

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	1
2 Stand der Technik	6
2.1 Simulation	6
2.2 Brennstoffzellensysteme	9
3 Grundlagen.....	13
3.1 HT-PEMFC-Aufbau des Gesamtsystems	13
3.2 HT-PEMFC-Stapel	14
3.2.1 Aufbau und Funktionsprinzip einer HT-PEMFC.....	16
3.2.2 Thermodynamische Grundlagen	18
3.3 Kathodenaufladung.....	28
3.3.1 Thermodynamik des Verdichters.....	29
3.3.2 Verdichter- und Gebläsearten	34
3.3.2.1 Schraubenverdichter	39
3.3.2.2 Radialturboverdichter	40
3.3.2.3 Spirallader	42
3.3.2.4 Rootsgebläse	42
3.4 Wasserstoffversorgung	42
3.5 Kühlkreislauf	44
3.6 Alternative Fahrzeugantriebe	45
3.6.1 Elektrofahrzeuge.....	45
3.6.2 Hybridfahrzeuge.....	46
3.6.3 Brennstoffzellenfahrzeuge	47
3.7 Entwicklung der Brennstoffzellenfahrzeuge bei Volkswagen	48
3.7.1 Bora HyMotion 1	49
3.7.2 Touran HyMotion 2	50
3.7.3 Tiguan HyMotion 3.....	51
3.8 Entwicklung der Brennstoffzellenfahrzeuge bei anderen Herstellern	52
3.8.1 Honda	52
3.8.2 General Motors	53
3.8.3 Daimler	54
4 Simulation.....	56
4.1 Modellierung des Systems.....	56

4.1.1 UI-Kennlinien des Stacks	59
4.1.2 Luftverdichter	61
4.1.3 Purgeventil	61
4.1.4 Strahlpumpe.....	62
4.1.5 Rezirkulationsgebläse	64
4.1.6 Kühlmittelpumpe	64
4.1.7 Druckverlust über den Stack	66
4.2 Optimierung des Systems	66
4.2.1 Einflussfaktoren	66
4.2.1.1 Luftverhältnis	66
4.2.1.2 Druck.....	68
4.2.1.3 Nebenverbraucher.....	71
4.2.1.4 Sensitivitätsanalyse	72
4.2.2 Optimierung der Purgestrategie	73
4.2.2.1 Messung des Massentransports der Gase durch die MEA	74
4.2.2.2 Massenbilanz der Gase in der Brennstoffzelle	74
4.2.2.3 Bestimmung des Massendurchgangskoeffizienten	78
4.2.2.4 Messung der Brennstoffzellenleistung in Abhängigkeit der Stickstoff- und Wasserdampfkonzentration	79
4.2.2.5 Massenbilanz der Gase in der Brennstoffzelle mit dem Anodenrezirkulationskreislauf.....	80
4.2.2.6 Erstellung des LPS-Simulationsmodells	82
4.2.2.7 Validierung des LPS-Simulationsmodells.....	82
4.2.2.8 Simulationsergebnisse des HT-PEMFC-Systems	83
4.2.2.9 Praktische Einsatzmöglichkeiten	85
4.2.3 Optimierung des Verdichters.....	86
4.2.3.1 Verdichterauswahl	88
4.2.3.2 Optimierung auf verschiedene Arbeitspunkte	92
4.2.3.2.1 Volllastpunkt	93
4.2.3.2.2 NEFZ.....	94
4.2.3.2.3 Japan10-15-Mode	95
4.2.3.3 Auswertung	95
4.2.4 Optimierung des Abgasturboladers	97
4.2.4.1 Optimierung auf verschiedenen Arbeitspunkten.....	100
4.2.5 Ergebnisse	101

4.3 Systemkonfigurationen	103
4.3.1 Thermische Boostvariante	103
4.3.2 Kaskadenvariante	105
4.3.3 Kombivariante	108
4.3.4 Ergebnisse	110
5 Diskussion der Ergebnisse	113
6 Zusammenfassung und Ausblick	119
7 Literaturverzeichnis	122
8 Anhang	127
A Verdichter-Kennfelder	127
B Abbildungsverzeichnis	134
C Tabellenverzeichnis	138
D Publikationen	139
E Lebenslauf	140
F Eidesstattliche Erklärung	141