

# Tailored Fiber Placement zur Optimierung der Ski-Eigenschaften

## Diplomandin



Romana Battaglia

**Ziel der Arbeit:** In der Skiindustrie werden nach wie vor klassische Verstärkungslagen wie Glasfasern, Kohlefasern oder Titan eingesetzt, um die mechanischen Eigenschaften des Skis zu erzeugen. Dadurch sind die Orientierungen bei den Faserlagen bereits durch die verwendeten Halbzeuge definiert. Mit der Tailored Fiber Placement (TFP)-Technologie können die Fasern in beliebigen Winkeln lastgerecht abgelegt werden. Damit bietet TFP grosses Potenzial im Bereich Skibau - einerseits, weil die Eigenschaften wie Biegung, Torsion und Dämpfung gezielt beeinflusst werden können, andererseits, weil der Aufbau weniger Einzellagen beinhaltet, da mehrere Lagen in einer TFP-Ablage zusammengefasst werden.

Im Rahmen der Arbeit wird die Eignung der Technologie anhand eines Slalomskis untersucht. Dazu werden Simulationen erstellt, ein Prototyp aufgebaut und Messungen durchgeführt. Bei der Gegenüberstellung der Resultate werden die Abweichungen betrachtet, um zu verstehen, inwiefern die Simulation von den Messungen abweicht. Anhand der Abweichungen und der wirtschaftlichen Betrachtung wird abschliessend die Eignung der Technologie für den Ski-Bau beurteilt.

**Vorgehen / Technologien:** Um den idealen Faserpfad zu ermitteln, wird die Prüfung der mechanischen Eigenschaft auf dem Prüfstand nach ISO 5902 in ANSYS nachgestellt. Dabei wird eine Simulation mit einer Biegebelastung umgesetzt und eine zweite mit einer Torsionsbelastung. Durch die Kombination dieser beiden Lastfälle kann ein Faserpfad bestimmt werden. Mit dem resultierenden Lagegenauaufbau, welcher die TFP-Ablagen, Glasfasern, Belag, Topsheet und Holzkern beinhaltet, liegt die Federkonstante im Mittelbereich des Skis bei 10.9N/mm (Vergleichbar mit Referenz-Slalomski).

Die Simulationswerte werden mit den Messungen an einem hergestellten Prototypen verglichen. Dieser Prototyp wird durch Handlaminieren hergestellt. Die beiden Einzelski aus dem Skipaar werden dabei nicht gleichzeitig hergestellt.

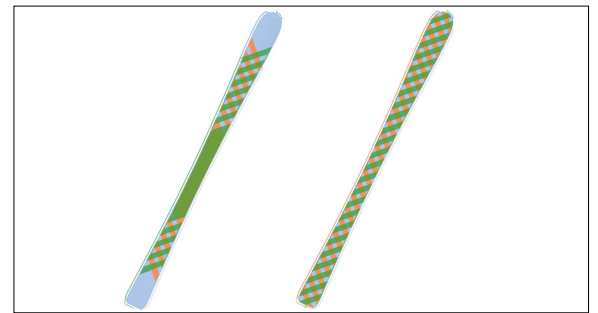
Nach dem Handlaminieren und Aushären wird der Ski noch nachbearbeitet, bevor die Messungen auf dem Prüfstand durchgeführt werden. Hier wird die Biegung gemessen, aus welcher die Federkonstanten resultieren. Zusätzlich wird das Schwingungsverhalten aufgezeichnet, um die Dämpfungskennwerte zu bestimmen, sowie der Verdrehwinkel unter Torsion gemessen.

**Ergebnis:** Die TFP-Technologie eignet sich gut für die Herstellung eines Skis. Ski 1 und Ski 2 weisen zwar unterschiedliche Kennwerte auf, welche sich aber auf einen unterschiedlichen Hartzanteil zurückführen lassen. Die Messwerte zeigen Federkonstanten in der Mitte des Skis von 8.0N/mm und 7.6N/mm.

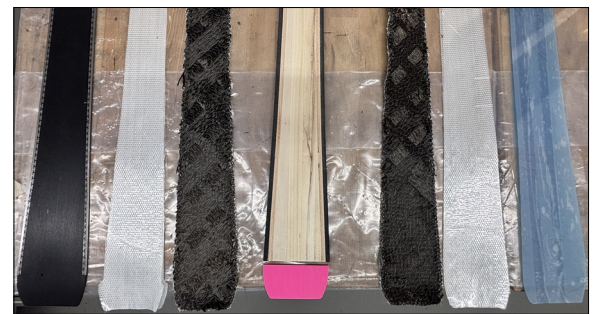
Entsprechend weist der Ski eine etwas geringere Biegefestigkeit als in der Simulation auf.

Aus technischer und wirtschaftlicher Sicht zeigt die Technologie grosses Potenzial für die Skiindustrie. Die Simulationen müssen mit grösserem Detaillierungsgrad (weniger Vereinfachungen) erneut durchgeführt und der Herausstellprozess optimiert werden, um zuverlässigere Eigenschaften zu erzeugen.

**Faserpfad für die TFP-Verstärkungslage im Obergurt (links) und im Untergurt (rechts)**  
Eigene Darstellung



**Verwendete Materialien für den Aufbau des TFP-Skis**  
Eigene Darstellung



**TFP-Ski**  
Eigene Darstellung



## Referent

Prof. Dr. Gion Andrea Barandun

## Korreferent

Prof. Dr. Michael Niedermeier,  
Hochschule Ravensburg-Weingarten, BW

## Themengebiet

Kunststofftechnik,  
Simulationstechnik

## Projektpartner

Biontec, St. Gallen, SG