Technische Universität Braunschweig

ivb

M. Sc. Jan Flinte

Untersuchung von Maßnahmen zur Erweiterung des stabilen Kennfeldbereiches eines Radialverdichters für PKW-Anwendungen

Berichte aus dem ivb | Band 32 | Braunschweig 2021

NFF NIEDERSÄCHSISCHES FORSCHUNGSZENTRUM FAHRZEUGTECHNIK

Untersuchung von Maßnahmen zur Erweiterung des stabilen Kennfeldbereiches eines Radialverdichters für PKW-Anwendungen

Von der Fakultät für Maschinenbau

der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig

zur Erlangung der Würde

eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

genehmigte Dissertation

von: M. Sc. Jan Flinte

aus: Göttingen

eingereicht am: 25.02.2021

mündliche Prüfung am: 07.09.2021

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

Prof. Dr.-Ing. Peter Eilts

Prof. Dr.-Ing. Jörg Seume

2021

Berichte aus dem ivb

Band 32

Jan Flinte

Untersuchung von Maßnahmen zur Erweiterung des stabilen Kennfeldbereiches eines Radialverdichters für PKW-Anwendungen

Shaker Verlag
Düren 2021

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., 2021

Copyright Shaker Verlag 2021
Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-8273-9
ISSN 2364-3862

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

Inhaltsverzeichnis

Vorwort ... 1

Kurzfassung ... 2

Abstract ... 3

1 Einleitung ... 4

1.1 Motivation ... 4
1.2 Stand der Technik ... 5
1.3 Ziele der Arbeit ... 7

2 Theoretische Grundlagen ... 10

2.1 Direkteinspritzender Ottomotor ... 10
2.1.1 Arbeitsprozess des Ottomotors ... 11
2.1.2 Steigerung der effektiven Motorleistung ... 13
2.1.3 Emissionen und Abgasnachbehandlung ... 14
2.1.4 Spülender Ladungswechsel ... 17

2.2 Aufladung des direkteinspritzenden Ottomotors ... 19
2.2.1 Aufladeverfahren ... 19
2.2.2 Thermodynamik der Abgasturboaufladung ... 24
2.2.3 Eigenschaften des Radialverdichters ... 27

2.3 Kennfelderweiternde und -stabilisierende Maßnahmen am Radialverdichter ... 31

3 Forschungsansatz ... 34

3.1 Versuchsmotor ... 34
3.2 Versuchsturbolader ... 35

4 Versuche am Motorprüfstand ... 39

4.1 Versuchsaufbau ... 39
4.1.1 Dynamischer Motorprüfstand ... 39
4.1.2 Versuchsverdichter am Motorprüfstand ... 43

4.2 Versuchsdurchführung ... 48
4.2.1 Stationäre Versuchsreihe ... 48
4.2.2 Dynamische Versuchsreihe ... 50
4.2.3 Detektion der Pumpgrenze am Motorprüfstand ... 51

4.3 Ergebnisse der stationären Versuchsreihe 53
4.3.1 Vergleich der Versuchsverdichter und Serien-Aufladegruppe 54
4.3.2 Vergleichbarkeit zum Heißgasprüfstand 55
4.3.3 Variation des Verdichtertrims am HighTrim-Verdichter 57
4.3.4 Variation der Diffusorhöhe am HighTrim-Verdichter 61
4.3.5 Variation der Geometrie der Verdichterzuströmung am HighTrim-Verdichter 63
4.3.6 Variation der Vorleitgitter am HighTrim-Verdichter 65
4.3.7 Variation des Durchmessers der Rohrstrecke vor Verdichter 68
4.3.8 Kombination aus Diffusor- und Trim-Varianten 69
4.3.9 Zusammenfassung der stationären Versuchsreihe 70
4.4 Ergebnisse der dynamischen Versuchsreihe 73
5 1-D-Motorprozesssimulation in GT Power 76
5.1 Modellierung des Versuchsmotors 76
5.1.1 Modellierung der Verbrennung im Simulationsmodell 79
5.1.2 Validierung des Simulationsmodells mit dem Serienmotor 81
5.1.3 Validierung des Simulationsmodells mit HighTrim-Verdichter und Turbine mit variabler Geometrie 86
5.1.4 Implementierung eines Klopfmodells 89
5.1.5 Erweiterung des Modells für die dynamische Simulation 92
5.2 Modellierung der Aufladegruppe 95
5.2.1 Aufbereitung der Verdichterkennfelder 96
5.2.2 Korrektur der Turbinenkennfelder 99
5.3 Simulation der kennfelderweiternden Maßnahmen 103
5.3.1 Bewertung des Potentials der Trim-Reduktion anhand des Simulationsmodells 103
5.3.2 Bewertung einer variablen Trim-Reduktion 107
6 Zusammenfassung 110
7 Anhang 113
7.1 Literaturverzeichnis 113
7.2 Abkürzungsverzeichnis 117
7.3 Abbildungsverzeichnis 117
7.4 Tabellenverzeichnis 121

7.5 Formelverzeichnis 121