

Inhaltsverzeichnis

Disclaimer	i
Erklärung	ii
Vorwort	iii
Zusammenfassung	iv
Abstract	v
Inhaltsverzeichnis	vi
Abbildungsverzeichnis	viii
Tabellenverzeichnis	xiii
Symbol- und Abkürzungsverzeichnis	xiv
Vorgehensweise	xxvii
1 Einführung und Motivation	1
1.1 Mobilität vor dem Hintergrund globaler Herausforderungen	2
1.2 Exemplarische Analyse des Mobilitätsverhaltens von Kunden	7
1.3 Plug-In-Hybridfahrzeuge	9
1.3.1 Aufbau und Komponenten des hybriden Antriebsstrangs	10
1.3.2 Funktionsweise und Betriebsmodi	13
1.3.3 Wettbewerbsumfeld	14
1.4 Zielsetzung der Arbeit	15
2 Gesetzliche Rahmenbedingungen für die Ermittlung der CO₂-Emissionen von Plug In-Hybridfahrzeugen	19
2.1 Europäische Union	20
2.1.1 Ausblick WLTP	33
2.2 Volksrepublik China	33
2.3 Vereinigte Staaten von Amerika	36
2.4 Vergleich der Lastkollektive in den relevanten Zulassungszyklen	48
3 Grundlegende physikalische Betrachtungen im Gesamtsystem	50

3.1	Fahrwiderstände	50
3.2	Energiespeicherung, -übertragung und -umwandlung im Fahrzeug sowie damit verbundene Verlustentstehungsprozesse	58
3.3	Wärmeübertragungssphänomene	69
3.4	Gesamtfahrzeugwirkungsgrade	71
3.5	Möglichkeiten der Gesamtfahrzeugoptimierung	72
4	Analyse bestehender Systeme zur Gesamtfahrzeugmessung und -simulation	75
4.1	Gesamtfahrzeugmessung	75
4.1.1	Messmittel und Messtechnik	75
4.1.2	Messabweichungen und Reproduzierbarkeit	81
4.2	Gesamtfahrzeugsimulation	84
4.2.1	Methodischer Überblick	84
4.2.2	Ansatz für batterieelektrische Fahrzeuge und Lessons Learned	87
4.3	Vor- und Nachteile bestehender Systeme	87
5	Aufbau einer messgestützten Gesamtfahrzeugsimulation	90
5.1	Bewertungsszenarien und -methodik	90
5.2	Beschreibung des Lösungsansatzes	92
5.3	Aufbau und Komponenten des Gesamtfahrzeugmodells	93
5.3.1	Hybrider Antriebsstrang	93
5.3.2	Gesamtfahrzeug	106
5.3.3	Steuerung und Regelung	110
5.3.4	Messbasierte Korrekturen auf Gesamtfahrzeugebene	113
5.4	Validierung	115
5.4.1	Referenzfahrzeug und verbaute Messtechnik	116
5.4.2	Vorvalidierung des Antriebsstrangs	119
5.4.3	Validierung des Gesamtfahrzeugmodells in den relevanten Zu-lassungszyklen	120
5.4.4	Validierung von Konstantgeschwindigkeitsfahrten	124
6	Anwendungsbeispiele	128
6.1	Beschreibung der Untersuchungsumfänge	128
6.2	Energieeffizienzoptimale Schaltstrategie im Rekuperationsbetrieb	130
6.2.1	Beschreibung des Optimierungsansatzes	131
6.2.2	Ergebnisse der Optimierung	134
6.2.3	Analyse sekundärer thermischer Effekte der Optimierung	139
6.3	Ein-Gang-Strategie	142
7	Fazit und Ausblick	146
A	Anhang	149
Literatur		170