

Marco Tuberga

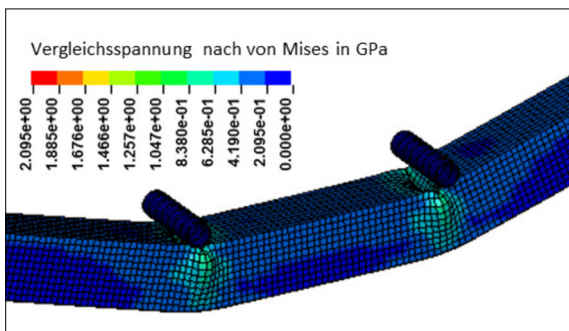
|              |                                                                           |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Student      | Marco Tuberga                                                             |
| Examinator   | Prof. Dr. Pierre Jousset                                                  |
| Themengebiet | Innovation in Products, Processes and Materials - Industrial Technologies |

# Stahlprofilen mit angeklebten Verstärkungen unter Biegebelastung

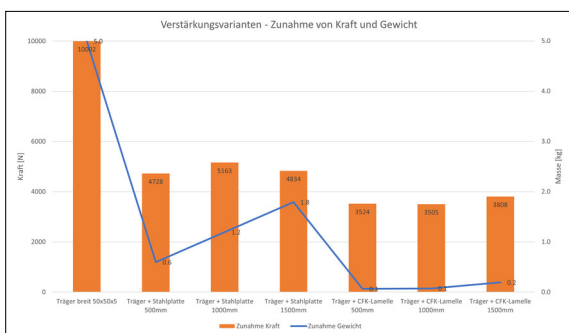
## Finite-Elemente Analyse



Hohlprofile 50x50x2.9x1800 mm mit geklebten CFK-Lamellen 50x1.4x1000 mm  
Baschung, Bachelorarbeit FS20



Simulation - Verformungen und von Mises Sppnungen im Hohlprofil mit geklebter CFK-Lamelle  
Eigene Darstellung



Zunahme von Gewicht (blaue Linie) und aushaltbare Maximalkraft (oranger Balken) im Vergleich zum schmalen Referenzträger  
Eigene Darstellung

**Aufgabenstellung:** In dieser Projektarbeit wird eine Finite-Elemente Analyse (FEA) eines Stahlprofils mit verklebten Lamellen erstellt. Die numerischen und die vorhandene experimentelle Ergebnisse werden verglichen, um die Validität der FEA zu gewährleisten. Anschliessend wird mithilfe der FEA und unabhängig von experimentellen Ergebnissen der Einfluss der Positionierung und die Geometrie von verklebten CFK oder Stahllamellen auf das mechanische Verhalten des Stahlprofils unter 4-Punkt Biegebelastung überprüft. Das Ziel ist eine Profilvariante anhand FEA auszulegen, dass gleichzeitig ein niedriges Gewicht und eine maximale ertragbare Kraft besitzt. Die numerische Ergebnisse werden schlussendlich analysiert und interpretiert, um das Potenzial der gesamten Methodik auszuwerten.

### Ziel der Arbeit:

- FEA des verstärkten Stahlprofils
- Validierung der Simulationen anhand vorhandenen experimentellen Experimenten
- Optimierung der Positionierung / Abmessungen der Verstärkungen anhand FEA, um die beste Profilvariante zu erreichen

**Ergebnis:** Alle FEA mit derselben Komponenten zeigen ähnliche maximale Kräfte, unabhängig von der Verstärkungslänge, an. Bei einem Vergleich zwischen geschweisster und geklebter Stahlplatte sind die Ergebnisse ebenfalls ähnlich. Die flächendeckende Klebverbindung (bei der Schweissverbindung nur konturdeckend), führt aber zu einer Versteifung der Unterseite des Trägers. Der Vergleich zwischen Stahl- und CFK-Verstärkung zeigt auch hier ähnliche Ergebnisse. Die einzigen Differenzen (ca. 1000 N) sind im Bereich der Maximalkraft vorhanden. Trotz dieser Abweichung kann gesagt werden, dass Stahl- und CFK-Verstärkung den gleichen Einfluss auf die Reaktionskraft haben. In allen Simulationen bleibt die Klebstoffverbindung intakt. Die ermittelten Maximalkräfte sind im Vergleich des unverstärkten Trägers (50x50x2.9 mm) um ca. 30 % erhöht worden, jedoch sind diese tiefer als die Kraft des breiten Trägers (50x50x5 mm). Die Optimierungssimulationen haben gezeigt, dass die Verstärkung nur unterhalb der Krafteinleitungen benötigt wird. Weiter ist zum Vorschein gekommen, dass die Verstärkungen auf der Unterseite des Trägers nur einen limitierten Vorteil haben. Sobald dieses Limit überschritten wird, entsteht einen Knick unterhalb der Krafteinleitung und das System versagt. Die letzte Optimierungsvariante besteht darin, die Entstehung der zukünftigen Schwachstellen zu verhindern. Dabei wird die Verstärkungsplatte oberhalb des Trägers platziert. Die Simulation zeigt eine deutliche Steigerung der aushaltbaren Kraft. Die berechnete Maximalkraft liegt bei ca. 29000 N und ist somit höher als die Maximalkraft des breiten Trägers 50x50x5.