



© künstlerisches Composing: CD-Art

FERNGESTEUERT VON FRANKFURT NACH NEW YORK – FIKTION ODER VISION?

EU-Projekt Ifats untersuchte technische
Machbarkeit eines vollautomatischen Luftverkehrs

Von Dirk-Roger Schmitt und Claude Le Tallec

Kann ein vollautomatischer Flug von New York nach Frankfurt Realität werden oder ist es nur eine Fiktion? In der Simulation konnte dieser Flug bereits erfolgreich abgewickelt werden. Am 14. Dezember 2006 führte das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt an seinem Standort Braunschweig gemeinsam mit seinen internationalen Partnern ein Simulationsexperiment durch. Es war der Höhepunkt des von der Europäischen Kommission mit fünf Millionen Euro geförderten Projektes **Ifats**, (**I**nnovative **F**uture **A**ir **T**ransport **S**ystem, Innovatives zukünftiges Lufttransportsystem), das von der Onera, der französischen Partnerorganisation des DLR, organisiert wird. In dem Simulationsexperiment konnte gezeigt werden, daß ein vollautomatisierter Luftverkehr grundsätzlich technisch möglich ist.



Kontrollzentrum des weltweiten Luftverkehrs beim DLR. Der Leitstandssimulator (Airport Operations and Control Centre Simulator Acces) wurde zur Simulation eines virtuellen Fluges über den Atlantik genutzt. Links im Bild die Darstellung des Verkehrsplaners mit dem Anflugverkehr im Frankfurter Raum mit der simulierten Maschine aus New York. Rechts die übertragenen Daten des bordseitigen Systemzustandes und Fehleranalysen (Universität von Patras, Griechenland)

Das Ifats-Konzept im Überblick. Das Bild zeigt die verschiedenen Teilnehmer am Luftverkehr, die über Datenverbindungen untereinander und mit dem Boden kommunizieren. Datenverbindungen und bordseitige Sensoren sind symbolisch dargestellt



DIE BISHERIGE SITUATION IM LUFTRANSPORTSYSTEM

Zurzeit wird der kommerzielle Verkehr von Fluglotsen unter Einsatz von Radar gemanagt. Die Piloten an Bord der Flugzeuge werden durch die Fluglotsen der Flugsicherung am Boden geführt. Die Nutzung des Luftraums ist durch die Vorgabe von Luftstraßen und die Einteilung in immer kleinere Sektoren stark limitiert. Die Effizienz des heutigen Lufttransportsystems könnte höher sein, wenn die Flugzeuge ihre Flugrouten direkt managen und optimieren könnten. In so genannten „Free-Flight-Konzepten“ ist dies bereits angedacht.

Immer leistungsfähigere Computer und zuverlässigere Datenübertragungssysteme zwischen Bord und Boden machen eine direkte Kommunikation zwischen Flugsicherung und Flight Management System (FMS), d.h. mit dem Bordcomputer und dem Autopiloten an Bord des Flugzeuges möglich. Weiterhin gibt es neue Sys-

teme wie das Automated Dependent Surveillance Broadcast, kurz ADS-B, die es per Satellitennavigation ermöglichen, dass Flugzeuge direkt ihre Positionsdaten austauschen.

Das heutige System hat also bordseitig bisher schon einen erstaunlichen Automatisierungsgrad erreicht. Flugzeuge starten zwar noch mit Pilotenaktion; alle folgenden Phasen bis zur Landung einschließlich Bremsen können aber fast automatisiert durchgeführt werden. Lediglich das Ausfahren des Fahrwerks und das Air Traffic Management ist noch nicht automatisiert. Doch bereits heute stehen den Fluglotsen diverse Assistenzsysteme oder Planungsunterstützungssysteme zur Verfügung.

Die Sicherheit des Lufttransports ist außerordentlich hoch verglichen mit anderen Verkehrsträgern. Trotzdem kommt es immer wieder zu Flugunfällen. Häufig entstehen sie durch mangelndes Situationsbewusstsein des Piloten. Ein Beispiel ist der sogenannte CFIT-Unfall – Controlled

Flight into Terrain. CFIT-Unfälle sind in erster Linie nicht auf den Ausfall der Flugfähigkeit des Flugzeugs zurückzuführen, sondern auf falsche Führung oder fehlerhafte Interpretation der Flugzustandsinformationen durch den Piloten. Die tragische Folge: eine Kollision mit dem Gelände. Mangelndes Situationsbewusstsein kann auch beim Fluglotsen nicht ausgeschlossen werden. Es hat unter Umständen fatale Folgen, wie die Kollision zweier Flugzeuge in der Nähe des Bodensees vor einigen Jahren.

DAS KONZEPT

Das Ifats-Projekt hat zum Ziel, ein Konzept für ein Lufttransportsystem zu untersuchen, bei dem das gesamte System vollständig automatisiert ist. Es soll klären, wie ein solches System in vielleicht 30, 35 Jahren organisiert werden kann. Dabei sollen auch technische, wirtschaftliche, soziale und rechtliche Aspekte betrachtet werden. Ifats ist ein revolutionäres System, das auf den evolutionären

Ansätzen anderer Vorhaben wie Sesar (Single European Sky ATM Research) aufbaut.

Das Grundprinzip von Ifats berücksichtigt alle Teilnehmer des Luftverkehrs: Große Passagierflugzeuge, Regionalflugzeuge, Sportflugzeuge des allgemeinen Luftverkehrs, Militärfahrzeuge und unbemannte Flugzeuge (UAVs). Alle Teilnehmer müssen miteinander kooperieren und Daten austauschen, dies schließt Satellitenkommunikation und -Navigation ein. Um auch nichtkooperativen Teilnehmern (z. B. kleinen Sportmaschinen oder Bodenfahrzeugen, die nicht Teil des Netzwerkes sind) ausweichen zu können, sind die großen Maschinen auch mit Sensoren ausgestattet, die für ein entsprechendes Situationsbewusstsein des Automaten an Bord sorgen.

Die konventionelle Flugsicherung mit Fluglotsen wird durch einen globalen Luftverkehrsdienst ersetzt. An Bord der Flugzeuge agiert der Kapitän als Systemmanager.

DER FLUG

Das Basiskonzept von Ifats ist die sogenannte 4D-Trajektorie. Jedes Flugzeug fliegt entlang einer genau festgelegten Flugroute, die in den Koordinaten (x,y,z) festgelegt wird. Wenn man nun den Aufenthaltsort der Maschine mit einer bestimmten Zeit t koppelt, dann erhält man die vierdimensionale Koordinate (x,y,z,t) . Diese beschreibt die genau die Position zu einer bestimmten Zeit. Das Flugzeug fliegt dann genau entlang dieser vordefinierten Koordinaten den Flugplan ab. Ein Ifats-Flug beginnt also mit der Erstellung des Flugplanes. Dieser wird vor dem Flug auf einem weltweiten strategischen Anforderungsprofil festgelegt. Das heißt, eine zentralisierte Stelle der Flugsicherung erhält die Anfragen aller Fluglinien mit ihren Wünschen für Zielflughäfen, Abflugzeiten, usw. Anschließend werden die vierdimensionalen Flugrouten – die 4D-Trajektorien – so vorausgerechnet, dass einerseits die Anforderungen der Fluglinien bestmöglich berücksichtigt werden und

andererseits der gesamte Luftverkehr bereits in der Planung völlig konfliktfrei, d. h. ohne mögliche gefährliche Annäherungen ablaufen kann. Damit hat jeder Teilnehmer am Luftverkehr mit der Flugsicherung einen „4D-Vertrag“ abgeschlossen, der per Definition einen konfliktfreien Flug sicherstellt.

Wenn die Passagiere eingestiegen sind, rollt das Flugzeug automatisch direkt zur Startposition und beginnt ohne Wartezeit mit dem Startvorgang. Der nun folgende Streckenflug wird nach dem Konzept der 4D-Trajektorien abgewickelt. Das Flugzeug hat damit die Verantwortung übertragen bekommen, den mit der Flugsicherung abgeschlossenen 4D-Vertrag einzuhalten, nach Möglichkeit während des gesamten Fluges. Ist dies nicht möglich, z. B. aufgrund einer lokalen Wettersituation, muss mit der Bodenkontrollstation ein neuer Vertrag, der wieder einen konfliktfreien Flug sicherstellt, ausgehandelt werden. Diese Verhandlungen laufen automatisch über die Datenverbindung

zwischen dem bordseitigen Flight-Management-System und dem Boden ab. Am Ende des Fluges erfolgt die zeitgenaue automatische Landung und mit automatischem Rollen bis zum Gate.

Notfälle können natürlich auch während eines Ifats-Fluges auftreten. In diesem Fall bleibt keine Zeit für eine automatische Verhandlung mit der zentralen Flugsicherung über eine veränderte Trajektorie. Vielmehr muss das Flugzeug autonom reagieren können. Hierzu nutzt es seine Informationen über den benachbarten Verkehr, um eine kurzfristige Trajektorie zu generieren, die der Notsituation und den anderen Flugzeugen in der Nähe Rechnung trägt.

DAS NETZWERK

Für ein komplexes weltweites System ist natürlich ein Netzwerk verschiedener Einrichtungen notwendig. Im Luftsegment sind es Flugzeuge verschiedener Kategorien, die miteinander und mit der Bodenstation kommunizieren. Im Bodensegment wird der globale Verkehr vom zentralen Flugverkehrsdienst (ATSM) geplant und koordiniert. Gleichzeitig kommunizieren die Flugzeuge mit verschiedenen, geographisch verteilten Bodenkontrollstationen sowie mit den Flughäfen und den Zentren der Airlines. Der Bodenkontrollstation obliegt es, bei Problemen lokale Lösungen zu finden und neue kurzfristige Trajektorien festzulegen. Neu in dem System sind im Ifats-Konzept die Flugzeughersteller. Da die Flugzeuge vollständig automatisch fliegen

und der Flugkapitän lediglich eine Überwachungsaufgabe hat, hält man beim Flugzeughersteller ein Notfallkontrollzentrum aufrecht, das bei technischen Problemen an Bord eingeschaltet wird, um vom Boden aus bisher nicht vorhergesehene Probleme zu analysieren und Notfalllösungen zu übermitteln.

DER VIRTUELLE FLUG

Für den virtuelle Ifats-Flug am 14. Dezember 2006 wurde der Leitstand des Institutes für Flugführung zum Kontrollzentrum für den weltweiten Luftverkehr umgerüstet. Hierzu wurden die Simulationen zur weltweiten Verkehrsplanung vom DLR, des Rollverkehrs (von der Onera, der weltweiten Datennetze von Thales, der wetterbedingten Routenumplanung von Technion, der autonomen bordseitigen Notverfahren von der IAI) der bordseitigen automatischen Fehlerdetektion und -analyse in der Universität Patras sowie der automatischen Kollisionsverhinderung von Cira in den Leitstand zur Durchführung des Simulationsexperimentes integriert. In der Simulation konnte gezeigt werden, dass prinzipiell ein vollautomatischer Flug durchgeführt werden kann und das Management von Zwischenfällen und Notfällen möglich ist.

Im Rahmen des Experimentes wurden auch einzelne Aspekte des Ifats-Systems mit einem konventionellen System bestehend aus Flugsicherung, Fluglotsen und Piloten verglichen. Der gemessene Parameter war die Aufenthaltzeit im Flughafennahbereich.

Das Ifats-Planungssystem reduzierte diese Zeit um etwa zehn bis 20 Prozent. Dies bedeutet eine erhebliche Kapazitätssteigerung.

DIE GESELLSCHAFTLICHE AKZEPTANZ

Noch ist Ifats eine Vision, ein Forschungsprojekt, welches untersucht, wie man mit bereits jetzt vorhandener Technik in fernerer Zukunft einen Automatisierungsgrad erreichen kann, der auf kurzfristig handelnde Fluglotsen und Piloten verzichtet. Technisch scheinen die Möglichkeiten gegeben. Wird der Mensch in 25 Jahren bereit sein, nicht nur Lasten auf die se Weise zu transportieren, sondern selbst in ein Flugzeug ohne Piloten einzusteigen?

Bereits heute gibt es eine führerlose U-Bahn, sie wurde gerade in Nürnberg in Betrieb genommen. Es ist vorauszu sehen, dass man in wenigen Jahren mit unbemannten Flugzeugen – man spricht inzwischen von aus, (n) manned Aircraft Systems) – als zusätzliche Teilnehmer im Luftraum rechnen muss. Die Rolle des Menschen in einem solchen zukünftigen System neu zu definieren, ist eine Aufgabe, die noch auf der to do list steht.

Autoren:

Dirk-Roger Schmitt ist tätig im Institut für Flugführung am DLR-Standort Braunschweig, Claude Le Tallec ist vom Office National d'Etudes et de Recherches Aéropatiales, Département Prospective et Synthèse, Onera, Châtillon, Frankreich.



- > New York, John F. Kennedy Flughafen, 23. März 2035, 16:00 Uhr Ortszeit: Alle Passagiere sind an Bord des Airbus A 390.
- > Der Flugkapitän sitzt in einem bequemen Sessel und beobachtet auf fünf Monitoren, wie die Systeme am Flugzeug automatisch hochgefahren werden.
- > Das Flugzeug setzt sich automatisch in Bewegung, um zur Startposition zu rollen.
- > Der Kapitän bestätigt durch Tastendruck, dass im Flugzeug alles o.k. ist.
- > Die Triebwerke fahren auf Nenndrehzahl hoch, LH401 beschleunigt und hebt ab, pünktlich um 16:23 Uhr, wie es der Flugplan vorsieht.
- > Nach sieben Stunden wird der Luftraum über Frankfurt erreicht.
- > Das Kontrollzentrum in Langen gibt automatisch die Landung frei.
- > Die Triebwerke werden wie von Geisterhand auf Leerlauf geschaltet und Airbus gleitet nahezu geräuschlos im Segelflug der Startbahn entgegen.
- > Exakt um 05:55 Uhr setzt das Flugzeug auf der Landebahn auf, Autobrake bremst bis zum nächsten Abroller ab, Autotaxiing wird wieder aktiviert.
- > Kurze Zeit später steht der Flieger am Finger des Terminals.

Weitere Informationen: www.ifats-project.org

Diese Arbeit ist im Rahmen des internationalen Ifats-Konsortium mit Beteiligung folgender Partner entstanden: Alenia, Italien; Cira, Italien; DSNA, Frankreich; EADS, Frankreich; Erdyn Consultants Frankreich; IAI, Israel; Thales, Frankreich; Technion, Israel Institute of Technologie; Universität Patras, Griechenland.