

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	xi
Tabellenverzeichnis	xvii
Nomenklatur	xix
Formelzeichen	xix
Indizes	xxi
Abkürzungen	xxii
1 Einleitung	1
1.1 Stand der Wissenschaft und Technik	2
1.1.1 Technologie und Methodik	3
1.1.2 Prozess	6
1.1.3 Werkzeuge	8
1.1.4 Zusammenfassender Vergleich und Diskussion	10
1.2 Ziel der Arbeit	12
1.3 Gliederung der Arbeit	13
2 Fehlerdiagnose heutiger Verkehrsflugzeuge	15
2.1 Begriffsdefinitionen	15
2.1.1 Fehler	15
2.1.2 Fehlerdiagnose	19
2.2 Historische Entwicklung	21
2.3 Aktuelle Ausführung einer Fehlerdiagnose	25
2.4 Diskussion und Bewertung	29
3 Agenten-basierte Fehlerdiagnose	31
3.1 Zustandsänderung	31
3.2 Funktionale Ebenen	34

3.3	Elemente und Architektur	36
3.3.1	Anforderungen an Gesamtkonzept	36
3.3.2	Lösungsansätze für die Fehlerdiagnose	38
3.4	Gesamtkonzept für die Fehlerdiagnose an Bord eines Flugzeuges	39
4	Entwicklungsprozess für Fehlerdiagnose-Agenten	51
4.1	Rahmen der Entwicklung einer Fehlerdiagnose	51
4.2	Ablauf der Entwicklung einer Fehlerdiagnose	54
4.2.1	Schritt 1: Modellbildung und Simulation	54
4.2.2	Schritt 2: Ursache-Wirkungs Matrizen	54
4.2.3	Schritt 3: Analyse	54
4.2.4	Schritt 4: Bewertung	56
4.2.5	Schritt 5: Coding	56
4.2.6	Schritt 6: Implementierung	56
4.3	Werkzeug zur Entwicklung einer Fehlerdiagnose	57
4.3.1	Modul 1: Fehler-Effekt Modellierung	57
4.3.2	Modul 2: Indikator- und Sensorauswahl	58
4.3.3	Modul 3: Regelgenerierung	58
4.3.4	Modul 4: Konfiguration der Fehlerdiagnose-Engine . . .	58
5	Modellbildung und Simulation von Fehlverhalten	59
5.1	Modellierung von Fehlern	59
5.1.1	Modellierungsansatz	60
5.1.2	Beispiele	62
5.2	Simulation von Fehlern	73
5.2.1	Randbedingungen	73
5.2.2	Fehlerszenarien	74
5.3	Auswertung von Fehlereffekten	75
6	Analyse von Ursache-Wirkungs Matrizen	87
6.1	Analyse von Fehler-Indikator Matrizen	87
6.1.1	Bildung von Fehler-Indikator Matrizen	89
6.1.2	Analyse der Reihenfolge von Indikatoren	94
6.1.3	Detektion von Fehlern	97
6.1.4	Isolation von Fehlern	101

6.1.5	Bewertung von Indikatormengen	109
6.1.6	Anwendung exakter Fehlerdiagnoseregeln	112
6.1.7	Weiterführende Bewertung von Fehler-Merkmalen	114
6.2	Analyse von Fehler-Merkmal Matrizen	117
6.2.1	Grundlagen der <i>Fuzzy</i> Logik und <i>Fuzzy</i> Inferenz	118
6.2.2	Automatisierungsansätze zur Generierung von <i>Fuzzy</i> Regeln	121
6.2.3	Algorithmus zur Generierung von <i>Fuzzy</i> Fehlerdiagnoseregeln	123
6.2.4	Anwendungsbeispiel von <i>Fuzzy</i> Fehlerdiagnoseregeln . .	135
7	Implementierung von Fehlerdiagnose-Agenten	137
7.1	Ablauf der Implementierung von Fehlerdiagnose-Agenten	137
7.2	Dokumentenstruktur und Module	140
7.3	Expertensysteme	141
8	Demonstration am Beispiel des multifunktionalen Brennstoffzellensystems	143
8.1	Motivation für den Einsatz von Brennstoffzellen in der Luftfahrt	143
8.2	Integration von Brennstoffzellen an Bord von Verkehrsflugzeugen	144
8.3	Referenzarchitektur	146
8.4	Entwicklung einer Fehlerdiagnose-Engine	148
8.4.1	Fehlerszenarien	149
8.4.2	Ergebnisse der Fehlersimulation	149
8.4.3	Analyse von Ursache-Wirkungs Matrizen und Erzeugung von Fehlerdiagnoseregeln	151
8.4.4	Demonstration der Fehlerdiagnose-Engine	154
9	Zusammenfassung und Ausblick	171
A	Anhang	175
A.1	Übersicht von Verfahren der Fehlerdiagnose	175
A.1.1	Fehlerdetektion	175
A.1.2	Fehlerisolation	177
A.1.3	Fehleridentifikation	191

A.2 Tabellen 195

Literaturverzeichnis 201