

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen	XI
Abkürzungen	XV
1 Einleitung.....	1
2 Grundlagen und Stand der Technik	4
2.1 Hybride Fahrzeugantriebe	4
2.1.1 Definition und Einteilung hybrider Fahrzeugantriebe	4
2.1.2 Hybrid angetriebene Lkw und elektrifizierte Trailer	7
2.2 Synthetische Fahrprofile.....	9
2.2.1 Standardisierte Zyklen.....	10
2.2.2 Methoden zur Erzeugung einsatzindividueller Zyklen	14
2.2.3 Methode von Kattenberg	18
2.3 Optimierungsverfahren für Steuerungs- und Regelungsprobleme	21
2.3.1 Definition und Bellman'sches Optimalitätsprinzip	21
2.3.2 Dynamische Programmierung	23
2.3.3 Maschinelles Lernen	24
2.4 Energiemanagement in hybriden Fahrzeugen	32
2.4.1 Regelbasierte Strategien	33
2.4.2 Optimierende Strategien.....	34
2.4.3 Strategien basierend auf Maschinellem Lernen	36
2.4.4 Trainingsdaten der Reinforcement Learning-Ansätze	40
3 Zielsetzung der Arbeit.....	42
4 Modelle und Daten.....	47
4.1 Betrachtetes Fahrzeug.....	47
4.2 Simulationsmodelle	49
4.3 Messdatenbasis	52
5 Einsatzindividuelle Fahrprofile und Energiemanagementstrategien	54
5.1 Repräsentative, einsatzindividuelle Fahrprofile	54
5.1.1 Auswahl und Aufbereitung von Validierungszyklen	54
5.1.2 Erweiterung der Methode von Kattenberg	55
5.1.3 Erzeugung von Informationen zum Fahrzeugeinsatz.....	59
5.1.4 Erzeugte Einsatzprofile	63

5.2	Energiemanagement mittels Reinforcement Learning	64
5.2.1	Wahl des Algorithmus.....	65
5.2.2	Bestimmung der Hyperparameter	67
5.2.3	Festlegung von Beobachtungen und Belohnung.....	70
5.2.4	Restriktionen	72
5.2.5	Training	73
5.3	Dynamische Programmierung als Benchmark	75
5.3.1	Aktionsraum, Zustandsraum und Kostenfunktion	75
5.3.2	Schrittweitenbestimmung.....	77
5.4	Entwicklung regelbasierter Betriebsstrategien	79
5.4.1	Ohne Ladeinfrastruktur	80
5.4.2	Mit Ladeinfrastruktur	81
6	Simulationsergebnisse und Diskussion.....	83
6.1	Evaluation des Reinforcement Learning-Ansatzes.....	83
6.1.1	Lernverhalten	84
6.1.2	Auswahl von Agenten	85
6.1.3	Ergebnisse für Trainingsdaten.....	88
6.2	Bewertungsmethode	94
6.3	Ergebnisse der Validierungsfahrten.....	96
6.3.1	Ohne Ladeinfrastruktur	96
6.3.2	Mit Ladeinfrastruktur	103
6.4	Übertragbarkeit auf Varianten	109
6.4.1	Variation der Beladung	109
6.4.2	Variation der Streckenlänge	112
6.4.3	Variation des elektrischen Systems	113
7	Fazit und praktischer Nutzen	119
8	Zusammenfassung und Ausblick	123
	Quellenverzeichnis	125
	Anhang.....	i