

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>xi</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>xv</b>
<b>Nomenklatur</b>	<b>xvii</b>
Formelzeichen . . . . .	xvii
Indizes . . . . .	xix
Abkürzungen . . . . .	xx
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Stand der Wissenschaft und Technik . . . . .	2
1.2 Ziele und Gliederung der Arbeit . . . . .	5
<b>2 Instandhaltung in der Luftfahrt</b>	<b>7</b>
2.1 Begriffsdefinitionen . . . . .	7
2.1.1 Instandhaltung . . . . .	7
2.1.2 Instandhaltungsstrategien . . . . .	8
2.2 Instandhaltungskonzepte in der Luftfahrt . . . . .	9
2.2.1 Randbedingungen . . . . .	9
2.2.2 Umsetzung der Instandhaltung . . . . .	11
2.3 Zustandsüberwachung zur Instandhaltungsplanung . . . . .	18
2.3.1 Bisherige Umsetzung in der Luftfahrt . . . . .	18
2.3.2 Potential der Zustandsüberwachung zur Reduktion der Betriebskosten . . . . .	20
<b>3 Hydraulische Flugzeugsysteme</b>	<b>23</b>
3.1 Hydraulische Energieversorgungssysteme in Verkehrsflugzeugen	23
3.2 Beschreibung des betrachteten Systems . . . . .	25
3.2.1 Hydraulische Systeme des Airbus A320 . . . . .	25
3.2.2 Das blaue Hydrauliksystem . . . . .	29
3.2.3 Betriebspunkte . . . . .	31

3.2.4	Derzeitige Möglichkeiten der Fehlererkennung . . . . .	34
3.3	Analyse von Fehlerfällen . . . . .	36
3.3.1	Auswahlkriterien . . . . .	37
3.3.2	Auswahl zu betrachtender Fehlerfälle . . . . .	39
3.4	Fazit . . . . .	40
<b>4</b>	<b>Modellbasierte Entwicklung eines Zustandsdiagnosesystems</b>	<b>41</b>
4.1	Verfahren zur Zustandsdiagnose . . . . .	41
4.1.1	Methoden der Fehlerdiagnose . . . . .	42
4.1.2	Angewendete Methode . . . . .	45
4.2	Ermittlung fehlersensitiver Systemzustände zur Merkmalsgenerierung . . . . .	52
4.2.1	Modellbasierte Analyse von Fehlereffekten . . . . .	52
4.2.2	Ermittlung geeigneter Sensorkonfigurationen . . . . .	53
4.2.3	Bewertung geeigneter Sensorkonfigurationen . . . . .	54
4.3	Symptomgenerierung zur Fehlererkennung . . . . .	55
4.3.1	Nominalwertgenerierung . . . . .	55
4.3.2	Fehlererkennung . . . . .	59
4.4	Erstellung der Diagnosefunktionen . . . . .	62
4.4.1	Support Vector Machines . . . . .	63
4.4.2	Fehlerisolation . . . . .	66
4.4.3	Bestimmung der Fehlerausprägung . . . . .	67
4.4.4	Konsolidierung . . . . .	68
4.5	Zusammenfassung . . . . .	70
<b>5</b>	<b>Modellbildung zur Analyse der Auswirkungen von Fehlerfällen</b>	<b>71</b>
5.1	Modellierungskonzept . . . . .	71
5.2	Physikalische Modellierung der EMP . . . . .	72
5.2.1	Funktionsweise der EMP . . . . .	73
5.2.2	Modellbildung der EMP . . . . .	75
5.3	Untersuchung der Auswirkung von Komponentenfehlern . . . . .	78
5.4	Ableitung phänomenologischer Fehlermodelle . . . . .	80
5.5	Modellierung des Gesamtsystems . . . . .	82

---

<b>6 Implementierung des Zustandsdiagnosesystems</b>	<b>85</b>
6.1 Implementierung der Algorithmik zur Zustandsdiagnose . . . . .	85
6.1.1 Modellbasierte Analyse von Fehlereffekten . . . . .	85
6.1.2 Ermittlung optimaler Sensorkonfigurationen . . . . .	88
6.1.3 Ableitung von Meta-Modellen . . . . .	90
6.1.4 Erstellung der Diagnosefunktion . . . . .	91
6.2 Anwendung auf Prüfstand . . . . .	94
6.2.1 Beschreibung des Prüfstands . . . . .	94
6.2.2 Definition von Parametern zur Umsetzung der Zustandsdiagnose . . . . .	100
6.2.3 Justierung der Algorithmik . . . . .	102
<b>7 Validierung und Bewertung des Zustandsdiagnosesystems</b>	<b>107</b>
7.1 Experimentielle Validerung . . . . .	107
7.1.1 Systemanregung . . . . .	107
7.1.2 Fehlerfälle . . . . .	108
7.1.3 Auswertung . . . . .	110
7.2 Bewertung des Zustandsdiagnosesystems . . . . .	112
7.2.1 Analyse der Diagnosegüte . . . . .	112
7.2.2 Bewertung des Zustandsdiagnosesystems . . . . .	116
<b>8 Zustandsdiagnose und -vorhersage zur Instandhaltungsplanung</b>	<b>121</b>
8.1 Visualisierung der Auswirkung des diagnostizierten Fehlers . .	121
8.2 Trendermittlung der Fehlerausprägung . . . . .	122
8.2.1 Langzeitkonsolidierung . . . . .	123
8.2.2 Anwendungsbeispiel . . . . .	124
8.3 Vorhersagebasierte Instandhaltungsplanung . . . . .	127
<b>9 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>133</b>
<b>A Validierung der Sensorkonfiguration L1</b>	<b>137</b>
<b>Literatur</b>	<b>139</b>