hochfestem Spannstahl, mit dem große Druckkräfte in den Beton eingebracht werden können. Dünnwandige Betonkonstruktionen erfordern jedoch häufig erhebliche Dicken, um die Korrosion der Stahlbewehrung zu vermeiden. In dieser Arbeit wird kurz die Verwendung von vorgespanntem kohlefaserverstärktem Polymer (CFK) als Textilstruktur für die Entwicklung dünnwandiger Betonbauteile vorgestellt.

Mit vorgespannter Carbonbewehrung kann die Haltbarkeit von Betonkonstruktionen erheblich erhöht werden. Insbesondere, wenn sie Umgebungsbedingungen wie Frost- und Tausalz oder zyklischen Belastungen ausgesetzt sind. Da die Betondeckung nur zur Kraftübertragung und nicht zum Korrosionsschutz benötigt wird, kann kohlefaserverstärkter Beton extrem schlank, leicht und damit ressourcenschonend sein. Betonelemente mit schlaffer Carbonbewehrung, die einer Biegung ausgesetzt sind, können jedoch im Allgemeinen die hohe Zugfestigkeit von CFK nicht ausnutzen, ohne große Krümmungen und damit Risse aufzuweisen. Eine elegante Option, um dem entgegenzuwirken, ist die Verwendung der Vorspannungstechnik. Durch das Vorspannen werden Verformungen der schlanken kohlefaserverstärkten Betonelemente reduziert und Risse im Gebrauchszustand zumeist vermieden. Darüber hinaus ermöglicht die Verwendung von hochfestem Beton die Einführung besonders hoher Vorspannkräfte. Vorspann-

te CFK-Elemente führen zu schlankeren und damit wirtschaftlicheren und haltbaren Strukturelementen.

Im Vergleich zur Vorspannung mit CFK-Stäben oder -Litzen können durch die Verwendung von CFK-Textilien die Querschnitte weiter reduziert werden.

Vorspannungstechnologien wurden für verschiedene Anwendungen wie Platten und doppelt gekrümmte Betonschalen entwickelt und angepasst und durch experimentelle Tests validiert. In Zusammenarbeit der Projektpartner TU Berlin, Ginkgo, solidian und Kneitz wurden mehrere vorgespannte CFK-Textilbetonelemente mit unterschiedlichen Geometrien und Textilien hergestellt. Infolgedessen wurden an der TU Berlin Belastungstests an diesen Probekörpern durchgeführt. Sie zeigten die erwartete Verbesserung des Verformungsverhaltens.

Einige der entwickelten Bauelemente wurden in realen Konstruktionen eingesetzt. Ein Beispiel ist eine Garage, die ILC-Wände (Infraleichtbeton) und ein Dach aus 5 vorgespannten, CFK-verstärkten gefalteten Platten kombiniert. Jedes Element hat eine Breite von 1,20 m und eine Spannweite von 8,71 m. Das gesamte Bausystem ist leicht zerlegbar, so dass es leicht zu recyceln und umweltfreundlich ist.

In diesem Fall des Vorspannens von Carbontextilstreifen unterschiedlicher Breite, bei welchem gleichzeitig die gesamte Textilstruktur eines Bauteils nach dem patentierten Verfahren von Ginkgo vorgespannt wurde, entstand eine dünne Deckenplatte mit einer Dicke von nur 4 cm.

Als weiteres Beispiel wurden lange, schmale Hyperboloid-schalen mit vorgespannten Carbon-Textilstreifen hergestellt. Die Methode

ist grundsätzlich bekannt, da Silberkuhl und Müller in den 50er bis 70er Jahren des vergangenen Jahrhunderts ähnliche Schalen herstellten. Die Verwendung dieser Elemente erfolgte hauptsächlich für Dachkonstruktionen. Der Trick besteht darin, dass die Vorspannungslinien bei hyperboloiden Schalen linear sind.

Ginkgo produzierte hyperboloid-schalen mit den Abmessungen 4,30 m x 0,80 m x 0,03 m mit einseitiger Schalung unter Verwendung derselben Herstellungsmethode mit einem Paar sich kreuzender vorgespannter CFK-Textilstreifen. Für die Zukunft werden größere Strukturen für den Einsatz als elegante, organische Außenwartebereiche zum Beispiel in Bahnhöfen oder Bushaltestellen möglich sein.

Juan Pablo Osman Letelier,
TU Berlin
Tankret Lenz,
Ginkgo Projektentwicklung GmbH



Montage der vorgespannten Trapezplatten für eine Garage in Berlin

Foto: TU Berlin

Dünne Verbundwerkstofffassaden in der technischen Umsetzung im Fertigteilwerk

Das Ziel ist es, dünne Verbundkonstruktionen in nahezu gleichen Vorgängen im Fertigteilwerk wie Standard-Elementbetonwände zu produzieren.

Die Umsetzung einer Elementwand ist heute ein standardisierter und sehr komplexer Vorgang. Die Anlagentechnik, häufig roboterunterstützt neben einer hohen Automation und Prozesse, die eine hohe Qualitätsstufe haben, werden täglich in sehr großer Quadratmeteranzahl hergestellt.

Heutige Betonfassaden werden bei Elementwänden ab 70 mm sicher und ökonomisch hergestellt. Die Elementplanung erfolgt in Programmen der Planungsabteilungen in den jeweiligen Werken, die mit der Anlagensteuerung eng verknüpft sind und diese steuern. Sie stellen den Anspruch und die Messlatte dar. Bedingt durch neue Möglichkeiten und das Weglassen von Stahl besteht nun die Möglichkeit, Vorsatzschalen deutlich in der Dicke zu reduzieren. Sprechen wir *nur* von einer Gewichtseinsparung? Sicher nicht, da diese Reduktion von Materialdicke auch einige Konsequenzen zur Folge hat, die sich sowohl im Umgang mit dem Werkstoff als auch im Verfahren innerhalb der Produktion ergeben.

Neue Materialien im Fassaden- und Elementwandbau ermöglichen eine Reduzierung des Transportgewichtes. Mehr Wände auf den Straßen zu transportieren ist effizienter und schlägt sich auch in Kosten und CO₂-Einträgen nieder. Dieser

Mehrfachnutzen ist offensichtlich, Materialeinsparung und ökologischer Beitrag.

Bewährte, beim DIBt zugelassene Verankerungselemente aus Glasfaserwerkstoffen, beispielsweise als Fassadenanker Isolink® aus dem Hause Schöck Bauteile GmbH, sollen mit dünnen Verbundwerkstoffen aus Carbon und Beton zu einer neuen Bauweise führen. Der beim DIBt und weiteren Zulassungsbehörden im Ausland zugelassene Glasfaserverbundwerkstoff Schöck Combar®, eine Entwicklung der Fa. Schöck, wird heute schon millionenfach im Bereich von Fassaden aus Beton mit dem Namen Isolink® sowohl im Elementwand- als auch im Sandwichwandmarkt eingesetzt. Der Isolink® ist die statische Verbindung und die thermische Trennung der Fassade mit ihren Dilationen. Die zugelassene Passivhauskomponente ist die sichere statische Verbindung zur Tragwand unter geringstem Lambda-Wert.

Welche Schritte sind bei der praktischen Umsetzung notwendig?

Der Einbau soll einfach und im Fertigteilwerk ohne große Störungen des Umlaufbetriebes funktionieren, und damit gegen die herkömmliche Bauweise austauschbar werden.

Es handelt sich um eine praktische Umsetzung von einer Standardanwendung hin zu einer neuen Methode im Fertigteilwerk – von der Idee zur Umsetzung und letztlich zur Automatisierung.



Die Fassadenbefestigung aus Glasfaserverbundwerkstoff Schöck Isolink® ist die energieeffiziente Alternative zu herkömmlichen Edstahllösungen bei der Verbindung der Betonschalen von kerngedämmten Sandwich- und Elementwänden.
Foto: Schöck Bauteile GmbH

Welche Tragfähigkeiten können bei dünnen Fassadenplatten aus Carbonbeton erzielt werden? Wie wirken sich die dünnen Schalen im Handling eines Fertigungsprozesses aus?

Qualitätssicherung im Fertigteilwerk: Die Pull-out-Tests werden direkt im Werk begleitend durchgeführt, kontrolliert und dokumentiert. Auszugstests bestätigen die Ausziehlasten und geben Sicherheit bei der Verarbeitung.

Wie verhält sich die Elementwand in der Umsetzung bei der Produktion im Fertigteilwerk und im folgenden Einbau?

Welche Hürden sind in der praktischen Umsetzung zu überwinden?

- 30–40 mm Vorsatzschalendicke
- auf der Außenseite darf das Verbindungsmittel nicht sichtbar sein
- Carbongewebe innerhalb des Betons; Einbringung

des Isolink®-Ankers mit 13,5 mm Durchmesser; Lagefixierung des Gewebes in der Schalenmitte

- Fixierung des Ankers in der Dämmschicht
- Weiterverarbeitung der Außenschale zu einer Elementwand
- Transport zur Baustelle
- In-situ-Betonage der Elementwand

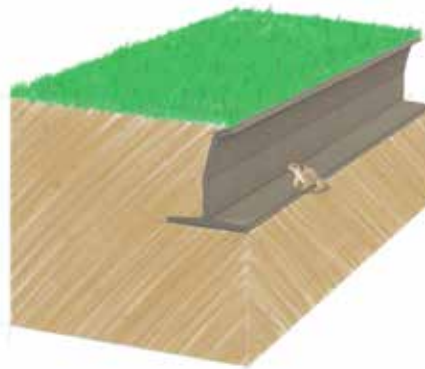
Raus aus der Theorie, rein in die laufende Fertigung eines Bauvorhabens. Die Antworten auf Fragen erfahren Sie im Vortrag.

Andreas Decker
Schöck Bauteile GmbH

Entwicklung von Amphibienleiteinrichtungen aus Textilbeton

Mit der zunehmenden Urbanisierung unserer Landschaft werden die Lebensräume vieler wild lebender Tierarten eingeschränkt und vor allem bei überregionalen Straßenbaumaßnahmen nahezu unüberwindbar voneinander getrennt. Neben dem einheimischen Rot- und Schwarzwild sind vor allem die Amphibien besonders stark davon betroffen. Daher gehört der Tier- und Artenschutz zum festen Bestandteil bei jedem neuen Straßenbauprojekt, indem für große und kleine Tierarten entsprechende Maßnahmen zur Straßenquerung sowie zur Fernhaltung vom Verkehrsgeschehen umgesetzt werden.

Für Amphibien haben sich parallel neben der Straße geführte Leiteinrichtungen etabliert, die ein Überklettern verhindern und die Amphibien gezielt zu Unterführungen für die Straßenquerung geleiten. Derartige Amphibienleiteinrichtungen (sog. ALE) werden i. d. R. aus verzinkten Stahlblechen, aus Kunststoffen, aus massivem Beton oder auch aus Polymerbeton gefertigt. Je nach Ausgangsmaterial weisen derartige ALE teilweise eine sehr geringe Lebensdauer auf und/oder sind in der Herstellung mit einem sehr hohen Ressourcenaufwand verbunden. In allen Fällen stehen dem unbestrittenen Nutzen für die Amphibien doch teils erhebliche technische Defizite und eine mitunter sehr schlechte Ökobilanz von der Herstellung bis zum fachgerechten Rückbau der ALE bereits wenige Jahre nach der Erstinstallation gegenüber. Im Kontext eines wachsenden Nachhaltigkeitsbewusstseins bei kontinuierlich steigendem Einsatz an ALE bedarf es zwingend neuer Konzepte mit innovativen Lösungen und effizientem Einsatz



Amphibienleiteinrichtung (ALE)

intelligenter Materialkombinationen, um die Artenvielfalt in Deutschland und Europa trotz des steten Ausbaus der Verkehrsinfrastruktur für zukünftige Generationen zu bewahren.

Mit der zunehmenden Etablierung des Textilbetons als Baustoff des 21. Jahrhunderts bietet dieser gerade auch für die Herstellung nachhaltiger, effizienter und langlebiger ALE beste Voraussetzungen. Die Vorteile liegen auf der Hand. Zum einen tragen die geringen Wandstärken und geringen Gewichte zu einer enormen Materialeinsparung bei, zum anderen bietet Textilbeton eine hervorragende Tragfähigkeit und eine sehr hohe Lebensdauer, die konventionellen ALE deutlich überlegen sind. Zudem lässt sich mit Textilbeton eine sehr amphibienfreundliche Laufseite gestalten, die zu tiergerechten Wanderbewegungen verleitet und die einheimische Tierwelt in zukunftsfähige Verkehrskonzepte mit einbindet.

Die Herstellung textilbewehrter ALE kann modularisiert in gut handhabbaren Einzelementen mit 2 m Länge erfolgen. Hierbei werden zur Armierung der Querschnittsgeometrie folgend umgeformte textile Bewehrungen



Einzelement einer ALE aus Textilbeton

gen eingesetzt, deren Hauptaufgabe in der Aufnahme des Erddrucks zur Gewährleistung der Tragfähigkeit und der Strukturstabilität der ALE besteht. Die Herstellung derartiger umgeformter Bewehrungen stellt eine große Herausforderung dar, um die als Meterware gefertigten textilen Gittergelege in einem vollautomatisierbaren Prozess zuzuschneiden, zu tränken, umzuformen und formtreu auszuhärten. Wesentliche Schwerpunkte dieser textilen Prozesskette werden derzeit am ITM der TU Dresden entwickelt und umgesetzt und bilden die Basis für eine anschließende Fertigung textilbewehrter ALE in industrietauglichen Größenordnungen.

Die Fa. Informbeton, die bereits langjährig auf dem Gebiet des Textilbetons tätig ist und umfangreiche Erfahrungen mit individuell geformten Textilbetonbauteilen gesammelt hat, plant zukünftig die betonseitige Herstellung derartiger Elemente. Diese werden sich durch eine extrem dünnwandige Bauart und damit ein sehr geringes Gewicht auszeichnen. Perspektivisch werden diese innovativen textilbewehrten ALE im Straßenbau die derzeitigen konventionellen Elemente sukzessive ersetzen und einen wichtigen Beitrag für mehr Nachhaltigkeit und zum Erhalt unserer Tier- und Artenvielfalt leisten.

André Seidel¹, Lars Hahn¹, Friedbert Hofmann²,
Peter Eisewicht², Chokri Cherif²

¹ Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik der TU Dresden (ITM)

² Informbeton GmbH, Schwepnitz



Anlagenkonzept zur Herstellung umgeformter textiler Bewehrungen für ALE-Elemente

Bilder/Grafiken: TU Dresden, ITM

HITEXBAU geht mit Carbonbeton in die Offensive bei der industriellen Fußbodensanierung

Nachhaltiges Bauen mit Carbonbeton: schnell, kostenreduziert, umwelt- und ressourcenschonend

Carbonbeton bringt zahlreiche Vorteile in der bautechnischen Verstärkung und Instandsetzung mit sich, speziell auch bei der Sanierung von Industriefußböden. Die *HITEXBAU GmbH* produziert auf Wirkmaschinen neuester Bauart und mit eigenen Beschichtungsanlagen Armierungsgitter für Beton aus Carbon, Basalt und AR-Glas. In einem innovativen, vollautomatischen Prozess können besonders großflächige und vielfältige Hochleistungs-Carbongelege kostengünstig für die Baubranche hergestellt werden, wie zum Beispiel für die tschechische Firma *Immogard s.r.o.* im Industriepark *Libravské Údolí*. Hier waren rund 3.300 m² Industrieböden in drei Hallen zu sanieren. In Kooperation zwischen *HITEXBAU* und der *Koch GmbH*, Kreuztal, einem Spezialisten für Carbonbetonanwendungen im Sanierungsbereich, wurde ein Instandsetzungskonzept erarbeitet.

Aufgrund der stark sanierungsbedürftigen Böden und sehr schwieriger Untergründe – minderfester Altbeton mit partiellen Ausbrüchen und Rissen, teil-

weise mit nicht tragfähigen Beschichtungen – war es wichtig, eine robuste und dauerhafte Lösung zur Erneuerung des Fabrikbodens umzusetzen. Zudem mussten hohe Nutzungsanforderungen als Produktionshalle mit dynamischen Sonderlasten durch bis zu 15 Tonnen schwere Maschinen sowie Staplerverkehr berücksichtigt werden. Ziel der Instandsetzung war ein mechanisch stark beanspruchbarer, abriebbarer Boden. Die Randbedingungen und Gegebenheiten ergaben zwei Alternativen für die Erneuerung der Hallenböden: den kompletten Rück- und Neubau der Böden aus Stahlbeton oder die Sanierung mit Carbonbeton.

Nach Kostenermittlung beider Varianten empfahl sich eindeutig die Sanierung mit Carbonbeton. Diese brachte auch weitere, wesentliche Vorteile mit sich: Eine sehr schnelle Instandsetzung mit geringen Ausfallzeiten von lediglich 2 bis 3 Wochen vom Start des Projektes bis zur vollen Belastbarkeit und Nutzung des Bodens mit schweren Maschinen und Staplern. Zum Vergleich: Der

vollständige Rück- und Neubau einer Stahlbeton-Bodendecke von 12 cm Stärke, ohne Beschichtung, würde 8 bis 10 Wochen benötigen. Im Kostenvergleich lag die Carbonbeton-Variante ca. 20 % unter der Stahlbeton-Variante. Die Instandsetzung mit Carbonbeton eines weniger geschädigten Bodens ohne Sonderbelastungen ergäbe einen Preisvorteil von über 30 %.

Weitere beträchtliche Vorteile weist Carbonbeton im Vergleich zu Stahlbeton bei der Umwelt- und Ressourcenschonung auf. Bei der Herstellung von Beton und Stahl werden große Mengen an CO₂ freigesetzt. Rund 8 % der globalen CO₂-Emissionen gehen auf die Produktion des Baustoffes Beton zurück. Industriefußböden, selbst mit hoher Traglast, lassen sich durch den Einsatz von Carbonbewehrungen mit wesentlich geringerem Materialeinsatz sanieren. Berechnungen zur Sanierung des Industriefußbodens in Tschechien ergaben im Vergleich zu Stahlbeton eine um 81 % bis 87,5 % reduzierte CO₂-Belastung.

Vergleich: Neuer Stahlbetonboden – Bodensanierung mit Carbonbeton

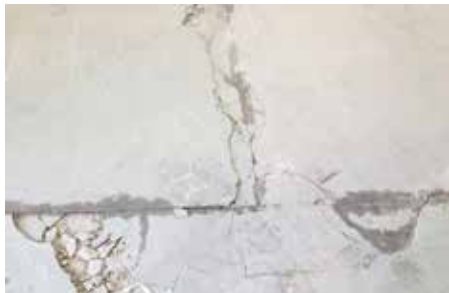
	Komplette Bodenerneuerung mit Stahlbeton	Bedarfsgerechte Instandsetzung mit Carbonbeton
Kosten	Vergleichswert: 100 %	Minus 20–30 %
Projektlaufzeit	8–10 Wochen	2–3 Wochen
CO ₂ Emissionen	Vergleichswert: 1 t CO ₂ pro 1 t Beton	Minus 87,5 % aufgrund Materialersparnis
Energieverbrauch durch Betonherstellung	Vergleichswert: 100 m ³ Beton benötigen 37 Barrel Öl / 1.406 Liter Diesel	Minus 87,3 % aufgrund Materialersparnis
Weitere Aspekte		
Ressourcen	Hoher Verbrauch von Sand und Wasser bei der Betonherstellung	Deutlich weniger Verbrauch der knappen Ressource Sand; große Ersparnis beim Verbrauch von Trinkwasser
Abraum / Schutt	Vergleichswert: 1.000 m ³ = 100 %	Minus 90–94 %
Weitere Aspekte	Intensiver LKW-Verkehr für Materialtransport und Entsorgung Bauschutt	Ersparnisse beim LKW-Transport; Ersparnisse durch leichtere und schnellere Verarbeitung; Ersparnisse durch reduzierten Platzbedarf für Lagerhaltung der Bewehrung

Die Instandsetzung von industriellen Böden mit Carbonbeton erfolgt in sechs zeitnahen, zum Teil abschnittsbezogenen, parallellaufenden Schritten: Abfräsen, Kugelstrahlen, Grundieren, Carbongelege aufbringen, Egalisierungsschicht, abriebfeste Deckschicht. 5.000 m² Carbonbewehrungen wurden 1- bis 3lagig verarbeitet, je nach Untergrund als Rollen- und Mattenware. Optimal abgestimmt auf die unterschiedlichen Oberflächen wurden nach vorherigen Tragfähig-

keitsberechnungen flexible und starre Gittergelege diverser Geometrien kostenoptimiert verwendet. Als Ausgleichsschicht und zum Einbetten der Carbongelege wurden 135 t zementgebundener Industrie-Fließestrich der Firma *Saint-Gobain Weber* in einer Schichtdicke zwischen 1 und 4 cm per Pump-Truck in nur einem Tag auf die Böden gegossen. Nach nur 1 bis 2 Stunden ist die Oberfläche begehbare und kann weiter bearbeitet werden. Nach dem Zwischengrundieren wurde

die 6 bis 10 mm dünne, aber hoch abriebfeste Deckschicht auf Basis einer zementgebundenen Industriebodenbeschichtung der Firma *Saint-Gobain Weber* ebenfalls wieder mit einem Pump-Truck in kurzer Zeit eingebracht. Sie ist nach einer Stunde begehbare, nach 24 Stunden belastbar und erreicht nach 7 Tagen die volle chemische und mechanische Belastbarkeit.

www.hitexbau.com
www.cc-koch.de



In drei Fabrikhallen mussten die Böden unterschiedlicher Untergründe saniert werden.



Alle Fotos auf dieser Seite: Koch GmbH



Abgefräster Boden



Kugelgestrahlter Boden



Grundierter Boden



Auf Untergründe abgestimmte Carbonbewehrungen, flexibel und starr, in ein bis drei Lagen



Aufbringen der Ausgleichsmasse



Zwischengrundieren



Aufbringen der hoch abriebfesten Deckschicht



Voll belastbarer Boden ca. 2 Wochen nach Projektbeginn

Carbonbeton von Praktikern für Praktiker

Fachabteilung CU BAU präsentierte sich auf den 64. Ulmer BetonTagen

Vom 18. bis 21.02. diesen Jahres fanden die 64. Ulmer BetonTage statt – und zwar mit einer Premiere: In einem eigenen Fachpodium präsentierte sich die Fachabteilung CU BAU des Com-

posites United e.V. unter dem Thema „Carbonbeton-Anwendungen in der Praxis – Auf der Baustelle und im Fertigteilwerk“ einem breiten Publikum. Die von Prof. Ralf Cuntze moderier-

te Tagesveranstaltung war von Praktikern für Praktiker gestaltet und umfasste neben aktuellen Beispielen zum Einsatz des Werkstoffs in Neubau und Sanierung Informationen zu materialwissenschaftlichen, ökologischen und wirtschaftlichen Aspekten des Faserverbundwerkstoffs Carbonbeton.

Das Interesse übertraf alle Erwartungen. Aber nicht nur im Fachpodium, sondern auch beim Rundgang durch die Fachausstellung im Edwin-Scharff-Haus wurde deutlich, dass sich die Branche im Wandel befindet. Neue Werkstoffe, Technologien und

Produkte wurden ebenso thematisiert wie drängende gesellschaftliche Herausforderungen in Bezug auf Klimaschutz und Nachhaltigkeit.

Diesen Diskurs wird die Fachabteilung CU BAU auf den 65. Ulmer BetonTagen im kommenden Jahr erneut aufgreifen. Das Vortragsprogramm steht bereits. Neben dem Fachpodium soll es 2021 auch einen Gemeinschaftsstand des Composites United e.V. geben.

*Ingelore Gaitzsch
Fachabteilung CU BAU,
Arbeitsgruppenleiterin
„Faserverbundarmierter Beton“*



Matthias Tietze vom Strategieteam des C³ e.V. sprach über die „Entwicklung einer Spritzbetontechnologie am Beispiel der TWIST-Schalen des C3-Ergebnishaus CUBE“
Foto: Ingelore Gaitzsch

Tradition und Innovation miteinander verbunden

Das Betonwerk Oschatz arbeitet seit 2005 mit Textilbeton

Das Betonwerk Oschatz ist ein Unternehmen, das Tradition und Innovation miteinander verbindet. Am Standort in Oschatz werden konstruktive Fertigteile klassisch und Halbfertigteile automatisiert hergestellt. Das Unternehmen hat ca. 100 Mitarbeiter mit eigener CAD-Planungs- sowie Montage- und Bauabteilung und versteht sich als Partner der Bauindustrie. Mit Textil- und

Carbonbeton wird schon seit 2005 intensiv gearbeitet, hier wurde die erste Fußgängerbrücke aus Textilbeton in Oschatz errichtet. Auch Balkonfertigteile aus Carbonbeton wurden prototypisch hergestellt. Heute ist das Unternehmen Partner im C³ e.V. und in mehreren Forschungsvorhaben, die sich mit der Automatisierung und Funktionalisierung von Carbonbetonfertigteilen beschäftigen, involviert. Auch das Leuchtturmprojekt CUBE wird mit der Beteiligung des Betonwerks Oschatz umgesetzt, dabei werden die Fertig- und Halbfertigteile der BOX in Oschatz hergestellt. In naher Zukunft soll eine Demonstratoranlage zur Herstellung von Carbonbewehrung für Halbfertigteile gemeinsam mit der TU Dresden in Betrieb genommen werden. Der Geschäftsführer

des Betonwerks Oschatz möchte gern neben den klassischen und automatisiert hergestellten Bauteilen aus Stahlbeton auch den Carbonbeton in sein Produktportfolio aufnehmen.



Technologietest Box

Bilder: Matthias Schurig



Weltweit erste Brücke aus Textilbeton in Oschatz

Impressum

Herausgeber: TUDALIT e.V.
Ulrich Assmann (Vorstand)

Freiberger Str. 37
01067 Dresden
Tel. +49 351 40470-410 ·
Fax +49 351 40470-310
info@tudalit.de

Redaktion:
Ulrich van Stipriaan
Kerstin Schön, TUDALIT e.V.
Layout: Ulrich van Stipriaan
Druck:
addprint ag, Bannewitz