

Entwicklung eines FVK-Federelementes für den Mountainbike-Sport

Schraubenfeder aus CFK

Diplomandin



Lara Montano

Einleitung: Im Mountainbike-Sport sind Federelemente entscheidend für Kontrolle, Komfort und Performance. Insbesondere Schraubenfedern bieten durch ihre lineare Federkennlinie und ihr direktes Ansprechverhalten grosse Vorteile gegenüber anderen Systemen. Ihr Nachteil: das hohe Gewicht. Deshalb kommen sie bislang nur im Gravity-Bereich (z. B. Downhill) zum Einsatz. In gewichtskritischen Disziplinen wie Cross-Country oder Trail dominieren hingegen Luftfedersysteme, die zwar leicht sind, aber Einschränkungen bei Performance und Wartungsfreundlichkeit mit sich bringen. Diese Bachelorarbeit verfolgt das Ziel, eine leichte, funktionale Alternative zu Stahlfedern zu entwickeln, in Form einer Schraubenfeder aus kohlenfaserverstärktem Kunststoff (CFK). Die neue Feder soll deutlich leichter sein, dabei aber mechanisch belastbar bleiben und mit handelsüblichen Dämpfersystemen kompatibel sein.

Vorgehen / Technologien: Um die geometrisch komplexe Helixform einer Schraubenfeder reproduzierbar in CFK umzusetzen, wurde das sogenannte Schlauchblasverfahren (Bladder Moulding) gewählt. Bei diesem Verfahren wird ein flexibler Silikonschlauch als aufblasbarer Kern verwendet, auf den mehrere Lagen Carbon-Flechtschlauch mit $\pm 45^\circ$ Faserorientierung manuell aufgezogen werden. Die Faserschichten werden anschliessend mit einem Epoxidharzsystem imprägniert, bevor der gesamte Aufbau spiralförmig in ein zweiteiliges Werkzeug eingelegt wird. Das Werkzeug wurde speziell für diese Anwendung entwickelt und im 3D-Druck (SLS) hergestellt. Es besteht aus mehreren Segmenten, die eine einfache Entformung der spiralförmigen Struktur ermöglichen.

Nach dem Einlegen wird das Werkzeug geschlossen und der Silikonkern mit Druckluft beaufschlagt. Der Innendruck sorgt dafür, dass sich die getränkten Fasern gleichmässig an die Innenkontur des Werkzeugs pressen. Die Aushärtung erfolgt unter konstantem Druck. Durch diesen Vorgang entsteht eine dünnwandige, hohlgeformte CFK-Feder mit optimaler Faserorientierung und geringem Gewicht. Insgesamt wurden sechs Prototypen mit unterschiedlichen Parametern (Fasertyp, Lagenanzahl, Aushärtetemperatur) gefertigt, um die Auswirkungen auf Formtreue, Harzverteilung und Bauteilqualität systematisch zu untersuchen.

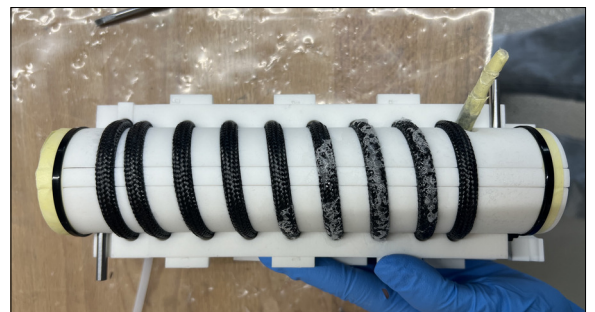
Ergebnis: Die gefertigten Prototypen zeigen eine signifikante Gewichtsersparnis von über 80 % im Vergleich zu einer konventionellen Stahlfeder. Die Formtreue der Spirale und die Reproduzierbarkeit der Geometrie waren insgesamt gut, allerdings kam es teilweise zu Unregelmässigkeiten bei der Harzinfiltration sowie bei der Dichtigkeit des Silikonschlauchs während des Aushärtens. Auch die mechanische Prüfung zeigte Optimierungspotenzial.

Die erreichte Federsteifigkeit lag noch unter dem Zielwert, was vor allem auf Faserverschiebungen und ungleichmässige Harzverteilung zurückzuführen ist. Dennoch konnte die grundsätzliche Machbarkeit einer CFK-Schraubenfeder mit diesem Verfahren nachgewiesen werden. Die Arbeit bietet eine technische Grundlage für die Weiterentwicklung hin zu einer serientauglichen Lösung. Empfohlen wird insbesondere die Verbesserung des Faseraufbaus, eine genauere Werkzeugführung und die Automatisierung von Fertigungsschritten, um Prozesssicherheit und Reproduzierbarkeit zu erhöhen. Die gewählte Methode eignet sich dabei auch für andere faserverstärkte Hohlbauteile mit komplexer Geometrie.

Mountainbike mit Hinterradfederung aus Stahl
Bike-Components.de



Geöffnertes 3D-gedrucktes Werkzeug nach dem Aushärten
Eigene Darstellung



Hergestellte Prototypen aus CFK
Eigene Darstellung



Referent
Dominik Stapf

Korreferent
Dr. Markus Gantenbein,
Geberit International
AG, Jona, SG

Themengebiet
Produktentwicklung,
Kunststofftechnik