

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	xiii
<b>Tabellenverzeichnis</b>	xvii
<b>Nomenklatur</b>	xix
<b>1 Einleitung</b>	1
1.1 Stand der Wissenschaft und Technik . . . . .	3
1.2 Zielsetzung und Gliederung der Arbeit . . . . .	7
<b>2 Integrationsaspekte und Technologiebewertung</b>	11
2.1 Prinzip des Höhenflossenstellsystems mit testbarem Zuganker . . . . .	12
2.2 Erprobte Neuentwicklungen von Höhenflossenstellsystemen . . . . .	16
2.2.1 Höhenflossenstellsystem mit redundanten selbstsynchro- nisierenden Lastpfaden . . . . .	16
2.2.2 Höhenflossenstellsystem mit zwei getrennten Hydraulik- zylindern . . . . .	18
2.3 Technologiebewertung von Höhenflossenstellsystemen . . . . .	21
2.3.1 Kriterien . . . . .	21
2.3.2 Bewertung . . . . .	22
2.4 Integrationsaspekte . . . . .	26
2.4.1 Zwei primäre Lastpfade . . . . .	26
2.4.2 Ein Primär- und ein Sekundärlastpfad . . . . .	32
2.4.3 Integrationsbeispiele neuer Höhenflossenstellsysteme . . . . .	33
2.5 Bewertung des Konzeptes mit testbarem Zuganker . . . . .	34
2.5.1 Kriterienausprägungen der Architekturen . . . . .	34
2.5.2 Bewertung anhand eines Entscheidungskataloges . . . . .	36
2.5.3 Fazit . . . . .	40

<b>3 Hybride Systemmodellierung des THSA</b>	<b>43</b>
3.1 Kontinuierliches Teilsystem . . . . .	44
3.1.1 Grundelemente des mechanischen Modellteils . . . . .	47
3.1.2 Permanentmagneterregter Elektromotor . . . . .	51
3.1.3 Getriebeeinheit . . . . .	59
3.1.4 Spindelaktuator . . . . .	62
3.1.5 Höhenflosse . . . . .	69
3.1.6 Elektromechanisches Gesamtsystem . . . . .	71
3.2 Ereignisdiskretes Teilsystem . . . . .	73
3.2.1 Modellierung über Petri-Netze . . . . .	75
3.3 Hybrides Gesamtsystem . . . . .	77
<b>4 Steuerung und Überwachung des THSA</b>	<b>83</b>
4.1 Entwurf der Regelung . . . . .	84
4.1.1 Stromregelkreis . . . . .	85
4.1.2 Drehzahlregelkreis . . . . .	89
4.1.3 Positionsregelkreis . . . . .	92
4.2 Entwurf der Fehlerüberwachung und Systemsteuerung . . . . .	103
4.2.1 Fehlereingrenzung und Sensorik . . . . .	105
4.2.2 Fehlzustandsart- und -auswirkungsanalyse . . . . .	106
4.2.3 Merkmalerzeugung und Fehlererkennung . . . . .	108
4.2.4 Fehlerdiagnose und Systemreaktion . . . . .	118
4.2.5 Erreichbarkeitsanalyse des hybriden Systems . . . . .	123
4.3 Vorflugtest . . . . .	139
4.4 Zusammenfassung . . . . .	142
<b>5 Konzept der virtuellen Validierung</b>	<b>145</b>
5.1 Definition . . . . .	146
5.2 Methodik . . . . .	148
5.2.1 Testgenerierung mithilfe von Erreichbarkeitsanalysen . . . . .	150
5.2.2 Testauswertung und -dokumentation . . . . .	161
5.3 Fazit . . . . .	162
<b>6 Virtuelle Erprobung des neuen THSA</b>	<b>165</b>
6.1 Testgenerator . . . . .	167

6.2	Testergebnisse . . . . .	170
6.2.1	Normalbetrieb . . . . .	173
6.2.2	Klemmfall im aktiven Getriebe . . . . .	173
6.2.3	Fehlerhaftes Setzen der Zugankerbremse . . . . .	175
6.2.4	Bruch des belasteten Spindelteils . . . . .	177
6.2.5	Zusammenfassung . . . . .	181
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>183</b>
<b>A</b>	<b>Anhang</b>	<b>189</b>
A.1	Paarvergleichsmatrizen der Forderungsprofile . . . . .	189
A.2	FMEA des Systems . . . . .	204
A.3	Fehlergruppen . . . . .	209
<b>Literaturverzeichnis</b>		<b>211</b>