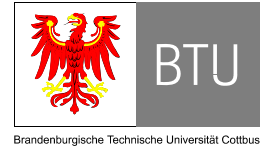


Konstruktion und Berechnung eines Fahrwerkversuchsstandes aus CFK



Lehrstuhl Statik und Dynamik
KLK Motorsport GmbH

Diplomarbeit Thomas Elsner

SS2006

Diese Arbeit befaßt sich mit der Konstruktion und Berechnung der Arbeitsplattform eines Versuchsstandes für PKW-Fahrwerke. Ausgehend von einem Prototypen aus Aluminium soll eine leistungsfähigere Variante entwickelt werden.

Unter Leichtbauaspekten fällt die Materialwahl dabei auf den Faserverbundwerkstoff CFK (kohlefaserverstärkter Kunststoff). Wie kaum ein anderer Werkstoff verbindet es hohe Festigkeit und Steifigkeit mit geringem Eigengewicht und einem ausgezeichnetem Ermüdungsverhalten.

An den Konstrukteur stellt der Umgang mit Faserverbundwerkstoffen jedoch besondere Anforderungen. Vertiefte Kenntnisse über Wirkprinzip, auftretende Effekte und durchaus vorhandene Schwächen sind Voraussetzung für eine erfolgreiche Anwendung dieser Werkstoffgruppe. Die Bauteilberechnung und Festigkeitsbetrachtung ist komplexer und aufwändiger als bei konventionellen isotropen Materialien. So gilt es bei der Festigkeitsbetrachtung von Faserverbundwerkstoffen verschiedene Versagensmodi in Form von Faser- oder Zwischenfaserbrüchen zu berücksichtigen.

Entwicklungsziele für die Arbeitsplattform sind neben einem geringen Eigengewicht die möglichst hohe Steifigkeit der gesamten Struktur. Die Struktursteifigkeit ist zum Erzielen einer hohen ersten Systemeigenfrequenz gefordert. Diese hohen Eigenfrequenzen ermöglichen dem Versuchsstand den Betrieb bei hohen Operationsfrequenzen. Dadurch sollen die Betriebsfestigkeitsversuche der zu testenden Fahrwerkskomponenten mit geringem Zeitaufwand als bisher möglich werden.

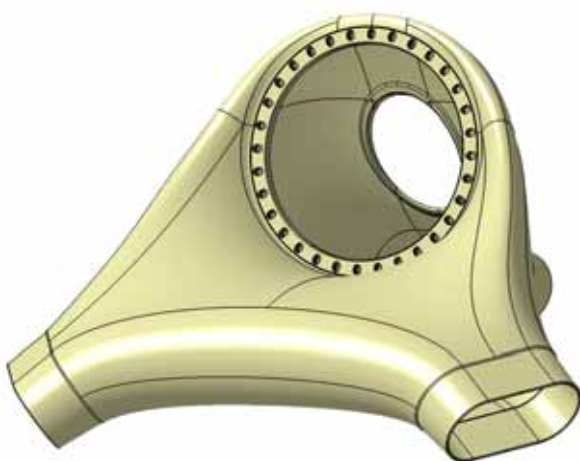


Abbildung 1 CAD-Modell der finalen Bauteilgeometrie

Der erste Schritt bei der Bauteilentwicklung ist die Konstruktion einer fasergerechten Bauteilgeometrie. Dazu werden verschiedene Geometrievarianten der Arbeitsplattform konstruiert und auf ihre Formsteifigkeit hin untersucht. Diese Untersuchung erfolgte mit Hilfe der finite Elemente Methode.

Das FE-Modell der Arbeitsplattform wird dabei vorrangig auf auftretende Eigenformen und Eigenfrequenzen hin untersucht. Nach dieser Analyse des dynamischen Bauteilverhaltens erfolgen Modifikationen an der Bauteilform, mit dem Ziel die Formsteifigkeit zu erhöhen.

Nach Abschluss dieser ersten Entwicklungsphase und der Festlegung der grundsätzlichen Bauteilgeometrie folgt die Konzeptfindung und Konstruktion der Lasteinleitungsbereiche. Die an dieser Stelle zu lösenden Probleme betreffen vor allem die Bereiche der Lasteinleitung der Hydraulikzylinder, welche im Versuchsstand die Beanspruchungen aus Fahrbetrieb simulieren sollen.

Nachdem diese Entwicklungsphase abgeschlossen ist, gilt es, einen geeigneten Laminataufbau zu entwickeln. Über einen angepassten Laminataufbau lässt sich die Bauteilsteifigkeit noch weiter steigern. Dazu wird nur an den Stellen zusätzliches Material eingebracht, an denen es mit minimalem Materialeinsatz eine optimale Wirkung auf die Bauteilsteifigkeit erzielt. Diese Bereiche können durch die Analyse der Dehnungsenergiegedichte-Verteilung im Bauteil identifiziert werden.

Da die zu entwickelnde Arbeitsplattform hohen dynamischen Lasten ausgesetzt ist, gilt der abschließenden Festigkeitsbetrachtung wesentliches Augenmerk. Die Festigkeitsbetrachtung des CFK-Bauteils erfolgt mit einem selbst entwickelten Nastran-Postprozessor. Mit dessen Hilfe lassen sich die Reservefaktoren im Faserverbundwerkstoff für verschiedene Versagenskriterien bestimmen und auswerten.

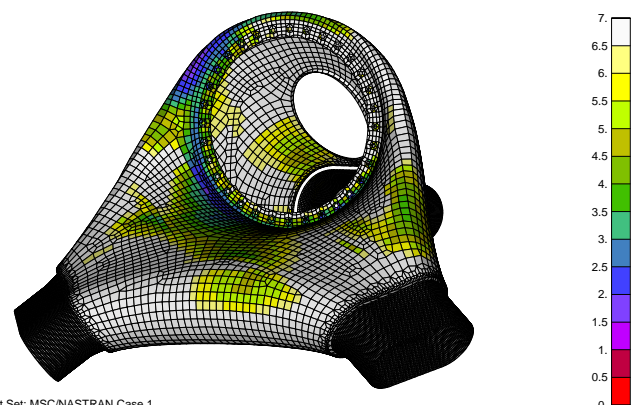


Abbildung 2 Tsai-Wu-Reservefaktoren bei maßgebender Belastung

Neben den „klassischen“ Pauschalbruchkriterien ist die Bestimmung der Reservefaktoren auch für die leistungsfähigeren Bruchtypkriterien möglich. Mit Hilfe dieser Bruchtypkriterien sind nicht nur Rückschlüsse auf das Versagensniveau, sondern auch auf die Versagensart möglich. Nur durch Kenntnis der auftretenden Versagensarten können die optimalen Verstärkungsmaßnahmen am auszulegenden CFK-Bauteil getroffen werden.