

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Ziel der Arbeit	6
1.3	Aufbau der Arbeit	6
1.4	Anmerkungen zum Verständnis der Arbeit	8
2	Stand der Technik	11
2.1	Elektrifizierung des Antriebsstrangs	11
2.2	Klimatisierung von Kraftfahrzeugen	15
2.3	Energiemanagement	18
2.4	Fahrerassistenzsysteme	20
2.5	Themenverwandte Arbeiten	21
2.5.1	Fahrzeuglängsführung	21
2.5.2	Klimatisierung	28
2.5.3	Forschungsbedarf	30
3	Grundlagen	33
3.1	Optimierung	33
3.1.1	Quadratische Programmierung	34
3.1.2	Dynamische Programmierung	37
3.2	Modellbasierte prädiktive Regelung	42
3.2.1	Ablauf	43
3.2.2	Konzept und Typographie	44
3.3	Linear-Quadratische Regelung	47
3.4	Modellierung	49
3.4.1	Modellierung der Längskräfte	49
3.4.2	Antriebsstrang	52
3.4.3	Traktionsbatterie	54
3.4.4	Detailliertes Fahrzeugmodell	56
3.4.5	Fahrgastzelle	57
3.4.6	Klimatisierung	64

4	Optimierung der Fahrstrategie	67
4.1	Modellanpassung	67
4.1.1	Diskretisierung	67
4.1.2	Prädiktion	69
4.2	Validierung der Modelle	71
4.2.1	Kontinuierliches Modell	73
4.2.2	Diskretes Modell	77
4.2.3	Zusammenfassung der Validierungsergebnisse	80
4.3	Streckenszenarien	80
4.4	Energieoptimale Geschwindigkeitstrajektorie	84
4.4.1	Physikalischer Ansatz	85
4.4.2	Quadratischer Ansatz	91
4.4.3	Diskussion der Ansätze	110
5	Integration der Klimatisierung	115
5.1	Validierung	115
5.2	Vereinfachung der Kostenfunktion	123
5.2.1	Quadratische Programmierung	123
5.2.2	Dynamische Programmierung	125
6	Übergeordnetes Energiemanagementsystem	127
6.1	Zusammenführen der Zustandsraummodelle	127
6.2	Anpassen der Kostenfunktion	128
6.3	Nebenbedingungen	133
7	Parameterstudien	135
7.1	Szenarien und Laufparameter	135
7.1.1	Steigungsszenarien	135
7.1.2	Beschleunigungsszenarien	136
7.2	Aufbau und Ablauf	137
7.3	Gütwerte	139
7.4	Analyse der Steigungsszenarien	140
7.4.1	Energieverbrauch	141
7.4.2	Fahrtzeit	148
7.4.3	Verlustenergie der Traktionsbatterie	151
7.4.4	Kabinentemperatur	154
7.4.5	Detaillierte Betrachtung	156
7.5	Fazit Steigungsszenarien	161
7.6	Analyse der Beschleunigungsszenarien	162
7.6.1	Energieverbrauch	163
7.6.2	Fahrtzeit	169

7.6.3	Verlustenergie der Traktionsbatterie	170
7.6.4	Kabinentemperatur	172
7.7	Fazit Beschleunigungsszenarien	173
7.8	Gesamtfazit Parameterstudien	175
8	Zusammenfassung	179
9	Ausblick	181
	Literaturverzeichnis	189
A	Weitere Verzeichnisse	i
A.1	Formelzeichen	ii
A.2	Abkürzungen	ix
A.3	Abbildungen	xi
A.4	Tabellen	xvi
B	Veröffentlichungen und betreute Arbeiten	i
B.1	Liste von Veröffentlichungen	i
B.2	Liste betreuter Arbeiten	ii
C	Erläuterungen	i
C.1	Blockdiagramme	i
C.2	Kennfelder	vi
C.3	Genutzte Beziehungen im Kabinenmodell	vi
C.4	Parametertabellen	vii
C.4.1	Zustandsraummodell des Antriebsstrangs	vii
C.4.2	Ein-Zonen-Modell der Fahrzeugkabine	viii
C.5	Validierung Antriebsstrang	xii
C.6	Fahrzeughtabellen	xv
D	Ergebnisse der Parameterstudien	i
D.1	Steigungsszenarien	i
D.1.1	Stichprobendiagramme	i
D.1.2	Konturdiagramme	iii
D.1.3	Gütwerte	x
D.2	Beschleunigungsszenarien	xix
D.2.1	Konturdiagramme	xix
D.2.2	Gütwerte	xxv