

# Inhaltsverzeichnis

<b>Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen</b>	<b>VI</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Problematik der Lastanalyse in Fehlerzuständen	2
1.1.1 Hochauftriebssysteme	2
1.1.2 Sicherheitsanforderungen und Lasten an Klappenmechanismen	6
1.1.3 Merkmale der Mechanismen	7
1.1.4 Abstraktions- und Vereinfachungsmöglichkeiten	11
1.1.5 Validierungsmöglichkeiten	12
1.2 Stand der Wissenschaft und Technik	14
1.2.1 Heutige Verfahren der Lastberechnung	14
1.2.2 Literaturübersicht	16
1.3 Ziele und Inhalt der Arbeit	18
1.4 Struktur der Arbeit	20
<b>2 Klappenmechanismen als elastische Mehrkörpermodelle</b>	<b>21</b>
2.1 Grundlagen der Methode elastischer Mehrkörpersysteme	22
2.1.1 Starre Körper	24
2.1.2 Elastische Körper	28
2.1.3 Eingeprägte konzentrierte Kräfte und Momente	34
2.1.4 Eingeprägte verteilte Kräfte auf elastischen Körpern	35
2.1.5 Ideale Gelenke	36
2.2 Problemspezifische Erweiterungen der Modellierung	37
2.2.1 Trägheitseigenschaften	37
2.2.2 Gelenkmodellierung durch Kräfte	39
2.2.3 Reibung	43
2.2.4 Abbildung von Bauteilelastizitäten durch konzentrierte Elastizitäten	45
2.2.5 Uniaxial plastisch deformierbare Körper	46
2.3 Preprocessing elastischer MKS	52
2.3.1 Programmstruktur	54
2.3.2 Datentypen	57
<b>3 Modellerstellung eines Prüfstandssystems</b>	<b>61</b>
3.1 Koordinatensysteme	62
3.2 Beschreibung des Prüfstandssystems	63
3.3 Modellbildung der Systemstruktur	66

3.3.1	Systemgrenzen . . . . .	66
3.3.2	Template- und Subsystemstruktur . . . . .	67
3.3.3	Klappenführungsmechanismen 2 bis 6 . . . . .	69
3.3.4	Klappenführungsmechanismus 1 . . . . .	75
3.3.5	Klappenkörper . . . . .	79
3.3.6	Mechanismen in den Klappenzwischenräumen . . . . .	79
3.3.7	Lastsysteme . . . . .	82
<b>4</b>	<b>Identifikation und Validierung des Prüfstandssystems</b>	<b>84</b>
4.1	Versuchskonfigurationen . . . . .	84
4.1.1	Bruchversuch Drive Strut . . . . .	85
4.1.2	Statischer Versuch . . . . .	88
4.1.3	Fehlerdetektionsversuch . . . . .	88
4.2	Identifikations- und Validierungsprozess . . . . .	89
4.2.1	Bewertungsschema der Simulationsergebnisse . . . . .	89
4.2.2	Prozessbeschreibung . . . . .	90
4.3	Validierung . . . . .	93
4.3.1	Bruchversuch Drive Strut . . . . .	93
4.3.2	Statischer Versuch . . . . .	99
4.3.3	Fehlerdetektionsversuch . . . . .	103
4.4	Grenzen des Modells . . . . .	107
<b>5</b>	<b>Modellanalyse mit unsicheren Parametern</b>	<b>108</b>
5.1	Dimensionsadaptive Interpolation auf dünnen Gittern . . . . .	110
5.1.1	Eindimensionale hierarchische Basisfunktionen . . . . .	111
5.1.2	Mehrdimensionale Interpolation auf dünnen Gittern . . . . .	113
5.1.3	Dimensionsadaptive Gitterverfeinerung . . . . .	117
5.2	Prozessbeschreibung . . . . .	121
5.3	Analyse des Metamodells . . . . .	123
5.3.1	Ermittlung und Klassifikation von Einflussfaktoren . . . . .	124
5.3.2	Parameteridentifikation und Optimierung . . . . .	127
5.4	Analyse von Fertigungstoleranzen . . . . .	128
5.5	Anwendung der Analyse am Prüfstandsmodell . . . . .	131
5.5.1	Bruchversuch Drive Strut: Einflüsse der Unsicherheiten . . . . .	132
5.5.2	Bruchversuch Drive Strut: Parameteridentifikation . . . . .	140
5.5.3	Statischer Versuch . . . . .	143
5.5.4	Fehlerdetektionsversuch . . . . .	149
<b>6</b>	<b>Modellierung und Simulation in Flugumgebung</b>	<b>156</b>
6.1	Modellierung der Flügeldeformation . . . . .	156
6.2	Modellierung der aerodynamischen Lasten . . . . .	158
6.2.1	Parametrierung der Klappengeometrie . . . . .	159
6.2.2	Datenquellen für aerodynamische Lasten . . . . .	160

6.2.3	Kopplung der aerodynamischen Lasten an Balkenstrukturmodell . .	163
6.2.4	Kopplung der aerodynamischen Lasten an Feinstrukturmodell . . .	165
6.2.5	Verifikation der Lastmodellierung . . . . .	168
6.3	Modellanalyse in Flugumgebung . . . . .	171
6.3.1	Vergleich der Modelle von Prüfstands- und Flugumgebung . . . . .	172
6.3.2	Modellanalyse mit unsicheren Parametern . . . . .	176
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>181</b>
	<b>Literatur</b>	<b>184</b>