

Schriftenreihe
Fahrzeugdynamik und Aktive Systeme
am Institut für Fahrzeugtechnik,
TU Braunschweig



Nr: 11

M.Sc.
Florian Frederik Grober
2022

Optimierte Fahrzeugerprobung auf Basis von Kunden-Felddaten

Herausgegeben von:
apl. Prof. Dr.-Ing. Roman Henze

Optimierte Fahrzeugerprobung auf Basis von Kunden-Felddaten

Von der Fakultät für Maschinenbau
der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig
zur Erlangung der Würde
eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte Dissertation

von: Florian Frederik Grober

geboren in (Geburtsort): Bad Gandersheim

eingereicht am: 02.11.2021

mündliche Prüfung am: 13.04.2022

Vorsitz: Prof. Dr.-Ing. Peter Eilts

Gutachter: apl. Prof. Dr.-Ing. Roman Henze

Prof. Dr.-Ing. Thomas Vietor

Ergebnisse, Meinungen und Schlüsse dieser Dissertation sind nicht notwendigerweise die der Volkswagen Aktiengesellschaft.

Schriftenreihe Fahrzeugdynamik und Aktive Systeme
am Institut für Fahrzeugtechnik, TU Braunschweig

Band 11

Florian Frederik Grober

**Optimierte Fahrzeugerprobung
auf Basis von Kunden-Felddaten**

Shaker Verlag
Düren 2022

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.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 2022

Copyright Shaker Verlag 2022

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-8614-0

ISSN 2700-046X

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren

Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9

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

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit in der Abteilung für Betriebsfestigkeit im Rahmen des Doktorandenprogramms der Volkswagen Aktiengesellschaft.

Die wissenschaftliche Betreuung erfolgte durch Herrn Prof. Dr.-Ing. Ferit Küçükay und Herrn apl. Prof. Dr.-Ing. Roman Henze am Institut für Fahrzeugtechnik der TU Braunschweig. Ich danke ihnen herzlich für ihre Unterstützung sowie die fachlichen Diskussionen und Anregungen. Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei Prof. Dr.-Ing. Thomas Vietor für die Begutachtung als Mitberichterstatte sowie bei Prof. Dr.-Ing. Peter Eilts für die Übernahme des Vorsitzes der Promotionskommission.

Mein ganz besonderer Dank gilt den Herren Dr.-Ing. Andreas Janßen und Dipl.-Ing. Martin Roller, welche mir seitens der Volkswagen Aktiengesellschaft jedwede fachliche sowie organisatorische Unterstützung haben zukommen lassen, die für die erfolgreiche Bearbeitung des Projektes erforderlich war. Weiterhin danke ich den Herren Dr.-Ing. Wojciech Kramarczuk, Dipl.-Ing. Sebastian Thiele und Andreas Martin sowie den weiteren Kollegen für die gute Zusammenarbeit und ihre stete Bereitschaft, ihr Fachwissen mit mir zu teilen.

Abschließender Dank gebührt meiner Familie sowie meiner Partnerin, da ich stets auf ihren uneingeschränkten Rückhalt und die Unterstützung aller meiner Vorhaben vertrauen konnte.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation und Zielsetzung	1
1.2	Inhalt und Aufbau der Arbeit	2
2	Stand der Technik	5
2.1	Grundlagen der Betriebsfestigkeit	5
2.1.1	Belastungen: Kollektivbildung	5
2.1.2	Belastbarkeit: Wöhlerlinie.....	12
2.1.3	Belastungen vs. Belastbarkeit: Lineare Schadensakkumulation.....	13
2.2	Auslegung und Erprobung in der Fahrzeugentwicklung	14
2.2.1	Auslegungsphilosophie	14
2.2.2	Lastannahme und Kundenkollektive.....	16
2.2.3	Dauerfahr- und Prüfstanderprobung	19
3	Erhebung von Kundennutzungsdaten.....	22
3.1	Methoden	22
3.1.1	Fahrbetriebsmessung	23
3.1.2	Datenlogger	24
3.1.3	Steuergeräte-Klassierung.....	26
3.1.4	Online-Dienste	27
3.1.5	Real Time Monitoring	28
3.1.6	Kundenbefragung.....	28
3.2	Vergleich der Methoden	29
3.3	Klassierte Kundendaten – Technische Umsetzung	30
3.3.1	Geeignete Klassiergrößen	30
3.3.2	Zugriff.....	33
3.3.3	Metadaten.....	35
3.3.4	Datenverarbeitung.....	37
3.3.5	Plausibilisierung	37
3.3.6	Anknüpfungspunkt Predictive Maintenance.....	39
3.4	Rechtliche Aspekte (Datenschutz)	39

3.4.1	Begriffsdefinitionen.....	41
3.4.2	Rechtsgrundlage.....	42
3.4.3	Grundsätze der Datenverarbeitung	44
3.4.4	Betroffenenrechte und Pflichten des Verantwortlichen.....	45
3.4.5	Schlussfolgerungen	47
4	Anforderungsableitung für Prüfstanderprobung	49
4.1	Auswahl von erprobungsrelevanten Kundennutzungsdaten	51
4.2	Direkte Anforderungsableitung – Häufigkeitszählung	54
4.2.1	Fallbeispiel: Parkbremse	55
4.2.2	Fallbeispiel: Ladebuchsenabdeckung.....	56
4.2.3	Fallbeispiel: Heckklappe.....	58
4.3	Direkte Anforderungsableitung – Kollektive	60
4.3.1	Fallbeispiel: Lenkungsbelastung.....	60
4.4	Mittelbare Anforderungsableitung	62
4.4.1	Fallbeispiel: Elektro-Antriebsstrang.....	63
4.4.2	Signalrekonstruktion	63
4.4.3	Adaption der Fahrzeugeigenschaften	69
4.4.4	Transformation in Belastungsgrößen	79
4.4.5	Einsatzgrenzen und Berücksichtigung besonderer Einflüsse.....	88
4.5	Automatisierte Auswertung.....	100
5	Ableitung von Erprobungsstrecken	103
5.1	Anforderungen und Grundlagen.....	103
5.2	Voraussetzungen und Vorbereitungen	106
5.2.1	Kartendaten	106
5.2.2	Positionsbestimmung.....	108
5.2.3	Belastungsdatenbank	109
5.3	Automatische Prüfstreckenentwicklung	112
5.3.1	Nutzwertberechnung	113
5.3.2	Heuristischer Algorithmus	119
5.4	Fallbeispiel: Ehra-Stadtkurs.....	123

6	Sicherung der Erprobungsqualität im Dauerfahrversuch.....	131
6.1	Offline-Monitoring	132
6.1.1	Einhaltung der Fahrvorschrift	133
6.1.2	Referenzabgleich	134
6.2	Online-Monitoring	136
6.3	Fahrerleitsystem	137
6.3.1	Funktionsweise	138
6.3.2	Validierung	144
7	Zusammenfassung und Ausblick	150
8	Literatur.....	153