

Schriftenreihe Konstruktiver Leichtbau mit
Faser-Kunststoff-Verbunden

Patrick Tichelmann

**Auslegung und Optimierung
Versatz-ausgleichender Bauelemente und
ihre Integration in eine Antriebswelle**

D 17 (Diss. TU Darmstadt)

Shaker Verlag
Aachen 2009

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2009

Copyright Shaker Verlag 2009

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-8678-1

ISSN 1439-7390

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Auslegung und Optimierung Versatz-ausgleichender Bauelemente und ihre Integration in eine Antriebswelle - Kurzzusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine komplette Leichtbauantriebswelle für Pkw mit Standardantrieb entwickelt, die in der Lage ist, die derzeit im Einsatz befindlichen schwereren Stahlantriebswellen zu substituieren. Dabei wurden eine nicht schaltbare Wellenkupplung, eine Schiebehülse und ein Belastungskonzentrator für den Crash-Fall systematisch neuentwickelt und auf ein zur Leistungsübertragung benötigtes CFK-Rohr abgestimmt.

Für alle neu entwickelten Komponenten wurde eine umfangreiche Recherche durchgeführt. Aus den Spezifikationen für das Gesamtsystem wurden die Anforderungen an die Bauteile abgeleitet. Diese konnten nach Kraft-, Verschiebungs- und konstruktiven Randbedingungen aufgeteilt und schließlich sämtlich erfüllt werden.

Zunächst wurde eine nicht schaltbare Wellenkupplung entwickelt, die – aufgrund des großen Versatzvermögens – sowohl eine Gummigelenkscheibe, als auch ein Gleichlaufgelenk ersetzen kann. Für die Belastungsgrößen der im funktionalen Zwischenelement liegenden elastischen Elemente konnten analytische Zusammenhänge gefunden und die entsprechenden Einflussgrößen diskutiert werden.

Nach Abschluss der Konstruktion und Dimensionierung des funktionalen Zwischenelements der Kupplung war es notwendig auch deren wellenseitigen Flansche neu zu konstruieren. Dabei wurde neben dem Leichtbaugedanken auch eine gute Integrierbarkeit ins Gesamtsystem und eine einfache Fertigung als Ziele verfolgt und umgesetzt. Ergebnis waren drei verschiedene Flansche aus Aluminium, Stahl und einem Kohlenstofffaser-Kunststoff-Verbund. Insbesondere bei letzterem wurde ein Fertigungsverfahren entwickelt, das konsequent den Gedanken der Net-Shape-Fertigung umsetzt, um zeit- und kostenintensive Nachbearbeitungen zu vermeiden. Außerdem konnte mit Hilfe des entwickelten Verfahrens eine Minimierung des Verschnitts erreicht werden, was im Hinblick auf die Kosten von enormer Bedeutung war.

Die zweite in dieser Arbeit entwickelte Komponente ist die Schiebehülse, die notwendig wird, um einen axialen Längenversatz des Gesamtsystems beim Einbau zu verwirklichen. Grundlage war dabei eine Welle-Nabe-Verbindung mit Evolventenverzahnung, wie in DIN5480 beschrieben. Es wurde vorab eine umfangreiche Analyse des Tragverhaltens der einzelnen Zähne in Abhängigkeit der verwendeten Werkstoffe und Toleranzklassen durchgeführt. Anschließend erfolgten die Werkstoffauswahl, eine Zahnfuß- und Zahnflankenoptimierung sowie eine konstruktive Homogenisierung der axialen Lastverteilung auf die Zahnpaare. Zur Anbindung an das CFK-Rohr wurde ein Längspressverband ausgelegt und ein geeignetes Fertigungsverfahren entwickelt.

Aufgrund des Einsatzes neuartiger Bauteile und Werkstoffe war es notwendig, ein neues Crash-Konzept zu entwickeln. Durch systematische Untersuchungen, die neben der Möglichkeit zur gezielten Energiedissipation bei einem Frontal- oder Heckaufprall vor allem die einfache Integration in das Gesamtsystem im Fokus hatte, konnte schließlich eine Lösung gefunden werden. Der entwickelte Belastungskonzentrator wurde in umfangreichen Versuchen statisch und dynamisch geprüft und konnte alle Anforderungen erfüllen.

Ein direkter Vergleich der Massen des neu entwickelten Systems mit der derzeit eingesetzten zweigeteilten Stahlwelle ergab eine Massenreduktion von 36,6 % (Stahlflansch hinterachsdifferentialseitig) bzw. 51,3 % (CFK-Flansch hinterachsdifferentialseitig). Das Massenminimum ergab sich dann, wenn auf die Schiebehülse verzichtet werden kann und auf beiden Seiten ein Kupplungsgrundkörper aus CFK eingesetzt wird, zu einer Masse von 3,93 kg (61,5 % weniger als die Stahlvariante).

Die Dynamik des neuentwickelten Gesamtsystems konnte in drei relevante Bereiche aufgeteilt werden, wobei zu jedem ein analytisches, voll parametrisiertes Modell aufgestellt wurde. Anhand dieser Modelle wurde in einfacher und schneller Form das Biege-, Axial- und Torsionschwingungsverhalten analysiert und der Einfluss verschiedener Parameter untersucht.