

Lebenszyklusorientierte Optimierung von Instandhaltungssystemen für hochwertige Investitionsgüter

Von der Gemeinsamen Fakultät für Maschinenbau und Elektrotechnik
der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig

zur Erlangung der Würde
eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

genehmigte Dissertation

von

Andreas Bauer

aus Bremen

2001

eingereicht am: 08. Oktober 2001

mündliche Prüfung am: 28. November 2001

Hauptberichter: Prof. Dr.-Ing. U. Dombrowski

Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. Prof. E. h. Dr.-Ing. E. h. Dr. h.c. E. Westkämper

Schriftenreihe des IFU

Band 3

Andreas Bauer

**Lebenszyklusorientierte Optimierung
von Instandhaltungssystemen für
hochwertige Investitionsgüter**

Shaker Verlag
Aachen 2002

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Bauer, Andreas:

Lebenszyklusorientierte Optimierung von Instandhaltungssystemen
für hochwertige Investitionsgüter / Andreas Bauer.

Aachen : Shaker, 2002

(Schriftenreihe des IFU ; Bd. 3)

Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 2001

ISBN 3-8322-0155-6

Copyright Shaker Verlag 2002

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen
oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungs-
anlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-0155-6

ISSN 1617-965X

Shaker Verlag GmbH • Postfach 1290 • 52013 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen meiner Tätigkeit als Mitarbeiter des Instituts für Angewandte Produktionstechnologie GmbH (IAP) in Braunschweig.

Herrn Prof. Dr.-Ing. U. Dombrowski danke ich für die Betreuung und die umfassende Unterstützung meiner Arbeit. Herrn Prof. Dr.-Ing. Prof. E. h. Dr.-Ing. E. h. Dr. h.c. E. Westkämper danke ich für die Förderung meiner Arbeit sowie für das mir und meiner Tätigkeit entgegengebrachte Vertrauen. Die gewährte Eigenständigkeit und Eigenverantwortlichkeit als Mitarbeiter des oben genannten Instituts bildete die Grundlage für die Entwicklung und Ausarbeitung des in meiner Dissertation behandelten Themas. Herrn Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. J. Hesselbach gilt mein Dank für die Übernahme des Vorsitzes bei der mündlichen Prüfung.

Stellvertretend für die vielen hilfsbereiten Mitarbeiter des Industrieunternehmens, in dem die Ideen zu dieser Arbeit geboren und die Praxistauglichkeit nachgewiesen werden konnte, möchte ich Herrn Dipl.-Wirt.-Ing. Matthias Tonn, Herrn Dr.-Ing. Thomas Schmidt, Herrn Sven Kantor (Techn. Betriebswirt) und insbesondere Herrn Dr.-Ing. Oliver Laucht für die eröffneten Chancen und die gebotene Unterstützung danken.

Allen Mitarbeitern der IAP GmbH möchte ich an dieser Stelle ausdrücklich für die stets gute Zusammenarbeit und den damit verbundenen direkten oder indirekten Beitrag zum Erstellen dieser Arbeit meinen Dank aussprechen. Herzlich danken möchte ich insbesondere meinen langjährigen Weggefährten Dr.-Ing. Uwe-Jens Unger, Dr.-Ing. Christian Bieniek und wiederum Herrn Dr.-Ing. Oliver Laucht für die sorgfältige Durchsicht der Dissertation und die damit verbundenen wertvollen Hinweise.

Nicht vergessen sei auch die Reihe der Studenten, die mich in zahlreichen Industrieprojekten unterstützt haben. Besonders hervorheben möchte ich hier die Leistung von Marcel Lüers, mit dem ich gemeinsam - inzwischen als Kollege - entscheidende Ziele erreicht habe.

Mein größter Dank gebührt indes meiner ganzen Familie, die den von mir eingeschlagenen Weg geebnet hat und deren tatkräftige Unterstützung zum Gelingen der Arbeit unverzichtbar war.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Ausgangssituation bei hochwertigen Investitionsgütern	2
1.2	Abgrenzung der Aufgabenstellung	4
1.3	Handlungsbedarf und Zielsetzung	7
1.4	Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit	10
2	Instandhaltung von hochwertigen Investitionsgütern.....	12
2.1	Aufgaben und Ziele der Instandhaltung	12
2.1.1	Definition des Instandhaltungsbegriffs.....	12
2.1.2	Instandhaltung von Flugzeugen	14
2.2	Zuverlässigkeitsorientierte Instandhaltung (RCM)	16
2.2.1	Ablauf einer zuverlässigkeitsorientierten Instandhaltung	16
2.2.2	Bestimmung der Zuverlässigkeit und Ausfallhäufigkeit.....	18
2.2.3	Ausfallverhalten unterschiedlicher Komponenten.....	21
2.2.4	Einfluß des Reparaturkreislaufs auf die Zuverlässigkeit.....	24
2.3	Ersatzteilplanung und –logistik	27
2.3.1	Begriffe des Ersatzteilwesens.....	27
2.3.2	Ersatzteilplanung	30
2.3.3	Ersatzteillogistik	35
2.4	Hochwertige Investitionsgüter am Beispiel eines Verkehrsflugzeuges	36
2.4.1	Produktstruktur und Aufbau.....	38
2.4.2	Lebensdauer und Flottenalterung von Verkehrsflugzeugen.....	40
2.4.3	Informationssysteme zur Zustandsüberwachung bei Flugzeugen	45
2.5	EDV-Systeme zur Instandhaltungs- und Ersatzteilplanung.....	48
2.6	Dienstleistungen zur Instandhaltung und Ersatzteilversorgung.....	54
2.7	Instandhaltungs- und Ersatzteilsysteme in Forschung und Praxis	58
2.7.1	Ansätze und Verfahren zur Optimierung der Instandhaltung.....	58
2.7.2	Ansätze zur Optimierung der Ersatzteilplanung und –logistik.....	61
2.7.3	Fazit und Handlungsbedarf bei Instandhaltungssystemen	62

3 Grundlagen der Systemkonzeption	65
3.1 Systemtheoretische Grundlagen	65
3.2 Kybernetische Systembetrachtungen	66
3.3 Modellvorstellung und Anforderungen des Instandhaltungssystems.....	68
3.4 Anforderungen und Elemente des Ersatzteilsystems.....	71
3.4.1 Kriterien und Verfahren zur Gestaltung des Ersatzteilsystems	71
3.4.2 Elemente und Prozesse bei der Ersatzteillogistik	72
3.5 Systematik zur Konzeption der Instandhaltungs- und Ersatzteilsysteme	74
4 Zuverlässigkeit im Lebenszyklus als Basis für Instandhaltungssysteme	77
4.1 Prämissen für eine lebenszyklusorientierte Instandhaltung von Investitionsgütern	77
4.2 Auflagen und Hilfsmittel vor der Inbetriebnahme von Verkehrsflugzeugen	79
4.3 Erforderliche Informationen und Dokumentationen für das Flugzeug-Instandhaltungssystem.....	81
4.4 Verfahren zur Verbesserung der Zuverlässigkeit	83
4.5 Methoden und Verfahren zur Zuverlässigkeitsprüfung	85
4.5.1 Zuverlässigkeitsanalysen	86
4.5.2 Versuchsnachweise	89
4.5.3 Zuverlässigkeitsbestimmung bei Flugzeugkomponenten	90
4.6 Modell der zuverlässigkeitsorientierten Instandhaltung bei Flugzeugen.....	93
4.7 Daten und Informationen zur Ersatzteilplanung.....	95
4.7.1 Ermittlung von Statistik- und Lebenslaufdaten	95
4.7.2 Maßgebliche Daten zur Ersatzteilplanung.....	97
4.7.3 Einfluß des Flugzeulebenslaufs auf den Ersatzteilbedarf.....	99
4.7.4 Ersatzteilplanung auf der Basis von Zuverlässigkeitswerten	102

5	Leistungen und Aufbau eines Ersatzteil- und Instandhaltungsdienstleisters	105
5.1	Service-Leistungen, Aufgaben und Organisationseinheiten eines Dienstleisters	108
5.2	Aufbau eines Dienstleisters für das Instandhaltungs- und Ersatzteilwesen	109
5.3	Elemente der Ersatzteil-Versorgung	115
5.3.1	Aufgaben und Ebenen der Ersatzteilplanung	116
5.3.2	Aufgaben der Ersatzteilsteuerung	120
5.4	Elemente der Ersatzteil-Instandhaltung	121
5.5	Elemente der Flugzeug-Instandhaltung	122
5.6	Elemente der Ersatzteillogistik	123
6	Planung und Durchführung der Ersatzteilversorgung	127
6.1	Aufgaben und Prozeßketten bei der Ersatzteilversorgung	129
6.2	Prozeßketten zur Instandhaltung	130
6.2.1	Wartungsabläufe	130
6.2.2	Überholungsabläufe	133
6.2.3	Prozeßketten bei Änderungen	134
6.2.4	Potentiale bei Wartung, Überholung und Änderungen	136
6.3	Prozeßketten für die Integration und Ausgliederung bei Investitionsgütern	138
6.3.1	Integration von Flugzeugen mit Aufbau der Ersatzteilversorgung	141
6.3.2	Ausgliederung von Flugzeugen mit Beendigung der Ersatzteilversorgung	145
6.4	Systematisierung der Ersatzteilaufgaben und -leistungen	150
6.4.1	Instandhaltungsprozesse und Ersatzteilkennzahlen	150
6.4.2	Strategien zum optimalen Management von Ersatzteilbeständen	152

7	Beispiel aus der Luftfahrzeugbranche	156
7.1	Eckdaten und Zielstellung des Ersatzteilsystems eines Beispielunternehmens	156
7.2	Integration und Ausgliederung von Kundenflugzeugen	158
7.2.1	Projekte zur Integration in die Ersatzteilversorgung	158
7.2.2	Projekte zur Ausgliederung und Beendigung der Ersatzteilversorgung	163
7.3	Strategien und Verfahren zum Bestandsmanagement	166
7.3.1	Darstellung von Bestandskennzahlen	166
7.3.2	Innere Kennzahlen zur Ersatzteilplanung	167
7.3.3	Aufbau eines Kennzahlensystems für die Kosten und Erlöse	168
7.4	Erste Ergebnisse bei der Optimierung des Instandhaltungs- und Ersatzteilversorgungssystems	171
8	Schlußbetrachtung	173
8.1	Zusammenfassung	173
8.2	Ausblick	177
9	Literatur	180