

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	VII
Symbolverzeichnis	IX
1 Einleitung	1
2 Stand der Technik	3
2.1 Hybridfahrzeuge	3
2.1.1 Ausführungsformen	4
2.1.2 Leistungsklassen der Hybridisierung	6
2.1.3 Elektrische Komponenten	8
2.1.4 Betriebsmodi	11
2.2 Dieselmotoren	12
2.2.1 Gemischbildungs- und Verbrennungsprozess	12
2.2.2 Schadstoffentstehung	15
2.2.3 Aufladung	20
2.2.4 Abgasrückführung	21
2.3 Dieselhybridfahrzeuge	22
2.3.1 Technische Ansätze	22
2.3.2 Bekannte Prototypen und Serienfahrzeuge	23
3 Modellbildung	25
3.1 Grundlagen	26
3.1.1 Thermodynamik des Verbrennungsmotors	26
3.1.2 Strömungsmechanik	27
3.1.3 Wärmeübertragung	28
3.2 Simulationsumgebung	31
3.3 Fahrzeugmodell	33
3.3.1 Verbrennungsmotor	34
3.3.2 Elektrische Komponenten	35
3.3.3 Getriebe und Kupplungen	37
3.4 Dynamisches Verbrennungsmotormodell	38
3.4.1 Luftpfad	38
3.4.2 Einspritzsystem	40
3.4.3 Verbrennung und Emissionen	43
3.4.4 Thermisches Verhalten und Reibung	46
3.4.5 Abgasnachbehandlung	48

3.5	Validierung	50
3.5.1	Längsdynamikmodell	51
3.5.2	Gekoppeltes Verbrennungsmotormodell	51
4	Betriebsstrategie	55
4.1	Ladezustandskontrolle	56
4.2	Betriebsmoduswahl	57
4.2.1	Berücksichtigung des Systemwirkungsgrads	57
4.2.2	Berücksichtigung der dieselspezifischen Emissionen	62
4.2.3	Kombinierte Auslegung	65
4.3	Schaltstufenwahl	66
4.3.1	Rekuperation	66
4.3.2	Rein elektrischer Betrieb	67
4.3.3	Rein verbrennungsmotorischer Betrieb	67
4.3.4	Lastpunktanpassung	67
4.4	Thermomanagement	69
4.4.1	Kühlungsstrategie	69
4.4.2	Warmlaufstrategie bei kritischen Batteriezuständen	70
4.4.3	Warmlaufstrategie unter Verbrauchs- und Emissionsaspekten	70
4.5	Phlegmatisierung	75
4.5.1	Wirkmechanismen der Phlegmatisierung	76
4.5.2	Funktionale Umsetzung	79
4.5.3	Rückwirkungen auf bestehende Zielgrößen	80
4.5.4	Verzögerung bei fallenden Lastrampen	83
4.5.5	Applikative Umsetzung	84
5	Ergebnisse	87
5.1	Betriebsmodus- und Schaltstufenwahl	88
5.2	Warmlauf	94
5.3	Phlegmatisierung	99
6	Schlussfolgerung und Ausblick	111
	Literaturverzeichnis	113
	Abbildungsverzeichnis	122
	Tabellenverzeichnis	124