

# Lamellenverstärkte Stahlbetonträger: experimentelle Erfahrung, Analyse, Bemessung

Tomaž Ulaga

**Die Verwendung von kohlenstoffaserverstärkten Kunststofflamellen (CFK-Lamellen) für die Verstärkung von Betontragwerken gilt heute als Stand der Technik. Das Verhalten solcher Strukturen im Bruchzustand und insbesondere die diesbezügliche adäquate Berücksichtigung bei der Bemessung sind allerdings noch nicht vollständig geklärt.**

**Anhand experimenteller Untersuchungen wird erläutert, welche Erfahrungen heute vorliegen. Mit einer einfachen Querschnittsanalyse ist es möglich, Erklärungen für diese Erfahrungen zu finden. Das Bemessungskonzept der bald in Kraft tretenden Vornorm SIA 166 «Klebebewehrung» beruht auf derart gewonnenen Erkenntnissen.**

## Experimentelle Erfahrung

Für die Untersuchung des Verhaltens von lamellenverstärkten Stahlbetonträgern wurden in den vergangenen Jahren sehr viele Biegeversuche durchgeführt. Dabei konnte erkannt werden, dass verschiedene Versagensarten möglich sind: Festigkeitsversagen in der Druck- oder Zugzone einerseits sowie das frühzeitige Abschälen der Lamelle andererseits. Bei Verwendung marktüblicher Lamellen und bei deren gängiger Anordnung wird im Allgemeinen die letzte dieser Versagensvarianten massgebend.

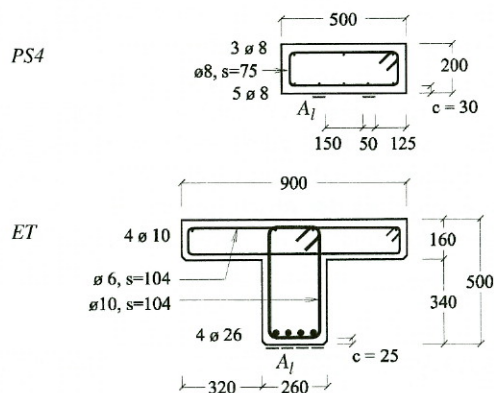
Der Abschälvorgang zeichnet sich dadurch aus, dass er meist nur mit geringer Vorankündigung eintritt. Es folgt ein äusserst schnelles Ablösen der Lamelle, so dass der genaue Ablauf kaum zu erfassen ist. Bezüglich Abschälursprung und -ursache können daher oft nur Vermutungen angestellt werden: Einige Autoren vermuten eine Spannungskonzentration im Verankerungsbereich als Ursache, andere einen Rissuferversatz im Querkraftbereich oder einen Verträglichkeitskonflikt im Biegerissbereich, [1, 2, 4, 11].

Um genauere Kenntnisse über das Abschälen zu erhalten, wurden die an der EMPA Dübendorf untersuchten Träger PS4 und ET, Bild 1, mit einer besonderen Messvorrichtung versehen, [7, 8]: Mit stromleitfähiger Silberfarbe («Silver-

paint») wurden acht Streifen (S1...S8) quer über die Lamellen auf der Trägerunterseite gemalt. Die Leitfähigkeit der einzelnen Streifen konnte mit Hilfe eines Oszilloskops mit einer Abtastrate von  $10^5$  Hz überwacht werden. Wenn nun eine Rissebene die Lamelle vom Untergrund trennt, wird der Stromfluss in den einzelnen Streifen entsprechend dem Ablauf der Rissfortpflanzung unterbrochen.

Das Kraft-Verformungsverhalten der Träger PS4 und ET ist in Bild 2 dargestellt. Wie erwartet kam es zum Versagen durch Abschälen der Lamellen. Die Versagensebene lag vollständig im oberflächennahen Beton. Mit der Silverpaintmethode konnte festgestellt werden, dass im Fall des Trägers PS4 die Streifen in der Reihenfolge S8-S7-S6-S3-S4 versagten (der Streifen S5 versagte aus ungeklärten Gründen früher

## Lamellenverstärkte Stahlbetonträger



### Spannweiten

PS4  $l = 2.1$  m

ET  $l = 6.0$  m

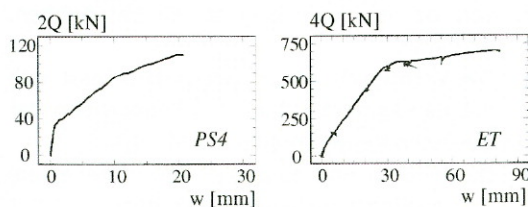
### Werkstoffkennwerte (für PS4 und ET)

Beton  $f_c = 26$  MPa,  $f_{ct} = 2.2$  MPa,  $E_c = 35$  GPa

Stahl  $f_y = 500$  MPa,  $E_s = 200$  MPa

CFK  $t_l = 1.2$  mm,  $b_l = 50$  mm (pro Lamelle),  $E_l = 130$  GPa

**Bild 1:** Querschnitte (Masse in [mm]) und Werkstoffkennwerte der Träger PS4 und ET



**Bild 2:** Kraft-Verformungsdiagramme der Träger PS4 und ET









