



Clever Reinforcement Company AG

# **S&P ARMO-System Bemessungsgrundlagen**

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2. Vergleich FRP (Faserverbundwerkstoffe) / ARMO Verstärkungssystem</b>	<b>5</b>
<b>3. Technische Daten S&amp;P ARMO-mesh</b>	<b>6</b>
<b>4. Verankerung, Überlappung von S&amp;P ARMO-mesh</b>	<b>8</b>
<b>5. S&amp;P Verankerungselement Alu</b>	<b>10</b>
<b>6. Biegezugverstärkung mit S&amp;P ARMO-System</b>	<b>13</b>
<b>7. S&amp;P ARMO-flexion Software für Biegezugverstärkung</b>	<b>18</b>
<b>8. S&amp;P ARMO-axial Software für Axialverstärkung</b>	<b>18</b>
<b>9. Spritzbeton im Tunnel und allgemeinen Tiefbau</b>	<b>19</b>
<b>10. Statische Verstärkung von Tunnelschalen</b>	<b>22</b>
<b>11. Seismische Verstärkung von Mauerwerk mit S&amp;P ARMO-mesh</b>	<b>24</b>
<b>12. Technische Daten S&amp;P ARMO-crete</b>	<b>28</b>
12.1 S&P ARMO-crete d	28
12.2 S&P ARMO-crete w	29
<b>13. Produktübersicht S&amp;P ARMO-System</b>	<b>30</b>
<b>14. Prüfberichte / Literaturhinweis (P)</b>	<b>31</b>

**Anhang:  
Ausschreibungstexte**

# 1. Einleitung

Zur Verstärkung von Stahlbeton im Hoch- und Tiefbau stehen unterschiedliche Methoden zur Verfügung:

- Nachträgliches Einbau von Stahlbetonstützen oder Träger
  - Nachträglicher Einbau von Stahlunterzügen
  - Einspritzen oder Anbetonieren von Zusatzarmierungen aus Stahl
  - Klebebewehrung aus Stahl oder FRP (Fibre Reinforced Polymer)
- usw.

S&P ist ein weltweit führender Entwickler, Hersteller und Vertreiber von FRP Verstärkungen. Die S&P FRP Systeme werden als Gelege, Gewebe oder vorgefertigte Lamine mit systemgeprüften Klebstoffen auf bestehende Bauteile geklebt. Für Klebebewehrungen aus FRP Faserverbundwerkstoffen bestehen verschiedene Landesnormen und Bemessungsrichtlinien.

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-36.12-68/70 (Deutschland)

SIA 166 Norm für Klebebewehrung (CH)

Richtlinie für FRP Verstärkungen:

ACI 440 (USA)

TR55 (UK)

CUR 91 (NL)

CNR-DT 200/2004 (IT)

Zusätzlich liegen in weiteren Ländern wie Frankreich, Korea usw. bauaufsichtliche Zulassungen für S&P FRP Verstärkungssystem vor.

FRP Verstärkungssysteme sind weltweit Stand der Technik und haben sich als wirtschaftliche und dauerhafte Bauweise zur nachträglichen Verstärkung in den letzten 15 Jahren etabliert.

**Während im Stahlbeton die Spannung des Stahls festgelegt wird, wird bei FRP Verstärkungen eine Dehnlänge „Grenzdehnung“ festgelegt. Die zulässige Grenzdehnung ist von der Beanspruchung (Biegezug, Schub- oder Axialverstärkung) und dem FRP System abhängig.**

Die Grenzdehnungen werden in gültigen FRP Normen resp. Landeszulassungen je nach Sicherheitskonzept unterschiedlich festgelegt.

Folgende Grenzdehnungen auf Bemessungsniveau werden derzeit angewendet:

### **Erhöhung der Steifigkeit mit C-FRP (Carbon Verstärkungen)**

#### Biegezugverstärkung

<i>CFK Lamelle (oberflächlich geklebt)</i>	<i>~ 0.6 – 0.8 %</i>
<i>Carbon Gelege (oberflächlich geklebt)</i>	<i>~ 0.8 – 1 %</i>
<i>CFK Lamellen (in Schlitz verklebt)</i>	<i>~ 0.8 – 1 %</i>
<i>CFK Lamellen (extern vorgespannt bei 6 ‰)</i>	<i>~ 1 – 1.2 %</i>

#### Drucksäulenverstärkung

<i>Umschnürung mit Carbon FRP (C-FRP)</i>	<i>~ 0.4 %</i>
---	----------------

#### Schubverstärkung

<i>Umschnürung mit Carbon FRP (C-FRP)</i>	<i>~ 0.2 – 0.3 %</i>
---	----------------------

### **Erhöhung der Duktilität**

<i>Umschnürung mit Glas FRP (G-FRP)</i>	<i>3 – 4 %</i>
<i>Umschnürung mit Aramid FRP (A-FRP)</i>	<i>2 – 3 %</i>

S&P hat ein neues Verstärkungssystem „S&P ARMO-System“ entwickelt und im Jahr 2009/2010 zum Patent angemeldet. Die Bemessung für das S&P ARMO Verstärkungssystem wird durch S&P in Anlehnung an gültige FRP Bemessungskonzepte vorgeschlagen. Im S&P ARMO-System werden Carbonfasern in Form von Gittern auf der Baustelle abgerollt und in einen reaktiven mineralischen Spritzmörtel verlegt. Dank der Beschichtung des S&P ARMO-mesh mit amorphem Silica und der Vergütung des Spritzmörtels mit einer Reaktiv-Komponente wächst Calcium-Silikat-Hydrat aus dem Spritzmörtel in die Carbonfilamente der S&P Armierung (Bild 1 / 2). Dies führt zu einer schubfesten Verkrallung und Verankerung des S&P ARMO-mesh im Spritzmörtel.

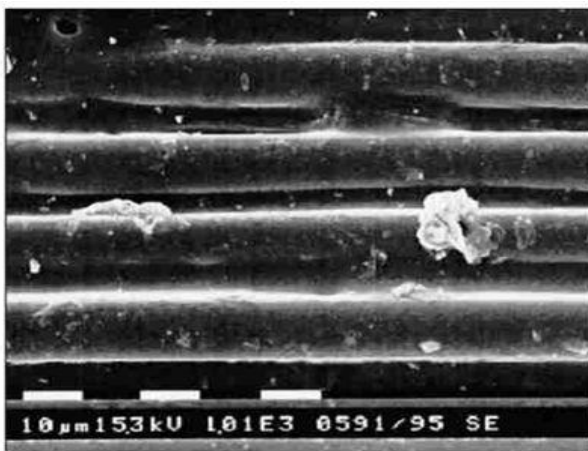


Bild 1: S&P ARMO-mesh im traditionellen Spritzmörtel

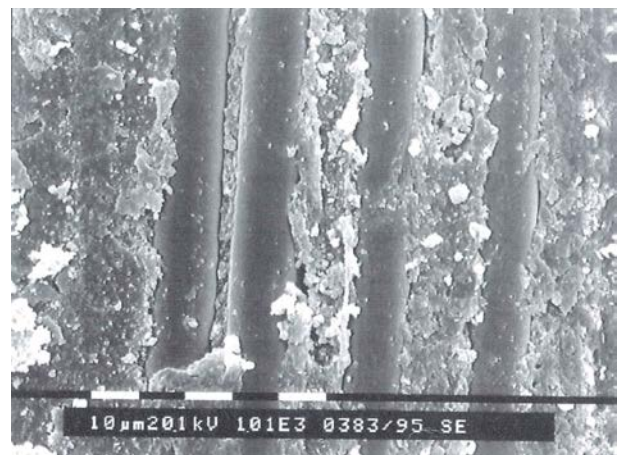


Bild 2: S&P ARMO-mesh in ARMO-crete

Unterschiedliche Spritzmörtel mit Reaktiv-Komponente werden durch S&P für verschiedene Applikationen angeboten:

S&P ARMO-crete d	Trockenspritzmörtel (unterschiedliche Körnung, Zusätze und Zement)
S&P ARMO-crete w	Nassspritzmörtel
S&P ARMO-mur	Verputzmörtel (für Innen- und Aussenanwendung)

Die Beschichtung des S&P ARMO-mesh ist zusätzlich keramisch verfüllt. Dies führt zu einer Sauerstoffsperre bei hohen Temperaturen. Die C-Faserbündel sind somit gegen Oxidation im Brandfall geschützt.

## **2. Vergleich FRP (Faserverbundwerkstoffe) / ARMO Verstärkungssystem**

FRP Verstärkungen werden mit Epoxydharz-Klebstoff auf Traggrund aus Beton, Holz u.a. schubfest verklebt. Der Zugelastizitätsmodul von Epoxydharzklebstoffen ist ca. viermal geringer als der Zugelastizitätsmodul von Betons. Entsprechend wird die Dicke des Klebstoffes beim Verkleben von CFK Lamellen auf 3 – 5 mm limitiert. Bei einer dickeren Klebstoffschicht ist die Kraftereinleitung aus der CFK Lamelle in den Betontraggrund nicht mehr gewährleistet. Beim Verkleben von FRP Systemen sind entsprechend die Unebenheiten des Traggrundes vor der Klebearbeit zu reprofiliert. Üblicherweise werden Reprofiliermörtel auf Epoxydharz-Basis verwendet. Beim ARMO-System hingegen ist die Matrix „S&P ARMO-Spritzmörtel“ auf den Traggrund Beton optimal abgestimmt. Der Zugelastizitätsmodul des mineralischen Spritzmörtels liegt im Bereich des Betons. Der mineralische Spritzmörtel weist einen hohen ph-Wert auf und ist wasserdampffest. In einem Arbeitsgang wird gleichzeitig reprofiliert und die Carbonarmierung eingespritzt.

**Im S&P ARMO-System kann auf eine Reprofilierung verzichtet werden. Die Reprofilierung und die Erstellung der Spritzmörtelschicht erfolgt in einem Arbeitsgang.**

Damit die Ebenheit des S&P ARMO-mesh gewährleistet ist, sind die Verlegehinweise der S&P zu beachten. Die erste Spritzmörtellage wird egalisiert damit die Carbonarmierung eingearbeitet werden kann. Zur Befestigung des S&P ARMO-mesh stehen unterschiedliche Möglichkeiten zur Verfügung:

- *Wird der Nassspritzmörtel S&P ARMO-crete w oder der Verputzmörtel S&P ARMO-mur verwendet, kann das S&P ARMO-mesh in die erste augegalisierte Mörtelschicht ohne zusätzliche Befestigungsmassnahme eingearbeitet werden.*

- *Wir der Trockenspritzmörtel S&P ARMO-crete d verwendet, sind drei Befestigungssysteme möglich:*
  - *S&P Drehteller (mit dem S&P Drehteller wird das Gitter im frischen Spritzmörtel fixiert)*
  - *S&P Haftklammern (wenn der Spritzmörtel leicht erhärtet ist)*
  - *S&P Dübel (wenn der Traggrund vollständig ausgehärtet ist)*

In Tabelle 1 werden FRP Verstärkung sowie des S&P ARMO-Systems verglichen.

	<b>FRP System Carbon in Epoxy Matrix</b>	<b>ARMO-System Carbon in mineralischer Matrix</b>
<b>Feuchtigkeit Traggrund</b>	<b>&lt; 4% Restfeuchtigkeit</b>	<b>erdfeuchter Traggrund</b>
<b>Untergrund Vorbehandlung</b>	<b>leicht aufrauen</b> (Schleifen oder Sandstrahlen)	<b>stark aufrauen</b> (Sandstrahlen oder hydromechanisch bearbeiten)
<b>Reprofilierarbeit</b>	<b>grosser Aufwand</b> für Ausgleichen / Reprofilieren	<b>kein Zusatzaufwand</b>
<b>Applikation</b>	<b>leicht / handlich</b>	<b>Grosser Aufwand für Installation</b> (putzen, abdecken)
<b>Bauphysik</b>	<b>zusätzliche Abklärungen sind nötig</b> FRP wirkt als lokale Dampfsperre	<b>zusätzliche Abklärungen nicht nötig</b> ARMO-System ist mineralisch und dampfdurchlässig
<b>Korrosionsschutz Innenbewehrung</b>	<b>Aufwendige zusätzliche Massnahmen sind nötig</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Korrosionsschutz Stahleinlage</li> <li>- Imprägnierung oder Dünnbeschichtung zwischen FRP</li> </ul>	<b>Ph Wert 12 im ARMO-System</b> Keine zusätzlichen Massnahmen sind nötig. Das ARMO-System bietet Alkalischutz für Innenbewehrung.
<b>Brandschutz</b>	Nachweis der Restsicherheit im Brandfall und allenfalls Brandschutzmassnahmen.	Die Matrix (ARMO-crete) ist hitzebeständig. F60 bei ca. 1 cm Überdeckung des ARMO-mesh. <b>Die Carbonfaser hat eine 3-4 Mal höhere Hitzebeständigkeit als die Innenbewehrung.</b>

Tabelle 1: Vergleich FRP – ARMO Verstärkungssystem

### 3. Technische Daten S&P ARMO-mesh

S&P bietet unterschiedliche Gitterversionen an.

#### Gitter für statische Verstärkung in Längsrichtung (Carbon in Abroll-Richtung)

- S&P ARMO-mesh L500 / S&P ARMO-mesh L200

#### Gitter für statische Verstärkung in beide Richtungen

- S&P ARMO-mesh 200/200

#### Gitter für statische Verstärkung in Querrichtung (Rissabdeckung)

- S&P ARMO-mesh C200

Technische Daten	ARMO-mesh L500	ARMO-mesh L200 (in Hauptzugrichtung längs) ARMO-mesh C200 (in Hauptzugrichtung quer) ARMO-mesh 200/200 (in beide Richtungen)
Elastizitätsmodul (theoretisch) [kN/mm <sup>2</sup> ]	240	240
Abminderungsfaktor auf Elastizitätsmodul infolge Verarbeitung	1.5	1.5
<b>Elastizitätsmodul (abgemindert) für Bemessung</b> [kN/mm <sup>2</sup> ]	160	160
Bruchzugfestigkeit C-Faser (theoretisch) [N/mm <sup>2</sup> ]	4'300	4'300
Flächengewicht C-Faser in Hauptzugrichtung [g/m <sup>2</sup> ]	200	80 (2x80 für S&P ARMO-mesh 200/200)
Dichte C-Faser [g/cm <sup>3</sup> ]	1.7	1.7
Bruchdehnung (theoretisch) [%]	1.75	1.75
Theoretische Dicke C-Faser für Bemessung (Flächengewicht÷Dichte) [mm]	0.117	0.047
Theoretischer Querschnitt C-Faser für Bemessung [mm <sup>2</sup> /m]	117	47
Bruchzugkraft bei 1.75 % (theoretisch) [kN/ m]	<b>500</b>	<b>200</b>
<b>Zugkraft für Bemessung (S&amp;P Empfehlung)</b>		
<b>Biegezug (~ 800 N/mm<sup>2</sup>)</b> (Grenzdehnung im Bruchzustand 0.5 %) [kN/m]	<b>93.6</b>	<b>37.6</b>
<b>Axial (~ 640 N/mm<sup>2</sup>)</b> (Grenzdehnung im Bruchzustand 0.4 %) [kN/m]	<b>74.8</b>	<b>30.0</b>

<b>ARMO-mesh L500</b> <b>ARMO-mesh L200</b> <b>ARMO-mesh 200/200</b>	Rollenbreite / -länge: 1.95 m / 50 m
<b>ARMO-mesh C200</b>	Rollenbreite / -länge: 0.975 m / 50 m

Tabelle 2: Technische Daten S&P ARMO-mesh

## Gitter für konstruktive Bewehrung (aus AR-Glas)

– S&P ARMO-Glasfaserbewehrung AR

Technische Daten in beide Richtungen	S&P ARMO-Glasfaserbewehrung AR
Maschenweite [mm]	35
Bruchdehnung [%]	4.5
Bruchzugkraft [kN/ m]	25
Rollenbreite / -länge: [m]	2.20 / 100

Tabelle 3: Technische Daten S&P ARMO-Glasfaserbewehrung AR

## 4. Verankerung, Überlappung von S&P ARMO-mesh

Damit im Stahlbeton die Kraftübertragung aus dem Stahl in den Beton gewährleistet ist, wird gerippter Armierungsstahl verwendet. Für den gerippten Armierungsstahl gilt die einfache Regel

Überlappungslänge Armierungsstahl =  $60 \times \varnothing$  Armierungsstahl

Die Zugfestigkeit der Carbonfaser ist sieben- bis achtmal höher als jene des Baustahls. Die Carbonfaserovinge weisen zudem keine Oberflächenstruktur auf. Das S&P ARMO-mesh ist nicht wie Stahlgittereinlagen an den Knotenpunkten verschweisst.

Um die Verankerung des S&P ARMO-mesh im Spritzmörtel zu verbessern, wurde durch S&P eine spezielle Beschichtung der Gitteroberfläche entwickelt. Die Beschichtung aus einem wässrigen Polymer ist mit amorphem Silica vergütet. Die Reaktiv-Komponente befindet sich im Spritzmörtel S&P ARMO-crete resp. S&P ARMO-mur.

Die benötigte Verankerungslänge (Überlappung) des S&P ARMO-mesh L500 wurde mit Ausreissversuchen am Doppelbetonkörper nachgewiesen (P 11). Die Bilder 3 / 4 / 5 zeigen den Versuchsaufbau.



Bild 3



Bild 4



Bild 5

Bild 3: Doppelbetonkörper vor Versuch

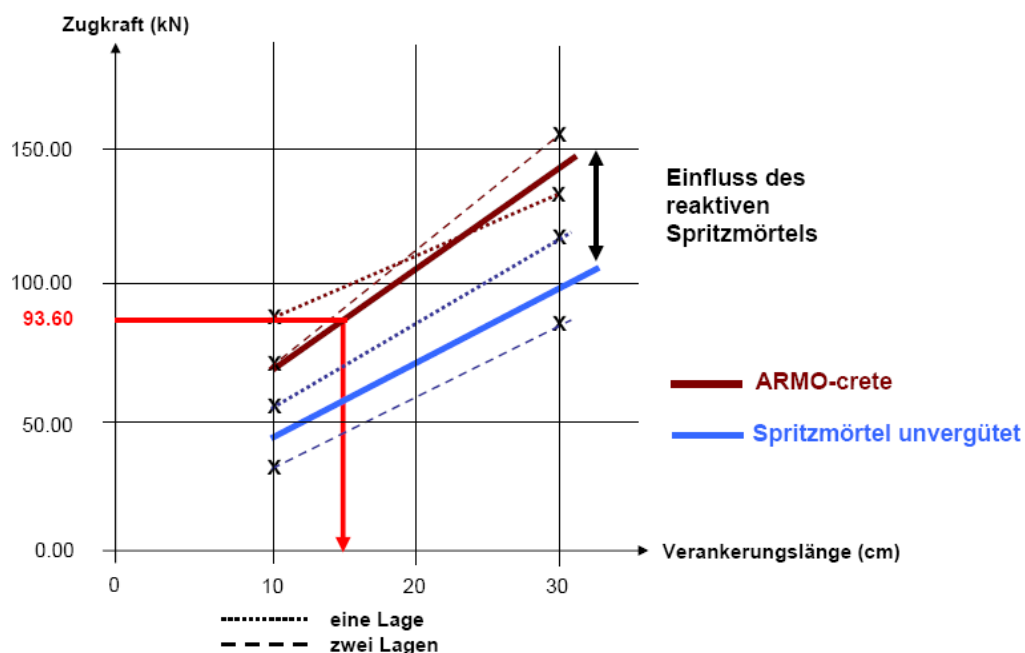
Bild 4: Applikation von Spritzmörtel und S&P ARMO-mesh L500

Bild 5: Versuchskörper nach Versuchsdurchführung

Im Versuch an total 12 Versuchskörpern wurden folgende Parameter variiert:

- Verankerungslänge 10 / 30 cm
- Spritzmörtel traditionell (ohne Reaktiv-Komponente)  
Spritzmörtel S&P ARMO-crete w (mit Reaktiv-Komponente)
- Einspritzen von einer resp. zwei Lagen S&P ARMO-mesh L500

Grafik 1 zeigt die Resultate.



Grafik 1: Resultate Ausreissversuche

Der Einfluss der Reaktivkomponente ist klar ersichtlich. Wird S&P ARMO-mesh L500 bei der Biegezugbelastung im Bemessungszustand bei 5 ‰ Grenzdehnung eingesetzt, muss die Kraft von 93.6 kN/m verankert werden (Tabelle 2). In Tabelle 4 werden die empfohlenen Verankerungslängen mit einem Sicherheitsfaktor von 30 ‰ aufgelistet.

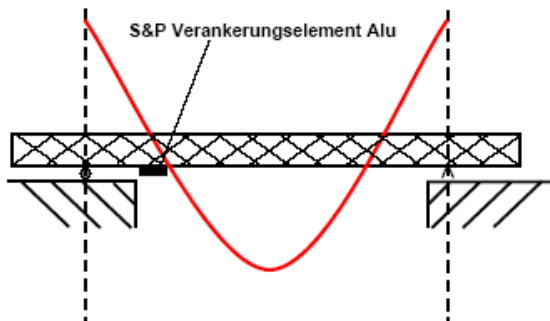
S&P ARMO-mesh L500	mit Reaktiv-Komponente (cm)		ohne Reaktiv-Komponente (cm)	
	Versuch	Versuch + 30 ‰	Versuch	Versuch + 30 ‰
Biegezug-Beanspruchung (5 ‰)	~ 15	~ 20	~ 28	~ 35-40

Tabelle 4: Verankerungslänge für das S&P ARMO-mesh

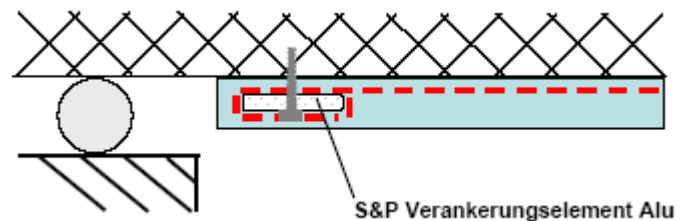
**Die Reaktiv-Komponente im Spritzmörtel reduziert die Verankerungslänge um ca. 30 ‰.**

## 5. S&P Verankerungselement Alu

Bei der Biegezugverstärkung mit dem S&P ARMO-mesh kann der Fall eintreten, dass die Verankerung der Armierung beispielsweise hinter dem Momenten-Nullpunkt nicht möglich ist (Grafik 2).



Grafik 2

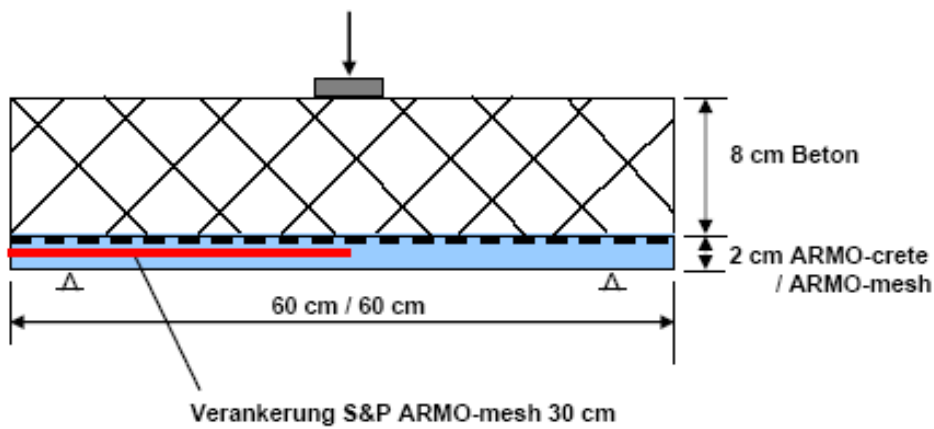


Grafik 3

Unter diesen Umständen wird die verbleibende Kraft im S&P ARMO-mesh hinter dem Momenten-Nullpunkt durch das S&P Verankerungselement aus Aluminium (Grafik 3) eingeleitet. Die Dübel des Verankerungselementes werden in diesem Fall nicht für die gesamte Zugkraft im S&P ARMO-mesh L500 bemessen.

**Die Krafteinleitung in den Traggrund erfolgt primär über die Stirnseite des Verankerungselementes und somit über die Anschlussfuge Spritzmörtel/Traggrund. Die Dübel des S&P Verankerungselement Alu werden nur für den notwendigen Anpressdruck bemessen, damit das Verankerungselement im Mörtel fixiert werden kann.**

Mit Plattenbiegeversuchen (P 20 / P 10) wurde die Wirkung des S&P Verankerungselementes Alu nachgewiesen. Grafik 4 zeigt den Versuchsaufbau. Im Plattenbiegeversuch wurde eine Spannweite von 60 cm gewählt. Die beidseitige Verankerungslänge beträgt im Versuchsaufbau somit nur 50 % von 60 cm = 30 cm.



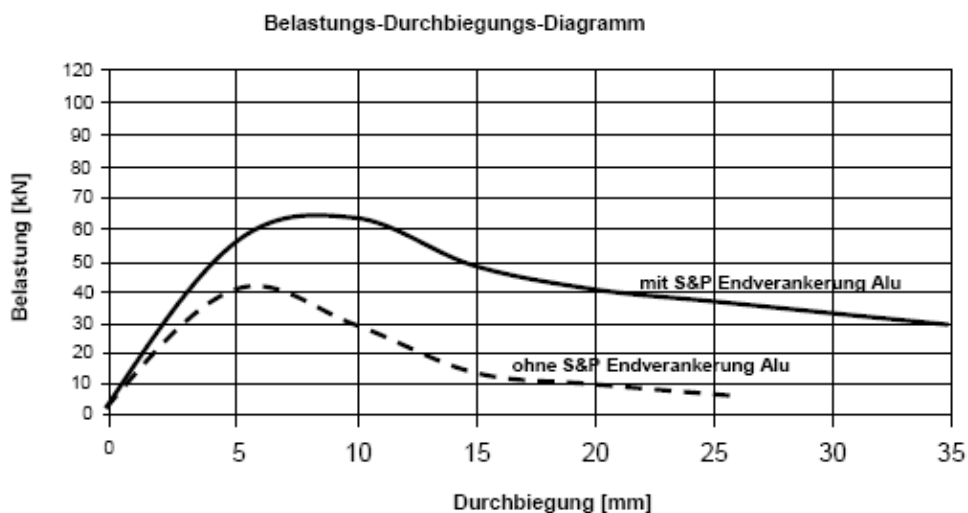
Grafik 4: Versuchsaufbau Plattenversuch

Drei Versuchskörper wurden mit S&P ARMO-mesh L500 ohne Endverankerung durchgeführt (P 20).

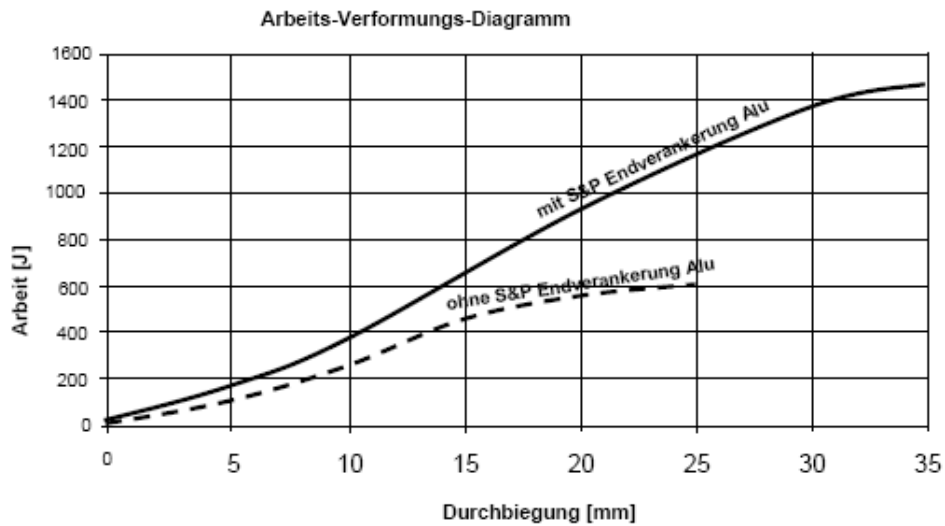
Drei Versuchskörper wurden mit S&P ARMO-mesh L500 mit Endverankerung durchgeführt (P 10).

Für den Versuch wurde der Spritzmörtel S&P ARMO-crete d (4 mm Korn) eingesetzt.

Grafiken 5 und 6 zeigen die Versuchsergebnisse (Mittelwert aus je drei Prüfkörpern) der drei unverankerten sowie verankerten Prüfkörper.



Grafik 5: Belastungs-Durchbiegungs-Diagramm verankerte und unverankerte Prüfkörper



Grafik 6: Arbeits-Verformungs-Diagramm verankerte und unverankerte Prüfkörper

Resultat: Arbeitsvermögen ohne S&P Endverankerung Alu 626 J  
 Arbeitsvermögen mit S&P Endverankerung Alu 1139 J (+ 82%)

**Beim Plattenbiegeversuch (Bild 6) ohne Verankerung des S&P ARMO-mesh wurden die Carbonrovinge in den Prüfkörper hineingezogen. Dank der S&P Endverankerung Alu war dies nicht mehr der Fall. Der Bruch erfolgte durch Delamination des Spritzmörtels vom Traggrund. Das Arbeitsvermögen (J) konnte dank der Endverankerung um 82% gesteigert werden (Bild 7).**



Bild 6: Versuchsaufbau VHS



Bild 7: Prüfling VHS im Bruchzustand

## 6. Biegezugverstärkung mit S&P ARMO-System

Die statische Bemessung für das S&P ARMO-System kann in Anlehnung an gültige FRP Bemessungsrichtlinien, Normen resp. bauaufsichtliche Zulassungen geführt werden. An der FH Fribourg/CH wurden Grundlagenversuche mit dem S&P ARMO-System in Anlehnung an bestehende Versuchsreihen mit S&P FRP Systemen ausgeführt.

### Versuche an der FH Fribourg/CH

#### a) Versuchsserie mit S&P FRP Systemen

Eine unverstärkte Referenzplatte wurde mit FRP-verstärkten Stahlbetonplatten verglichen (P 21).

#### Abmessung / Bewehrung der Stahlbetonplatte

##### Platte:

Dicke 22 cm

Breite 85 cm

Länge total 6.3 m

Spannweite 6.0 m

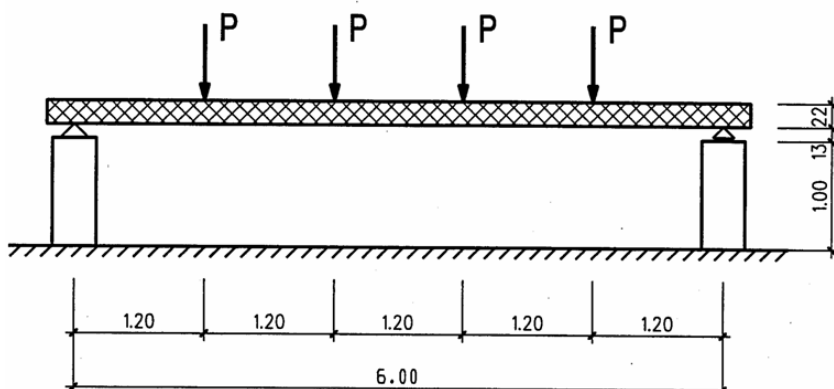
##### Armierung:

längs 6 Ø 12 (S 500)

quer Ø 8 S = 150 (S 500)



Bild 8: Versuchsaufbau FH Fribourg/CH



Grafik 7: Versuchsaufbau FH Fribourg/CH

## FRP Verstärkung:

Eine unverstärkte Referenzplatte LA0 wurde mit den FRP-verstärkten Platten

LA2: 2 x S&P CFK 150/2000 (50 x 1.2)

LA4: 2 x S&P CFK 150/2000 (80 x 1.2)

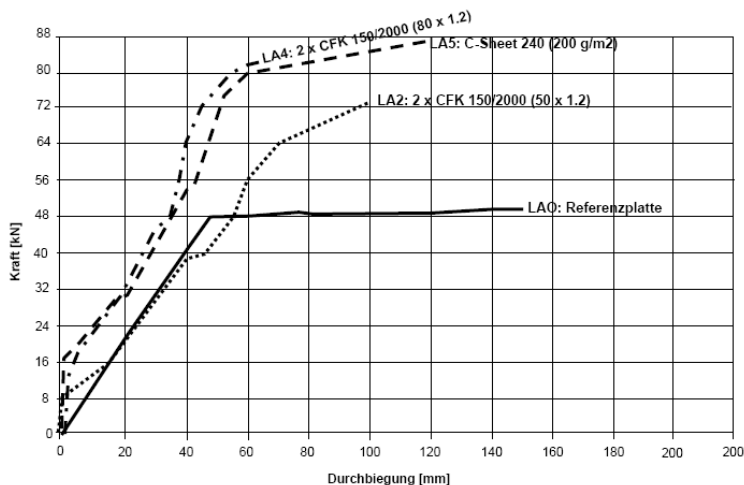
LA5: S&P C-Sheet 240 (200 g/m<sup>2</sup>)

verglichen (P 21). Die Resultate werden in Grafik 8 / 9 aufgezeigt:

Die technischen Daten der FRP Verstärkungen sind gemäss Datenblätter der S&P. Die S&P Lamellen CFK weisen einen C-Faserquerschnitt von 70% auf (Tabelle 5).

	C-Faserquerschnitt / 0.85m Plattenbreite
LA2: 2 x S&P CFK 150/2000 (50 x 1.2)	84 mm <sup>2</sup>
LA4: 2 x S&P CFK 150/2000 (80 x 1.2)	134.4 mm <sup>2</sup>
LA5: S&P C-Sheet 240 (200 g/m <sup>2</sup> )	99.5 mm <sup>2</sup>

Tabelle 5: C-Faserquerschnitt FRP Verstärkung



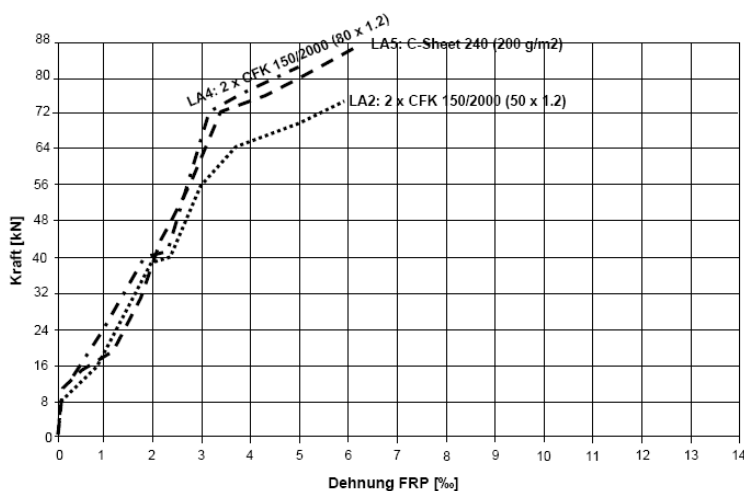
Grafik 8: Diagramm Kraft / Durchbiegung

### Verstärkungsgrad

LA2: + 54%

LA4: + 74%

LA5: + 81%



Grafik 9: Diagramm Kraft / Dehnung FRP Plattenmitte

### Dehnung Bruchzustand im FRP (Delaminieren FRP)

LA2: 6 ‰

LA4: 5 ‰

LA5: 6 ‰

## b) Versuchsserie mit S&P ARMO-System

Eine unverstärkte Referenzplatte wurde mit einer 1-lagigen und einer 2-lagigen ARMO Verstärkung (ARMO-mesh L500) verglichen (P 15).



Bild 9: Applikation S&P ARMO-System

Die Abmessung sowie Innenbewehrung der Prüflinge sowie der Versuchsaufbau wurde identisch gewählt wie bei der Versuchsserie mit S&P FRP Systemen.

### ARMO Verstärkung:

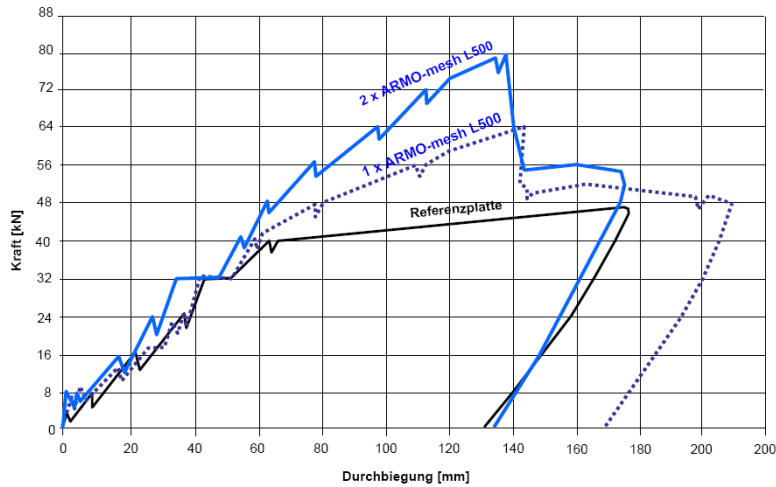
Die technischen Daten des ARMO-mesh L500 sind gemäss Tabelle 2.

	<b>C-Faserquerschnitt / 0.85m Plattenbreite</b>
1-lagige ARMO Verstärkung (in 1.5 cm ARMO-crete)	<b>99.5 mm<sup>2</sup></b>
2-lagige ARMO Verstärkung (in 2 cm ARMO-crete)	<b>190 mm<sup>2</sup></b>

Tabelle 6: C-Faserquerschnitt ARMO Verstärkung

Die Resultate werden in Grafik 10/11/12 aufgezeigt.

Grafik 10 zeigt das Diagramm Kraft / Durchbiegung der Referenzplatte sowie der ARMO Verstärkung:



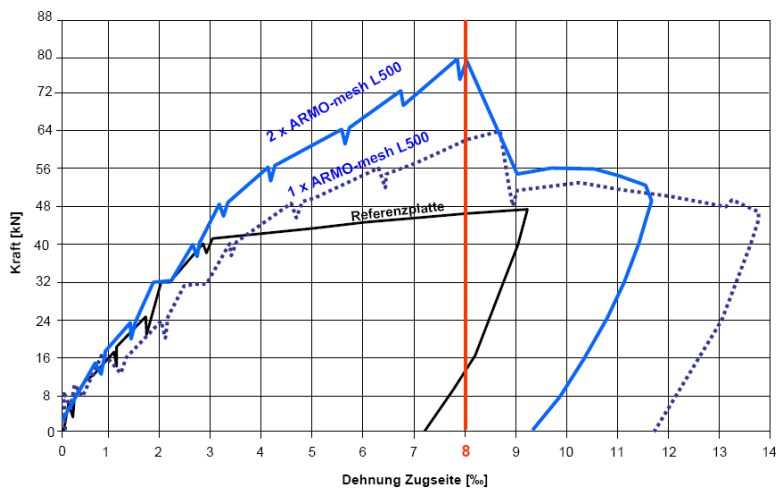
**Verstärkungsgrad**

1-lagig: + 36%

2-lagig: + 70%

Grafik 10: Kraft / Durchbiegung

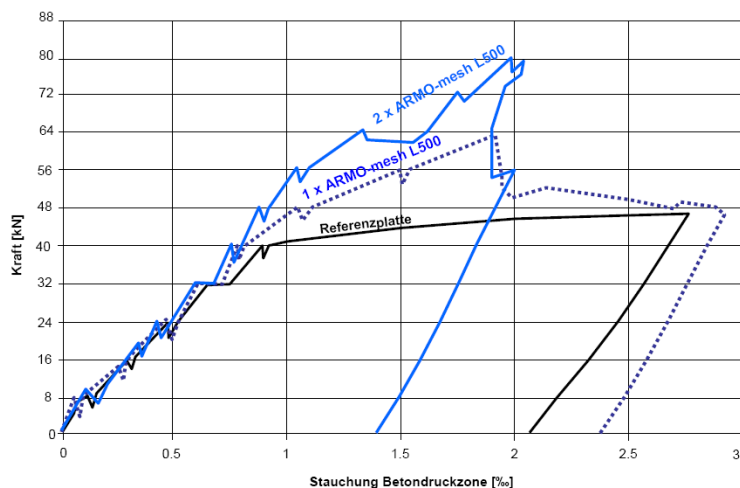
Mit Dehnmessstreifen wurde die Dehnung auf der Betonoberfläche (Zugseite) gemessen damit die relevante Spannung im ARMO-mesh ermittelt werden konnte. In Grafik 11 / 12 wird die Dehnung und die Stauchung in Abhängigkeit der Kraft aufgezeigt:



**Dehnung/Spannung  
Bruchzustand im ARMO-  
mesh (gerechnet)**

ca. 8 ‰ / 720 N/mm<sup>2</sup>

Grafik 11: Kraft / Dehnung über 2.4 m Länge in Plattenmitte auf Zugseite



**Versagen in der Beton-  
druckzone. Das ARMO-  
mesh konnte entspre-  
chend nicht vollständig  
aktiviert werden.**

Grafik 12: Kraft / Stauchung Betondruckzone

In Tabelle 7 wird der C-Faserquerschnitt sowie der Verstärkungsgrad der FRP und der ARMO Verstärkung verglichen.

Serie	C-Faserquerschnitt	Verstärkungsgrad
LA2: 2 x S&P CFK 150/2000 (50 x 1.2)	84 mm <sup>2</sup>	+ 54%
LA4: 2 x S&P CFK 150/2000 (80 x 1.2)	134.4 mm <sup>2</sup>	+ 74%
LA5: S&P C-Sheet 240 (200 g/m <sup>2</sup> )	99.5 mm <sup>2</sup>	+ 81%
1-lagige ARMO Verstärkung (in 1.5 cm ARMO-crete)	99.5 mm <sup>2</sup>	+ 36%
2-lagige ARMO Verstärkung (in 2 cm ARMO-crete)	190 mm <sup>2</sup>	+ 70%

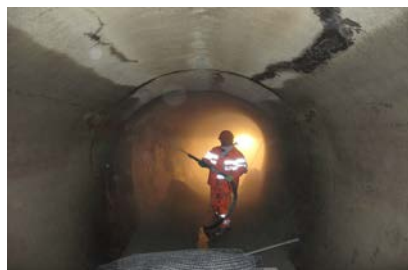
Tabelle 7: C-Faserquerschnitt / Verstärkungsgrad FRP sowie ARMO System

Basierend auf den Versuchen an der FH Fribourg/CH empfiehlt S&P folgende Bemessungsansätze für die Verstärkung mit dem S&P ARMO-System.

Der Zug E-Modul für die Bemessung des S&P ARMO-mesh wird infolge ungenauer Applikation um den Faktor 1.5 abgemindert. Durch S&P wird empfohlen, die nachfolgende Grenzdehnung im Bruchzustand einzusetzen:

<b>Abminderungsfaktor auf E-Modul:</b>	<b>1.5</b>
<b>Zug E-Modul für Bemessung:</b>	<b>160 kN/mm<sup>2</sup></b>
<b>Grenzdehnung im Bruchzustand:</b>	
Biegezugverstärkung	<b>0.5% (Spannung 800 N/mm<sup>2</sup>)</b>
Axialverstärkung	<b>0.4% (Spannung 640 N/mm<sup>2</sup>)</b>
Schubverstärkung	<b>0.2% (Spannung 320 N/mm<sup>2</sup>)</b>

Bilder 10 / 11 / 12 zeigen Anwendungsmöglichkeiten von Biegezugverstärkungen mit dem S&P ARMO-System im Tunnel-, Tief- und Brückenbau.



Bilder 10 / 11 / 12: Anwendungen S&P ARMO-mesh im Tunnel-, Tief- und Brückenbau

## 7. S&P ARMO-flexion Software für Biegezugverstärkung

S&P ARMO-flexion (Bild 13) ist ein Bemessungsprogramm für die Verstärkung von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen unter einachsiger Biegung und Normalkraft mit Hilfe des S&P ARMO-System. Das Programm lässt sich sowohl für den Entwurf von Verstärkungsmassnahmen als auch für die Erstellung prüffähiger Nachweise im Rahmen einer statischen Berechnung verwenden. Das Programm liefert dem Anwender den erforderlichen Kohlefaserquerschnitt für das ARMO-mesh L500 resp. L200 sowie 200/200. Zusätzlich führt das Programm die notwendigen Nachweise für die Verankerung gemäss den S&P ARMO-System Bemessungsgrundlagen. Als systemgeprüfte Spritzmörtel werden S&P ARMO-crete d sowie S&P ARMO-crete w verwendet. Die Bemessung erfolgt in Anlehnung an Zulassungen sowie Richtlinien und Normen für Klebebewehrungen sowie FRP Verstärkungen.

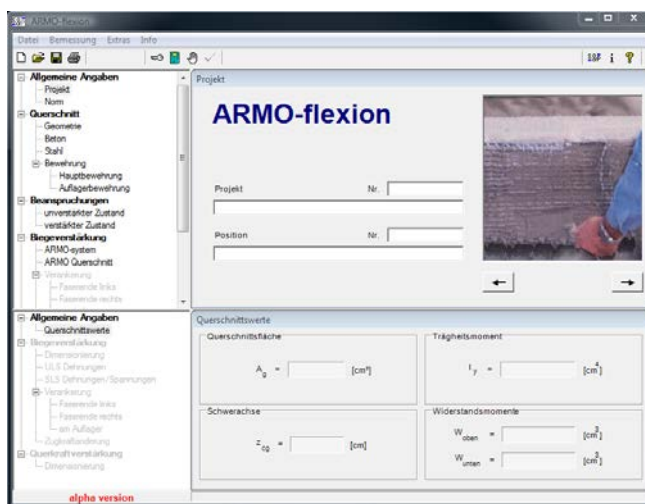


Bild 13: Bemessungssoftware ARMO-flexion

## 8. S&P ARMO-axial Software für Axialverstärkung

S&P ARMO-axial (Bild 14) ist eine Bemessungssoftware für die Verstärkung von zentrisch gedrückten Stahlbetonstützen mit dem S&P ARMO-System. Die Verstärkung basiert darauf, dass die Umschnürung das Ausdehnen der Stütze in Querrichtung (Querdehnung) behindert. Dadurch wird ein dreiaxialer Spannungszustand im Beton erzeugt, der zu einer Erhöhung der Betondruckfestigkeit führt.

S&P ARMO-axial lässt sich sowohl für den Entwurf von Verstärkungsmassnahmen als auch für die Erstellung prüffähiger Nachweise im Rahmen einer statischen Berechnung verwenden. Für eine vorgegebene Belastung berechnet das Programm die erforderliche Anzahl Umschnürungslagen mit S&P ARMO-mesh L500 resp. L200. Als systemgeprüfte Spritzmörtel werden S&P ARMO-crete d sowie S&P ARMO-crete w verwendet. Die Bemessung erfolgt in Anlehnung an Zulassungen sowie Richtlinien und Normen für Klebebewehrungen sowie FRP Verstärkungen.

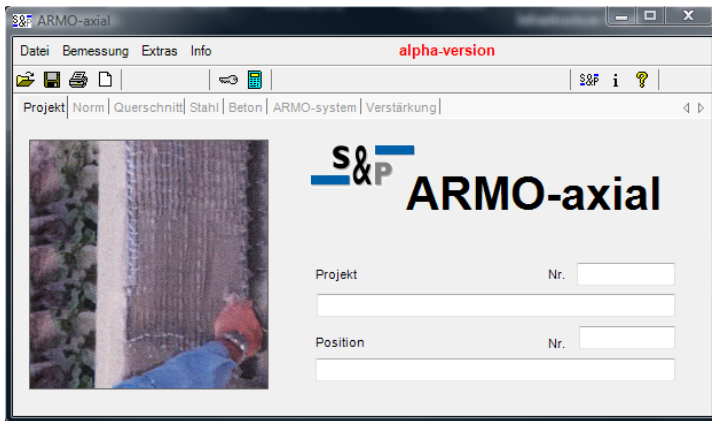


Bild 14: Bemessungssoftware ARMO-axial

## 9. Spritzbeton im Tunnel- und allgemeinen Tiefbau

Spritzbeton wird im Tunnelbau als Vortriebssicherung sowie als armierte Schale eingesetzt. In der Vortriebssicherung kommt primär Spritzbeton mit Stahlfasern zur Anwendung. Das Verlegen der Stahlgitter im ungesicherten Vortrieb ist aus Sicherheitsgründen problematisch. Für die Spritzbetonschalen werden üblicherweise Stahlgitter verwendet. Speziell beim konventionellen Vortrieb sind die Unebenheiten der Tunneloberfläche ausgeprägt. Stahlgitter können somit nicht eng anliegend an das Tunnelgewölbe fixiert werden. Zusätzlicher Spritzbeton ist somit zum Verfüllen der Unebenheiten erforderlich.

**Bei der Verwendung von S&P ARMO-mesh wird die Spritzbetondicke geringer. Das flexible Carbongitter und somit die Spritzbetonschale folgt besser den Unebenheiten des Tunnelprofils.**

Bei unebenen Traggründen liegen die Stahlarmierungen über grosse Flächen in Distanz zum Traggrund. Beim Spritzvorgang vibriert die Stahleinlage. Dies führt zu erhöhtem Rückprall sowie zu Spritzschattenbildung hinter den Stahleinlagen (Bild 15).



Bild 15: Spritzschatten hinter Stahlarmerung



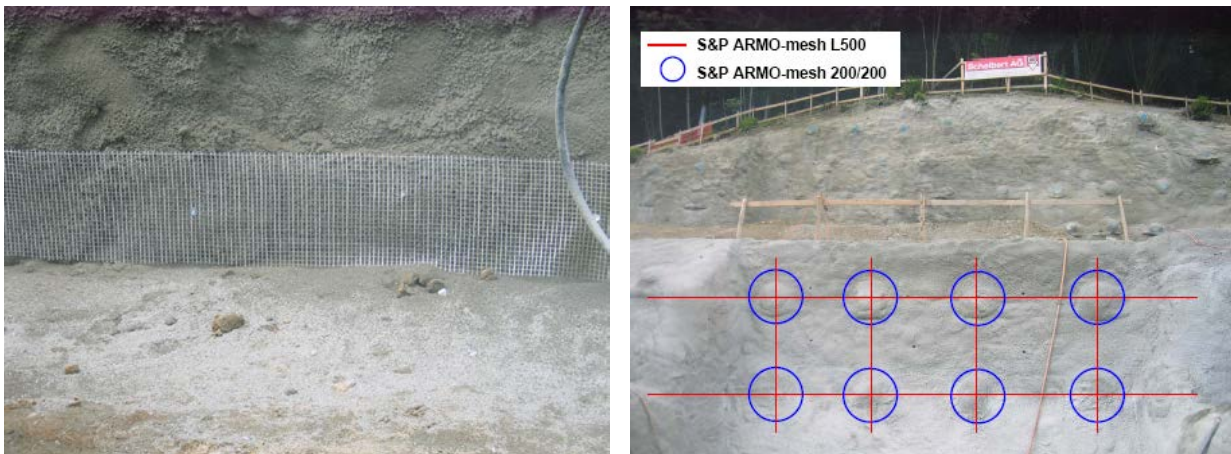
Bild 16: Fixieren von S&P mesh mit Haftklammern

S&P offeriert verschiedenen Befestigungssysteme für das ARMO-mesh (Haftklammern, Dübel oder Drehteller). Als Variante bietet sich das Einspritzen des ARMO-mesh nass in nass während dem Spritzvorgang an.

#### Vorteile des S&P ARMO-System

- ⇒ Die Schichtstärke des Spritzbetons kann reduziert werden (weniger Ausgleichen von Profilunebenheiten / weniger Überdeckung der C-Faserarmierung).
- ⇒ Die Carbonfaser ist inert und unterliegt somit keiner Korrosion. Aggressives Bergwasser oder Wechselstrom im Bahntunnel kann die Armierung langfristig nicht beschädigen.
- ⇒ Der ph-Wert im Spritzbeton ist für den Korrosionsschutz der Armierung nicht relevant. Die Carbonatisierung des Betons, beispielsweise im Strassentunnel, beeinträchtigt die Funktion der Carbonarmierung nicht. Auch Chloride, welche im Portalbereich in den Spritzbeton penetrieren, beschädigen die Carboneinlage nicht.
- ⇒ Eine nachträgliche Aufweitung des Tunnels (Pilotstollen) ist problemlos möglich. Die Carboneinlage beeinträchtigt somit den nachträglichen Fräsvortrieb nicht.

Im allgemeinen Tiefbau bieten sich verschiedene Anwendungsmöglichkeiten. Bilder 17 / 18 zeigen eine Spritzbetonwand. Der Spritzbeton wurde mit Stahlfasern vergütet. Im Bereich der Verankerungen erfolgt die Verstärkung lokal mit dem S&P ARMO-mesh 200/200. Zusätzlich wurden Streifen des S&P ARMO-mesh L500 über die Ankerköpfe verlegt und eingespritzt. Die Befestigung des S&P ARMO-mesh erfolgt mit dem S&P Drehteller.



Bilder 17 / 18: lokale Verstärkung im Bereich der Ankerköpfe

## Vergleich Spritzbetonschale mit Stahlbewehrung / S&P ARMO-mesh

Als Vergleichskriterium von armierten Spritzbetonschalen wird das Arbeitsvermögen SIA 162/6, 1998 Versuch herangezogen.

Eine 10 cm starke Spritzbetonschicht mit einer in der Mitte liegenden Stahlbewehrung 150/150 Ø 8 (K188) weist üblicherweise ein Arbeitsvermögen von ~ 800 Joules auf. Dieses Arbeitsvermögen wird auch mit 25-30 kg/m<sup>3</sup> Stahlfasern erreicht. Im Versuchsstollen Hagerbach/CH (P 10 / P 19) wurde das Arbeitsvermögen einer 10 cm starken Spritzbetonschale mit dem S&P ARMO-mesh geprüft.

Im Versuch wurde ein traditioneller Spritzbeton 8 cm stark appliziert. Danach wurde das S&P ARMO-mesh in 2 cm S&P ARMO-crete d verlegt.

Zwei Gitter-Varianten wurden geprüft:

- S&P ARMO-mesh L500 (C-Faser uni-direktional)
- S&P ARMO-mesh 200/200 (C-Faser bi-direktional)

Bilder 19 / 20 / 21 zeigen die Applikation. In Tabelle 8 werden die Resultate mit einer Stahlarmierung 150/150 Ø 8 mm (K188) verglichen.



Bilder 19 / 20 / 21: Applikation der Probekörper für Arbeitsvermögen

Versuchskörper	Arbeitsvermögen
10 cm Standardspritzbeton mit Stahleinlage in Mitte (Netz Ø 6mm 150/150)	800 Joule
<b>8 cm bestehende Spritzbetonschale als Druckzone mit 1-Lage ARMO-mesh L500 in 2cm ARMO-crete d (verankert)</b>	<b>1'139 Joule</b>
<b>8 cm bestehende Spritzbetonschale als Druckzone mit 1-Lage ARMO-mesh 200/200 in 2cm ARMO-crete d</b>	<b>824 Joule</b>

Tabelle 8: Resultate VSH (P 10 / P 19)

## 10. Statische Verstärkung von Tunnelschalen

Das S&P ARMO-System eignet sich speziell zur Instandstellung und statischen Verstärkung von beschädigten Beton- oder Spritzbetonschalen im Stollenbau (Druckstollen) oder im Strassen- und Bahnbau.

**Der massgebliche Vorteil des S&P ARMO-System besteht darin, dass die Spritzbetonschicht um einige Zentimeter reduziert werden kann und somit steht nach der Instandstellung mehr Durchfluss- respektive Lichtraumprofil zur Verfügung.**

Werden bei der Instandstellung Stahlgitter eingespritzt, beträgt die Spritzbetonschicht ca. 8 cm. Diese minimale Schichtstärke ist notwendig um die Unebenheiten auszugleichen, das Stahlgitter einzuspritzen und die minimale Überdeckung der Stahleinlage von 3 cm zu gewähren. Eine 3 cm starke Überdeckung der Stahleinlage ist nötig um den Feuerwiderstandsdauer (F60) zu garantieren und die Innenbewehrung gegen Korrosion zu schützen (ph-Wert 12 im Spritzbeton). Das S&P ARMO-mesh muss hingegen nur 1 cm überdeckt werden um die Feuerwiderstandsdauer F60 zu gewährleisten. Die Hitzebeständigkeit der Carbonfaser ist 3-4mal höher als die Hitzebeständigkeit von Armierungsstahl. Eine minimale Überdeckung aus Gründen des Korrosionsschutzes ist nicht notwendig. Aus diesem Grund wird sich die Schichtstärke des Spritzbetons um ca. 50 % reduzieren (Tabelle 9).

	Dicke Spritzbetonschicht in cm	
	Traditionell mit Stahlgitter	S&P ARMO-System
Ausgleichen Unebenheiten Profil	3	1 – 2
Armierung einspritzen	1 - 2	Nicht relevant
Armierung überdecken	3	1 – 1.5
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>3 – 4</b>

*Tabelle 9: Reduktion Spritzbetonschicht*

Bei der Instandsetzung eines Druckstollens, werden aus logistischen Gründen meistens ofengetrocknete Spritzbetone als Silo- oder Sackware eingesetzt. S&P bietet vorgefertigte Spritzbetone für das Trockenspritzverfahren an. Der Spritzmörtel S&P ARMO-crete d (dry) wird in unterschiedlicher Körnung mit unterschiedlichen Zusätzen und verschiedenem Zement hergestellt. Die Lieferung der Silo- resp. Sackware erfolgt ab verschiedenen Produktionsstandorten.

Nachfolgend werden die Kosten für 8 cm traditionellen Spritzbeton mit Stahleinlage mit einer 4 cm starken Spritzbetonschale aus dem S&P ARMO-System verglichen.

#### **8 cm Spritzbeton traditionell mit Stahleinlage**

Materialkosten Spritzbeton (Sackware), 8 cm à ca. € 6-8.--/cm	€ 56.--/m <sup>2</sup>
Applikationskosten	€ 17.--/m <sup>2</sup>
Liefern und Versetzen der Stahleinlage (erschwerte Bedingungen)	€ 25.--/m <sup>2</sup>
<b>Total</b>	<b>€ 98.--/m<sup>2</sup></b>

#### **4 cm S&P ARMO-crete mit S&P ARMO-mesh L500 oder 200/200**

Materialkosten S&P ARMO-crete, 4 cm à ca. € 8-9.--/cm (+30%)	€ 34.--/m <sup>2</sup>
Applikationskosten (+ 25 %, da weniger Spritzleistung)	€ 20.--/m <sup>2</sup>
Liefern und Versetzen des S&P ARMO-mesh	€ 22.--/m <sup>2</sup>
<b>Total</b>	<b>€ 76.--/m<sup>2</sup> (-20%)</b>

Für den Bauherrn bietet das S&P ARMO-System weitere Vorteile:

- ⇒ Das ARMO-mesh substituiert die Stahleinlage; die Spritzbetonschicht wird reduziert.
- ⇒ Keine Spritzschatten hinter dem S&P ARMO-mesh.
- ⇒ Weniger Rückprall da keine Vibration wie bei der Stahlarmierung auftritt.
- ⇒ 3 x höhere Hitzebeständigkeit und somit 1 cm Überdeckung für F60.
- ⇒ Keine Korrosion in der Carbonarmierung und entsprechend minimale Überdeckung.
- ⇒ Grösseres Lichtraum- oder Durchflussprofil des Tunnels resp. Stollens.

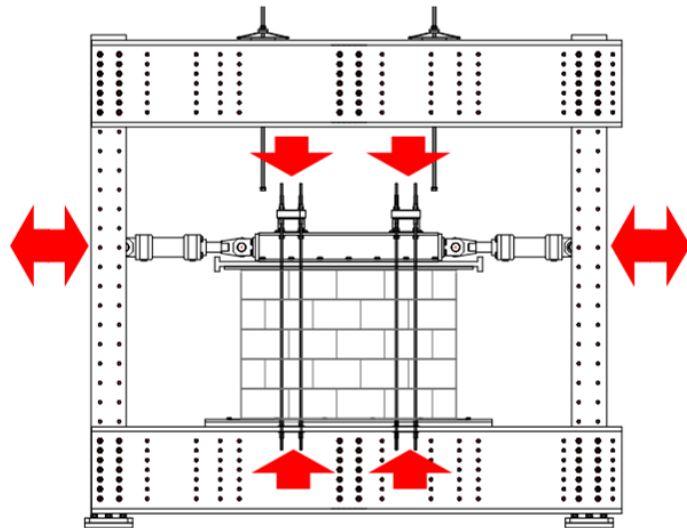
## 11. Seismische Verstärkung von Mauerwerk mit S&P ARMO-mesh

### Verstärkung mit FRP Systemen

An der FH Fribourg wurden im Jahr 2007/2008 15 Mauerwerkswände statisch zyklisch belastet. Die Mauerwerke wurden mit unterschiedlichen S&P FRP Systemen (Lamellen, Sheets usw.) ertüchtigt. Die FRP Verstärkung wurde im Anschlussbereich aus Beton immer verankert. Bild 22 / Grafik 13 zeigen den Versuchsaufbau.



Bild 22: Versuchsstand FH Fribourg



Grafik 13: Versuchsaufbau FH Fribourg

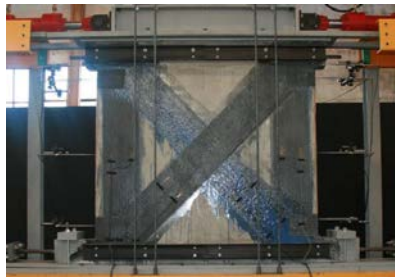
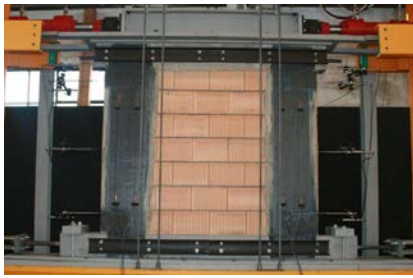
Zwei unterschiedliche Serien A und B wurden getestet.

Serie A      Vertikallast  $1.0 \text{ N/mm}^2$  (P 16)  
 Serie B      Vertikallast  $0.5 \text{ N/mm}^2$  (P 17)

In Serie A wurde die Vertikallast sehr hoch gewählt. Da die Vertikallast unter seismischer Einwirkung reduziert wird (vertikales Abheben des Bauteils), wurde in der Serie B die Vertikallast tiefer gewählt. Tabelle 10 zeigt die Ergebnisse der Versuchsreihe B. Das Mauerwerk wurde mit dem S&P C-Sheet 240,  $200 \text{ g/m}^2$  (Bänder von 300 mm Breite) in unterschiedlicher Anordnung einseitig und beidseitig verstärkt (Bilder 23 / 24 / 25).

	Horizontallast %	Horizontalverformung %
B1: Referenz	100	100
B2: 2 Bänder vertikal	118	105
B3: 2 Bänder vertikal + 2 Bänder $45^\circ$	149	110
B4: 4 Bänder vertikal + $45^\circ$	170	107
B5: 2 Bänder vertikal + $60^\circ$	167	102

Tabelle 10: Resultatübersicht S&P C-Sheet 240,  $200 \text{ g/m}^2$  in unterschiedlicher Anordnung



Bilder 23 / 24 / 25: Unterschiedliche Anordnung der S&P C-Sheet 240

### Folgerungen:

Die Resultate der statisch zyklischen Belastungsversuche haben gezeigt, dass die FRP verstärkten Wände wesentlich höhere Horizontalkräfte aufnehmen können als die unverstärkten Wände. Die einseitigen resp. beidseitigen Verstärkungen zeigten vergleichbare Resultate. Der erhöhte Widerstand der verstärkten Mauerwerkswände kann jedoch nur vollumfänglich ausgenutzt werden, wenn die Steine und die Fugen den durch die Verstärkung erhöhten Beanspruchungen widerstehen können. Die Verformungen der verstärkten Mauerwerkswände konnten im Allgemeinen bis 10 % erhöht werden. Es sollte somit möglich sein, tragende Mauerwerkswände von bestehenden Bauwerken zu verstärken, insbesondere in nicht zu stark durch Erdbeben gefährdeten Zonen und für Bauten, die in die Bauwerksklassen I oder II fallen.

### **Verstärkung mit S&P ARMO-mesh**

Um die Wirkung des S&P ARMO-mesh zu untersuchen, wurde eine weitere Versuchsserie C (P. 18) an der FH Fribourg ausgeführt. Die identischen Versuche wurden diesmal mit dem S&P ARMO-mesh L500 ( $200 \text{ g/m}^2$ ) anstelle des FRP Systems S&P C-Sheet 240 ( $200 \text{ g/m}^2$ ), ausgeführt. Die Breite der Verstärkungsbänder wurde identisch gewählt. Auch das S&P ARMO-System wurde im Anschlussbauteil aus Beton endverankert und einseitig appliziert. Bilder 26 / 27 zeigen die Applikation des S&P ARMO-Systems.



Bilder 26 / 27: Applikation des S&P ARMO-System

Als Spritzmörtel wurde S&P ARMO-mur, ein Verputzmörtel mit Reaktiv-Komponente eingesetzt. Der Verputzmörtel ist von Hand oder maschinell applizierbar. Zwei Produkte werden durch S&P angeboten. Ein Produkt für die Anwendung im Innen- und ein Produkt die Anwendung im Aussenbereich. Die in Serie C verwendete Vertikallast entspricht der Vertikallast der Serie B.

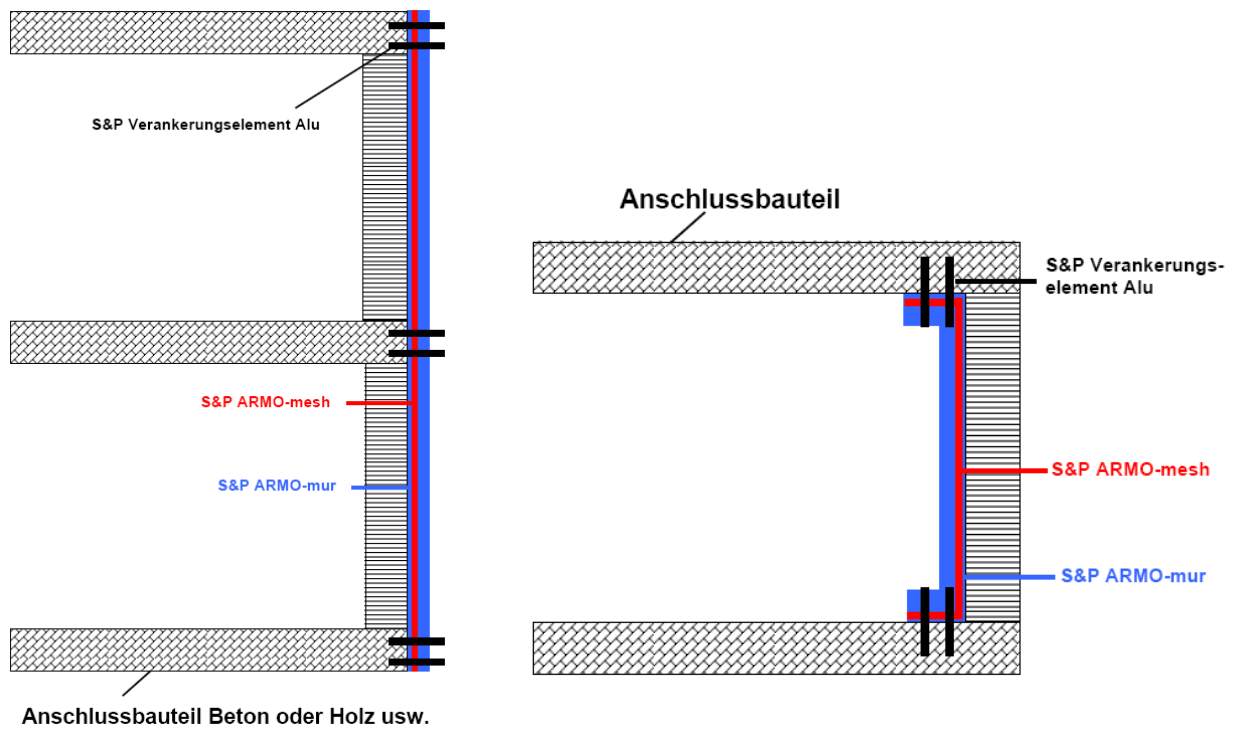
Tabelle 11 zeigt die Resultate der Serie C, bei welcher die Verstärkung mit dem S&P ARMO-System erfolgt. Die Vergleichswerte für Serie B (S&P C-Sheet 240) sind in Tabelle 11 ebenfalls aufgeführt.

	Horizontallast %	Horizontalverformung %
C1: Referenz	100	100
C2: 2 Bänder vertikal	145 118 (B2)	138 105 (B2)
C3: 2 Bänder vertikal + 2 Bänder 45°	147 149 (B3)	111 110 (B3)
C4: 4 Bänder vertikal + 45°	159 170 (B4)	119 107 (B4)
C5: 2 Bänder vertikal + 60°	161 167 (B5)	108 102 (B5)

*Tabelle 11: Resultatübersicht S&P ARMO-System in unterschiedlicher Anordnung / Vergleich*

**Die Verstärkungswirkung mit dem S&P ARMO-System ist vergleichbar mit den Resultaten der FRP Verstärkung.**

Bei allen Versuchen „seismische Verstärkung von Mauerwerk“ mit S&P Produkten wurden die Verstärkungsbänder immer im Anschlussbauteil verankert. In der Praxis ist dies mit dem S&P Verankerungselement Alu (Grafik 14) möglich. Bilder 28 / 29 / 30 zeigen eine Baustellenanwendung seismische Verstärkung eines Mauerwerks und Endverankerung mit S&P ARMO-mesh.



Grafik 14: Details Anschlussbauteil

**Die Zugkraft wird in diesem Fall 100 % über die Dübel im Betonanschlussbauteil verankert.**



Bilder 28 / 29 / 30: seismische Verstärkung sowie Verankerung eines Mauerwerks mit S&P ARMO-mesh

Das Verstärken von Mauerwerkswänden durch in Spritzmörtel eingelegte Kohlefasernetze des Typs ARMO-mesh stellt eine neue, wirtschaftliche und innovative Technik dar. Die Effizienz und Zuverlässigkeit des Systems werden durch weitere experimentelle Untersuchungen abgesichert.

## 12. Technische Daten S&P ARMO-crete

### 12.1 S&P ARMO-crete d

#### Hochwertiger Spritzbeton für statische Verstärkung von Stahlbetonbauteilen im Trockenspritzverfahren mit Reaktivkomponente.

##### Produktvarianten

Korngrösse: 4 mm ⇨ S&P ARMO-crete d4  
8 mm ⇨ S&P ARMO-crete d8

Zusätze: Microsilica ⇨ S&P ARMO-crete d4M Schnellbinder ⇨ S&P ARMO-crete d4S  
⇨ S&P ARMO-crete d8M ⇨ S&P ARMO-crete d8S

Zement: Im Standardprodukt wird Portland-Zement eingesetzt. Auf Wunsch kann HS (sulfatresistenter Zement) eingesetzt werden.

##### Technische Daten

Typ	modifizierter Trockenspritzbeton
Anlieferung	Pulver (Sackware à 40 kg / Siloware)
Farbe	Grau
pH	12
Dichte	~2.2 – 2.3 kg/dm <sup>3</sup>
max. Korngrösse	4 mm oder 8 mm
Verarbeitungstemperatur	5 - 30 °C
Druckfestigkeit	<u>4mm Korn:</u> Druckfestigkeit nach 7/28 Tage: ca. 35/45 N/mm <sup>2</sup> mit Schnellbinder (S) ca. 30/35 N/mm <sup>2</sup> mit Microsilica (M) ca. 40/50 N/mm <sup>2</sup> S und M ca. 35/45 N/mm <sup>2</sup> <u>8 mm Korn:</u> Druckfestigkeit nach 7/28 Tage: ca. 45/50 N/mm <sup>2</sup> mit Schnellbinder (S) ca. 35/40 N/mm <sup>2</sup> mit Microsilica (M) ca. 50/55 N/mm <sup>2</sup> S und M ca. 40/45 N/mm <sup>2</sup>
Biegezugfestigkeit	nach 28 Tagen: > 6 N/mm <sup>2</sup>
Haftzug auf Beton (EN 1542)	nach 28 Tagen: > 1.5 N/mm <sup>2</sup>
Haftzug ARMO-System (Spritzbeton/ARMO-mesh/Traggrund)	nach 28 Tagen: > 1.0 N/mm <sup>2</sup> (Basis für Bemessung der Krafteinleitung in Traggrund)
E-Modul	ca. 25-30'000 N/mm <sup>2</sup>
Frostbeständigkeit	hoch (alle Versionen)
Frost-/Tausalzbeständigkeit	hoch (M Version)
Eindringen von Chloridionen	nach 6 Monaten < 0.6 % der Zementmasse (M Version)
Temperaturwechsel-Verträglichkeit	R4 (M Version)
Kapillare Wasseraufnahme	< 0.50 kg*m <sup>-2</sup> *h <sup>-0.5</sup> (R4) (M Version)
Mögliche Schichtstärken	4 mm Korn: 1.2 – 4 cm (S Version 1.2 – 6 cm) 8 mm Korn: 3 – 8 cm (S Version 3 – 12 m)
Wasserdosierung	ca. 10 Gewichts-%
Verbrauchshinweis	Richtwerte hängen stark von Untergrund und Verarbeitung ab (25 - 30 kg/cm/m <sup>2</sup> Schichtstärke).
Betongruppe nach DIN	SpC35/45

Tabelle 12: Technische Daten S&P ARMO-crete d

## 12.2 S&P ARMO-crete w

### Hochwertiger Spritzmörtel für statische Verstärkung von Stahlbetonbauteilen im Nassspritzverfahren mit Reaktivkomponente.

#### Technische Daten

Typ	modifizierter Nassspritzmörtel
Anlieferung	Pulver (Sackware à 25 kg)
Farbe	Grau
pH	12
Dichte	~2.05 kg/dm <sup>3</sup>
max. Korngrösse	2 mm
Wassergabe	17 Gewichts - %
Verarbeitungstemperatur	5 - 30 °C
Offenzeit (20 °C)	30 min
Mechanische Festigkeit (EN 12190)	Druckfestigkeit nach 24h: > 18 N/mm <sup>2</sup> Druckfestigkeit nach 7 Tagen: > 40 N/mm <sup>2</sup> Druckfestigkeit nach 28 Tagen: > 60 N/mm <sup>2</sup> Biegezugfestigkeit nach 28 Tagen: > 8 N/mm <sup>2</sup>
Haftzug auf Beton (EN 1542)	nach 28 Tagen: > 2 N/mm <sup>2</sup>
Haftzug ARMO-System (Spritzmörtel/ARMO-mesh/Traggrund)	nach 28 Tagen: > 1.0 N/mm <sup>2</sup> (Basis für Bemessung der Krafteinleitung in Traggrund)
Haftzug auf Beton nach Frosttauwechsel (EN 13687-1)	> 2 N/mm <sup>2</sup>
Haftzug auf Beton nach Temperaturschock (EN 13687-2)	> 2 N/mm <sup>2</sup>
Haftzug auf Beton nach thermischen Zyklen trocken (EN 13687-4)	> 2 N/mm <sup>2</sup>
Kapillare Aufnahmefähigkeit (EN 13057)	<0.2 kg m <sup>-2</sup> h <sup>-0,5</sup>
Mögliche Schichtstärken	5 - 50 mm
CE-Nummer	1370-CPD-0217

Tabelle 13: Technische Daten S&P ARMO-crete w

### 13. Produktübersicht S&P ARMO-System

#### S&P ARMO-mesh (statische Bewehrung)

unidirektionale Armierung in Längsrichtung

Typ	Bruchzugkraft längs (kN/m)	Rollenlänge (m)	Rollenbreite (m)
L500	500	50	1.95
L200	200	50	1.95

unidirektionale Armierung in Querrichtung

Typ	Bruchzugkraft quer (kN/m)	Rollenlänge (m)	Rollenbreite (m)
C200	200	50	0.97 <sup>5</sup>

bidirektionale Armierung

Typ	Bruchzugkraft längs und quer (kN/m)	Rollenlänge (m)	Rollenbreite (m)
200/200	200	50	1.95

#### S&P ARMO-Glasfaserbewehrung (konstruktiv)

bi-direktionale konstruktive Armierung aus AR-Glas (alkaliresistent)

Typ	Bruchzugkraft längs und quer (kN/m)	Rollenlänge (m)	Rollenbreite (m)
Glasfaserbewehrung	25	100	2.20

#### S&P ARMO-crete

S&P ARMO-crete d      *Spritzbeton für das Trockenspritzverfahren  
Lieferung als Silo- oder Sackware*

S&P ARMO-crete w      *Spritzmörtel für das Nassspritzverfahren  
Lieferung als Sackware*

#### S&P ARMO-mur

Verputzmörtel für Innen- resp. Aussenanwendung

#### S&P ARMO Endverankerung Alu

Die Endverankerung wird objektspezifisch hergestellt.

*Lieferung auf Anfrage*

#### S&P Befestigungsmaterial für das ARMO-mesh

S&P Drehteller

S&P Haftklammer

S&P Dübel

#### **14. Prüfberichte / Literaturhinweis (P)**

- P 10 Prüfbericht Nr. 20100468A, S&P ARMO-mesh L500 (in eine Richtung, endverankert) Plattenbiegeversuch, 9.4.2010, VSH, CH
- P 11 Endverankerungen von S&P ARMO-mesh L500, Okt.-Dez. 2009, S&P Clever Reinforcement Company AG, CH
- P 15 Renforcement de dalles en beton au moyen de treillis en fibres de carbone (Projet de recherche AGP 14'105)
- P 16 Projet de recherche AGP 21'159, Série expérimentale MR-A, Essais de cisaillement de murs en maçonnerie renforcés, janvier 2010, FH Fribourg, CH
- P 17 Projet de recherche AGP 21'159, Série expérimentale MR-B, Essais de cisaillement de murs en maçonnerie renforcés, septembre 2010, FH Fribourg, CH
- P 18 Projet de recherche AGP 21'159, Série expérimentale MR-C, Essais de cisaillement de murs en maçonnerie renforcés, septembre 2010, FH Fribourg, CH
- P 19 Prüfbericht Nr. 20101027 S&P ARMO-mesh 200/200 Plattenbiegeversuch, 7.5.2010, VSH, CH
- P 20 Prüfbericht Nr. 20093882A, S&P ARMO-mesh L500 (in eine Richtung) Plattenbiegeversuch, 9.4.2010, VSH, CH
- P 21 Projet de recherche AGP 21'159, Série expérimentale MT-A, Essais de traction de murs renforcés en maçonnerie

## Ausschreibungstexte:

### R... **Statische Verstärkung von Betonbauteilen mit kohlefaserarmiertem Spritzmörtel im Nassspritzverfahren**

#### .100 **Vorschriften**

- .110 Für die Ausführung der Arbeiten sind die geltenden Normen und Richtlinien verbindlich.
- .120 Qualitätssicherung
- .121 Das Qualitätssicherungssystem des Systemlieferanten muss sicherstellen, dass die Qualitätsanforderungen erfüllt werden. Der Systemlieferant der Spritzmörtel sowie der Kohlefaserarmierung liefert alle relevanten statischen Bemessungsnachweise (erforderlicher Carbon-Querschnitt, Verankerungsnachweis) am verstärkten Querschnitt.
- .122 Die Unternehmung hat dem Bauherrn, resp. seinem Vertreter, Einsicht in alle Unterlagen zu gewähren.

### R... **Baustelleneinrichtung**

- .001 An- und Abtransport sowie Vorhalten der für die Ausführung der Arbeiten notwendigen Maschinen und Geräte. Einzurechnen ist 1 Baustelleneinsatz. gl CHF 0.00
- .002 Arbeitsunterbrüche Vergütung bei bauseits bedingten Arbeitsunterbrüchen. Ausmass: Anzahl Unterbrüche Stk CHF 0.00
- .003 Gerüstarbeiten Montage sowie Vorhalten von Baugerüsten während der Bauzeit inkl. Abdecken und Schützen von benachbarten Bauteilen bei Arbeitsausführung. gl CHF 0.00
- .004 Aufräumen und Entsorgen von Rückprallmaterial Sowie Aufbereitung und Abpumpen des Restwassers. gl CHF 0.00

### R... **Vorarbeiten**

- .001 Entfernen von Deckenputz im Bereich des armierten Spritzmörtels/-betons, mechanisch oder von Hand. m<sup>2</sup> CHF 0.00

.002	Sandstrahlen oder hydromechanische Vorbehandlung des Traggrundes. Rauhigkeit der Oberfläche < 5 mm. Bearbeitungsmethode: .....	m <sup>2</sup>	CHF	0.00
.003	Vornässen bis zur kapillaren Sättigung des Traggrundes im gesamten Bereich der Spritzmörtel Applikation.	m <sup>2</sup>	CHF	0.00
<b>R...</b>	<b>Statische Verstärkung mit kohlefaser-armiertem Spritzmörtel im Nassspritzverfahren</b>			
.100	S&P ARMO-mesh einlagig appliziert Liefern und einspritzen des S&P ARMO-mesh, nass in nass in S&P ARMO-crete w im Nassspritzverfahren. Spritzmörtel 1.5 cm stark. Oberfläche spritzrauh. Richtwert Verbrauch S&P ARMO-crete w: 25-30 kg/m <sup>2</sup> pro cm Schichtstärke Systemlieferant: S&P Clever Reinforcement Company AG Seewernstrasse 127, CH-6423 Seewen Tel. +41 825 00 70, Fax +41 825 00 75			
.101	S&P ARMO-mesh L500 Bruchzugkraft 500 kN/m in Längsrichtung	m <sup>2</sup>	CHF	0.00
.102	S&P ARMO-mesh L200 Bruchzugkraft 200 kN/m in Längsrichtung	m <sup>2</sup>	CHF	0.00
.103	S&P ARMO-mesh 200/200 Bruchzugkraft 200 kN/m in beide Richtungen	m <sup>2</sup>	CHF	0.00
.104	S&P ARMO-mesh C200 Bruchzugkraft 200 kN/m in Querrichtung	m <sup>2</sup>	CHF	0.00
.200	S&P ARMO-mesh zweilagig appliziert Liefern und einspritzen des S&P ARMO-mesh, nass in nass in S&P ARMO-crete w im Nassspritzverfahren. Spritzmörtel 2.0 cm stark. Oberfläche spritzrauh. Richtwert Verbrauch S&P ARMO-crete w: 25-30 kg/m <sup>2</sup> pro cm Schichtstärke Systemlieferant: S&P Clever Reinforcement Company AG Seewernstrasse 127, CH-6423 Seewen Tel. +41 825 00 70, Fax +41 825 00 75			
.201	S&P ARMO-mesh L500 Bruchzugkraft 500 kN/m in Längsrichtung	m <sup>2</sup>	CHF	0.00
.202	S&P ARMO-mesh L200 Bruchzugkraft 200 kN/m in Längsrichtung	m <sup>2</sup>	CHF	0.00

.203	S&P ARMO-mesh 200/200 Bruchzugkraft 200 kN/m in beide Richtungen	m <sup>2</sup>	CHF	0.00
.204	S&P ARMO-mesh C200 Bruchzugkraft 200 kN/m in Querrichtung	m <sup>2</sup>	CHF	0.00
.300	Mehrverbrauch für Spritzmörtel S&P ARMO-crete w Für Ausgleich von unebenem Traggrund (Richtwert Verbrauch ca. 25 kg/cm Tunnelstärke)	to	CHF	0.00
<b>R...</b>	<b>konstruktive Verstärkung mit glasfaserarmiertem Spritzmörtel im Nassspritzverfahren</b>			
.100	S&P ARMO-Glasfaserbewehrung einlagig appliziert Liefen und einspritzen der S&P ARMO- Glasfaserbewehrung in ARMO-crete w im Nass- spritzverfahren. Spritzmörtel 1.5 cm stark. Oberfläche spritzrauh. Richtwert Verbrauch S&P ARMO-crete w: 25-30 kg/m <sup>2</sup> pro cm Schichtstärke Systemlieferant: S&P Clever Reinforcement Company AG Seewernstrasse 127, CH-6423 Seewen Tel. +41 825 00 70, Fax +41 825 00 75	m <sup>2</sup>	CHF	0.00
<b>R...</b>	<b>Zuschläge</b>			
.100	Bearbeitung der Oberfläche und Kanten			
.101	Oberfläche gekratzt, spritzrauh	m <sup>2</sup>	CHF	0.00
.102	Oberfläche abtaloschiert	m <sup>2</sup>	CHF	0.00
.103	Kanten anschneiden	m <sup>1</sup>	CHF	0.00
<b>R...</b>	<b>Nachbehandlung</b>			
.001	7 Tage lang feucht halten, vor Witterung, Zugluft und Sonneneinstrahlung schützen der gesamten Spritzmörtel Oberfläche.	m <sup>2</sup>	CHF	0.00
<b>TOTAL Spritzmörtelbewehrung (exkl. 8.0 % MWSt)</b>			<b>CHF</b>	<b>0.00</b>

**R... Statische Verstärkung von Tunnelschalen  
mit kohlefaserarmiertem Spritzbeton im Trockenspritzverfahren**

**.100 Vorschriften**

- .110 Für die Ausführung der Arbeiten sind die geltenden Normen und Richtlinien verbindlich.
- .120 Qualitätssicherung
- .121 Das Qualitätssicherungssystem des Systemlieferanten muss sicherstellen, dass die Qualitätsanforderungen erfüllt werden. Der Systemlieferant der Spritzmörtel sowie der Kohlefaserarmierung liefert alle relevanten statischen Bemessungsnachweise (erforderlicher Carbon-Querschnitt, Verankerungsnachweis) am verstärkten Querschnitt.
- .122 Die Unternehmung hat dem Bauherrn, resp. seinem Vertreter, Einsicht in alle Unterlagen zu gewähren.

**R... Baustelleneinrichtung**

.001	An- und Abtransport sowie Vorhalten der für die Ausführung der Arbeiten notwendigen Maschinen und Geräte. Einzurechnen ist 1 Baustelleneinsatz.	gl	CHF	0.00
.002	Arbeitsunterbrüche Vergütung bei bauseits bedingten Arbeitsunterbrüchen. Ausmass: Anzahl Unterbrüche	Stk	CHF	0.00
.003	Gerüstarbeiten Montage sowie Vorhalten von Baugerüsten während der Bauzeit inkl. Abdecken und Schützen Von benachbarten Bauteilen bei Arbeitsausführung.	gl	CHF	0.00
.004	Aufräumen und Entsorgen von Rückprallmaterial Sowie Aufbereitung und Abpumpen des Restwassers.	gl	CHF	0.00

**R... Vorarbeiten**

.001	Reinigen des bestehenden Tunnelgewölbes mit Hochdruckwasser oder Sandstrahlen. Rauigkeit der Oberfläche < 5 mm. Bearbeitungsmethode: .....	m <sup>2</sup>	CHF	0.00
------	---	----------------	-----	------

**R... Statische Verstärkung mit kohlefaser-  
armiertem Spritzbeton im Trockenspritzverfahren**

.100	S&P ARMO-mesh einlagig appliziert Liefen und einspritzen des S&P ARMO-mesh, in S&P ARMO-crete d im Trockenspritzverfahren. Spritzbeton 2-3 cm stark. Oberfläche spritzrauh. Richtwert Verbrauch S&P ARMO-crete d: 25-30 kg/m <sup>2</sup> pro cm Schichtstärke			
	Systemlieferant: S&P Clever Reinforcement Company AG Seewernstrasse 127, 6423 Seewen Tel. +41 825 00 70, Fax +41 825 00 75			
.101	S&P ARMO-mesh L500 Bruchzugkraft 500 kN/m in Längsrichtung	m <sup>2</sup>	CHF	0.00
.102	S&P ARMO-mesh L200 Bruchzugkraft 200 kN/m in Längsrichtung	m <sup>2</sup>	CHF	0.00
.103	S&P ARMO-mesh 200/200 Bruchzugkraft 200 kN/m in beide Richtungen	m <sup>2</sup>	CHF	0.00
.104	S&P ARMO-mesh C200 Bruchzugkraft 200 kN/m in Querrichtung	m <sup>2</sup>	CHF	0.00
.200	S&P ARMO-mesh zweilagig appliziert Liefen und einspritzen des S&P ARMO-mesh, in S&P ARMO-crete d im Trockenspritzverfahren. Spritzbeton 3-4 cm stark. Oberfläche spritzrauh. Richtwert Verbrauch S&P ARMO-crete d: 25-30 kg/m <sup>2</sup> pro cm Schichtstärke			
	Systemlieferant: S&P Clever Reinforcement Company AG Seewernstrasse 127, 6423 Seewen Tel. +41 825 00 70, Fax +41 825 00 75			
.201	S&P ARMO-mesh L500 Bruchzugkraft 500 kN/m in Längsrichtung	m <sup>2</sup>	CHF	0.00
.202	S&P ARMO-mesh L200 Bruchzugkraft 200 kN/m in Längsrichtung	m <sup>2</sup>	CHF	0.00
.203	S&P ARMO-mesh 200/200 Bruchzugkraft 200 kN/m in beide Richtungen	m <sup>2</sup>	CHF	0.00
.204	S&P ARMO-mesh C200 Bruchzugkraft 200 kN/m in Querrichtung	m <sup>2</sup>	CHF	0.00
.300	Mehrverbrauch für Spritzmörtel S&P ARMO-crete d für Ausgleich von unebenem Traggrund (Richtwert Verbrauch ca. 30-32 kg/cm Tunnelstärke)	to	CHF	0.00

<b>R...</b>	<b>konstruktive Verstärkung mit glasfaserarmiertem Spritzbeton im Trockenspritzverfahren</b>			
.100	S&P ARMO-Glasfaserbewehrung einlagig appliziert Liefen und einspritzen der S&P ARMO-Glasfaserbewehrung in ARMO-crete d im Trockenspritzverfahren. Spritzbeton 2-3 cm stark. Oberfläche spritzrauh. Richtwert Verbrauch S&P ARMO-crete d: 25-30 kg/m <sup>2</sup> pro cm Schichtstärke Systemlieferant: S&P Clever Reinforcement Company AG Seewernstrasse 127, 6423 Seewen Tel. +41 825 00 70, Fax +41 825 00 75	m <sup>2</sup>	CHF	0.00
<b>R...</b>	<b>Zuschläge</b>			
.100	Bearbeitung der Oberfläche und Kanten			
.101	Oberfläche gekratzt, spritzrauh	m <sup>2</sup>	CHF	0.00
.102	Oberfläche abtaloschiert	m <sup>2</sup>	CHF	0.00
.103	Kanten anschneiden	m <sup>1</sup>	CHF	0.00
<b>R...</b>	<b>Zusätze in S&amp;P ARMO-crete d</b>			
.100	Beimischen von Zusatzmittel resp. verwenden von Spezialzementen im Spritzbeton S&P ARMO-crete d Ausmass: Dosierung/to Spritzbeton			
.101	Beimischen von Schnellbinder	to	CHF	0.00
.102	Beimischen von Microsilica	to	CHF	0.00
.103	Verwendung von sulfatbeständigem Zement	to	CHF	0.00
<b>R...</b>	<b>Nachbehandlung</b>			
.001	7 Tage lang feucht halten, vor Witterung, Zugluft und Sonneneinstrahlung schützen der gesamten Spritzbeton Oberfläche.	m <sup>2</sup>	CHF	0.00
<b>TOTAL Spritzbetonbewehrung (exkl. 8.0 % MWSt)</b>			<b>CHF</b>	<b><u>0.00</u></b>