

Bild 39: Stahlbetonrahmenverstärkung

Grossversuche zeigten, dass FRP Umschnürungen im Vergleich zu Nachverstärkungen mit einem Stahlmantel technisch vorteilhaft und zusätzlich kostengünstiger sind. Dank einer FRP Umschnürung der Säule bzw. des Säulenanschlusses tritt das Betonversagen erst unter grösserer Dehnung auf. Die durch der FRP Umschnürung verhinderte Querdehnung dient zusätzlich als Verstärkung gegen das Ausknicken der Längsbewehrung.

Vor der FRP Umwicklung sollten die Risse in den Tragelementen mit Epoxydharz kraftschlüssig injiziert werden.

## 10. Explosions- und Aufprallschutz mit S&P FRP Systemen

### Explosionsschutz

Schäden durch kriegerische Einflüsse sowie Explosionen, welche an Bauwerken entstanden sind, gilt es oftmals zu beheben. Verstärkung gegen Explosionseinwirkung ist auch in der chemischen Industrie ein Erfordernis. Während industrielle Explosionen abschätzbar sind und entsprechend modelliert werden können, ist das Abschätzen der resultierenden Einwirkung einer Bombe unmöglich. Traditionelle Industriegebäude sind oftmals unterarmiert. Leicht armierte Tragwerke aus Mauerwerk sind in der Praxis ebenfalls anzutreffen. Solche Tragwerke haben eine minimale Widerstandsfähigkeit gegen Explosionseinwirkungen. Herkömmliche Verstärkungsmethoden aus Stahl sind teuer und aufwendig. FRP bietet sich als zeitsparende und kostengünstige Lösung an.

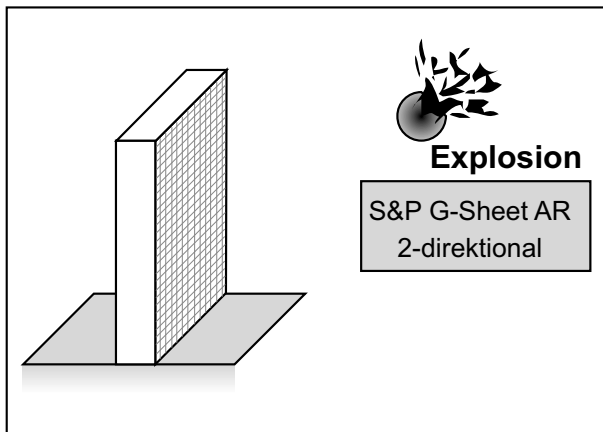


Bild 40: Schutz von explosionsgefährdeten Bauteilen

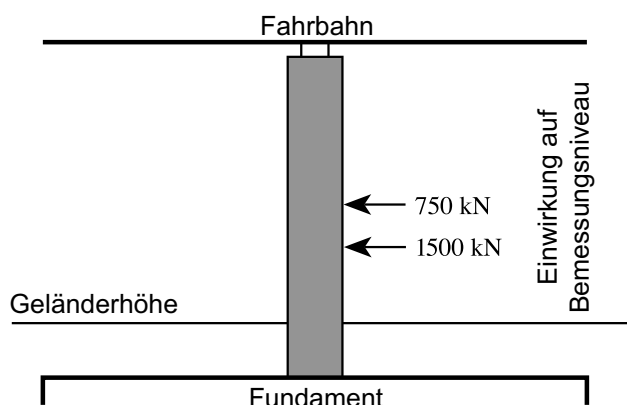
Das S&P G-Sheet 50/50 wurde für dieses Anwendungsgebiet entwickelt. Das Gewebe mit 50% Glasanteil in Längs- sowie Querrichtung kann mehrlagig appliziert werden. Durch S&P werden auch vorgefertigte GFK Platten für dieses Einsatzgebiet geliefert. Die vorgefertigten S&P Platten GFK sind als Schutzbauteile bei der NATO geprüft und zugelassen. Die GFK-Platten werden mit S&P Epoxy Resin 220 auf das zu schützende Bauteil kraftschlüssig verklebt.

Die Aramidfaser (S&P A-Sheet 120) bi-direktional appliziert eignet sich ebenfalls als Explosionsschutzmaßnahme. Die mechanischen Eigenschaften der Aramidfasern speziell das ausgezeichnete Verhalten in Faserquerrichtung, prädestiniert diese Fasern für dieses Einsatzgebiet. Der hohe Rohstoffpreis spricht oftmals gegen den Einsatz dieser Faser. Die Widerstandsfähigkeit gegen Explosionseinflüsse von AFRP verstärkten Mauerwerk konnte um das 5 bis 10-fache gesteigert werden. Die entsprechenden Untersuchungsberichte werden durch die A-Faserhersteller abgegeben.

## Aufprallschutz

Die Stützbauteile beispielsweise von Autobahnüberquerungen sind in der Praxis oft gegen den Aufprall von Fahrzeugen unterdimensioniert. Die horizontalen Kräfte infolge eines aufprallenden Lastwagens können unter Umständen durch die Stütze nicht aufgenommen werden und zu einem Einsturz der Überquerung führen. Herkömmliche Verstärkungsmethoden wie Betonummantelungen sind aus Platz- sowie ästhetischen Gründen unerwünscht. Die Erstellung von Betonummantelungen erfordert zusätzlich lange Verkehrsunterbrechungen. AFRP Umschnürungen bieten sich als alternative Verstärkungsmassnahme an.

In England wurde die Wirkungsweise von AFRP umschnürten Rundstützen gegen Aufprall von Fahrzeugen durch die Faserhersteller getestet. Die AFRP wurden in Längs- sowie Querrichtung angeordnet. Es wurden Gewebelagen von  $290 \text{ g/m}^2$  Flächengewicht eingesetzt. Durch die HTA Fribourg (CH) erfolgte ein identisches Versuchsprogramm an quadratischen Stützen. In den Untersuchungsprogrammen wurde der Aufprall an einem Biegebalken simuliert.



Die Einwirkungen eines 30 Tonnen Lastwagens bei einer Geschwindigkeit von  $75 \text{ km/h}$  repräsentieren eine statische Last von  $1500 \text{ kN}$ , welche ca.  $0.75$  bis  $1.5 \text{ m}$  oberhalb der Fahrbahn angreift und eine Zusatzlast von  $750 \text{ kN}$ , welche ca.  $1-3 \text{ m}$  oberhalb der Fahrbahn einwirkt.

Bild 41: Autobahnstütze mit horizontalen Aufpralllasten

Die Versuchsergebnisse zeigen, dass Stützbauteile welche in beiden Richtungen (vertikal sowie Umschnürungsrichtung) mittels AFRP verstärkt wurden, massgeblich mehr Energie dissipieren als unverstärkte Stützbauteile. Mittels CFRP resp. GFRP kann Energie kaum dissipiert werden. Die spröden C- und G-Fasern versagen frühzeitig infolge mangelnder Querkraftaufnahmefähigkeit. Die Aramidfaser hingegen, kann den hohen Verformungen des Stützbauteils dank der Querkraftaufnahmefähigkeit der Faser nachgeben.

Anlässlich der Versuchsreihen in England wurden drei AFRP verstärkte Rundstützen getestet. Die Ergebnisse werden hier kurz vorgestellt.

Stütze	Anzahl Gewebelagen		Max. Belastung [kN]	Max. Durchbiegung [mm]	Bruchart
	Längs / Quer				
C1	0	0	233	34	Fliessen der inneren Bewehrung anschliessend Stauchung des Betons
C3	2	2	580	50	Bruch der Längsfasern
C4	3	2	785	69	Bruch der Längsfasern

Tabelle 8: Testergebnisse von DUPONT UK (Aramidfaserhersteller)

Grafisch sind die Resultate in Bild 42 in dargestellt.

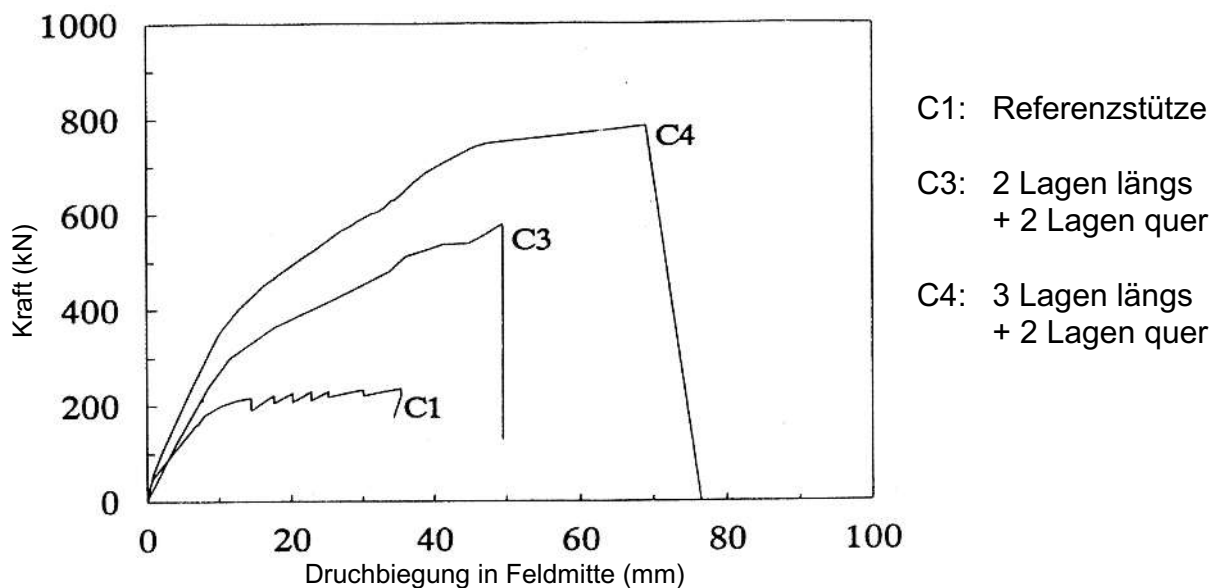


Bild 42: Belastungs-Durchbiegungsdiagramm

Im Versuch wurden die Aramidfasern in Längsrichtung bis zum Bruch ausgenutzt. Mittels der Umschnürung in der zweiten Richtung wurde ein frühzeitiges Delaminieren der Längsfaser verhindert.

#### Folgerungen:

- Die Biegekapazität einer Stütze welche mit AFRP in Längs- sowie Umschnürungsrichtung verstärkt wird, kann massgeblich verbessert werden.
- Die grosse Biegeverformung ermöglicht die Energiedissipation.
- Herkömmliche Bemessungskonzepte können angewendet werden.
- Aramidfasern eignen sich zur Nachverstärkung gegen Aufprall von Fahrzeugen.