
ATZ/MTZ-Fachbuch

Die komplexe Technik heutiger Kraftfahrzeuge und Antriebsstränge macht einen immer größer werdenden Fundus an Informationen notwendig, um die Funktion und die Arbeitsweise von Komponenten oder Systemen zu verstehen. Den raschen und sicheren Zugriff auf diese Informationen bietet die Reihe ATZ/MTZ-Fachbuch, welche die zum Verständnis erforderlichen Grundlagen, Daten und Erklärungen anschaulich, systematisch, anwendungsorientiert und aktuell zusammenstellt.

Die Reihe wendet sich an Ingenieure der Kraftfahrzeugentwicklung und Antriebstechnik sowie Studierende, die Nachschlagebedarf haben und im Zusammenhang Fragestellungen ihres Arbeitsfeldes verstehen müssen und an Professoren und Dozenten an Universitäten und Hochschulen mit Schwerpunkt Fahrzeug- und Antriebstechnik. Sie liefert gleichzeitig das theoretische Rüstzeug für das Verständnis wie auch die Anwendungen, wie sie für Gutachter, Forscher und Entwicklungsingenieure in der Automobil- und Zulieferindustrie sowie bei Dienstleistern benötigt werden.

Günter Leister

Fahrzeugräder – Fahrzeugreifen

Entwicklung – Herstellung – Anwendung

2., überarbeitete und ergänzte Auflage

 Springer Vieweg

Dr.-Ing. Günter Leister
Schwaigern, Deutschland

ISBN 978-3-658-07463-0
DOI 10.1007/978-3-658-07464-7

ISBN 978-3-658-07464-7 (eBook)

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

Springer Vieweg

Dieses Werk erschien in der ersten Auflage unter dem Titel „Fahrzeugreifen und Fahrwerkentwicklung“

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2009, 2015

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.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media (www.springer.com)

Vorwort zur 1. Auflage

Reifen werden vom Reifenhersteller, Fahrzeuge vom Fahrzeughersteller entwickelt. Dennoch gibt es bei jedem Fahrzeughersteller Ingenieure, Techniker und Werkstätten, die sich mit dem Thema Reifen intensiv auseinandersetzen. Das liegt daran, dass ein Reifen kein einfaches Zubehörteil, sondern ein integraler Bestandteil des Fahrwerks ist. Daran ändert weder die Tatsache, dass der Reifen aus Sicht des Gesetzgebers ein Normteil, noch dass kommerzieller Sicht der Reifen eine Commodity ist, etwas. Aus diesem Grunde ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Reifen- und Fahrzeugherstellern unabdingbar. Wenn keine klaren Schnittstellen und Vereinbarungen zwischen diesen beiden Entwicklungspartnern getroffen sind, kann die optimale Performance von Fahrwerken nicht erreicht werden, Abb. A.1. Die Erfahrung zeigt, dass es kein Fahrwerk gibt, das ungünstige Reifeneigenschaften kompensieren kann.

Der Reifen ist zudem eine der wenigen Komponenten im Fahrzeug, die eigenständig intensiv beworben werden. So werden für Reifen regelmäßig Markt- und Performanceuntersuchungen durchgeführt, was dazu führt, dass viele Kunden eine Vorliebe bzgl. Reifenfabrikate haben. Auch das muss ein Fahrzeughersteller bei der Wahl seiner Ent-

Abb. A.1 Handshake
zwischen Fahrzeug- und
Reifenhersteller



wicklungspartner berücksichtigen. Daher ist es von größter Bedeutung, dass beide Partner die Wechselwirkungen von Reifen, Fahrwerk und Fahrbahn genau kennen. Dieses Buch soll hierzu die notwendigen Hilfestellungen und Anregungen geben.

Es werden bewusst die Grundlagen der Reifentechnik weitgehend ausgespart. Hierzu gibt es sehr gute Fachbücher. Schwerpunkt sind vielmehr die Prozesse, die sich um die Reifenentwicklung herum abspielen. Nur die physikalischen Zusammenhänge, die für diese Prozesse eine wesentliche Rolle spielen, sind aufgeführt.

Ich möchte mich an dieser Stelle bei den Reifenfirmen Bridgestone, Continental, Dunlop, Goodyear, Michelin und Pirelli für die Zusammenarbeit und die vielen Ideen, die in diesem Rahmen entstanden sind. Ferner gilt mein Dank allen Firmen, die mich bei diesem Buchprojekt unterstützt haben und die ich auch als kompetente Entwicklungspartner schätzen gelernt habe.

Die Leser dieses Buches werden gebeten, ihre Anregungen, Verbesserungs- und Ergänzungsvorschläge unter der Email-Adresse fahrzeugreifen@guenter-leister.de mitzuteilen, damit diese bei der weiteren Entwicklung dieses Buches berücksichtigt werden können.

Schwaigern, im November 2008

Günter Leister

Vorwort zur 2. Auflage

Die zweite Auflage dieses Buches hat einige wesentliche Veränderungen erfahren. Zum einen wurde das Thema Reifen neu überarbeitet und strukturiert. Zum andern wurden die Räder mit ihren Unterkapiteln Stahlräder, Leichtmetallgussräder, Leichtmetallschmiederäder und Radverbund mit einbezogen. Es sind zudem Kapitel über die Radverschraubung und die Komplettradmontage hinzugekommen.

In dieser zweiten Auflage haben mich die Rad- und Radverbundexperten Stefan Beyer, Siegbert Dehm, Roland Eisenkolb, Norbert Oberschmidt und Jörg Ludwig als Mitautoren kräftig unterstützt. Ohne diese Beiträge hätte das Buch in dieser Form nie entstehen können. Die zunächst eigenständigen Beiträge wurden bewusst nicht in Form von Einzelkapiteln umgesetzt, sondern in dem Kapitel Räder integriert.

Beim Thema Räder gilt mein besonderer Dank auch meinen langjährigen ehemaligen Kollegen Rainer Braun und Dieter Renz. Sie haben mir mit ihrem profunden Wissen vieles über Räder beigebracht, was in diesem Buch Eingang gefunden hat.

Außerdem gilt mein Dank Herrn Ewald Schmitt vom Springer Vieweg Verlag, der mich motiviert hat, eine zweite, völlig überarbeitete Auflage zu konzipieren und seinem Team für die professionelle Betreuung.

Schwaigern, im März 2015

Günter Leister

Mitarbeiterverzeichnis

Dr.-Ing. Stefan Beyer	Deutscher Schraubenverband e. V., Hagen	Abschn. 3.10
Dipl.-Ing. Siegbert Dehm	SÜDRAD GmbH Radtechnik, Ebersbach an der Fils	Abschn. 3.2
Dipl.-Ing. Roland Eisenkolb	Daimler AG, Sindelfingen	Abschn. 3.5 , 3.6 , 3.7
Dr.-Ing. Günter Leister	Daimler AG, Sindelfingen	Kap. 1 , 2 , Abschn. 3.1 , 3.4 , 3.5 , 3.9 , Kap. 4 , 5 , 6
Dipl.-Ing. Jörg Ludwig	Otto-Fuchs KG, Meinerzhagen	Abschn. 3.3.3
Norbert Oberschmidt	RONAL AG	Kap. 3 , Abschn. 3.1 , 3.3 , 3.8

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Reifen	7
2.1	Reifenfertigung	10
2.1.1	Mischung	12
2.1.2	Innenschicht	13
2.1.3	Einlage	13
2.1.4	Kern und Apex	14
2.1.5	Gürtel	15
2.1.6	Laufstreifen	16
2.1.7	Zusammenbau	17
2.1.8	Vulkanisation	18
2.1.9	Qualitätsprüfung	19
2.2	Entwicklungsprozess	20
2.2.1	Geometrie und Tragfähigkeit	21
2.2.2	Reifenlastenheft	26
2.3	Projektmanagement	33
2.3.1	Kosten	35
2.3.2	Gewicht	36
2.3.3	Termine	37
2.3.4	Reifendatenbank und Dokumentation	38
2.4	Mobilitätsstrategie	38
2.4.1	Vollwertige Ersatzreifen	43
2.4.2	Notlaufsonderreifen Minispare und Faltrad	44
2.4.3	Tirefit und Self-Sealing-Reifen	44
2.4.4	Seriensonderreifen, Sonderfelgen, Stützelemente	46
2.4.5	Runflat-Reifen	47
2.5	Erprobung und Absicherung	57
2.5.1	Indoor Objektiv	61
2.5.2	Outdoor objektiv	91
2.5.3	Outdoor subjektiv	109

2.6	Reifenverhalten	124
2.6.1	Fahrverhalten und Lenkverhalten – Kräfte und Momente	124
2.6.2	Fahrkomfort – Geräusche und Schwingungen	143
2.7	Reifenmodelle und Simulation	152
2.7.1	Reifenmodelle für die Reifenentwicklung	154
2.7.2	Reifenmodelle für die Fahrzeugentwicklung	157
3	Räder	165
3.1	Radbegriffe	169
3.2	Stahlräder	171
3.2.1	Stahlradkonzepte	174
3.2.2	Auslegung von Stahlrädern	176
3.2.3	Materialauswahl	178
3.2.4	Herstellung von Stahlrädern	179
3.3	Leichtmetallräder	184
3.3.1	Leichtmetallblechräder	187
3.3.2	Leichtmetallgussräder	187
3.3.3	Leichtmetallschmiederäder	201
3.4	Kunststoff- und Carbonräder	207
3.5	Radentwicklung	210
3.5.1	Designentwurf	210
3.5.2	Oberflächenauswahl	212
3.5.3	3-D Volumenmodell	219
3.5.4	Absicherung, Betriebsfestigkeit und Freigabe	220
3.5.5	Großserienproduktion	226
3.6	Qualitätssicherung	231
3.6.1	Röntgen, Computertomografie und Metallografie	231
3.6.2	Rundlauf und Planlauf	232
3.6.3	Unwucht	233
3.7	Leichtbautechniken	233
3.8	Aerodynamik	236
3.9	Radzierblenden	237
3.10	Radschraube und Radverbund	239
4	Reifendruckkontrolle	251
4.1	Indirekte Systeme	254
4.2	Indirekte Systeme mit Diffusionserkennung	256
4.3	Direkte Systeme	258
5	Komplettradmontage	263
5.1	Ventilmontage	263
5.2	Räderrundlaufmessung	265

5.3	Reifenmontage	265
5.4	Matchen	266
5.5	Befüllen, Reifenfülldruck	267
5.6	Wulstsoptimierung	267
5.7	Reifengleichförmigkeit TU	268
5.8	Auswuchtvorgang	268
5.9	Qualitätssicherung	269
6	Ausblick	271
	Literatur	273
	Sachverzeichnis	277