

## Alter Glanz nur mit Carbonbeton möglich

### Verstärkung der Hyparschale in Magdeburg ab Frühjahr 2019 geplant

Die nach den Plänen des Bauingenieurs Ulrich Müther errichtete Hyparschale in Magdeburg ist eine der größten Betonschalenskonstruktionen ihrer Art. Sie gilt nicht nur als kulturelles Wahrzeichen, sondern auch als eines der architektonisch interessantesten Bauwerke der Stadt. Die Hyparschale wurde im Jahr 1969 im Stadtpark Rotehorn als Mehrzweckhalle für Messen, Konzerte und sonstige Veranstaltungen errichtet. Das markante Bauwerk zwischen der Magdeburger Stadthalle und dem MDR-Funkhaus steht seit dem Jahr 1990 unter Denkmalschutz.

Die Schale wurde 1969 erbaut und besteht aus vier hyperbolischen Paraboloiden, welche eine Grundfläche von 48 x 48 m überspannen. Sie gilt als die größte noch erhaltene Schale Ulrich Müthers.



Archivbild der Hyparschale Magdeburg von 1969  
Foto: Steffen Ritter

Die Hyparschale in Magdeburg war jahrelang ein exzellentes Beispiel für die elegante und teilweise wagemutige Bauweise von Ulrich Müther. Jedoch wurde das Bauwerk 1997, aufgrund mangelnder Wartungs- und Instandsetzungsmaßnahmen, für baufällig erklärt. Um jedoch einen Abriss der denkwürdigen Schalenskonstruktion zu verhindern, setzt sich die Stadt Magdeburg seit Jahren für die Instandsetzung der Konstruktion ein. Nach mehreren Anläufen stellte sich heraus, dass das Dachtragwerk ausschließlich mit der innovativen Instandsetzungsvariante aus Carbonbeton seinen alten Glanz wiedergewinnen kann. Mit der Carbonbeton-Technologie ist es möglich, einerseits allen Denkmalschutzanforderungen gerecht zu werden und andererseits das Dachtragwerk statisch instand zu setzen und zu verstärken.

Vorgesehen ist je eine 10 mm dünne Carbonbetonschicht,



Foto aus 2017 zum aktuellen Zustand

Foto: Sebastian Wilhelm

bestehend aus einem Feinbeton und einem neuartigen hochleistungsfähigen Carbongelege auf der Ober- und Unterseite der Schalenskonstruktion.

Mit Blick auf die Sanierung der Schalenskonstruktion begannen die konkreten Planungen bereits 2017. Die CarboCon GmbH aus Dresden wurde vom Ingenieurbüro Prof. Rühle, Jentzsch und Partner beauftragt, den Planungsprozess zu begleiten. So führte das Team der CarboCon eine Machbarkeitsstudie und die Tragwerksplanung bis hin zur Vergabevorbereitung der Verstärkung der Hyparschale mit Carbonbeton-

Technologie durch. Zudem wurde CarboCon vom Eigenbetrieb Kommunales Gebäudemanagement der Landeshauptstadt Magdeburg beauftragt, die sogenannte Zustimmung im Einzelfall (ZiE) mit allen Versuchen zu dem speziell entwickelten Carbongelege zu planen und zu begleiten. Das Gutachten für die ZiE erbringt das Institut für Massivbau der Technischen Universität Dresden unter der Leitung von Prof. Curbach.

Der Start der Bauausführung an der Schalenskonstruktion ist für das Frühjahr 2019 angedacht.

# Internationales Interesse

## Rückblick 10. Carbon- und Textilbetontage

Die **10. Carbon- und Textilbetontage** fanden am 25. und 26. September 2018 in Dresden statt. Über 300 Teilnehmerinnen und Teilnehmer hatten an den beiden Tagen die Gelegenheit, sich bei insgesamt 51 Vorträgen über den aktuellen Stand der Anwendung Forschung im Bereich Textil-/Carbonbeton zu informieren.

Das Interesse an diesem zukunftsweisenden Themenbereich beschränkt sich schon längst nicht mehr auf die deutschsprachigen Länder, wie die zunehmende Zahl internationaler Teilnehmer zeigte – sie kamen aus Frankreich, Österreich, Schweden, Südkorea, Syrien, Vietnam und der Schweiz.

Ullrich Assmann, Vorstand des TUDALIT e. V., eröffnete die 10. Carbon- und Textilbetontage im Deutschen Hygiene-Museum und begrüßte die über 300 Tagungsteilnehmer. Dem Grußwort von Prof. Vogel, Direktor der Stiftung Deutsches Hygiene-Museum, folgte ein fulminanter, von Spannung, Humor und Dramatik geprägter Vortrag von einem der weltbesten Fußballschiedsrichter – Urs Meier. In seinem Vortrag „Zwischen den Fronten – Entscheidungen unter Druck“ zeigte Urs Meier die Parallelen der Entscheidungsfindung im Schiedsrichterdasein und bei Führungskräften der Wirtschaft auf. Welche Entscheidungen



Eindrücke der 10. Carbon- und Textilbetontage, die gemeinschaftlich vom TUDALIT e.V. und dem C3 e.V. in Dresden veranstaltet wurden  
Fotos: Ulrich van Stipriaan

mitunter in der Forschung und Wirtschaft von Carbon- und Textilbeton zu treffen sind, wie verschiedene Prozesse optimiert und bestimmte Versuchsergebnisse eingeordnet werden können, zeigte sich in einzelnen Fachvorträgen der Tagung.

In den praxisnahen Vorträgen – von Bausatzkomponenten über Neubau, Sanierung, Einbauteile, Planung, Bemessung und Normung bis hin zu Experimenten, Vernetzung mit anderen Branchen, Arbeitsschutzanforderungen und Recycling – gaben Referenten interessante Einblicke in ihre jeweiligen Projekte. Die besondere Relevanz der Themen spiegelte sich dabei auch in den zahlreichen Diskussionen und Fragen der Tagungsteilnehmer wider. So zeigte sich großes Interesse an Themen wie „Entwicklung von Prüfmethoden zur Bestimmung der Zugfestigkeit von textilen Bewehrungen“, „Instandsetzung von geschädig-

ten Betonfahrbahndecken mit Carbonbeton“, „Brandverhalten“ oder auch „Ermittlung von Materialkennwerten für die Bemessung von textilbewehrten Bauteilen“.

Im Ausstellerbereich konnten sich die Teilnehmer bei führenden Unternehmen und Institutionen der Carbon- und Textilbetonbauweise über Innovationen und aktuelle Produkte im Bereich des Carbon- und Textilbetons informieren und mit den jeweiligen Ansprechpartnern ins Gespräch kommen.

Mit den 10. Carbon- und Textilbetontagen hat sich einmal mehr gezeigt, welchen enormen Stellenwert neues, nachhaltiges und innovatives Bauen besitzt. Gleichzeitig tragen Konferenzen wie diese erheblich dazu bei, die Carbon- und Textilbetonbauweise im Markt dauerhaft zu etablieren.

[www.carbon-textilbetontage.de](http://www.carbon-textilbetontage.de)



## 11. Carbon- und Textilbetontage 2019

Die 11. Carbon- und Textilbetontage 2019 werden wieder als gemeinsame Tagung von C<sup>3</sup> e.V. und TUDALIT e.V. ausgetragen. Die Konferenz findet am **24. und 25. September 2019** in Dresden statt.

Die Teilnahmegebühr beträgt (bei Buchung bis zum 30. 6. 2019) 490 € – für Mitglieder des TUDALIT e.V. und des C<sup>3</sup>-Konsortiums 240 €. **Anmeldeschluss** ist der 30. August 2019.

[www.carbon-textilbetontage.de](http://www.carbon-textilbetontage.de)

## Energy Globe World Award

Den Energy Globe World Award in der Kategorie „Erde“ erhielt am 29. Januar 2019 das C<sup>3</sup>-Projekt in Yazd im Iran.

Mehr als 2.300 Projekte aus 182 Ländern haben sich im vergangenen Jahr für den renommierten Preis beworben, der seit 1999 jährlich von der österreichischen Energy Globe Foundation ausgelobt wird. Mit dem Ziel, die Zukunft unseres Planeten zu schützen und das Recht der künftigen Generationen auf ein gesundes und erfülltes Leben auf der ganzen Welt zu wahren, entschloss sich der Gründer Wolfgang Neumann

eine Auszeichnung zu erschaffen, die das allgemeine Bewusstsein für das Thema Nachhaltigkeit erhöht und Vorzeigelösungen aus einer Vielzahl von Ländern präsentiert. Damit sollen die Awards Menschen nicht nur dazu motivieren, nach neuen Lösungen zu suchen, sondern auch Regierungen überzeugen, die notwendigen Rahmenbedingungen zu schaffen, die es zum besseren Schutz unserer Umwelt und Gesellschaft bedarf. Die Energy Globe World Awards werden in fünf Kategorien vergeben: Erde, Feuer, Wasser, Luft und Jugend.

[www.bauen-neu-denken.de](http://www.bauen-neu-denken.de)

## Nachwuchsförderung

Die Förderung des Nachwuchses lag den Mitgliedern des TUDALIT e.V. schon immer am Herzen. So gab es, um die Idee Textilbeton auch bei den Studentinnen und Studenten zu verankern, von 2009 bis 2018 den jährlichen Architekturpreis, der zu sehr spannenden Ergebnissen geführt hat. Nach zehn Jahren soll es aber nun etwas Neues sein.

Der TUDALIT e.V. bietet zehn Personen die **freie Tagungsteilnahme** inkl. Übernachtung/Reisekostenzuschuss an den Carbon- und Textilbetontagen. Bewerben können sich Student\*innen ab

dem 5. Semester und Absolvent\*innen der vergangenen zwei Jahre.

Die Bewerbung soll mit einem fachlich **begründetem Bewerbungsschreiben** (max. zwei Seiten) erfolgen. Bitte schicken Sie uns Ihre Bewerbung als PDF oder Word-Dokument. Gehen mehr als 10 Bewerbungen ein, entscheidet der Vorstand des TUDALIT e.V. über die Teilnahme. **Der Bewerbungsschluss ist der 31. Juli 2019.**

[tudalit.de/nachwuchsforderung](http://tudalit.de/nachwuchsforderung)



## TUDALIT-Neu: Strategische Schritte 2019

Die zukunftsweisende neue Satzung des TUDALIT e.V. wurde im August 2018 von den Mitgliedern einstimmig entschieden und im November 2018 vom Dresdner Registergericht eingetragen. Sie ist somit ab dem 01. Januar 2019 die Grundlage für die Tätigkeit der Verbandsmitglieder.

Für die zügige Umsetzung der strategischen Ziele und Aufgaben (siehe auch TUDALIT-Magazin Nr. 19, Sept. 2018) treffen sich am 11./12. Februar 2019 Vorstand, Geschäftsführer und Mitglieder mit Vertretern des Projektvereins C<sup>3</sup> Carbon Concrete Composite e.V. zu einer Klausurberatung.

Aufgrund der zeitlichen Überschneidung mit der Drucklegung zu dieser Ausgabe kann hier nur über ausgewählte Beratungsschwerpunkte und noch nicht über deren Ergebnisse informiert werden:

- ❑ Maßnahmenplan für einen beschleunigten Aufbau des Verbandes zum anerkannten deutschen Fachverband und Interessenvertreter der in der Wertschöpfungskette

für das Bauen mit nichtmetallischen Bewehrungen (insbesondere Carbonbewehrungen) beteiligten Unternehmen, Architekten, Ingenieurplaner und Entwicklungspartner,

- ❑ Öffnung des Verbandes für internationale Mitglieder,
- ❑ Aufgaben für die beschleunigte Markteinführung der innovativen Bauweise in der Baupraxis
- ❑ Bildung einer Fachgruppe zur Vorbereitung von Anträgen und Nachweisuntersuchungen für allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen / Regelwerke / Europäische technische Bewertung
- ❑ Organisation der Kooperation mit wichtigen Partnerverbänden, wie dem DBV, DAfStB und anderen,
- ❑ Diskussion und strategische Planung weiterer Entwicklungsschwerpunkte zur Carbon- und Textilbetonanwendung – auf der

Grundlage der Ergebnisse des C<sup>3</sup>-Projektes und neuester Erkenntnisse zur Wirtschaftlichkeit – sowie zu laufenden Entwicklungen

- ❑ Ziel- und Zeitplanung für den Aufbau des Geschäftsbetriebes, den Standortwechsel des Verbandes nach Berlin, Beschlussvorschläge für den neuen Verbandsnamen.
- ❑ Vorbereitung der Vorstandswahlen zur Jahresmitgliederversammlung 2019

Des Weiteren wird die Klausurberatung die Umsetzung der Kollektivmarkensatzung, d.h. die Bedingungen zur Vergabe des Qualitätszeichens TUDALIT® für Hersteller zertifizierter Baustoffkomponenten und baukonstruktiver Anwendungen diskutieren sowie die notwendigen Maßnahmen zur Einführung dieses Qualitätsüberwachungssystems festlegen, die eine Nutzung des Gütezeichens durch die Unternehmen ermöglicht.

[www.tudalit.de](http://www.tudalit.de)

# Carbonbeton in Verbindung mit Leichtbeton

## Instandsetzung und Lastreduzierung einer Brücke

Der nachfolgende Objektbericht beschreibt die Sanierung eines 220 m<sup>2</sup> großen Teilstücks einer ca. 24 Jahre alten Brücke, die ein vielbefahrenes Parkhaus mit einem Einkaufszentrum verbindet, durch die Koch GmbH. Die Exposition des Bauwerks ist hauptsächlich durch Witterungswechsel, Tausalze, Schneeräumung und hohe mechanische Belastungen ein- und ausparkender Fahrzeuge geprägt.

Gründe für die notwendige Sanierung waren vor allem die starke und bereits mit bloßem Auge erkennbare Durchbiegung, sowie eine mangelhafte Entwässerung, welche sich durch stehendes Wasser (mit hohem Chloridgehalt) auf einem Großteil der Fläche bemerkbar machte.

Erste Prüfungen ergaben, dass die ca. 16 cm dicken Betonfertigteilplatten, welche auf der Stahlbetonkonstruktion auflagen, in der ursprünglichen Bemessung nicht berücksichtigt wurden. Durch die Überbeanspruchung ließ sich die starke Durchbiegung erklären. Ziel war es daher, die vorhandene Aufbauhöhe der angrenzenden Flächen zu erreichen und dabei eine möglichst geringe Auflast zu generieren. Weiterhin sollte die bereits vorhandene Gefällesituation für ein neues Entwässerungssystem verbessert werden.

Nach dem Abtrag der Betonfertigteilplatten zeigte sich, dass unter diesen eine Schicht von bis zu sechs Lagen Bitumschweißbahn vorhanden war, die als flächige Abdichtung zum Altbeton auch weiterhin genutzt werden konnte. Eine anschließende Vermessung ergab Höhendifferenzen von bis zu 24 cm zwischen Untergrund und Oberkante des Aufbetons.



Brückenfläche nach Abtrag der Betonfertigteilplatten mit graphischer Darstellung der Höhenmessungen



Der Leichtbeton wird flächig zur Verbesserung der Gefällesituation eingebaut.

Um solche Höhenunterschiede mit geringer Auflast und dennoch hoher mechanischer Tragfähigkeit zu überbrücken, entwickelte die Koch GmbH eine Individuallösung auf Basis eines Leichtbetons in Kombination mit Carbonbeton.

In Kooperation mit der Firma PAGEL wurde im Vorfeld der Maßnahme eine Versuchsreihe angelegt, um einen gefällefähigen Leichtbeton auf Blähglasgranulat-Basis zu konzipieren, welcher trotz geringer Dichte eine ausreichende mechanische Performance liefert. Besonders relevant war dabei eine für diesen Individualfall benötigte Frühfestigkeit zur weiteren Bearbeitung der Fläche. Weiterhin sollte der neue Leichtbeton mit einer Mindestaufbauhöhe von 30 mm so eingebaut werden können, dass ausreichend Gefälle zu den neu gesetzten Ablaufkörpern entstand, was wiederum eine spezielle Einbaukonsistenz erforderte.

Die abschließende Nachbehandlung mittels Befeuchten und Abdecken war wegen der niedrigen Temperaturen (durchschnittlich 2 °C) und gleichzeitiger Sonneneinwirkung besonders wichtig. Durch den Einsatz des Leichtbetons konnte etwa die Hälfte der Auflast im Vergleich zu gewöhnlichen Konstruktionsbetonen gleicher Schichtdicke eingespart werden.

Auf Grund seiner rauen Oberfläche und der Tatsache, dass bei diesem Leichtbeton nicht die Glaskörnung die Haupttragfähigkeit gewährleistet, sondern der besonders feine Zementleim, konnte auf eine zusätzliche Untergrundvorbereitung für die weitere Aufbetonschicht verzichtet werden.

Der entwickelte Leichtbeton besitzt im Vergleich zu bereits bekannten, porösen Systemen eine deutlich geringere Wasseraufnahmefähigkeit an der Oberfläche. Somit konnte nach Aufbringen einer Haftbrücke problemlos nass-in-nass der Aufbeton eingebaut werden.

Um bei der Aufbetonschicht zusätzlich Gewicht zu sparen, und gleichzeitig eine Aussteifung mit statischer Verstärkung zu ermöglichen, fiel die Wahl auf Carbonbeton.

Als Bewehrung wurde für diese Anwendung ein SBR-getränktes, quadratisches Carbongelege der Güte 24K gewählt. Die Einbettung erfolgte in einem PCC-M3-Mörtel (ca. 50 N/mm<sup>2</sup> Druckfestigkeit nach 28 Tagen) mit einem Größtkorn von 2 mm. Um die zuvor hergestellte Gefällesituation beizubehalten, wurde der Carbonbeton mit konstant 3 cm Schichtdicke im Laminierverfahren aufgebaut. Lediglich in den Rampenbereichen (Anschluss zu den Bestandsflächen) musste mehrlagig gearbeitet werden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass sich die Kombination aus Leicht- und Carbonbeton optimal für Anwendungen im Bereich der Lastreduzierung mit besonderen Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit (v.A.



Einlaminiert des Carbongeleges in Konstruktionsmörtel auf der ausgehärteten Leichtbetonschicht

geringe Rissbreiten) eignet. Durch den Entfall von aufwendigen Arbeitsschritten wie Abstützungen, Verstärkungen, Neubemessung, Fördertechnik etc. und deutlich geringeren Sperrzeiten sind sogar Kostenreduzierungen mit dieser Methode realisierbar.

Koch GmbH  
www.betonbeschichtung.net

# Ressourceneffiziente Carbonbewehrungen mit kurzen Verankerungs- und Übergreifungslängen

Zur Verstärkung von Stahlbeton mit textilbewehrtem Beton werden vorzugsweise Textilbewehrungen aus Carbon Fiber Heavy Tows (CFHT) mit hoher Fadenfeinheit eingesetzt - eine innovative Technologie, für die 2014 die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) erteilt wurde. Zukünftig soll die Feinheit der CFHT erhöht werden, um bei gleicher Bewehrungsmenge die erforderliche Lagenanzahl zu minimieren. Da dann jedoch das Verhältnis zwischen Mantel- und Querschnittsfläche bei größer werdender Feinheit ungünstiger wird, resultieren daraus größere Verankerungs- bzw. Übergreifungslängen, wenn die Verbundkräfte allein über den Haftverbund übertragen werden. In einem kürzlich erfolgreich abgeschlossenen Forschungsprojekt wurde untersucht, inwiefern durch eine schlaufenartige Ausbildung des Textilrandes Abhilfe geschaffen werden kann.

Es erfolgte die Entwicklung und Umsetzung einer Lösung für eine Bewehrung, die die gestellten Anforderungen erfüllt, die auftretenden Belastungen auf kurzen Längen zu übertragen. Dabei werden einerseits wertvolle Ressourcen in Form von Textilbewehrung eingespart und andererseits die Größe

der im Bereich der überlappenden Bewehrungslagen (Bewehrungsstoß) ungünstigen Betondeckungen reduziert.

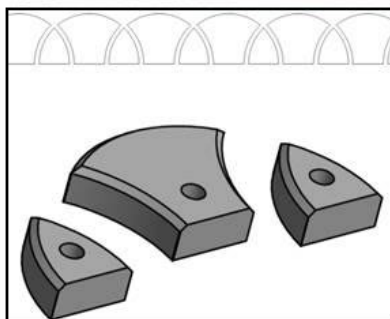
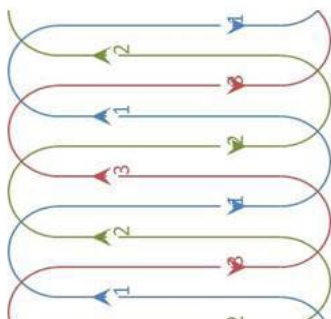
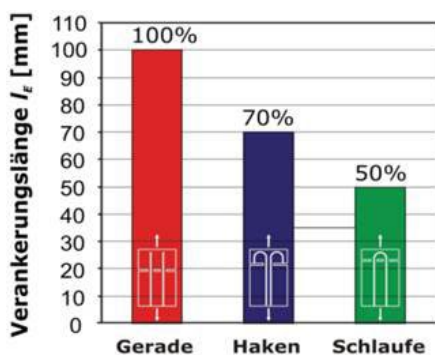
Bei dieser schlaufenförmigen Verankerungslösung wird der Rand der Textilbewehrung so ausgebildet, dass eine geometrisch vorher bestimmte Schlaufe entsteht. Die Garne werden dabei an den Rändern durch schlaufenförmige Anordnung wieder in das Textil zurückgeführt, um nach dem Prinzip der Umlenkkräfte die im Garn wirkenden Zugkräfte innerhalb der Schlaufen-geometrie in Druckkräfte des Betons zu überführen. Greifen zwei Textilbewehrungen in dieser Art übereinander, lassen sich die Zugkräfte innerhalb der Schlaufenlänge von 150 mm übertragen, was im Vergleich zur bisherigen Vorgehensweise (von bis zu 2,0 m) zu einem enormen Einsparpotential an Bewehrung führt.

Die neuartigen Textilbewehrungen wurden einer Reihe von Prüfungen auch unter Brandbelastung unterzogen. Die Ergebnisse zeigen eine signifikante Reduzierung der Verankerungslängen durch die Randschlaufen auf nur wenige Zentimeter. So konnte z. B. nachgewiesen werden, dass eine mit

„Schlaufenbewehrung“ verstärkte Platte mit wesentlich kürzerem Übergreifungsstoß im Bereich des max. Biegemomentes einem Brand von 90 min standhält. Mit der Überführung der Projektergebnisse in die Industrie kann der Carbonbetonbau in Zukunft gezielt ressourceneffizienter gestaltet werden.

*Das IGF-Vorhaben 18588 BR „Verankerungen von Textilbetonbewehrungen“ der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e.V. wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Wir danken den genannten Institutionen für die Bereitstellung der finanziellen Mittel. Weiterhin danken wir den Firmen für die fachliche Unterstützung und die Bereitstellung von Versuchsmaterial sowie allen weiteren Partnern, die uns in der Forschungsarbeit zu diesem Themenkreis unterstützten.*

*Steffen Rittner · Dr. André Seidel (ITM)  
Institut Für Textilmaschinen und  
Textile Hochleistungswerkstofftechnik  
Dr. Kerstin Speck · Franz Bracklow (IMB)  
Institut für Massivbau, TU Dresden*



Entwicklung und Umsetzung der „Schlaufenbewehrung“

# Pultrusion mineralisch getränkter Carbonfaserstäbe für Hochtemperaturanwendungen

Eine breite Anwendung der Carbonbetonbauweise setzt ein temperaturresistentes Verbundverhalten zwischen Betonmatrix und Bewehrungsstrukturen voraus. Zu den bisher verfügbaren polymerbasierten Faserverbundsystemen stellen diesbezüglich mineralisch getränkte Carbonbewehrungselemente eine vielversprechende Alternative dar [1]. Erste labormaßstäbliche Untersuchungen zeigten bereits, dass solche Materialien eine deutlich höhere Temperaturbeständigkeit aufweisen [2] und sogar bis zu 500 °C leistungsfähig sein können [3].

Eine praxistaugliche Herstellung der neuartigen Bewehrungselemente wurde kürzlich im Rahmen des C<sup>3</sup>-Verbundvorhabens „V2.6 – Anorganisch gebundene Bewehrungselemente“ erfolgreich erprobt. In Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Baustoffe der Technischen Universität Dresden und der EBF Dresden GmbH



Zuführung und Tränkung der Carbonrovings (8mal 50k)

wurde ein Pultrusionsprozess entwickelt, der eine kontinuierliche Produktion unidirektionaler Bewehrungselemente ermöglicht. In diesem Prozess konnten acht Carbonfaser-Rovings mit jeweils 50.000 Einzelfilamenten mit einer eigens entwickelten mineralischen Suspension getränkt und über ein Pultrusionsverfahren zu einem Stab zusammengeführt werden. Durch einen teilautomatisierten Abzug, Ablängung und anschließende Nachbehandlung konnten robuste Bewehrungsstäbe erzeugt werden, deren mechanische Leistungsfähigkeit derzeit eingehend untersucht wird. Eine erste Beurteilung der gesamten Prozesskette und der hergestellten Materialien zeigt

aber bereits, dass eine kontinuierliche Herstellung temperaturstabiler Bewehrungselemente für den Carbonbeton in naher Zukunft möglich ist.

[1]K. Schneider, M. Lieboldt, M. Liebscher, M. Fröhlich, S. Hempel, M. Butler, C. Schröfl, V. Mechtcherine, Mineral-Based Coating of Plasma-Treated Carbon Fibre Rovings for Carbon Concrete Composites with Enhanced Mechanical Performance, *Materials*. 10 (2017) 360.

[2]K. Schneider, A. Michel, M. Liebscher, V. Mechtcherine, Verbundverhalten mineralisch gebundener und polymergebundener Bewehrungsstrukturen aus Carbonfasern bei Temperaturen bis 500 °C, *Beton- und Stahlbetonbau*. 113 (2018) 886–894.

[3]K. Schneider, A. Michel, M. Liebscher, L. Terreri, S. Hempel, V. Mechtcherine, Mineral-impregnated carbon fibre reinforcement for high temperature resistance of thin-walled concrete structures, *Cement and Concrete Composites*. 97 (2019) 68–77.

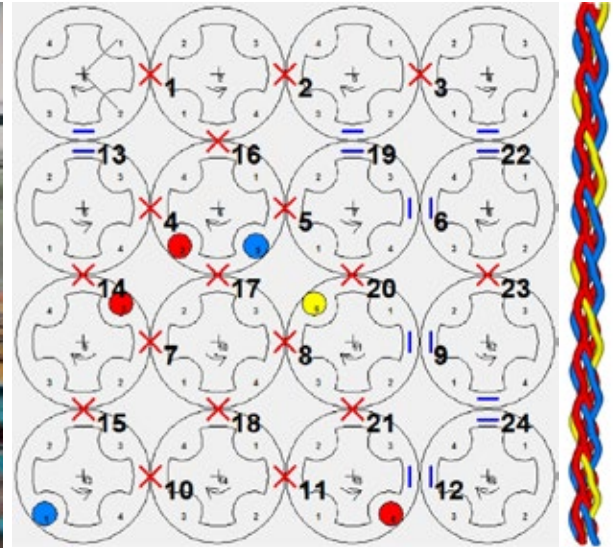
*Marco Liebscher, Kai Schneider, Albert Michel, Viktor Mechtcherine  
Institut für Baustoffe, TU Dresden  
Jörg Zschätzsch, Alexander Schaffrath,  
Torsten Blum  
EBF Dresden GmbH*



Carbonrovings und pultrudierter Carbonstab

# Innovative oberflächenprofilierte Bewehrungsgarnstrukturen mit verbesserter Kraftübertragung im Beton

Bei der am Markt etablierten Stahlbewehrung wird durch eine eingewalzte Rippenstruktur auf der Stahloberfläche eine dauerhafte Verankerung im Beton ermöglicht. Im Vergleich dazu wird beim bisherigen Carbonbeton die Betonhaftung mittels eines chemischen Tränkungsmittels realisiert, da Carbonfilamentgarne über eine sehr glatte Oberfläche verfügen, womit aber prinzipbedingt kein ausreichender Formschluss mit dem Beton ermöglicht wird. Das kann z. B. bei hohen Temperaturen dazu führen, dass das Tränkungsmittel erweicht und damit keine ausreichende Betonhaftung mehr vorhanden ist und das Bauteil vorzeitig versagt.

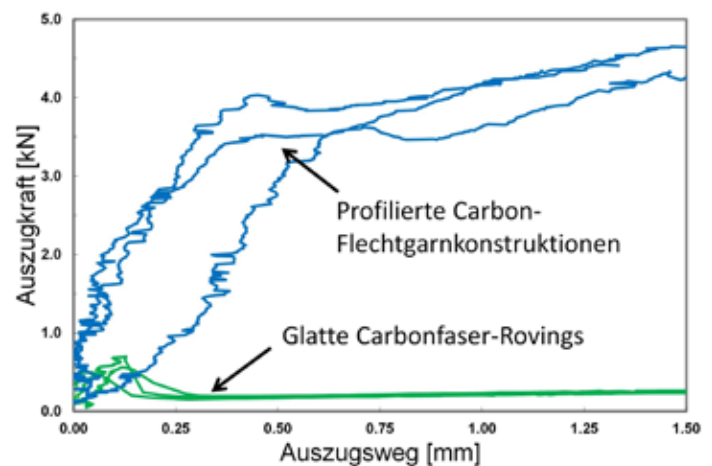


HERZOG® Variationsflechter, Steuerungsmuster des Variationsflechters und Simulation einer Flechtgarnkonstruktion mittels TexMind® Software

Im Rahmen des Verbundvorhabens C<sup>3</sup> V2.4 werden deshalb verschiedene Technologien zur Entwicklung neuartiger Bewehrungsgarnstrukturen mit einer definierten Oberflächenprofilierung untersucht, um eine dauerhafte formschlüssige Verbindung sowie eine signifikant verbesserte Kraftübertragung mit dem Beton zu ermöglichen. Als Schwerpunkt werden verschiedene neuartige Flechtgarnkonstruktionen durch Modellbildung mittels TexMind® Software und auf Basis eines weiterentwickelten HERZOG® Variationsflechters umgesetzt. Die wesentliche Herausforderung bei den neuartigen Bewehrungsgarnstrukturen besteht in der Beibehaltung einer möglichst gestreckten Fadenlage und einer festen Verankerung der Einzelfasern in den jeweiligen Garnstrukturen, um die mechanischen Eigenschaften der Bewehrungsstrukturen optimal nutzen zu können. Dazu können die lasttragenden Carbonfilamentgarne zum einen direkt miteinander verflochten werden, zum anderen besteht die Möglichkeit, diese als Steh- bzw. See-

lefläden anforderungsgerecht mittels alternativer Fadenmaterialien zu umflechten. In beiden Fällen resultiert daraus eine gezielt einstellbare Oberflächenprofilierung.

Im Rahmen des Projekts konnten bisher innovative Flechtgarnkonstruktionen umgesetzt werden, die eine signifikante Erhöhung der Auszugskraft aus dem Beton im Vergleich zu bisher eingesetzten glatten Carbonfaser-Rovings ermöglichen. Daraus zeigt sich das enorm hohe Potential der Flechtgarnkonstruktionen für zukünftige Betonbewehrungen.



Auszugsweg-Auszugskraft-Verlauf von glatten Rovings und profilierten Flechtgarnkonstruktionen, jeweils 3200 tex Feinheit, SBR-Tränkung, Einbindungslänge Auszugskörper: 50 mm

Das Projekt C<sup>3</sup> V2.4 wird im Rahmen des Programms »Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation« der Initiative »Unternehmen der Region« vom Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

Martin Hengstermann, Anwar Abdkader, Chokri Cherif – ITM, TU Dresden



Flechtgarnkonstruktionen mit geflochtenen Carbonfilamentgarnen (oben) und mit Carbon-Seelefläden, die mit alternativen Fasermaterialien umflochten werden (links)

# KKS-Carbonbeton - Rissinstandsetzungen am Beispiel einer Tiefgarage

Die Koch GmbH entwickelte auf Basis eines carbontextilbewehrten Spezialmörtels sowie eines kathodischen Korrosionsschutzes (KKS) den sogenannten KKS-Carbonbeton.

Besonders in Parkbauten resultieren aus chloridinduzierter Korrosion folgende Probleme: hohe Chloridwerte, fortgeschrittener Bewehrungsquerschnittsverlust, niedrige Durchfahrtshöhen, geringe Betondeckung und starke Frequentierung. Dem soll der KKS-Carbonbeton entgegenwirken.

Dabei gelingt es, ohne schwerwiegende Eingriffe in die Bauwerkssubstanz – wie Stemm- oder Höchstdruckwasserstrahlarbeiten – einen kathodischen Korrosionsschutz sehr schnell zu applizieren, der bereits entstandene Querschnittsverluste kompensiert. Zusätzlich findet dabei eine Aussteifung des Bauwerks und in Rissbereichen eine vielfache Rissverteilung statt. Je nach Ausführungsart kann ein solches System auch ohne weiteren Oberflächenschutz in wenigen Stunden appliziert werden. Das Carbonbetonsystem wird dabei direkt auf die vorbereiteten Betonoberflächen aufgebracht und mit einem geeigneten Mörtel eingebettet. Dieser besitzt im Idealfall einen geringen elektrischen Eigenwiderstand und niedrige Übergangswiderstände zum Carbon, sowie zum Untergrundbeton, um eine leichtere Polarisation zu ermöglichen. Während der Entwicklung lag ein besonderes Augenmerk auf

Detaillösungen hinsichtlich elektrischer Kontaktierung des Carbons.

Bereits seit 2012 laufen die ersten, mit KKS-Carbonbeton sanierten Parkhäuser erfolgreich und störungsfrei. Seitdem wurde das System für verschiedenste Anwendungen – insbesondere in Fugen und Rissbereichen oder bei hohen Zerstörungsgraden – eingesetzt und weiter optimiert.

Der folgende Objektbericht beschreibt die Sanierung einer ca. 10 Jahre alten Tiefgarage, bei der es vermutlich durch späten Zwang zu vielfacher Rissbildung kam. Trotz mehrfacher Sanierungsansätze durch Injektion und Beschichtung (auch mehrlagig) kam es in den Rissbereichen zu hohen Chloridkonzentrationen (bis über fünf Massen-%). Auf Grund der ausreichenden Betondeckung waren aber die Querschnittsverluste an der Bewehrung noch akzeptabel.

Durch das Aufbringen des KKS-Carbonbetons sollen langfristig die Bereiche mit Rissen und erhöhtem Chloridgehalt kathodisch geschützt, aussteift und abgedichtet werden.

Mittels Potenzialfeldmessung wurden die Flächen hinsichtlich Rissbereichen und aktiver Korrosion untersucht und in Bereiche gegliedert, an denen ein kathodischer Schutz notwendig scheint. Rissbereiche, ohne Korrosionsmerkmale und Chloride, wurden mittels Carbonbeton (ohne KKS) saniert.

Als Einbettmörtel diente ein PCC-M3-Mörtel, der hinsichtlich elektrischer Leitfähigkeit und statischer Anforderungen gleichermaßen geeignet war. Für die hier verwendete Bewehrung/Mörtel-Kombination wurde die erste deutschlandweite Zustimmung im Einzelfall für die Innovation KKS-Carbonbeton erwirkt.

Arbeitsablauf: Zuerst wurden die Rissbereiche markiert und mit einer Asphaltfräse mit Feinwelle und Absaugung herausgefräst. Nach anschließender



Einbau KKS-Carbonbeton im Laminierverfahren – roter Bereich: Primäranodeneinspeisung

Reinigung und Untergrundvorbereitung wurde der KKS-Carbonbeton im Laminierverfahren verlegt. Zum Schluss erfolgte eine Bandagen-Beschichtung der Rissbereiche mittels eines hoch elastischen Beschichtungssystems auf PMMA-Basis. Die übrigen, ungerissenen Bereiche erhielten eine starre Beschichtung in Anlehnung an OS-8.

Carbonbeton ist eine vielversprechende Innovation für die Instandsetzung von Parkbauten. Er ermöglicht flächige Instandsetzungen, optimale Querschnittsergänzungen, Aussteifen der Fugen- und Rissbereiche, druckverteilende Platten oder Erhöhungen des Hebels auf der Deckenoberseite. Dabei lässt er sich als sehr dünn-schichtige Lösung individuell auf Problem-bereiche anwenden. Die KKS-Ausführung ist für vielfältige Problemstellungen der chloridinduzierten Korrosion eine wirtschaftliche und schnelle Lösung. Auch im Vergleich zu anderen KKS-Systemen bietet die Verwendung von Carbonbeton eine kostengünstige Alternative zu konventionellen Instandsetzungen mit KKS. Zudem stellt dies häufig die einzige Möglichkeit dar, einen Abriss zu verhindern.

Koch GmbH  
www.betonbeschichtung.net

## Impressum

Herausgeber: TUDALIT e.V.  
Vorstand:  
Ulrich Assmann (Vorstand)  
Dr.-Ing. Silvio Weiland  
Dipl.-Ing. Erich Erhard  
Freiberger Str. 37 · 01067 Dresden  
Tel. +49 351 40470-410 ·  
Fax +49 351 40470-310  
info@tudalit.de

Redaktion:  
Ulrich van Stipriaan, Projekte PR  
Kerstin Schön, TUDAG/DZT  
Layout: Ulrich van Stipriaan  
Druck:  
addprint ag, Bannewitz