

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	i
Formelzeichen und Abkürzungen	iii
1 Einleitung.....	1
1.1 Motivation und Ziele der Arbeit	1
1.2 Aufbau der Arbeit	2
2 Theoretische Grundlagen	5
2.1 Hybride Antriebsstränge.....	5
2.1.1 Hybridfunktionen	5
2.1.2 Antriebsstrangtopologien und Elektrifizierungsgrade.....	7
2.1.3 Betriebsstrategien für Hybridfahrzeuge	9
2.2 Ottomotorische Grundlagen.....	11
2.2.1 Abgaszusammensetzung	11
2.2.2 Abgasnachbehandlung.....	12
2.3 Künstliche neuronale Netze.....	13
2.3.1 Maschinelles Lernen	13
2.3.2 Aufbau und Funktionsweise.....	14
2.3.3 Training und Bewertung	15
2.4 3F-Methodik.....	16
3 Stand der Forschung.....	19
3.1 Optimierung von Hybridfahrzeugen durch Fahrprofilprädiktion	19
3.2 Einordnung und Abgrenzung der Arbeit	23
4 Gesamtmethodik und Datenbasis.....	25
4.1 Toolkette	25
4.2 Verwendete Datenbasis.....	28
4.2.1 Messdaten aus Fahrzeugmessungen.....	29
4.2.2 Digitale Kartendaten	30
4.2.3 Höhendatenbank	32
4.3 Zusammenfassung des Kapitels	33
5 Modellierung eines 48V-Hybridfahrzeugs.....	35
5.1 Simulationsmodell MOVE3F.....	35
5.2 48V-Hybridfahrzeug.....	39
5.2.1 Fahrumgebung und Fahrer	40
5.2.2 Fahrzeugmodell.....	40
5.2.3 Validierung des Fahrzeugmodells	46
5.3 Thermische Modellierung.....	49
5.3.1 Aufbau des thermischen Modells.....	49

5.3.2	Validierung des thermischen Modells.....	52
5.4	Modellierung von Partikelemissionen.....	54
5.5	Zusammenfassung des Kapitels.....	59
6	Fahrprofilprädiktion im Kundenbetrieb	61
6.1	Methodik zur Erstellung von Referenzfahrprofilen und prädierten Fahrprofilen.....	61
6.2	Fahrmanöver im Kundenbetrieb.....	63
6.2.1	Definition betrachteter Fahrmanöver.....	63
6.2.2	Kennparameter von Fahrmanövern	66
6.2.3	Statistikerstellung für Kennparameter der Fahrmanöver	69
6.3	Modifikation von Basisfahrprofilen.....	70
6.4	Parameter modifizierter Fahrprofile	73
6.5	Zusammenfassung des Kapitels.....	75
7	Prädiktive Betriebsstrategie für 48V-Hybridfahrzeuge	77
7.1	Methodik zur prädiktiven Steuerung der Betriebsstrategie	78
7.2	Steuerparameter der prädiktiven Betriebsstrategie	80
7.2.1	Betrachtetes 48V-Hybridfahrzeug.....	80
7.2.2	Kritische Fahrprofilarten im Kundenbetrieb.....	81
7.2.3	Maßnahmen zur Vermeidung der kritischen Fahrprofilarten.....	86
7.2.4	Auswahl relevanter Steuerparameter	87
7.3	Steuerung der Betriebsstrategie durch künstliche Intelligenz.....	88
7.3.1	Erzeugung von Trainingsdaten.....	88
7.3.2	Struktur, Training und Bewertung der künstlichen neuronalen Netze	90
7.4	Adaption von Steuerparametern der Betriebsstrategie.....	96
7.5	Zusammenfassung des Kapitels.....	98
8	Potentiale der prädiktiven Betriebsstrategie.....	99
8.1	Potentiale und Herausforderungen von 48V-Hybridfahrzeugen im Kundenbetrieb.....	99
8.2	Analyse von Steuerparameterapplikationen	102
8.2.1	Optimale VKM-Zuschaltgrenze und Stärke der Lastpunktanhebung	103
8.2.2	Optimale Stärke der Lastpunktabsenkung.....	108
8.3	Einflüsse auf die Steuerparameteradaption.....	111
8.3.1	Einfluss der Umgebungstemperatur auf die Steuerparameteradaption	111
8.3.2	Einfluss des Fahrstils auf die Steuerparameteradaption	113
8.4	Vermeidung kritischer Betriebszustände durch Prädiktion	116
8.4.1	Niedrige Leistungsanforderung auf einer Route	117
8.4.2	Hohe Leistungsanforderung auf einer Route	119
8.4.3	Kritisches Fahrmanöver zu Beginn einer Route.....	121
8.5	Fazit der Potentialanalyse prädiktiver Betriebsstrategien für 48V-Hybridfahrzeuge.....	123
9	Zusammenfassung und Ausblick.....	127
	Literaturverzeichnis	131
	Anhang.....	141