

# Fügetechnik für gekrümmte Elemente aus textilbewehrtem Beton

Schalen wurden schon weit vor Beginn der Bauingenieurkunst von der Natur eingesetzt. Beispiele dafür sind Panzer für Käfer, Muscheln, Schnäbel und Schädelknochen. Wird die Bedingung gestellt, ein Volumen mit minimaler Oberfläche zu umschließen, stellt die Kugel das logische Optimum da. Auch für die Lastabtragung einer gleichmäßigen Beanspruchung ist die Schalenform hervorragend geeignet, da der Querschnitt hauptsächlich durch Normalspannungen beansprucht wird. Auch in der heutigen Architektur sind Schalen auf Grund ihrer eleganten und zugleich spektakulären Form sehr beliebt.

Für derartige Bauwerke ist textilbewehrter Beton wegen seiner mechanischen Eigenschaften, sowie Dauerhaftigkeit und Formbarkeit besonders geeignet. Als Anwendungsgebiete können Ausstellungspavillons, Messestände, gekrümmte Fassaden oder verlorene Schalungen, sowie großflächige Anwendungen wie Stadien, Kirchen oder Regierungsgebäude genannt werden.

Textilbewehrter Beton wird häufig in dünnen vorgefertigten Platten mit Abmessungen von bis zu  $1,25 \times 3,6 m$  und einer Dicke zwischen 6 und 40 mm hergestellt. Diese Platten werden anschließend meist in die gewünschte Größe zugeschnitten und auf Unterkonstruktionen befestigt. Für großformatigere Anwendungen muss jedoch eine geeignete Fügetechnik gefunden werden, die es erlaubt einzelne Platten kraftschlüssig miteinander zu verbinden.

Häufig werden Betonteile durch Verguss von überlappender Bewehrung zusammengefügt. Dieses Verfahren kann jedoch bei der Verwendung von Fertigteilen sowie bei geneigten Flächen sehr zeit- und kostenintensiv sein. In diesem Beitrag soll eine andere Methode vorgestellt werden, die es ermöglicht Fertigteile aus textilbewehrtem Beton durch Spannglieder miteinander zu verbinden und gleichzeitig erlaubt die Vorteile der Vorspannung zu nutzen.

Die Besonderheit dieser Fügetechnik besteht darin, dass ein Flächentragwerk aus mehreren Einzelelementen besteht, die während des Herstellungsprozesses mit Spannkänen ausgestattet werden. Das Zusammenfügen dieser einzelnen textilbewehrter Platten oder Schalen zu einem Flächentragwerk mit großen Abmessungen erfolgt durch Spannglieder, die durch alle Einzelplatten gefädelt werden und anschließend gegen den Beton vorgespannt werden. Durch die Vorspannwirkung werden die Platten aneinandergesetzt und in ihrer Lage fixiert.

Mit diesem Verfahren können sowohl ebene als auch einfach oder zweifach gekrümmte Flächentragwerke hergestellt werden. Bei zweifach gekrümmte Schalen kann es zweckmäßig sein, einen biaxialen Vorspannungszustand zu erzeugen; dies kann durch zwei Ebenen von Spanngliedern, welche orthogonal zueinander verlaufen, erreicht werden.

Die Vorspannung kann mit nachträglichem oder ohne Verbund erfolgen. Um einen Verbund herzustellen, wird der verbleibende Hohlraum zwischen Spannglied und Hüllrohr mittels Zementmörtel ver-

presst. Der Vorteil bei der Vorspannung ohne Verbund besteht in der Demontierbarkeit der einzelnen Elemente.

Durch die Vorspannung wird ein Druckspannungszustand im Beton erzeugt, der durch äußere Belastung erst abgebaut werden muss, bevor Zugspannungen und Risse entstehen können. Betontragwerk, die sich im ungerissenen Zustand befinden, haben eine deutlich höhere Dehn- und Biegesteifigkeit als jene Tragwerke, die bereits Risse aufweisen. Durch die Vorspannung kann erreicht werden, dass der Beton erst bei einer höheren äußeren Belastung zu reißen beginnt, wodurch das Tragwerk bei gleicher Belastung deutlich geringere Verformungen erfährt. Besonders bei dünnwandigen Flächentragwerken, deren Last-Verformungsverhalten nicht-linear ist, kann dieser Vorteil ausgenutzt werden. Einerseits werden die Verformungen zufolge äußerer Belastung minimiert und andererseits kann das Stabilitätsverhalten dünner Konstruktionen verbessert werden.

Im Labor des Instituts für Tragkonstruktionen an der technischen Universität Wien wurde die Möglichkeit der Herstellung von gekrümmten Flächen mit dieser Fügetechnik gezeigt. Zu diesem Zweck wurde ein Bogen aus möglichst vielen Einzelplatten zusammengefügt. Der Bogen besteht aus 39 Elementen, die  $13\text{ mm}$  dick sind und eine Größe von jeweils  $20 \times 10\text{ cm}$  aufweisen. Der Stich jedes Einzelteiles beträgt lediglich  $0,07\text{ cm}$  und stellt somit für die kleinen Elemente eine kaum sichtbare Krümmung dar. Durch jedes dieser leicht gekrümmten Einzelelemente verläuft ein Spannkanaal, durch welchen beim Zusammenbau des Bogens ein Spannglied mit einem Durchmesser von  $5\text{ mm}$  geführt wurde.

Der vorgespannte Bogen weist eine Spannweite von  $329,5\text{ cm}$  und einen Stich von  $93,5\text{ cm}$  auf. Die Schlankheit diese Bogens – die sich aus dem Verhältnis von Radius zu Schalendicke ermitteln lässt – beträgt 147; dies entspricht einem sehr hohen Schlankheitsgrad. Im Vergleich dazu wird bei Eierschalen lediglich ein Verhältnis von ca. 60 ( $r/t = 24\text{ mm}/0,4\text{ mm}$ ) erreicht.



Abbildung 1: Vorgespannter Bogen aus 39 gekrümmten Einzelelementen