

## ***Textilbewehrter Beton – ein neuer Verbundbaustoff***

Wissenschaftler der Technischen Universität entwickeln einen neuen innovativen Verbundbaustoff mit vielfältigen und vorteilhaften Eigenschaften für die Praxis

### **1 Ausgangssituation**

Beton mit Portlandzement existiert seit rund 150 Jahren. Er hat sich weltweit zum dominierenden Massenbaustoff entwickelt. Seiner sehr hohen Druckfestigkeit steht jedoch eine nur relativ bescheidene Zugfestigkeit von unter 10 % der Druckfestigkeit zur Verfügung. Deshalb müssen Betonbauteile für Zug- und Biegebeanspruchungen bewehrt werden.

Stahl ist derzeit das mit Abstand am meisten verwendete Bewehrungsmaterial. Stahl wird als schlaife oder vorgespannte Bewehrung eingesetzt. Damit der Stahl im Beton geschützt bleibt, also nicht rosten kann, bedarf es einer ausreichenden Beton(über)deckung. Sie liegt üblicherweise zwischen 2,5 und 5 cm. Daraus resultiert zwangsläufig eine Zunahme von Dicke und Masse der Bauteile.

Seit mehr als 30 Jahren werden die zur Asbest-Substitution entwickelten alkaliresistenten Glasfasern (AR-Glas) zu Bewehrungszwecken mit gutem Erfolg im Beton eingesetzt. Sie werden als Kurzglasfasern dem Beton beigemischt oder im Spritzkopf aus Schneidrovings gehäckselt und so der Spritzmischung noch im Spritzkopf zugeführt. Für eine ausreichende Bewehrungswirkung sind etwa 3 bis 5 Vol.-% an Glasfasern erforderlich. In Kombination dazu werden auch Rovings unidirektional eingebettet. Gegenüber den Stahlbewehrungen haben diese Fasern den Vorteil, daß sie nicht korrosionsanfällig sind. Auf Deckschichten wie beim Stahlbeton kann weitestgehend verzichtet werden, was schlankere und leichtere Konstruktionen erlaubt.

1993 gelang es den Forschern des Institutes für Textil- und Bekleidungstechnik der TU Dresden erstmals auf der Welt, aus den bis dato als nicht textil verarbeitbar geltenden Schneidrovings textile Strukturen für Bewehrungszwecke mittels der Kettenwirktechnik herzustellen, die am Lehrstuhl für Baustoffe auf Eignung untersucht wurden. Auf Grund des erkannten hohen Innovations- und Leistungspotentials des neuen Verbundbaustoffes wurden auch das Textilinstitut der RWTH Aachen und das Sächsische Textilforschungsinstitut Chemnitz in die Forschungstätigkeit mit einbezogen.

Gegenwärtig wurden und werden an der TU Dresden einzelne spezielle Verfahrens- und Erzeugnisentwicklungen für Anwendungen des textilbewehrten Betons bearbeitet. Seit 1999 wurde der Sonderforschungsbereich 528 „Textile Bewehrungen zur bautechnischen Verstärkung und Instandsetzung“ mit Förderung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft eingerichtet, um die erforderlichen Grundlagen für eine breite Nutzung zu erarbeiten.

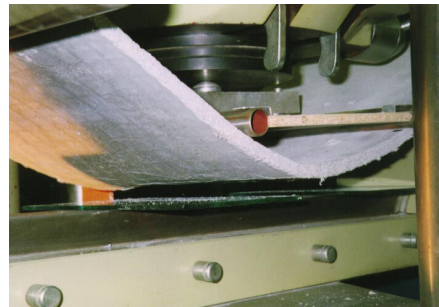
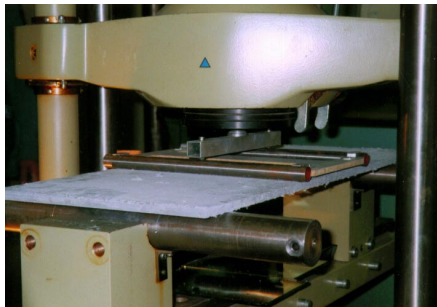
### **2 Innovationen durch textile Bewehrungen**

Der textilbewehrte Beton ist durch folgende Eigenschaften charakterisiert:

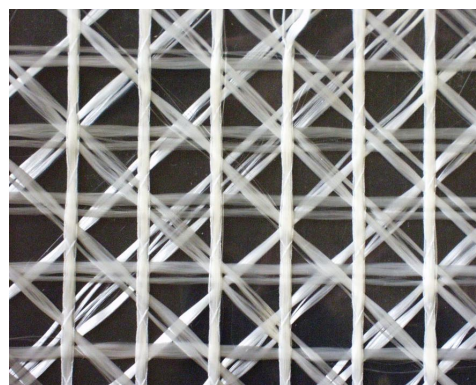
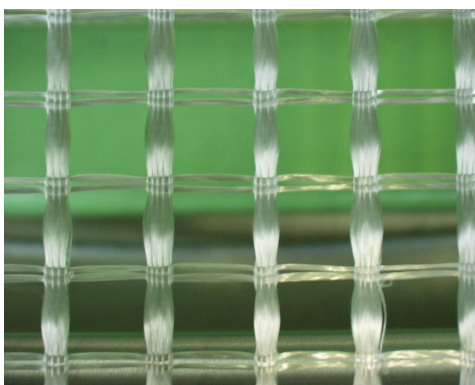
- Textilbewehrter Beton zeigt ein ausgesprochen duktileres Verhalten (Bild 1). Ein Versagen solcher Bauteile kündigt sich also durch entsprechend große Verformungen an und tritt nicht plötzlich auf.
- Als Fasermaterialien kommen vor allem alkaliresistente Glasfasern, Carbonfasern und dehnungsarmes Polypropylen je nach Anwendungsziel in Frage. Kombinierte Faserstrukturen sind möglich.
- Ein weiterer Vorteil solcher Bewehrungen ist, daß sie selbst nicht rosten und daher dicke Betondeckschichten, wie sie bei Stahlbewehrungen erforderlich sind, hier nicht benötigt werden. Die Bauteile können also wesentlich schlanker und leichter werden.
- Für die Herstellung der textilen Bewehrungsstrukturen können produktivste Verfahren genutzt werden, wobei die Rovings ebenflächig und gestreckt liegen (Bild 2). Durch die gestreckte Lage

der Rovings können bei Biege- und/oder Zugbeanspruchungen die auftretenden Kräfte sofort aufgenommen werden. Die Belastung, bei der erste sichtbare Risse auftreten, kann so beträchtlich erhöht werden.

- Die textilen Bewehrungsstrukturen können an den Stellen platziert werden, wo die Belastungen (Spannungen) tatsächlich auftreten. Dies führt zu Fasereinsparungen gegenüber dem Kurzglasfaserbeton von bis zu 80 %, was die Effektivität wesentlich erhöht (Bild 3).
- Die Rovings können in der textilen Struktur beanspruchungsgerecht platziert werden. Das bedeutet praktisch, daß in Bereichen größerer Beanspruchungen die Dichte der Gewirke (Bewehrungsgrad) erhöht werden kann. Damit können in diesen Bereichen höhere Lasten aufgenommen werden, wobei es einen großen Spielraum für die Lagegestaltung der Rovings oder Garne (Fadendichte und -abstand sowie Eintragswinkel der Schüsse) gibt. Die textilen Bewehrungen können quasi auf den jeweiligen Belastungsfall ausgelegt werden.
- Durch die textile Bewehrung kann eine sehr gute Rißverteilung (viele kleine Risse anstatt weniger großer) erreicht werden, was sich für die Dichtigkeit und Dauerhaftigkeit als sehr vorteilhaft erweist. Delaminierungen der dünnen Deckschichten treten erst bei großen Verformungen auf.



**Bild 1:** Eine dünne, textilbewehrte Betonplatte vor und während des 4-Punkt-Biegeversuches. Die Durchbiegung beträgt 60 mm. Die Platte aus textilbewehrtem Feinbeton ist noch nicht durchgebrochen, was die hohe Duktilität bestätigt. Es zeigen sich beginnende Delaminierungen.



**Bild 2:** Beispiele für eine biaxiale und multiaxiale Bewehrungsstruktur aus AR-Glas. Die Rovings (Multifilamentgarne) liegen weitgehend gestreckt. In je einer Ebene liegen die Garne eines bestimmten Eintragswinkels (biaxial:  $0^\circ$  und  $90^\circ$ , multiaxial hier:  $0^\circ$ ,  $\pm 45^\circ$ ,  $90^\circ$ ).

### 3 Anwendungsmöglichkeiten

Potentielle Anwendungen auf der Basis des textilbewehrten Betons liegen sowohl in der Verstärkung und Instandsetzung vorhandener Bausubstanz, in der Entwicklung neuer Konstruktionen (schlank, leicht, korrosionsbeständig) als auch bei der Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit von Stahl- und Spannbetonbauteilen durch zusätzliche textilbewehrte Verstärkungsschichten.

Beispiele hierfür sind die Verstärkung von Stahl- und Spannbetonmasten, von Mauerwerks- und Betonbauteilen (Bilder 4 und 5), die Entwicklung, Herstellung und Anwendung von Fassaden-, Dach- und Balkonbauteilen, von Lärmschutzwänden bis hin zu Möglichkeiten bei der Stadtmöblierung, im Behälter- und Rohrleitungsbau und bei der Instandsetzung diesbezüglicher Erzeugnisse. Die Anwendung des textilbewehrten Betons wird als eine sinnvolle und effektive Ergänzung zum Stahl- und Spannbetonbau, nicht aber als deren Substitution gesehen. Anwendungen, wo hohe Lasten (Zug- und Biegezugbeanspruchungen) abzutragen sind, bleiben bis auf weiteres dem Stahl- und Spannbeton vorbehalten.

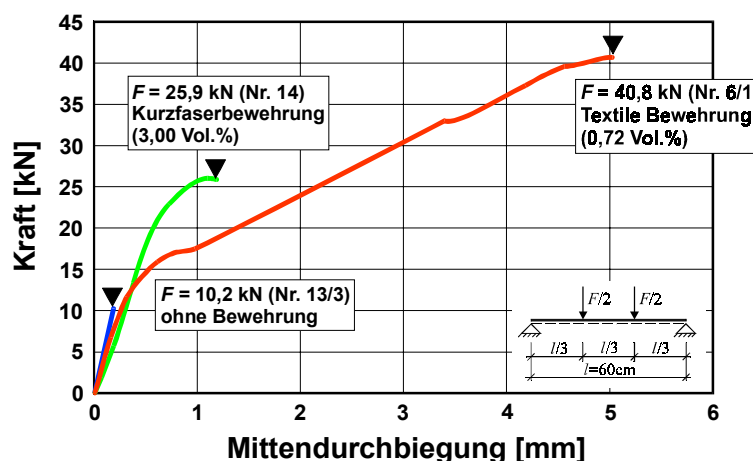
An der TU Dresden (Institut für Tragwerke und Baustoffe, Institut für Textil- und Bekleidungstechnik) liegen Ergebnisse zur Verstärkung von Stahl- und Spannbetonmasten vor. Entwicklungen für Brüstungsplatten z.B. für Parkhäuser und für Balkonfußbodenplatten werden in Kürze abgeschlossen.

### 4 Beispiele aus Projekten der angewandten Forschung

Im folgenden werden zusammengefaßte Ergebnisse aufgezeigt, die aus bisherigen Forschungsprojekten und weiteren Aktivitäten stammen und die Eigenschaften und potentiellen Möglichkeiten des textilbewehrten Betons vertiefend beschreiben.

#### 4.1 Ergebnisse aus Untersuchungen an Hohlbalken mit unterschiedlichen Bewehrungen

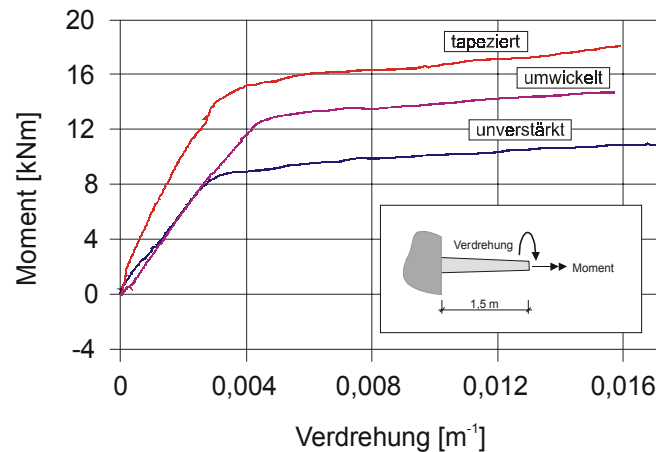
Beteiligte Partner: Institut für Textil- und Bekleidungstechnik der TU Dresden,  
Institut für Tragwerke und Baustoffe der TU Dresden  
(Lehrstuhl für Baustoffe, Lehrstuhl für Massivbau),  
Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen



**Bild 3:** Vergleich der Arbeitskennlinien von einem unbewehrten (blau), einem mit Kurzglasfasern (grün) und einem textilbewehrten (rot) Prüfkörper. Als Fasermaterial wurde alkaliresistentes Glas verwendet. Obwohl der Fasergehalt des textilbewehrten nur 24 % des kurzglasfaserbewehrten Prüfkörpers beträgt, ist seine Bruchlast um rund 60 % höher, wobei die Duktilität erheblich ansteigt.

## 4.2 Verstärkung von Stahl- und Spannbetonmasten

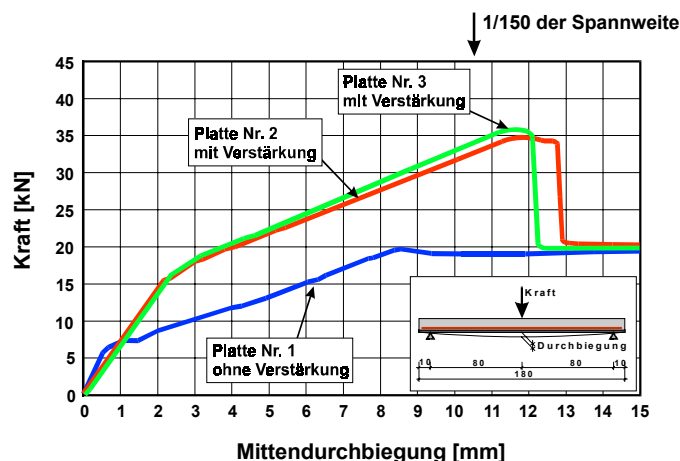
Beteiligte Partner: Institut für Textil- und Bekleidungstechnik der TU Dresden,  
 Institut für Tragwerke und Baustoffe der TU Dresden  
 (Lehrstuhl für Baustoffe, Lehrstuhl für Massivbau, Otto-Mohr-Labor).



**Bild 4:** Moment-Verdrehungsdiagramm aus der Torsionsprüfung für unverstärkte und verstärkte Masten (Mastenzöpfe). Die Verstärkungsschicht enthält drei Lagen einer textilen Bewehrung (Dicke 10 mm). Es ist zu erkennen, daß bei Torsionsbeanspruchungen erhebliche Laststeigerungen durch die textilbewehrte Verstärkungsschicht ermöglicht werden. Sie betragen bei Anwendung der Wickeltechnik rund 35 % und bei Tapeziertechnik rund 65 %.

## 4.3 Verstärkung von Stahlbetonplatten

Beteiligte Partner: Institut für Textil- und Bekleidungstechnik der TU Dresden,  
 Institut für Tragwerke und Baustoffe der TU Dresden  
 (Lehrstuhl für Baustoffe, Lehrstuhl für Massivbau, Otto-Mohr-Labor).



**Bild 5:** Arbeitskennlinien einer Stahlbetonplatte (blau) und von zwei verstärkten Stahlbetonplatten (grün und rot). Der textilbewehrte Beton der Verstärkungsschicht besteht aus Feinbeton mit 6 Lagen einer multiaxialen Struktur aus alkaliresistenten Glas-Multifilamentgarnen. Durch die textilbewehrte Zusatzverstärkung konnte der ungerissene Bereich auf 230 % und die Bruchlast auf 175 % erhöht werden. Die Dicke der Verstärkungsschicht betrug 10 bis 15 mm.

#### 4.4 Kanus und Kunst aus textilbewehrtem Beton



**Bild 6:** Taufe für das Betonkanu „SEGMENTA“ auf dem Zwingerteich. Die Bauingenieurstudenten der TU Dresden errangen mit diesem Kanu den 1. Konstruktionspreis des Deutschen Beton- und Bautechnikvereins E.V. zur Betonkanuregatta 2000. Das aus textilbewehrtem Beton hergestellte Kanu besteht aus zehn Segmenten, die nachträglich extern verspannt wurden. Die Studenten konnten neueste Forschungsergebnisse zum textilbewehrten Beton nutzen und wurden, wie auch bei den vorangegangenen Regatten, wo erste und zweite Preise errungen wurden, von der Arbeitsgruppe Baustofftechnik des Lehrstuhls für Baustoffe betreut.



**Bild 7:** Die US-amerikanische Künstlerin Jackie Brookner (New York, links im Bild) schuf für die Landesgartenschau 2002 in Großenhain die Skulptur „Die Gabe des Wassers“. Die zwei Wasserschöpfenden Hände bestehen aus textilbewehrtem Beton. Die Technologie wurde von der Arbeitsgruppe Baustofftechnik des Lehrstuhls für Baustoffe entwickelt, die auch an der Herstellung maßgeblich beteiligt war. Die Computersimulation wurde von der Künstlerin erstellt und als Neujahresgruß übermittelt.