

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen des Brennstoffzellenantriebsstrangs	4
2.1	Traktionsmaschine	4
2.2	Wechselrichter	8
2.3	Gleichspannungswandler	11
2.4	Batterie.....	15
2.5	Brennstoffzellensystem.....	19
2.5.1	Brennstoffzelle als Energiewandler.....	19
2.5.2	Aufbau und Funktionsweise	20
2.5.3	Thermodynamik der PEMFC	22
2.5.4	Die Brennstoffzellenperipherie	26
2.5.5	Brennstoffzellensystemsteuerung.....	36
2.6	Antriebsstrangmanagement	38
3	Simulationsmodell des Brennstoffzellenantriebsstrangs	41
3.1	Modellierung des Antriebsstrangs	41
3.2	Fahrzyklen	42
3.3	Fahrzeugdynamik	43
3.4	Antriebsstrangtopologien.....	47
3.5	Optimierungspotentiale der Antriebstopologien.....	50
3.6	Optimierung des Antriebsstrangs	53
4	Optimale Betriebsstrategie	56
4.1	Pontryagin's Minimumprinzip.....	56
4.2	Dynamische Programmierung	63
4.3	Vergleich der Antriebsstrangtopologien.....	67
4.4	Berücksichtigung der Systemzustände durch die Dynamische Programmierung	70
4.5	Abgeleitete Betriebsstrategie	77
4.6	Bewertung der Optimierungspotentiale	80
5	Simulationsmodell des Brennstoffzellensystems	81
5.1	Modellierung der Luftversorgung.....	82

5.1.1	Abbildung der Gasdynamik.....	83
5.1.2	Abbilden von Strömungsmaschinen.....	87
5.2	Abbildung des Brennstoffzellenstapels	96
5.2.1	Charakterisierung des Brennstoffzellenstapels.....	97
5.2.2	Elektrisches Ersatzschaltbild.....	102
5.3	Simulation der Luftversorgung.....	106
6	Optimierung der Luftversorgung.....	109
6.1	Partikel-Schwarm-Algorithmus.....	110
6.2	Evolutionärer Algorithmus	112
6.3	Untersuchung der Luftsysteme	114
6.4	Sensitivitätsanalyse der Turbomaschinendimensionierung	116
6.5	Dimensionierung der Luftversorgung zur Steigerung der Systemeffizienz.....	119
7	Zusammenfassung und Ausblick.....	121
	Verzeichnisse	127
	Abkürzungs- und Formelverzeichnis.....	127
	Abbildungsverzeichnis	137
	Tabellenverzeichnis	142
	Literaturverzeichnis	143