



AUTOMATISCHE MODELLBASIERTE VOLLSTÄNDIGKEITSPRÜFUNG IN DER MONTAGE

Motivation

Die Premium Aerotec GmbH als Tochter der AIRBUS Group stellt am Standort Nordenham u. a. Flugzeugrumpfschalen für den AIRBUS A380 her. Flugzeugrumpfschalen sind Einzelteile der Außenhaut in Verbindung mit strukturtragenden Elementen. Sie werden in Hamburg zu tonnenförmigen Segmenten vormontiert und anschließend in Toulouse in Frankreich zum gesamten Flugzeug endmontiert.

Kunden von AIRBUS haben die Möglichkeit, die Innenausstattung variabel zu konfigurieren. Das reicht von der Anordnung der Sitze über die multimediale Ausstattung bis hin zur Gesamtaufteilung der Kabinen. Je nach Ausstattungswunsch müssen bereits an den Rumpfschalen in Nordenham Halter montiert und Bohrungen gesetzt werden, an denen später Kabel, Verkleidungen und Ausstattungselemente befestigt werden.

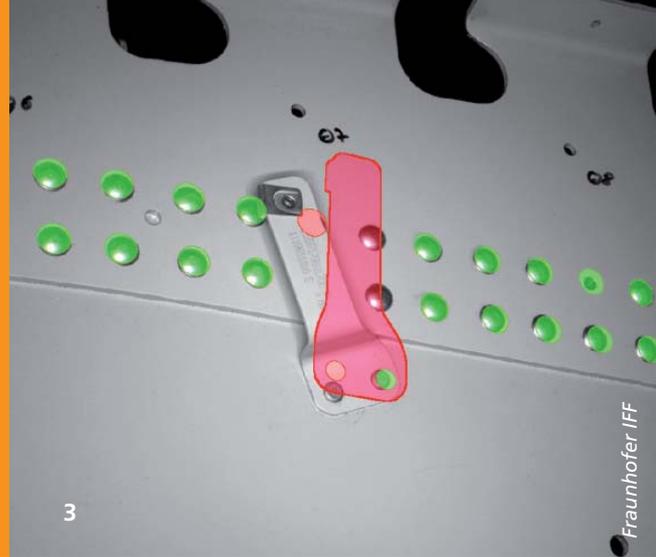
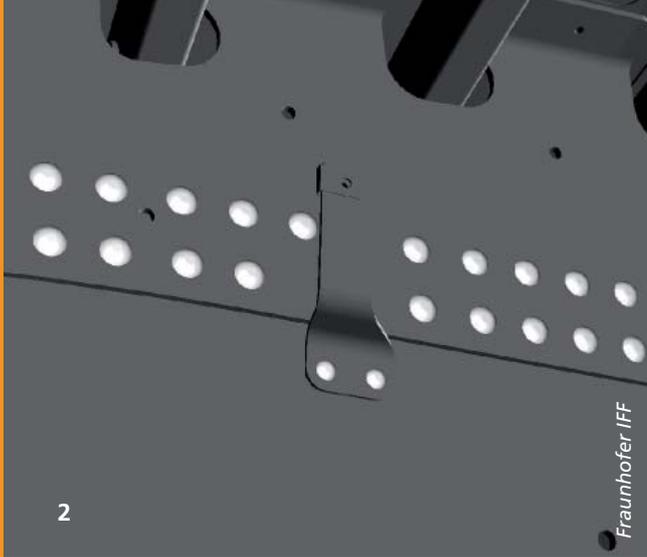
Die Montage der Halter erfolgt aufgrund der hohen Variantenvielfalt vollständig manuell. Dabei stehen den Werkern lediglich 2D-Konstruktionszeichnungen zur Verfügung. Wie bei vielen manuellen Montagetätigkeiten können dabei Fehler auftreten. Das Fehlerspektrum reicht von nicht montierten oder in der Orientierung falsch montierten Haltern bis vom Typ vertauschter Halter. Des Weiteren traten Fehler beim manuellen Setzen von Nieten auf, d. h., vorgesehene Nieten wurden nicht gesetzt oder falsche Nietausführungen bzgl. Durchmesser oder Materialtyp wurden verwendet. Zudem ist es möglich, dass solche Fehler erst bei der Vormontage in Hamburg oder bei der Endmontage in Toulouse erkannt werden. Hier ist die Behebung unter Umständen mit aufwendigen Rückbauten verbunden, wodurch vermeidbare Fehlerbeseitigungskosten entstehen.

Aufgabenstellung

Um sicherzustellen, dass nur objektiv und vollständig geprüfte Rumpfschalen das Werk verlassen, sollte eine vollkommen automatische Vollständigkeitsprüfung der Anbauteile, Niete und Bohrungen entwickelt und umgesetzt werden. Diese sollte in die Infrastruktur des vorhandenen Prüfsystems integriert werden, das bis dahin aus einem 6-Achs-Roboter auf einer Linearachse bestand, der einen optischen Sensor an einer beliebigen Position an der Rumpfschale positionieren konnte.

Der Kunde wollte selbstständig und automatisiert Prüfprogramme für die Durchführung der Prüfung erstellen und diese bei Variantenänderungen an den Rumpfschalen anpassen können. Als Datenbasis stehen grundsätzlich nur das CAD-Modell der zu prüfenden Rumpfschale und eine Auflistung der Prüfmerkmale zur Verfügung. Eine besondere Herausforderung lag darin, dass aufgrund der enormen Anzahl an Prüfmerkmalen, bis zu 2 000 Halter und 40 000 Niete pro Rumpfschale, sowie der hohen Variantenvielfalt der Rumpfschalen, Programme zur Durchführung der Prüfung automatisch generiert werden.

- 1 Kameraaufnahme des V-Check-Sensors zur automatischen Durchführung der Montageprüfung.
- 2 Darstellung der Soll-Informationen zur Montageprüfung. Nietposition und -typ werden automatisiert aus dem CAD abgeleitet.
- 3 Ergebnis der Montageprüfung: grün korrekt montierte Nietverbindungen, rot: falsch montiertes Bauteil und fehlende Niete. (Kamerabild)



Lösungskonzept

Klassische Prüfsysteme basieren meist auf Golden-Sample- oder auf lernbasierten Ansätzen. Beim Golden-Sample-Ansatz wird ein »Gut-Teil« dem Prüfsystem präsentiert und alle folgenden Prüflinge werden als »i. O.« (in Ordnung) klassifiziert, wenn sie dem Gut-Teil entsprechen. Lernbasierte Algorithmen versuchen, anhand von Gut- und Schlechtteilen, Grenzen zu erkennen und Prüflinge dann automatisch in die entsprechende Kategorie einzuordnen. Beide Ansätze sind für die hier vorliegende Aufgabenstellung ungeeignet. Zum einen kann die produzierte Stückzahl einer Rumpfschale im ungünstigsten Fall gleich 1 sein und zum anderen werden kontinuierlich neue Anbauteile konstruiert, wodurch ein Einlernen nur mit extrem hohem Aufwand verbunden wäre.

Daher wird hier ein innovativer, modellbasierter Ansatz verfolgt. Er basiert auf einem mathematischen Modell eines optischen Sensors und den Modelldaten der zu prüfenden Rumpfschale. Für den Sensor, der speziell für diese Prüfaufgabe entwickelt wurde, werden zuvor die optimalen Messpositionen berechnet. Dabei wird ein neuartiges Simulationsverfahren genutzt, das Kamerabilder und dreidimensionale Messdaten eines virtuellen Sensors in einer virtuellen CAD-Umgebung erzeugt. Dadurch ist es möglich, eine Vielzahl von potenziellen Prüfpositionen für ein Merkmal nach unterschiedlichen Kriterien zu bewerten und die beste Position des realen Sensors zur Erfassung des realen Bauteils zu bestimmen. In der Praxis werden so pro Rumpfschale mehrere Tausend Aufnahmepositionen vollkommen automatisch berechnet, die der Roboter mit dem Sensorkopf anfahren muss.

Zur Auswertung werden dann die simulierten mit den realen Messdaten verglichen. Stimmen beide überein, gilt ein Prüfmerkmal als i. O., d. h., ein Anbauteil wurde korrekt und lagerichtig montiert bzw. eine Bohrung wurde mit dem korrekten Durchmesser an der vorgegebenen Position gesetzt. Liegt keine Übereinstimmung vor, wird das Prüfmerkmal im Prüfprotokoll als »n. i. O.« (nicht in Ordnung) klassifiziert. Zur

leichten Behebung der erkannten Mängel wird dann im Prüfprotokoll ein fehlerhaftes Merkmal als farbiges Overlay über die Kamerabilder des Sensors gelegt.

Nutzen und Ausblick

Mithilfe der automatischen Vollständigkeitsprüfung können fehlerhafte Bauteile automatisiert und zuverlässig erkannt werden. Es entstand für den Kunden folgender Nutzen:

- Die Prüfung ist objektiv und richtet sich direkt nach den CAD-Daten, die den exakten Soll-Zustand beschreiben.
- Die Prüfzeit wurde von ca. 12 Stunden auf maximal 4 Stunden reduziert.
- Die ermittelten Fehler werden in einer Datenbank gespeichert, um durch deren Auswertung den Montageprozess optimieren zu können.

Die Nutzung der hier entwickelten modellbasierten Prüfung bietet sich immer dann an, wenn Klein- und Kleinstserien geprüft werden müssen oder die Anzahl der Prüfmerkmale so hoch ist, dass eine manuelle Erstellung von Prüfprogrammen nicht wirtschaftlich ist. Auch zur Konfiguration von Sensoren eignet sich die Simulation der Messung hervorragend. Für die beschriebene Entwicklung wurde 2013 beim US-Patentamt ein Schutzrecht beantragt.

Projektpartner

Premium Aerotec GmbH, Nordenham

Ansprechpartner im Geschäftsfeld Mess- und Prüftechnik

Dipl.-Inform. Steffen Sauer
 Telefon +49 391 4090-261 | Fax +49 391 4090-93-261
 steffen.sauer@iff.fraunhofer.de