



- Platten aus Faserbeton
- Computertomografische Untersuchung von Faserbeton
- Faserbewehrte Tunnelinnenschalen
- Biegetragfähigkeit textilbetonverstärkter Platten
- Schubkerven im Holz-Beton-Verbundbau
- Lebensdauerbemessung
- Innerstädtische Autobahnüberdeckung
- Der Stampfbetonpionier Eugen Dyckerhoff

## Statische Verstärkung mit Kohlefasern in Spritzmörteln

Zunehmend wird im Bestand gebaut. Bestehende Stahlbetonbauteile müssen statisch verstärkt werden. In den letzten Jahren haben sich dafür als wirtschaftliche Verstärkungsmaßnahme Kohlefaserlamellen am Markt behauptet. Ein jetzt von der S&P Clever Reinforcement GmbH entwickeltes in Spritzmörtel fixiertes Carbongitter ermöglicht eine Schichtdickenreduktion gegenüber traditionell armierten Schalen um ca. 50 %.

Häufig ist es nicht möglich, Kohlefaserlamellen oder Kohlesauer-Sheets für die Verstärkung von Bauwerken zu verwenden. Dafür gibt es unterschiedliche Gründe wie z. B. zu feuchte Untergründe oder Umgebungstemperaturen, bei denen sich die Epoxidharze, mit denen die Kohlefaserlamellen/-Sheets verklebt werden, nicht verarbeiten lassen. Aus diesem Grund hat S&P ein neues System für die Verstärkung von Bauteilen entwickelt. Die neue Entwicklung für die statische Verstärkung von bestehenden Stahlbetonbauteilen basiert auf einem Carbongitter, welches in Spritzmörtel fixiert wird. Dieses ermöglicht eine Schichtstärkenreduktion gegenüber traditionell armierten Schalen um ca. 50 %. Weiterhin ergeben sich enorme Vorteile hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit und für den Brandschutz.

Da anstelle einer Stahleinlage ein Gitter aus Carbon eingespritzt wird, ist es möglich, die Schichtdicke der Verstärkungsschale deutlich zu reduzieren. Die Carbonfaser ist inert und korrodiert nicht. Aus diesem Grund ist eine 3 cm dicke Überdeckung mit Spritzbeton nicht erforderlich. Die Hitzebeständig-



Bild 1. Versuch zum Arbeitsvermögen

keit der Carbonfaser ist drei- bis viermal höher als die einer Stahleinlage. Der Brandwiderstand F60 ist somit bei 10 mm Überdeckung der Carbonfaser mit Spritzbeton gewährleistet.

### Gleiche Leistung bei halber Materialdicke

Das Arbeitsvermögen einer üblicherweise 10 cm dicken Spritzbetonschale mit einer zentrisch verlegten K188 Stahleinlage (150/150/Ø8) liegt bei ca. 800 Joule. Demgegenüber weist das S&P Armo-System, eine kohlefaserarmierte Spritzbetonschale

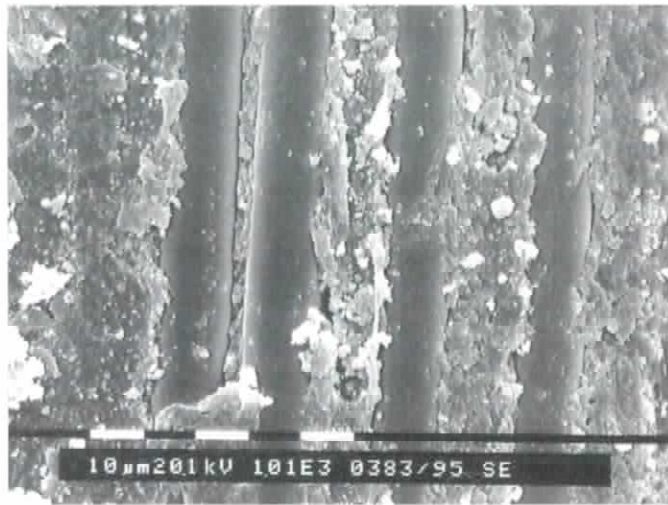


Lösungen liefern. Zukunft bauen.

Wenn Architekten und Ingenieure Herausragendes planen und umsetzen, steht ihnen Holcim als Lösungsanbieter engagiert und ideenreich zur Seite. Denn großen Herausforderungen begegnen wir mit großem Engagement – und als eines der führenden Unternehmen der Baustoffindustrie auch mit einem kompetenten und hochmotivierten Team.



**Bild 2.** Versuchsaufbau im VersuchsStollen Hagerbach (VSH) bei Sargans im Osten der Schweiz



**Bild 3.** Zementstein wächst in die Carbonrovings

von 2 cm Stärke, welche im Verbund mit einer 8 cm dicken, bestehenden Tunnelschale appliziert wird, ein Arbeitsvermögen von 800 bis 1100 Joule auf. Dies bietet in der Instandstellung respektive statischen Verstärkung von bestehenden Tunnel- oder Stollenbauwerken interessante Alternativen. Die Neuentwicklung eignet sich für die Instandstellung und statische Verstärkung von bestehenden Tunnelschalen im Bahn-, Straßen- und Stollenbau. Sie ermöglicht eine Schichtdickenreduktion der Verstärkungsschale um ca. 50%.

**Verbundstoffe zur Kraftübertragung**

Damit der Verbund und somit die Kraftübertragung aus dem S&P Armo-mesh-Carbonfasergitter in den Spritzbeton verbessert wird, ist die Faserarmierung mit einem amorphen Silica modifiziert. Die Reaktionskomponente wird dem Spritzbeton oder



**Bild 4.** Versuchsstand an der FH Fribourg

**Klebearmierung**  
 Nachträgliches Verstärken von Stahlbeton durch Stahl- und Kohlefaserlamellen, CFK-Folien

Ihre Sicherheit:  
 30 Jahre Erfahrung

**Laumer**  
 BAUTECHNIK

Bahnhofstraße 8 | 84323 Massing | 08724 / 88 - 0 | www.laumer.de

Spritzmörtel beigemischt. Der intensive Verbund zwischen der Carbonarmierung und dem Spritzbeton entsteht durch Hereinwachsen von Calcium-Silikat-Hydrat in die Faservovinge. Durch Verbundversuche am Doppelbetonkörper wurde die Verankerungs-/Überlappungslänge der Faserarmierung festgelegt. Das S&P-System bietet systemgeprüfte Spritzmörtel bzw. Spritzbeton für das Trocken- und Nass-Verfahren als Silo- oder Sackware an.

**Vergleich auf dem Prüfstand**

Die statische Bemessung für dünn-schichtige Verstärkungen mit dem Carbongitter erfolgt in Anlehnung an die gültige Norm für Klebebewehrungen. Die Grenzdehnung im Carbongitter (Bruchzustand) wurde anhand von Vorversuchen an verstärkten schlanken Stahlbetonplatten festgelegt. Im Versuchsaufbau an der FH Fribourg wurden 22 cm dicke und 85 cm breite Stahlbetonplatten mit einer Spannweite von 6 m geprüft. Nebst der unverstärkten Referenzplatte wurde eine Platte mit einer Lage S&P Armo-mesh L500 in 1,5 cm Spritzmörtel S&P Armo-crete und eine weitere Platte mit zwei Lagen S&P Armo-mesh L500 in 2 cm Spritzmörtel verglichen. Mit zwei Lagen Carbonarmierung wurde der Verstärkungsgrad von 170 % erreicht. Das Versagen der beiden verstärkten Stahlbetonplatten erfolgte in der Betondruckzone. Als Bemessungsdehnung des Carbongitters werden 0,5% vorgeschlagen. Diese Bemessungsdehnung wurde in den Versuchen der FH Fribourg verifiziert und entspricht in etwa der Bemessungsdehnung für CFK-Lamellen, welche für die statische Verstärkung von Stahlbetonbauteilen auf Biegezug gemäß diversen Richtlinien, bauaufsichtlichen Zulassungen sowie Normen (SIA 166) verwendet wird.

**Sie wünschen Sonderdrucke von einzelnen Artikeln aus einer Zeitschrift unseres Verlages?**

Bitte wenden Sie sich an: Petra Franke  
 Verlag Ernst & Sohn  
 Rotherstraße 21, 10245 Berlin  
 Telefon +49(0)30 470 31-279  
 Telefax +49(0)30 470 31-227  
 E-Mail pfranke@ernst-und-sohn.de

**Ernst & Sohn**  
 A Wiley Company

www.ernst-und-sohn.de

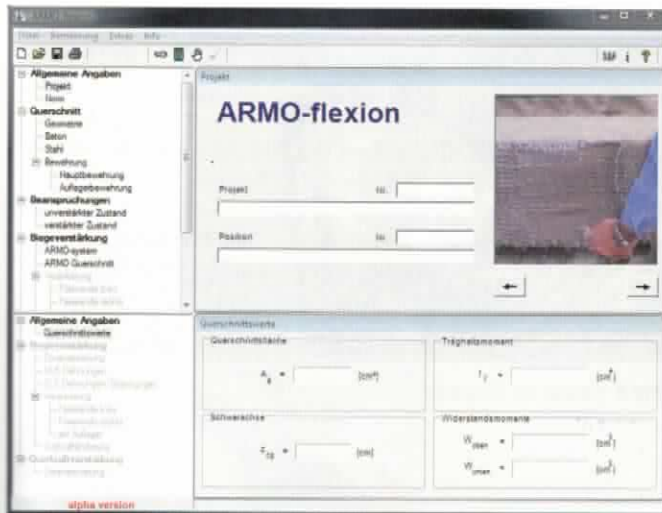


Bild 5. Armo-flexion

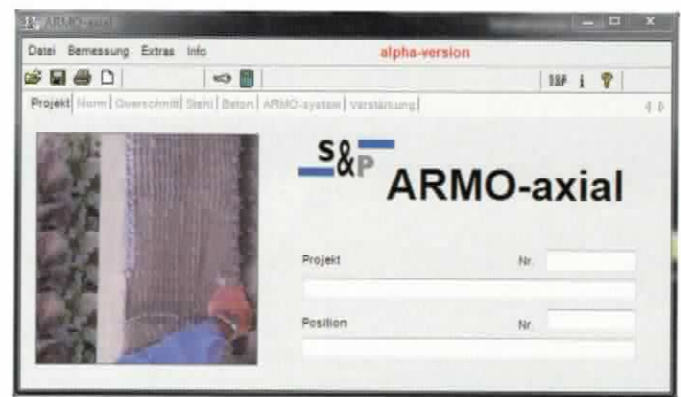


Bild 6. Armo-axial

deckung der Stahleinlage von 3 cm zu gewährleisten. Die 3 cm dicke Überdeckung der Stahleinlage ist nötig, um den Feuerwiderstand (F60) zu garantieren und die Innenbewehrung gegen Korrosion zu schützen. Bei der Carbonarmierung ist eine minimale Überdeckung aus Gründen des Korrosionsschutzes nicht notwendig. Aus diesem Grund reduziert sich die Schichtdicke des Spritzbetons um ca. 50%.

#### Wirtschaftliche Voraussetzungen erfüllt

Gemäß einem Kostenvergleich für 8 cm traditionellen Spritzbeton mit Stahleinlage mit einer 4 cm dicken Spritzbetonschale aus dem S&P Armo-System wird eine Kostenersparnis von ca. 20 % erwartet. Die Carbonschale bringt zudem drei weitere Vorteile. Erstens wirkt sich die Flexibilität der Carboneinlage positiv aus. Sie vibriert nicht bei der Spritzbetonapplikation, deswegen wird der Rückprall verhindert. Es entstehen weniger Spritzschat-

#### Tunnelschalen statisch verstärkt

Das System S&P Armo eignet sich speziell zur Instandstellung und statischen Verstärkung im Stollenbau (Druckstollen) oder im Straßen-, Bahn- und allgemeinen Hoch- und Tiefbau. Der maßgebliche Systemvorteil besteht darin, dass die Spritzbetonschicht um einige Zentimeter reduziert werden kann und nach der Instandstellung mehr Durchfluss- bzw. Lichtraumprofil zur Verfügung steht. Werden bei der Instandstellung Stahlgitter eingespritzt, beträgt die Spritzbetonschicht ca. 8 cm. Diese minimale Schichtdicke ist notwendig, um die Profilunebenheiten auszugleichen, das Stahlgitter einzuspritzen und die minimale Über-

## Tragwerk-Verstärkung

mit Kohlefaser-Kunststoffen

### Sto S&P FRP-Systeme

Die intelligente Technik von StoCretec

#### Die Sto S&P CFK-Lamelle zur statischen Nachverstärkung von Bauteilen

- Verstärkt schlaff bewehrte oder vorgespannte Bauteile
- Korrosionsbeständig
- Hohe Wirtschaftlichkeit
- Einfache Verarbeitung ohne Lärm und Schmutz
- Allgemein bauaufsichtlich zugelassen

#### Die Sto S&P C-Sheets zur Verstärkung von Druckbauteilen wie Stützen und Pfeiler

- Passt sich optimal der Bauteilgeometrie an
- Einsetzbar als externe Schubverstärkung
- Hohe Wirtschaftlichkeit
- Einfache Verarbeitung

Die Serviceleistung von S&P

#### S&P Bemessungssoftware FRP

##### Lamella 5.0 für die Bemessung von:

- schlaff verklebten, eingeschlitzten und seitlich angebrachten Sto S&P CFK-Lamellen
- Sto S&P C-Sheets auf Biegezug und Querkraft
- Die Software führt alle prüffähigen Nachweise
- Bemessungsbeispiel und ein ausführliches Handbuch sind inklusive

sto

StoCretec

StoCretec GmbH  
Betoninstandsetzung  
Bodenbeschichtung  
Gutenbergstraße 6  
65830 Krieffel  
Telefon +49 6192 401-104  
Telefax +49 6192 401-105  
info.stocretec.de@stoeu.com  
www.stocretec.de



S&P  
Clever Reinforcement

S&P Clever Reinforcement GmbH  
Beyerbachstraße 5  
65830 Krieffel  
Telefon +49 6192 9612830  
Telefax +49 6192 9612829  
info@sp-reinforcement.de  
www.sp-reinforcement.de



Bild 7. Statische Verstärkung eines Kraftwerkstollens



Bild 8. Fixieren von Armo-mesh

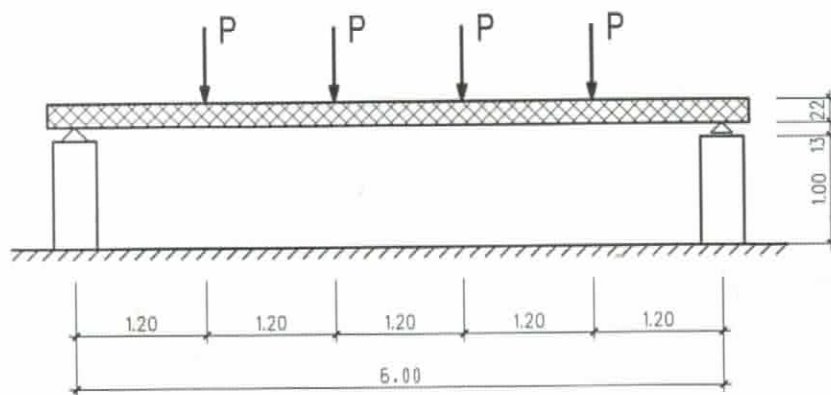


Bild 9. Versuchsaufbau an der FH Fribourg

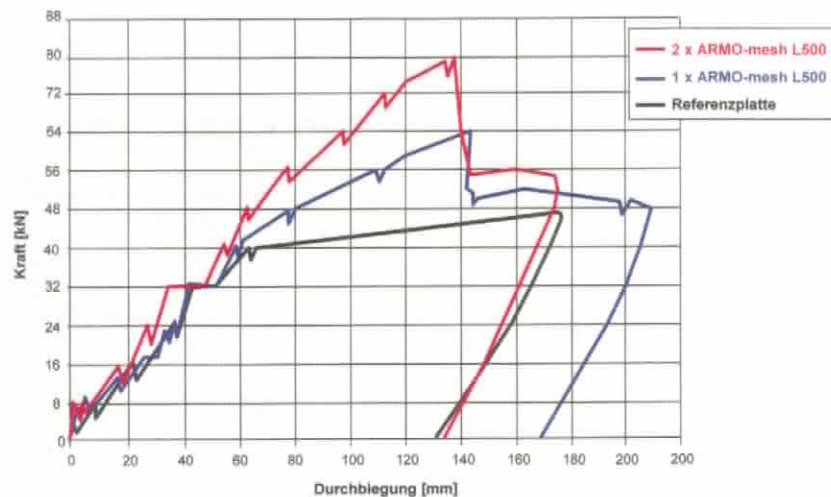


Bild 10. Verstärkung mit Armo-mesh (Fotos/Grafiken: S&P Clever Reinforcement GmbH)

ten hinter der Carboneinlage im Vergleich zur Stahleinlage. Zweitens entsteht ein größeres Lichtraum- oder Durchflussprofil des Tunnels oder Stollens. Drittens eignet sich die neue Lösung u. a. für die Verstärkung eines Pilotstollens. Die Carboneinlage ist problemlos abräfsbar.

**In der Praxis erfolgreich**

Infolge fortgeschrittener Lebensdauer werden heute verschiedene Druckstollen im Kraftwerksbau saniert oder einfach statisch verstärkt. Der Einsatz des neuen Systems bietet sich hierbei als interessante Variante an. Für die Applikation wird der bestehende Traggrund aus Beton hydromechanisch aufgeraut. Danach erfolgt der erste Auftrag von S&P Armo-crete w im Nassspritzverfahren in einer Dicke von ca. 1 cm. Die Carbonarmierung wird in die erste Spritzmörtelschicht eingearbeitet. Danach erfolgt die zweite Spritzmörtellage nass in nass. Als Variante kann S&P Armo-crete d, ein spezieller Spritzbeton für das Trocken-

spritzverfahren, eingesetzt werden. Der Trockenspritzbeton wird auch als Silo- oder Sackware angeboten. In diesem Fall wird die Armierung mit speziellen Haftklammern in der ersten Spritzbetonlage befestigt. Bevor die zweite Spritzbetonschicht appliziert wird, müssen die erste Lage und die Carbonarmierung mit Wasserhochdruck gereinigt werden. Mehrere Objekte wurden mit der neuen Methode im Jahr 2010 erfolgreich statisch verstärkt. Das System erwies sich dabei als ausgesprochen praxistauglich.

Dipl.-Ing. Dirk Grunewald  
S&P Clever Reinforcement GmbH

Weitere Informationen:  
S&P Clever Reinforcement GmbH,  
Beyerbachstraße 5, 65830 Kriftel,  
Tel. (0 61 92) 9 61 28-30, Fax (0 61 92) 9 61 28-29,  
dirk.grunewald@sp-reinforcement.de,  
www.sp-reinforcement.de