

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	V
Abbildungsverzeichnis.....	XI
Tabellenverzeichnis	XIX
Abkürzungsverzeichnis.....	XXI
Zusammenfassung	XXIX
Abstract.....	XXXIII

1 Einleitung und Ziel..... 1

2 Stand der Technik..... 3

2.1 Komponenten eines batterieelektrischen Fahrzeugs	3
2.1.1 Entstehungsgeschichte des batterieelektrischen Fahrzeugs	3
2.1.2 Aufbau	4
2.1.3 Elektrische Maschinen	4
2.1.4 Leistungselektronik.....	5
2.1.5 Chemische Energiespeicher	5
2.1.6 Batteriemodellierung	7
2.2 Energie- und Thermomanagement.....	12
2.2.1 Thermomanagement am batterieelektrischen Fahrzeug.....	12
2.2.2 Prädiktives Thermomanagement	15
2.2.3 Prädiktives Energiemanagement.....	17
2.2.4 Numerische Methoden im Thermomanagement auf Systemebene	19

3 Modellierung und Validierung..... 21

3.1 Untersuchtes Fahrzeug	21
3.1.1 Konfigurationen	22
3.1.2 Lastfälle	24
3.2 Modellierung des Fahrzeugs	24
3.2.1 Gekoppeltes Simulationsmodell	24
3.2.2 Fahrermodell.....	26
3.2.3 Batteriemodell.....	27

3.2.4	Motormodell	34
3.2.5	Leistungselektronikmodell	38
3.2.6	Regelung und Steuerung	38
3.2.7	Für Optimierungen nötige Erweiterungen	39
3.2.8	Schnell rechnendes Simulationsmodell	46
3.3	Validierung der Simulationsmodelle	47
3.3.1	Messumgebung	48
3.3.2	Messtechnik	48
3.3.3	Aufbau	52
3.3.4	Wärmepumpe	55
3.3.5	Motor und Leistungselektronik	62
3.3.6	Batterie	63
3.3.7	Innenraum	65
3.3.8	Schnell rechnendes Fahrzeugmodell	66
3.4	Entwicklung einer Geschwindigkeits-Kennzahl	67
4	Optimierung des Energie- und Thermomanagements.....	73
4.1	Einfluss verschiedener Zyklen	73
4.1.1	Reichweite im Ausgangszustand	73
4.1.2	Bestimmung des Reichweitenpotenzials	75
4.1.3	Reichweite bei „End of Life“ der Batterie	76
4.2	Reichweitenerhöhung durch Energiebedarfssenkung	77
4.2.1	Verwendung von Umluft	78
4.2.2	Anpassung der Solltemperatur im Innenraum	79
4.2.3	Isolation der Kabine	81
4.2.4	Heizung des Innenraums	82
4.2.5	Entfall der Klimaanlage (AC)	84
4.2.6	Motortemperaturregelung	85
4.2.7	Isolation von Motor und Inverter	87
4.2.8	Abwärmenutzung zur Batterieheizung	90
4.2.9	Isolation der Batterie	91
4.2.10	Maximale Verzögerung bei der Rekuperation	93
4.2.11	Abgestimmte Pumpen- und Lüfterregelung	94
4.2.12	Entfall des Chillers	96
4.2.13	Kombination von Maßnahmen	97
4.3	Vorkonditionierung und Laden	99
4.3.1	Bedarfsgerechtes Laden der Batterie	100
4.3.2	Thermische Vorkonditionierung der Batterie	102
4.3.3	Thermische Vorkonditionierung des Innenraums	104

5 Prädiktives Thermomanagement 107

5.1 Vollständig bekanntes Lastprofil 107

5.1.1 Vorgehensweise bei der Simulation..... 108

5.1.2 Vorgaben und Auswirkungen 108

5.1.3 Validierung der Methode 109

5.1.4 Minimierung des Fahrzeugenergiebedarfs..... 112

5.1.5 Minimierung des Gesamtenergiebedarfs 114

5.2 Teilweise bekanntes Lastprofil 116

5.2.1 Vorgehensweise bei der Simulation..... 116

5.2.2 Vorgaben und Auswirkungen 117

5.2.3 Voruntersuchung..... 118

5.2.4 Ergebnisse..... 119

5.3 Erhöhung der Reichweite durch weitere
Energiemanagementmaßnahmen 123

6 Schlussfolgerung und Ausblick..... 127

Literaturverzeichnis 129

Anhang..... 139