

# PAHMIR

## Preventive Aircraft Health Monitoring for Integrated Reconfiguration

DIPL.-ING. MIKE GERDES; PROF. DR.-ING. DIETER SCHOLZ, MSME

» Das PAHMIR-Projekt versucht, neue Methoden und Ansätze für die Wartung und die Kabinenrekonfiguration zu entwickeln. Es werden Konzepte aus den Bereichen Künstliche Intelligenz, RFID (radio-frequency identification) und Lokalisierung verwendet. Dadurch wird es möglich, die Wartungskosten eines Flugzeugs zu senken und die Rekonfiguration der Flugzeugkabine zu beschleunigen. Damit die entwickelten Konzepte auch praxistauglich sind, wird in dem Projekt mit vielen Partnern zusammengearbeitet.

**Finanzierung und Partner:** Das Projekt PAHMIR ist ein Forschungsverbundprojekt zwischen der Airbus Operations GmbH und der HAW Hamburg. Die Arbeit der HAW Hamburg wird dabei durch die Stadt Hamburg gefördert. Die Projektlaufzeit beträgt drei Jahre. Das Deutsche Forschungsinstitut für Künstliche Intelligenz (DFKI) in Bremen und die Philotech GmbH sind durch Unteraufträge von Airbus ebenfalls in das Projekt eingebunden. PALL, Lufthansa Technik und EADS Astrium sind weitere Partner (**Bild 1**).

**2010** Testen und Verbessern der Konzepte und des Prototypen

**Ziele:** Fluggesellschaften versuchen, die laufenden Kosten eines Flugzeugs immer weiter zu senken. Neben Kosten wie Treibstoffkosten, Abschreibungen, Steuern und Versicherungen, die eine Fluggesellschaft wenig beeinflussen kann, gibt es auch beeinflussbare Kosten wie Personalkosten, Flughafentgelte und Wartungskosten (**Bild 2**). Bei den Flughafentgelten können preiswertere Flughäfen gewählt oder die Abläufe optimiert werden [1]. Wartungskosten zu reduzieren, ist allerdings nicht einfach, da Sicherheitsstandards eingehalten und neue Technologien entwickelt werden müssen. Das Ziel einer optimalen Wartung ist es, unvorhersehbare Ausfälle zu vermeiden und Reparaturen in die Zeit zwischen zwei Flügen (Turnaround) zu legen oder während der regelmäßigen Checks vorzunehmen. Wartung sollte dort durchgeführt werden, wo eigenes Personal und Ersatzteile verfügbar sind. Da Bauteile möglichst lange genutzt werden sollen, ist es nötig, möglichst genaue Informationen über den Zustand eines Bauteils zu erhalten.

### Project lead

1



### Industry partners



### Funded by



**Planung:** Am Ende der Laufzeit sollen ein Proof-Concept-Prototyp und eine Grundstruktur zur Verfügung stehen, um die entwickelten Konzepte und Ideen evaluieren und erproben zu können. Die Ziele für die jeweiligen Jahre sind wie folgt festgelegt:

**2008** Definitionsphase und Evaluierung verschiedener Konzepte

**2009** Aufbau eines Prototypensystems und Sammeln von Daten

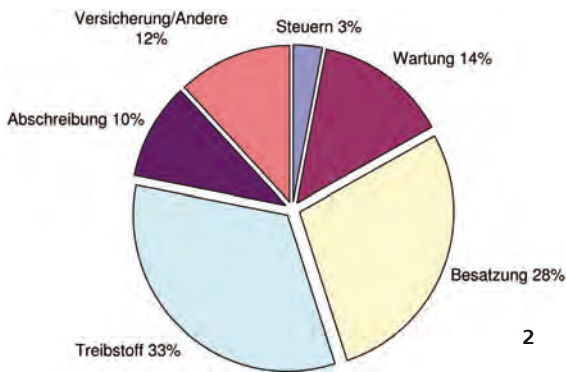
**Die heutige Flugzeugwartung:** Die Wartung eines Flugzeugs wird durch Vorschriften der verschiedenen Luftfahrtbehörden bestimmt. Wenn diese Vorschriften nicht eingehalten werden, darf ein Flugzeug in dem entsprechenden Luftraum nicht betrieben werden. Es werden drei Wartungsstrategien angewandt:

- Fahren bis zum Bruch,
- vorausschauende Wartung und
- zustandsbasierte Wartung [2].

**Fahren bis zum Bruch:** In diesem Fall wird ein Bauteil so lange betrieben, bis es einen Defekt zeigt und ausgetauscht werden muss. Dies geschieht bei preiswerten Bauteilen, die keinen Einfluss auf die Sicherheit, sondern nur Einfluss auf den Komfort der Passagiere haben.

**Vorausschauende Wartung:** Hierbei handelt es sich um die Standardwartungsart im Flugzeug. Dabei werden Bauteile nach einem vorgeschriebenen Intervall ausgetauscht. Das Intervall kann entweder von den Luftfahrtbehörden oder von der Fluggesellschaft vorgegeben sein und es wird so gewählt, dass ein Bauteil mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht vor einem Wartungsereignis

1 Partner des PAHMIR-Projektes



2

ausfällt. Das Bauteil wird also während des letzten möglichen Wartungsereignisses vorausschauend ausgetauscht.

**Zustandsbasierte Wartung:** Diese Wartungsart hat als letztes Wartungsintervall ein dynamisches (zeitlich angepasstes) Intervall, dessen Dauer durch den Zustand des Bauteils bestimmt wird. Das Bauteil wird ausgetauscht, wenn sich ein Defekt 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 Bauteils und das Entstehen eines Defekts im Voraus zu bestimmen.

Für die Flugzeugwartung wurden regelmäßige Checks definiert, in denen das Flugzeug in unterschiedlichem Umfang geprüft und untersucht wird. Ein A-Check wird etwa alle zwei Monate durchgeführt und beinhaltet die Überprüfung der flugrelevanten 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 grundüberholt. Der D-Check findet etwa alle zehn Jahre statt. Ein D-Check dauert rund einen Monat.

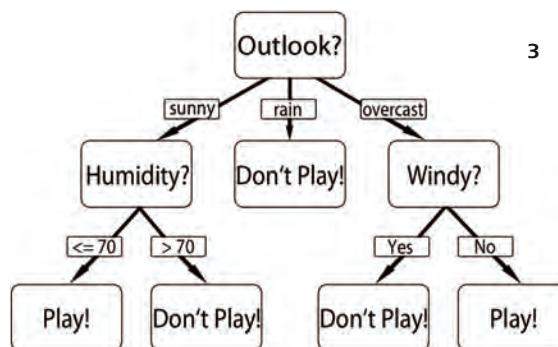
**Neue Methoden für die Überwachung von Systemen:** Im Forschungsprojekt PAHMIR wird versucht, den Menschen bei der Zustandsüberwachung durch einen lernfähigen Computeralgorithmus zu ersetzen. Der Computer wertet dabei die Signaldaten mit Methoden aus der Mustererkennung aus. Als Systemmodell dient ein empirisches Modell, das computergestützt durch Messungen der Daten verschiedene Systemzustände ermittelt. Ein Vorteil gegenüber der bisherigen computerbasierten Überwachung ist, dass der Algorithmus lernen und seinem Systemmodell ihm vorher unbekannt Zustände hinzufügen kann. Der Schwerpunkt bei der Überwachung liegt dabei auf der Auswertung von Schwingungen verschiedener Art – von elektrischer Leistung über Temperatur bis zu Körperschwingungen. In Zukunft soll es dadurch möglich werden, komplexe Fehlermuster zu erkennen, einen Defekt schon mehrere Hundert Flugstunden im Voraus vorherzusagen und die Wartung entsprechend zu planen.

In diesem Verfahren werden zunächst die Eingabedaten (z. B. Schwingungen oder Geräusche) vorverarbeitet und aufbereitet. Dies beinhaltet das Filtern von Frequenzen, die Ermittlung von Durchschnitts- und Maximalwerten sowie das Zusammenfassen von Frequenzen zur Reduktion der Datenmenge. Die einzelnen Schritte sind dabei von den Daten abhängig und werden mithilfe eines heuristischen Optimierungsalgorithmus angepasst.

Die vorverarbeiteten Daten dienen als Basis für einen lernfähigen Klassifizierungsalgorithmus. Dieser Algorithmus teilt die Daten jeweils einer Klasse zu, die deren Alter oder Fehlerzustand entspricht. Als Grundlage hierfür dienen Entscheidungsbäume, ein Konzept aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz, die in der Regel für Klassifikationen und Entscheidungsfindungen eingesetzt werden (**Bild 3**). Sie basieren auf einfachen Wenn-dann-Entscheidungen und können im Unterschied zu anderen Methoden sehr leicht von einem Menschen verstanden werden [3].

Erste Tests konnten zeigen, dass die gewählten Methoden gute Ergebnisse erzielen und es möglich ist, Fehler zu erkennen. Es werden Langzeittests in Zusammenarbeit mit Lufthansa durchgeführt, um die Algorithmen zu verbessern und diese mit Daten aus der realen Welt zu validieren. Bei diesen Tests werden Daten über die Dauer von einem Jahr bei einem Langstreckenlinienflug aufgezeichnet. Zusätzlich wird bei Airbus ein Teststand aufgebaut an dem Fehlerfälle nachgebildet werden können, sodass gezielt Daten produziert werden können, die einem speziellen Fehler entsprechen. «

3



## Literatur

- [1] Gomez Carrasco, Francisco; Scholz, Dieter: Flugzeugentwurf für kostenoptimierte Abfertigung. In: *Ingenieurspiegel* (2009), Nr. 1, S. 29–32
- [2] Kolerus, Josef; Wassermann, Johann: *Zustandsüberwachung von Maschinen*. Renningen: expert, 2008
- [3] Gerdes, Mike; Scholz, Dieter: Feature Extraction and Sensor Optimization for Condition Monitoring of Recirculation Fans and Filters. In: *Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress 2009. Aachen, 08.–10. September 2009. Tagungsband – Ausgewählte Manuskripte*. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt, 2009