

Verfahrenstechnische Grundlagen für die Verstärkung mit textilbewehrten Beton im Hochbau

Univ. Prof. Dr.-Ing. Rainer Schach / Dipl.-Ing. Manuel Hentschel

Universitätsprofessor / Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Institut für Baubetriebswesen, TU Dresden, Nürnberger Straße 31 A, 01062, Dresden

1 Einleitung

Im Rahmen eines DFG-Transferprojektes sollen baubetriebliche Rahmenbedingungen und Kennwerte, die zur Beurteilung der wirtschaftlichen Anwendung von Verfahren für die Verstärkung von Betonbauteilen mit einer textilen Bewehrung geeignet sind, erarbeitet werden. Untersucht wurde die Applikation von Gelege bestehend aus AR-Glas- oder Carbon-Rovings für die Verstärkung von großflächigen Betonbauteilen. Generell können Bauaufgaben in sehr vielen Fällen durch verschiedene Bauverfahren realisiert werden, die sich regelmäßig hinsichtlich der Kosten, der benötigten Bauzeit aber auch hinsichtlich der gelieferten Qualität und des Einflusses auf die Umwelt unterscheiden. Aus baubetrieblicher Sicht wird traditionell über den kalkulatorischen Verfahrensvergleich jenes Verfahren ermittelt, mit dem die Realisierung am wirtschaftlichsten ausgeführt werden kann. [1] Falls qualitative Kriterien beim Verfahrensvergleich mit berücksichtigt werden sollen, stehen weitere Methoden zur Auswahl. Der Begriff Nutzwertanalyse wird häufig als Synonym für diese nichtmonetären Bewertungsverfahren verwendet. [8], [9] Grundlage für diese Verfahren bilden ebenfalls die baubetrieblichen Rahmenbedingungen, welche in diesem Beitrag beschrieben werden. Hierzu zählen unter anderem die Entwicklung einer Trockenmischung des zu verwendenden Betons aus der bisher verwendeten Laborrezeptur und die Erprobung geeigneter Maschinen für die Applikation des textilbewehrten Betons.

2 Stand der Forschungen und Annahmen

Untersuchungen zu Bauteilverstärkungen durch textilbewehrten Beton erfolgten an der TU Dresden im Rahmen des DFG-Forschungsprojektes 528 ausschließlich an kleinformatischen Elementen unter konstanten Laborbedingungen. Bauteile mit baustellentypischen Dimensionen sowie in der Praxis auftretende wechselnde Einflüsse konnten und sollten dabei nicht berücksichtigt werden. Dies gilt für Verfahren, Materialien (z. B. Feinbeton), Geräte, Sicherheitsaspekte sowie klimatische Bedingungen. Zum Beispiel war bekannt, dass beim Auftrag des Feinbetons mit Spritzgeräten, hohe Spritzdrücke zu Schädigungen der eingelegten AR-Glas- oder Carbonfasern und damit zu Festigkeitsverlusten führen. Weiterhin erkannte man, dass hohe Spritzdrücke auch die Lage (Position und Ebenheit) der textilen Bewehrung negativ beeinflussen können [6]. Andererseits ist bekannt, dass hohe Spritzdrücke zu einer guten Verdichtung und damit zu einem guten Verbund zwischen dem Feinbeton und dem Untergrund führen. Ferner weiß man aus anderen Bereichen des Betonbaus, dass der Verbund bei geeigneten Vorbehandlungsmethoden wesentlich verbessert werden kann. Erkenntnisse über den Einsatz von Spritzbetonpumpen, wie diese zum Beispiel bei der Verstärkung oder Sanierung von Betonbauteilen verwendet werden,

zeigen, dass diese Geräte für textilbewehrten Beton eher nicht geeignet sind. Neben den bisherigen Erkenntnissen aus der Forschung sind weitere Erfahrungen mit der Applikation von textilbewehrten Beton auf größeren Flächen bei der Sanierung einer Hyparschale an der Fachhochschule in Schweinfurt [3], beim Bau einer Brücke in Oschatz [2] sowie bei der Sanierung einer Kuppel und eines Gewölbes des Finanzamtes Zwickau gesammelt worden. Aus baubetrieblicher Sicht blieben jedoch Fragen offen, welche für einen flächendeckenden Einsatz und eine wirtschaftliche Anwendung der Technologie notwendig sind. Die TU Dresden, speziell das Institut für Baubetriebswesen¹, begleitet aus diesem Grund ein Transferprojekt im Rahmen des DFG Forschungsprojektes 528. Hierzu werden zahlreiche Großversuche an speziell hergestellten Fertigteileplatten durchgeführt. Dabei werden drei typische Anwendungsfälle simuliert: Verstärkungen an einer Wandfläche, Verstärkung einer Deckenfläche und Verstärkung einer Bodenfläche. Die Kriterien zur Bauzeit, Qualität, Kosten, Arbeitssicherheit und Umwelteinfluss werden in mehreren Versuchsreihen spezifiziert und iterativ optimiert. Die Durchführung der Großversuche mündet darin, baubetriebliche Kennwerte zu Aufwand, Nutzen, Vergleichbarkeit sowie optimierte Prozessschritte und Rahmenbedingungen zu erarbeiten und zu beschreiben.

3 Projektbeschreibung

3.1 Allgemeine Ziele

Im Rahmen des Transferprojektes sollen baubetriebliche Rahmenbedingungen und Kennwerte, die zur Beurteilung der wirtschaftlichen Anwendung des Verfahrens geeignet sind, erarbeitet werden. Wichtige Bestandteile und Untersuchungsgebiete für einen erfolgreichen Transfer der Verstärkungstechnologie durch textilbewehrten Betons sind das Mischen des Feinbetons (Technologie, Geräte, Prozessschritte, Materialien), das Spritzen des Feinbetons (Technologie, Geräte), die Gelegeapplikation (Technologie, Geräte, Werkzeuge, Materialien) und die Nachbehandlungsmethodik. Dabei soll die Konzentration auf großflächige Betonbauteile gelegt werden. Neben den technischen Erkenntnissen sollen wichtige Erfahrungen zum Einsatz des Personals und zur Strukturierung der Arbeitskolonne, welche die Applikation des textilbewehrten Betons vornehmen soll, erzielt werden. Ziel ist es, alle notwendigen Arbeitsschritte zu bestimmen und zu beschreiben, zu simulieren und deren Kosten durch geeignete Kennwerte nachzuweisen. Es werden damit Erfahrungen gesammelt, die in Form von Schulungen und Handlungsanweisungen an später ausführende Unternehmen übertragen werden können. Weitere wichtige Schwerpunkte sind Untersu-

¹ Weiterer Projektnehmer ist das Institut für Massivbau, TU Dresden

chungen zur Qualitätssicherung, zum Umweltschutz und zu Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Umgang mit dem neuen Bauverfahren.

3.2 Projektbeteiligte

Das Wesen eines Transferprojektes besteht darin, dass Unternehmen Know-How zur Verfügung stellen und damit einen substantiellen Beitrag zum Forschungsziel geben können. Als Kooperationspartner konnten folgende Unternehmen gewonnen werden:

- Bilfinger Berger AG stellt unter anderem gewerbliches Fachpersonal und Geräte zur Verfügung.
- Putzmeister AG stellt die notwendige Applikationstechnik und das Know-How zum Mischen, Spritzen und Auftragen des Frischbetons bereit.
- Pagel Spezialbetone GmbH & Co. KG (PAGEL) unterstützt maßgeblich die Entwicklung und Lieferung einer geeigneten Trockenmischung.

Seitens der TU Dresden zeichnen das Institut für Baubetriebswesen sowie das Institut für Massivbau verantwortlich, die beide der Fakultät Bauingenieurwesen angehören. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit den anderen Projektnehmern der Sonderforschungsbereiche ist selbstverständlich und wird regelmäßig praktiziert. Herauszuheben ist die Zusammenarbeit mit dem Institut für Baustofflehre der Fakultät Bauingenieurwesen und dem ebenfalls zur Fakultät gehörenden Otto-Mohr-Laboratorium (OML).

4 Verfahrenstechnische Grundlagen

Mit Beginn des Projektes zeigte sich, dass die verfahrenstechnischen Randbedingungen für die baupraktische Anwendung von textilbewehrtem Beton zur Verstärkung von Bauteilen in wesentlich größerem Maße offen waren, als dies anfangs angenommen wurde. Dies bezieht sich unter anderem auf:

- die Herstellung des Feinbetons,
- die zu verwendenden Geräte zum Mischen und Spritzen des Feinbetons,
- die Besonderheiten bei der Applikation verschiedener Gelege,
- die Nachbehandlung.

4.1 Herstellung des Feinbetons

Bei der Vielzahl der in den vergangenen Jahren durchgeführten labortechnischen Untersuchungen im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 528 wurde für alle Versuche eine SFB-Referenz-Rezeptur aus CEM III als Standard-Laborrezeptur verwendet [4], [6]. Die Herstellung des Frischbetons erfolgte konventionell durch Abwiegen der Zuschlagstoffe und Mischen in einem Zwangsmischer.

Die Projektbeteiligten entschieden aufgrund der Erkenntnisse der bisher umgesetzten Praxisprojekte (Sanierung einer Hyparschale an der Fachhochschule in Schweinfurt [3], Bau einer Brücke in Oschatz [2], Sanierung einer Kuppel und eines Gewölbes des Finanzamtes Zwickau), dass diese Methode für den erfolgreichen praktischen Einsatz von textilbewehrten Beton weniger gut geeignet ist. Aus diesem Grunde wurde festgelegt, dass mit Vorversuchen getestet werden sollte, ob eine Trockenmischung auf Basis der Standard-Laborrezeptur entwickelt werden könnte. Hauptziel war dabei, eine Trockenmischung zu entwickeln, die in vorkonfektionierter Sackware geliefert werden kann und die sich hinsichtlich der Eigenschaften des unter Wasserzugabe entstehenden Frischbetons und auch hinsichtlich des Festbetons nicht wesentlich von der Standard-Laborrezeptur unterscheidet. Als Anforderungen beim Frischbeton wurden in Anlehnung an die der bestehenden Standard-Laborrezeptur der TU Dresden zu Grunde liegenden Kriterien insbesondere definiert:

- Spritzfähigkeit,
- Verarbeitbarkeit,
- Formungseigenschaft beim Einlegen des Geleges,
- Standfestigkeit.

Für den Festbeton des textilbewehrten Betons wurden folgende Kriterien definiert:

- Festigkeit,
- Porosimetrie und
- Schwindmaße.

Es sollte auch untersucht werden, ob der bei der Standard-Laborrezeptur verwendete CEM III durch einen CEM I ersetzt werden könnte. Zunächst wurden neben der Standard-Laborrezeptur aus CEM III drei weitere Trockenmischungen hergestellt.

Um die Eignung der einzelnen Mischungen zu prüfen, wurden diese unter annähernd gleichen Bedingungen untersucht. Die Mischungen wurden unter Zugabe von Wasser einzeln in einem BEBA B6 Doppelwellenmischer mit Speisfass fünf Minuten gemischt. Zur Prüfung der Spritzfähigkeit kam anschließend eine PFT N2V Vario Förderpumpe² mit einer PFT $\frac{3}{4}$ Förderschnecke³ und einer Kombination aus vier gekop-

² Hersteller: Putz- und Fördertechnik Knauf

pelten Förderschläuchen (drei Schlauchlängen mit je 13 m und einem Durchmesser von 35 mm sowie eine Schlauchlänge mit sechs Metern und 25 mm Durchmesser) zum Einsatz. Die gesamte Förderlänge betrug 45 Meter. Vor dem Anfordern wurden die Förderschläuche mit Zementschlämmen befüllt, die vor und nach dem jeweiligen Frischbeton gefördert wurden. Als Spritzdüse kam eine PAGEL-MAWO-Düse⁴ zum Einsatz. Der Frischbeton aus der jeweiligen Mischung wurde im PAGEL-Spritzstand dreilagig mit einem Druck von konstant 5 bar und mehr als 5 m³/Minute aufgespritzt. [7]

Die Ergebnisse dieses ersten Versuchszyklus zeigten, dass drei von vier der untersuchten Trockenmischungen als gebrauchstauglich eingestuft werden konnten. Die besten Spritzergebnisse ergaben sich an der der Standard-Laborrezeptur nachgestellten Mischung Versuchsprodukt (VP) 1, bei der der Zement CEM III/B durch einen Zement CEM I 42,5 R ersetzt wurde. Diese Mischung VP1 und die Mischung VP2 zeigten bei den Spritzapplikationen am Spritzstand die besten Formungseigenschaften hinsichtlich weicher Konsistenz und dem hier zweilagig zwischen den einzelnen Frischbetonlagen eingelegten Glasfasergewebe mit einer Maschenweite von ca. 5 mm. [7]

In einem zweiten Versuchszyklus wurden Prüfversuche durchgeführt, um die Festboneigenschaften der einzelnen Mischungen zu überprüfen. Insbesondere wurden hier Versuche zu der Biegezugfestigkeit und der Druckfestigkeit durchgeführt. Beide Mischungen zeigten hier gute Ergebnisse, die mit denen der Standard-Laborrezeptur der TU Dresden vergleichbar sind. Die Ergebnisse dieses zweiten Versuchszyklus zeigen jedoch zu denen im ersten Versuchszyklus gewisse Unterschiede, die nach Einschätzung der Beteiligten u. a. auf die unterschiedlichen Lagerungsbedingungen während der Aushärtungsphase zurückzuführen sind. Die Probekörper im ersteren Fall wurden im Vergleich zu den zweiten Versuchen länger unter Wasser gelagert. Außerdem verwendete man im ersten Versuchszyklus einen Doppelwellenmischer, um eine ausreichende Durchmischung der Trockenmischung zu gewährleisten, während die Mischung im zweiten Versuchszyklus mit einem Einqürlgerät hergestellt wurde.

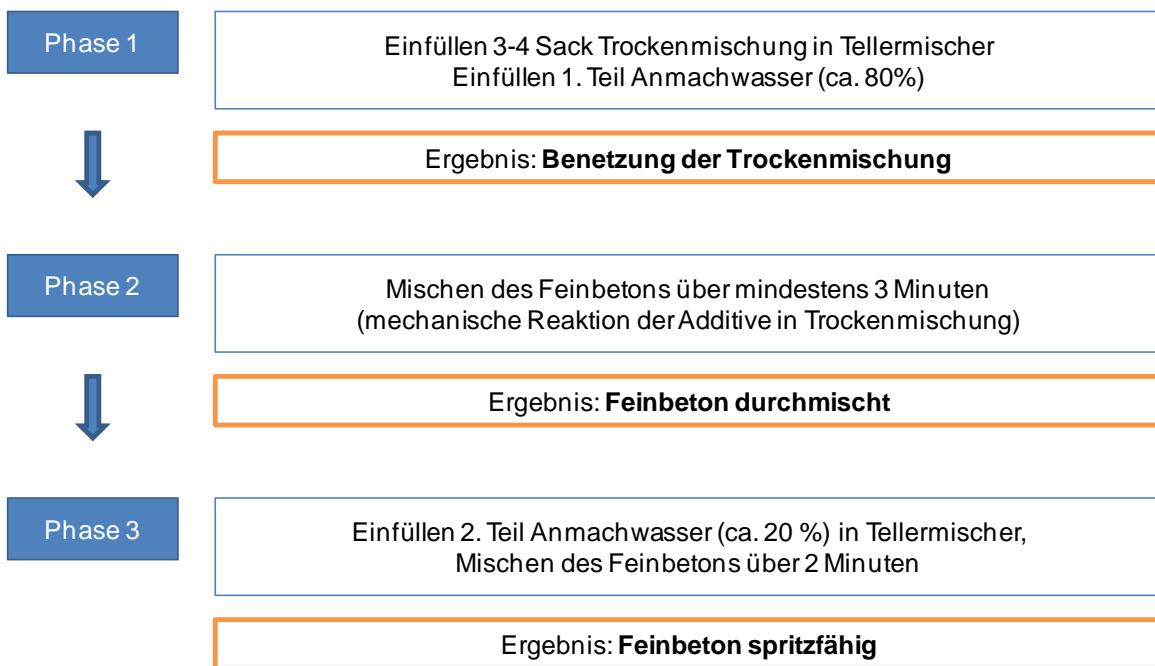
Im Verlauf der ersten Großversuche wurden nähere Erkenntnisse zum Umgang mit der Mischung deutlich. Die definierte Trockenmischung erfordert eine genaue Prozedur beim Anmischen. Unter Begleitung der Labortechniker der PAGEL Spezialbetone GmbH wurde festgelegt, dass das Anmischen beispielsweise in drei Phasen ablaufen sollte. In der ersten Phase werden die für das Mischgerät (hier Tellermischer) notwendige Trockenmischungsmenge in den Mischer eingefüllt. Unter Zugabe eines Anteils des Anmischwassers wird die Trockenmischung benetzt. Diese Benetzung leitet die zweite Phase ein, in der das Feinbetongemisch über drei Minuten mecha-

³ Hersteller: Putz- und Fördertechnik Knauf; Der Einsatz erfolgte unter reduzierter Leistung.

⁴ Es handelt sich hierbei um eine so genannte Mantelluftstromdüse. Vergleiche Abschnitt 5.2

nisch gemischt wird. Diese Benetzung ist notwendig damit zum einen genügend mechanische Energie durch Reibung der Teilchen entsteht, um die Additive in der Trockenmischung zum Reagieren zu bringen. Eine Zugabe der vollständigen vordefinierten Wassermenge zu Beginn des Mischvorganges würde sich hier negativ auf die Feinbetonmischung auswirken. Durch einen zu hohen Wasseranteil beim Mischen innerhalb der zweiten Phase würden die Additive lediglich „mitschwimmen“ anstatt reagieren. Nach drei Minuten ist eine ausreichende Reaktion der Additive des Feinbetons erreicht, so dass die Restwassermenge hinzugefügt werden kann. Die genauen Wasserverhältnisse können hier leicht variieren, jedoch hat sich die Abstimmung wie in Abbildung 1 dargestellt, bewährt. In der dritten Phase des Mischvorganges wird die Mischung mit der vollständigen Wassermenge weitere zwei Minuten an gemischt. Der gesamte Mischvorgang dauert mindestens fünf Minuten. Der Beton hat dann die gewünschte Konsistenz erreicht.

Abbildung 1: Schema – Anmischen des Feinbetons



Geräte: SP 5 mit Tellerischer von PutzmeisterAG	Material: TUDALIT – Trockenmischung von PAGEL Spezialbetone GmbH	Mengen: 3,5 Liter Anmachwasser je 25 kg Sack Trockenmischung
--	---	---

4.2 Geräte zum Mischen und Spritzen

Die Erfahrungen der beteiligten Praxispartner konnten für eine zielgerichtete Auswahl von geeigneten Geräten zur Spritzapplikation des textilbewehrten Betons genutzt werden. Aus der Vielzahl von verfügbaren Geräten wurden drei Geräte für spezielle Maschinentests ausgewählt. Tabelle 1 zeigt die wichtigsten Gerätekennwerte. Als Trockenmischungen wurden die VP1 und VP2 Mischung von PAGEL verwendet.

Tabelle 1: Bereitgestellte Maschinen mit Kennwerten

Maschinenkennwerte	Schneckenpumpe S5	Schneckenpumpe SP 11 Beliso	Strobot 406 S
Ausführung	Tellermischer	Hubmischer	Strobot 406 S
Schneckenpumpe	2L6	2L6	FH 40/EW 40
Fördermenge	7 - 40 l/ min	5 - 40 l/ min	0 - 15 l/ min
Förderdruck	25 bar	25 bar	30 bar
Förderweite	bis 60 m	bis 120 m	bis 48 m
Förderhöhe	bis 40 m	bis 60 m	bis 30 m
Antriebsmotor	5,5 kW, 400 V/ 50 Hz	15,7 kW, Dieselmotor	230- 250 V, 50 Hz
Mischantrieb	2,2 kW	-	2,2 kW
Trichtervolumen	100 l	180 l	70 l
Gewicht	400 kg	750 kg	65 kg

Zunächst wurden die jeweiligen Mischungen in dem Zwangsmischer der Schneckenpumpe S5 entsprechend der definierten Prozedur gemischt. Für die Tests an der Strobot 406 S musste der Frischbeton händisch in die Pumpe umgefüllt werden. Die Schneckenpumpe SP 11 Beliso wurde nicht getestet, da diese analoge Kennwerte aufzeigt, wie die SP 5. Der Unterschied zur SP 5 liegt bei der SP 11 im Antriebssystem, welches hier mit Diesel erfolgt.

Die verwendete S5-Pumpe zeichnete sich durch eine große Bandbreite der möglichen Förderleistung aus. Die notwendige und zu empfehlende Fördermenge zum Auftrag von Frischbeton bei dem textilbewehrten Beton liegt jedoch nach Einschätzung der Beteiligten nur bei etwa 4 l/min bis 5 l/min. In dieser geringen Menge ist die S5 nicht mehr genau genug justierbar. Vorteilhaft ist, dass sie standardmäßig mit einem über der Schneckenpumpe angeordneten Zwangsmischer ausgestattet ist. Die Strobl Förderpumpe wird vorrangig im Bereich Auftrag von Farben oder ähnlichen Materialien verwendet. Sie lässt sich ideal regeln und bringt sehr stabile Ergebnisse im Bereich 4 l/min bis 5 l/min Förderleistung.

Bei allen Tests wurde der Frischbeton direkt durch einen 40 m langen Förderschlauch gepumpt. Am Ende des Förderschlauches wurden drei verschiedene Düsenttechnologien eingesetzt. Zum Einsatz kamen hier eine konventionelle Putzerdüse des Unternehmens Putzmeister, die PAGEL-MAWO-Düse und die Putzmeister-Strobl-Luftstromdüse.

Bei der Putzmeister-Strobl-Luftstromdüse und der Putzerdüse wird die Spritzluft von einem extern angeschlossenen Kompressor (Putzmeister-Maschinenkompressor mit 8 bar Druck und mindestens 3,8m³/min Luftmenge) ganz am Ende des austauschbaren Düsenkopfes in den Frischbeton eingeführt. Die Luft wird dabei am Düsenende in den Frischbeton eingeblasen. Dieses hat zum Vorteil, dass die Düse mit relativ wenig Treibgas auskommt. Nach dem Aufspritzen auf die Spritzwand mit der Putzmeister-Strobl-Luftstromdüse zeigte die Oberfläche eine sehr homogene und ebene Spritzstruktur (siehe Abbildung 2). Die Ergebnisse mit der einfachen Putzerdüse waren deutlich schlechter (siehe Abbildung 3).

Bei der PAGEL-MAWO-Düse wird die Kompressorluft direkt im Schaft der Spritzdüse in den Frischbeton eingeblasen. Dabei zeigte sich jedoch, dass die verfügbare Luftmenge des oben genannten Maschinenkompressors für diese Spritztechnologie nicht ausreichend war. Es sind bei dieser Spritztechnologie eindeutig größere Luftmengen notwendig, um ein geeignetes Spritzbild an der Spritzwand zu erzeugen. Dieses wurde bei den Versuchen in Aichtal nicht weiter untersucht (siehe Abbildung 4).



Abb. 2: Putzmeister-Strobl-Luftstromdüse



Abb. 3: Einfache Putzerdüse



Abb. 4: PAGEL-MAWO-Düse

Bei den Versuchen konnten keine abschließenden Aussagen zur Porosimetrie und zu den Haftzugeigenschaften des textiltbewehrten Betons unter Einsatz dieser beiden Düsenttechnologien getroffen werden. Dieses wurde in anschließenden Laborversuchen durch PAGEL und das Institut für Baustofftechnik separat untersucht. Grundsätzlich werden als Referenzwerte die technischen Regeln zur Wasserhaltung gemäß dem „W300-Arbeitsblatt“ [5] verwendet. Mit beiden Spritzdüsen konnten die erforderlichen Grenzwerte des im W300-Arbeitsblatt vorgegeben Grenzwertes zur Porosimetrie weder bei 1 bar noch bei 5 bar Luftdruck erreicht werden. Die Streuung

zwischen den Ergebnissen bei unterschiedlichen Drücken war bei der PAGEL-MAWO-Düse stärker zu erkennen. Die Ergebnisse der Putzmeister-Strobl-Luftstromdüse zeigten konstantere Werte. Bei den praxisnahen Großversuchen wurde dennoch deutlich, dass beide Spritztechnologien und auch Spritzdüsen gute Ergebnisse erzielen. Insbesondere auch beim Arbeitsschutz zeigen beide Spritzdüsen konstante Ergebnisse. Unterschiede bei der Beurteilung der Spritzdüsen sind oft abhängig von den Erfahrungen der eingesetzten Spritzenführer. Diese meist subjektiven Faktoren haben leicht variierende Einflüsse auf baubetriebliche Kennwerte, wie Arbeitszeit und Ausführungsqualität. Gleichmaßen können bei beiden Spritzdüsen Vor- und Nachteile beim Handling erkannt werden. Der Feinbeton zeigt bei beiden eine geschlossene und homogene Struktur und hohe Standfestigkeit.

4.3 Applikation des Geleges

Im Rahmen der Großversuche werden zwei Gelegevarianten untersucht. Jedes Gelege besteht aus so genannten Rovings, welche zum einen aus AR-Glas und zum anderen aus Carbon bestehen können. Darüber hinaus werden diese Rovings durch zusätzliche Beschichtungen (zum Beispiel Epoxidharz) verstärkt. Beide verwendeten Gelegevarianten weisen die gleichen Gitterabstände auf, was der besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse dient.

Zunächst werden die Rollen angeliefert und direkt auf dem Versuchsgelände passgenau in Gelegebahnen zurechtgeschnitten. Die Größe und benötigte Stückzahl an Gelegebahnen wurde vor Ort ermittelt, wobei hier in der Regel drei Lagen geplant sind. Variiert werden konnte hier entsprechend folgender Kriterien:

- Verlegerichtung der Gelegebahnen unter Beachtung der unterschiedlichen Trageigenschaften der Rovings
- Überlappung der Gelegebahnen
- Anzahl der Lagen
- Einbausituation (vertikal an der Wand, horizontal auf dem Boden, horizontal über Kopf)
- Personalstärke des Verlegeteams

In Abbildung 5 ist erkennbar, wie die vertikale Oberfläche zunächst durch den Spritzenführer mit einer Schicht Feinbeton bespritzt wird. Die Schichtdicke beträgt hier abhängig von der Oberflächenbeschaffenheit ca. 3-6 mm. Anschließend baut das Verlegeteam (in der Regel bestehend aus zwei bis drei Personen) die Gelegebahnen entsprechend der vorgegebenen Verlegerichtung ein. Die Gelegebahnen werden mit gewöhnlichen Spachtelkellen eingedrückt. Bei der richtigen Abstimmung des Feinbetons erfolgt dieses durch leichten Druck problemlos (Abbildung 6). Jede Bahn muss

abschließend vollständig in den Feinbeton eingelegt und durch diesen benetzt sein (Abbildung 7). In der Summe ergibt sich bei drei Gelegelagen eine Schichtdicke von etwa 10 bis 12 mm.



Abb. 5: Spritzarbeiten



Abb. 6: Einlegen des Geleges



Abb. 7: Glättarbeiten

4.4 Optimierungspotential der verfahrenstechnischen Parameter und Ausblick

Bereits die ersten Praxistests zeigen deutlich, dass für einen verfahrenstechnisch optimierten und somit wirtschaftlichen Einsatz bei der Herstellung von textilbewehrtem Beton zur Verstärkung bestehender Bauteile wesentliche Eckpunkte und Rahmenbedingungen der Technologie, die für die bisherigen wissenschaftlichen Untersuchungen nicht relevant waren und daher festgeschrieben waren, neu festzulegen sind. Aus der Vielzahl der noch offenen Verfahrensparameter werden wenige beispielhaft genannt:

- Einwirkung von Feuchtigkeit auf das Gelege,
- Transport des Geleges,
- Vorkonfektionierung des Geleges,
- Applikationstechnik des Geleges,
- Vorbehandlung des Untergrundes,
- Nachbehandlung des Frischbetons.

Es ist Aufgabe der anstehenden weiteren Untersuchungen, hier jeweils Suboptima zu definieren, die dazu führen, dass die Verstärkung bestehender Bauteile mit textilbewehrtem Beton als Alternative zu konventionellen Verfahren in Zukunft angewandt werden kann.

Literatur

- [1] BERNER, FRITZ; KOCHENDÖRFER, BERND; SCHACH, RAINER: Grundlagen der Baubetriebslehre – Band 2. Wiesbaden: Teubner, 2008.
- [2] CURBACH, MANFRED; GRAF, WOLFGANG; JESSE, DIRK; SICKERT, JAN-UWE; WEILAND, SILVIO: Segmentbrücke aus textilbewehrtem Beton. Berlin: Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Beton- und Stahlbetonbau 102 (2007), Heft 6, 2007.
- [3] CURBACH, MANFRED; HAUPTENBUCHNER, BARBERA; ORTLEPP, REGINE; WEILAND, SILVIO: Textilbewehrter Beton zur Verstärkung eines Hyparschalentragwerks in Schweinfurt. Berlin: Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Beton- und Stahlbetonbau 102 (2007), Heft 6, 2007.
- [4] CURBACH, MANFRED; JESSE, FRANK: Beton im Textilbeton – Die Entwicklung. In: Lohaus, L. (Hrsg.): Ingenieurbaustoffe – Konstruktive Wege in die Zukunft. Festschrift zum 60. Geburtstag von Prof. Dr.-Ing. Harald Schorn, Universität Bochum, Eigenverlag, 2001
- [5] DIN, DVGW, Technische Regel Arbeitsblatt W 300 – Wasserspeicherung – Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von Wasserbehältern in der Trinkwasserversorgung. Berlin: Beuth-Verlag, 2005-06
- [6] JESSE, FRANK: Tragverhalten von Filamentgarnen in zementgebundener Matrix. Dresden: Fakultät Bauingenieurwesen der Technischen Universität Dresden, Dissertation, 2004
- [7] PAGEL: Versuchsbericht 05.09.2008
- [8] SCHACH, RAINER: Investitionskosten der Verkehrswege Transrapid und ICE. Tagungsband zur 1. Dresdner Fachtagung Transrapid, Dresden. 2001
- [9] SCHACH, RAINER; Hentschel, M.: „Grundlagen für die Nutzwertanalyse für Verstärkungen aus textilbewehrtem Beton.“, Textilbeton – Theorie und Praxis, 1. Auflage, Dresden, 2009