

Zustandsbezogenes on-board Instandhaltungsmanagementsystem für mobile Systeme

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktoringenieur (Dr.-Ing.)

vorgelegt der Fakultät für Informatik und Automatisierung
der Technischen Universität Ilmenau

von Dipl.-Ing. (FH) Thorsten Engelhardt
geboren am 28. November 1971 in Bad Hersfeld

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. habil. J. Wernstedt, Fraunhofer-AST, Ilmenau
Prof. Dr.-Ing. St. Lambeck (JP), TU Ilmenau
Prof. Dr.-Ing. B. Cuno, Hochschule Fulda

Tag der Einreichung: 20.02.2006

Tag der öffentlichen Aussprache: 20.04.2007

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	VIII
Liste der Formelzeichen.....	IX
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung.....	1
1.2 Aktueller Stand der Instandhaltungsorganisation	2
1.2.1 Vorbeugende Instandhaltung.....	3
1.2.2 Vorbeugende Instandhaltung mit nutzungsabhängigen Intervallen	3
1.2.3 Rechnerbasierte on-board Instandhaltung	3
1.2.4 Rechnerbasierte on-/off-board Instandhaltung	4
1.2.5 Flotteninstandhaltungsmanagement	5
1.2.6 Bewertung	5
1.3 Zielsetzung der Arbeit.....	7
1.4 Gliederung der Arbeit.....	7
2 Ganzheitlicher Systemansatz des Instandhaltungsmanagementsystems.....	10
2.1 Analyse der Instandhaltungsanforderungen	10
2.1.1 Schädigung als Ursache der Instandhaltung.....	10
2.1.2 Maßnahmen der Instandhaltung	11
2.1.3 Instandhaltungsstrategien	12
2.2 On-board Systemansatz.....	14
3 Beschreibung des Betriebsmittelzustandes	17
3.1 Verfahren zur Zustandsbeschreibung.....	18
3.1.1 Direkte Verfahren.....	21
3.1.2 Indirekte Verfahren	21
3.1.3 Kenngrößenbasierte Verfahren	25
3.1.4 Belastungsbasierte Verfahren.....	26
3.1.5 Zuverlässigkeitsbasierte Verfahren	28

3.2	Bewertung und Gegenüberstellung der Verfahren	30
3.3	Notation des Betriebsmittelzustandes	32
3.4	Anwendungen zur Zustandsbeschreibung	33
3.4.1	Motoransaugluftfilter	33
3.4.2	Fahrwerkskomponenten	37
4	Ermittlung des Instandhaltungsbedarfs	41
4.1	Zustandsüberwachung	41
4.1.1	Überwachung des Beobachtungsraumes	42
4.1.2	Überwachung des Merkmalsraumes	43
4.1.3	Überwachung der skalaren Zustandsgröße	43
4.2	Vorhersage des Nutzungsendpunktes	44
4.2.1	Grundlagen	45
4.2.2	Voraussetzungen zur Vorhersage	48
4.2.3	Verfahren zur Vorhersage des Nutzungsendpunktes	49
4.2.4	Erhöhung der Zuverlässigkeit und Sicherheit der Nutzungsvorhersage	52
4.2.5	Vorhersage auf Basis des CUSUM-Tests	54
4.2.6	Vergleich der Vorhersageverfahren	63
4.3	Aggregation der Informationsquellen	73
4.3.1	Grundlagen und Voraussetzungen	73
4.3.2	Beschreibung der Informationsquellen	74
4.3.3	Aggregation der Informationsquellen	75
4.3.4	Anwendungsbeispiel zur Aggregation	76
5	Instandhaltungsplanung	79
5.1	Grundlagen zur on-board Instandhaltungsplanung	80
5.1.1	Voraussetzungen und Einschränkungen	80
5.1.2	Datenmodell zur Instandhaltungsplanung	80
5.1.3	Wirtschaftlichkeit als Grundlage der Instandhaltungsplanung	83
5.2	Planungsalgorithmus	86
5.2.1	Bestimmung des folgenden Servicepunktes	87
5.2.2	Bestimmung des Serviceinhalts	92
5.2.3	Beschreibung des Instandhaltungsplans	97

5.2.4	Anwendungsbeispiel der Planung	100
5.3	Life-Cycle Simulation der Instandhaltungsplanung	106
5.3.1	Softwaretechnische Umsetzung und Realisierung der Testumgebung	107
5.3.2	Szenarien	108
5.3.3	Gegenüberstellung und Diskussion der Ergebnisse	109
6	On-/Off-board Schnittstelle	112
6.1	On-board Schnittstelle für den Nutzer und den Service	112
6.2	Off-board Schnittstelle für Telematikdienste	114
7	Zusammenfassung und Ausblick	117
7.1	Zusammenfassung	117
7.2	Ausblick	119
Anhang A – C		120
Literaturverzeichnis		134