

MSG-3
Eine Einführung in die
Bestimmung grundlegender
Instandhaltungsmaßnahmen bei
Verkehrsflugzeugen

Dr. Martin Hinsch



1. Einleitung

Die hohe Komplexität moderner Verkehrsflugzeuge ist nicht nur eine Herausforderung an die Entwicklung und Herstellung, sondern auch an die Instandhaltung. Schließlich müssen bereits während der Design-Phase Instandhaltungsart und -umfang festgelegt werden, um die Aufrechterhaltung einer nachhaltigen Lufttüchtigkeit des Luftfahrzeugs auch im Laufe der gesamten Betriebszeit sicherzustellen. Da sich die Fluggesellschaften in einem wettbewerbsorientierten Markt bewegen, spielen nicht nur Sicherheitsaspekte, sondern immer auch ökonomische Belange eine erhebliche Rolle. Jedoch führt mehr Wartung nicht zwangsläufig zu mehr Sicherheit, so dass es in der Luftfahrzeuginstandhaltung ein Optimum zwischen den Safety-Anforderungen einerseits und den ökonomischen Bedürfnissen andererseits gibt. Insofern liegt die Herausforderung der Instandhaltungsplanung darin, dieses Gleichgewicht möglichst präzise festzulegen. Das kann nur gelingen, wenn

- hinreichende Kenntnisse hinsichtlich Art und Auswirkungen zukünftiger Fehlerpotenziale vorliegen,
- wirksame Instandhaltungsmaßnahmen (Art, Umfang und Häufigkeit) definiert werden, um Ausfälle oder Fehlfunktionen zu verhindern und so die Aufrechterhaltung der Lufttüchtigkeit nachhaltig sicherzustellen.

Die Bestimmung der geplanten Instandhaltungsaktivitäten für den Lebenszyklus eines Luftfahrzeugs oder Triebwerks erfolgt seit 1980 strukturiert auf Basis der *Maintenance Steering Group 3 Analyse* (MSG-3). Mit dem MSG-3 Begriff wird dabei nicht nur eine allgemein anerkannte Entscheidungslogik zur Bestimmung grundlegender Instandhaltungsmaßnahmen assoziiert, sondern auch der dahinter stehende organisatorische Rahmen und die zugehörigen Prozesse. Die Verwaltungshoheit über MSG-3 Prozess und Methodik besitzt die Air Transport Association of America (ATA), da diese das *Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development Document* herausgibt.¹

Dabei bildet die MSG-3 Analyse jedoch nur einen (wenn auch wichtigen) Teil des sog. *Maintenance-Review-Board (MRB)* Gesamtprozesses. Dieser hat die Erstellung eines allgemeingültigen Leitfadens für die Instandhaltung eines neuen Flugzeugmusters dem Maintenance-Review-Board-Report (MRB-Report) zum Ziel. Der MRB-Report gilt unter den Luftfahrtbehörden und luftfahrttechnischen Betrieben als zentrales Basisdokument für die Instandhaltung eines Flugzeugmusters. Da aber MSG-3 und MRB Prozess untrennbar miteinander

¹ vgl. ATA (2003)

verbunden sind, soll zunächst der MRB-Gesamtprozess erklärt werden, bevor die eigentliche MSG-3 Methodik thematisiert wird.

2. Einbettung der MSG-3 Analyse in den MRB-Prozess

Den ersten Schritt zur Erstellung eines einheitlichen Instandhaltungsdokuments für ein jeweiliges Flugzeugmuster oder Triebwerk bildet entsprechend Abbildung 1 die Einsetzung eines *Maintenance Review Boards* (MRB). Dieses Gremium setzt sich aus Vertretern der für die Genehmigung des MRB-Reports zuständigen Luftfahrtbehörden (z.B. EASA, FAA, Transport Canada) zusammen. Die Behörden nehmen im Gesamtprozess eine Überwachungs- und Steuerungsfunktion wahr. Unterstützt werden sie durch das *Industry Steering Committee* (ISC). Dieser Ausschuss besteht aus Vertretern des betroffenen Luftfahrzeug- und Triebwerkherstellers, der bedeutenden Zulieferer sowie aus Experten von Fluggesellschaften bzw. Instandhaltungsbetrieben. Teilnehmer des ISC sind somit jene Großbetriebe, die auf eine nachhaltige Aufrechterhaltung der Lufttüchtigkeit des geplanten Luftfahrzeugmusters oder Triebwerks entweder unmittelbar Einfluss nehmen werden oder Erfahrungen beisteuern können. Zudem sind im ISC die MRB-Mitglieder in beobachtender Funktion vertreten.

Während MRB und ISC den Prozess zur Erstellung eines grundlegenden Instandhaltungsdokuments organisatorisch lenken und verantworten, wird die eigentliche Arbeit durch die *Maintenance-Working-Groups* vorgenommen. In diesen Arbeitsgruppen werden auf Basis des MSG-3 Prozesses Vorschläge für die initialen Minimalanforderungen an Instandhaltungsumfang und Instandhaltungshäufigkeit eines neuen Luftfahrzeugs definiert. Diese Working Groups werden mindestens für die Bereiche Struktur, Systeme und Flugzeugzonen eingesetzt.² Mitglieder der Arbeitsgruppen sind auf die jeweiligen Fachgebiete spezialisierte Ingenieure des Luftfahrzeug- und Triebwerkherstellers, der Zulieferer, großer Airlines und ggf. großer Instandhaltungsbetriebe.

² Für den Airbus A340 wurden beispielsweise nicht nur drei, sondern sechs Working Groups gebildet: 1) Systeme (Flight Controls, Fahrwerke); 2) mechanische Systeme; 3) APU & Triebwerk; 4) elektrische Systeme; 5) Struktur; 6) Zonal; 7) Systeme (Fuel); vgl. Airbus SAS (2010), S. 788ff.

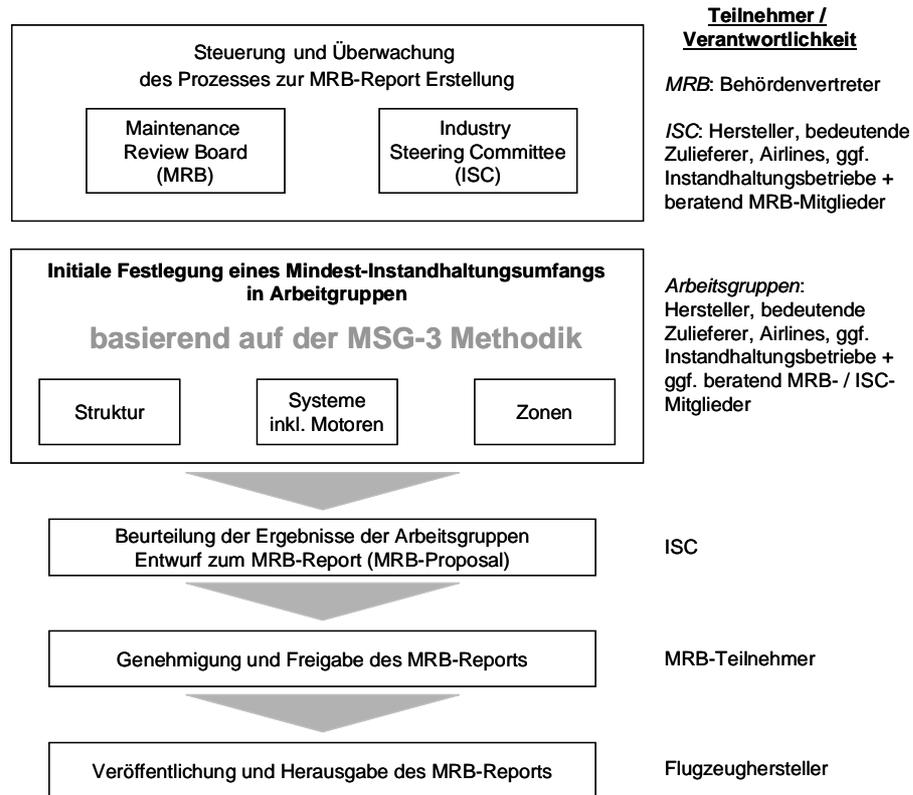


Abb. 1: Prozess zur Erstellung eines MRB-Reports³

Gdalevitch weist darauf hin, dass es sich bei den Mitgliedern der Arbeitsgruppen um „a selected elite of the most qualified personnel in terms of knowledge and experience“ handelt und die Teilnahme i.d.R. als großes Privileg angesehen wird.⁴ Diesen Experten stehen die Mitglieder von MRB und das ISC beratend zur Seite.

Die von den Arbeitsgruppen ausgearbeiteten Vorschläge werden nach deren Konsolidierung dem Industry Steering Committee zur Genehmigung vorgelegt. Das ISC erstellt aus den Ergebnissen der Arbeitsgruppen einen Entwurf des MRB-Reports, den sog. *Maintenance-Program-Proposal* und reicht diesen an den Vorsitzenden des MRB. Nach gemeinsamer Prüfung mit seinen Fachberatern gibt der MRB-Vorsitzende den Entwurf als offiziellen MRB-Report zur Publizierung frei. Die Veröffentlichung erfolgt nach der Zulassung des Luftfahrzeugs durch den Hersteller.

³ Anlehnung an Hinsch (2010), S. 113

⁴ vgl. Gdalevitch (2000)

3. Historische MSG-Entwicklung

Von der erfahrungsorientierten Instandhaltung zur MSG-1 Analyse

In den frühen Tagen der Luftfahrtgeschichte wurde die Flugzeuginstandhaltung in hohem Umfang auf Basis von Erfahrungen der Mechaniker durchgeführt. Von rudimentären Bemühungen abgesehen, fand erst mit Beginn des Jet-Zeitalters und der Gründung der heutigen Luftaufsichtsbehörden ein Paradigmenwechsel hin zur ingenieursseitig geplanten Wartung statt. Dabei war die anfängliche Philosophie, dass der Austausch oder die Instandhaltung in festgelegten Intervallen (*Hard-Time-Limits*) vorzunehmen sei. Diesen Leitgedanken lag die intuitive Annahme zugrunde, dass die Zuverlässigkeit der Luftfahrzeugbestandteile abnutzungsbedingt mit zunehmender Betriebsdauer abnahm. Wartungsaktivitäten müssten daher umso wirkungsvoller sein, je mehr bzw. öfter diese durchgeführt würden („Viel hilft viel“).⁵ Instandhaltung beruhte insofern eher auf Augenmaß und Vermutungen als auf Basis einer logisch strukturierten Analyse. Dies war insbesondere deshalb problematisch, weil, wie man heute weiß, bei rund 90 Prozent aller Flugzeugbestandteile keine unmittelbare Korrelation zwischen Zuverlässigkeit und Betriebseinsatzdauer besteht.⁶

Erste Zuverlässigkeitsprogramme Ende der 1950er und Anfang der 1960er Jahre machten diesen Zusammenhang deutlich und führten zu einer beginnenden Abkehr von der bisherigen „Viel-hilft-viel“ Philosophie. Damit wuchs zugleich das Bedürfnis, die gewonnenen Erfahrungen logisch strukturiert in die Instandhaltungsplanung zukünftiger Flugzeug- und Triebwerksmuster zu integrieren.

Einen Ansatzpunkt für ein solches Verfahren bot die Herangehensweise, auf die im Rahmen der Vorbereitungen zu den Apollo-Weltraummissionen zurückgegriffen wurde. Dort wurde eine Logik verwendet, die die theoretischen oder tatsächlichen Fehler- und Ausfallraten in systematische Verbindung mit der Instandhaltungsintensität brachte.

Diese Analysesystematik wurde ab dem Jahr 1968 im Rahmen der Boeing 747-Entwicklung erstmals auch in der zivilen Luftfahrt angewendet. Dazu konstituierte sich die *Maintenance Steering Group-1st Task Force* (MSG-1), welche sich aus Vertretern der ATA und der amerikanischen Luftfahrtindustrie zusammensetzte. Das Gremium entwickelte auf Basis der MSG-1-Methodik einen systematischen und allgemeingültigen Instandhaltungsplan, die sog. *Minimum scheduled Maintenance Inspections Recommendations*. Damit wurde erstmals ein einheitliches Basisinstandhaltungsdokument publiziert, welches zugleich die Luftfahrzeughalter erheblich entlastete. Denn bis zur Entwicklung der Boeing 747 musste jede Airline

⁵ vgl. Gdalevitch (2000)

⁶ vgl. Nowlan and Heap, 1978

nach einer Flugzeugneuentwicklung oder Indienststellung einen gänzlich individuellen Instandhaltungsplan für diesen Aircraft-Typ erstellen.

Merkmale und Methodik der MSG-1 Analyse

Im Rahmen der MSG-1 Logik wurden alle wichtigen Bauteile, Systeme und Strukturelemente auf deren Zuverlässigkeit strukturiert analysiert. Dazu richtete sich der Blickwinkel auf Fehler- und Ausfallraten oder Abnutzungserscheinungen. Die Analyse der Bestandteile fand jedoch unabhängig voneinander statt ohne zu berücksichtigen, welchen Einfluss ein singulärer Fehler auf das Gesamtsystem „Flugzeug“ nahm. Daher wird die MSG-1 Analyse auch als Bottom-Up Ansatz bezeichnet.

Im Hinblick auf die Fehlerbeseitigung, also hinsichtlich der Instandhaltung, blieb die MSG-1 Analyse unspezifisch und richtete sich zwar auf die Wirksamkeit, jedoch nur kaum auf die Effektivität der angewiesenen Maßnahmen. Es wurde nicht vorgegeben, mit welcher konkreten Aufgabe die entsprechende Instandhaltung abzuarbeiten war, sondern nur das methodische Vorgehen. So erfolgte im Rahmen der Vorgaben lediglich eine Trennung nach zustandsabhängiger Instandhaltung (On Condition Maintenance bzw. Condition Monitoring) oder solcher mit festen Überholungsintervallen (Hard-Time Maintenance). Dabei dominierte in der Praxis damals die zustandsabhängige Instandhaltung, während Hard-Time-Maintenance nur eingeschränkt zur Anwendung kam.⁷ Im Zuge der MSG-1 Analyse wird auch von prozessorientierter (process-oriented) Entscheidungslogik gesprochen,⁸ weil für die Instandhaltung nur das grundlegende Verfahren (Prozess) angewiesen wurde, nicht aber spezifische Aufgaben (Tasks).

Entstehung MSG-2

Bereits kurz nach Einführung der B-747 wurde die noch junge MSG-1 Methodik auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse überarbeitet. Dabei wurden die Analyselogik und der Entscheidungsprozesse verfeinert, ohne beide jedoch grundlegend zu verändern. Ziel war einerseits eine inhaltliche Verbesserung, andererseits sollten die Grundregeln der Analyse auf ein allgemeingültiges, musterunabhängiges Fundament gestellt werden. Denn während die MSG-1 Technik noch auf die individuellen Besonderheiten der B-747 ausgerichtet war, ging es nun darum, ein einheitliches Vorgabedokument für alle zukünftigen Zulassungen von Flugzeug- bzw. Triebwerksentwicklungen zu schaffen.

⁷ vgl. Gdalevitch (2000)

⁸ vgl. Adams (2009)

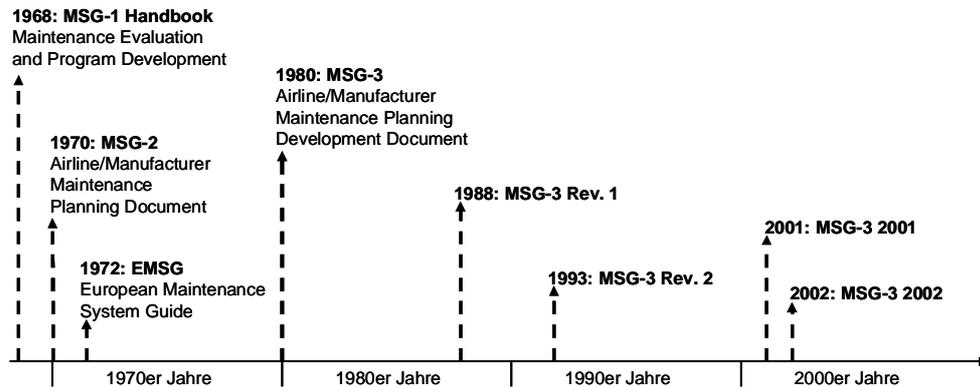


Abb. 2: Historische MSG-Entwicklung

Das Ergebnis dieser Bemühungen war das *Maintenance Steering Group-2nd Task Force (MSG-2) Document*,⁹ welches dann in den 1970er Jahren für die Entwicklung neuer Flugzeuge und Motoren Anwendung fand. Der MSG-2 Ansatz wurde 1972 auch von Airbus aufgegriffen, um daraus deren damaligen European Maintenance System Guide (EMSG) abzuleiten.

4. Entwicklung und Aufbau der MSG-3 Methodik

Ende der 1970er Jahre wurde die MSG-2 im Hinblick auf Analyse-Technik und Entscheidungslogik erheblich weiterentwickelt. Einhergehend wurde der Kreis der involvierten Behörden, Verbände und Unternehmen ausgedehnt. Fortan umfasste dieser die FAA, die ATA, US-amerikanische, aber auch europäische Flugzeug- und Triebwerkhersteller sowie europäische Luftfahrtbehörden.

Das Ergebnis dieser Anstrengungen war die Publizierung des *MSG-3 Airline/Manufacturer Maintenance Program Development Documents* im Herbst 1980 durch die ATA. Inhaltlich ist zwar auch der MSG-3 Ansatz vorbeugend ausgerichtet, jedoch wurde neben Sicherheitsaspekten verstärkt den ökonomischen Notwendigkeiten der Flugzeuginstandhaltung Rechnung getragen.

Im Rahmen der Entscheidungslogik wurde erstmals ein Top-down Ansatz gewählt. Die MSG-3 Technik stellt, anders als dessen Vorgänger, nicht allgemein das Auftreten eines Fehlers, sondern dessen Auswirkungen in den Mittelpunkt der Analyse (*Consequence of Failure Approach*).¹⁰ Entscheidend ist weniger, ob ein Fehler oder Ausfall auftritt, sondern vielmehr, wie dieser den Flugbetrieb beeinflusst.

⁹ vgl. FAA (1997)

¹⁰ vgl. Adams (2009); Kinnison (2004), S. 25

Eine weitere Neuerung stellte die Aufgabenorientierung (task-oriented Maintenance) der angewiesenen Instandhaltungsmaßnahmen dar. Wie bei der MSG-2 kann auch bei der MSG-3 Methodik zustandsabhängige Instandhaltung oder, wie in der Praxis heute mehrheitlich üblich, feste Intervalle (Hard-Time-Maintenance) vorgeschrieben werden.¹¹ Die MSG-3 Systematik geht jedoch weiter als ihre Vorgänger, weil für die Aufrechterhaltung der Lufttüchtigkeit ein jedes Flugzeugbestandteil konkret benannte Instandhaltungsaufgaben (*Maintenance Tasks*) angewiesen werden (z.B. abschmieren, Funktionskontrollen, Austausch). Die MSG-3-Methodik gilt somit als chirurgisch präziser Ansatz, der individueller und flexibler als vorherige MSG-Versionen ausgelegt ist.

MSG-3 Logik

Das Prinzip der MSG-3 Logik basiert auf einer Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse (engl. Failure-Mode-and-Effects Analysis – FMEA). Hierbei handelt es sich um eine standardisierte Entscheidungsbaum-Methodik. Mit dessen Hilfe können die Anforderungen an die geplante Instandhaltung von Luftfahrzeugen und Triebwerken bzw. Struktur-, System- und Zonenbestandteile systematisch bestimmt werden. Denn jede identifizierte Fehlerquelle lässt sich im Hinblick auf deren Folgen (*consequences of failure*) für Sicherheit und Wirtschaftlichkeit noch während der Entwicklungsphase systematisch und vollständig erfassen und einordnen. Darauf aufbauend können dann in einem zweiten Prozessabschnitt Instandhaltungsmaßnahmen zur Fehlervermeidung bzw. -behebung unter den Gesichtspunkten der Wirksamkeit, Komplexität und Kosten abgeleitet und festgelegt werden.

5. MSG-3 Prozess

Der MSG-3 Prozess kann in fünf wesentliche Schritte untergliedert werden:

1. Benennung/Festlegung der untersuchungsrelevanten Luftfahrzeugbestandteile und deren Funktion (Was ist Untersuchungsgegenstand und was ist die normale Funktion des jeweiligen Objekts?).
2. Identifizierung funktionaler Fehler (Welche Fehler können auftreten?)
3. Ermittlung der Fehlerauswirkungen (Was sind die Folgen des funktionalen Fehlers und welche Ursachen haben diese?)
4. Datenerhebung und Risikobewertung (Welche Risiken gehen von dem Bauteil oder System aus bzw. wie wahrscheinlich ist ein Fehler?)

¹¹ vgl. Kinnision (2004), S. 26

5. Maßnahmen der Fehlervermeidung (Durch welche (Instandhaltungs-) Maßnahmen kann das Auftreten des funktionalen Fehlers verzögert oder verhindert werden?)

Festlegung der Bauteile, Systeme und Strukturelemente

In einem ersten Schritt ist festzulegen, welche Luftfahrzeugbestandteile in die Analyse einbezogen werden müssen. Dabei geht es auch darum, die Komplexität der folgenden Analyse soweit wie möglich zu reduzieren. Der unterste Untersuchungsgegenstand soll somit nicht das Gesamtsystem (z.B. Klimaanlage) sein, sondern die darin verbauten einzelnen Einheiten (z.B. Kompressor).

Bei Bauteilen und Systemen (sog. MSI – Maintenance Significant Items) sind jene Bestandteile zu identifizieren, bei denen Fehler:¹²

- Einfluss auf die Sicherheit am Boden oder während des Flugs haben und/oder
- während der Operation nur schwer oder gar nicht ausgemacht werden können und/oder
- einen erheblichen (significant) Einfluss auf den Flugbetrieb nehmen und/oder
- einen erheblichen wirtschaftlichen Schaden verursachen können.

Bevor im Anschluss an die Identifizierung der relevanten Luftfahrzeugbestandteile mögliche Fehlfunktionen ermittelt werden, ist es notwendig, den Normalzustand des Untersuchungsgegenstands zu definieren. Im Vordergrund steht somit die Beantwortung der Frage, was das Bauteil, System oder Strukturelement üblicherweise leisten und was es aushalten soll.

Identifizierung funktionaler Fehler & Fehlerauswirkungen

In einem zweiten Schritt ist zu ermitteln, welche Fehlfunktionen bei einem Bauteil oder Systems auftreten können. Hier kommt nun die eigentliche FMEA-Analyse zur Anwendung, die in ihrer Ausgestaltung durch die MSG-3 Vorgaben im Aufbau eindeutig geregelt ist. Ziel ist zunächst eine Klassifizierung potenzieller Fehler. Entsprechend Abb. 3, Level 1 erfolgt hierzu eine Prüfung, ob der Fehler für die Crew sichtbar wäre. Anschließend ist festzustellen, ob der Fehler sicherheitsrelevant, operationelle Auswirkungen hat oder ökonomisch bedeutend ist, um die Fehlerfolgen bestimmen und geeignete Maßnahmen festlegen zu können.

¹² vgl. Faye (2010)

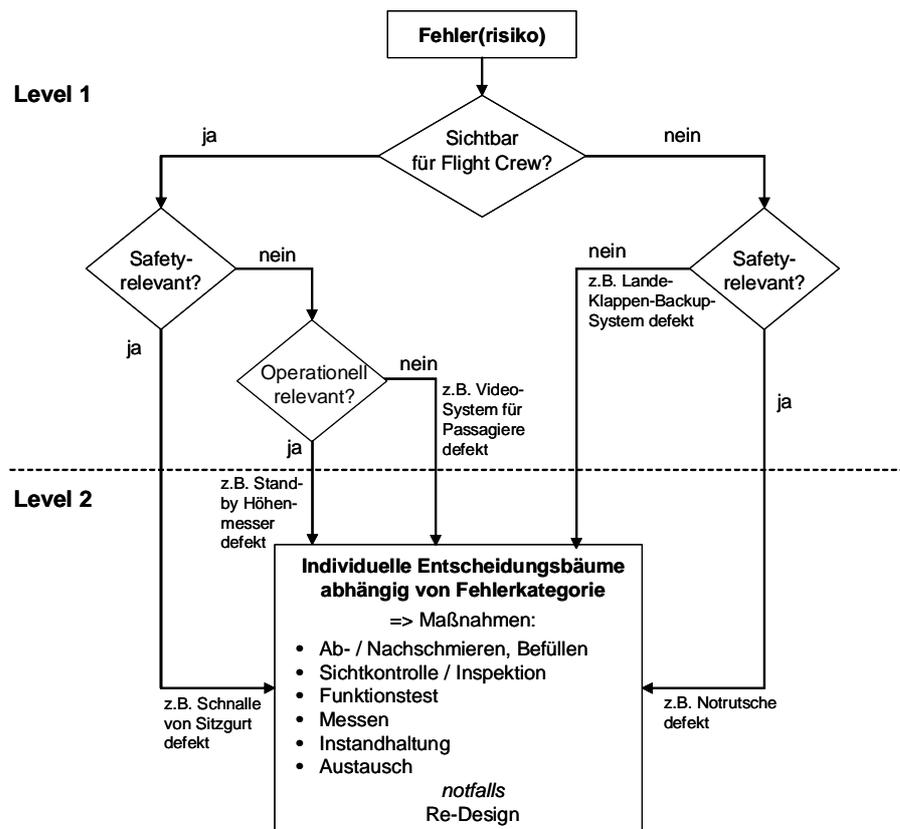


Abb. 3: MSG-3 Prüfmethode¹³

Davon abhängig werden in Level 2 des Entscheidungsbaums (vgl. Abb. 3) unterschiedliche Abfragealgorithmen aktiviert, um die jeweils geeignetsten Instandhaltungsmaßnahmen zu identifizieren.

Datenerhebung und Risikobewertung

Um Fehlerisiken bewerten zu können, reicht deren Klassifizierung nicht aus. Es ist auch erforderlich, die Wahrscheinlichkeit bzw. Häufigkeit zu bestimmen, mit denen die Fehler oder Ausfälle auftreten können. Dafür sind Daten zu erheben, die als Grundlage dazu dienen können, die jeweilige Fehleranfälligkeit bzw. -häufigkeit zu bestimmen. Die Herausforderung besteht nun darin, Informationen für eine Entscheidungsgrundlage zu ermitteln. Da dem Luftfahrzeug zum Zeitpunkt der initialen MSG-3 Analyse jedoch die Zulassung und Betriebsgenehmigung fehlen, liegen keine In-Service-Daten vor, die eine solide Datengrundlage für die Zuverlässigkeitsbewertung begründen könnten. Alternativ müssen daher geschätzte, (andere) tatsächliche oder theoretische Abnutzungsdaten, Zuverlässigkeitsraten und

¹³ Anlehnung an Gdalevitch (2000)

Ausfallwahrscheinlichkeiten als Entscheidungsgrundlage dienen. Diese Informationen können z.B. bezogen werden über:

- Daten von ähnlichen, bereits im Betrieb befindlichen Komponenten und Systemen,
- Test-Daten des Luftfahrzeug- oder Bauteilherstellers,
- Analysen, Simulationen und Berechnungen der Hersteller
- Erfahrungen, Schätzungen der Arbeitsgruppenmitglieder

Maßnahmen der Fehlervermeidung

Aufbauend auf diesen Daten müssen in einem fünften Schritt, Inspektionsintervalle (z.B. 500 Flugstunden), Inspektionsintensitäten (z.B. Kontrolltiefe), Tests (z.B. Funktionstest) und Wartungsmaßnahmen (z.B. abschmieren) festgelegt werden. Dies erfolgt ebenfalls auf Basis des MSG-3 Abfragealgorithmus' entsprechend Abb. 3 Level 2.

Bevor in diesem Rahmen einzelne Maßnahmen oder die Kombination mehrerer Maßnahmen zu einem verbindlichen Wartungspunkt für ein Luftfahrzeug vorgeschlagen werden, müssen die Anwendbarkeit und der Nutzen einer solchen Anweisung geprüft und sichergestellt sein. Sofern den Sicherheitsanforderungen hinreichend Rechnung getragen wurde, bestimmen dabei Kostenaspekte die Auswahl der Instandhaltungsmaßnahmen: „the sequence of intervention follows an order of least expensive to most expensive, in order to test the effectivity of the least expensive task first.”¹⁴ Für den Fall, dass keine der aufgezählten Maßnahmen geeignet ist, die Gefahr des Fehlereintritts zu reduzieren, so muss als letzter Schritt eine Entwicklungsänderung angeordnet werden.

Der geplante Instandhaltungsumfang kann dabei durch Bauvorschriften, Behördenvorgaben oder Certification Requirements vorbestimmt sein. Gerade für die Instandhaltungshäufigkeit ist ggf. ergänzend oder alternativ auf Ergebnisse von Samplings oder Erfahrungen bei anderen Flugzeugtypen oder Triebwerken zurückzugreifen.

Grundsätzlich kommen Instandhaltungsaufgaben (Tasks) aus den folgenden Maßnahmekategorien in Frage:

- Ab- bzw. Nachschmieren, Auffüllen von Luft oder von Schmiermitteln
- Sichtkontrolle
 - General Visual Inspection (GVI)
 - Detail Inspection (DI)

¹⁴ vgl. Faye (2010)

- Special Detail Inspection (SDI), z.B. NDT - Ultraschall, röntgen etc.
- Füllstände kontrollieren (z.B. Öl, Hydraulikflüssigkeit)
- Messen (Maße, Drucke, Federvorspannungen)
- Funktionstest
- Instandhaltung (Bauteile: Ausbau, Zerlegen, Kontrolle, Austausch von Verschleißteilen, Zusammenbau, Test, Einbau)
- Austausch

Besonderheiten in der Strukturanalyse

Für die Flugzeugstruktur gibt es leicht modifizierte MSG-3 Prozesse. Dies ist wesentlich darauf zurückzuführen, dass bei Strukturbestandteilen weniger Fehlfunktionen oder Ausfälle als vielmehr (Material-) Ermüdungserscheinungen (*Fatigue Damage*, z.B. Risse), umweltbedingte Abnutzung (*Environmental Deterioration*, z.B. Korrosion) und Unfallschäden (*Accidental Damage*, z.B. Dellen) auftreten können. Insofern richtet sich der Fokus auf Strukturelemente (SSI – Structure Significant Item), bei denen Schäden:¹⁵

- Einfluss auf eine nachhaltige Aufrechterhaltung der Lufttüchtigkeit nehmen und/oder
- eine besondere Schadens- oder (Material-)Ermüdungsanfälligkeit aufweisen und/oder
- bei denen es sich schwierig gestaltet, Strukturschäden festzustellen.

Geplante Instandhaltungsmaßnahmen von Strukturelementen (*SSI – Significant Structure Item*) legen ihren Schwerpunkt im Rahmen der MSG-3-Analyse zunächst wesentlich auf Inspektionen. Damit wird das Ziel verfolgt Toleranzüberschreitungen zu ermitteln, bewerten sowie ggf. zu beheben. Ergänzend können Maßnahmen der Korrosionsprävention (*Corrosion Prevention and Control Programs*) angewiesen werden

Nicht immer liegen bei Zulassung des Luftfahrzeugs gesicherte Erkenntnisse zu Inspektionsanforderungen vor. Hierzu wird dann zurückgegriffen auf:

- Erfahrungen der Luftfahrzeugbetreiber,
- Herstellerempfehlungen,
- Erfahrungen mit ähnlichen Strukturelementen bei anderen Flugzeugtypen.

¹⁵ vgl. Faye (2010)

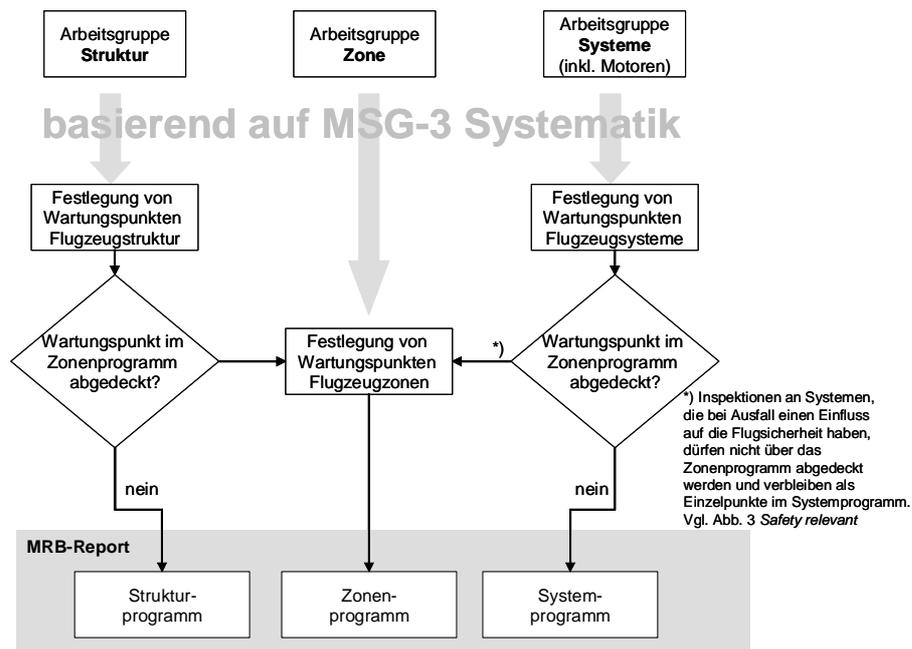


Abb. 4: Konsolidierungsprozess für die identifizierten Wartungspunkte¹⁶

Im Verlauf des Produktlebenszyklus dienen die gewonnenen Ergebnisse der Inspektionsmaßnahmen und Stichproben dazu, die ursprünglich ermittelten und angewiesenen Maßnahmen in Umfang und Häufigkeit an die tatsächlichen Schadensentwicklungen anzupassen.

Konsolidierung der identifizierten Wartungspunkte

Die Bestimmung der einzelnen Instandhaltungsaktivitäten bildet nur den ersten wichtigen Schritt des gesamten MSG-3-Prozesses. Im Anschluss müssen die einzelnen Wartungspunkte zusammengefasst werden, um daraus ein einziges Basisdokument zu schaffen. Durch diese Konsolidierung wird die Übersichtlichkeit gesteigert, Redundanzen identifiziert und unnötige (Mehrfach-) Kontrollen in der Betriebsphase des Luftfahrzeugs verhindert.

Die Konsolidierung erfolgt, indem für die definierten Wartungspunkte der Bereiche Struktur und Systeme geprüft wird, ob bei diesen bereits vergleichbare Wartungspunkte im Zonenwartungsprogramm definiert wurden (vgl. Abb. 4). Ist dies der Fall, so wird der Wartungspunkt aus dem Struktur- bzw. Systemprogramm nicht übernommen, weil dieser bereits über das Zonenprogramm Eingang in den MRB-Report findet. Im Ergebnis setzt sich der MRB-Report dann aus einem

¹⁶ vgl. Hinsch (2010), S. 115

Dokument mit den Kapiteln Zone, Struktur und Systeme (einschließlich Triebwerke) zusammen.

6. Lernen aus In-Service Daten

Das MSG-3 *Airline/Manufacturer Maintenance Program Development Document* ist nicht statisch. Um neu gewonnenen Erkenntnissen stetig Rechnung zu tragen und Verbesserungen in der Instandhaltungssystematik zu erzielen, wird die MSG-3 Technik kontinuierlich weiterentwickelt. Regelmäßig werden daher von der *Maintenance Program Industry Group* (MPIG) Revisionen an der Methodik erarbeitet und durch das International MRB Policy Board zur Veröffentlichung freigegeben (vgl. Zeitstrahl Abb. 2).¹⁷

Neben der MSG-Systematik unterliegen auch dieusterspezifischen MRB-Reports einer kontinuierlichen Bewertung hinsichtlich Aktualität und Angemessenheit. Nur so können Betriebserfahrungen und “lessons learned” im betrieblichen Alltag verankern und eine kontinuierliche Verbesserung erzielt werden. Für eine solche Optimierung arbeiten die Luftfahrzeughersteller mit ihren Kunden zusammen und sammeln nach Auslieferung Betriebs- und Instandhaltungsdaten ihrer Flugzeuge. Aus diesen Informationen entwickelte Boeing beispielsweise ein *In Service Data Program* (ISDP), welches aktuell Daten von rund 50 Prozent der eigenen Airline-Kunden berücksichtigt.¹⁸ Auf Grundlage der daraus gewonnenen Erkenntnisse (z.B. Befunde) werden Verbesserungspotenziale für die Instandhaltung identifiziert. Abhängig vom Hersteller und Flugzeugmuster finden dann etwa alle 12 – 36 Monate Arbeitsgruppen und ISC Meetings statt. In diesen tauschen die Operator, Hersteller und Behörden ihre Erfahrungen zu den bisherigen In-Service-Daten aus und formulieren Optimierungsvorschläge am MRB-Report. Nach Freigabe durch das Maintenance-Review-Board werden diesem dann Instandhaltungsaufgaben offiziell hinzugefügt oder gelöscht bzw. Instandhaltungsmaßnahmen, -intervalle oder -intensitäten angepasst. Damit wird die Instandhaltung im Nachgang nicht nur sicherer, sondern auch wirtschaftlicher. Dem Hersteller obliegt abschließend die Pflicht, den revidierten MRB-Report bekannt zu machen und die ihm bekannten Luftfahrzeughalter unmittelbar zu informieren.

¹⁷ vgl. Adams (2009)

¹⁸ vgl. Adams (2010)

7. Zusammenfassung

Die MSG-3 Methodik ist zentrales Analyse-Tool zur Bestimmung von Instandhaltungsmaßnahmen bei neuen Flugzeugmustern. Dabei ist das Verfahren eingebettet in den Maintenance-Review-Board Prozess. An dessen Ende steht die Publizierung des MRB-Reports, also dem allgemein anerkannten Basisdokument für die Instandhaltung eines Flugzeugtyps. Daher sind MSG-3 und MRB-Prozess untrennbar miteinander verbunden.

Ausgangspunkt der MSG-3 Methodik ist eine Fehlerbaumanalyse, dessen Entscheidungslogik sowohl den Sicherheitsanforderungen als auch den ökonomischen Aspekten eines modernen Flugbetriebs nachkommt.

Die im Rahmen der MSG-3 Analyse angewiesenen Instandhaltungsmaßnahmen sind aufgabenbasiert (task-oriented). Die daraus resultierende hohe Konkretisierung ermöglicht Instandhaltungsplanung mit chirurgischer Präzision. Hierin liegen die wesentlichen Vorteile der MSG-3 Analyse:¹⁹

1. Die MSG-3 Analyse ist in Aufbau und Struktur klar und nachvollziehbar. Zugleich werden alle relevanten Bestandteile des Luftfahrzeugs erfasst. Dadurch kann ein sehr hoher Sicherheitsstandard sichergestellt werden.
2. Intelligente Instandhaltung reduziert die Wartungspunkte (Maintenance-Tasks) auf ein Minimum ohne die Sicherheit zu vernachlässigen. Dadurch können Betriebskosten und instandhaltungsbedingte Bodenzeiten niedrig gehalten werden.
3. Da eine Korrelation zwischen Human Errors und unverhältnismäßig hoher Instandhaltung besteht, trägt die MSG-3 Methodik zur Reduzierung menschlichen Fehlverhaltens im Rahmen der Instandhaltung bei.

Die Vielzahl überzeugender Vorteile machen die MSG-3 Analyse im Kontext des MRB Prozesses zu einer Methodik, die sowohl bei den großen Luftfahrtbehörden als auch bei den Herstellern und Airlines keine erzwungene, sondern eine überzeugte Akzeptanz gefunden hat.

¹⁹ vgl. Gdalevitch (2000)

Literatur:

- Adams, C. (Hrsg.): *Understanding MSG-3*. Online: http://www.aviationtoday.com/am/repairstations/Understanding-MSG-3_33062.html, abgerufen am 12.12.2010
- Airbus SAS: *Maintenance Review Board Report A340*. Rev. July 2010, Appendix 5, Blagnac 2010
- Air Transport Association of America (ATA): *Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development Document*. Rev. 2003.1. Washington 2003
- Fay, M. E. J.: *Maintenance Program – Maintainability and Support Requirements*. Online: <http://www.airworthy.us/id2.html>, abgerufen am 12.01.2011
- Federal Aviation Administration (1997): *Advisory Circular AC 121-22A: Maintenance Review Board Procedures*, Washigton
- Gdalevitch, M.: *MSG-3, The Intelligent Maintenance*. Online: unter <http://www.amtonline.com/publication/article.jsp?pubId=1&id=1039&pageNum=1>, 2000, abgerufen am 12.12.2010
- Hinsch, M.: *Industrielles Luftfahrtmanagement - Technik und Organisation luftfahrttechnischer Betriebe*. Berlin, Heidelberg 2010
- Kinnison, H.A.: *Aviation Maintenance Management*. New York u.a., 2004
- Nowlan, F. Stanley, and Howard F. Heap. *Reliability-Centered Maintenance*. Report Number AD-A066579. United States Department of Defense. 1978

Autor:

Dr. Martin Hinsch, Dipl. Volkswirt: selbständiger Unternehmensberater, Hamburg.
Der Autor war zuvor viele Jahre im Bereich VIP & Executive Jet Solutions der Lufthansa Technik AG tätig, zuletzt arbeitete er dort als Senior Consultant im Mittleren Osten. *mh [at] aeroimpulse.de*

© Martin Hinsch, Hamburg 2011

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Eine Verbreitung dieser pdf. Datei ist zulässig. Ansonsten gilt das Urheberrechtsgesetz.

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.

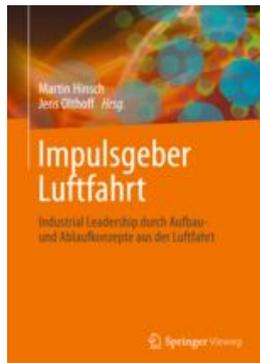
Weitere Informationen zur Instandhaltungsplanung und zum Instandhaltungsmanagement von Luftfahrzeugen finden sich hier:

Hinsch, M.: *Industrielles Luftfahrtmanagement - Technik und Organisation luftfahrttechnischer Betriebe*. 2. Aufl, Heidelberg, Berlin 2012



<http://www.springer.com/engineering/mechanical+engineering/book/978-3-642-30569-6>

Hinsch, M; Olthoff, J. (Hrsg.): *Impulsgeber Luftfahrt - Industrial Leadership durch luftfahrtspezifische Aufbau- und Ablaufkonzepte*. Berlin/Heidelberg 2013



<http://www.springer.com/engineering/production+engineering/book/978-3-642-32668-4>