

# Vorgespannte Stegbleche

## Umformtechnische Vorspannung FKV-umwickelter Stegbleche

---

<b>Bearbeiter:in</b>	Henning Husmann M. Sc.
<b>Laufzeit</b>	Oktober 2015 – September 2018
<b>Abteilung</b>	Funktions- und Verbundbauweisen
<b>Förderlinie</b>	DFG

---

### Abstract

Die Vorspannung lasttragender Strukturen bietet vielfältige Möglichkeiten zur Beeinflussung derer Eigenschaften. Neben einer erhöhten Steifigkeit und Festigkeit können sowohl das Schwingungsverhalten als auch die Dauerfestigkeit positiv beeinflusst werden. Obgleich das Prinzip der Vorspannung in vielen Bereichen der Technik genutzt wird, um Strukturen zu verbessern, ist dieses Potential in Tragstrukturen aus Blech bisher ungenutzt. Im vorliegenden Projekt wurde daher untersucht, wie Blechtragstrukturen umformtechnisch mit Spanngliedern aus Faser-Kunststoff-Verbunden gefügt und vorgespannt werden können und wie sich eine solche Vorspannung auf das Tragverhalten auswirkt.

### Projektbeschreibung

Das von der DFG geförderte Forschungsvorhaben zielte auf die Ermittlung der technologischen Grundlagen zur Erzeugung von hybriden Tragstrukturen aus Blech und Faser-Kunststoff-Verbunden (FKV) ab, deren Steifigkeit und Festigkeit durch Stege und eine umformtechnisch erzeugte Vorspannung dieser Stege optimiert wird. Abbildung 1 zeigt den hierbei genutzten Mechanismus zum Fügen und Vorspannen einer Stegblechstruktur mit einer FKV-Schlaufe. Der Steg der Blechstruktur wird hierbei von einer FKV-Schlaufe locker umschlungen. Nachfolgend werden beide Komponenten gemeinsam umgeformt, wobei die metallische Komponente elastisch-plastisch gedehnt wird, während die Schlaufe eine rein elastische Längung erfährt. Bei der Entlastung der Struktur wird die vollständige Rückfederung der Schlaufe durch den plastisch gelängten Steg behindert, sodass sich eine Vorspannkraft ausbildet. Diese kann zum kraftschlüssigen Fügen der Schlaufe und Erzeugen einer günstigen Spannungsverteilung im Blech genutzt werden, die den aus einer Biegebelastung der Hybridstruktur resultierenden Spannungen entgegenwirken kann. Da FKV im Gegensatz zu den in Blechtragstrukturen genutzten, metallischen Werkstoffen nur eine geringe Dehnbarkeit aufweisen, wurden im Vorhaben plastisch deformierbare Koppelstellen entwickelt, die sich anstelle der FKV-Schlaufe deformieren und so die geringe Dehnbarkeit ausgleichen können.

Anhand von Modellversuchen, analytischen und numerischen Modellen sowie Umformversuchen auf Basis der Hochdruck-Blechumformung wurden die wesentlichen Einflussparameter auf die Vorspannung identifiziert und Gestaltungsparameter für hybride, vorgespannte Stegblech-Strukturen ermittelt. Darüber hinaus wurde das Leichtbaupotential der neuen Technologie im Hinblick auf die verstärkende und versteifende Wirkung auf Blechstrukturen näher betrachtet.

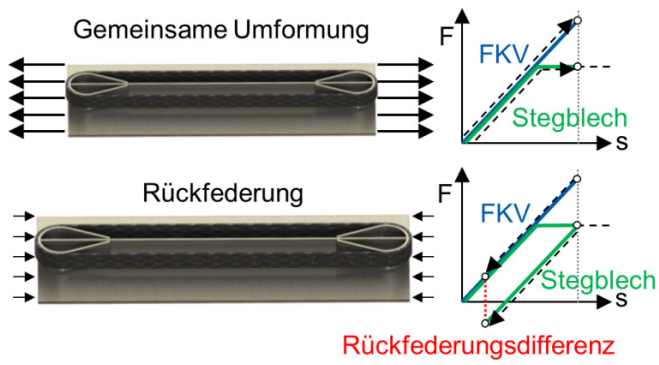
### Ergebnisse

Der Vorspannmechanismus und die Wirkweise der Koppel-Elemente sind am Beispiel numerischer und experimenteller Zuguntersuchungen in Abbildung 2 zu sehen. Im Diagramm sind die vom Stegblech sowie der FKV-Schlaufe aufgenommenen Kräfte sowie die im Koppel-Element vorliegenden plastischen Dehnungen über der Gesamtdehnung der Probe dargestellt. Es ist zu sehen, dass die Schlaufenkraft zunächst linear ansteigt. Mit der beginnenden Plastifizierung des Koppel-Elementes nimmt der Zuwachs eine geringere Steigung an. Nach Rücknahme der äußeren Lasten am Versuchsende zeigt sich schließlich, dass die vollständige Rückfederung der Schlaufe durch die plastisch gedehnte, metallische Komponente verhindert wird und sich eine bleibende Vorspannung ausbildet. Die Schlaufe ist hierbei auf Zug belastet, während das Stegblech Druckkräften unterliegt. Abbildung 3 zeigt das Ergebnis von 3-Punkt-Biegeversuchen an einer Auswahl zuvor im Zugversuch vorgespannter Proben. Das Diagramm auf der linken Seite zeigt hierzu die Stempelkraft-Weg-Verläufe für ein unverstärktes Stegblech (grau) sowie drei mit FKV-Schlaufen verstärkte Proben. Hierbei ist zu erkennen, dass sowohl der Plastifizierungsbeginn als auch die ertragbaren Maximalkräfte im Falle der verstärkten Proben erheblich gesteigert werden können. Bezogen auf die jeweilige Probenmasse sind dies Steigerungen von ca. 34 % für das dünn ausgeführte Koppel-Element, 45 % für das dicker ausgeführte Element und 1 % für das starre Voll-Element gegenüber der unverstärkten Referenzprobe.

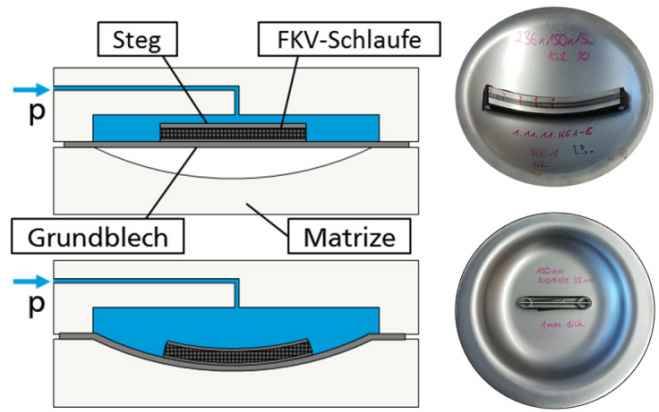
Die Umsetzung des Fügens und Vorspannens in komplexeren Geometrien erfolgte mittels der in Abbildung 4 gezeigten Hochdruck-Blechumformung. Trotz eines geringen FKV-Einsatzes konnte für die derart hergestellten Schalen in Stauchversuchen eine Steigerung der gewichtsspezifischen Probenfestigkeit gegenüber Biegebelastungen von bis zu 20 % erzielt werden.

Im Sinne eines energieeffizienten Betriebs wurde ein selbsthemmendes Keilgetriebe ausgelegt, welches auch bei beendeter Zuführung der Aktivierungsenergie ein kontinuierliches Aufrechterhalten der Stellkraft bzw. des Stellweges ermöglicht. Zum Abschluss des Projekts konnte die Anwendung von Dehnstoffaktoren zur gezielten Beeinflussung von Prüfständen zur während der Validierung von Maschinenelementen, also auch zur passiven Kompensation von thermischen Schwankungen, demonstriert werden.

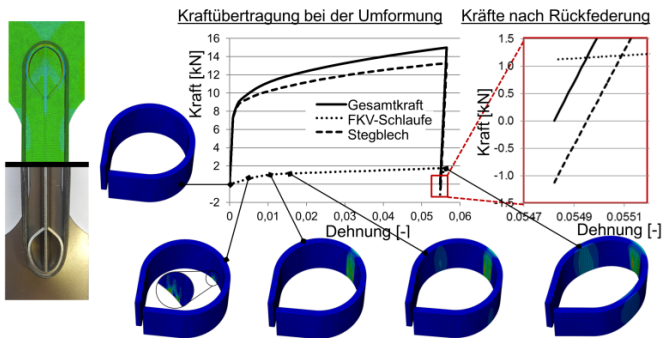
Neben einer Dissertation sind im Projekt drei weitere Veröffentlichungen in internationalen Journals (u. A. CIRP Annals) entstanden.



[1] Mechanismus des Fügens und Vorspannens hybrider Stegblechstrukturen



[4] Prozesstechnische Umsetzung der Vorspanntechnologie in der Hochdruck-Blechumformung (HBU)

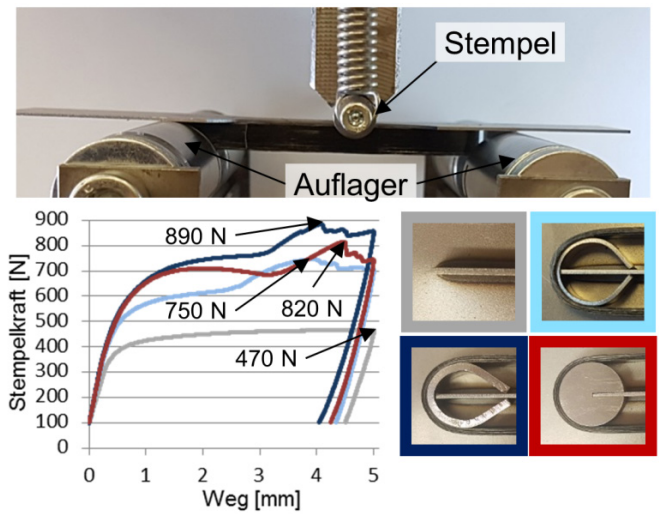


[2] Funktionsweise des plastisch deformierbaren Koppel-Elementes

### Danksagung

Das vorgestellte Forschungsprojekt wurde durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert. Wir danken der DFG für die Unterstützung bei der Durchführung des Projekts (GR 1818/57-1).

Gefördert durch



[3] Verstärkungswirkung vorgespannter FKV-Schleifen bei unterschiedlichen Koppel-Element-Arten