

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungen</b>	<b>iii</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation und Ziele . . . . .	1
1.2 Aufbau der Arbeit . . . . .	5
<b>2 Grundlagen</b>	<b>7</b>
2.1 Multikriterielle Optimierung . . . . .	7
2.1.1 Definition und Ansätze zum Vorgehen . . . . .	7
2.1.2 Klassische Methoden . . . . .	12
2.1.3 Evolutionäre Algorithmen . . . . .	15
2.1.4 Vergleich der Optimierungsansätze . . . . .	26
2.2 Hybridfahrzeuge und Verbrauchsbestimmung . . . . .	27
2.2.1 Typen von Hybridantrieben . . . . .	27
2.2.2 Gesetzliche Richtlinien zur Verbrauchsbestimmung . . . . .	31
<b>3 Optimierung von Hybridfahrzeugen</b>	<b>37</b>
3.1 Optimale Betriebsstrategien für parallele Hybridantriebe . . . . .	37
3.1.1 Optimale Steuerung . . . . .	40
3.1.2 Strategien mit Minimierung des äquivalenten Verbrauchs . . . . .	43
3.1.3 Regelbasierte Strategien . . . . .	44
3.2 Optimierung von Komponentenskalierungen in hybriden Antriebssträngen . . . . .	47
<b>4 Gesamtfahrzeugmodell</b>	<b>53</b>
4.1 Verbrennungsmotor und Kühlsystem . . . . .	55
4.2 Getriebe, Achsgetriebe und Räder . . . . .	56
4.3 Elektrisches Teilsystem . . . . .	56
4.4 Betriebsstrategie für parallele Hybride . . . . .	57

<b>5</b>	<b>Problemformulierung und Optimierungskonzepte</b>	<b>61</b>
5.1	Konzepte zur Optimierung von parallelen Hybridantrieben . . . . .	62
5.1.1	Beschreibung des Gesamtsystems . . . . .	62
5.1.2	Optimierungskonzepte . . . . .	64
5.1.3	Optimierung der Betriebsstrategie . . . . .	68
5.1.4	Optimierung der Komponentenskalierung im Antriebsstrang . . . . .	77
5.1.5	Optimierung des Gesamtsystems . . . . .	79
5.2	Konzept zur Optimierung von parallelen Plug-In-Hybridantrieben . . . . .	80
<b>6</b>	<b>Optimierungsalgorithmus</b>	<b>83</b>
6.1	Basialgorithmus des NSGA-II . . . . .	83
6.2	Weiterentwicklung des Algorithmus zur Optimierung des Gesamtfahrzeugmodells . . . . .	87
6.2.1	Start und Initialisierung . . . . .	87
6.2.2	Parallelisierung der Zielfunktionsauswertungen . . . . .	88
6.2.3	Robustheit, Überwachung und Visualisierung . . . . .	92
6.2.4	Verbesserung der Parametrierung und Konvergenz des Algorithmus . . . . .	97
<b>7</b>	<b>Optimierung ausgewählter Fahrzeugkonzepte</b>	<b>103</b>
7.1	Optimierung eines Parallelhybrid . . . . .	103
7.1.1	Optimierung der Betriebsstrategie für Parallelhybride im NEFZ . . . . .	105
7.1.2	Optimale Komponentenskalierung des Parallelhybrid im NEFZ . . . . .	111
7.1.3	Gleichzeitige Optimierung der Betriebsstrategie und der Komponentenskalierungen im NEFZ . . . . .	119
7.1.4	Analyse der Ergebnisse bei unterschiedlicher Problemformulierung und Vergleich der Optimierungsdauern . . . . .	121
7.1.5	Optimierung des Parallelhybrid in unterschiedlichen Szenarios . . . . .	123
7.2	Optimierung eines Parallelhybrid als Plug-In-Ausführung . . . . .	129
<b>8</b>	<b>Beschleunigung der Optimierung mit Ersatzmodellen</b>	<b>133</b>
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>143</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>147</b>