



Statische Festigkeitsberechnung einer 5-Speichen Fahrradfelge aus Faserverbundkunststoff

**Thomas König,
Manfred Hahn**

Schriftenreihe der Wilhelm Büchner Hochschule

Band 5 / 2022

Thomas König, Manfred Hahn

Schriftenreihe der Wilhelm Büchner Hochschule

Herausgeber Forschungsausschuss der Wilhelm Büchner Hochschule
05.03.2022

Wilhelm Büchner Hochschule

Impressum

ISSN (Online) 2751-0514

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

©Wilhelm Büchner Hochschule Darmstadt 2022

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Werden Personenbezeichnungen aus Gründen der besseren Lesbarkeit nur in der männlichen oder weiblichen Form verwendet, so schließt dies das jeweils andere Geschlecht mit ein.

Herausgeber: Forschungsausschuss der Wilhelm Büchner Hochschule
Redaktion: Dr. Marcel Heber
Layout und Satz: Dominik Feldmeier
Einbandentwurf: Gerhard Kienzle
Projektkoordination: Prof. Dr. Rainer Eisland

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Statische Festigkeitsberechnung einer 5-Speichen Fahrradfelge aus Faserverbundkunststoff

Thomas König, Manfred Hahn

Zusammenfassung Ziel dieser Arbeit ist es, die inneren Beanspruchungen eines 5-speichigen Laufrads für Mountainbikes zu berechnen. Das gesamte Laufrad ist aus einem mehrschichtigen Laminat aufgebaut, welches aus Kohlenstofffasern mit Epoxidharz besteht. Das Laminat setzt sich aus sieben UD-Schichten und einer $\pm 90^\circ$ -Gewebeschicht zusammen. Die Geometrie ist stark an ein auf dem Markt vorhandenes Laufrad angelehnt. Für die Berechnung wird das Prinzip der virtuellen Kräfte benutzt. Dabei werden nur Belastungen in der Ebene, welche rechtwinklig zur Laufradachse steht, betrachtet. Die eingeleiteten äußeren Kräfte beschränken sich auf rein statische Belastungen infolge der Gesamtmasse von Fahrer und Fahrrad beim Bremsvorgang. Die Berechnung an sich wird mit Hilfe des Computer-Algebra-Programms „Maxima“ durchgeführt. Ein Vergleich unterschiedlicher Felgen- und Speichen-Geometrien, sowie des Laminataufbaus, zeigen die Einflüsse auf die auftretenden Dehnungen und somit Spannungen im Laufrad. Aus diesem Vergleich lässt sich, bezüglich Steifigkeit und Masse, eine optimale Geometrie bestimmen. Diese besteht aus einer Felgengeometrie mit einer Höhe von 22,3 mm ohne Felgenhorn und einer Breite von 36 mm. Die Speichen sind rohrförmig mit einem Außendurchmesser von 12 mm. Mit dieser Kombination lässt sich ein Gewicht von 570 g erreichen, wobei die maximalen Dehnungen im gesamten Laufrad 0,26 % und die maximalen Stauchungen im gesamten Laufrad $-0,25$ % betragen. Aufgrund von fehlender Festigkeitswerte des Laminats kann die Festigkeitsanalyse nur unzureichend durchgeführt werden. Eine erste Abschätzung zeigt, dass das so konzipierte Laufrad bei den betrachteten Belastungen ausreichend Sicherheit gegen Bruch bietet.

Keywords: Faserverbundkunststoff, statische Berechnung, klassische Laminattheorie, Prinzip der virtuellen Kräfte, Mountainbike Laufrad

Abstract The aim of this thesis is to calculate the loads of a 5-spoke wheel for mountain bikes. The entire wheel is made of a multilayer laminate consisting of carbon fibers with epoxy resin. The laminate is composed of seven UD layers and a $\pm 90^\circ$ fabric layer. The geometry is very similar to wheels available on the market. For the calculation the principle of virtual forces is used. Only loads in the plane are considered. The external forces introduced are limited to purely static loads due to the total mass of rider and bicycle during braking. The calculation itself is performed by using of the computer algebra program Maxima. A comparison of different rim and spoke geometries, as well as the laminate structure, shows the influences on the strains and thus stresses occurring in the wheel. From this comparison, an optimal geometry can be determined with regard to stiffness and mass. This consists of a rim geometry with a height of 22,3 mm without rim flange and a width of 36 mm. The spokes are tubes with an outer diameter of 12 mm. With this combination, a weight of 570 g can be achieved, with maximum elongation in the entire wheel of 0,26 % and maximum compression in the entire wheel of -0,25 %. Due to missing strength values of the laminate, the strength analysis can only be carried out inadequately. A first estimation shows that the impeller designed in this way, is sufficient safety against breakage at the loads considered.

Keywords: fibre-reinforced plastic, static calculation, classical laminate theory, Principle of virtual forces, mountain bike wheel

Wird überarbeitet. Steht in Kürze wieder zur Verfügung.

Autor:innen



Thomas König ist seit 2017 bei der Mercedes Benz AG als Entwicklungsingenieur beschäftigt.

Zuvor absolvierte er eine Ausbildung zum Technischen Produktdesigner bei der Firma Kroeplin GmbH wo er danach die ersten Berufsjahre in der Konstruktion verbrachte. Auf eine berufsbegleitende Weiterbildung zum staatlich geprüften Techniker folgte, ein 2017 erfolgreich abgeschlossenes, ebenfalls berufsbegleitendes, Bachelorstudium „Maschinenbau“. Im Frühjahr 2021 schloss er das berufsbegleitende Masterstudium „Maschinenbau“ an der Wilhelm Büchner Hochschule erfolgreich ab.



Prof. Dr.-Ing Manfred Hahn ist seit September 2018 bei der WBH und vertritt den Maschinenbau im Bachelor- und Masterstudiengang, sowie den Bachelorstudiengang Maschinenbau-Informatik. In der Lehre macht er sich in den analytischen Methoden der Technischen Mechanik und der Finite-Elemente-Methode stark. Im Weiteren liegen seine Kompetenzen in den analytischen Methoden des Leichtbaus und im Speziellen dem Faserverbundleichtbau. Studiert hat Herr Prof. Dr.-Ing M. Hahn Luft- und Raumfahrttechnik, weswegen er an der WBH außerdem dieses Gebiet mit in die Lehre einfließen lässt. Dazu gehören vor allem die Astronomie, die bemannte und unbemannte Raumfahrt und der Segelflug.

Kontakt

Wilhelm Büchner Hochschule, Hilpertstrasse 31, D-64295 Darmstadt, Germany,

E-Mail: forschung@wb-fernstudium.de

Überblick über die Bände der Schriftenreihe

Band 1 / 2022: **Christoph Sternberg, Ralf Isenmann**
Untersuchung regionaler Besonderheiten im
Individualverkehr bei ausgewählten deutschen
Smart-City-Projekten

Band 2 / 2022: **Fabian Fries, Manfred Hahn**
Dynamik von Doppelstern-Systemen

Band 3 / 2022: **Stefan Kaden, Ralf Isenmann**
IT based Framework facilitating Technology
Roadmapping striving for Sustainability

Band 4 / 2022: **Hannah Seibel, Manfred Hahn**
Von der Raupe zur Drohne –
Leichtbau in Anlehnung an die Natur



INFORMATIK



INGENIEUR-
WISSENSCHAFTEN



ENERGIE-,
UMWELT- UND
VERFAHRENSTECHNIK



WIRTSCHAFTS-
INGENIEURWESEN
UND TECHNOLOGIE-
MANAGEMENT



**WILHELM BÜCHNER
HOCHSCHULE**
Mobile University of Technology

EINE HOCHSCHULE DER KLETT GRUPPE.

www.wb-fernstudium.de

www.wb-online-campus.de

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck – auch auszugsweise – nicht gestattet.