

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Aufbau und Herausforderungen batterieelektrischer Fahrzeuge	5
1.2	Stand der Technik	10
1.2.1	Verbrauchs- und Reichweitenprognosen für BEVs	10
1.2.2	Energieeffiziente Fahrstrategie	12
1.2.3	Routenplanungsalgorithmen für BEVs	14
1.3	Ziel und Gliederung der Arbeit	17
2	Verbrauchsprognose	21
2.1	Generierung von Fahrprofilen	22
2.1.1	Routendaten	23
2.1.2	Fahrermodell	23
2.2	Fahrzeugmodell	28
2.2.1	Längsdynamik	28
2.2.2	Elektrischer Antriebsstrang	29
2.2.3	Nebenverbraucher	31
2.2.4	Batteriemodell	33
2.2.5	Lademodell	34
2.3	Identifikation verbrauchsrelevanter Modellparameter	36
2.3.1	Roll- und Luftwiderstand	36
2.3.2	Betriebsstrategie und Verluste des Antriebsstrangs	42
2.3.3	Nebenverbraucher	45
2.3.4	Kenngößen der Batterie	45
2.3.5	Verbrauchsrelevante Fahrcharakteristiken	48
2.4	Modellvalidierung	51
2.5	Sensitivitätsanalyse	57
2.5.1	Analytisches Verbrauchsmodell des Antriebsstrangs	58
2.5.2	Sensitivitätsanalyse hinsichtlich des Verbrauchs	59
2.5.3	Quantifizierung von Parameterunsicherheiten	62
2.6	Kurzzusammenfassung	62
3	Eco-Driving Assistent	65
3.1	Problemstellung der energieeffizienten Fahrstrategie	65
3.2	Lösungsansätze	67
3.2.1	Benchmark Lösung mittels DDP	68

3.2.2	Echtzeitfähiger Ansatz mittels QP	69
3.2.3	Echtzeitfähiger Ansatz mittels eines dynamischen Filters	74
3.3	Simulativer Vergleich der Eco-Driving Algorithmen	79
3.4	Experimentelle Validierung der Fahrstrategien	84
3.5	Fahrversuche im manuellen Betrieb	86
3.6	Kurzzusammenfassung	88
4	Reiseplanungsassistent	91
4.1	Graphenbasierte Optimierung	94
4.1.1	Grundlagen der Graphentheorie	94
4.1.2	Datenaufbereitung	96
4.1.3	Kürzeste Pfade Problem der BEV Reiseplanung	99
4.1.4	Lösungsansatz	100
4.1.5	Rucksackproblem und ϵ -Pareto-Optimalität	101
4.1.6	Parametrisierung des MBF	105
4.2	Gemischt-Ganzzahlige Lineare Optimierung	109
4.2.1	Datenaufbereitung und Aufstellen des Optimierungsproblems	109
4.2.2	Branch-and-Cut MILP Solver	111
4.3	Simulativer Vergleich der Reiseplanungsalgorithmen	112
4.3.1	Basisstrategie	114
4.3.2	Simulationsstudie für generische Routenabfragen	116
4.4	Robustheit gegenüber fehlerbehafteter Verbrauchsprognosen	123
4.5	Experimentelle Validierung der Reiseplanung	129
4.6	Kurzzusammenfassung	135
5	Zusammenfassung	137
A	Anhang	141
A.1	Datengetriebene Fahrermodelle	141
A.2	Vergleich der Verbrauchsprognose zu Ansätzen aus der Literatur	146
A.3	Dynamische Programmierung	149
A.4	Dijkstra und A* Algorithmus	151
A.5	Vergleich der Optimierung lokaler und globaler Zielgeschwindigkeiten mittels MBF	152
A.6	Zielgeschwindigkeit in der Basisstrategie	154
	Abbildungsverzeichnis	157
	Tabellenverzeichnis	161
	Abkürzungs- und Symbolverzeichnis	163
	Literatur	171