Zustandsbasierte Flugzeugwartung

Fluggesellschaften versuchen die laufenden Kosten eines Flugzeuges immer weiter zu senken. Der Druck durch den Markt ist stark und es kommt auf jeden Cent an. Neben Kosten, die wenig beeinflussbar sind wie Treibstoffkosten, Abschreibungen, Steuern und Versicherung (Bild 1 zeigt dazu ein Diagramm), gibt es auch Kosten die eine Fluggesellschaft beeinflussen kann.

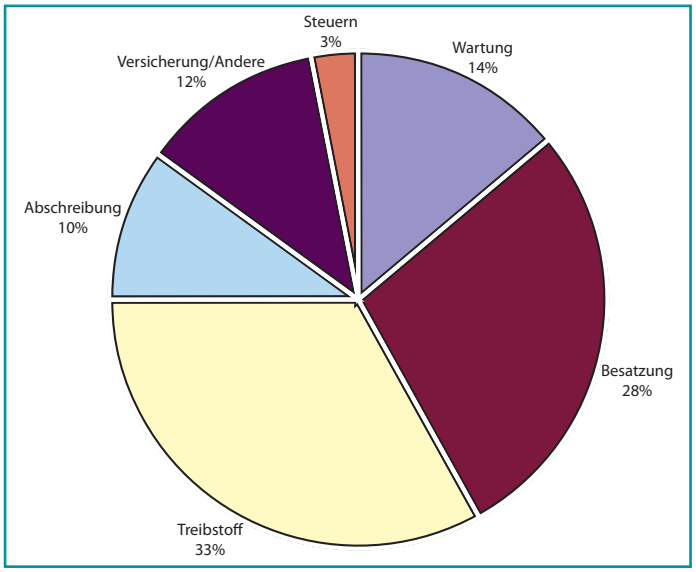


Abbildung 1

Die beeinflussbaren Kosten sind Kosten durch Personal, andere Kosten (z.B. Flughafenentgelten) und Wartungskosten. Bei den Flughafenentgelten können preiswertere Flughäfen gewählt oder es können die Abläufe können optimiert werden [1]. Wartungskosten zu reduzieren ist nicht einfach, da Sicherheitsstandards eingehalten und neue Technologien entwickelt werden müssen. Das Ziel einer optimalen Wartung ist es keine unvorhersehbaren Ausfälle mehr zu haben, Reparaturen in der Zeit zwischen zwei Flügen (Turn-Around) zu legen oder während den regelmäßigen Checks zu beheben. Wartung sollte da durchgeführt werden, wo eigenes Personal und Ersatzteile vorhanden sind . Da Bauteile möglichst lange benutzt werden sollen ist es nötig möglichst genaue Informationen über den Zustand des Bauteils zu haben.

Wartungskonzepte

Die Wartung im Flugzeug wird durch Vorschriften der verschiedenen Luftfahrtbehörden bestimmt und wenn diese Vorschriften nicht eingehalten werden, dann darf ein Flugzeug in dem Luftraum der entsprechenden Behörde nicht betrieben werden. Generell gibt es drei Wartungsstrategien: a) Fahren bis zum Bruch, b) vorausschauende Wartung und c) zustandsbasierte Wartung [2].

a) Beim **Fahren bis zum Bruch** wird ein Bauteil solange betrieben bis es einen Defekt zeigt und ausgetauscht werden muss. Dies wird bei preiswerten Bauteilen gemacht, die keinen Einfluss auf die Sicherheit haben und nur Einfluss auf den Komfort der Passagiere haben.

b) **Vorausschauende Wartung** ist die Standardwartungsart im Flugzeug. Dabei werden Bauteile nach einem bestimmen vorgeschriebenen, entweder von den Luftfahrtbehörden oder der Fluggesellschaft, Zeitraum ausgetauscht. Dieses Intervall wird so gewählt, dass ein Bauteil mit hoher Wahrscheinlich nicht vor einem Wartungsereignisses ausfällt. Es wird das Bauteil also während des letzten möglichen Wartungsereignisses vorausschauend ausgetauscht.

c) Die **zustandsbasierte Wartungsart** hat als letztes Wartungsintervall eines welches dynamisch (zeitlich angepasst) ist, denn die Dauer dieses Intervalls wird durch den Zustand des Bauteils bestimmt. Das Bauteil wird ausgetauscht, wenn ein Defekt sich ankündigt und zwar noch bevor der Defekt auftritt. Diese Wartungsart wird bisher nur bei wenigen Bauteilen angewandt, da es nicht trivial ist den Zustand eines Bauteiles und das Entstehen eines Defektes im Voraus zu bestimmen.

Zusätzlich zu diesen drei Wartungsarten gibt es noch die regelmäßigen Checks, in denen das Flugzeug in unterschiedlichem Umfang, je nach Art des Checks, geprüft und untersucht wird. Ein A-Check wird etwa alle zwei Monate durchgeführt und beinhaltet die Überprüfung der Flug relevanten Systeme und der Kabine. A-Checks werden normalerweise über Nacht durchgeführt, ohne das Flugzeug aus dem Flugbetrieb zu nehmen. Bei einem D-Check wird das Flugzeug Grund überholt und findet etwa alle 10 Jahre statt. Ein D-Check dauert rund einen Monat. Bild 2 zeigt die ungefähren Perioden für die unterschiedlichen Checks.

Zustandsbasierte Wartung

Zustandsbasierte Wartung kann auf zwei Ansätzen beruhen: a) einem analytischen oder b) einem empirischen Ansatz [3].

a) Bei einem analytischen Modell wird das Systemverhalten durch die Nachbildung des echten Systems abgebildet. Grundlage sind die Methoden der Systemtheorie.

b) Beim empirischen Modell werden die Eingangs- und Ausgangssignale beobachtet und es wird ein Modell auf Basis dieser Beobachtungen erstellt.

Bei beiden Modellarten werden zur Zustandsüberwachung die

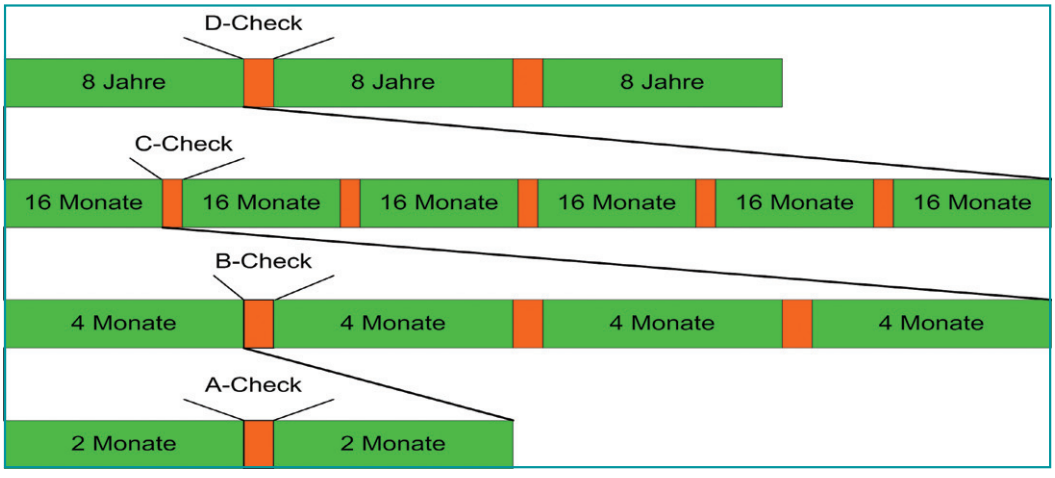


Abbildung 2

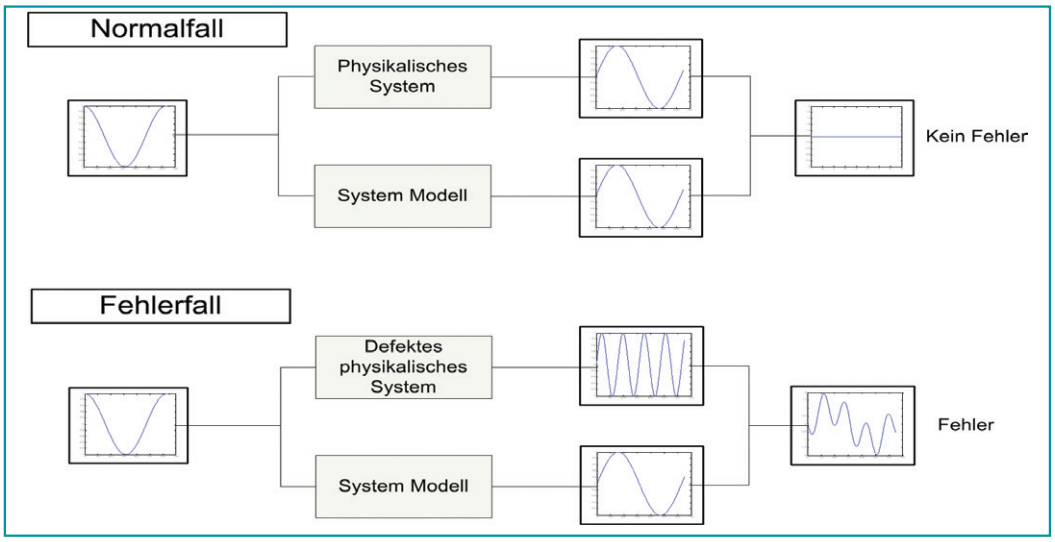


Abbildung 3

aktuell gemessenen Eingangssignale eingespeist. Der Zustand eines Systems wird durch den Vergleichen der Ausgangswerte des Modells und des echten (physischen) Systems ermittelt. Anhand des Unterschiedes kann ein Fehlerzustand identifiziert werden.

Je nach Wissen über das System und der Qualität des Modells kann darüber hinaus die Restlebenszeit ermittelt werden und/ oder zukünftige Fehler. Bild 3 zeigt hierzu eine Grafik auf der das Konzept verdeutlicht wird. Die Problematik besteht darin den Unterschied zwischen dem echten System und dem Modell richtig auszuwerten und zu interpretieren. Zum Auswerten können ausgewählte Werte überwacht werden. Es kann geprüft werden, ob diese Werte eine Schwelle überschreiten. Weiterhin können Signale analysiert oder es können komplexe Muster gesucht werden. Viele komplexere Analysen werden vom Menschen durchgeführt (z.B. Frequenzanalysen), während andere Analysen von Maschinen durchgeführt werden können (z.B. Schwellwertüberwachung).

PAHMIR

Im Forschungsprojekt PAHMIR (Preventive Aircraft Health Monitoring for Integrated Reconfiguation) - ein Kooperationsprojekt zwischen der Airbus Operations GmbH und der HAW Hamburg - wird versucht, den Menschen bei der Zustandsüberwachung durch einen lernfähigen Computeralgorithmus zu ersetzen. Der Computer wertet dabei die Signaldaten mit Methoden aus der Mustererkennung aus. Als Systemmodell dient ein empirisches Modell, das computergestützt durch Messungen der Daten verschiedene Systemzustände ermittelt . Ein Vorteil gegenüber bisher computerbasierter Überwachung ist, dass der Algorithmus lernen kann und er ihm vorher unbekannte Zustände seinem Systemmodell hinzufügen kann. Der Schwerpunkt bei der Überwachung liegt dabei auf der Auswertung von Schwingungen verschiedenerer Art. Es kann von elektrischer Leistung über Temperatur bis Körperschwingungen gehen. In Zukunft soll es dadurch möglich werden komplexe Fehlermuster zu erkennen, einen Defekt schon mehrere hundert Flugstunden im Voraus vorher zusagen und die Wartung entsprechend zu planen.

Mike Gerdes, Dieter Scholz
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
26. November 2009

[1] Gomez Carrasco, Francisco; Scholz, Dieter: *Flugzeugentwurf für kostenoptimierte Abfertigung.* In: Ingenieurspiegel (2009), 1, S. 29-32

[2] Kolerus, Josef; Wassermann, Johann: *Zustandsüberwachung von Maschinen.* Renningen : expert, 2008

[3] Wagner, Martin: *Modellbasierte Arbeitskräfteplanung für stochastische Instandhaltungsereignisse in der zivilen Luftfahrt.* Berlin, Technischen Universität ‚Fakultät V – Verkehrs- und Maschinensysteme, Dissertation, 2009

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg - Forschungsgruppe Flugzeugentwurf und -systeme

Aero

Aero - Aircraft Design and Systems Group
Berliner Tor 9 - 20099 Hamburg
Telefon: +49.40.42875-8825
E-Mail: info@ProfScholz.de
http://Aero.ProfScholz.de

Forschungsprojekt:
PAHMIR
Preventive **A**ircraft
Health **M**onitoring
for **I**ntegrated
Reconfiguration

PAHMIR