

Von der Forschung in die Baupraxis

Textilbeton – Einsatzmöglichkeiten und planerische Herausforderungen

Boris Peter, Jan Mittelstädt, Matthias Oppe, Stuttgart

Hochfeste Feinkornbetone, bewehrt mit einem engmaschigen Netz aus Carbon- oder Glasfasern, ermöglichen die Herstellung dünnwandiger Bauteile mit Materialstärken von nur wenigen Zentimetern, die extrem langlebig und wartungsfrei sind. Die beim Stahlbeton üblichen Korrosionsprobleme spielen dabei keine Rolle mehr. Im Jahr 1994 wurde die Bauweise zum ersten Mal in Dresden erprobt, die Grundlagen werden seit 1999 in verschiedenen Sonderforschungsbereichen an den Universitäten in Aachen und Dresden erarbeitet, aber bis heute hat sich deren baupraktische Anwendung nicht weit verbreitet. Das mag an der noch nicht bauaufsichtlich geregelten Normung geeigneter Bemessungsverfahren und den dadurch erforderlichen Zustimmungs- oder Zulassungsverfahren liegen. Für eine praxistaugliche Verbreitung fehlen aber auch materialgerechte Herstellungsverfahren und Konstruktionsformen. In diesem Beitrag werden baupraktische Einsatzmöglichkeiten von Textilbeton anhand verschiedener Referenzprojekte erläutert. Der Fokus liegt dabei auf den planerischen Herausforderungen bei der Verwendung dieser neuen und hoch innovativen Bauweise. Exemplarisch werden markt-gängige Planungs- und Vergabeverfahren für einen Praxistransfer dieses innovativen und nachhaltigen Materials – von der Forschung in die Baupraxis – vorgestellt.

1 Einleitung

Der materialgerechte Einsatz von Beton mit textiler Bewehrung aus Glas- oder Carbonfasern im Bauwesen erfordert die Entwicklung von materialspezifischen Konstruktionsformen, die die Eigenschaften des Materials effizient ausnutzen und in ihrer Form und Konstruktion widerspiegeln. Gegenüber der klassischen Bewehrung aus Stahl ermöglicht die Anwendung textiler Bewehrung die Herstellung dünnwandiger Betonbauteile. Neben der daraus resultierenden Material- und Gewichtsersparnis der textilbewehrten Bauteile und Konstruktionen, kann von einer überdurchschnittlich langen Lebensdauer bei minimalem Wartungsaufwand ausgegangen werden [1]. Die Optimierung des erforderlichen Zementgehalts führt zu einer Reduzierung des Primärenergiebedarfs der Bauteile und einer Verringerung des durch den Bau verursachten CO₂-Ausstoßes.

In diversen Forschungsarbeiten [2–5] konnten in den vergangenen Jahren die Grundlagen der Materialentwicklung sowie ein grundlegendes Verständnis des Verbundwerkstoffs Textilbeton geschaffen werden. Das Tragverhalten textilbewehrter Bauteile wurde in den ersten Schritten grundlegend erforscht, Prüfmethode und Bemessungsverfahren wurden in Analogie zum klassischen Stahlbetonbau angepasst und verifiziert. Nun gilt es, den Wissenstransfer von der Forschung in die Praxis zu bewerkstelligen. Aufgrund der noch fehlenden bauauf-

sichtlichen Regelungen für die Verwendung von Textilbeton muss der Einsatz im Rahmen einer Zustimmung im Einzelfall „ZiE“ oder allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung „abZ“ individuell, abhängig von Art und Verwendung der Konstruktion genehmigt werden. Eine „abZ“ konnte für den speziellen Anwendungsfall des Verstärkens mit Textilbeton [6] sowie für Fertigteilgaragen [7] bereits erreicht werden.

Die Autoren:

Dipl.-Ing. Boris Peter ist Partner und geschäftsführender Gesellschafter bei der Knippers Helbig GmbH. Er hat an der Universität Stuttgart Bauingenieurwesen mit dem Schwerpunkt des konstruktiven Ingenieurbaus sowie Architektorentwurf studiert und war anschließend in verschiedenen Büros in Deutschland und den USA tätig. Er ist Mitglied der Ingenieurkammer Baden-Württemberg (u.a. im Wettbewerbsausschuss und Vorsitz der Fachgruppe Digitalisierung) sowie Mitglied im Verein für Ingenieurbaukunst Zürich, Schweiz.

Dr.-Ing. Jan Mittelstädt ist Mitglied der Geschäftsleitung bei der Knippers Helbig GmbH und im Berliner Büro als Tragwerksplaner für innovative Bauweisen tätig. Er hat an der Technischen Universität Hamburg (TUHH) Bauingenieurwesen und Umwelttechnik studiert. Während seiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbei-

Neben den rechtlichen Rahmenbedingungen zur Verwendbarkeit kommt der Frage nach der Fertigung eine besondere Bedeutung zu. Neuartige Konstruktionen stellen hierbei sowohl für die Planung als auch die Ausführung eine besondere Herausforderung dar und bedürfen im Vergabeprozess eine partnerschaftliche Herangehensweise, da Innovation auch immer mit einem gewissen Risiko für Bauherren, Pla-

ter am Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren (ILEK) der Universität Stuttgart hat er dort im Themenfeld „ultrahochfester Beton“ promoviert. Er ist Mitglied in der Baukammer Berlin.

Dr.-Ing. Matthias Oppe ist Mitglied der Geschäftsleitung bei der Knippers Helbig GmbH und leitet das Büro in Stuttgart. Er hat an der RWTH Aachen Bauingenieurwesen studiert und während seiner Promotion umfassendes Wissen zum Einsatz faserverstärkter Kunststoffe erworben. Mit dem Fokus auf eine enge Verknüpfung von wissenschaftlichen Erkenntnissen und praktischer Anwendbarkeit, ist er bei Knippers Helbig für die technische Entwicklung und statische Analyse von Bauteilen aus neuen Werkstoffen verantwortlich. Er ist Mitglied in der Ingenieurkammer Baden-Württemberg sowie in mehreren nationalen und internationalen Vereinigungen und Normenausschüssen tätig.



Bild 1: Notwendige Betonüberdeckung bei Stahlbeton und Carbonbeton (zwei Varianten) im Vergleich Foto: C3 - bauen-neu-denken.de/filmaton.tv

ist. Wenige Millimeter Betonumhüllung reichen aus, um die zur Zugkraftübertragung notwendigen Verbundspannungen zum Beton zu aktivieren (Bild 1). So lassen sich tragende Bauteile mit Stärken von lediglich 30 mm herstellen. Es sind jedoch hochfeste Feinkornbetone zur Gewährleistung eines ausreichenden Verbunds zwischen der

Betonmatrix und den textilen Gelegen erforderlich. Nur so lässt sich das Potenzial der textilen Hochleistungsbewehrung im Zusammenspiel mit dem Beton optimal ausnutzen. Bedingt durch die flexible Formgebung von Betonbauteilen ergeben sich neue Konstruktionsmöglichkeiten.

Durch die Verarbeitbarkeit des Materials sowie die i.d.R. dünnwandigen, und damit vor Ort nur sehr schwer herzustellen Bauteile, beschränkt sich die praktische Umsetzung aktuell auf den Fertigteilbau. Vor diesem Hintergrund kommt der Frage nach geeigneten neuartigen Fertigungsmethoden eine besondere Bedeutung zu.

2 Planungsprozess

2.1 Grundlagen

Ein besonderer Vorteil gegenüber stahlbewehrtem Beton liegt darin, dass die Textilbewehrungen selbst bei Tausalzbeanspruchungen (Chlorid) nicht korrodieren und somit keine Betonüberdeckung zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit notwendig

Um Komplexitäten in der Herstellung, dem Tragverhalten und den Zulassungsverfahren zu minimieren, sollte sich die Anwendung der textilen Bewehrung auf deren materialgerechte Anordnung in flächigen und dünnwandigen Bauteilbereichen beschränken. So erfolgten die punktuellen Verbindungsbereiche der Stützenköpfe miteinander, deren Anbindung an die Stützen und damit die Ausbildung von D-Bereichen als klassisch stahlbewehrte Betonkonstruktionen. Die Entwicklung von punktuellen Verbindungsmitteln in dünnwandigen Textilbetonteilen wird eine der anzugehenden Aufgaben in der Forschung im Sinne einer praxisgerechten Anwendung sein.

2.2 Materialgerechtes Konstruieren

Mit der Entwicklung des Textilbetons ergeben sich für den Betonbau bisher ungewohnte Möglichkeiten für die Herstellung und Anwendung dünnwandiger, geometrisch frei zu formender Betonbauteile. Neben der Ablesbarkeit einer materialgerechten Konstruktion, z.B. an dessen Schlankheit, sind nun auch hybride, aufgelöste Konstruktionen möglich. Die 186 kreisrunden Stützenköpfe mit Durchmessern von 2,5 m bis 5 m (Bild 2) bilden im Verbund mit weiteren Bauteilen eine Art „Überdachung“ eines Außenraums beim Neubauprojekt der Sächsischen Aufbaubank (SAB) in Leipzig.

Die Stützenköpfe sind jeweils an ihren Berührungspunkten gekoppelt. Sowohl der flächigen Ausbildung zwischen den Stützen, als auch der Koppelstelle, kommt dabei eine tragende und gestalterische Bedeutung zu. Der „Status Quo“ (Bild 3) beschreibt die gestalterisch gewünschte Anmutung einer volumenartigen Ausführung des Stützenkopfs mit einer Ansichtskante von 25 cm und einer integrierten Verbindung. Mittels einer hybriden Lösung aus dünnwandig textilbewehrten Deckschichten mit einer Dicke von 30 mm und innenseitig verbindenden Stahlbetonrippen konnte die äußere monolithische Anmutung als Betonkonstruktion bei um 40 % reduziertem Eigengewicht umgesetzt werden.

Im Brückenbau haben textilbewehrte Trogquerschnitte im Vergleich zu beispielsweise Plattenbalken wesentliche Vorteile. Die gesamte Gehwegplatte liegt bei Trogquerschnitten im Zugbereich, wobei bei Plattenbalken die Zugzone nur lokal im unteren Stegbereich auftritt. Die flächige Anordnung textiler Bewehrungslagen in der Gehwegplatte ermöglicht zusammen mit der tragenden Wandung des Trogs eine effiziente Ausnutzung der Materialien bei einer gleichzeitig sehr schlanken Ausführung der Konstruktionselemente.

Während sich mit Fachwerk- und Vieren-deelträgerkonstruktionen offene Ansichten realisieren lassen, kann ein Trogträger besser auf variierende Spannweiten angepasst werden. Offene Trägerformen oder Falterwerke erfordern jedoch einen sehr hohen Schalungsaufwand und eine teilweise komplexe Bewehrungsführung der kleinformatigen Trägerelemente (Bild 4). Die gewählte



Bild 2: SAB Leipzig – Visualisierung des Außenraums

Foto: ACME GmbH



Bild 3: Konstruktive Formgebung eines kreisrunden Stützenkopfs – Prinzipdarstellungen

Grafiken: ACME GmbH

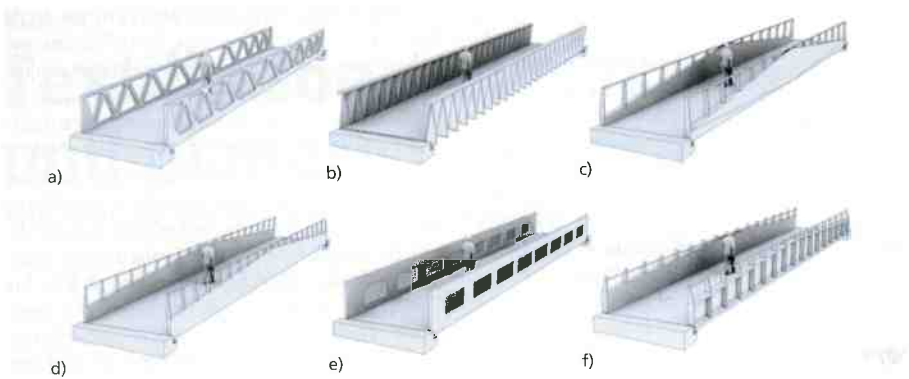


Bild 4: Variantenuntersuchung Brückenquerschnitte

Grafiken: Knippers Helbig GmbH



Bild 5: Brückenzug Bahnhofsareal Ditzingen



Grafiken: Knippers Helbig GmbH

Trogvariante (d), wie sie bei der Fußgängerbrücke in Albstadt-Ebingen [1, 8] verwendet und für den Brückenzug am Bahnhof in Ditzingen (Bild 5) weiterentwickelt wurde, basiert auf einer einfachen Extrusion eines U-förmigen Querschnitts mit einheitlicher Bauteildicken von 70 mm (Trogwände) bzw. 90 mm (Gehwegplatte).

Des Weiteren konnten durch die Verwendung gleicher Fertigteile die Montage- und somit auch die Sperrzeiten der Bahngleise minimiert werden.

3 Herstellungsverfahren

Die Herstellung textilbewehrter Betondeckschichten mit geringen Wandstärken und die z.T. freie Formgebung stellen besondere Herausforderungen an die Ausführung. Durch die Segmentierung von Strukturen wird sowohl der Grad der Vorferti-

gung optimiert als auch der Transport- und Montageaufwand reduziert. Das Verlangen nach einer vollständigen Serienfertigung von Fertigteilkonstruktionen (Bild 6) widerspricht jedoch insbesondere bei Brücken dem Grundsatz ausgehend von den jeweils spezifischen statischen Anforderungen und der aus Ort und Nutzung abgeleiteten konstruktiv-gestalterischen Ausbildung eigenständige Lösungen zu entwickeln; deren Tragfunktion in der Gestalt nachvollziehbar und deren Materialität in der Detaillierung spürbar ist.

Die Verwendung von Fertigteilen ist immer dann besonders sinnvoll und wirtschaftlich, wenn Bauteile mit großen Stückzahlen hergestellt werden. Daher ist z.B. die Produktion von Fertigteilgaragen aus Textilbeton (Bild 7) eine industrielle Anwendung im Textilbetonbau.

Wände und Decke werden in einer Stahlschalung als monolithisches Fertigteil hergestellt, Materialstärken von 60 mm (Decke) bzw. 50 mm (Wandkopf) führen zu einer hohen Materialersparnis und somit zu leichteren und umweltfreundlicheren Konstruktionen. So konnte der Bedarf an Beton und der Ausstoß des Treibhausgases Kohlendioxid im Vergleich zur herkömmlichen Fertigteilgarage durch die einzigartig schlanke Bauweise bei der Herstellung um bis zu 30 % gesenkt werden. Dazu kommen reduzierte Kosten bei der Logistik, denn leichtere Garagen lassen sich günstiger und umweltschonender transportieren.

Textilbewehrte Fertigteile kommen auch in Form von sekundären Tragelementen, wie z.B. bei Straßenbrücken mit Stahlunterkonstruktion oder als Belag für Fuß- und Radwegbrücken integraler Massivholzbrücken (Bild 8), zur Anwendung. Des Weiteren werden sie dort eingesetzt wo wiederkehrende Elemente mit hoher Stückzahl verwendet werden und somit dünne, leichte sowie robuste Bauteile von Vorteil sind. Das trifft z.B. auf den Fassadenbau oder modulare Konstruktionen zu.

Momentan werden die Anwendungsmöglichkeiten noch durch die Grenzen der Produktion definiert. Um die Vorteile des neuen Materials vollumfänglich ausschöpfen zu können, sind für die Herstellung der dünnen Bauteile neue Produktionsmethoden im Fertigteilbau von Nöten. So könnte hier z.B. die Roboterfertigung (Bild 9) eine Rolle spielen, da u.a. erhöhte Anforderungen an eine präzise Lage der Bewehrung bestehen oder vorgefertigte geometrisch komplexe z.B. zweiachsig gekrümmte Bewehrungselemente zur Herstellung von dünnwandigen Schalenkonstruktionen erforderlich sind.

4 Genehmigungsprozess

4.1 Prototypen

Anhand von Prototypen lassen sich Grenzen und Möglichkeiten neuartiger Werkstoffe sowie gewählter Konstruktionen unter baupraktischen Gesichtspunkten exemplarisch prüfen. Fragen zur Art der Herstellung, den Abläufen im Labor bzw. Fertigteilwerk und den baupraktischen Methoden hierzu, können unter realen Bedingungen bewertet werden. Baupraktische Optimierungen lassen



Bild 6: Brücke Albstadt-Ebingen Herstellung als monolithisches Fertigteil

Bild: solidian GmbH



Bild 7: Fertigteilgarage aus Textilbeton

Foto: solidian GmbH



Bild 8: Muster der Textilbetonplatten als Belag für Massivholzbrücken

Fotos: Knippers Helbig GmbH

sich in die Planung übernehmen, Kosten aus Sicht der Ausführung bewerten und gestalterische Vorstellungen im realen Maßstab prüfen. Nur mittels der experimentellen oder gar seriellen Transferleistung aus dem Labormaßstab heraus lassen sich Chancen und Potenziale des Textilbetons hervorheben und Risikopotenziale eingrenzen. Wesentliche Herausforderungen der Ausführung bestehen dabei darin, dass Potenzial der neuartigen Konstruktionsweisen umzusetzen. Hierzu zählen z.B. die Herstellung dünnwandiger und großflächiger Bauteilabmessungen im Fertigteilbau sowie die Bauteilherstellung im industriellen Maßstab. So ist die wirtschaftliche Herstellung der geplanten Stützenköpfe (Bild 2 und Bild 10) für die SAB Leipzig nur im industriellen Maßstab

wirtschaftlich möglich. Der Entwurf, die statische Umsetzung und Ausführungsplanung erfolgte durch Knippers Helbig in Berlin und Stuttgart.

Die Entwicklung eines Herstellungsverfahrens wurde im Rahmen eines dreistufigen Verhandlungsverfahrens zusammen mit der Firma Hentschke Bau GmbH aus Bautzen vorgenommen. Die darin vorgesehene Herstellung eines Prototypen als Teil des finalen Verfahrensschritts wird im Folgenden dargestellt.

Die materielle Grundlage für den Prototyp bildete ein von der TU Dresden konzipierter Feinbeton. Zusammen mit einem Epoxidharz getränkten ebenen Carbongelege der Firma Solidian GmbH aus Albstadt wurde dieser als Teil des „ZiE“-Verfahrens

für die Stützenköpfe entwickelt und geprüft. Die Herstellung des Prototypen erfolgte in zwei Schritten. Im ersten Schritt wurde die untere Betondeckschicht mit einer Dicke von > 30 mm in die Schalung eingebracht. Im zweiten Schritt wurde der Bewehrungskorb, bestehend aus stabstahlbewehrten Rippen, textilbewehrten Deckschichten und Verdrängungskörpern als vorgefertigtes Element in die Schalung bzw. noch nicht erhärtete untere Deckschicht eingehoben, gegen Aufschwimmen gesichert und anschließend die Bauteilbereiche mit Beton verfüllt (Bild 11). Die textile Bewehrung wurde bereits bei dessen Herstellung in die benötigte Form gebracht bzw. in der erforderlichen Geometrie gefertigt, da die mit Epoxidharz getränkten Carbonfasern im ausgehärteten Zustand nicht mehr verformt werden können.

Neben den Erkenntnissen zur Herstellung diente der Prototyp des Weiteren zur Prüfung der Montage auf den Stützen und zwischen den Stützenköpfen. So wurde der textilbewehrte Stützenkopf erfolgreich mit einem monolithischen, rein stabstahlbewehrten Stützenkopf verbunden (Bild 13).

Für die Fußgängerbrücke in Albstadt-Ebingen wurden zwei Prototypen durch die Firma Max Bögl erstellt. Zunächst galt es Herstellungsmethode sowie der Transport- und Montagevorgänge zu untersuchen (Bild 6). Nachdem die planerischen Ziele baupraktisch umgesetzt werden konnten, wurde der Prototyp einem Belastungstest unterzogen (Bild 12).

Die hierbei ermittelte Tragfähigkeit diente als Grundlage der bauaufsichtlichen Zustimmung in Form einer „ZiE“. Der zweite Prototyp stellt die erstmalige Ausführung einer rein textilbewehrten Fußgängerbrücke für die Nutzung dar.

Im Rahmen einer „abZ“ sind umfangreiche experimentelle Untersuchungen an Kleinteilproben und Großbauteilen erforderlich (Bild 14).

4.2 Zustimmungs- und Zulassungsverfahren

Mit der Erfordernis, eine individuelle Zulassung oder ZiE zu erwirken, erscheint die Praxisanwendung von Textilbeton zunächst stets mit einem gewissen Risiko und wirtschaftlichen Mehrkosten versehen zu sein.

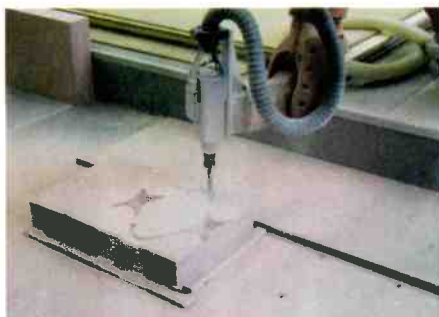


Bild 9: Robotergestützte Fertigung der Formen für die Herstellung von glasfaserverstärkten Keramikbauteilen der neuen Nachhallgalerie Staatsoper Unter den Linden

Fotos: Knippers Helbig GmbH/Marcus Ebener

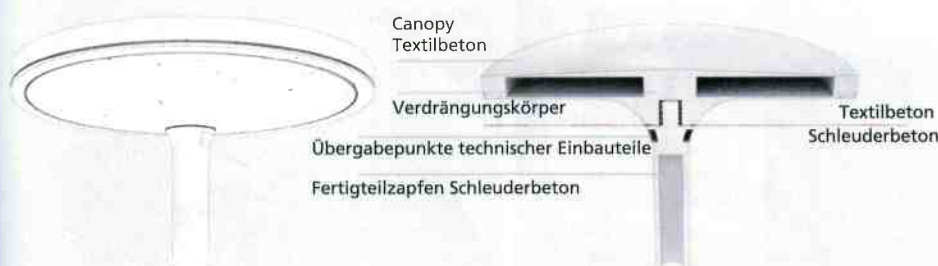


Bild 10: Prinzipdarstellung – Hybride Stützenkopfkonstruktion für die SAB Leipzig aus textil- und stahlbewehrtem Beton

Grafiken: ACME GmbH



Bild 11: Herstellung des zweiten Prototypen

Fotos: Henschke Bau GmbH, Bautzen

Generell ist eine ZiE bei der Realisierung innovativer Konstruktionen unumgänglich und in Teilbereichen bereits gängige Praxis. So wird beispielsweise ein hoher Prozentsatz moderner Glasfassaden mit unregelmalten Bauarten umgesetzt. Als Grundlage für den Genehmigungsprozess von Bauteilen aus Textilbeton liegen umfassende Erkenntnisse zu Prüfmethothen und Erfahrungswerte aus bereits realisierten Projekten vor. Aus Sicht der Planungspraxis gilt es, diese Grundlagen und Rahmenbedingungen der Genehmigungsprozesse bereits in den frühen Phasen der Planung offen anzunehmen, Verantwortlichkeiten zu adressieren und bereits im konstruktiven Entwurf auf die Anforderungen aus dem Zulassungsprozess zu reagieren. Hierbei zeigt sich, dass Mechanismen gefunden werden müssen, um die Prozesse für die Praxisgeschwindigkeit tauglich zu

machen. Ein angemessenes Maß an Komplexität und die schrittweise Einführung innovativer Konstruktionen und Themen in die Baupraxis sind als marktgängig zu bewerten.

5 Praxistransfer

Der Transfer wissenschaftlicher Erkenntnisse von der Forschung in die Praxis erfordert zunächst ein grundlegendes Maß an Innovationsbereitschaft und Pioniergeist der Bauherren, beteiligten Planer und ausführenden Baufirmen. In Zeiten der Hochkonjunktur gilt es, die Baupraxis für neuartige Entwicklungen zu motivieren, zu begeistern und eine ausreichende Wissensgrundlage der theoretischen Zusammenhänge und praxisrelevanten Abhängigkeiten der Entwicklungen bereitzustellen. Die frühzeitige Einbindung von Themen der Ausführung, wie Grenzen, Möglichkeiten und Einflüsse der Herstellung auf den Planungsprozess sowie eine Einbindung der Praxis in den Planungsprozess, haben sich dabei als zielführend erwiesen.

Insbesondere dann, wenn es darum geht, die bisherigen Grenzen der Anwendung zu erweitern, den Labormaßstab zu verlassen und die gewonnenen Erkenntnisse in der Praxis zu verifizieren, bedarf es einem partnerschaftlichen Herangehen zwischen den Planungsbeteiligten und ausführenden Firmen. Markt-gängige Vehikel für die Transferleistung innovativer Entwicklungen, wie der Textilbeton eine ist, sind beispielhafte Vergabeverfahren wie das Innovationspartnerschaftsverfahren oder auch mehrstufige Verhandlungsverfahren mit einem beschränkten oder offenen Teilnehmerkreis. Eine schrittweise Transferleistung über den Bau von Prototypen sowie die partnerschaftliche und übergreifende Bearbeitung von Themen an der Schnittstelle zwischen der Planung und Ausführung erwies sich dabei stets als zielführend. Der Komplexitätsgrad sollte, neben Fragen zur Marktmotivation und Ausführung, bereits in der Planungsphase die zulassungsrelevanten Anforderungen und Aufgaben der Bauordnung stets berücksichtigen.

6 Schlussbetrachtung

Die Entwicklung des Textilbetons eröffnet dem Betonbau neue Möglichkeiten zur Herstellung und Anwendung dünnwandiger Betonbauteile und Konstruktionen. Die hierdurch mögliche Verringerung des Eigengewichts der Bauteile sowie die Potenziale zur Ressourcenschonung fördern die Entwicklung materialgerechter Konstruktionsweisen. Die theoretischen Grundlagen zur Herstellung und zum Tragverhalten textil bewehrter Betonbauteile wurden hierzu im Rahmen diverser Forschungsarbeiten in ersten Schritten erarbeitet. Anhand der dargestellten Umsetzung von Prototypen in Textilbetonbauweise zeigt sich das vielseitige Anwendungspotenzial des neuen Baustoffs.



Bild 12: Brücke Albstadt-Ebingen, Prototyp im Bauteilversuch

Foto: solidian GmbH



Bild 13: Exemplarische Verbindung zweier Prototypen Fotos: Hentschke Bau GmbH, Bautzen



Literatur

- [1] Helbig, T., Rempel, S., Unterer, K., Kulas, C., Hegger, J.: Fuß- und Radwegbrücke aus Carbonbeton in Albstadt-Ebingen. *Beton- und Stahlbetonbau* 111 (2016) H. 10, S. 676–685
- [2] Hegger, J.; Horstmann, M.; Voss, S.; Will, N.: Textilbewehrter Beton – Tragverhalten, Bemessung und Anwendung. *Beton- und Stahlbetonbau* 102 (2007) H. 6, S. 362–370
- [3] Curbach, M.; Jesse, F.: Eigenschaften und Anwendung von Textilbeton. *Beton- und Stahlbetonbau* 104 (2009) H. 1, Seite 9–16
- [4] Kulas, C.: Dissertation zum Tragverhalten getränkter textiler Bewehrungselemente für Betonbauteile. Lehrstuhl und Institut für Massivbau RWTH Aachen, Heft 38, Aachen 2013
- [5] Rempel, S., Kulas, C.: Biegetragverhalten getränkter textiler Bewehrungselemente für Betonbauteile. *Bauingenieur* 90 (2015) H. 6, S. 248–251
- [6] Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung (abZ) Z-71.3-40 für den Zulassungsgegenstand „Kleingebäude, Raumzellen (Fertigarage)“, solidian GmbH, Juni 2018
- [7] Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung (abZ) Z-31.10-182 für den Zulassungsgegenstand „Verfahren zur Verstärkung von Stahlbeton mit TUDALIT (Textilbewehrter Beton)“, TU Dresden Aktiengesellschaft, Dezember 2016
- [8] Helbig, T.: Flächiges Gewebe trägt Carbonbetonbrücke, Albstadt-Ebingen. *Deutsche Bauzeitung – Tragwerk* (2016) H. 8, S. 42–45

Als aktuelle Herausforderungen wird die Transferleistung von Erkenntnissen aus der Forschung in den baupraktischen Maßstab gesehen. Dies betrifft die Herstellung von für die Baupraxis relevanten Bauteilgrößen, die Entwicklung von Herstellungsverfahren und -prozessen im industriellen Maßstab sowie die Entwicklung/Anwendung marktgängiger Vergabestrategien als Grundlage für eine partnerschaftliche Umsetzung von Innovationen im Bauwesen.

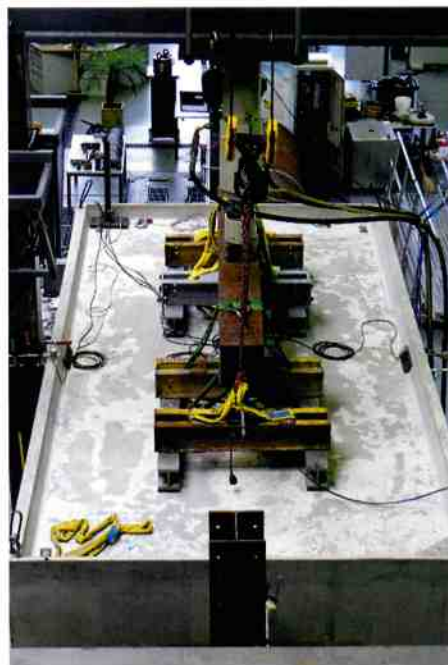


Bild 14: Bauteilversuche an Fertigteilgaragen aus Textilbeton

Fotos: solidian GmbH



Neuerscheinung Bauplanung

Gestaltete Zementestriche
Planung, Ausschreibung
und Ausführung



Rendchen (Hrsg.) u.a.
2016, 252 S., 16,5 x 23,5 cm,
261 Abb., 21 Taf., geb., € 49,80
ISBN 978-3-7640-0517-7

Vorwort / Anforderungen an Estrich Baustoffe zur Herstellung gestaltete Zementestriche / Planungsinweit Schwimmender Estrich, Heizestric Verbundestrich, Estrich auf Trennschicht, Hochbeanspruchbarer Estrich / Bauausführung / Gestaltete Zementestriche: Herstellung, Gestaltungsvarianten, Systeme für die Oberflächenbearbeitung, Maschin Geräte und Verfahren zur Herstellung gestalteter Zementestriche / Terrazzo / Oberflächenbehandlung Abnahme / Pflege, Instandhaltung Instandsetzung

Verlag Bau+Technik GmbH
Fax: 02 11/9 24 99-55
Tel.: 02 11/9 24 99-21
E-Mail: vertrieb@verlagbt.de

Jetzt portofrei bestellen unter
www.verlagbt.de ▶ bookshop

VERLAG  **BAU+TECHNIK**