



Martin Hirsch

Industrielles Luftfahrt- management

Technik und Organisation
luftfahrttechnischer Betriebe

2. Auflage

 Springer Vieweg

Industrielles Luftfahrtmanagement

Martin Hinsch

Industrielles Luftfahrtmanagement

Technik und Organisation
luftfahrttechnischer Betriebe

2., aktualisierte Auflage

Dr. rer. pol. Martin Hinsch
Hamburg
Deutschland
mh@aeroimpulse.de

ISBN 978-3-642-30569-6
DOI 10.1007/978-3-642-30570-2

ISBN 978-3-642-30570-2 (eBook)

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010, 2012

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Springer Vieweg ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer-vieweg.de

Vorwort zur 2. Auflage

Die außerordentlich hohe Akzeptanz, die dieses Buch in Ausbildung, Wissenschaft und Praxis gefunden hat, machte eine 2. Auflage erforderlich. Besonders erfreulich ist die bisher durchweg positive Resonanz vieler Experten der Luftfahrttechnik wie z. B. von erfahrenen Ingenieuren und Instandhaltungsmechanikern, Trainern und Hochschullehrern sowie Führungskräften aller luftfahrtbetrieblichen Bereiche.

Wenngleich dieses Buch eine vollständig überarbeitete und im Umfang erweiterte Neuauflage ist, konnte die Grundkonzeption aufrechterhalten werden. Neben der Korrektur einiger orthographischer Fehler und inhaltlicher Ungenauigkeiten wurden an diversen Stellen des Texts Überarbeitungen und Ergänzungen vorgenommen sowie viele neue Graphiken eingefügt. Zudem wurde insbesondere das Kapitel zur Entwicklung in Teilen neu gegliedert, um den Musterzulassungsprozess transparenter darzustellen. Da sich in Deutschland und der Schweiz zahlreiche Unternehmen auf den Ausbau und die Ausstattung von VIP- und Regierungsflugzeugen spezialisiert haben, widmet sich ein neuer Abschnitt in Kapitel 8 auch diesem Themenfeld. Darüber hinaus wurde Kap. 11 um einen Abschnitt zum Safety-Management erweitert. Nicht zuletzt wurden alle Verweise auf die Luftfahrt-Norm EN 9100 geprüft und ggf. aktualisiert, weil diese Norm seit der letzten Auflage erheblich überarbeitet wurde.

Um dem Leser eine bessere Vorstellung über die Vorgaben der EASA zu gewähren, wurde dem Text ein Anhang angefügt, der die Durchführungsbestimmungen (*EASA Implementing Rules*) zur Entwicklung, Herstellung und Instandhaltung im Wortlaut enthält.

Hamburg, im Sommer 2012

Martin Hinsch

Vorwort zur 1. Auflage

Die Entwicklung, Herstellung und Instandhaltung luftfahrttechnischer Produkte ist durch eine überdurchschnittliche Prozesskomplexität und durch sehr hohe Qualitätsanforderungen des Luftrechts gekennzeichnet. Beides gilt es im Rahmen der Leistungserbringung in Einklang zu bringen und zu halten. Dies kann jedoch nur dann gelingen, wenn alle Arbeiten in der vorgesehenen Reihenfolge und zum erforderlichen Zeitpunkt durch die zugewiesenen Stellen durchgeführt werden. Darüber hinaus ist eine anforderungsgerechte Arbeitsdurchführung nur im Umfeld einer klar strukturierten und nachvollziehbaren Aufbau- und Ablauforganisation mit unmissverständlich geregelten Verantwortlichkeiten möglich. Im Fokus des vorliegenden Buchs stehen daher die Funktionsweise und die Organisationsstrukturen luftfahrttechnischer Betriebe.

Ich habe dieses Buch geschrieben, weil zur Entwicklung, Herstellung und Instandhaltung luftfahrttechnischer Produkte eine umfassende und geschlossene Darstellung bisher nicht existiert. Überhaupt ist die allgemein zugängliche Literatur zu diesem Themengebiet sehr begrenzt. Der vorliegende Text soll daher als Basis-Lehrbuch dienen und ein angemessenes Verständnis der organisatorischen und rechtlichen Zusammenhänge von luftfahrttechnischen Betrieben vermitteln. Ein Kerncharakteristikum ist dabei die konsequente Praxisorientierung.

Ich habe mir daher Mühe gegeben, dass das Buch sowohl für das wissenschaftliche Studium herangezogen werden kann als auch für die außeruniversitäre Ausbildung (Fachhochschulen, berufliche Ausbildung, Fachausbildungen). Zudem hoffe ich, den Text so formuliert und gegliedert zu haben, dass dieser auch dem Praktiker mit wenig luftfahrtindustriellen Vorkenntnissen und ohne lange Einarbeitung eine Hilfestellung bietet.

Gerade angehenden Ingenieuren soll dieses Buch nicht nur fachlich helfen, sondern auch dazu dienen, realistische Erwartungen hinsichtlich der zukünftigen Berufsausübung zu erlangen. Denn luftfahrttechnische Entwicklung ist, entgegen der weit verbreiteten Erwartung, nicht nur mit Konstruieren verbunden, sondern umfasst in der betrieblichen Praxis zu einem wesentlichen Teil die Dokumentationserstellung (Herstellungs-, Instandhaltungs- und Betriebsvorgaben, Nachweise).

Bisweilen wird in diesem Buch zwischen deutschen und englischen Formulierungen hin- und hergesprungen. Man möge diese Zweisprachigkeit entschuldigen, sie entspricht jedoch der täglichen Praxis und erhöht so den Wert des Buchs für den betrieblichen Alltag.

Zudem bitte ich zu beachten, dass sich in der Luftfahrtindustrie in manchen Fällen bisher keine brancheneinheitlichen Begrifflichkeiten oder Verfahren durchgesetzt haben. So ist möglich, dass der Inhalt dieses Buchs punktuell nicht gänzlich mit den eigenen Erfahrungen oder dem Wissen aus anderen Quellen korrespondiert.

Mein herzlicher Dank gilt allen Bekannten, Kollegen sowie den Führungskräften zahlreicher Unternehmen, die mir bei der Erstellung des vorliegenden Textes geholfen haben. Mit ihren Anregungen und Hinweisen haben sie in den 18 Monaten zwischen der Idee und der Drucklegung zum Gelingen dieses Werks beigetragen. Besonderen Dank schulde ich Senior-Auditor Dirk Maue-Laute dafür, dass er mir über nahezu alle Kapitel mit seinem Rat zur Seite stand. Susanne Huemer bin ich zu Dank verpflichtet, weil sie mich als Expertin für den EASA Part 21/J beim Kapitel zur Entwicklung umfassend unterstützt hat. Für die Beratung auf dem komplexen Gebiet des Maintenance Managements danke ich Sven Pawliska und Marco Mogk von der Lufthansa Technik AG.

Den EN-Auditoren Gerhard Porath und Peter Sahn danke ich für den tieferen Einblick in einige Facetten der luftfahrtindustriellen Herstellung sowie für ihre konstruktive Kritik im Bereich der QM-Systeme. Daniel Sahli gab hilfreiche Impulse und Einbringungen für das Instandhaltungskapitel.

Hamburg, im Frühjahr 2010

Martin Hinsch

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Behörden und Organisationen	5
2.1	Europäische Agentur für Flugsicherheit (EASA)	5
2.2	Luftfahrt-Bundesamt (LBA)	8
2.3	International Civil Aviation Organization (ICAO)	9
2.4	Federal Aviation Administration (FAA)	10
3	Regelwerke und Zulassungen	13
3.1	EASA-Regelwerk	13
3.1.1	Aufbau des EASA-Regelwerks	13
3.1.2	EASA Part 21/J – Entwicklung	17
3.1.3	Exkurs: Bauvorschriften	20
3.1.4	EASA Part 21/G – Herstellung	23
3.1.5	EASA Part 145 – Instandhaltung	28
3.1.6	EASA Part-M – Aufrechterhaltung der Lufttüchtigkeit	33
3.2	Europäische Luftfahrtnormen	36
3.3	Einführung in die Regelwerkstruktur des FAA-Raums	42
3.3.1	FAA-Regelwerk	42
3.3.2	FAA-Zulassungen	43
	Literatur	46
4	Entwicklung	47
4.1	Basisanforderungen an Entwicklungsbetriebe	47
4.2	Entwicklungsbetriebliche Grundstrukturen	49
4.2.1	Konstruktionssicherungssystem	49
4.2.2	Musterzulassungen	52
4.2.3	Musterprüfleitstelle	53
4.3	Design-Spezifikation von Entwicklungsvorhaben	55
4.3.1	Definition und Aufgaben	55
4.3.2	Formale Anforderungen an Design-Spezifikationen	56
4.3.3	Inhaltlicher Aufbau von Design-Spezifikationen	58

4.4	Herstellungs-, Instandhaltungs- und Betriebsvorgaben	62
4.4.1	Herstellungsvorgaben	62
4.4.2	Betriebs- und Instandhaltungsdokumentation	64
4.4.3	Verifizierung und Freigabe	64
4.5	Einstufung von Entwicklungen	66
4.6	Zulassungsprozess bei großen (major) Entwicklungen	68
4.6.1	Musterprüf-/Zulassungsprogramm	68
4.6.2	Nachweise	71
4.6.3	Musterprüfung	76
4.6.4	Musterzulassung	77
4.7	Grundlagen des Managements von großen Entwicklungen	80
4.7.1	Aufgaben und Merkmale des Entwicklungsmanagements	80
4.7.2	Projektvorbereitung	82
4.7.3	Projekttablauf	84
4.7.4	Projektstrukturen	87
4.8	Zulassungsprozess bei kleinen (minor) Entwicklungen	91
4.9	Reparaturen	92
4.10	Bauteilentwicklung	96
4.10.1	Spezifikation von Bauteilen	97
4.10.2	Konstruktion von Bauteilen	98
4.10.3	Qualifikation und Zulassung von Bauteilen	101
4.11	ETSO-Bauteile	103
4.12	PMA-Teile	105
	Literatur	106
5	Maintenance Management	107
5.1	Aufgaben und Ziele des Maintenance Managements	107
5.2	Instandhaltungsprogramme	109
5.2.1	Notwendigkeit von Instandhaltungsprogrammen	109
5.2.2	Vom MRB-Report zum Maintenance Program	110
5.2.3	Struktur und Inhalt von Instandhaltungsprogrammen	116
5.2.4	Zeitverfolgung und Status-Reporting	120
5.3	Zuverlässigkeitsmanagement	122
5.3.1	Zweck und Ziele des Zuverlässigkeitsmanagements	122
5.3.2	Bestandteile eines Reliability-Programs	124
5.4	Behörden- und Herstellerbekanntmachungen	128
5.4.1	Airworthiness Directives (ADs)	128
5.4.2	Herstellerbekanntmachungen	132
	Literatur	134
6	Grundlagen des luftfahrttechnischen Produktionsmanagements	135
6.1	Grundlagen der Herstellungs- und Instandhaltungsplanung	135
6.2	Arbeitskarten	136

6.3	Management technischer Dokumente	141
6.3.1	Exkurs: Basisdokumentation in der Instandhaltung	143
6.4	TOP-Voraussetzungen	145
6.4.1	Technische Voraussetzungen	146
6.4.2	Organisatorische Voraussetzungen	147
6.4.3	Personelle Voraussetzungen	148
6.5	Infrastruktur, Arbeitsumgebung und Betriebsmittel	149
6.5.1	Infrastruktur und Arbeitsumgebung	149
6.5.2	Betriebsmittel	150
6.6	Freigabe- und Konformitätsbescheinigungen	152
6.6.1	Zweck und Ablauf von Freigabe- und Konformitätsbestätigungen	152
6.6.2	Arten der Freigabebescheinigung	153
	Literatur	158
7	Herstellung	159
7.1	Grundlagen der Herstellung luftfahrttechnischer Produkte	159
7.2	Qualitätssysteme in der Herstellung	162
7.2.1	Grundlegende Qualitätsanforderungen und Genehmigungsvoraussetzungen	162
7.2.2	Übergreifendes Steuerungs- und Qualitätssicherungssystem	164
7.2.3	Unabhängige Funktion der Qualitätssicherung	166
7.2.4	Qualitätssysteme bei 21/G-Zulieferern	167
7.3	Teileherstellung, Komponenten- und Modulfertigung	168
7.3.1	Produktionsplanung und -steuerung	169
7.3.2	Produktseitige Qualitätssicherung und Abnahme	173
7.4	Flugzeugherstellung	175
7.4.1	Zusammenbau der Schalen und Rumpftonnen	175
7.4.2	Exkurs: Von der Dock- zur Fließfertigung	178
7.4.3	Montage der Tragflächen und Leitwerke	180
7.4.4	Endlinie	180
7.4.5	Boden- und Flugprüfungen	182
7.4.6	Flugzeugübergabe	183
7.5	Ausbau von VIP-Flugzeugen	184
7.5.1	Marktstrukturierung	184
7.5.2	Entwicklung und Ausbau einer VIP-Kabine	186
7.6	Archivierung von Herstellungsaufzeichnungen	191
	Literatur	192
8	Instandhaltung	193
8.1	Grundlagen der Flugzeuginstandhaltung	194
8.1.1	Definitionen zur Instandhaltung	194
8.1.2	Besonderheiten der Luftfahrzeuginstandhaltung	195
8.1.3	Qualitätsanforderungen und Genehmigungsvoraussetzungen	196

8.2	Unterscheidung von Line- und Base-Maintenance	198
8.3	Geplante- vs. ungeplante Instandhaltung	199
8.3.1	Geplante Instandhaltung	199
8.3.2	Ungeplante Instandhaltung	200
8.4	Aufbau eines Instandhaltungsbetriebs	202
8.5	Arbeitsvorbereitung in der Instandhaltung	204
8.6	Produktionssteuerung in der Instandhaltung	206
8.7	Line-Maintenance	208
8.7.1	Aufbau der Line-Maintenance	208
8.7.2	Ablauf der Line-Maintenance – Terminal	210
8.7.3	Ablauf der Line-Maintenance – Ramp und Hangar	212
8.8	Base-Maintenance	213
8.8.1	Basismerkmale der Base-Maintenance	213
8.8.2	Ablauf einer Base-Maintenance Liegezeit in der Produktion	214
8.9	Bauteilinstandhaltung	219
8.9.1	Typische Struktur von Instandhaltungswerkstätten	219
8.9.2	Ablauf der Bauteilinstandhaltung	221
8.10	Triebwerk- und Propellerinstandhaltung	223
8.11	Archivierung von Instandhaltungsaufzeichnungen	226
	Literatur	227
9	Material- und Leistungsverorgung	229
9.1	Lieferantenauswahl und -überwachung	230
9.1.1	Lieferantenauswahl	230
9.1.2	Lieferantenbeurteilung und -freigabe	231
9.1.3	Lieferantenüberwachung	233
9.2	Materialsteuerung und Materialhandling	235
9.2.1	Materialverfolgung (Rückverfolgbarkeit)	235
9.2.2	Warenübernahme	237
9.2.3	Lagerhaltung	241
9.2.4	Materialhandling	243
9.2.5	Fehlerhafte Produkte	246
9.2.6	Suspected unapproved Parts	248
9.3	Zulieferer und Fremdleistungen	250
9.3.1	Vorbereitung und Begleitung einer Fremdvergabe	250
9.3.2	Fremdvergaben im Rahmen der verlängerten Werkbank	254
9.3.3	Fremdvergaben an behördlich anerkannte Zulieferer	257
9.3.4	Fremdvergaben von Entwicklungsleistungen	258
9.3.5	Besonderheiten beim Einkauf von Fremdpersonal	260
	Literatur	262
10	Personal	265
10.1	Allgemeine Anforderungen an die Personalqualifizierung	265

10.2	Qualifikation von Produktionspersonal	267
10.2.1	Produktionspersonal ohne Freigabeberechtigung	267
10.2.2	Freigabeberechtigtes Personal in der Herstellung	269
10.2.3	Freigabeberechtigtes Personal in der Instandhaltung	271
10.3	Qualifikation von Administrativ-Personal	274
10.3.1	Qualifikationsanforderungen an Führungskräfte	274
10.3.2	Qualifikationsanforderungen an ausführendes Administrativpersonal in der Herstellung und Instandhaltung	275
10.4	Besonderheiten entwicklungsbetrieblicher Personalqualifikation	276
10.5	Spezielle Personalqualifizierungen und -berechtigungen	278
10.6	Human Factors	278
10.7	Continuation Training	281
	Literatur	282
11	Qualitäts- und Safety-Management	283
11.1	Qualitätsmanagementsysteme	284
11.1.1	Grundlagen des Qualitätsmanagements	284
11.1.2	Zweck und Ziele von Qualitätsmanagementsystemen	285
11.1.3	Dokumentation eines Qualitätsmanagementsystems	288
11.2	Safety-Management-Systeme	295
11.2.1	Grundlagen des Safety-Managements	295
11.2.2	Organisatorischer Rahmen	297
11.2.3	Risikomanagement	299
11.2.4	Safety-Überwachung	302
11.2.5	Förderung des Safety-Wissens und der Safety-Kultur	302
11.3	Überwachung	303
11.3.1	Arten der Auditierung	304
11.3.2	Interne Auditierung	306
11.3.3	Externe Auditierung	311
11.4	Fehlermeldesysteme	315
11.5	Behördenbetreuung	317
	Literatur	318
	Anhang	321
	Sachverzeichnis	353

Abkürzungsverzeichnis

4 F	Form, Fit, Function, Fatigue
AC	Advisory Circular
AC	Aircraft
ACARS	Aircraft Communications Addressing and Reporting System
ACJ	Advisory Circular Joint
ACJ	Airbus Corporate Jet
AD	Airworthiness Directive (Lufttüchtigkeitsanweisung)
AECMA	European Association of Aerospace Industries
AGB	Allgemeine Geschäftsbedingungen
ALI	Airworthiness Limitation Items (Airbus)
AMC	Acceptable Means of Compliance
AML	Aircraft-Maintenance Licence
AMM	Aircraft-Maintenance Manual
AMOC	Alternative Method of Compliance
AOG	Aircraft On Ground
APIS	Approved Production Inspection Systems
APU	Auxiliary Power Unit (Hilfstriebwerk)
ATA	Air Transport Association of America
ATP	Acceptance Test Procedure
AWL	Airworthiness Limitation Items (Boeing)
BASA	Bilateral Safety Agreements
BBJ	Boeing Business Jet
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
CAM	Customer Acceptance Manual
CAT	Category (AML Lizenz-Typen A, B, C)
CDR	Critical Design Review
CMM	Component Maintenance Manual
CMR	Certification Maintenance Requirements
CNC	Computerized Numerical Control
CofC	Certificate of Conformity

CPI	FAA and Industry Guide to Product Certification
CRS	Certificate of Release to Service
CS	Certification Specification (EASA Bauvorschriften)
DDP	Declaration of Design & Performance
DGQ	Deutsche Gesellschaft für Qualität
DIN	Deutsches Institut für Normung
DO	Design Organization (21/J Entwicklungsbetrieb)
DOE	Design Organisation Exposition
EASA	European Aviation Safety Agency
EASA Form 1	Bauteilfreigabebescheinigung der EASA
EM	Engine Manual
EMI	Electro-magnetic Interference
EN	Europäische Norm
EO	Engineering Order
ERP	Emergency Response Plan
ETA	Event Tree Analysis
ETOPS	Extended-Range Twin-Engine Operational Performance Standards
ETSO	European Technical Standard Order
EU	Europäische Union
FAA	Federal Aviation Administration
FAI	First Article Inspection
FAR	Federal Aviation Regulations
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
FMECA	Failure Mode Effects and Critically Analysis
FTA	Fault Tree Analysis
GM	Guidance Material
ICAO	International Civil Aviation Organization
IEC	International Electrotechnical Commission
IPA	Implementation Procedures of Airworthiness
IPC	Illustrated Parts Catalogue
IR	(EASA) Implementing Rule
ISC	Industry Steering Committee
ISO	International Organization for Standardization
ITCM	Initial Technical Coordination Meeting
JAA	Joint Aviation Authorities
JAR	Joint Aviation Requirements
LBA	Luftfahrt-Bundesamt
LEP	List of effective Pages
LLP	Life Limited Parts

LMCC	Line-Maintenance Control Center
Luft BO	Betriebsordnung für Luftfahrtgerät
MAREPS	Maintenance Reports
MC	Means/Methods of Compliance
MCC	Maintenance Control Center
MEL	Minimum Equipment List
MoC	Means/Methods of Compliance
MOE	Maintenance Organisation Exposition
MPD	Maintenance Planning Document
MPL	Musterprüfleitstelle
MPS	Manufacturing Procedure Specification
MRB	Maintenance Review Board
MRO	Maintenance Repair & Overhaul
MS	Maintenance Schedule
MSG	Maintenance Steering Group
NDT	Non-Destructive Testing
OEM	Original Equipment Manufacturer
PDR	Preliminary Design Review
PIREPS	Pilot Reports
PMA	Parts Manufacturer Approvals
PO	Production Organization (21/G Herstellungsbetrieb)
POE	Production Organisation Exposition
PPS	Produktionsplanung und -steuerung
ProdHaftG	Produkthaftungsgesetz
PSCP	Project Specific Certification Plan
PSP	Partnership for Safety Plan
QEC-Kit	Quick Engine Change Kit
QM	Quality Management
o.V.	ohne Verfasser
QSF	Qualitätssicherung Fertigungsaufträge (Airbus-Begriff)
QTP	Qualification Test Plan
QTR	Qualification Test Report
RTCA	Radio Technical Commission for Aeronautics
SAR	Search and Rescue
SB	Service Bulletin
SIB	Safety Information Bulletin
SL	Service Letter
SMS	Safety-Management-System
Spec.	Specification