

Inhaltsverzeichnis

Verwendete Formelzeichen und Abkürzungen	iii
1 Einführung	1
1.1 Zielsetzung	2
1.2 Aufbau und Inhalt der Arbeit	2
2 Stand der Forschung	5
2.1 Fahrsimulation	5
2.2 Simulation der Fahrzeuglängsdynamik	7
2.2.1 Fahrumgebung	9
2.2.2 Fahrer	11
2.2.3 Fahrzeug	12
2.3 Modellierung der Betriebsstrategie (BST)	18
2.4 Bewertung der aktuellen Simulationsmethoden	21
3 Konzept der 3F-Methodik	23
3.1 Erfassung des 3F-Parameterraums	26
3.1.1 Zusammenstellung des Probandenpools	26
3.1.2 Messtechnikintegration in den Versuchsträger	33
3.1.3 Repräsentative 3F-Messstrecken	34
3.2 3F-Messkampagnen	37
3.2.1 Versuchsdurchführung	37
3.2.2 Datenbasis	38
3.2.3 Fazit	39
4 Einfluss eines Hybridantriebs auf die Fahrweise im Kundenbetrieb	41
4.1 Fahrgeschwindigkeiten	42
4.2 Beschleunigungen und Verzögerungen	45
4.3 Haltephasen	49
4.4 Fazit	51
5 Simulation des 3F-Parameterraums	53

5.1	Auswertung der Messdaten	53
5.2	Fahrumgebung	55
5.3	Fahrer	57
5.4	Fahrzeugmodell	58
5.4.1	Verbrennungskraftmaschine (VKM)	61
5.4.2	Nebenaggregate	63
5.4.3	Impulsstartkupplung (K1)	64
5.4.4	E-Maschine (EM) inkl. Leistungselektronik (LE)	64
5.4.5	Batterie	66
5.4.6	Doppelkupplungsgetriebe	68
5.4.7	Antriebsachse	71
5.4.8	Verifikation des Fahrzeugmodells	71
5.5	Fazit	72
6	Betriebsstrategie	75
6.1	Modularer Ansatz	75
6.2	Konventionelle Betriebsstrategie	76
6.3	Intelligente Betriebsstrategie	76
6.3.1	Fahrerassistenzsysteme (FAS) zur Umfelderkennung	77
6.4	Hybridfunktionen	78
6.4.1	Laden der Batterie im Stillstand	81
6.4.2	Start-Stopp	82
6.4.3	Simulation des VKM-Schubmoments	83
6.4.4	Rekuperation	84
6.4.5	Boosten	85
6.4.6	Lastpunktanhebung	90
6.4.7	Elektrisches Fahren	94
6.5	Fazit	95
7	Ergebnisse	97
7.1	Fahrumgebung und Fahrer	98
7.1.1	Neuer Europäischer Fahrzyklus (NEFZ)	98
7.1.2	Kundenbetrieb	100
7.1.3	Vergleich	110
7.2	Fahrzeug	112
7.2.1	Gesamtverbrauch im NEFZ und Kundenbetrieb	113
7.2.2	Teilverbräuche im NEFZ und Kundenbetrieb	120
7.2.3	Energiebilanz der Batterie im NEFZ und Kundenbetrieb	131
7.2.4	Belastungen der Antriebsstrangkomponenten	135

7.3 Fazit	146
8 Zusammenfassung	149
Literaturverzeichnis	152