



© Zentrum für Flugsimulation Berlin

Advanced Flight Management System erlaubt Flugführung in 4D

# Wegweiser durch Raum und Zeit

Von Dr. Bernd Korn und Alexander Kuenz

Um den steigenden Anforderungen an Sicherheit und Kapazität gewachsen zu sein, muss das Luftverkehrsmanagement der Zukunft kooperativ und verkoppelt zwischen Luft und Boden ablaufen. Voraussetzung dafür ist ein leistungsfähiges Advanced Flight Management System (AFMS) an Bord der Flugzeuge. Ein solches System, das es erlaubt, die Flugbahnen räumlich und zeitlich – also in 4D – zu berechnen und darzustellen, befindet sich beim DLR bereits in der fortgeschrittenen Entwicklung. Für die Flugversuche wird in absehbarer Zukunft auch der neue ATRA bereitstehen.

Dank Satellitennavigation sind Flugzeuge heute in der Lage, unabhängig von bodengestützten Systemen sehr präzise zu navigieren. Um den Flugverkehr optimal planen und steuern zu können, ist es darüber hinaus aber nötig, die einzelnen Verkehrsteilnehmer möglichst zeitgenau im Luftraum zu führen. Die Lösung liegt in Bahnkurven – so genannten 4D-Trajektorien –, welche die Route jedes Flugzeugs örtlich und zeitlich

exakt beschreiben und es erlauben, jeden einzelnen Flugabschnitt strategisch zu planen. Konflikte im Luftraum können so besser erkannt und vermieden werden. Letztlich führt diese Fähigkeit zu einer höheren Kapazität der Lufträume und der Flughäfen. Per Datenlink mit der Flugsicherung und anderen Verkehrsteilnehmern verbunden, kann die einzelne Cockpitcrew Positionen und Bahnkurven anderer Flugzeuge

in einem Luftraumsegment abrufen. Diese bordautonome Erfassung der Verkehrssituation nahezu in Echtzeit erlaubt es den Lotsen sogar, die Verantwortung für die Einhaltung von Sicherheitsabständen zu anderen Verkehrsteilnehmern an die Piloten zu delegieren. Für die Umsetzung dieser bahnbrechenden Flugführungskonzepte spielt das Flight Management System (FMS) an Bord des Flugzeugs eine zentrale Rolle.

Erprobung des AFMS in einer  
Experimentalinstallation



Es dient sowohl zur Eingabe der Flugroute vor dem Start als auch zur automatischen Führung der Maschine entlang der aktuellen Flugbahn während des Flugs bis hin zur Landung. Das Institut für Flugführung des DLR hat bereits Mitte der 1990er-Jahre ein Advanced Flight Management System (AFMS) entwickelt und erprobt, das diese exakte 4D-Planung und -Führung ermöglicht. Das System wurde seitdem kontinuierlich verbessert. Hinzugekommen sind unter anderem Kommunikationselemente, welche die Module der Verkehrsplanung am Boden per Datenlink mit den Flugroutenplanungs-Modulen im Flugzeug verbinden.

Das AFMS verfügt über eine ganze Reihe neuer Leistungsmerkmale. Zunächst erfolgt hier die bordseitige Berechnung von 4D-Trajektorien. Dabei berücksichtigt das System einerseits die Vorgaben der Flugsicherung (ATC) beziehungsweise des Air Traffic Managements (ATM), aber auch Faktoren wie aktuelle Wettervorhersagen. In die Kalkulation fließen zudem das Leistungsprofil des jeweiligen Flugzeugs und wirtschaftliche Kriterien ein. Über den Datenlink mit der Flugsicherung erfolgt schließlich eine Abstimmung des Flugplans. Im Betrieb übernimmt das AFMS dann die 4D-Flugführung entlang der aktivierten Bahnkurve, wobei auch lärmarme Anflugverfahren wie der „Curved Approach“ oder der „Advanced Continuous Descent Approach“ möglich sind.

Heute werden Anflüge als Continuous Descent Approach nach Freigabe durch die Anflugkontrolle noch weitgehend nach Ermessen der Piloten durchgeführt, was größere Schwankungen der Ankunftszeiten zur Folge hat und somit auch größere Landeintervalle. Diese nachteiligen Auswirkungen auf die Landekapazität der Flughäfen können jedoch mit einem kooperativen 4D-Anflugmanagement mit einer Vorgabe von Zielankunftszeiten und einer genauen 4D-Bahnführung verringert werden. In der Kombination aus Raum und Zeit eröffnet ein solches 4D-trajektorienbasiertes Management viele neue Möglichkeiten und kann beispielsweise auch die Grundlage für eine optimierte Synchronisation von An- und Abflügen sein.

Mit dem DLR-Forschungsflugzeug ATTAS hat das AFMS bereits in zahlreichen Flugversuchen seine vielversprechenden Fähigkeiten nachgewiesen. Außerdem wurde das System erfolgreich in den A330-Simulator des Zentrums für Flugsimulation in Berlin (ZFB) integriert. Nach Einrüstung des AFMS in den neuen DLR-Flugversuchsträger ATRA werden die oben angeführten zukünftigen Konzepte in absehbarer Zeit auch mit einem repräsentativen Flugzeugmuster getestet werden können. Der Fokus wird hierbei auf neuen Verfahren im Flughafennahbereich wie beispielsweise der Durchführung neuer und flexibler Anflugverfahren zur Vermeidung von Verspätungen in Zeiten hoher Verkehrsdichte liegen.

## Hauptmerkmale des AFMS

Bordseitige Berechnung von 4D-Bahnkurven unter Berücksichtigung

- der Vorgaben von Air Traffic Control (ATC) bzw. des Air Traffic Managements (ATM),
- des Leistungsprofils des Flugzeugs,
- der Wettervorhersagen sowie
- wirtschaftlicher Kriterien etc.

Abstimmung des Flugplans per Datenlink mit ATC/ATM, z. B. mit dem Anflugplaner 4D-CAMA (Cooperative Arrival Manager)

Fähigkeit zur 4D-Flugführung entlang der aktivierten Trajektorie inklusive neuer Anflugverfahren wie dem „Curved Approach“ oder dem „Advanced Continuous Descent Approach“

ASAS-Funktionalitäten (Airborne Separation Assurance Systems) für „Free Flight“-Szenarien und erweiterte „Merging and Sequencing“-Verfahren

### Autoren:

Dr. Bernd Korn ist Leiter der Abteilung Pilotenassistenz des DLR-Instituts für Flugführung in Braunschweig. Alexander Kuenz ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung Pilotenassistenz.