

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung und Motivation</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Stand der Technik und Wissenschaft</b> .....	<b>5</b>
2.1	Klassifizierende Einordnung von Federkraftbremsen .....	5
2.2	Schaltverhalten von Federkraftbremsen .....	7
2.2.1	Lüftvorgang.....	7
2.2.2	Verknüpfungsvorgang.....	10
2.3	Aktuelle Entwicklungstrends von Federkraftbremsen .....	14
2.4	Wissenschaftliche Ausführungen zu Federkraftbremsen .....	16
2.5	Erstellung kontinuierlicher Dynamikmodelle .....	17
2.5.1	CAD-basierte Modellierung .....	19
2.5.2	Topologiebasierte Modellierung .....	19
2.5.3	Signalflussbasierte Modellierung .....	19
2.5.4	Multidomänensimulation .....	20
2.6	Etablierte topologiebasierte Modellierungsansätze.....	22
2.6.1	Elektromagnetische Energiewandler.....	22
2.6.2	Thermische Netzwerkmodelle.....	25
2.7	Fazit und Ableitung des Handlungsbedarfs .....	29
<b>3</b>	<b>Zielsetzung und Vorgehen</b> .....	<b>30</b>
3.1	Zielsetzung .....	30
3.2	Methodische Vorgehensweise .....	31
<b>4</b>	<b>Definition des Untersuchungsgegenstands</b> .....	<b>33</b>
<b>5</b>	<b>Modellbildung</b> .....	<b>36</b>
5.1	Anforderungen an das Modell.....	36
5.1.1	Physikalische Anforderungen.....	36
5.1.2	Informationstechnische Anforderungen.....	37
5.2	Definition der Systemgrenzen.....	38
5.3	Definition von Teilsystemen.....	39
5.4	Festlegung des Modellbildungsansatzes .....	40

5.5	Idealisierte Modellgeometrie .....	42
5.6	Axialdynamisches Teilmodell .....	43
5.6.1	Elektrizität .....	44
5.6.2	Magnetismus .....	44
5.6.3	Translatorische Mechanik .....	53
5.7	Thermisches Teilmodell .....	55
5.7.1	Geometrische Segmentierung .....	55
5.7.2	Werkstoffe .....	56
5.7.3	Thermische Kontakte innerhalb des Modells .....	61
5.7.4	Thermische Randbedingungen .....	63
5.7.5	Betriebsbedingter Wärmeeintrag .....	67
5.8	Thermodilatatorisches Teilmodell .....	68
5.9	Multidomänenmodellssynthese .....	70
<b>6</b>	<b>Validierung .....</b>	<b>72</b>
6.1	Validierungsmethodik .....	72
6.2	Prüfstand .....	74
6.2.1	Benutzerinterface .....	76
6.2.2	Datenerfassungs- und Steuerungsmodul .....	76
6.2.3	Prüfstandansteuerung .....	77
6.2.4	Drehzahl- und Drehmomentmessung .....	77
6.2.5	Temperaturmessung .....	77
6.2.6	Messung von Strom und Spannung .....	79
6.2.7	Messung der Ankerscheibenposition .....	79
6.3	Validierung der Domänenmodelle .....	80
6.3.1	Axialdynamisches Teilmodell .....	80
6.3.2	Thermisches Teilmodell .....	86
6.3.3	Thermodilatatorisches Teilmodell .....	91
6.4	Validierung des Multidomänenmodells .....	95
<b>7</b>	<b>Multidomänenbasierte Optimierung .....</b>	<b>100</b>
7.1	Optimierungsstruktur .....	100
7.1.1	Multidomänenmodell .....	101
7.1.2	Auswertung güterelevanter Merkmale .....	101

---

7.1.3 Gütefunktion.....	102
7.1.4 Numerischer Optimierungsalgorithmus.....	104
7.2 Anwendungsbeispiele.....	106
7.2.1 Anwendungsbeispiel 1: Azimutverstellung einer Windkraftanlage.....	107
7.2.2 Anwendungsbeispiel 2: Motorbremse eines Flurförderfahrzeuges.....	113
7.2.3 Diskussion der Optimierungsergebnisse.....	118
<b>8 Interpretation der Ergebnisse.....</b>	<b>120</b>
<b>9 Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>122</b>
9.1 Zusammenfassung.....	122
9.2 Ausblick.....	123
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>125</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>132</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>134</b>
<b>Formelzeichen und Abkürzungen.....</b>	<b>136</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>142</b>