

Inhaltsverzeichnis

- Abkürzungsverzeichnis V
- Formelzeichen..... VII
- 1 Einleitung 1
 - 1.1 Motivation..... 1
 - 1.2 Zielsetzung..... 2
- 2 Stand der Technik und Wissenschaft..... 5
 - 2.1 Bremsenauslegung 5
 - 2.1.1 Bremsleistung 6
 - 2.1.2 Standfestigkeit 7
 - 2.2 Bremskraftverteilung 10
 - 2.2.1 Kraftübertragung 11
 - 2.2.2 Ideale Bremskraftverteilung 12
 - 2.2.3 Reale Bremskraftverteilung..... 14
 - 2.2.4 Gesetzliche Anforderungen 16
 - 2.3 Rekuperation..... 18
 - 2.3.1 Kategorisierung 18
 - 2.3.2 Auswirkungen der Rekuperation..... 21
 - 2.4 Feinstaub..... 24
 - 2.5 Thermische Simulation 25
 - 2.5.1 Wärmeübertragungsmechanismen..... 26
 - 2.5.2 Thermische Struktur der Bremse 28
 - 2.5.3 Simulationsmethoden 30
 - 2.6 Kritik am Stand der Technik und Wissenschaft und Ableitung der Themenstellung..... 31
- 3 Aufbau der Arbeit 33
- 4 Ermittlung der erforderlichen Bremsleistung in einem Elektrofahrzeug 35
 - 4.1 Versuche und Messungen 35
 - 4.1.1 Reales Beschleunigungsverhalten und Derating 35
 - 4.1.2 Rekuperation bei Passabfahrten 40

4.2	Fahrzeugmodell.....	44
4.2.1	Antriebsstrang.....	45
4.2.2	Bremse mit EBV-Regelung.....	46
4.2.3	ABS-Regelung.....	48
4.2.4	Rekuperation.....	48
4.2.5	Nebenverbraucher und Innenraum.....	51
4.2.6	Parametrierte Fahrzeuge.....	52
4.2.7	Umsetzung der Bremsmanöver in der Modellumgebung.....	52
4.3	Nebenverbraucherstrategien für den Fahrbetrieb.....	53
4.3.1	Prädiktiver Regelungsansatz zur Ansteuerung der Nebenverbraucher.....	53
4.3.2	Kontinuierliche Ansteuerung der Nebenverbraucher.....	54
5	Thermische Modellierung relevanter Bremsenkonzepte.....	57
5.1	Finite Differenzen Methode.....	57
5.2	Untersuchte Bremsenkonzepte und deren Wärmeübertragungsverhalten....	59
5.2.1	Herkömmliche Scheibenbremse.....	59
5.2.2	Trommelbremse.....	61
5.2.3	New Wheel Concept (NWC).....	62
5.2.4	Nasslaufende Mehrscheibenvollbelagsscheibenbremse (MSVB).....	64
5.3	Modellaufbau.....	66
5.3.1	Schnittstelle.....	66
5.3.2	Modellannahmen und Einschränkungen.....	66
5.3.3	Geometrische Abstraktion.....	68
5.3.4	Numerischer Aufbau.....	70
5.3.5	Überführung in Matrizenform.....	71
5.3.6	Übergangswiderstände, Kontaktwiderstände und unterschiedliche Materialien.....	72
5.3.7	Implementierte Parametersensitivitäten.....	73
5.4	Modellierung der untersuchten Bremsenkonzepte.....	73
5.4.1	Scheibenbremse.....	73
5.4.2	Trommelbremse.....	74
5.4.3	New Wheel Concept (NWC).....	74
5.4.4	Nasslaufende Mehrscheibenvollbelagsscheibenbremse (MSVB).....	74
5.5	Validierung.....	76
6	Auslegungstests.....	79
6.1	Großglockner Passabfahrt.....	80

6.1.1	Bremsentopologie	80
6.1.2	Nebenverbraucher	80
6.2	Folgestopptests	81
6.2.1	Manöver	81
6.2.2	Betrachtete Bremsenausführungen	82
7	Ergebnisse	83
7.1	Auswertung der Auslegungstests	83
7.1.1	Großglockner Passabfahrt	83
7.1.2	Folgestopptests	88
7.2	Ableitung der Bremsenauslegung	94
7.2.1	Dimensionierung etablierter Bremsenkonzepte	94
7.2.2	Alternative Konzepte	99
8	Diskussion	101
8.1	Modellierung	101
8.2	Ergebnisse der Arbeit	101
8.3	Vorschläge und Beantwortung der Forschungsfragen	104
9	Zusammenfassung und Ausblick	107
Abbildungsverzeichnis		i
Tabellenverzeichnis		vii
Literaturverzeichnis		ix
Vorveröffentlichungsliste		xxvii
Anhang		xxix