

ERFAHRUNGEN MIT DER AUSFÜHRUNG VON BAUTEILEN MIT TEXTILER BEWEHRUNG

Dipl.-Ing. Thomas Friedrich

Novacret AG

1. Einleitung

Spröde Baustoffe mit niedrigem E-Modul bedürfen immer einer Verstärkung mit einer entsprechenden Bewehrung mit hohem E-Modul, um Kräfte bei entsprechend grosser Verformung aufzunehmen. Ein duktileres Werkstoffverhalten wird erreicht bei hohem Widerstand und gleichzeitig grosser Verformungsfähigkeit. Duktile Werkstoffe kündigen das Bruchverhalten durch grosse Verformungen an. Konstruktionen mit derartigen Werkstoffen haben zusätzliche Tragreserven bei statisch unbestimmten Systemen, indem Schnittkraftumlagerungen bei entsprechender Verformung möglich sind.

Von alters her bekannt ist die Verstärkung mit Fasern. Der spröde Lehmstoff z.B. wurde mit Stroh oder Tierhaaren vermischt, um die Rissanfälligkeit beim Austrocknen zu mindern. Heutzutage werden Fasern aus Stahl, Glas, Kunststoff und Carbon verwendet, um die Verformungsfähigkeit zu steigern. Oftmals geht es auch nur oder zusätzlich um die Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit, indem Risse vermieden oder in ihrer Breite reduziert werden sollen.

Fasern werden heutzutage weitgehend als Kurzfasern verwendet. Einige Werkstoffe wie Glas, Kunststoff oder Carbon sind jedoch auch als flexible Endlosfasern (Roving) erhältlich. Deren positionierter Einbau innerhalb eines Querschnitts ist weitaus effizienter als die dreidimensionale Verteilung der Kurzfasern über das gesamte Volumen des Bauteils. In [1] wird explizit dargelegt, dass durch mehrere Einflüsse die Endlosfaser einen gegenüber der Kurzfaser um den Faktor 5 bis 6 grösseren Wirkungsgrad hat. Aus dieser Sicht liegt es nahe, sich intensiver mit dem Einsatz einer Endlosfaser zu beschäftigen als nur auf die Wirkung der gleichmässig verteilten Kurzfasern abzustellen.

Endlosfasern lassen sich einzeln im Querschnitt an optimaler Stelle positionieren, oder durch vorgängige Konfektionierung zu einem Gitter, bzw. Netz als textile Bewehrung einbauen.

2. Von der Kurzfaser zur Endlosfaser

Die Verstärkung einer dünnen Betonplatte mit kurzen alkaliresistenten Glasfasern führt bereits zu einer geringfügigen Steigerung der Tragfähigkeit. Ist der Fasergehalt zudem unterkritisch wird ein sprödes Bruchverhalten jedoch nicht verhindert. [Bild 1]. Sobald die Zugtragfähigkeit des Betons erreicht ist,



Bild 1: Sprödes Bruchverhalten von mit Kurzfasern bewehrtes Plattenelement

sind die kurzen Fasern in der Zugzone nicht mehr in der Lage, die freiwerdenden Kräfte aufzunehmen und zu übertragen. Ein anderes Tragverhalten zeigen mit Endlosfasern bewehrte Bauteile. Versuche an dünnen Plattenstreifen [Bild 2] zeigen sehr deutlich das weitaus duktilere Tragverhalten auf. Die einzelnen Rovings aus AR-Glas wurden direkt in die noch frische Betonmatrix oberflächenah eingebettet. Die dünne Zementmasse

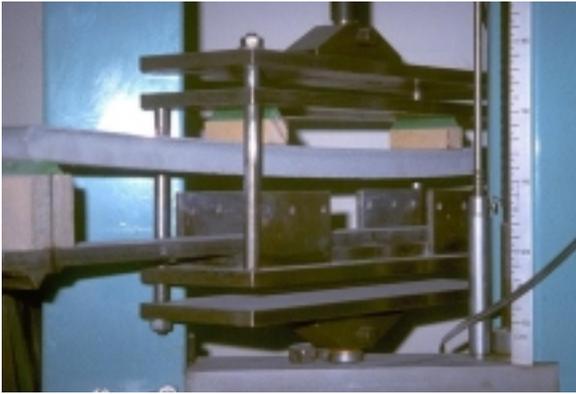


Bild 2: Bruchversuch an einem mit Endlosfasern bewehrten Plattenstreifen

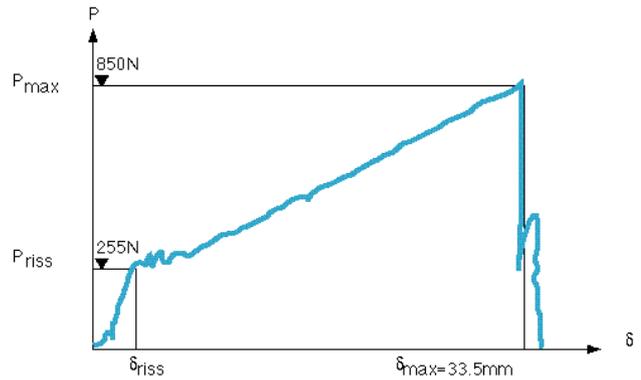


Bild 3: Lastverformungsdiagramm am Plattenstreifen



Bild 4: Bruchverhalten einer Platte mit textiler Bewehrung

einer textilen Netzbewehrung zu erwarten. Die mittig durch eine Einzellast beanspruchte Quadratplatte zeigt ein ausgesprochen gutmütiges Verhalten. Die direkt an der Unterseite der Platte eingelegte textile Bewehrung ist in der Lage, eine ausreichende Zugkraft aufzubauen und über Verbund in den Querschnitt einzuleiten [Bild 4].

bietet im frischen Zustand ausreichend Umhüllung für den einzelnen Roving und sichert damit den erforderlichen Verbund von Beton und Bewehrung. Der Vierpunktbiegeversuch liefert ein Lastverformungsdiagramm, dem deutlich das duktile Verhalten des Plattenstreifens zu entnehmen ist [Bild 3]. Der bis zum Riss noch homogene Querschnitt zeigt ein steifes Verhalten auf. Nach der Rissbildung steigt die Last bei gleichzeitiger Verformungszunahme jedoch bei geringerer Steifigkeit an. Deutliche Verformungen kündigen das Bruchverhalten des Plattenstreifens an.

Ein analoges Tragverhalten ist bei einer Platte mit

3. Positionierung der textilen Bewehrung

Im Gegensatz zu einer metallischen Bewehrung braucht eine textile Bewehrung aus AR-Glasfasern aus Gründen des Korrosionsschutzes keine Betonüberdeckung. Somit stellt sich die Frage, wie das Textil in den Betonquerschnitt eingebaut werden kann. Mit Vorteil sollte ein Textil nahe an der Oberfläche liegen, um möglichst viel inneren Hebelarm zur Verfügung zu haben. Die Vergrößerung des Hebelarms durch die oberflächennahe Positionierung ist gegenüber einer mit Überdeckung eingebauten metallischen Bewehrung nicht unerheblich, insbesondere bei dünnen Platten. Andererseits muss die textile Bewehrung ausreichend von Beton umhüllt sein, um den Verbund zwischen Beton und Bewehrung sicher zu stellen und die vollständige Einbettung des Textils zu gewährleisten.

Daraus ergibt sich, dass man die textile Bewehrung vorzugsweise direkt auf die Schalung oder auf die frische Betonoberfläche legen sollte, um einen entsprechenden Einbauaufwand einzusparen. Gelingt es mit dieser Methode, zusätzlich die einzelnen Gasfaserstränge ausreichend in den Beton einzubetten, ist eine optimale Vorgehensweise erzielt. Zudem ist zu prüfen, ob die Betonoberfläche absolut glatt sein muss und ob das Glasfasergitter an der Oberfläche sichtbar bleiben darf. Wenn dem nicht so ist, dann ist

die textile Bewehrung mit entsprechender Distanz zum Rand zu verlegen. Dabei wird man dann i.d.R. nicht umhin kommen, den Querschnitt in mehreren Schichten herzustellen, um zwischen die einzelnen Schichten die textile Bewehrung einzubauen. Die beiden äussersten Schichten sollten so dünn als möglich ausfallen. Dieses Vorgehen ist angezeigt, da die geringe Steifigkeit eines Textils ein Verlegen auf Distanzhaltern analog der Vorgehensweise beim Stahl nicht erlaubt.

Welche Vorgehensweise zu wählen ist, hängt somit vom jeweiligen Produkt, dessen Anforderungen und der Herstelltechnik ab.

Es erweist sich in der weiteren Betrachtung als zweckmässig, zu unterscheiden zwischen Bauteilen, die mit einem Standardbeton beziehungsweise mit einem Feinbeton (Mörtel) hergestellt werden. Während es sich im ersten Fall i.d.R. um die üblichen, gängigen Bauteile handelt, werden mit dem Feinbeton mehrheitlich dünnwandige Elemente hergestellt. Zudem lassen sich mit dem Feinbeton spezielle Mischungen für ganz gezielte Anforderungen herstellen.

4. Textile Bewehrung für Bauteile in Standardbeton



Bild 5: Textile Bewehrung direkt auf die Schalung verlegt



Bild 6: Einarbeiten der textilen Bewehrung mit einer Glättbohle

Ein Standardbeton üblicher Zusammensetzung und Konsistenz ist i.d.R. ausreichend flüssig und damit fliesfähig. Ist er zudem mit hohen Feinanteilen (Zement, Zusatzstoffe wie z.B. Steinkohleflugasche) durchsetzt, wird eine textile Bewehrung ausreichend mit Feinanteilen umhüllt, selbst bei knappster Oberflächenlage. Demzufolge kann eine textile Bewehrung direkt auf die Schalung ausgelegt werden [Bild 5]. Durch das Verdichten des Betons mittels Rütteln wird die Endlosfaser in den oberflächennahen Bereich eingebettet. Unterstützt wird diese Einbettung durch die Fähigkeit der Fasern aufgrund ihres filamentartigen Querschnittsaufbaus mit vielen Einzelfilamenten Flüssigkeit anzusaugen. So kann auch die auf einer frischen Betonoberfläche ausgelegte Netzbewehrung durch mehrmaliges Überstreichen mit einer Glättbohle ausreichend fest in die Betonoberfläche eingebettet werden [Bild 6]. Dennoch bleibt bei all diesen Versuchen die Struktur des Glasfasergitters an der Oberfläche mehr oder weniger markant sichtbar, was für die meisten Anwendungen im üblichen Betonbau von untergeordneter Bedeutung ist.

Für die gängigen Betonbauteile kann somit die textile Bewehrung ohne grossen Aufwand direkt an der Oberfläche positioniert werden. Sie kann und wird eine tragende Stahlbewehrung nicht ersetzen, sondern sie nur ergänzen in Form einer konstruktiven Bewehrung, sei es als Widerstand für geringste Beanspruchungen oder als rissverteilende Bewehrung direkt an der Oberfläche. Letzteres gewinnt zunehmend an Bedeutung, da die neueren Normenwerke stets grössere Überdeckung für den Stahl fordern, um ihn ausreichend vor den Umwelteinflüssen zu schützen. Die Sicherung der Überdeckung mit einer nichtmetallischen Bewehrung wird bei grossen Überdeckungen zukünftig unabdingbar sein.

4.1 Vorfabrizierte Deckenplatten



Bild 7: Montagezustand: Abheben der Platte aus der Schalung

Zu den aktuellen Anwendungen zählen Fertigelementplatten mit einer einlagigen tragenden Stahlbewehrung auf der Unterseite. Während des Montagezustands (Abheben aus der Schalung, Versetzen) entstehen geringe Beanspruchung an der Plattenoberseite [Bild 7]. Die Beanspruchungen an der Oberseite sind derart gering, dass ein leichtes, oberflächennahes Textil bereits ausreicht. Auf den aufwendigen Einbau einer üblichen Stahlbewehrung mit Distanzhaltern kann somit verzichtet werden. Nach dem Betonieren der Platte wird ein Textil in die frische Betonoberfläche eingelegt und mit der Glättbohle eingerüttelt.

4.2 Bodenplatten von Wohnhäusern

Zu den Konstruktionen mit geringer Beanspruchung zählen auch die Bodenplatten von Wohnhäusern. Anstelle der in der Herstellung aufwendigen Streifenfundamenten übernimmt eine durchgehende Bodenplatte die Lastabtragung und zugleich den dichten Abschluss des Kellers gegenüber dem Erdreich. Da auf einen Bodenabschluss zwischen den Kellerwänden sowieso nicht verzichtet werden kann, lässt sich eine etwas stärkere Platte direkt auch für die Lastabtragung nutzen. Ausführungstechnisch ergeben sich mit der durchgehenden Platte einige Vorteile wie z.B. geringeren Bodenaushub, sowie Vereinfachungen bei der Schalung, der Bewehrungsführung und dem Einbringen des Betons.

Die Platte für übliche Wohnbauten ist gering beansprucht, und somit kann auf eine durchgehende Stahlbewehrung in unterer und oberer Lage verzichtet werden. Eine textile Bewehrung aus Glasfasern



Bild 8: Bodenplatte von Wohnhäuser: untere textile Bewehrung ausgelegt



Bild 9: Bodenplatte von Wohnhäuser: Einarbeiten der oberen textilen Bewehrung

kann bereits den geringen erforderlichen Widerstand gewährleisten. Allenfalls ist in einzelnen hoch belasteten Zonen (Stützen) eine lokale Verstärkung mit einer Stahlbewehrung vorzusehen. Wird die Platte nur mit einer textilen Bewehrung ausgeführt, kann auf die aufwendige Magerbetonschicht verzichtet werden. Den Abschluss zum Erdreich bildet eine Folie, auf die die untere Lage der textilen Bewehrung verlegt wird [Bild 8]. Nach dem Einbau des Betons wird in den frischen Beton die obere textile Netzbewehrung ausgerollt und durch das Abziehen mit einer Bohle eingebettet [Bild 9].

4.3 Verstärkung von Zementfliesestrich



Bild 10: Obere textile Bewehrung für Zementfliesestrich

diesem Vorgang verbleibt die textile Bewehrung nahe der Oberfläche, wo sie ihre maximale Verstärkungsfähigkeit entfalten kann.

Eine weitere Anwendung ist der Zementfliesestrich, in dessen Oberfläche eine textile Verstärkung ohne grossen Aufwand eingebaut werden kann. Die grösste Beanspruchung von Fliesestrichen erfolgt bereits zu Beginn, infolge des unterschiedlichen Austrocknens über den Querschnitt. Das schnellere Austrocknen der freien Oberfläche führt zu deren Verkürzung und damit zu Verkrümmungen des Querschnitts und somit zu Aufwölbungen der Ränder. Mit dem Abheben der Randbereiche der Platte wird an dem derart entstandenen Kragarm das Eigengewicht der Platte aktiv und verursacht Biegebeanspruchungen mit Zugspannungen an der Oberfläche, die ab einer entsprechenden Distanz vom Plattenrand den zulässigen Widerstand überwunden haben. Das Reißen der Platte an diesen Stellen ist die Folge. Dem kann mit einer nur in oberer Lage angeordneten textilen Bewehrung innerhalb eines begrenzten, mittleren Bereichs der Platte entgegengewirkt werden. Einzelne Bahnen eines Textils [Bild 10] werden kreuzweise im mittleren Bereich der Platte in den Zementfliesestrich verlegt. Analog dem Vorgehen bei einer frischen Betonoberfläche wird das Textil mit der Schwabbelstange oberflächennah eingearbeitet. Mit

5. Textile Bewehrung für dünnwandige Bauteile

Bei dünnwandigen Konstruktionen wie Beläge oder Platten ist die textile Bewehrung die alleinige Verstärkung, da innerhalb des Querschnitts keine ausreichende Überdeckung für eine metallische Bewehrung gegeben ist. Die Herstellung von dünnwandigen Bauteilen erfolgt i.d.R. nach anderen Techniken als für die Standardbeton. Neben dem Giessen in eine Schalung werden Techniken wie Spritzen, Injizieren und Extrudieren verwendet. Zudem werden Feinbetonmischungen mit diversen Zusatzstoffen und Zusatzmitteln eingesetzt. Ausserdem verlangt die Verwendung der dünnen Platten i.d.R. eine glatte und oftmals porenfreie Oberfläche, was die direkte Positionierung der textilen Bewehrung auf der frischen Betonoberfläche ausschliesst.

Gemäss diesen Anforderungen ist man sich bei den verschiedenen Herstellprozessen für dünne Bauteile bewusst, den Querschnitt in einzelnen Schichten herzustellen. Zwischen die Schichten ist dann die

textile Bewehrung einzulegen. Oftmals wird eine möglichst dünne Schicht durch Giessen oder Spritzen vorgelegt. Die textile Bewehrung wird nachfolgend kontinuierlich eingelegt und mittels Druck eingebettet. Damit wird eine glatte Oberfläche erzeugt, frei von sichtbaren Glasfasergitterstrukturen. Dennoch ist die textile Bewehrung in optimaler Lage im Querschnitt angeordnet. Die nächste Schicht erzeugt die eigentliche Querschnittsstärke. Den Abschluss bildet abermals eine textile Struktur sowie eine dünne Deckschicht. Bei reduzierten Anforderungen an die Oberflächenqualität kann auf die letzte Schicht verzichtet werden, und die Bewehrung durch Glätten in die Oberfläche eingearbeitet werden.

5.1 Dünne Klimaplatte in Ergänzung zur Betonkernaktivierung



Bild 11: Klimaplatte mit textiler Bewehrung und mittig angeordneten Heizrohren

Ergänzend zur Betonkernaktivierung dient eine an der Unterseite der Decke angebrachte Klimaplatte der gezielteren Abstimmung des Raumklimas, insbesondere in sensiblen Zonen wie entlang der Fensterfront. Dazu bedarf es einer dünnen Platte mit einem integrierten Rohrsystem. Diese Platte wird unterseitig in die Deckenschalung verlegt und durch eine entsprechende Dämmung von dem eigentlichen Betonquerschnitt getrennt. Die Befestigung mit der tragenden Deckenkonstruktion erfolgt über punktförmige Verankerungen. Gemäss den Anforderungen an die Deckenunterseite ist eine glatte Oberfläche gefordert.

Die Platte wurde wie vorgängig beschrieben in einzelnen Schichten hergestellt. Die dünne Vorsatzschicht dient als geringfügige Überdeckung für die textile Bewehrung. In die anschliessende Schicht werden die Rohrschlangen integriert. Den Abschluss bildet die textile Bewehrung, die aufgrund der reduzierten Anforderungen an die Oberflächenqualität nur in die letzte Schicht durch Glätten eingebettet wurde [Bild 11].

5.2 Entwässerte Oberflächen von Bauteilen mit einlaminierter textiler Bewehrung



Bild 12: Laminierte textile Bewehrung dank dem Pressverfahren

Ein neuerer Herstellprozess [2] nutzt die Technik des Injizierens einer dünnflüssigen Matrix in sehr dünne Wandabschnitte. Ergänzt wird diese Technik durch ein anschliessendes Auspressen und damit gleichzeitiges Entwässern. Das Ergebnis ist eine sehr trockene Matrix, die ohne weitere Schalung auskommt. Dieses Verfahren hat auch einen grossen Vorteil für die Integration eines oberflächennahen Textils. Denn speziell durch den Auspress- und Entwässerungsvorgang wird das oberflächennahe Textil nahezu in die Betonoberfläche einlaminieren.

Die durch den Entwässerungsvorgang an die Oberfläche gelangten Feinbetonanteile umhüllen das Textil und „verkleben“ es mit dem Querschnitt. Die Oberfläche bleibt glatt und das Textil ist nur noch schemenhaft unter einer feinen Zementschicht zu erkennen [Bild 12]. Mit diesem Verfahren wird eine optimale Wirkung der textilen Bewehrung erzielt, indem sie am äussersten Rand fixiert ist und mit bestem Verbund zum Querschnitt aktiv wird. Dieses Verfahren eignet sich für sehr dünnwandige, zwei- und dreidimensionale Bauteile, mit maximaler Verstärkung durch eine textile Bewehrung.

5.3 Dünnwandige Platten mit vorgespannter Bewehrung aus Glasfaserrovings



Bild 13: Verformungsverhalten einer dünnen Platte (d=12mm, L=2.50m)



Bild 14: Spannbett für Glasfaserroving in unterer und oberer Lage



Bild 15: Durchbiegungsverhalten einer dünnen Platte (d=12mm, L=2.50m) mit vorgespannter Glasfaserbewehrung

Wie bereits oben erwähnt, ist besonders bei dünnen Platten eine maximale Exzentrizität der Verstärkung erwünscht, um einen optimalen Biege widerstand zu erreichen. Beim Einbau der textilen Bewehrung zwischen die einzelnen Schichten wird diese i.d.R. in relativ lockerer Form verlegt. Die einzelnen Stränge können u. U. teilweise in ungestreckter Form verlegt sein. Das wiederum führt bei dünnen Platten infolge der Biegebeanspruchung zu einem sogenannten Schlupfverhalten. Um einzelne Stränge zu strecken, muss eine Verformung stattfinden, die ihrerseits durch die Plattenkrümmung erzeugt wird. Die Folge davon sind grosse ungewollte Verformungen der Platte, die u.U. deren Gebrauchstauglichkeit einschränken [Bild 13]. Diesem Verhalten kann erfolgreich entgegengewirkt werden, indem ergänzend zu der textilen Bewehrung einzelne Rovings nahe der Oberfläche in gestreckter Form positioniert werden. Bedingt durch die Notwendigkeit, die Rovings zu strecken, bietet sich zugleich deren Vorspannung an. Mit einfachen Mitteln lässt sich an den beiden Plattenenden eine Spannvorrichtung herstellen, entlang der ein einzelner zusammenhängender Roving in definierter oberer und unterer Position verlegt wird [Bild 14]. Eine definierte relative Verschiebung der Spanneinrichtung an einem Plattenende erzeugt eine gleichmässige Vorspannung des Rovings. Die ergänzende textile Bewehrung lässt sich über den gespannten Roving auflegen und auch fixieren. Das übliche Aushärten der Platte erlaubt, die Spannvorrichtung bereits nach wenigen Stunden abzulassen, um die Spannkraft des Rovings als gleichmässige Druckkräfte in die Platte zu leiten. Das Ergebnis hinsichtlich der Plattenverformung ist überzeugend [Bild 15]. Auch Langzeittests haben diese guten Verformungseigenschaften bestätigt. Es gelingt somit, bereits mit einer geringen durch die Vorspannung der Rovings erzeugten Druckspannung die Verformungen der dünnen Platte zu kontrollieren.

5.4 Dünne, dreidimensionale Bauelemente

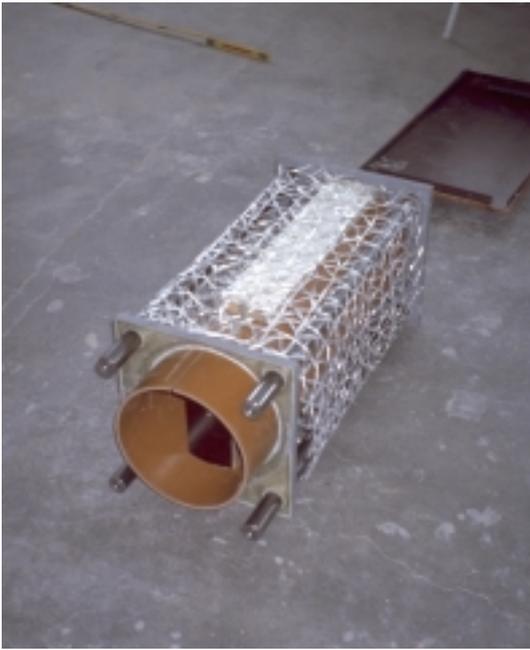


Bild 16: Hohlkörperelement mit textiler Bewehrung



Bild 17: Gestreckte Rovings innerhalb der Hohlkörperschalung

Neben den dünnen Platten gibt es auch dreidimensionale Bauteile mit dünnen Abmessungen. Dazu gehören Rohre, kastenförmige Elemente und Spezialteile wie das nachfolgend beschriebene Hohlkörperelement mit diversen Öffnungen innerhalb des Querschnitts. Zur Herstellung dieser Elemente wird die Injektionstechnik genutzt, ergänzt um die Technik des Auspressens und Entwässern. Die dünnen Wände zwischen den Öffnungen sollen vertikale und horizontale Beanspruchungen aufnehmen. Insbesondere zur Aufnahme der horizontalen Beanspruchungen ist eine textile Bewehrung erforderlich. Zur Positionierung der in der dünnen Wand mittig geführten Bewehrung ist eine entsprechende Hilfskonstruktion erforderlich. Diese besteht aus den vier Rohren, die nachdem sie entschalt werden, die Öffnungen innerhalb des Querschnitts bilden. Um die vier Rohre wird ein Textil gewickelt. Die Erfahrungen mit einem textilen Gelege haben gezeigt, dass auch in diesem Fall das Textil unbedingt gestreckt sein muss, um während des Befüllvorgangs in seiner mittigen Lage zu verbleiben [Bild 16]. Eine straffe Wicklung des Textils kann wie bei einer Bandage erfolgen, indem schmale Streifen mit der entsprechenden Spannung um die Hilfskonstruktion aus den vier Rohren aufgewickelt werden. Anfang und Ende des Textils müssen ausreichend fixiert sein, damit die Spannung in der Wicklung dauerhaft während des Fertigungsverganges erhalten bleibt. Alternativ dazu ist ein einzelner Roving über die vier Rohre mit einer entsprechenden Ganghöhe abzuwickeln und gleichzeitig unter Spannung zu setzen [Bild 17]. Wie bei der vorgespannten Platte kann der gespannte Roving als Träger für die textile Bewehrung dienen, an der sie ausreichend befestigt werden kann. Auf diese Weise ist gesichert, daß die textile Bewehrung in der mittigen Position verbleibt.

Dank der Technik des Injizierens und Auspressens ist der junge Beton ausreichend stabil (grüner Zustand), so dass die Rohre gezogen werden können und der entstandene Hohlraum erhalten bleibt. Auch die um die Rohre gewickelte textile Bewehrung verbleibt in dieser Lage.

6. Zusammenfassung

Die Erfahrungen mit einer textilen Bewehrung zeigen folgendes auf:

- Sie kann für einige Bereiche im derzeitigen Standardbeton eingesetzt werden, sei es im Ortbeton oder auch im Fertigteilebau. Sie kann eine tragende metallische Bewehrung fast nicht ersetzen sondern nur ergänzen.
- Über die Art und Weise der Einarbeitung der textilen Bewehrung in den Betonquerschnitt ist fallweise zu befinden. Einige Möglichkeiten dazu bestehen.
- Für dünnwandige Bauteile, die i.d.R. fast immer eine Sonderkonstruktion darstellen, ist die textile Bewehrung die einzig mögliche Form der Verstärkung.
- Deren Positionierung innerhalb des dünnen Querschnitts hängt entscheidend von der gewählten Fertigungstechnik ab.
- Für die Fertigung und das Tragverhalten der dünnen Bauteile ist eine Vorspannung der Glasfaserbewehrung von grosser Bedeutung. Effizienter gestaltet sich die Vorspannung eines einzelnen Rovings, anstelle der gesamten textilen Bewehrung. Idealerweise lässt sich die textile Bewehrung an dem gespannten und derart positionierten Roving befestigen, und so innerhalb des Querschnitts fixieren.

Bislang konnten bereits einige Bauprodukte bzw. -konstruktionen erfolgreich mit einer textilen Bewehrung verstärkt werden. Die Entwicklung steht jedoch erst am Anfang, und weitere Fortschritte sind noch zu erwarten, wie die Möglichkeiten mit den vorgespannten Rovingen zeigen. Demzufolge ist einerseits noch erheblicher Entwicklungsbedarf vorhanden, andererseits ist noch ausreichend Potential zur Herstellung neuer Produkte vorhanden. Die gewonnenen Erfahrungen werden zu neuen Produkten anregen, und ausreichend Unterstützung für zukünftige Innovationen liefern.

Literatur

- [1] Glasfaserbeton - Konstruieren und Bemessen; Fachvereinigung Faserbeton e.V.
- [2] Th. Friedrich: Glasfaserbeton (GFB): Von der handwerklichen zur industriellen Fertigung - Produkte und deren Fertigung (Injizieren, Extrudieren)
BetonWerk International Heft 5, Oktober 2001