

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	xiii
Tabellenverzeichnis	xvii
Nomenklatur	xix
1 Einleitung	1
1.1 Stand der Wissenschaft und Technik	3
1.2 Zielsetzung und Gliederung der Arbeit	7
2 Integrationsaspekte und Technologiebewertung	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

3	Hybride Systemmodellierung des THSA	43
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
4	Steuerung und Überwachung des THSA	83
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
5	Konzept der virtuellen Validierung	145
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
6	Virtuelle Erprobung des neuen THSA	165
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
7	Zusammenfassung und Ausblick	183
A	Anhang	189
A.1	Paarvergleichsmatrizen der Forderungsprofile	189
A.2	FMEA des Systems	204
A.3	Fehlergruppen	209
	Literaturverzeichnis	211