



2/07

12. Dezember 2007

ISSN 1861-6364
(Printversion)

ISSN 1861-6372
(Internet-Version)

Informationen aus dem Bereich Forschung und Entwicklung der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH

In dieser Ausgabe:

- „ACAS Broadcast“-Monitor – Stand der Arbeiten
- CRISTAL TIS-B Flugversuche und ADS-B/TIS-B Validierungsumgebung von TE
- UAS – Unmanned Aircraft Systems: Systemüberblick und DFS-Aktivitäten
- MSP-D/L Simulation bei TE: Weiterentwicklung und Validierung des Arbeitssystems Flugverkehrskontrolle durch Realzeitsimulationen
- Das Projekt Quiet Innovative Commuter ATM Integration - QAI



DFS Deutsche Flugsicherung

Inhalt

Dr. Roland Mallwitz, Harald Fischer „ACAS Broadcast“-Monitor – Stand der Arbeiten	2
Steffen Marquard, Stefan Stanzel CRISTAL TIS-B Flugversuche und ADS-B/TIS-B Validierungsumgebung von TE	9
Andreas Udovic UAS – Unmanned Aircraft Systems: Systemüberblick und DFS-Aktivitäten	14
Stephan Herr, Tim Gesekus MSP-D/L Simulation bei TE: Weiterentwicklung und Validierung des Arbeitssystems Flugverkehrskontrolle durch Realzeitsimulationen.....	20
Oliver Haßa Das Projekt Quiet Innovative Commuter ATM Integration - QAI	28
Impressum.....	38

Bei einigen Artikeln dieser Ausgabe wurde Farbe als weiteres Unterscheidungsmerkmal in Diagrammen verwendet, was in der gedruckten Schwarz/Weiss-Kopie natürlich verloren gegangen ist. Deshalb wird an dieser Stelle der Hinweis auf die online-Ausgabe im Intranet und Internet erneuert (s. Impressum)



Der Bereich F&E der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH
ist nach DIN EN ISO 9001:2000 zertifiziert.

„ACAS Broadcast“-Monitor – Stand der Arbeiten

Dr. Roland Mallwitz, Harald Fischer, TEA

Vorwort

Im Fördervorhaben K-ATM¹ (Kooperatives Air Traffic Management) wird im Teilvorhaben SATT (SAfety through Transparency) u.a. der Empfang von ACAS- Ausweichempfehlungen untersucht. Der Prototyp eines Empfängers wurde von Thales-ATM auf der Basis eines DFS-Konzeptes entwickelt. Der Bericht gibt einen Überblick über die von der DFS entwickelte Auswerte-Software und erste Ergebnisse.

Einleitung

Bei der Konflikterkennung im Luftverkehr werden Fluglotsen in Europa in der Regel von einem System Short Term Conflict Alert (STCA) unterstützt. STCA ist ein bodenbasiertes Sicherheitssystem, welches den Lotsen vor einer möglichen gefährlichen Annäherung warnt. Die Konfliktlösung erfolgt durch den Fluglotsen selbst. Die STCA-Warnung wird in der Regel 90 bis 120 Sekunden vor der dichtesten Annäherung zwischen betroffenen Luftfahrzeugen generiert.

Flugzeugbesatzungen verfügen über ein luftgestütztes Kollisionswarnsystem (ACAS, Airborne Collision Avoidance System: Implementierung als TCAS, Traffic Alert and Collision Avoidance System, Version 7). Im Gegensatz zu STCA werden hier vertikale Ausweichempfehlungen in Form von Resolution Advisory (RA) Meldungen systemseitig 15 bis 35 Sekunden vor einer potenziellen Kollision gegeben. ACAS RAs werden - wenn beide Flugzeuge mit dem System ausgerüstet sind - automatisch zwischen den betroffenen Luftfahrzeugen koordiniert.

Dabei haben sich in der Vergangenheit folgende Probleme ergeben:

- Im Falle einer RA werden aufgrund der Arbeitsbelastung des Piloten geschätzte 25% al-

ler RAs gar nicht und weitere 25% verspätet an den Fluglotsen gemeldet.

- Die Pilotenmeldungen sind dabei oft unnötig lang, unstrukturiert, falsch oder unvollständig, erfordern Wiederholung oder weitere Erklärungen.
- Gerade die Nichtkenntnis einer RA beim Fluglotsen birgt aber die Gefahr, dass zur Konfliktlösung Anweisungen an den Piloten erteilt werden, welche gegensätzlich zu den RAs sein könnten.

Grundsätzlich wird der Downlink von RAs betrieblich für sinnvoll erachtet, allerdings erscheint die heutige Mode S-Radartechnik dafür ungeeignet. Die Radarerneuerungsrate von 5 Sekunden erscheint selbst in einer Multiradarumgebung für einen zeitkritischen Downlink zu langsam. Alternative scheint nur die Auswertung der von ACAS selbstständig ausgestrahlten „RA Broadcast“-Meldungen zu sein.

K-ATM Teilvorhaben SATT

Technisch werden seit ca. 3 Jahren im Rahmen von K-ATM¹ (Kooperatives Air Traffic Management), im Teilvorhaben SATT (SAfety through Transparency), vorrangig das Sensor- und Übertragungsverhalten für RA-Downlinkempfang untersucht, aber auch die Nutzungsmöglichkeiten einschließlich einer möglichen Darstellung für den Lotsen am Lotsen-Arbeitsplatz. Trigger für dieses Teilvorhaben war der Zusammenstoß zweier Flugzeuge bei Überlingen 2002. Partner in diesem Teilvorhaben sind Thales (Stuttgart), DFS und TU Braunschweig (Prof. Form). Betriebliche Zielvorgabe ist eine Verfügbarkeit der RA-Information in (weniger als) 2 Sekunden, die mit Radaranlagen schwer zu erfüllen ist.

Entwickelt wurde der Prototyp eines Empfängers (ACAS Monitor), der die Abfrage- und Antwortsignale von ACAS im deutschen Luftraum mobil und unabhängig vom Radar messen kann. Erste Ergebnisse der mit diesem Prototyp durchgeführten Messungen weisen noch keine gebietsbezogenen Häufung von RAs auf. Vielmehr scheinen

¹ K-ATM wird im Rahmen des dritten Luftfahrtforschungsprogramms des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie gefördert

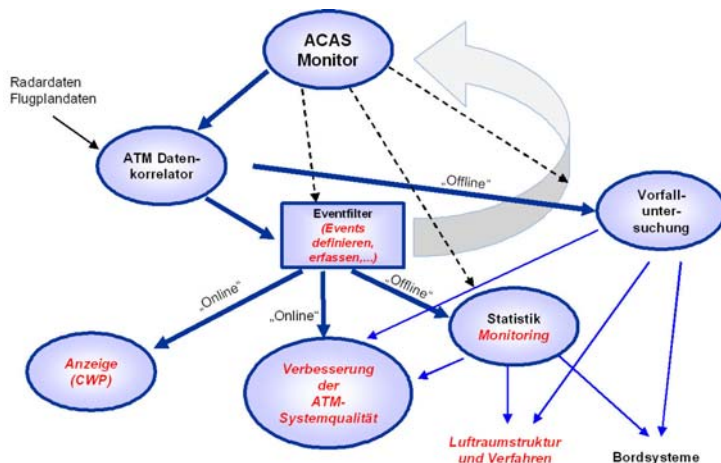


Abb. 1: Workflow zur Untersuchung der Auswirkungen von ACAS auf aktuelle und zukünftige Prozesse

bestimmte Flugphasen zu Häufungen von RAS zu führen.

Vorkommnisse werden sowohl direkt analysiert als auch mit zusätzlichen Daten aus den Radarsystemen zur genaueren Analyse korreliert. Einbezogen werden in diese Analyse Boden und Bord zur Identifizierung und Validierung von möglichem Handlungsbedarf. Im nächsten Schritt soll aus den Ergebnissen eine analytische Optimierung sicherheitsrelevanter Prozesse abgeleitet werden. Aufbauend auf diesen Arbeiten, mit denen die Voraussetzungen für Transparenz in Konfliktsituationen geschaffen werden, könnte dann auch ein Konzept zur Unterstützung kooperativer Betriebsabläufe entwickelt werden.

Abbildung 1 fasst die erstellten prototypischen Produkte von SATT (schwarz, nicht-kursiv) zusammen und zeigt mögliches Erweiterungspotential (rot, kursiv) auf.

Die entwickelten neuen technischen Hilfsmittel dienen prototypisch einer automatisierten und weitgehend vollständigen Erfassung realer Daten zur Auswertung. Die daraus zu entwickelnde nachsorgende Analyse dient einem iterativen Prozess zur Vorbeugung und konsolidierenden Planung zum Erhalt von Sicherheit und Kapazität. Gleichzeitig liefert sie die Grundlage für die Vergleichbarkeit von Ergebnissen und die Bewertung von Maßnahmen vor deren Umsetzung.

Betriebliche Szenarien und Anwendungen

Ausgangsbasis der für SATT entwickelten betrieblichen Szenarios ist der in Abb. 1 dargestellte Workflow des Gesamtsystems, der sich zeit-

lich und inhaltlich an den derzeit bekannten technischen Entwicklungsmöglichkeiten orientiert. Vorgabe ist die Empfehlung der ICAO an die Staaten, Programme für ACAS-Monitoring zu etablieren. Ziel ist ein Mehrwert gegenüber bestehenden Verfahren, die im Wesentlichen auf dem manuellen Ausfüllen von Reports beruhen. Dieses kann naturgemäß nicht alle Vorfälle erfassen. Außerdem erfolgt die Erfassung nur subjektiv.

Generell lassen sich die betrieblichen Szenarien in zwei Kategorien unterteilen, denen dann mehrere Teilaspekte zugeordnet werden können:

- Taktische Anwendungen: ACAS Monitoring, ACAS Event Analyse, Unterstützung bei der Untersuchung gefährlicher Annäherungen sowie Anzeige von Ausweichempfehlungen auf dem Lotsenbildschirm
 - Strategische Anwendungen: Abhängigkeiten und Interaktionen zwischen ACAS und ATM-Planungsprozessen bezüglich Verfahren, Luftraumstruktur sowie beteiligter Systeme (ACAS, STCA, AMAN, DMAN)
 - Untersuchung neuer ACAS Funktionalitäten und Prozeduren im zivilen Umfeld sowie im gemischten zivil-militärischen Umfeld
 - pro-aktive Einflussnahme auf die Weiterentwicklung von ACAS und ähnlichen Systemen.
- Zielsetzungen des Vorhabens waren deshalb gemäß dieser o.a. betrieblichen Vorstellungen
- Monitoring und Statistik (Ersatz der manuellen Reports, ggf. Hinweise auf Häufungen von RAS mit der Chance zu präventiven Maßnahmen (z.B. Überprüfung Luftraumstruktur, Verfahren), offline),
 - Aufzeichnungen für die Untersuchung gefährlicher Annäherungen (offline),
 - Prüfung der Nutzbarkeit in den ATM-Systemen (online),
 - Prüfung der Nutzbarkeit für eine Darstellung am Lotsen-Arbeitsplatz. (online, einfaches TCAS-Modell mit RA-Darstellung ist auch im Forschungssimulator AFS, Advanced Function Simulator, der DFS integriert).

Aktueller Stand der Arbeiten

Bei TE ist seit Mai im Labor ein erster industrieller Prototyp eines ACAS-Monitors in Betrieb, mit dem seitdem eine kontinuierliche Aufzeichnung für den Frankfurter Luftraum vorgenommen wurde. Der an Bord generierte RA-Broadcast (wird mit der RA ausgelöst) wird auf 1030 MHz (Uplinkkanal) aufgefangen. In Kombination mit einem 1090 MHz-Downlinkkanalempfänger (wie er für Multilateration und ADS-B gebräuchlich ist, ergänzt um die Auswertung der ACAS-Kommunikationsformate) bilden die Empfänger einen ACAS Monitor, mit dem der Datenaustausch zwischen den beteiligten Flugzeugen aufgezeichnet werden kann. Mit diesen Empfängern sind die zeitlichen Anforderungen (≤ 2 Sekunden) grundsätzlich zu erfüllen. Die empfangenen Daten werden mit Radardaten korreliert.

Die bei TE entwickelte Auswertesoftware für die ACAS-Kommunikation wurde erweitert, so dass sowohl Uplink- als auch Downlink-Kanal ausgewertet werden können. Die empfangenen ACAS-Telegramme werden dauerhaft abgespeichert. Ausgehend von den empfangenen Events werden die zugehörigen Radartracks gesichert und ausgewertet. Ergebnis der Auswertung sind automatisch erzeugte Plots, die den zeitlichen Verlauf von lateralem und vertikalem Abstand der betroffenen Luftfahrzeuge während eines ACAS-Events abbilden. Für die Auswertung wurde ein Tool entwickelt, mit dem auf der Basis der Radartracks die Situation analysiert werden kann.

Entwickelte Software

Das bereits für den Empfang und Dekodierung des Downlinkkanals eingesetzte Tool wurde hierfür um Module zum Empfang und Dekodierung des Uplinkkanals erweitert. Beide Datenströme werden zusammengeführt und für eine Kurzfristanalyse im Bedieninterface dargestellt. Die Speicherung der Telegramme erfolgt einmal pro Stunde.

Um die Aufzeichnung von fehlerbehafteten Telegrammen weiter zu reduzieren, beinhaltet das Tool eine Validierungsfunktion für Up- und Downlink-Kanal. Dabei wer-

den gleitend über eine Minute die im Empfangsbereich befindlichen Luftfahrzeuge, basierend auf den Abfrage- und Antwortformaten UF00, UF 04, UF05, DF04, DF05, DF11 und DF17, registriert. Im Beispiel in Abbildung 2 werden nur diejenigen ACAS-Telegramme aufgezeichnet, für die im Uplink eine Adresse über UF00, bzw. im Downlink über DF11 empfangen wurde. Durch diese Maßnahme konnte die sehr stringente Qualitätsprüfung in den Empfangsstationen gelockert und die Telegrammempfangswahrscheinlichkeit für die Events deutlich erhöht werden.

Für die Auswertung wurde ein Tool entwickelt, das aus den Radartracks, unter Vorgabe ausgewählter Parameter, die Geometrie zwischen den betroffenen Luftfahrzeugen ermittelt, diese bei Bedarf speichert und eine Grafik erstellt. Das User-Interface ist in Abbildung 2 dargestellt.

Dieses Tool erwartet in dem Feld auf der linken Seite der Bedienerchnittstelle als Eingabe eine oder mehrere Radartrackdatei(en). Abhängig von den über den Event vorliegenden Informationen

- beide 24 Bit-Flugzeugadressen (manuell), oder
- eine 24 Bit-Flugzeugadresse und Zeitpunkt des Events +/- 60s (halbautomatisch), oder
- eine zugehörige Aufzeichnung der 1030/1090 Daten (automatisch),

extrahiert der Detektor die relevanten Radardaten der beteiligten Luftfahrzeuge aus der Trackdatei. Sind nicht beide 24 Bit-Adressen bekannt, so können bei vorgegebener Uhrzeit und den variablen Abstandsparametern dV (vertikaler Abstand) und dH (lateraler Abstand) potentielle Konflikte identifiziert werden. Diese werden nach

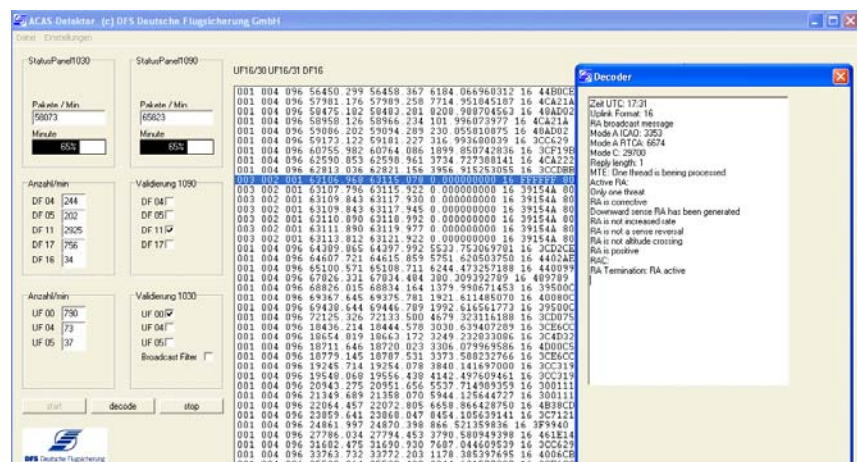


Abb. 2: Detektor User Interface

Betätigen des „Start Detektor“ Buttons in einer Liste angezeigt. Nach Auswahl eines dieser Konflikte kann durch „Start Eventanalyse“ diese Annäherung analysiert werden, das Ergebnis wird in Kurzform alphanumerisch auf der rechten Seite des User Interfaces dargestellt:

Start/Stop	Zeitbereich in Sekunden des Tages, für den beide Radarplots verfügbar sind
Zeitpunkt	Zeitpunkt minimaler Staffelungswert *)
Entfernung lateral	Entfernung lateral in NM *)
Entfernung vertikal	Entfernung vertikal in ft *)
Geschwindigkeit lateral	Differenzgeschwindigkeit lateral in Knoten
Staffelungswert	Maximum aus Entfernung vertikal bezogen auf 1.000ft und Entfernung lateral bezogen auf 5NM

*) Die Genauigkeit dieser Anzeige hängt von der Qualität und Verzögerung der Radarzielmeldung ab

Bei Bedarf kann der zeitliche Verlauf des Events per „Ergebnis speichern“ in eine Datei geschrieben werden.

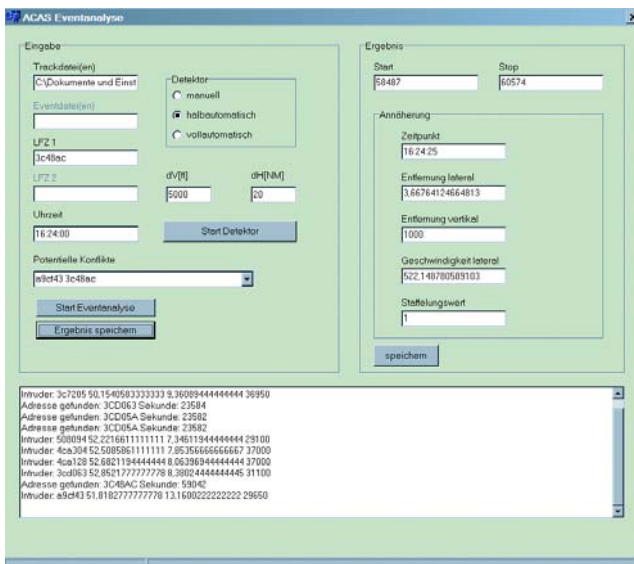


Abb. 3: User Interface der Eventanalyse

Ereignisgruppen

Aus den Messungen im Luftraum Frankfurt lassen sich bisher folgende Erkenntnisse zusammenfassen:

- **Geisterziel:** Ein großer Teil von ACAS-Events wird durch eine scheinbare Bedrohung (Threat) mit der 24 Bit-Adresse 9B7C96_{hex} getriggert. An diese Adresse werden von unterschiedlichen Sendern zu unterschiedlichen Tageszeiten und an verschiedensten Orten UF16/30 ACAS RA-Meldungen gesendet. Die sendenden Luftfahrzeuge können sowohl in den Radaraufzeichnungen als auch in den Rohdatenaufzeichnungen identifiziert werden. Der Threat dagegen existiert ausschließlich in den UF16/30-Telegrammen. Bei den Events wurde stets nur ein Telegramm pro Event registriert, dabei waren sämtliche Subfelder des Datenblocks (MU-Feld) mit Null belegt. Hier ist eine Klärung mit den Herstellern der ACAS-Systeme notwendig.
- **ACAS-Events „GFD“:** Eine Reihe von Events konnte der „Gesellschaft für Flugzieldarstellung“, GFD, zugeordnet werden. Flugzeuge der Gesellschaft flogen z.T. mit Beteiligung des DLR unterschiedliche Manöver, bei denen IFR-Sicherheitsabstände unterschritten werden. Eine Analyse dieser Events bezüglich Pilotenreaktion kann nicht durchgeführt werden. Die Piloten waren offensichtlich auf die Situation vorbereitet, bzw. haben diese möglicherweise gezielt herbei geführt. Zwar haben die Systeme anscheinend normal angesprochen. Ob die Installationen allerdings denen einer Verkehrsmaschine entsprechen, ist nicht bekannt.
- **ACAS-Events „NATO“:** Einige Events konnten NATO- und US-Air Force-Maschinen zugeordnet werden. Die Analyse der entsprechenden Radaraufzeichnungen zeigte Verkehrssituationen, die auf Luftbetankung oder ähnliche Manöver hindeuten. Die Ziele wurden teilweise nur als Primärziel dargestellt, die Radarspuren zeigen relativ große Sprünge. Diese Events werden zwar gesammelt, jedoch nicht in statistische Analysen oder Systembewertungen einfließen.
- **Telegramme DF16-VDS00:** Einige Luftfahrzeuge strahlen DF16 Telegramme mit V-Definition Subfield (VDS) Inhalt 00 ab. Im ICAO Annex 10 ist dieser Wert nicht definiert, dort wird als einziger gültiger Inhalt der Wert 30 für den RA „coordination reply“ aufgeführt. Diese Telegramme werden von unterschiedlichen Luftfahrzeugen, meist einmalig, abge-

strahlt. Von einem einzelnen Luftfahrzeug wurden im Aufzeichnungszeitraum diese Telegramme während des gesamten Fluges abgestrahlt.

- **Nicht ICAO-konforme Mode-A Codierung:** Im UF16/31 Telegramm, RA Broadcast, werden Mode A und Mode C des sendenden Luftfahrzeuges abgestrahlt. Da diese Telegramme als Zieladresse FFFFFFF (Broadcast) besitzen, die 24-Bit-Adresse des Senders ebenfalls nicht im Dateninhalt enthalten ist, muss eine Zuordnung zu den anderen Telegrammen des Events über den Mode A Code erfolgen. Die Dekodierung von UF16/31 Telegrammen zeigt, dass die Codierung nicht entsprechend ICAO Annex 10 erfolgt, sondern nach RTCA DO 185. Dieses stellt kein Problem für die Kollisionsvermeidung dar. Trotzdem sollte in diesem Bereich eine Harmonisierung angestrebt werden.
- **Fehlerhafter Mode C Code:** In einem Fall konnte im Luftraum um Braunschweig ein ACAS-Event aufgezeichnet werden, der sehr wahrscheinlich durch die fehlerhafte Höheninformation eines Luftfahrzeuges ausgelöst wurde. Laut Radardatenauswertung befand sich das genannte Luftfahrzeug auf einer Reisehöhe von 26.000ft. Plötzlich wurden über mehrere Minuten Höhen im Bereich 21.000ft und 26.000ft, einmal 40.000ft, sprunghaft wechselnd abgestrahlt. In lateralem Abstand von weniger als 5NM befand sich ein zweites Luftfahrzeug in 20.000ft Höhe, in dem eine RA ausgelöst wurde.

Erste Analyse der bisher häufigsten Konfliktgeometrien

Die Darstellung des ACAS-Events erfolgt anonymisiert. Um die unterschiedlichen Events optisch einfacher vergleichen zu können, erfolgt die Darstellung, nach Möglichkeit, für alle Events in gleicher Form und Skalierung. Auf der Abszisse wird die Zeit in Sekunden aufgetragen, als geeignete Zeitspanne hat sich eine Dauer von 10 Minuten herausgestellt. Die Darstellung erfolgt zentriert um die maximale Annäherung, bzw. minimale Distanz zwischen den Luftfahrzeugen während des Events.

Auf der Ordinate werden verschiedene Informationen abgebildet:

- Vertikaler Abstand in Fuß (Betragsbildung, rot)
- Lateraler Abstand in nautischen Meilen (grün)
- Staffelungsquotient (rechnerische Größe, die den vertikalen und lateralen Abstand auf eins normiert, blau)
- Vertikalprofile der LFZ 1 und 2 (türkis, violett)

Bei den dargestellten Punkten handelt es sich um im Sekundenraster interpolierte Radarplots. Die teilweise automatisierten, teilweise manuell durchgeführten Analysen zeigen im Bereich der Empfangsanlage eine Häufigkeit von 10-20 Ereignissen pro Woche im Luftraum um Langen. Bei etwa jedem zehnten Auftreten werden mit dem aktuellen Prototyp über eine Zeitspanne von 20-40 Sekunden ständig von einem oder beiden beteiligten Luftfahrzeugen auswertbare Telegramme empfangen.

Im Rahmen der Auswertung der in Langen empfangenen ACAS-Events konnten typische Abläufe identifiziert werden.

Typische Fallbeispiele ?

- Fall A: LFZ2 befindet sich im Levelflug, LFZ1 kreuzt die Flugfläche von LFZ2 bei lateraler Annäherung. Resultat ist eine RA in LFZ1 und die Übertragung einer komplementären Anweisung an LFZ2 (s. Abbildung 4).

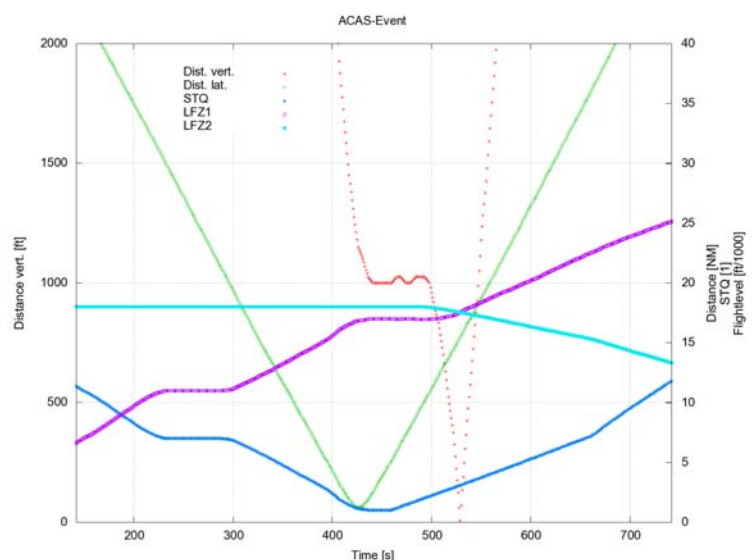


Abb. 4: Steigen oder Sinken durch „besetztes“ Level

- Fall B: LFZ1 und LFZ2 wechseln die Flughöhen in entgegen gesetzter Richtung bei deutlicher lateraler Annäherung. In mehreren Fällen wird in einem LFZ (z.B. LFZ1) eine RA ausgelöst und die komplementäre Anweisung an LFZ2 übertragen. Häufig wird in dieser Konstellation auch eine RA in dem anderen beteiligten LFZ2 generiert und ebenso die Übertragung einer komplementären Anweisung an LFZ1. Die empfangenen RAs waren bislang stets komplementär. Abbildung 5 zeigt einen solchen Event. Bedingt durch die Reaktion beider Luftfahrzeugführer kam es kurzzeitig zu einer Erhöhung des vertikalen Abstandes, bevor sich dieser auf 1000ft „einpegelt“. Nachdem sich die Luftfahrzeuge mit 1.000 ft vertikaler Separation passiert haben, wurde der Steig- bzw. Sinkflug fortgesetzt.

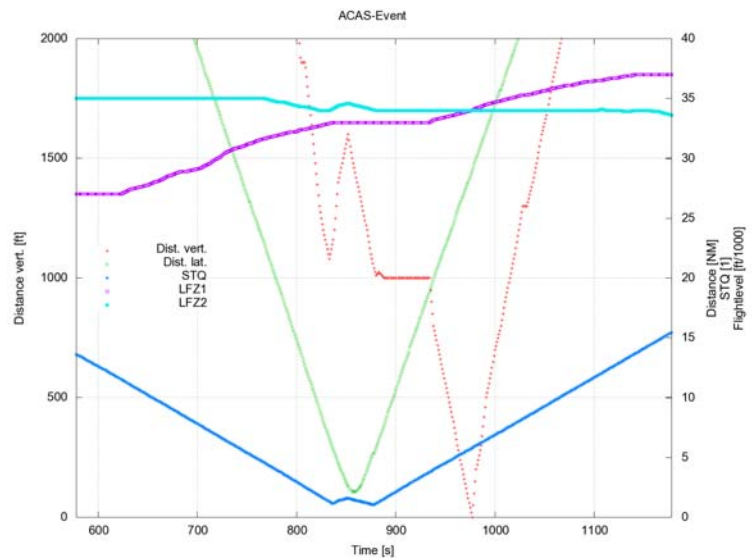


Abb. 5: Koordinierte RA im Steig-/Sinkflug

vor sich dieser auf 1000ft „einpegelt“. Nachdem sich die Luftfahrzeuge mit 1.000 ft vertikaler Separation passiert haben, wurde der Steig- bzw. Sinkflug fortgesetzt.

- Fall C: Ein Fall, der in Langen ebenfalls beobachtet werden kann, ist in Abbildung 6 dargestellt. Hierbei handelt es sich um den Endanflug zweier Luftfahrzeuge auf den Flughafen Frankfurt. Das folgende Luftfahrzeug ist schneller und nähert sich dem voraus fliegenden Luftfahrzeug bis auf 1NM. Zum Zeitpunkt des Events befanden sich die Maschinen in einer Höhe von etwa 5.500ft. Die voraus fliegende Maschine bekam eine „downward sense“-RA angezeigt.

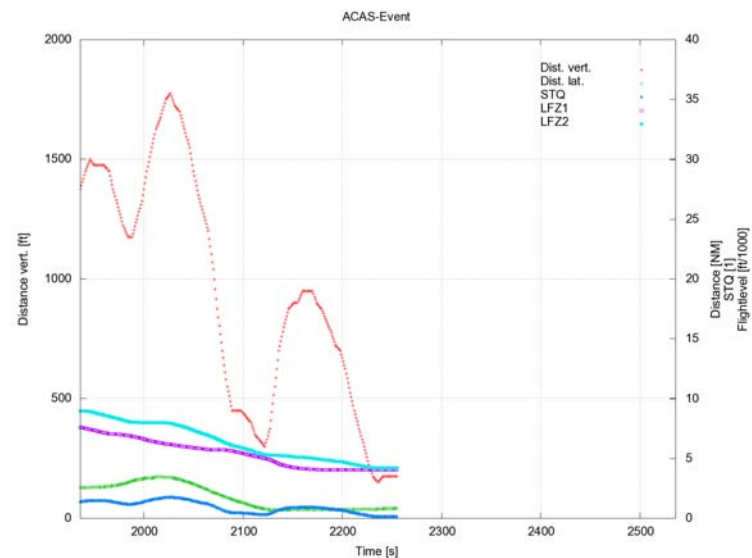


Abb. 6: Anflug Frankfurt, RWY25: der Abstand wird durch den schneller fliegenden Nachfolger bis auf etwa 1NM reduziert

Fazit und Ausblick

Im Bereich Forschung und Entwicklung ist seit Mai 2007 ein erster industrieller Prototyp eines ACAS-Monitors in Betrieb, mit dem seitdem eine kontinuierliche Aufzeichnung für den Frankfurter Luftraum vorgenommen wurde. Die empfangenen Daten werden mit Radardaten korreliert.

Bisher konnte kein Vorfall fehlerhafter Kommunikation zugeordnet werden. Eine Häufung scheint eher in Abhängigkeit von Flugphasen (insbesondere vertikale Bewegungen) gegeben.

Für die Analyse stehen ausschließlich technische Hilfsmittel zur Verfügung, mit denen Flugverlauf

und Kommunikation protokolliert und ausgewertet werden. Eine weiterführende Interpretation der Events kann (und wird) jedoch ohne Kenntnis der betrieblich angewendeten Verfahren nicht erfolgen.

Die teilweise automatisierten, teilweise aber manuell durchgeführten Analysen zeigen eine Ereignishäufigkeit im Bereich der Empfangsanlage von 10-20 RAs pro Woche im Luftraum um Langen.

Bei etwa jedem zehnten Auftreten einer RA werden mit dem aktuellen Prototyp über eine Zeitspanne von 20-40 Sekunden ständig von einem

oder beiden beteiligten Luftfahrzeugen auswertbare Telegramme empfangen.

Bei dieser Anzahl von Events sollte die Analyse weiter automatisiert und die Ergebnisse in Eventklassen aufgeteilt werden. Solche Eventklassen könnten z.B. für die vorliegenden Geometrien oder den empfangenen Kommunikationsablauf gebildet werden. Bei der Darstellung der Events sollte der zeitliche Bezug zu den empfangenen Telegrammen hergestellt werden.

In vielen Enroute-Fällen, in denen TCAS anspricht, scheint die Mindeststaffelung, mindestens 5NM lateraler oder 1000ft vertikaler Abstand, nicht verletzt zu werden. RAs werden in diesem Fall durch hohe Steig- oder Sinkraten induziert, die entgegen einer ICAO-Empfehlung auch auf den letzten 1.000ft vor Übergang in den Levelflug noch deutlich mehr als 1.000ft/min betragen.

Die Bereitstellung der RA-Information am Lotsen-Arbeitsplatz innerhalb eines betrieblich angeordneten Zeitraums von 2 Sekunden wäre technisch machbar. Für eine eventuell gewünschte Nutzung in den Darstellungssystemen müssten mit betrieblicher Beteiligung geeignete Filterungen entwickelt werden.

Grundsätzlich sind in Zukunft Multilaterations-/ADS-B-Empfängerinstallationen geeignet, auch um eine RA-Downlink-Komponente ergänzt zu werden. Mit gleichartigen 1090 MHz-Empfängern, die an (suboptimalen) Standorten in Braunschweig, Langen und Stuttgart parallel betrieben wurden, konnte mit Rundum-Antennen eine weitgehende Abdeckung des mittleren und westlichen Luftraums der Bundesrepublik oberhalb FL200 erzielt werden. Mit besseren Standorten und Richtantennen ist mehr möglich, der Brocken wäre dabei sicher ein guter Standort für den norddeutschen Luftraum. Im Rahmen eines gerade begonnenen Förderprogramms (Teilvorhabens WAM in WFF = Fördervorhaben "Wettbewerbsfähiger Flughafen") werden Verbesserungsmöglichkeiten in der Überdeckung (Raum Stuttgart, Nürnberg, Frankfurt) geprüft.

Abkürzungen

ACAS	Airborne Collision Avoidance System (ICAO- Standard)
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance Broadcast
AMAN	Arrival Manager
ATM	Air Traffic Management
DMAN	Departure Manager
ICAO	International Civil Aviation Organisation
K-ATM	Kooperatives Air Traffic Management" (BMW gefördertes Programm)
RA	Resolution Advisory, von ACAS generierte Ausweichempfehlung
SATT	Safety Through Transparency
STCA	Short Term Conflict Alert
TCAS	Traffic Alert & Collision Avoidance System (Implementierung)
WFF	Wettbewerbsfähiger Flughafen" (BMW gefördertes Programm)

CRISTAL TIS-B Flugversuche und ADS-B/TIS-B Validierungsumgebung von TE

Steffen Marquard, Stefan Stanzel, TEA

Hintergrund

Zur Unterstützung einer frühzeitigen Nutzung von ADS-B- und ASAS-Anwendungen fördert EUROCONTROL im Rahmen des *CASCADE* (Co-operative ATS through Surveillance and Communication Applications Deployed in ECAC) Programms die Untersuchung und Validierung dieser Anwendungen. Der Fokus liegt hierbei sowohl auf technischen als auch auf operationellen Validierungsarbeiten. Die Validierungsaktivitäten von EUROCONTROL werden in einer Projektreihe namens *CRISTAL* (Co-operative Validation of Surveillance Techniques and Applications of Package 1) durchgeführt. Jedes CRISTAL-Projekt wird mit einem spezifischen Ziel in Kooperation mit einem Partner (in der Regel ein ANSP) durchgeführt. Die entstehenden Projektaufwände werden anteilig von EUROCONTROL und dem jeweiligen Partner getragen.

Ziel des Projekts *CRISTAL TIS-B* (bei EUROCONTROL auch *CRISTAL Germany* genannt) ist die Untersuchung der Nutzungsmöglichkeiten eines Traffic Information Service Broadcast (TIS-B) Systems für Luftraumnutzer, insbesondere der Allgemeinen oder der kommerziellen Luftfahrt. Hierzu ist eine ADS-B/TIS-B Bodenstation basierend auf der Datenlink-Technologie 1090MHz Extended Squitter (1090ES) in die bereits im DFS-Forschungszentrum bestehende Experimentalinfrastruktur integriert worden. Gleichzeitig ist ein Experimentalflugzeug mit einem ADS-B/TIS-B Transponder (ebenfalls 1090ES) für

Flugversuche ausgerüstet worden. In 2 Projektphasen soll zuerst die Performance des TIS-B Systems ermittelt werden, darauf folgend sollen die Nutzungsmöglichkeiten eines TIS-B Services zur Realisierung von betrieblichen (GSA/ASA Package 1) Anwendungen bewertet werden.

In der ersten Projektphase ist das TIS-B Experimentalsystem aufgebaut worden. Hierzu wurde eine ADS-B/TIS-B Bodenstation (1090 MHz) sowie die benötigte Flugzeugausrüstung durch EUROCONTROL bereitgestellt. Nach der Integration der Bodenstation in die bestehende Experimentalinfrastruktur sowie der Ausrüstung eines Flugzeugs ist durch einen Flugversuch die prinzipielle Funktionalität des TIS-B Systems nachgewiesen worden. Nach Durchführung und begonnener Auswertung des Flugversuchs ist nun die erste Projektphase fast abgeschlossen.

Projektphase 2 wird begonnen werden, nachdem durch die Auswertung des Flugversuchs der Phase 1 nachgewiesen wurde, dass das installierte TIS-B Experimentalsystem die technischen Anforderungen erfüllt. In der zweiten Projektphase sollen durch einen weiteren Flugversuch Performancewerte für das TIS-B System ermittelt und bewertet werden. Ziel der Untersuchung der Performancewerte ist die Bewertung der Nutzungsmöglichkeiten eines TIS-B Systems zur Realisierung von ASAS-Anwendungen. Hieraus sollen Empfehlungen zum weiteren Vorgehen bezüglich TIS-B abgeleitet werden.

Die DFS liefert mit diesem Projekt auch, entsprechend ihrer pro-aktiven Begleitung der weiteren Entwicklung von ADS-B, einen wichtigen Beitrag in der neu gegründeten Airborne Monitoring Cell für ADS-B. Sie kann somit objektiv über Chancen, aber auch mögliche Grenzen dieser neuen Surveillance-Technologie urteilen, die möglicherweise auch im dicht beflogenen europäischen Luftraum zukünftig Radar ersetzen oder zumindest ergänzen könnte.

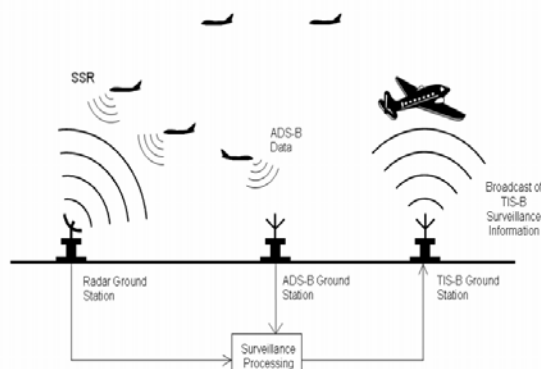


Abb. 1: Das ADS-B/TIS-B Netzwerk

ADS-B / TIS-B Validierungsumgebung

Der Bereich Forschung und Entwicklung (TE) hat im Mai 2007 die ADS-B/TIS-B Bodenstation der



Abb. 2: ADS-B/TIS-B Bodenstation

neuen Generation nach umfangreichem Testprogramm erfolgreich abgenommen. TE war im Auftrag von EUROCONTROL sowohl an der Spezi-

fikation als auch der Entwicklungsbegleitung und schließlich der Abnahme maßgeblich beteiligt. Mit der erfolgreichen Abnahme im Forschungszentrum der DFS steht die Bodenstation nun für eine Vielzahl von Validierungsprojekten im Rahmen des EUROCONTROL CASCADE Programms als Untersuchungsplattform zur Verfügung (s. Abb 2).

Die Bodenstation wird mit Surveillance Daten (Radar, ADS-B) aus dem DFS Surveillance Daten Processing System (SDPS) PHOENIX über einen TIS-B Server gespeist. Das PHOENIX wurde für diesen Zweck bereits schon seit längerem für die Verarbeitung von ADS-B Sensordaten und die Generierung der für TIS-B notwendigen Trackdaten vorbereitet. Während das PHOENIX ein Surveillance-Gesamtbild an den TIS-B Server liefert, filtert dieser nur die gewünschten Daten für ein bestimmtes, geografisch und in der Höhe begrenztes Gebiet, den *TIS-B Service Volume* aus. Nur diese Daten werden dann mit Hilfe der Bodenstation zum potentiellen Empfänger ausgesandt. Der TIS-B Server wurde von der österreichischen Firma Avibit gemäß einer DFS-Spezifikation für EUROCONTROL implementiert. Des Weiteren befinden sich innerhalb der Validierungsumgebung eine Reihe von Aufzeichnungs- und Analysetools, die fast ausschließlich DFS eigene Entwicklungen sind.

Das Airborne System für die Flugversuche wurde

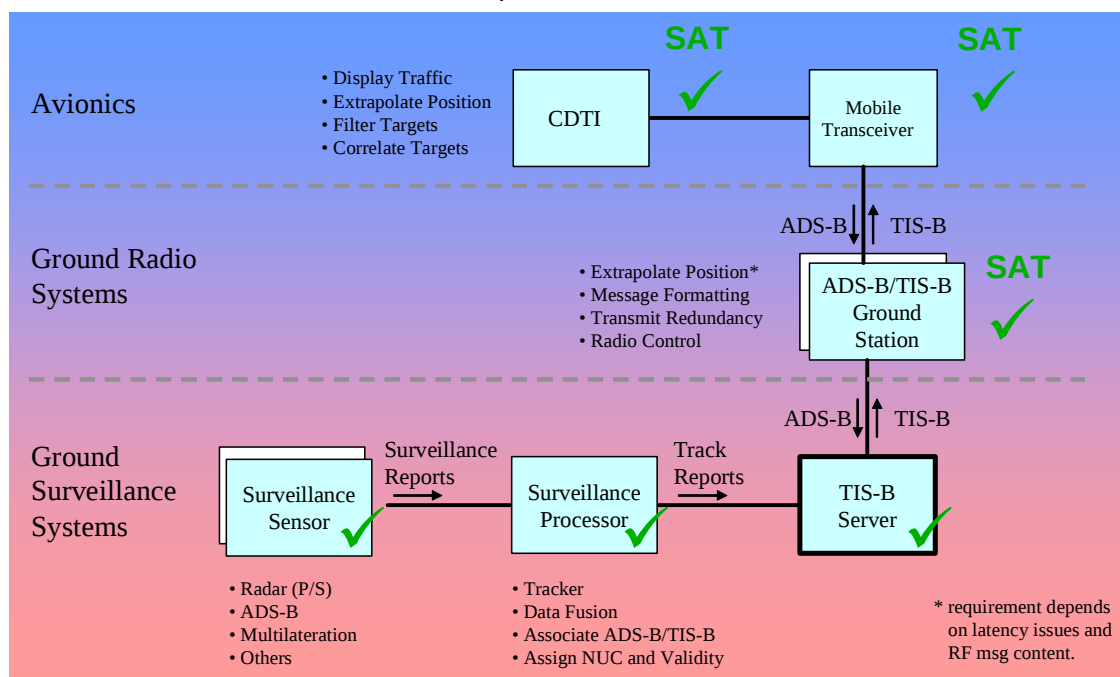


Abb. 3: Schematische Darstellung der Validierungsumgebung

bei TE entwickelt und gebaut. Das System, bestehend aus den Hauptkomponenten 1090 MHz Empfänger, Cockpit Display (CDTI), GPS und Höhenmesser, wurde für den mobilen Einsatz konzipiert. Es bietet alle Schnittstellen für den Betrieb im Flugzeug sowie die Möglichkeit, empfangene ADS-B/TIS-B Meldungen, Position und Flughöhe aufzuzeichnen. Der 1090 MHz Empfänger und das Cockpit Display wurden, wie auch die ADS-B/TIS-B Bodenstation, im Auftrag von EUROCONTROL in der Entwicklung begleitet, erfolgreich abgenommen und in das System integriert.



Abb. 4: Das Airborne System im Flugzeug

Für die Flugversuche kamen zwei Systeme zum Einsatz. Eines für die direkte Kopplung zur TIS-B Bodenstation als Referenz-System zur Aufzeichnung der ausgesandten TIS-B Meldungen. Ein zweites System wurde für die Flüge im Versuchsflyer, einer Piper-300 Lance von Avionik Straubing, installiert (s. Abb. 4 und 5).



Abb. 5: Die Piper Lance in Aschaffenburg/ Großostheim

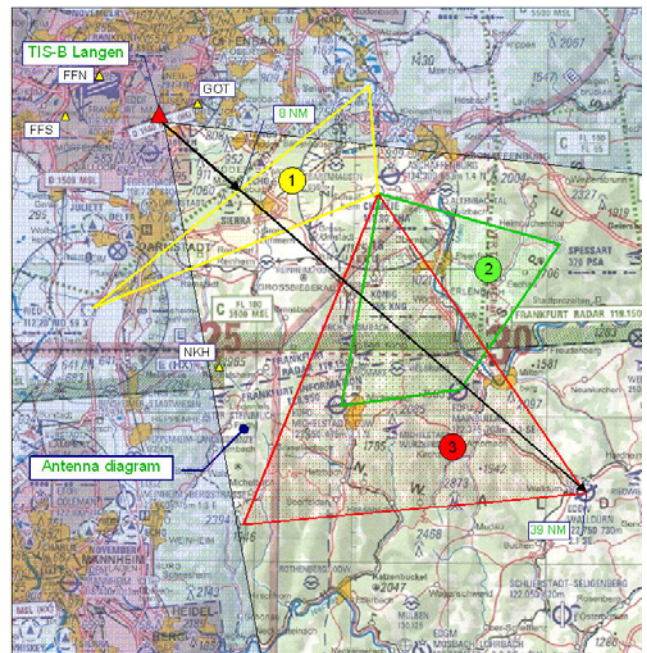


Abb. 6: Flugversuchsszenarien: (1) Nah-, (2) Mittel- und (3) Fernbereich

Szenarien

Für die Flugversuche wurden drei Szenarien im Überdeckungsbereich der TIS-B Sendeantenne erstellt. Diese wurden in ein Nah-, Mittel und Fernbereichs-Szenario unterschieden. Diese drei Szenarien wurden unter Berücksichtigung der Luftraumstruktur um Frankfurt, der Vermeidung von Störungen der umliegenden Radaranlagen und des Störeinflusses von in unmittelbarer Nähe zum Forschungszentrum vorhandener Bebauung auf die abgestrahlten Signale erstellt. Die Szenarien wurden in 2000, 3000 und 5000 Fuß im Uhrzeigersinn mehrfach abgeflogen. Start- und Landeplatz war der Flugplatz Aschaffenburg (EDFC). Ausgangspunkt der Szenarien war das VOR Charlie. Mit den Szenarien wurde ermöglicht, die vorausgegangene Reichweitenberechnung mit realen Daten zu belegen sowie weitere Performance Parameter zu bestimmen.

Basis der Auswertungen sind die aufgezeichneten Daten an den Bodensystemen, wie z. B. Zielmeldungen aus dem TIS-B Server, von der Bodenstation generierte TIS-B Meldungen und Radardaten aus dem PHOENIX sowie Daten der Airborne Systeme, wie empfangene ADS-B und TIS-B Meldungen aus dem 1090 MHz Receiver und die GPS-Position des Flugzeugs.

Erste Ergebnisse

Momentan laufen die ersten Auswertungen der aufgezeichneten Daten. Eine erste Beurteilung der Daten ergab, dass mit dem vorhandenen Material die komplette Analyse der Flüge und die Bestimmung von Performance Parametern der eingesetzten Systeme möglich ist. Lediglich die Aufzeichnungsfunktion des CDTI arbeitete fehlerhaft und die dort gesammelten Daten können nicht verwendet werden. Allerdings konnten die Informationen aus Daten der auch eingesetzten TE-eigenen Systeme nachgebildet werden.

Der Vergleich zwischen gesendeten und empfangenen TIS-B Meldungen ergab als erstes Ergebnis keine signifikanten Ausfälle während der Datenübertragung. Die weitere Analyse wird dazu detailliertere Ergebnisse liefern können, wie sich dieses Verhältnis während der gesamten Versuchsflüge darstellt. In Abb. 7 sind 2 Flüge sowie die Anzahl von gesendeten (grün) und empfangenen (rot und blau) TIS-B Meldungen dargestellt.

Genauso wie die Übertragung von Meldungen ist auch der Überdeckungsbereich für den TIS-B Service von Interesse. Erste Ergebnisse zeigen, dass die vorausberechneten Reichweiten erreicht und teilweise übertroffen werden (s. Abb 8). Maximale Reichweite in 5000 Fuß waren ca. 50 NM. Für die Szenarien im Luftraum um Frankfurt war die erlaubte Flughöhe auf 5000 Fuß limitiert, so

dass von noch größeren Reichweiten in Flughöhen über 5000 Fuß ausgegangen werden kann. Dies bedeutet, dass ein Traffic Information Service mit Sendeleistungen, die einem herkömmlichen Flugzeug-Transponder entsprechen, bereit gestellt werden könnte. Störeinflüsse auf dem 1090 MHz Kanal und auf andere Überwachungssysteme wären somit im Rahmen normaler Transponder-Aktivitäten.

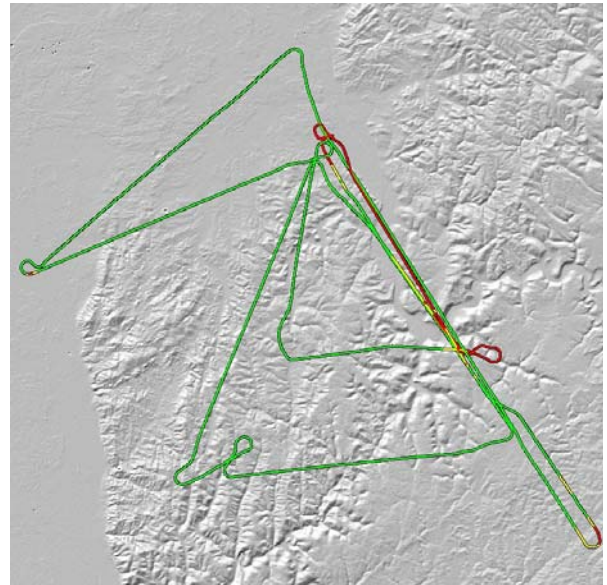


Abb. 8: Szenarien: Empfangswahrscheinlichkeit

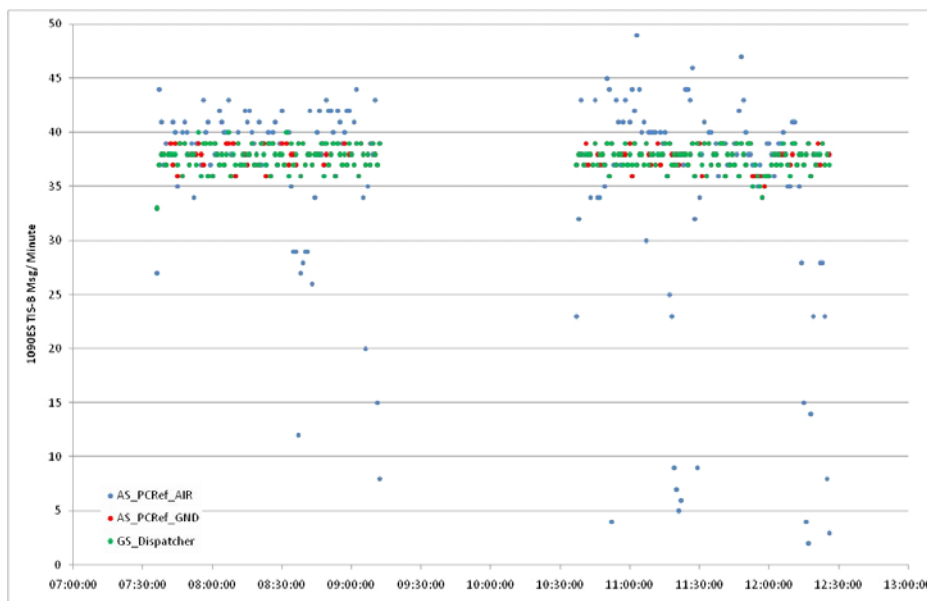


Abb. 7: TIS-B Meldungen: GS gesendet (grün), AS Referenz (rot), AS Flugzeug (blau)

ADS-B Ausrüstungsgrad

Die Analyse von ADS-B Daten aus den Aufzeichnungen während der Flugversuche und aus Langzeitaufzeichnungen über mehr als ein Jahr bestätigen den anhaltenden Trend zur weiteren Ausrüstung mit ADS-B fähigen Transpondern in der kommerziellen Luftfahrt.

Derzeit sind rund 76% aller Flugzeuge mit Mode S Ausrüstung im Empfangsbereich der ADS-B / TIS-B Bodenstation auch ADS-B fähig. Ebenso wird deutlich, dass anhand des mit übertragenen Qualitätsindicators immer noch ca. 40% der ADS-B Informationen nicht betrieblich nutzbar sind.

Abkürzungen

ADS-B	Automatic Dependent Surveillance - Broadcast
ASA	Airborne Surveillance Application
ASAS	Airborne Separation Assistance System
CDTI	Cockpit Display of Traffic Information
ECAC	European Civil Aviation Conference
FFN	Frankfurt Nord
FFS	Frankfurt Süd
GOT	Götzenhain
GSA	Ground Surveillance Application
NKH	Neunkircher Höhe
NM	Nautische Meile
SDPS	Surveillance Data Processing System
TIS-B	Traffic Information Service - Broadcast
VOR	VHF Omni-direktional Radio Range

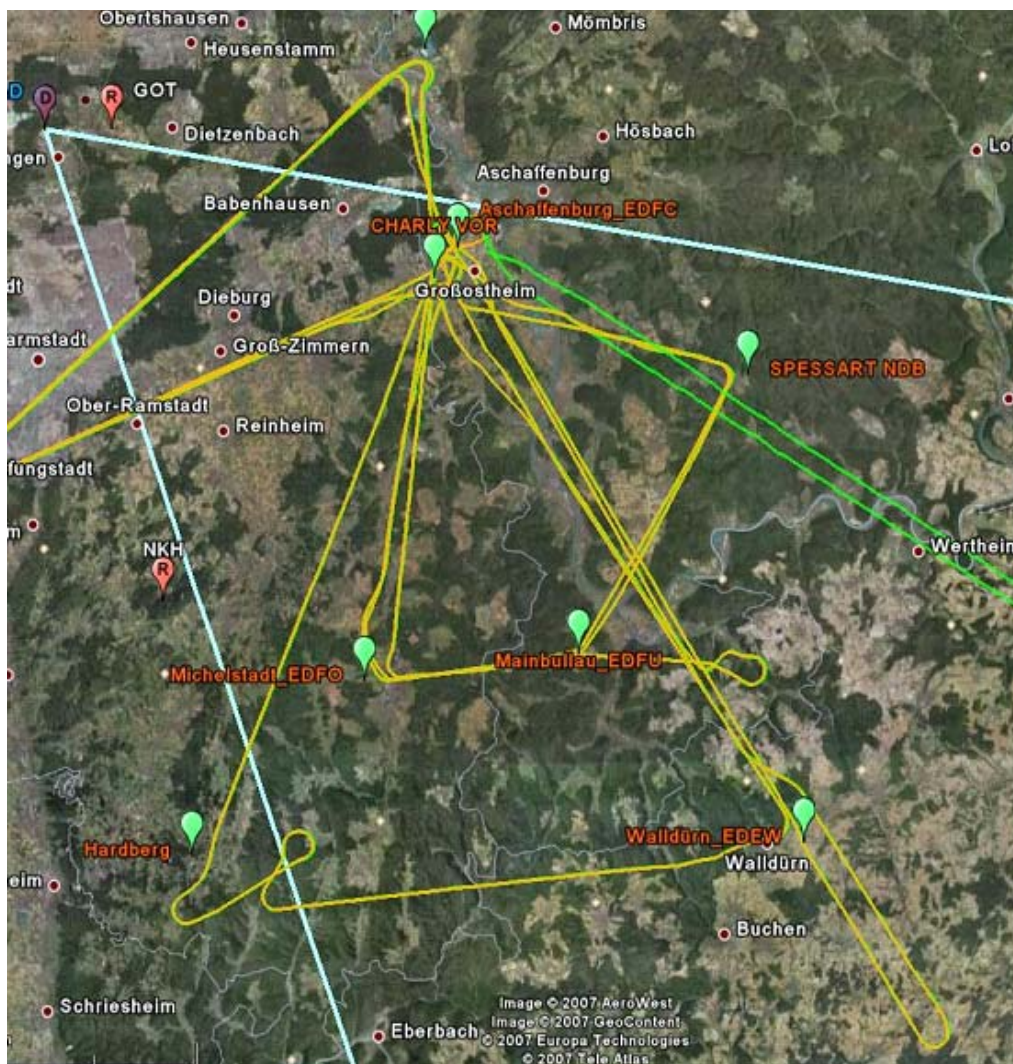


Abb. 9: Flugspuren Radar (grün), GPS (gelb)

UAS – Unmanned Aircraft Systems: Systemüberblick und DFS-Aktivitäten

Andreas Udovic, TEH

Einleitung

Der Bereich Forschung und Entwicklung der DFS beschäftigt sich seit dem Jahre 2003 mit der Thematik „Unmanned Aerial Vehicles“ (UAV), seit Anfang 2007 nach ICAO „Unmanned Aircraft System“ (UAS).

Ziel der bei TE durchgeführten Arbeiten ist eine Integration von UAS in das ATM-System. Diesem Ziel dienen die durchgeführten Realzeitsimulationen, geplante Flugversuche sowie konzeptionelle Arbeiten in den Projekten. Die in den Projekten gewonnen Erkenntnisse werden in die nationale und internationale Gremienarbeit eingebracht. Auf diese Weise kann die DFS die Entwicklung und Integration von UAS positiv mitgestalten.

In diesem Artikel sollen zum einen die bisher in den verschiedenen Projekten geleisteten Arbeiten beschrieben werden. Des weiteren sollen die Gremienaktivitäten der DFS zum Thema UAS dargestellt werden. Ein Ausblick über das weitere Vorgehen des Bereiches in der Thematik UAS soll diesen Artikel abrunden. Um dem Leser den Einstieg in die Thematik UAS zu erleichtern, beginnt dieser Artikel mit einer kurzen UAS Systembeschreibung.

Unmanned Aircraft Systems (UAS)

UAS wurden in den letzten Jahrzehnten für den militärischen Einsatz entwickelt. Insbesondere die US amerikanischen Streitkräfte setzen heute



Abb. 1: UAS - Global Hawk

bereits unterschiedliche UAS zu Aufklärungszwecken ein. Auch in den bundesdeutschen Streitkräften werden UAS verstärkt in diesem Bereich eingesetzt. Zum großen Teil werden UAS heute in Sperrgebieten betrieben. Abbildung 1 zeigt das momentan größte UAS, den Global Hawk, der für die USA im Einsatz ist.

Ein UAS besteht im wesentlichen aus drei verschiedenen Systemkomponenten:

- Zum Ersten aus der fliegenden Komponente, dem Unmanned Aircraft Vehicle (UAV). Diese Systemkomponente enthält zum einen alle für einen Flug notwendigen Teile wie z.B. Motor, Flugregelung oder Navigation. Darüber hinaus trägt das UAV auch die Sensorik für den Einsatz. Dies können z. B. Kamera-Systeme, aber auch elektronische Aufklärungssysteme sein.
- Zum Zweiten müssen, abhängig von der Größe und dem Einsatzort (Luftraum) des UAV, Komponenten zur Kommunikation zwischen Bodenkontrollstation und UAV vorhanden sein. Diese Kommunikation wird durch eine Datenlinkverbindung ermöglicht. Sie muss stabil und störungssicher sein. Darüber hinaus müssen noch Funkanlagen für den Sprechfunkkontakt zu ATC vorhanden sein.
- Die dritte Komponente ist die Bodenkontrollstation (BKS). Der UAV Bediener steuert über die BKS das UAV. Je nach Größe und Einsatzart des UAV kann es sich bei der BKS um ein Laptop oder aber auch um eine Leitwarte handeln, die die Größe eines Containers hat. Auch die durch die Sensorik aufgenommenen Daten werden normalerweise in der BKS angezeigt und ausgewertet.

Abbildung 2 zeigt die Kommunikation zwischen BKS, UAV und ATC auf. Je nach Entfernung zwischen BKS und UAV muss eine Relaisstation genutzt werden, um den Kontakt zum UAV zu halten. Dies kann über einen Satelliten, aber auch über ein anderes Flugzeug geschehen. Ebenfalls ist es möglich, ein UAV mittels einer Kette von Bodenstationen über einen längeren Flugweg zu führen.

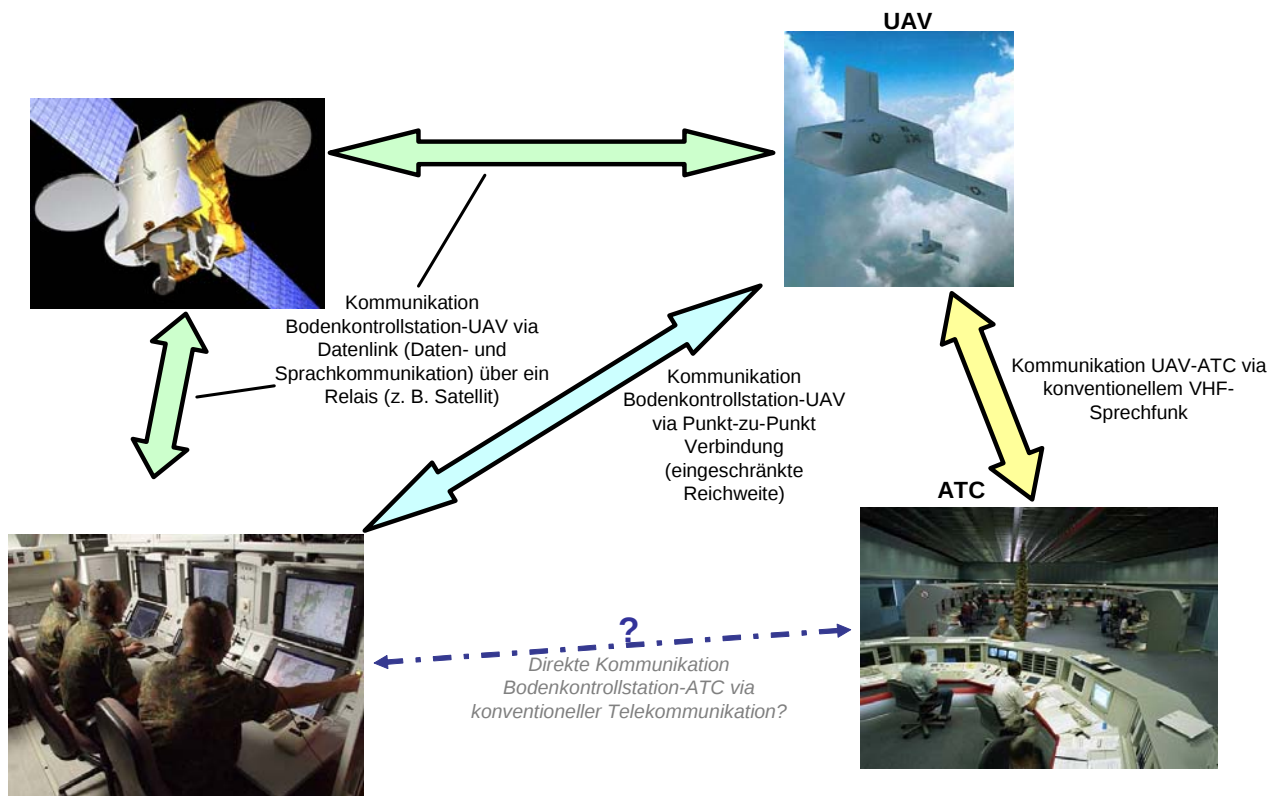


Abb. 2: Kommunikationswege UAS

UAS Fragestellungen

Durch den oben beschriebenen Systemaufbau ergeben sich für den Einsatz von UAS außerhalb von militärischen Sperrgebieten, also in von der zivilen Luftfahrt genutzten Gebieten verschiedene Fragestellungen zum Bereich ATM, speziell ATC betreffend:

- See and Avoid: Ein generelles und seit den Anfängen genutztes Prinzip in der zivilen, aber auch der militärischen Luftfahrt ist „See and Avoid“. Das „See and Avoid“ wird in der bemannten Luftfahrt durch den Piloten durchgeführt. Basierend auf der optischen Erkennung der anderen Verkehrsteilnehmer weicht der eine Pilot nach festgelegten Regeln dem anderen Verkehr aus. Insbesondere gilt dies für die Lufträume E bis F und den VFR Verkehr. Wie diese grundlegende Fähigkeit der bemannten Luftfahrt durch die UAS gewährleistet werden kann, ist noch unklar.
- Ausfall der Datenlinkverbindung: Durch die Steuerung eines UAV vom Boden aus kommt dem Ausfall der Datenlinkverbindung besondere Bedeutung zu. Dies ist mit keinem Notfall aus der bemannten Luftfahrt vergleichbar. Das

UAV fliegt in diesem Falle ohne Steuerungsmöglichkeiten durch einen Piloten. Welche Notverfahren für diesen Fall angewendet werden können, muss noch geklärt werden.

- Verzögerung in der Kommunikation: Durch die Möglichkeit, ein UAV über große Entfernungen hinweg zu kommandieren, können Verzögerungen in der Kommunikation zwischen BKS und UAV auftreten. Diese Verzögerungen beeinflussen die Reaktionszeiten z.B. auf Anweisungen von ATC. Zudem kann auch der Sprechfunkverkehr zwischen dem UAV Bediener und ATC von den Verzögerungen betroffen sein. Die maximale Dauer von Verzögerungen im Funkkontakt, die durch ATC toleriert werden kann, ist nicht bekannt.

Projekte

Die Arbeiten der DFS an der Thematik UAS begannen im Jahre 2003 mit dem Auftrag im Projekt WASLA/HALE II, Verfahren für den Einsatz von UAS außerhalb von Flugbeschränkungsgebieten zu definieren und mittels Realzeitsimulationen zu überprüfen. Diese Arbeiten wurden im Projekt WASLA/HALE III fortgeführt. Zwei weitere

Projekte zu diesem Thema begannen im Jahre 2007 und sollen hier ebenfalls vorgestellt werden. Gleiches gilt für das Projekt SOFIA, welches ebenfalls eine Affinität zur UAS Thematik enthält.

Projekt WASLA/HALE II und WASLA/HALE III

Die Abkürzung WASLA/HALE steht für ein weitreichendes, abbildendes, signalerfassendes, luftgestütztes Aufklärungssystem / high altitude and long endurance. Hintergrund ist die geplante Anschaffung von Global Hawk-Systemen durch die Bundesrepublik Deutschland. Beide Projekte (WASLA/HALE II und III) sind finanziert aus Forschungs- und Technologiemitteln des Bundesministeriums der Verteidigung. Die Arbeiten werden durchgeführt von der DFS, dem DLR, der EADS Deutschland und der ESG.

Für das Projekt WASLA/ HALE II (2003 – 2005) wurden folgende Untersuchungsziele definiert:

- Demonstration und Nachweis der Anwendungsreife von Verfahren und Techniken zur sicheren und störresistenten Führung einer unbemannten HALE-Plattform vom Boden in Simulations- und Flugversuchen
- Erarbeitung von Kriterien, Richtlinien und Verfahren für die Zulassung mit den nationalen und internationalen Behörden.

Im Folgenden soll insbesondere auf den zweiten Punkt eingegangen werden, der maßgeblich von der DFS bearbeitet worden ist. Um die Fragestellung zu beantworten, wurde eine Realzeitsimulation bei TE durchgeführt. Diese Simulation fand 2003 statt. Insgesamt wurden in zwei Wochen mit jeweils vier Lotsen neun Simulationsruns durchgeführt. Dabei wurden sowohl Sektoren des oberen als auch des unteren Luftraums simuliert. Die nach dem jeweiligen Simulationsrun durchgeführte strukturiertes Interviews mit den beteiligten Lotsen sowie die Daten aus den eingesetzten Fragebögen waren die wichtigsten Quellen für die Bewertung der Verfahren. Aufgrund dieser Daten können folgende Ergebnisse festgestellt werden:

- Der Betrieb eines UAV unter IFR Bedingungen, bei normalem Flugverhalten, stellte kein Problem dar. Das UAV verhielt sich in der Simulation wie ein bemanntes Lfz.
- Notverfahren, die vergleichbar mit den Notverfahren für bemannte Lfz sind, konnten ebenfalls

problemlos von den Fluglotsen bearbeitet werden.

- Für den Ausfall der Datenlinkverbindung, auch in Kombination mit Funkausfall, wurden drei Varianten erarbeitet (s.u.), die noch weiter diskutiert und getestet werden müssen.
- Für den Ausfall der Datenlinkverbindung sollte ein eigenständiger Squawk eingeführt werden. Der Squawk 7700 trifft im Falle des Datenlinkverlustes nicht zu, da das UAV weiterhin voll flugfähig ist und autonom durch die Bordsysteme gesteuert werden kann. Allerdings können Anweisungen von ATC nicht mehr befolgt werden.

Zu den detaillierten Ergebnissen siehe auch TE im Fokus 2/03, „Unmanned Aerial Vehicles (UAV) - Simulation von Verfahren bei TE“.

Das Projekt WASLA/HALE III begann im Jahre 2005 und dauert noch bis 2009 an. 2006 wurde wiederum eine zweiwöchige Realzeitsimulation durchgeführt. Insgesamt nahmen acht Fluglotsen an 30 Simulationsruns der DFS teil. Neben dem normalen Flugbetrieb eines UAS im zivilen, kontrollierten Luftraum waren die Erprobung von Notverfahren für verschiedene Notfälle sowie Notfallkombinationen des UAS Schwerpunkt der Simulation. Dabei wurden folgende Notfälle untersucht:

- Triebwerksausfall
- Sprechfunkausfall
- Transponderausfall
- Datenlinkausfall UAV zur BKS

Ebenso wurden Verzögerungen in der Kommunikation zwischen UAS und ATC untersucht, um die Auswirkungen von Sprechfunkverzögerungen durch den geänderten Übertragungsweg zu untersuchen.

Die Ergebnisse zeigten, dass die UAS im zivilen Luftraum ohne Besonderheiten kontrolliert werden können. Das Verhalten war mit dem Verhalten von bemannten Lfz. vergleichbar. Unterschiede, die auftraten und von den Lotsen bemerkt wurden, waren auf die geringere Performance der UAS zurückzuführen.

Die aus der bemannten Luftfahrt bekannten Notverfahren konnten entsprechend von den Lotsen

gearbeitet werden. Auch hier verhielt sich das UAS vergleichbar zu den bemannten Systemen. Ebenfalls konnten die unterschiedlichen Notfallkombinationen von den Lotsen bearbeitet werden. Wie bei allen Notfällen steigt die Arbeitslast der Lotsen durch die Notfälle an.

Für den Notfall „Datenlinkausfall zur BKS“ wurden zwei Verfahren getestet. Dabei lag dem ersten Verfahren der Weiterflug des UAS nach Flugplan zu Grunde, das zweite Verfahren sah einen Abbruch des Fluges und die Landung des UAV vor. Beide Verfahren konnten von den Lotsen problemlos gearbeitet werden.

Insgesamt stellt für Notfälle der Einsatz einer telefonischen Verbindung zwischen ATC und BKS einen Informationsvorteil dar. Daten und Statusinformationen können so im Notfall unabhängig vom Sprechfunkverkehr übermittelt werden. Die technische und operationelle Realisierung (z.B. wer ist für die Kontaktaufnahme verantwortlich) muss noch geklärt werden.

Hinsichtlich der Sprechfunkverzögerungen wurde ein Maximum von 2 Sekunden von den Lotsen als akzeptabel eingeschätzt.

Zudem wurde eine Bedrohungsanalyse als erster Schritt einer Sicherheitsbewertung durchgeführt.

Projekt VUSIL

Die Abkürzung VUSIL (Laufzeit 2007 - 2009) steht für die „Validierung von UAVs zur Integration in den Luftraum“. Ziel des vom Bundesministerium für Verkehr, Bauwesen und Stadtentwicklung (BmVBS) geförderten Projektes VUSIL ist die Grundlagenuntersuchung zur Integration von Unmanned Aircraft Systems (UAS) außerhalb von Sperrgebieten. Mittels einer Kombination von realen Flugversuchen und simuliertem Flugverkehr sollen belastbare empirische Ergebnisse erzielt werden. Diese Ergebnisse dienen der Validierung eines UAS Integrationskonzepts.

Basierend auf den Ergebnissen der WASLA/HALE Projekte soll in einem nächsten Schritt in einer Kombination von Flugversuchen mit umgebendem simuliertem Verkehr ein mögliches Integrationskonzept von UAS überprüft werden. Dazu sollen von der DFS folgende Aufgaben durchgeführt werden:

- Entwicklung eines Integrationskonzepts
- Entwicklung von Verkehrsszenarien für die Flugdurchführung
- Testen der Szenarien zusammen mit der Firma EMT, die das UAS bereitstellt
- Aufbau der Simulationsumgebung für die Flugversuche im Fluggebiet
- Durchführung der Flugversuche mit Datenerhebung und Auswertung
- Bewertung des Integrationskonzepts
- Sicherheitsanalyse
- Berichtlegung

Die Flugversuche sollen im Sommer 2008 durchgeführt werden, so dass Ende 2008 erste Ergebnisse vorliegen werden.

Projekt INOUI

Das Vorhaben „Innovative Operational UAS Integration (INOUI)“ ist ein von der Europäischen Kommission gefördertes Projekt. Es begann im Oktober 2007 und hat eine Laufzeit von 24 Monaten. Ziel des Projekts ist die Untersuchung, wie zivile UAS Anwendungen in ein zukünftiges ATM System (2020) integriert werden können. Beteiligt sind neben der DFS die Firmen ISDEFE, Boeing Research Technologies Europe, INNAXIS (alle Spanien) und ONERA aus Frankreich sowie die Firma Rheinmetall Defence Electronics aus Bremen.

Das Projekt gliedert sich in folgende Arbeitspakete, Verantwortlicher in Klammern:

- WP 0: Management
- WP 1: UAS concept, procedures (DFS)
- WP 2: UAS enabled ATM architecture (ISDEFE)
- WP 3: Certification blue print (ISDEFE)
- WP 4: Common Operation Picture (BOEING)
- WP 5: Safety analysis (DFS)
- WP 6: UAS airport concepts (ISDEFE)
- WP 7: Dissemination (DFS)

Da das Projekt gerade erst begonnen hat, liegen noch keine Ergebnisse vor.

Projekt SOFIA

Das Projekt SOFIA (Safe automatic flight back and landing) ist eng mit den Projekt SAFEE - Security of Aircraft in the Future European Environment – verbunden. Dieses Projekt wurde von der Europäischen Kommission aufgrund der Terroranschläge vom 11.09.2001 in den USA vergeben. Ziel dieses Projektes ist die Erkennung von Gefahren an Bord eines Flugzeuges. Als Gefahren wurden z.B. Bomben, gefährliche Stoffe wie Chemikalien aber auch Bedrohungen durch Entführungen definiert. Durch den Einsatz verschiedener Sensoren sollen diese Gefahren erkannt werden. Wenn eine Gefahr erkannt wird, wird die Besatzung des Flugzeuges aus der fliegerischen Verantwortung für das Flugzeug genommen und das Flugzeug wird automatisch in eine Holdingposition geführt. Eine Steuerung des Flugzeuges ist dann von Bord aus nicht mehr möglich. Somit hat dieses Verfahren einen engen Bezug zur Thematik UAS.

SOFIA setzt als Projekt an der Stelle ein, an der das Flugzeug in eine Holdingposition geführt wurde. Ziel von SOFIA ist die automatische Rückführung des Flugzeuges zu und die sichere Landung auf einem Flughafen. Die Funktionalität, die dieses ermöglichen soll, wird Flight Recalculation Functionality (FRF) genannt.

Für das Projekt SOFIA wurden drei wesentliche Ziele definiert:

1. Die Demonstration, dass das FRF System in einer betriebssicheren und preislich erschwinglichen Art hergestellt werden kann.
2. Die Demonstration, dass die mit FRF ausgerüstete Flugzeuge unter normalen Flugbedingungen sicher operieren können.
3. Die Demonstration, dass durch das FRF ein sicherer Flug zum und eine sichere Landung auf einem Flughafen möglich ist.

Die bisherigen Arbeiten befassten sich mit der Definition des ATM Systems für den Zielzeitraum 2020 und mit der Definition der notwendigen Funktionalitäten des FRF. Für November 2008 sind Realzeitsimulationen bei der DFS geplant, um eine erste Version des FRF zu testen. Dazu wird der AFS mit dem Flugsimulator der italienischen Firma Galileo gekoppelt, in dem das FRF eingebaut werden soll.

Für nähere Information über das Projekt siehe TE im Fokus 2/06, „SOFIA – oder: wie können Sie sicher landen?“.

Gremienarbeit der DFS zum Thema UAS

In unterschiedlichen Gremien wird momentan sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene über die Zulassungsmöglichkeiten von UAS diskutiert. Die DFS beteiligt sich an diesen Gremien, um die Erfahrungen aus den unterschiedlichen Projekten und die ATC-Sichtweise einzubringen.

Auf internationaler Ebene sind dies die Unterstützung der ICAO-Aktivitäten und die Beteiligung an der EUROCAE WG 73. Auf nationaler Ebene die Beteiligung an der Arbeitsgruppe UAS-Deutschland und Mitgliedschaft bei der UAV-DACH.

ICAO

Insgesamt wurden zur Thematik UAS von der ICAO zwei Informationstreffen durchgeführt. An beiden Treffen nahm die DFS zusammen mit den Vertretern des BmVBS und des DLR teil. Diese Treffen dienten zur Informationssammlung zum Thema UAS, um die ICAO für dieses Thema zu sensibilisieren. Basierend auf den Ergebnissen dieser Treffen wird nun von der ICAO eine UAS Study Group eingerichtet. Diese Expertengruppe soll sich intensiv mit der Thematik auseinandersetzen und ggf. Vorschläge für die Integration von UAS in die zivile Luftfahrt entwickeln.

EUROCAE WG 73

Die EUROCAE Working Group (WG) 73 beschäftigt sich mit der Erstellung von Anforderungen für die Zulassung von UAS. Dabei ist die Arbeitsgruppe in vier Untergruppen aufgeteilt:

- Subgroup 1: Operations
- Subgroup 2: Airworthiness
- Subgroup 3: Control station and Data link
- Subgroup 4: Small UAS (bis 150 kg)

Die DFS beteiligt sich an der Subgroup 1 „Operations“. Ziel der Arbeitsgruppe ist es, bis Mitte 2008 erste Ergebnisse für mögliche Anforderungen an UAS vorzulegen, die eine Zertifizierung von UAS und deren Betrieb ermöglichen sollen.

UAS-Deutschland

Auf Bestreben des BmVBS wurde eine Arbeitsgruppe gegründet, die sich mit der Thematik UAS beschäftigt. Neben dem BmVBS und der DFS ist das DLR und das Luftfahrtbundesamt beteiligt. Zudem nehmen Vertreter des Verteidigungsministeriums und des Bundesinnenministeriums an den Treffen teil.

Aufgabe der Arbeitsgruppe ist die Erstellung einer Roadmap zur Integration von UAS in die Luftfahrt. Daher beschäftigt sich die Arbeitsgruppe mit den unterschiedlichen UAS-Themen, die für diese Integration notwendig ist.

UAV-DACH

Im Januar 2000 wurde die deutschsprachige Arbeitsgruppe UAV DACH unter Mithilfe der UVS International gegründet. Diese Vereinigung besteht aus Unternehmen und Institutionen aus der Bundesrepublik Deutschland (D), Österreich (A), den Niederlanden (NL) und der Schweiz (CH), die im Bereich UAV Systeme maßgeblich tätig sind. In Zusammenarbeit mit nationalen und internationalen Luftfahrtbehörden, Ministerien, Ämtern und Arbeitsgruppen will UAV DACH verbindliche und einheitliche Normen für Luftfahrtauglichkeitsforderungen entwickeln helfen.

Die DFS ist seit dem Jahre 2006 Mitglied der UAV-DACH, um die mögliche Einführung von UAS auch in diesem Rahmen zu begleiten.

Ausblick

Der Bereich TE wird in den nächsten Jahren weiter an der Thematik UAS arbeiten. Bedingt durch die durchzuführenden Projekte werden vertiefte Erkenntnisse gewonnen werden, die über die Gremienarbeit sowohl im nationalen als auch internationalen Bereich einfließen werden. Durch die sich abzeichnende Einführung von UASen durch die Bundeswehr wird sich ein Teil der Arbeiten und Aktivitäten dann auf den Centerbereich der DFS verlagern.

Referenzen

[1]	Unmanned Aerial Vehicles (UAV) - Simulation von Verfahren bei TE, TE im Fokus 2/03
[2]	SOFIA – oder: wie können Sie sicher landen?, TE im Fokus 2/06
[3]	Fachkolloquium "SOFIA", Dokumentendatenbank F&E, FK-2006-11
[4]	Fachkolloquium "WASLA/HALE", Dokumentendatenbank F&E, FK-2007-03

Abkürzungen

AFS	Advanced Function Simulator
ATM	Air Traffic Management
BKS	Bodenkontrollstation
BmVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bauwesen und Stadtentwicklung
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
EUROCAE	European Organisation for Civil Aviation Equipment
ICAO	International Civil Aviation Organization
INOUI	Innovative Operational UAS Integration
FRF	Flight Recalculation Functionality
SAFE	Security of Aircraft in the Future European Environment
SOFIA	Safe automatic flight back and landing
UAS	Unmanned Aircraft System
UAV	Unmanned Aircraft Vehicle
VFR	Visual Flight Rules
WASLA/HALE	weitreichendes, abbildendes, signalerfassendes, luftgestütztes Aufklärungssystem / high altitude, long endurance
WG	Working Group

MSP-D/L Simulation bei TE: Weiterentwicklung und Validierung des Arbeitssystems Flugverkehrskontrolle durch Realzeitsimulationen

Stephan Herr, TEA, Tim Gesekus, TEI

Zusammenfassung²

Der Luftraum über Mitteleuropa zählt bereits zu den meistbeflogenen der Welt und alle Prognosen gehen von einer weiteren Steigerung der Verkehrszahlen aus. Das gegenwärtige Luftverkehrssystem stößt nicht nur im Bereich der Flughäfen, sondern auch in Teilen des Streckenflugbereichs an seine Kapazitätsgrenze, was hauptsächlich durch die Belastungsgrenze der Fluglotsen bedingt ist.

In der Vergangenheit wurden viele technische Systemfunktionalitäten mit dem Ziel entwickelt, die Arbeitsbelastung der Fluglotsen zu reduzieren, um auch die vorhergesagten Steigerungen des Verkehrsaufkommens sicher bearbeiten zu können. Der Einsatz dieser Funktionalitäten allein, ohne gleichzeitige Anpassung der Arbeitsverfahren und der Luftraumstruktur, bewirkt noch keine Entlastung des Lotsen. Erst durch die Integration der technischen Neuerungen in ein Gesamtkonzept, das neben den schon erwähnten Faktoren auch ergonomische Aspekte und Anforderungen an die Mensch-Maschine Schnittstelle berücksichtigt, kann ein betrieblicher Nutzen erzielt werden.

Bei der Entwicklung eines derartigen Gesamtkonzeptes sind zusätzliche evaluierende und validierende Maßnahmen unumgänglich, um die Realisierung des angestrebten betrieblichen Nutzens sicherzustellen. Deshalb werden in der DFS seit vielen Jahren Schnell- und Realzeitsimulationen eingesetzt, um potentielle Veränderungen am Arbeitssystem Flugverkehrskontrolle zu untersuchen und zu optimieren. Von der Methodik folgt die DFS den (von ihr auch mitgestalteten) europäischen Richtlinien der "European Operational Concept Validation Methodology", kurz E-OCVM.

In diesem Beitrag werden die Entwicklungs- und Validierungaktivitäten am Beispiel des Projektes

MSP D/L dargestellt. Dieses Projekt beschäftigt sich mit der Einführung der neuen Lotsenrolle des Multi-Sektor-Planers (MSP) und neuen Systemfunktionalitäten – wie z.B. einem Bord/ Boden Datenlink (D/L).

Dazu wurde ein Betriebskonzept zur Nutzung der neuen Funktionalitäten, sowie zur Gestaltung der Arbeitsverfahren und der Luftraumstruktur entwickelt. Dieses Konzept wurde anschließend durch eine Schnellzeitsimulation und zwei Realzeitsimulationen evaluiert und schrittweise weiterentwickelt.

In diesem Artikel wird insbesondere auf die Methodik zur Datenerhebung während der Realzeitsimulation eingegangen. Neben der Erhebung verkehrsspezifischer Kenngrößen sowie Daten zur Beanspruchungssituation wurde eine Blickbewegungsanalyse in Zusammenarbeit mit der TU Darmstadt durchgeführt, um anhand dieses Indikators Veränderungen der Arbeitsweisen und der genutzten Informationen zu analysieren.

Ein weiterer Schwerpunkt dieses Beitrags liegt in der Gegenüberstellung der prototypischen Simulationsplattform, die für die Realzeitsimulation verwendet wurde, im Gegensatz zur Verwendung von operativen Systemen zu Simulationszwecken. Operative Systeme sind ohne erhebliche Kosten nicht an neue Betriebsverfahren und Funktionalitäten anzupassen. Andererseits brauchen Lotsen eine realitätsnahe Arbeitsumgebung, um belastbare Aussagen treffen zu können. Dieser Spagat zwischen Realitätsnähe und flexibler und schneller Anpassung stellt hohe Ansprüche an die Simulationsplattform. In dem Projekt wurde die Herausforderung mittels des Advanced Function Simulators (AFS) des Forschungszentrums der Deutschen Flugsicherung (DFS) erfolgreich gemeistert. Die wesentlichen Merkmale der prototypischen Simulationsplattform: schnelle Datenanpassung, iterative Weiterentwicklung, sowie automatische Erfassung aller Benutzerinteraktionen werden am Beispiel des Projektes MSP D/L dargestellt.

² Dieser Artikel basiert im Wesentlichen auf der Veröffentlichung [2] bei der DGLR (49. Fachausschusssitzung Anthropotechnik), wurde aber um einige DFS-Spezifika ergänzt.

Das Projekt MSP D/L

Gegenstand des Projektes ist die Weiterentwicklung und Untersuchung von Arbeitsweisen und Verfahren mit neuen Systemfunktionalitäten, die in künftigen Flugsicherungssystemen enthalten sein werden. Gegenstand der Untersuchungen ist u.a. die neue Lotsenrolle des Multi-Sektor-Planers (MSP). Außerdem werden dem Lotsen Funktionen zur Konflikterkennung und zur elektronischen Koordination, sowie ein Bord/Boden Datenlink zur Verfügung gestellt.

Insgesamt sind im Rahmen des Projekts drei Realzeitsimulationen, sowie eine Schnellzeitsimulation zur Durchführung der Untersuchungen vorgesehen. Die Ausführungen dieses Artikels beziehen sich auf die zweite Realzeitsimulation, die im März 2007 durchgeführt wurde. Zu den vorhergehenden Untersuchungen sei auf die entsprechenden Ausgaben der DFS-Zeitschrift „TE im Fokus“ verwiesen ([3], [4]).

Um die Untersuchungen möglichst praxisnah zu gestalten, wurde der Fokus der Betrachtung im Rahmen dieses Projekts auf den oberen Luftraum der Niederlassung Karlsruhe beschränkt, da nach der gegenwärtigen Planung die entsprechenden Systemfunktionalitäten dort zuerst zur Verfügung stehen werden.

Betriebskonzept

Vor der Durchführung der Simulationen wurden die wesentlichen Bestandteile des zu untersuchenden Arbeitssystems in Zusammenarbeit mit operativem Personal der Niederlassung Karlsruhe erarbeitet. Dieser erste Entwurf eines künftigen Betriebskonzepts wird durch die Ergebnisse der Simulation schrittweise weiterentwickelt. Die Kernpunkte des Betriebskonzepts (Luftraumstruktur, Arbeitsverfahren und Technische Funktionalitäten) werden im Folgenden näher erläutert:

Luftraumstruktur

Die neue Routenstruktur sieht grundsätzlich die direkte Führung aller Luftfahrzeuge vom Einflug bis zum Ausflughpunkt des Karlsruher Luftraums vor. An- und Abflüge werden teilweise bis zum Erreichen einer definierten Höhe auf Standardstrecken geführt und anschließend direkt zum Ausflughpunkt freigegeben.

Arbeitsverfahren

Gegenüber der heutigen Arbeitsweise ergeben sich folgende wesentliche Veränderungen:

- Einsatz des Multi-Sektor-Planers (MSP). Der MSP ist ein Planungslotse, der für mehr als einen Sektor zuständig ist. Er ist somit Ansprechpartner für mehr als einen Exekutivlotsen. Die Arbeitsentlastung durch die Anwendung elektronischer Koordination ermöglicht dem Planungslotsen, seine Aufgaben für mehr als einen Sektor zu erfüllen. Durch den Überblick über mehrere Sektoren werden verbesserte Planungslösungen angestrebt, welche die Verkehrssituation in diesen Sektoren berücksichtigen.
- Stärker standardisierte Zuordnung von Aufgaben zu den Lotsenrollen Exekutivlotse, Planungslotse und Multi-Sektor-Planer. Die Zuordnung wird systemseitig durch ein Statuskonzept unterstützt, d.h. die Zuständigkeit für die einzelnen Luftfahrzeuge wird vom System angezeigt.
- Unterstützung der Fluglotsen durch systemgestützte Konflikterkennung
- Weitgehender Wegfall von verbaler Koordination durch entsprechende elektronische Kommunikationswege
- Bei allen Freigaben und Koordinationen ist eine Systemeingabe erforderlich, damit das System zu jeder Zeit über einen aktuellen Datenstand verfügt.

Technische Funktionalitäten

Die Simulationen wurden mit einem bei TE entwickelten prototypischen System durchgeführt, das die wesentlichen P1/VAFORIT Systemfunktionalitäten nachbildet (VAFORIT „look alike“). Folgende Systemfunktionalitäten waren Gegenstand der Untersuchungen:

- 4D-Trajektorienprädikation auf Basis von Flugplandaten mit zugrundeliegendem Luftfahrzeugperformancemodell
- Konflikterkennung durch das Medium-Term-Conflict-Detection Modul (MTCD) auf Plandatenbasis mit bis zu 15 Minuten Vorlauf

- Weitergabe aller Plandatenänderungen (elektronische Koordination) an alle betroffenen Arbeitspositionen incl. Änderungsanzeige
- Bord/Boden Datenlink zur elektronischen Übermittlung von Frequenzwechsel und Freigaben zwischen Fluglotse und Pilot
- HMI-Gestaltung angepasst an angestrebte Verfahren und Arbeitsweisen

Zielsetzung der durchgeführten Realzeitsimulation

Die Zielsetzung der durchgeführten Simulation bestand in der Untersuchung folgender Hypothesen:

- Der Einsatz des Multi-Sektor-Planers ermöglicht die Bearbeitung des Verkehrs mit dem gleichen Sicherheits- und Wirtschaftlichkeitsniveau im Vergleich zur traditionellen Rollenaufteilung.
- Der Einsatz des Bord/Boden Datenlinks hat bei einem Ausrüstungsgrad von 35% der Luftfahrzeuge keine negativen Auswirkungen auf die Belastungs- und Beanspruchungssituation der Fluglotsen.
- Obige Hypothesen gelten sowohl für den Verkehr, der den heutigen Kapazitätsgrenzen entspricht, als auch für den Verkehr, der 20% darüber liegt.

Simulierter Luftraum und Sektorisierung

Als Luftraum wurde ein Ausschnitt aus dem Gebiet der Niederlassung Karlsruhe simuliert. Betrachtet wurden dabei jeweils vier Sektoren (jeweils oberer und unterer Sektor der Gebiete WUR und KRH, vgl. Abb. 1). Die Trennfläche zwischen dem oberen und dem unteren Sektor lag bei Flugfläche 335. Das neue Gebiet „Karlsruhe“ (KRH) ergab sich aus den Überlegungen zur neuen Luftraumstruktur. Die Aktionen der umliegenden Sektoren wurden insoweit simuliert, als Auswirkungen auf die gemessenen Sektoren bestanden. Alle beteiligten Fluglotsen verfügten über entsprechende Berechtigungen für die Sektoren, in denen sie tätig waren.

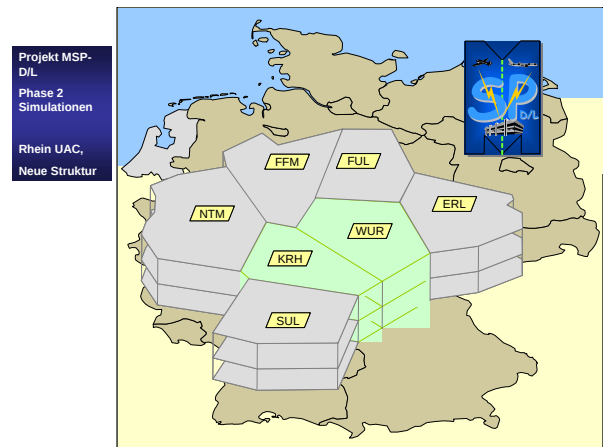


Abb. 1: Simulierter Luftraum und Sektorisierung

Verkehrsbeispiele

Die Verkehrsbeispiele wurden aus realen Flugplandaten der Vergangenheit zusammengestellt und von Fluglotsen im Hinblick auf den Realitätsgrad begutachtet und optimiert. Die Verkehrsmenge wurde so gewählt, dass die Anzahl der Luftfahrzeuge in einem Sektor in etwa den heutigen Kapazitätsgrenzwerten entsprach (100% Szenarien) bzw. um etwa 20% darüber lag (120% Szenarien). Die Daten für jeden Simulationsdurchlauf wurden jeweils für ein Zeitfenster von 1 Stunde erhoben.

Simulationsablauf

Zur Überprüfung obiger Hypothesen wurde ein Simulationsablauf gewählt, der in Abb. 2 dargestellt ist. Da pro Simulationsdurchlauf jeweils 4 Sektoren gemessen wurden, waren in der traditionellen Rollenverteilung mit je einem Exekutiv- und einem Planungsloten 8 Arbeitsplätze besetzt. Jeder Multi-Sektor-Planer war für 2 Sektoren zuständig, so dass für diese Konfiguration 6 Arbeitsplätze besetzt waren. An den 8 Simulationstagen waren insgesamt 12 Fluglotsen beteiligt, die u.a. auch die Auswirkungen aus den umliegenden Sektoren auf die gemessenen Sektoren

Konfiguration	100% Verkehr		120% Verkehr	
	0% D/L	35% D/L	0% D/L	35% D/L
Traditionelle Rollen: Exekutiv- und Planungslotse	2 runs	2 runs	2 runs	2 runs
Exekutivlotse und Multi-Sektor-Planer	2 runs	2 runs	2 runs	2 runs
Summe	16 Messruns + 8 Trainingsruns			

Abb. 2: Simulationsablauf (D/L = Anteil Luftfahrzeuge mit Bord/Boden Datenlink)

ren simulierten bzw. als Beobachter eingesetzt waren.

Auswertung

Um die Simulationsdurchläufe im Hinblick auf die Auswirkungen der neuen Luftraumstruktur und der neuen Rollenverteilung beurteilen zu können, wurden sowohl objektive Daten durch den Durchschnitt von Ereignissen während der Simulation, als auch subjektive Daten durch Befragung der beteiligten Lotsen erfasst.

Objektive Datenerhebung

Im Rahmen der objektiven Datenerhebung wurden beispielsweise folgende Daten erfasst und ausgewertet.

- Anzahl der Luftfahrzeuge und Verweildauer in den Sektoren
- Anzahl der Vertikalbewegungen
- Anzahl und Art der Kontrollfreigaben
- Anzahl und Dauer der Koordinationsgespräche
- Anzahl und der Dauer der erforderlichen Systemeingaben, unterteilt in:

- Eingaben zur Aktualisierung von kontrollrelevanten Daten
- Eingaben zur Durchführung von Planungsaufgaben
- Systeminteraktion zur Aufrechterhaltung des Situationsbewusstseins

In Abb. 3 ist die durchschnittliche Aktionsdauer von Systeminteraktionen dargestellt. Grundsätzlich kann zwischen der Eingabe kontrollrelevanter Daten = Control, den Eingaben zur Durchführung von Planungsaufgaben = Planning und den Interaktionen zur Aufrechterhaltung des Situationsbewusstseins = Information unterschieden werden.

Subjektive Datenerhebung

Folgende subjektive Daten wurden erhoben:

- Elektronische Erhebung der subjektiven Beanspruchung (ISA-score) und des Situationsbewusstseins der Fluglotsen während des Simulations-Durchlaufs alle 5 Minuten (vgl. Abb. 4).
- Fragebogentechniken nach einem Simulationsdurchlauf und nach einer Versuchsbedingung. In den Fragebogen wurde im Wesentlichen die Anwendbarkeit der Verfahren, der

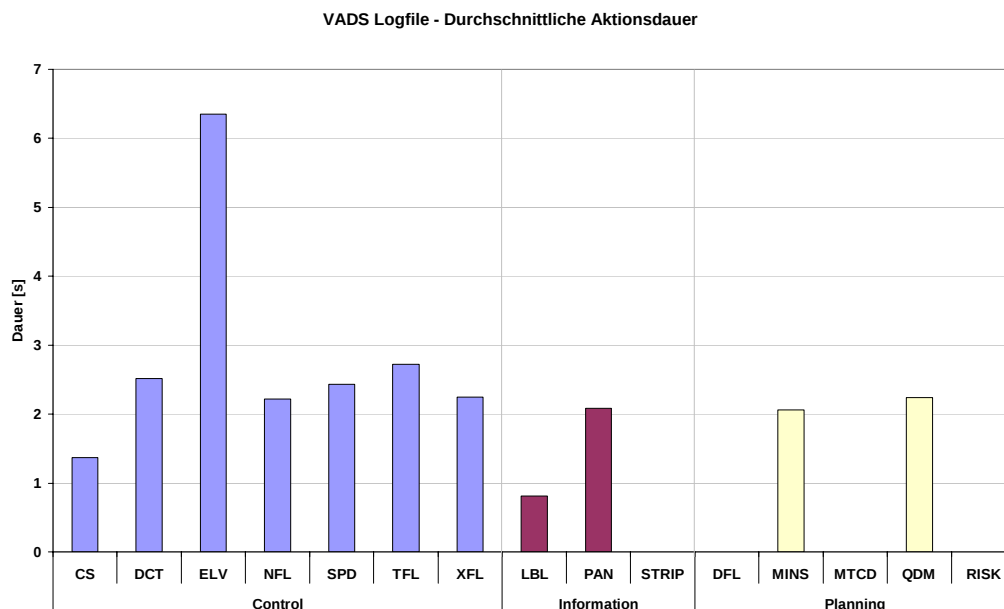


Abb. 3: Darstellung der durchschnittlichen Aktionsdauer von Systeminteraktionen, z.B. die Eingabe des Frequenzwechsels im Callsignmenü (CS), die Eingabe des Headings mit anschließendem Rückführungspunkt zur ursprünglichen Flugroute mit dem Elastic Vector (ELV), die Änderung von Entry und Exit Level (NFL, XFL), sowie das Verschieben eines Luftfahrzeuglabels (LBL)

technischen Systemfunktionen, sowie der Luft-
raumstruktur abgefragt. Darüber hinaus wurde
die Einschätzung in Bezug auf die Teaminter-
aktion und die Teamperformance erfasst.

- Nach jedem Simulationsdurchlauf bestand im
Rahmen eines strukturierten Interviews die
Möglichkeit, wesentliche Erkenntnisse in der
Gruppe der Fluglotsen zu diskutieren.

Neben diesen „klassischen“, bereits in früheren
Realzeitsimulationen eingesetzten Messmetho-
den hinaus wurden bei dieser Simulation die
Blickbewegungen jeweils eines Lotsen aufge-
zeichnet. Die Blickbewegungsanalyse wurde in
Zusammenarbeit mit dem Institut für Arbeitswis-
senschaft der TU Darmstadt durchgeführt und
wird in [1] näher erläutert.

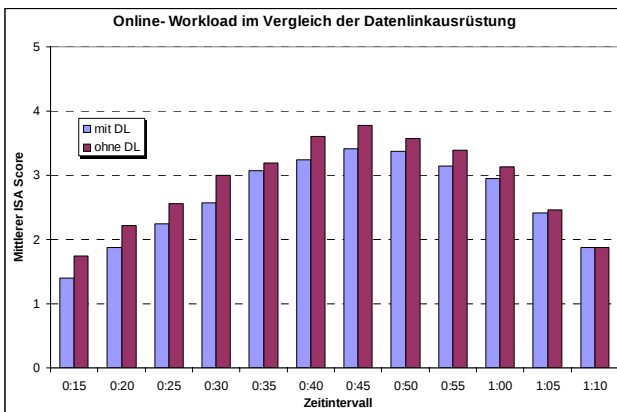


Abb. 4: Darstellung der durchschnittlich angegebenen
Beanspruchung pro Zeitintervall im Vergleich zwi-
schen Simulationen mit und ohne Bord/Boden Da-
tenlink

Motivation zum Einsatz einer prototypischen Simulationsplattform

Dass Realzeitsimulationen ein wichtiges Hilfsmit-
tel für die Systemgestaltung in der Flugsicherung
sind, bezweifelt mittlerweile niemand mehr.
Spannender ist die Frage, wie die Plattform für
die Realzeitsimulatoren gestaltet sein sollte.

Bei Änderungen von Arbeitsabläufen ist die Aus-
wahl der Plattform für die Realzeitsimulationen
einfach. Man versorgt das operative System, also
das System, an dem die Lotsen arbeiten, mit
allen notwendigen Daten, kann dann die Lotsen
in ihrer gewohnten Arbeitsumgebung beobachten
und so die Wirksamkeit der Änderung bewerten.
Dies ist verhältnismäßig einfach und kostengüns-
tig zu bewerkstelligen.

Häufig, so auch im Fall der MSP D/L-
Simulationen, bedingt der Wunsch nach Optimie-
rung der Arbeitsabläufe der Fluglotsen auch die
Gestaltung neuer technischer Funktionen inner-
halb ihrer Arbeitsmittel. So ist beispielsweise die
Einführung eines Datenlinks nicht ohne erhebli-
che Neuerungen an der Anzeigefunktionalität
möglich. Daraus ergibt sich die Problemstellung,
dass ein Arbeitsablauf mittels eines technischen
Systems durchgeführt werden soll, das noch
nicht existiert, bzw. ein technisches System soll
einen Arbeitsablauf unterstützen, der noch nicht
vollständig definiert ist. Durch ein iteratives Vor-
gehen, bei dem schrittweise im Wechsel techni-
sche Funktionalität und Arbeitsablauf weiterent-
wickelt werden, kann diese gegenseitige Abhän-
gigkeit aufgelöst werden.

Der Ansatz, den Prototyp einer technischen
Funktionalität in ein operatives System einzu-
bauen, ist nicht ohne weiteres möglich. Ände-
rungen an einem operativen System unterliegen
Prozessen, die ein hohes Maß an Qualität und
Sicherheit gewährleisten sollen. Dies macht Än-
derungen teuer, zeitaufwändig und unflexibel
und somit nicht zur ersten Wahl, wenn man noch
nicht genau weiß, wie die Funktion aussehen soll
und man nicht sicher sagen kann, ob sie auch
dauerhaft eingebaut bleiben soll.

Dies alles fordert von der Simulationsplattform,
ein hohes Maß an Flexibilität, um die Zeit, in der
Lotsen zur Verfügung stehen, optimal zu nutzen.
Diese Anforderungen führten letztlich zu der Ent-
scheidung, ein prototypisches Flugsicherungs-
system zu erstellen und, wo nötig und möglich,
für Realzeitsimulationen einzusetzen.

Dieses sollte bei den notwendigen Funktionen
nahe genug am Original sein, um relevante Aus-
sagen über die Arbeitslast der Lotsen treffen zu
können und dabei doch so zu vereinfachen, dass
Simulationen leicht vorzubereiten und neue
Funktionen prototypisch schnell zu implementie-
ren sind.

Zusätzlich wurden noch Funktionen eingebaut,
die zur Messung von Lotseninteraktionen mit
dem System notwendig sind.

Ein positiver Nebeneffekt ist, dass im ab-initio
Training von Fluglotsen derselbe Prototyp mit nur
wenigen Änderungen eingesetzt werden kann.
Die Anforderungen zum Training von Verfahren
werden erfüllt, ohne dabei schon eine hohe Sys-
temprägung bei den Trainees auszulösen.

Vor- und Nachteile prototypischer Realzeitsimulatoren

Die Vor- und Nachteile eines prototypischen Realzeitsimulators führen bei jeder neu anstehenden Simulation zu der Frage, ob man mit dem Prototyp oder dem operativen System simuliert.

Ein Vergleich der Vor- und Nachteile nach bestimmten Simulationsanforderungen wurde in den folgenden Tabellen gezogen (vgl. Tab. 1 und Tab. 2).

Anforderung	Prototyp	Operatives System
Neue Funktionalität	Neue Funktionen sind kostengünstig zu implementieren	Neue Funktionen sind teuer und zeitaufwändig
Komplexität Adaption	Adaption des Prototypen ist einfach, da hierauf optimiert	Adaption ist teuer, da auf operationelle Maßstäbe zugeschnitten.
Messbarkeit	Bietet viele Möglichkeiten zur Messung	Nur Möglichkeiten der Messung innerhalb des Legal Recordings
Iteratives Vorgehen	Fehlentwicklungen werden vermieden, da es schnell einen Prototyp zum Anfassen gibt, der ggf. an die Bedürfnisse der Nutzer angepasst wird.	Meist muss die Funktionalität voll spezifiziert werden. Erst das fertige Ergebnis wird zur Ansicht gegeben. Daraus können sich Fehlentwicklungen ergeben.
Flexibilität Simulationsablauf	Die Simulation kann angehalten und vorge-spult werden.	Operatives System braucht lange Vorlaufzeit, kann nicht angehalten und vorge-spult werden

Tab. 1 Vorteile prototypisches System gegen operatives System

Für die Validierung von neuen Luftraumstrukturen, neue Lotsentools und Betriebsverfahren überwiegen die Vorteile einer prototypischen Simulationsplattform deutlich, lediglich bei der Validierung der Eignung eines operativen Systems in einer bestimmten Umgebung ist das operative System deutlich im Vorteil.

Merkmale des Advanced Function Simulators bei der DFS

Der Advanced Function Simulator (AFS) steht im Forschungszentrum der DFS in Langen. Er stellt eine prototypische Simulationsplattform für im Moment existierende und in naher Zukunft in der DFS geplante Systeme zur Verfügung. Parallel dazu bietet der AFS die Möglichkeit, operationelle Systeme mit den benötigten Informationen zu versorgen.

	Prototyp	Operatives System
Training	Es ist nicht das originale operative System. Damit Abweichungen in der Bedienung, Lotsen müssen auf das neue System trainiert werden.	Kein Training nötig.
Verwertbarkeit Ergebnis Software	Neue Funktionen im Prototypen, müssen später noch im operativen System implementiert werden.	Neue Funktionen sind sofort nach der Validierung verfügbar.
Verwertbarkeit Ergebnis Verfahren usw.	Die Übertragbarkeit des Ergebnisses muss wegen Abweichungen zum operativen System genau betrachtet werden.	Die Übertragbarkeit des Ergebnisses ist im Allgemeinen gewährleistet.
Simulatoreffekt, Lotsen wissen, dass es nur ein Simulator ist.	Für Lotsen ist der Simulatoreffekt stärker.	Simulatoreffekt ist weniger ausgeprägt

Tab. 2 Nachteile prototypisches System gegen operatives System

Aufbau und Kapazität des Simulators

Zurzeit kann an bis zu 12 Lotsen-Arbeitsplätzen simuliert werden, die eine Sprechfunkverbindung mit bis zu 6 Piloten haben.

Die Simulation wird von einer Supervisor Arbeitsposition aus gesteuert. Es stehen Schnittstellen zu einem Towersimulator bereit, so dass eine integrierte Simulation möglich ist, die beim Zurücksetzen eines Luftfahrzeugs am Terminal beginnt und beim Andocken am Terminal endet.

Ein Full-Flight Simulator der Lufthansa kann angeschlossen werden, um gemeinsame Simulationen durchzuführen; dieselbe Schnittstelle kann auch zur Anbindung an UAV bei Simulationen zur Thematik UAS genutzt werden (s. Beitrag in diesem Heft).

Aufnahme von Benutzerinteraktionen

Häufig möchte man in einer Simulation wissen, welche Eingaben der Fluglotse während eines Simulationslaufes macht. Die herkömmliche Methode war es, hinter jeden Lotsen einen Beobachter zu setzen, der alle Interaktionen mit dem System mitprotokolliert. Dies ist heute noch der Fall, wenn man Simulationen mit operativen Systemen durchführt.

An der prototypischen Simulationsplattform des Forschungszentrums hingegen werden alle In-



Abb. 5: Realzeitsimulation bei der DFS

Interaktionen des Lotsen mit Beginn und Ende der Interaktion elektronisch aufgezeichnet. Diese Aufzeichnung steht bei der Nachbereitung der Simulation zur Auswertung bereit.

Der Sprechfunkverkehr wird aufgezeichnet und Beginn und Ende des Sprechfunkverkehrs wird elektronisch protokolliert.

Softwarearchitektur

Der modulare Aufbau des Simulators erlaubt es mit geringem Aufwand, das Systemverhalten an die Anforderungen der Simulation anzupassen. Alle wichtigen Funktionen sind in autonomen Softwareeinheiten, sog. Tasks ausgelagert (vgl. Abb. 6), die über Konfiguration ausgetauscht oder parametrisiert werden können. In der konkreten MSP D/L Simulationskampagne wurde das Verhalten der Konflikterkennung (MTCD) verändert, um verschiedene Varianten zu testen.

Aus wirtschaftlichen Erwägungen ist es immer wieder erforderlich, die Notwendigkeit einer prototypischen Simulationsplattform darzustellen.

Die Flexibilität und die Kosten- und Zeitersparnis bei der schnellen Umsetzung einer Lösungsidee, sind hinreichende Gründe, um bei der Entwicklung zukünftiger Systeme

weiterhin einer prototypischen Simulationsplattform einzusetzen.

Ergebnisse der Realzeitsimulation

Da der Schwerpunkt dieses Artikels auf der Darstellung der angewandten Methodik zur Entwicklung und Validierung von Veränderungen in der Flugverkehrskontrolle liegt, werden die wesentlichen Ergebnisse der Simulation nur stichpunktartig dargestellt.

- Die neue Luftraumstruktur wurde im Zusammenspiel mit den verfügbaren technischen Funktionalitäten als positiv empfunden. Durch eine geringere Anzahl von Freigaben konnte eine Arbeitserleichterung gegenüber dem heu-

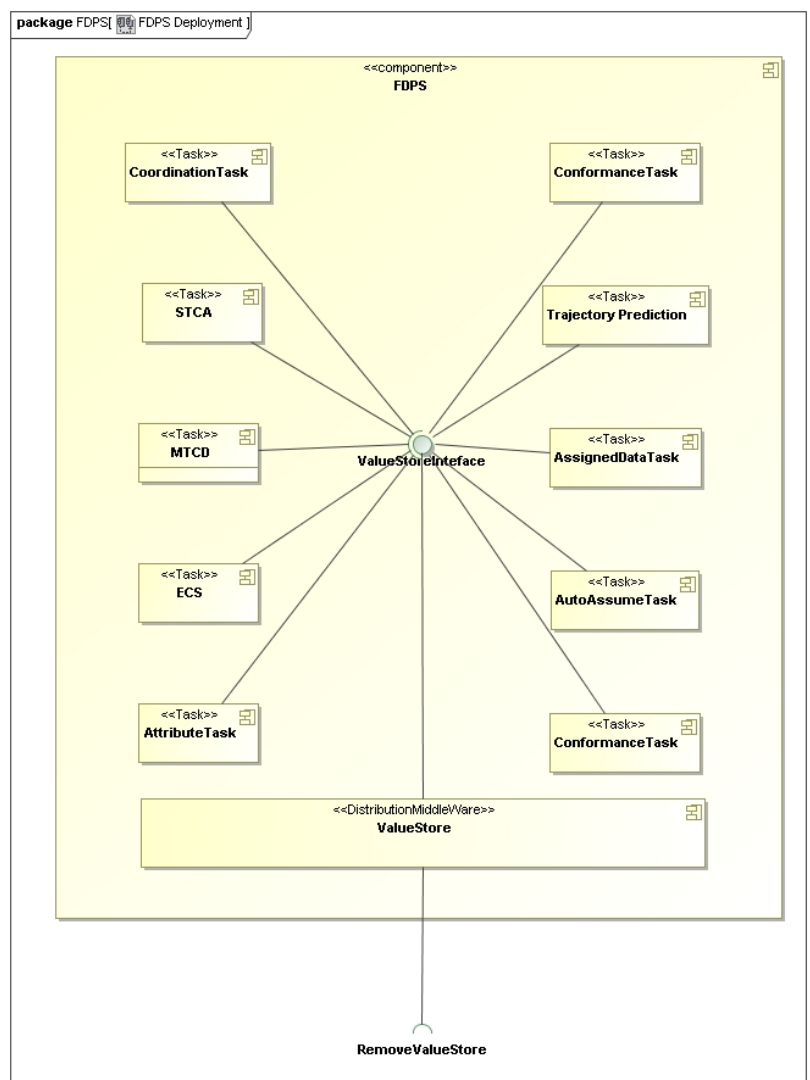


Abb. 6: Ausschnitt Deployment Diagramm Flight Data Processing System (FDPS), einzelne Funktionen wie Executive Conflict Search (ECS), Short Term Conflict Alert (STCA) sind in Tasks ausgelagert

tigen Zustand erreicht werden. Die Anzahl der Freigaben reduziert sich um ca. 20%. Die Wirtschaftlichkeit der Flugprofile konnte aufgrund der direkten Flugführung leicht gesteigert werden.

- Die angestrebten Verfahren und Arbeitsweisen konnten angewendet werden und wurden größtenteils als sicher eingestuft. Bei einigen Verfahren ist eine Überarbeitung aufgrund der Simulationsergebnisse erforderlich.
- Die Konflikterkennung auf Plandatenbasis wurde bei Überflügen grundsätzlich als positiv eingestuft. Bei Vertikalverkehr war die Konflikterkennung wenig hilfreich, da die Datenbasis im betrachteten Zeithorizont bis 15min in der Zukunft nicht hinreichend stabil war; d.h. durch Freigaben und Änderungen der Luftfahrzeugperformance traten zu viele Datenaktualisierungen auf, die Auswirkungen auf die Konflikterkennung hatten. Die stärkere Einbeziehung von Freigabe- und Radardaten in die Konflikterkennung sowie die Verkürzung des Zeithorizonts ist aus Sicht der beteiligten Fluglotsen erforderlich, um die Konflikterkennung für den Vertikalverkehr zu verbessern.
- Dem Multi-Sektor-Planer fehlte speziell bei hohem Verkehrsaufkommen der Überblick aufgrund der Verkehrsmenge. In diesen Situationen konnten daher nur wenige Planungslösungen zur Entlastung der Exekutivlotsen initiiert werden. Aufgrund des fehlenden Situationsbewusstseins ist der MSP in der untersuchten Ausprägung bei den simulierten Verkehrsmengen als nicht sicher einzustufen.
- Die Implementierung des Bord/Boden Datenlinks wurde bei allen Verkehrsszenarien als sicher eingestuft. Die Kommunikation per Datenlink wurde bei nicht zeitkritischen Freigaben angewendet und führte nicht zu einer höheren Beanspruchung gegenüber den Vergleichsszenarien ohne Datenlink. Im Bereich der Frequenzübergabe per Datenlink konnte bei hoher Verkehrslast eine Arbeitsentlastung erzielt werden. Die vollständige Integration des Datenlinks in das Flugzeuglabel wurde positiv bewertet.

Insgesamt wurde mit der 2. Realzeitsimulation im Projekt MSP D/L der Nachweis erbracht, dass auch hohe Verkehrsmengen mit dem neuen Systemumfeld grundsätzlich bearbeitet werden kön-

nen. Bei einigen Verfahren ist jedoch eine Überarbeitung bzw. weitere Detaillierung erforderlich.

Weiteres Vorgehen

Nach jetziger Planung findet eine weitere Realzeitsimulation im Rahmen des Projekts MSP D/L statt. Der Zeitpunkt ist jedoch aufgrund von anderen Aktivitäten mit höherer Priorität noch nicht festgelegt. In dieser Simulation wird die Anwendbarkeit einer weiteren Luftraumstrukturvariante mit ebenfalls weiterentwickelten Arbeitsverfahren untersucht. Außerdem wird eine zusätzliche Konflikterkennungsanzeige mit einem kürzeren Zeithorizont und veränderter Datenbasis zur Verfügung gestellt.

Auch diese dritte Realzeitsimulation im Projekt MSP D/L wird mit dem prototypischen System durchgeführt werden, da sich diese Vorgehensweise in der Vergangenheit als erfolgreich erwiesen hat.

Literaturverzeichnis

[1]	Analyse der Fluglotsentätigkeit anhand von Blickbewegungsdaten, M. von Wilamowitz-Moellendorf, M. Didier, R. Bruder, DGLR-Bericht 2007-04, 49. Fachausschusssitzung Anthropotechnik
[2]	Weiterentwicklung und Validierung des Arbeitssystems Flugverkehrskontrolle durch Realzeitsimulationen am Beispiel des Projekts MSP D/L, Stephan Herr, Tim Gesekus, DGLR-Bericht 2007-04, 49. Fachausschusssitzung Anthropotechnik
[3]	Erste Realzeitsimulation im Projekt MSP-D/L, TE Im Fokus, Ausgabe 1/06
[4]	Projekt MSP-D/L: Ergebnisse der ersten Realzeitsimulation, TE Im Fokus, Ausgabe 2/06

Das Projekt Quiet Innovative Commuter ATM Integration - QAI

Oliver Haßa, TEH

Vorwort

Innovative Lösungen für die anstehenden Herausforderungen im Bereich des Lufttransportsystems fordern zunehmend ganzheitliche, multidisziplinäre Ansätze. Daher verwundert es nicht, wenn sich die DFS zunehmend auch in Vorhaben engagiert, die (allerdings nur auf den ersten Blick) außerhalb des Flugverkehrsmanagements zu stehen scheinen. Denn letztlich kann kein neues Flugzeug ohne passendes Flugverkehrsmanagement sicher, effizient und umweltverträglich fliegen, wobei denkbare grundlegende Veränderungen eher langfristiger Natur sind. Ein Beispiel dafür ist das Projekt „Quiet Innovative Commuter“ (QAI), das in einem Vorhaben des Hochauftriebsbereiches angesiedelt ist.

Der vorliegende Artikel beschreibt im ersten Teil die Einbettung des Projektes QAI in das Luftfahrtforschungsprogramm und das Verbundvorhaben „Hochauftriebstechnologien der neuen Generation“ (HiT). In der folgenden Einleitung wird daher zunächst das Luftfahrtforschungsprogramm kurz dargestellt. Es folgt die Beschreibung der Einbettung des Projektes in das Forschungsprogramm und das Verbundprojekt.

Im zweiten Teil wird das Projekt selbst detailliert beschrieben. Da viele am Vorhaben beteiligte Partner über wenig Erfahrung mit Projekten aus dem Bereich Flugverkehrsmanagement verfügen, soll dieser Teil den Partnern als Referenz dienen.

Einleitung

Vor dem Hintergrund der durch den Golfkrieg ausgelösten Luftfahrtkrise Anfang der 90er Jahre beschloss die Bundesregierung im Oktober 1995 ein nationales Forschungsprogramm zu initiieren. Die Ziele dieses ersten Luftfahrtforschungsprogramms (LuFo I) waren:

- Eine verbesserte Wirtschaftlichkeit der Produkte für Hersteller und Betreiber

- Eine höhere Umweltverträglichkeit und Sicherheit
- Ein schnellerer Transfer von neuen Technologien in das Produkt
- Der Aufbau von Forschungsnetzwerken aus Industrie, Forschungsinstituten und Hochschulen.

Dem LuFo I (1995 – 1998) folgten inzwischen drei weitere Forschungsprogramme: LuFo II (von 1999 – 2002), LuFo III (von 2003 – 2007) sowie LuFo IV von 2007 bis 2010.

Es ist geplant, das LuFo IV im Jahr 2008 durch eine zweite Programmphase bis zum Jahr 2012 zu ergänzen. Die bisherigen Luftfahrtforschungsprogramme der Bundesregierung haben die Grundlagen für wettbewerbsstärkende Innovationen in den wesentlichen Arbeitsfeldern der deutschen Hersteller und ein Kompetenznetzwerk mit der Wissenschaft geschaffen.

Hintergrund

Bereits seit dem zweiten Programm bildet der Bereich „Hochauftriebstechnologien“ einen der Schwerpunkte der Forschungsarbeiten. Da bei den vorangegangenen Vorhaben im Bereich des Hochauftriebs in der Regel nur Teilkomponenten von Luftfahrzeugen untersucht wurden, hatte sich die DFS bisher nicht an diesen Vorhaben beteiligt. Im Rahmen des Verbundvorhabens „Hochtechnologien der neuen Generation“ (HiT) wird unter dem Dach des LuFo IV erstmals ein vollständiges, auf den zuvor entwickelten Technologien basierendes Luftfahrzeug und ein dazu passendes Luftverkehrskonzept untersucht. Es handelt sich dabei um den sogenannten „Quiet Innovative Commuter“ (QICE). Dieses QICE-Luftfahrzeug verfügt über ausgesprochene Kurzlande- und Kurzstarteigenschaften (Short Takeoff and Landing, STOL). Zudem sollen die Lärmemissionen drastisch gesenkt werden. Als Haupteinsatzgebiete des QICE sind innerstädtische Punkt-zu-Punkt-Verbindungen sowie Zubringer-

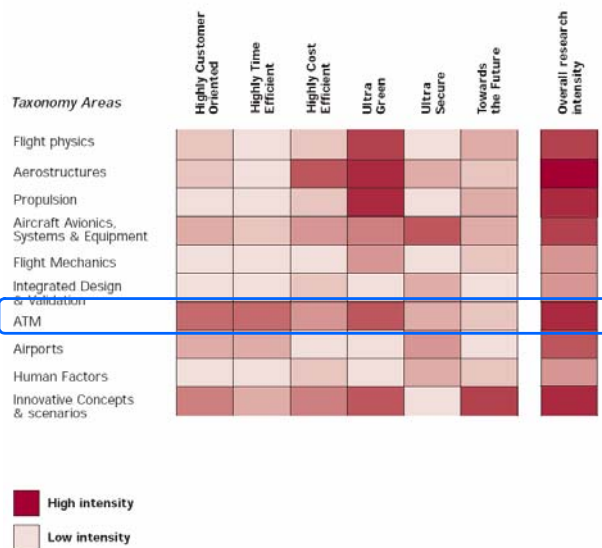


Abb. 1: Strategische Forschungsgebiete laut [16]

dienste vorgesehen. Dazu werden neue, lärmarme An- und Abflugverfahren benötigt. Diese Verfahren können nur zusammen mit dem Flugsicherungsdienstleister entwickelt werden. Daher beteiligt sich die Deutsche Flugsicherung erstmals an einem Forschungsvorhaben im Bereich Hochauftriebstechnologie. Ziel des Teilvorhabens ist eine Vorentwicklung der für das QICE-Luftfahrzeug benötigten An- und Abflugverfahren, die Integration dieser Verfahren in das bestehende Lufttransportsystem sowie die (Teil-)Validierung in der Echtzeitsimulation.

Dies zeigt den steigenden Bedarf für ganzheitliche, multidisziplinäre Lösungsansätze. Einzellösungen aus dem Bereich der Hochauftriebstechnologien führen im vorliegenden Fall zu einem möglichen neuen Verkehrskonzept, das wiederum in das bestehende System zu integrieren ist. Auch der Rat für Luft- und Raumfahrtforschung in Europa (Advisory Council for Aeronautics Research in Europe, ACARE) fordert in seiner strategischen Forschungsagenda [16] diese Art der Vorhaben zum Finden innovativer Lösungsansätze. Wie in Abb. 1 an den dunklen Bereichen ersichtlich, wird dabei dem Bereich ATM ein signifikanter Anteil zugestanden. Das Luftfahrtforschungsprogramm folgt mit seinen Vorgaben diesen Forderungen und schafft damit auch die Grundlage für wichtige deutsche Beiträge zur Entwicklung von SESAR (Single European Sky ATM Research).

Die Flugsicherungsaufgabe stellt das integrierende Glied in der Dienstleistungskette des Luftverkehrssystems dar. Die Flugsicherung ist an der überwiegenden Anzahl der Kernprozesse im Luftverkehr beteiligt oder hat Schnittstellen zu Prozessen der anderen Partner. Die DFS nimmt hier einerseits die Rolle des nationalen Systemführers im Luftverkehrsmanagement einschl. des neutralen Integrators wahr und ermöglicht gleichzeitig durch angepasste oder neue Dienstleistungen, dass die Fluglinien aus dem Einsatz neuer Flugzeuge zusätzlichen Nutzen ziehen, der Investitionen in veränderte Flugzeugeigenschaften erst rechtfertigt („multilateraler Business Case). Mit dem Engagement der DFS im Verbundvorhaben „Hochauftriebstechnologien der neuen Generation“ mit einem eigenen Projekt wird dieser Bedeutung Rechnung getragen.



Abb. 2: Multilateraler Business Case

In den folgenden Abschnitten werden das Verbundvorhaben HiT sowie das Teilvorhaben Quiet Innovative Commuter – QICE vorgestellt.

Ziel des Verbundvorhabens HiT

Das Verbundvorhaben HiT – „Hochauftriebstechnologien der neuen Generation“ hat das Ziel, innovative Hochauftriebstechnologien und -konfigurationen für zukünftige Flugzeugkonzepte zu untersuchen, zu validieren und im Gesamtflugzeugkontext zu bewerten. Darüber hinaus werden eine Umsetzung in neue effiziente Entwicklungs- und Validierungsprozesse sowie zu lassbare Hochauftriebskomponenten und -

systeme im so genannten „Concurrent Engineering“ angestrebt.

Zielsetzung muss es sein, eine nachhaltige Wachstumsperspektive für den Luftverkehr in Deutschland zu schaffen, um die Wettbewerbsfähigkeit der nationalen Luftverkehrsdienstleister insbesondere auch im Umfeld eines liberalisierten europäischen Luftverkehrssystems (Single European Sky, [2]) zu erhalten und auszubauen. Von zentraler Bedeutung für die Forschung ist dabei die Entwicklung neuartiger Luftfahrzeuge und dazu passender alternativer Luftverkehrskonzepte, die den für die Zukunft notwendigen Durchsatz in der Luft und am Boden in allgemein akzeptabler Weise überhaupt erst ermöglichen.

Um ein neuartiges Luftfahrzeug im System Luftverkehr erfolgreich betreiben zu können, ist es erforderlich, dieses in das bestehende System zu integrieren. Erst diese Integration ermöglicht den mit dem Projekt QICE angestrebten Aufbau eines alternativen, flugzeugbasierten Luftverkehrskonzeptes für Punkt zu Punkt Verbindungen auf Kurzstrecken.

Die wesentlichen Themen bei der Integration des QICE-Konzeptes in das bestehende System sind die Entwicklung geeigneter An- und Abflugverfahren und die Integration dieser Verfahren in den vorhandenen, konventionellen Luftverkehr.

Das Verfahren für das QICE-Luftfahrzeug können in wesentlichen Punkten von bisher üblichen Verfahren unterscheiden:

- Steilerer Anflug (z. B. 6° statt bisher 3°)
- Kontinuierliches Sinken (Continuous Descent Approach, CDA)
- Deutlich geringere Anfluggeschwindigkeit
- Mehrfach gekrümmte Anflüge

Zu Zeit ist noch offen, ob ein QICE-Luftfahrzeug die bisher üblichen Verfahren fliegen kann. So würde zum Beispiel eine deutlich geringere Anfluggeschwindigkeit eine Integration des neuen Luftfahrzeuges in den existierenden Verkehr an bestehenden internationalen Verkehrsflughäfen deutlich erschweren. Daher muss das neue Luftfahrzeug und das dahinterstehende Verkehrskonzept ganzheitlich betrachtet und in das bestehende System integriert werden.

Dafür wird im Rahmen des Projektes QAI zunächst die erforderliche ATM-Umgebung definiert. Anschließend werden die operationellen

Verfahren interdisziplinär entwickelt und durch Realzeit-Simulationen validiert. Dabei kommt der Arbeitbarkeit dieser neuen Verfahren durch die Fluglotsen sowie den daraus resultierenden Kapazitätseffekten eine entscheidende Bedeutung zu.

Ziel des neuen, integrierten Verkehrskonzeptes ist eine Steigerung der Effizienz des Gesamtsystems unter gleichzeitiger Beibehaltung oder Erhöhung des Sicherheitsniveaus. Um dieses Ziel zu erreichen, ist es zunächst erforderlich, die für die Verfahrensentwicklung und -validierung benötigten Werkzeuge fachübergreifend aufzubauen.

Erst das Vorliegen von integrierten und validierten Verfahren ermöglicht die spätere Einführung und den wirtschaftlichen Betrieb des neuen Luftfahrzeuges.

Angesichts des sich verschärfenden globalen Wettbewerbs in der zivilen Luftfahrt ist es im Sinne der Zukunftsvorsorge unerlässlich, die Entwicklung von Hochtechnologie in nationalen Kernkompetenzgebieten zu unterstützen und damit die wirtschaftlich-technische Stellung der eigenen Industriebasis weiter auszubauen. Dies trifft vor allem auf den Bereich Hochauftrieb zu: hier hat Airbus Deutschland die Entwicklungs-/Produktionsverantwortung für alle Airbus Flugzeugprogramme und verfügt zusammen mit den Partnern aus Industrie, Forschung und Hochschulen mit dem Lenkungskreis Hochauftriebszentrum Deutschland (LHD) über ein beispielhaft organisiertes Strategie- und Kompetenznetzwerk, in dem aktuelle Fragestellungen/Aufgaben abgestimmt adressiert und zielgerecht vorangetrieben werden.

Gemeinsames Ziel der Verbundpartner ist es, durch innovative Komponenten und Verfahren für zukünftige Produkte die Technologieführerschaft im Bereich Hochauftrieb langfristig auszubauen, um damit unter dem sich verschärfenden Wettbewerb die Airbus Marktführerschaft insgesamt und die damit verbundenen hochqualifizierten Arbeitsplätze am Standort Deutschland in Industrie und damit verbunden auch in allen beteiligten Forschungsinstitutionen dauerhaft zu sichern und zu erhöhen. Das Vorhaben stärkt damit die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Luftfahrt am Standort Deutschland nachhaltig.

Der Vorteil für die deutsche Industrie liegt beim Projekt QAI vor allem in einem Wissensvor-

sprung gegenüber den konkurrierenden Unternehmen. Durch das frühzeitige Vorliegen validierter ATM-Verfahren kann das neuartige Luftfahrzeug zielgerichtet auf diese Verfahren hin entwickelt werden. Damit wird dem Luftfahrzeughersteller ermöglicht, sein Produkt früher erfolgreich auf den Markt zu bringen. Damit stärkt das Projekt QAI die wirtschaftlich-technische Situation der beteiligten Unternehmen. Daneben wird die Hochauftriebsprozesskette durch eine bereichsübergreifende Tool-Kopplung und den Ausbau der Simulationsfähigkeit in den Bereich Flugsicherung effektiver gemacht, um im ständig zunehmenden Wettbewerb erfolgreich bestehen zu können.

Für die Untersuchung der Machbarkeit des neuen, flugzeugbasierten Verkehrskonzeptes, ist es erstmals zwingend erforderlich, auch das ATM-System mit zu betrachten. Damit folgt das Projekt einem ganzheitlichen Ansatz mit dem Leitbild eines bedarfsorientierten Luftverkehrssystems (siehe auch [16]). Dafür muss das vorhandene Forschungsnetzwerk um den Bereich Flugsicherung erweitert und die benötigte Forschungsinfrastruktur aufgebaut werden. Diese Erweiterungen und das dabei aufgebaute Know-how stehen auch für künftige innovative Fragestellungen zur Verfügung und stärken damit die Innovationsfähigkeit und Kompetenz auf nationaler Ebene.

Nachfolgend werden die einzelnen Beiträge des Projektes zu den förderpolitischen Zielen des LuFo IV kurz erläutert.

Steigerung der Transportleistung

Ziel des Projektes ist es, die Machbarkeit eines neuen, flugzeugbasierten Verkehrskonzeptes zu untersuchen, das Punkt zu Punkt Verbindungen auf Kurzstrecken unter Nutzung kleiner Flugfelder erlaubt. Es wird erwartet, dass durch dieses innovative Konzept die Transportleistung des Gesamtsystems sicher und zuverlässig gesteigert werden kann. Die Betrachtung des neuen Verkehrskonzeptes erfolgt dabei Gate-to-Gate. Ziel des Konzeptes ist eine Steigerung der Effizienz des Gesamtsystems unter gleichzeitiger Beibehaltung bzw. Erhöhung des Sicherheitsniveaus. Die Entwicklung und Validierung durchsatzfördernder, lärmarmen Verfahren durch das Projekt QAI liefert dazu einen entscheidenden Beitrag.

Umweltverträglicher Luftverkehr

Da das QICE-Luftfahrzeug vor allem von stadtnahen oder sogar innerstädtischen Flughäfen operieren soll, sind die Anforderungen auf dem Gebiet der Umweltverträglichkeit sehr hoch. Die größten Herausforderungen liegen bei einem solchen Konzept insbesondere im Bereich der Vermeidung von Lärmemissionen. Zum Betrieb des Luftfahrzeuges an innerstädtischen Flughäfen muss die Lärmbelastung stark reduziert werden. Daher müssen für dieses Konzept sowohl neue Wege in der Konzeption des Luftfahrzeuges als auch in der Entwicklung von lärmreduzierten An- und Abflugverfahren gegangen werden. Die im Rahmen dieses Projektes gemachten Erfahrungen und die Möglichkeiten der erweiterten Infrastruktur fließen auch in die weitere Entwicklung konventioneller Luftfahrzeuge ein. Damit werden über den direkten Beitrag des Projektes hinaus auch allgemeine, weiterführende Impulse zur umweltverträglichen Entwicklung des Luftverkehrs gesetzt.

Sicherheit und Passagierfreundlichkeit

Die Anforderungen der Passagiere konzentrieren sich neben Komfortaspekten der Flugzeugkabine insbesondere auf die Bereiche Zuverlässigkeit, Pünktlichkeit und Sicherheit. Auch das Gebiet der Umsteigezeiten und -wege zählt zu den erwarteten Komfortaspekten. Hierzu liefert das QICE-Konzept entscheidende Beiträge durch die Nutzung stadtnaher oder innerstädtischer Flughäfen. Durch die damit verbundene Verkürzung der Zeiten und Wege bis zum eigentlichen Ziel kann die Passagierfreundlichkeit durch dieses Konzept wesentlich gesteigert werden. Das Projekt QAI liefert durch die entsprechende Gestaltung der ATM-Verfahren und die nahtlose Integration in den konventionellen Luftverkehr einen entscheidenden Beitrag zu diesem Ziel.

Effiziente Luftfahrzeuge

Im Rahmen des Projektes QICE wird ein innovatives, hocheffizientes Luftfahrzeug mit ausgeprägten STOL-Eigenschaften konzipiert. Durch das Einbringen der Anforderungen aus dem Bereich Flugsicherung und das zeitgerechte Bereitstellen von validierten An- und Abflugverfahren durch das Projekt QAI wird eine zielgerichtete

Entwicklung des neuen Luftfahrzeuges ermöglicht.

Das Projekt QAI

In dem an dieser Stelle beginnenden zweiten Teil des Artikels wird das Projekt QAI detailliert beschrieben. Dieser Teil soll Partnern außerhalb des ATM-Umfeldes als Referenz dienen.

Technische Arbeitsziele des Projektes QAI

Das Projekt QAI verfolgt im Wesentlichen zwei technische Arbeitsziele. Zum einen werden für das QICE-Konzept geeignete, validierte und in das Gesamtsystem integrierte Steilan- und Abflugverfahren entwickelt. Zum anderen wird die für die Validierung erforderliche Simulationsinfrastruktur durch eine Modellierung des QICE-Luftfahrzeuges erweitert. Diese erweiterte Infrastruktur steht anschließend auch für die Untersuchung anderer innovativer Konzepte zur Verfügung.

Struktur des Verbundvorhabens

Der HiT – Technologieverbund besteht aus dem von Airbus geführten Leitprojekt „Fortschrittliche Hochauftriebskonzepte - HiLiT“ und den entspre-

chend der Projektstruktur zugeordneten Partnervorhaben (siehe Abbildung 3). Dabei wird das Verbundvorhaben vom Federführer Airbus Deutschland GmbH übergreifend koordiniert. Im Leitprojekt HiLiT werden neue Technologien für lärmarme STOL-Flugzeugkonfigurationen sowie für innovative Hochauftriebskonfigurationen unter Beteiligung der Kerndisziplinen des Flugzeugbaus entwickelt und bewertet.

Ein wesentlicher Teil der Arbeiten wird von den Verbundpartnern in Form von Eigenanträgen oder als direkte Unterbeauftragung geleistet. In Abstimmung mit dem Federführer werden diese Arbeiten aus den entsprechenden Fachdisziplinen heraus koordiniert bzw. geführt, so dass jeder Verbundpartner einem Teilprojekt zugeordnet werden kann (siehe Abbildung 3). Nur diese enge Zusammenarbeit im nationalen Industrie- und Forschungsverbund ermöglicht ein vernetztes Arbeiten und eine erfolgreiche Technologieentwicklung.

Das Projekt QAI ist ein Eigenantrag der DFS im Rahmen des LuFo IV. Die Förderquote beträgt dem entsprechend 40%. Innerhalb des Verbundvorhabens HiT ist QAI dem Teilprojekt WP5 – QICE zugeordnet. Die direkte Zuarbeit erfolgt im Wesentlichen im HiT-Arbeitspaket WP5.1.

Die folgenden Unterkapitel beschreiben die Pro-

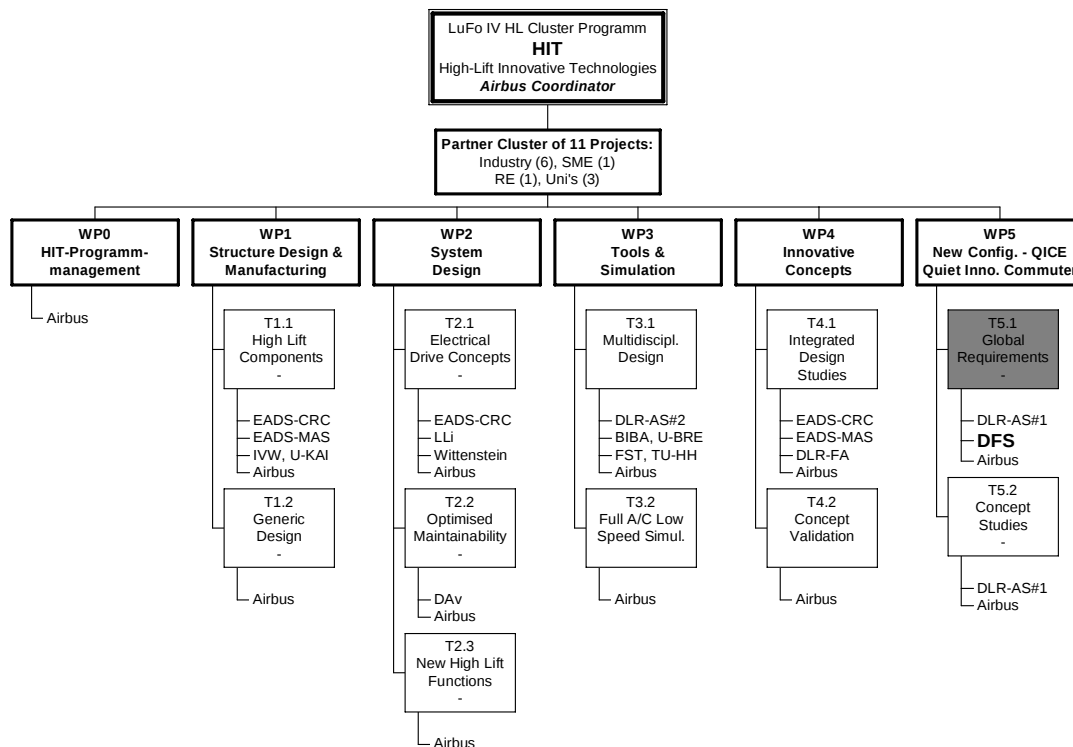


Abb. 3: HiT Verbundstruktur

jektstruktur und den ausführlichen Arbeitsplan des Projektes QAI.

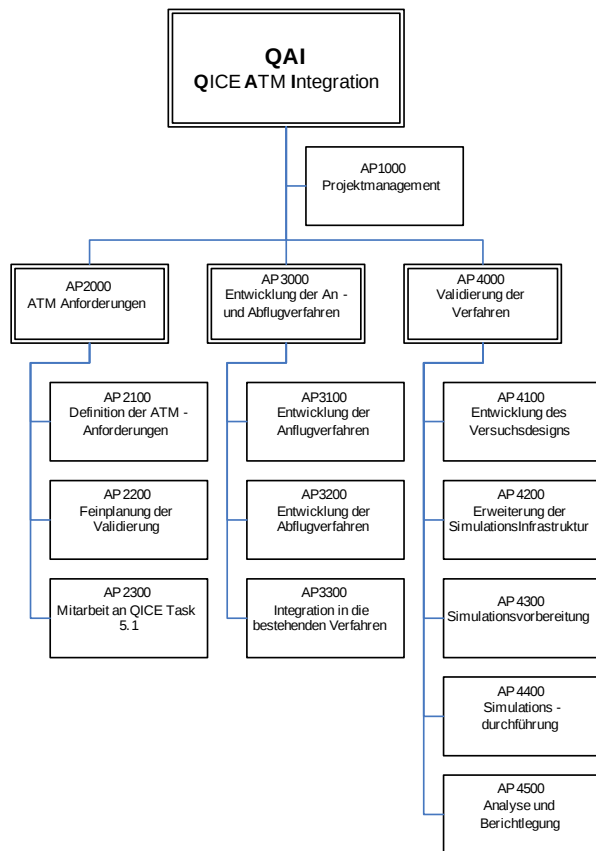


Abb. 4: QAI Projektstruktur

QAI Projektstruktur

Das Projekt QAI ist in vier Arbeitspakete AP1000 bis AP4000 gegliedert (siehe Abbildung 4). Neben dem Arbeitspaket *Projektmanagement* behandeln die weiteren Pakete die Themenkomplexe *ATM Anforderungen*, *Entwicklung der An- und Abflugverfahren* und *Validierung der Verfahren*. Diese Arbeitspakete sind in weitere Unterarbeitspakete aufgeteilt. Der folgende Abschnitt erläutern jedes dieser Arbeitspakete.

Die zeitliche Abfolge der einzelnen Arbeitspakete ergibt sich aus dem Balkenplan des Projektes (siehe Abbildung 5).

Innerhalb des Arbeitspaketes AP1000 erfolgt die Sicherstellung der administrativen, technischen und organisatorischen Rahmenbedingungen für die Umsetzung des Projektplanes innerhalb der geplanten Ressourcen. Zu diesen Rahmenbedingungen zählt auch die Verfügbarkeit des notwendigen operativen Personals (z. B. Fluglotsen

und Simulationspiloten, siehe auch Arbeitspakete AP2200 und AP4300). Das Projektmanagement stellt auch die Kommunikation zwischen den einzelnen Arbeitspaketen, zu den Partnerprojekten (PF und P07) und zur Gesamtverbundleitung sicher.

Das Arbeitspaket AP2000 „ATM Anforderungen“ gliedert sich in drei untergeordnete Arbeitspakete. Ziel von AP2000 ist die Entwicklung und Aufnahme von Anforderungen die durch das neuartige Luftfahrzeug an die ATM-Umgebung gestellt werden. Gleichzeitig werden in AP2000 auch die vom ATM-System an ein solches Luftfahrzeug gestellten Anforderungen zusammen mit den Partnerprojekten erarbeitet. Diese Anforderungen werden im Arbeitspaket QICE T5.1 von den Partnern aufgenommen und in den so genannten Top Level a/c Assumptions (TLLAs) zusammengefasst.

Ziel des Arbeitspaketes AP2100 ist die Entwicklung von Anforderungen an die ATM-Umgebung des zukünftigen Luftfahrzeuges. Die größten Veränderungen werden insbesondere im Bereich der An- und Abflugverfahren erwartet. Die Erarbeitung der Anforderungen erfolgt in enger Abstimmung mit den HiT-Partnerprojekten (PF, P07).

Im Arbeitspaket AP2100 werden auf Basis der im Arbeitspaket AP2300 zusammen mit den Partnerprojekten erarbeiteten TLAAs die allgemeinen Anforderungen an die ATM-Umgebung und dazugehörigen Randbedingungen definiert. Diese beinhalten unter anderem Start- und Landestrecken, Neigung und Krümmung des Gleitweges sowie die geplanten An- und Abflugtrajektorien.

Das Arbeitspaket AP2200 hat eine zwischen den Partnerprojekten (PF und P07) abgestimmte Feinplanung der im Arbeitspaket AP4000 durchzuführenden Validierung der neuen Verfahren zum Ziel. Diese Feinplanung schließt die Auswahl des in der Realzeitsimulation zu validierenden Beispiels mit ein.

Basierend auf den im Arbeitspaket AP2100 definierten Anforderungen an das ATM-System werden in AP2200 zunächst übergeordnete Szenarien entwickelt. Aus diesen wird anschließend das zu validierende Beispiel ausgewählt. Dieses Szenario legt die Art der Realzeitsimulation (Towersimulation oder En-Route/TMA-Simulation) und damit auch den zu verwenden-

den Simulator fest. Mit diesen Festlegungen werden auch die Ziele der Validierung bereits grob definiert. Diese Ziele werden später im Arbeitspaket AP4100 aufgenommen und weiter detailliert.

Da zu Zeit kein ATC-Realzeitsimulator über die notwendigen Eigenschaften zur realitätsnahen Simulation der vom QICE-Luftfahrzeug erwarteten Flugleistungen verfügt, muss in einem nächsten Schritt die Erweiterung der Simulationsinfrastruktur geplant werden. Zur Modellierung der neuen Flugleistungen, wird auf die Kapazitäten der Partnerprojekte zurückgegriffen. Die eigentliche Modellierung und Integration in den Realzeitsimulator erfolgt im Arbeitspaket AP4200 zusammen mit den Partnerprojekten.

Mit der Definition der Simulationsumgebung werden auch die Anzahl und die Art des benötigten operativen Personals (Fluglotsen und Simulationspiloten) festgelegt. Damit dient dieses Arbeitspaket auch der Sicherstellung der zeitgerechten Bereitstellung des operativen Personals.

Die zeitgerechte Verfügbarkeit der Fluglotsen als Versuchsteilnehmer ist für die Durchführung einer Realzeitsimulation von zentraler Bedeutung. Daher müssen diese mit einem großen zeitlichen Vorlauf detailliert geplant werden. Ebenso kritisch ist die Planung von Simulationspiloten. Deshalb wird das operative Personal bereits während der Feinplanung der Validierung angefordert. Die weitere Sicherstellung und Planung des Personals erfolgt anschließend im Arbeitspaket AP1000. Im Arbeitspaket AP4300 erfolgt später eine weitere Detaillierung dieser Planung.

Ziel des Arbeitspaketes AP2300 ist die Unterstützung der Partnerprojekte bei der Aufstellung der TLLAs im Rahmen des Arbeitspaketes QICE T5.1, sowie die gleichzeitige Aufnahme der Anforderungen des neuen Luftfahrzeuges an die zukünftige ATM-Umgebung (siehe auch Arbeits-

paket AP2100). Durch die Beteiligung an den Aktivitäten des Arbeitspaketes QICE T5.1 werden zusammen mit den Partnerprojekten (PF und P07) die TLAAs mitgestaltet. Dabei werden die Anforderungen an das ATM-System aufgenommen und dokumentiert.

Das Arbeitspaket AP3000 „Entwicklung der An- und Abflugverfahren“ ist in drei weitere Unterpakete aufgeteilt. Übergeordnetes Ziel der Arbeitspakete ist die Entwicklung geeigneter An- und Abflugverfahren sowie die Integration dieser Verfahren in das bestehende ATM-Umfeld am im AP2200 ausgewählten Beispiel.

Auf Basis der im Arbeitspaket AP2100 erhobenen Anforderungen an die ATM-Umgebung werden in den Arbeitspaketen AP3100 und AP3200 zusammen mit Verfahrensexperten der DFS die allgemeinen, generischen Anflugverfahren entwickelt. Diese werden in einem zweiten Schritt anschließend innerhalb der DFS und mit den Projektpartnern (PF, P07) abgestimmt. Diese allgemein beschriebenen Verfahren bilden die Basis für die weitere Entwicklung der spezifischen Verfahren für das ausgewählte Validierungsbeispiel im Paket AP3300.

Ziel des Arbeitspaketes AP3300 ist die Integration der Verfahren in das zu validierende Beispiel. Die in den Arbeitspaketen AP3100 und AP3200 entwickelten generischen An- und Abflugverfahren werden zusammen mit Experten der DFS in den bestehenden Luftraum des zu validierenden Beispiels integriert. Diese luftraumsspezifischen Gesamtverfahren werden anschließend mit den zuständigen Stellen der DFS und mit den Partnerprojekten abgestimmt. Die abgestimmten Verfahren bilden die wesentliche Grundlage der Simulationsdaten sowie der Trainingsunterlagen im Arbeitspaket AP4300.

Die Validierung der in den Arbeitspaketen AP2000 und AP3000 entwickelten Verfahren

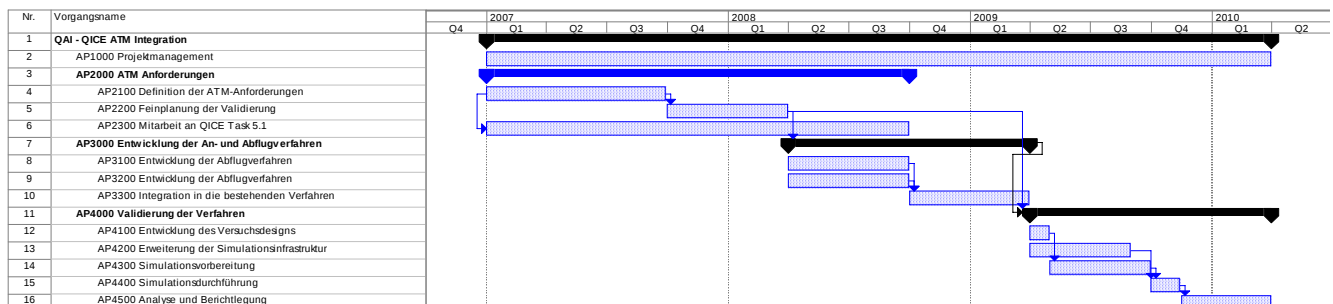


Abb. 5: Balkenplan des Projektes

erfolgt mittels Realzeitsimulation. Realzeitsimulationen dienen im Allgemeinen der Entwicklung und/oder Validierung von Konzepten, Verfahren oder Systemen. Sie stellen eine realitätsnahe Untersuchung sicher und erlauben weitgehende Schlüsse auf eine spätere Nutzung.

Aufgrund dieser guten Vorhersage der späteren Realität werden Realzeitsimulationen als eine wesentliche Methodik im Bereich Forschung und Entwicklung angewandt. Gleichzeitig ergibt sich aus dieser Methodik eine synergetische Unterstützung späterer Einführungsprozesse (z.B. Nutzerschulung).

Die Durchführung der Realzeitsimulationen im Bereich Forschung und Entwicklung der DFS orientiert sich in der inhaltlichen Gliederung an gängige Standards (E-OCVM [3], MAEVA [12]).

Als Ausgangspunkt für die Validierung werden in einem ersten Schritt die Ziele der Untersuchung detailliert. Darauf aufbauend werden Hypothesen aufgestellt, die in der Untersuchung überprüft werden sollen. Daraus wird ein Untersuchungskonzept erarbeitet und mit einem Vorschlag zur Methodenauswahl ergänzt.

Die Methodenumsetzung und die Auswerteverfahren werden vorbereitet. Eine detaillierte Zeitplanung der Validierung wird daraus erstellt.

Ziel des Arbeitspaketes AP42000 ist eine erweiterte Simulationsinfrastruktur als Basis für die Validierungsaktivitäten in den nachfolgenden Arbeitspaketen. Der Realzeitsimulator muss dafür durch eine Modellierung der erwarteten Flugleistungen des QICE-Luftfahrzeuges ergänzt werden.

Zusammen mit den Partnerprojekten und dem Simulatorzentrum der DFS wird zunächst die Art der Modellierung und der Integration in die Simulationsinfrastruktur festgelegt. Anschließend wird die aus einem der Partnerprojekte stammende Modellierung in den Realzeitsimulator integriert und getestet.

Im AP4300 wird eine Vielzahl von Einzelaktivitäten durchgeführt, die für eine erfolgreiche Simulation notwendig sind. Dazu gehören umfangreiche Detailplanungen für den Ablauf der Simulationstage (Personalplanung und Positionsplanung für alle Arbeitspositionen und Unterstützungspositionen, persönliche Zeitpläne für Versuchsteilnehmer etc.), die Konfiguration aller Subsysteme des Simulators, Systemtests mit dem Gesamtsystem und das Training der Simulationspiloten.

Aufbauend auf den Vorgaben des Untersuchungskonzeptes (siehe Arbeitspaket AP4100) werden der Luftraum und die Verkehrsszenarien im Detail spezifiziert. Ausgehend von dieser Spezifikation werden die entsprechenden Daten für die Nutzung im Simulationssystem erstellt und getestet.

Basierend auf dem Untersuchungskonzept und der Beschreibung der Verfahren (siehe Arbeitspaket AP2300) wird anschließend das Trainingsmaterial entwickelt, das zur Schulung der Versuchsteilnehmer eingesetzt wird.

Das im Arbeitspaket AP2200 angeforderte und durch das Arbeitspaket AP1000 sichergestellte operative Personal (Fluglotsen und Simulationspiloten) wird im Rahmen des AP4300 im Detail geplant und abgestimmt (z. B. Besetzungspläne für die einzelnen Arbeitspositionen).

Im folgenden Arbeitspaket (AP4400) wird die Simulation durchgeführt. Die Durchführung setzt sich zusammen aus Briefings, Debriefings, weiteren Trainingsläufen, den eigentlichen Simulationsläufen und Aktivitäten zur Erhebungen subjektiver und objektiver Daten sowie zur Durchführung von Aufzeichnungen. Die dabei erhobenen Daten werden anschließend im AP4500 im Bezug auf die aufgestellten Hypothesen ausgewertet. Die Ergebnisse verschiedener Detailauswertungen werden diskutiert und in ein Gesamtbild eingepasst. Die Ergebnisse in Bezug auf die Ziele der Simulation (siehe Arbeitspaket AP4100) werden herausgearbeitet. Diese Diskussion hat einen hohen Stellenwert, da hier in der Regel Bedarf für weitere Auswertungen identifiziert wird.

Das Ergebnis dieses Prozesses wird in einem Abschlussbericht dokumentiert. Darauf aufbauend werden die Ergebnisse in einer Präsentation allen Beteiligten und den Partnerprojekten abschließend dargestellt.

Fazit und Ausblick

Durch die erstmalige Zusammenarbeit von Luftfahrzeughersteller, Forschungsinstitutionen und der Flugsicherung bei der Entwicklung eines neuen Luftverkehrskonzeptes im Bereich Hochauftrieb wird das bereits bestehende Kompetenznetzwerk um eine entscheidende Komponente erweitert. Dies Netzwerk erlaubt zukünftig auch andere innovative Luftverkehrskonzepte

ganzheitlich zu untersuchen. Damit stärkt der Ausbau dieses Kompetenznetzwerkes nachhaltig die Innovationsfähigkeit und die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Luftfahrt am Standort Deutschland.

Durch das frühzeitige Vorliegen validierter ATM-Verfahren kann das neuartige Luftfahrzeug vom Hersteller zielgerichtet auf diese Verfahren hin entwickelt werden. Damit wird dem Luftfahrzeughersteller ermöglicht, sein Produkt früher erfolgreich auf den Markt zu bringen. Damit stärkt das Projekt QAI die wirtschaftlich-technische Situation der beteiligten Unternehmen.

Daneben wird die Hochauftriebsprozesskette durch eine bereichsübergreifende Tool-Kopplung und den Ausbau der Simulationsfähigkeit in den Bereich Flugsicherung effektiver gemacht, um im ständig zunehmenden Wettbewerb erfolgreich bestehen zu können.

Die im Rahmen dieses Projektes gemachten Erfahrungen und die Möglichkeiten der erweiterten Forschungsinfrastruktur fließen auch in die weitere Entwicklung konventioneller Luftfahrzeuge ein. Damit werden über den direkten Beitrag des Projektes hinaus auch allgemeine, weiterführende Impulse zur weiteren Entwicklung des Luftverkehrs gesetzt.

Im Projekt QAI werden zunächst An- und Abflugverfahren entwickelt und diese an einem Beispiel grundsätzlich validiert. In einem nächsten Schritt müssen die Verfahren auch an andere lokale Gegebenheiten angepasst und validiert werden. Um Zubringerdienste leisten zu können, sollte das QICE-Luftfahrzeug nicht nur auf innerstädtischen, sondern auch auf Großflughäfen starten und landen können. Dafür müssten die generischen Verfahren adaptiert und ergänzt werden. Auch diese Verfahren müssen anschließend in der Realzeitsimulation überprüft und validiert werden. Sollte der Luftfahrzeughersteller einen Prototypen bauen, so müssten die Anforderungen durch die ATM-Umgebung an ein solches Luftfahrzeug durch die Flugsicherung in das Kompetenznetzwerk eingebracht werden.

In einer späteren Phase müssen die neu entwickelten Verfahren in die europäischen (EUROCONTROL, JAA) und internationalen (ICAO) Gremien eingebracht werden. Spätestens zur Marktreife des neuen Produktes müssen die anzuwendenden Verfahren zugelassen sein.

Abkürzungen

a/c	aircraft
AFS	Advanced Function Simulator
AWIATOR	Aircraft Wing with Advanced Technology Operation
ATM	Air Traffic Management
CDA	Continuous Descend Approach
HAK	Technologieprogramm Hochauftriebskonzepte
HiT	High-Lift Innovative Technologies
ICAO	International Civil Aviation Organisation
IHK	Verbundvorhaben Hochauftrieb
JAA	Joint Aviation Authorities
LHD	Lenkungskreis Hochauftriebszentrum Deutschland
LuFo	Luftfahrtforschung, Luftfahrtforschungsprogramm
Pro-HMS	Prozesskette Hochauftrieb mit multifunktionalen Steuerflächen
QAI	QICE ATM Integration
QICE	Quiet Innovative Commuter
RAWID	Reduktion aerodynamischer Widerstand
SESAR	Single European Sky ATM Research
STOL	Short Take-Off and Landing
TLLA	Top Level a/c Assumptions

Referenzen

- [1] Carl, U. B.; Wellern, W.: *Systemtechnologien bei Forschung und Ausrüstern*, DGLR-2005-064, DGLR Jahrestagung 2005, Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress 2005, Friedrichshafen, September 2005
- [2] EC DG TREN Transport Programme: *Ein einheitlicher Europäischer Luftraum – Neue Perspektiven im Flugverkehr*, Europäische Kommission, April 2002
- [3] E-OCVM - *European Operational Concept Validation Methodology*, European Air Traffic Management Programme, April 2005
- [4] Group of Personalities: *European Aeronautics: A Vision for 2020, Meeting society's needs and winning global leadership*, Europäische Gemeinschaft, Januar 2001
- [5] Hansen, H.: *Überblick über das Technologieprogramm Hochauftriebskonzepte (HAK)*, DGLR 1998-0046, DGLR Jahrestagung Oktober 1998, Bremen

- [6] Hansen, H.: *Abschlußbericht HAK2 – Technologische Grundlagen für den Entwurf neuartiger Hochauftriebs-Konfigurationen für künftige Verkehrsflugzeuge, Phase II*, Förderkennzeichen 20A9701A, A-D Internal No. EF-76/99, Juni 1999, Bremen
- [7] Hansen, H.: *Application of mini-trailing edge devices in the AWIATOR Project*, Airbus Deutschland, Juni 2003
- [8] Henke, R.: *Prozesskette Hochauftrieb mit multifunktionalen Steuerflächen*, DGLR-2002-096, DGLR Jahrestagung 2002, Stuttgart
- [9] Henke, R.: *Von der "Vision 2020" zu innovativen Hochauftriebskonfigurationen*, DGLR-2005-059, DGLR Jahrestagung 2005, Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress 2005, Friedrichshafen, September 2005
- [10] Kiefner, B.; Henke, R.: *Innovative Hochauftriebs Konfigurationen - Von der Anforderungen über die Komponente zum Gesamtflugzeug. Ein Überblick über das LuFo III Leitkonzept*, DGLR-2005-062, DGLR Jahrestagung 2005, Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress 2005, Friedrichshafen, September 2005
- [11] König, R.; Heider J.: *Kontinuierliches Ausfahren der Hochauftriebshilfen als Beitrag zum optimalen lärmreduzierten Landeanflug*, DGLR-2005-063, DGLR Jahrestagung 2005, Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress 2005, Friedrichshafen, September 2005
- [12] *Master ATM European Validation Plan (MAEVA)- Validation Guidance Handbook (VGH) Version 3.0* EUROCONTROL, April 2004
- [13] Mertens, J.: *Abschlußbericht RaWid– Reduktion des aerodynamischen Widerstands*, Förderkennzeichen 20A9505A, A-D Internal No. EXF3-090/99, Dezember 1998, Bremen
- [14] Radespiel, R. et al: *Dynamische Strömungsbeeinflussung für slatlose Hochauftriebsprofile*, DGLR-2005-066, DGLR Jahrestagung 2005, Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress 2005, Friedrichshafen, September 2005
- [15] Tenoort, S., UniDO VsaL-Team: *VSaL - Methodenkompendium* DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, Oktober 2000
- [16] ACARE: *Strategic Research Agenda 2 Volume 1*, Advisory Council for Aeronautics Research in Europe, Oktober 2004

Impressum:

TE im Fokus - Informationen aus dem Bereich Forschung und Entwicklung der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH

TE im Fokus erscheint in der Regel halbjährlich. Dieser Bericht ist elektronisch (und in Farbe) im Internet (www.dfs.de, Bereich „Das Unternehmen“ → Forschung & Entwicklung → Forschungszeitschrift) sowie über das DFS Intranet, Dokumentationsbereich im F&E Portal (<http://forschungszentrum.lgn.dfs.local>) verfügbar. 70 Exemplare werden in gedruckter Form aufgelegt.

Herausgeber: Bereich Forschung und Entwicklung, TE
DFS Deutsche Flugsicherung GmbH
Am DFS-Campus 5
63225 Langen

Redaktion: Dr. Andreas Herber (andreas.herber@dfs.de),
Oliver Haßa (oliver.hassa@dfs.de),
Stefan Tenoort (stefan.tenoort@dfs.de)

Sekretariat: Petra Schuster (petra.schuster@dfs.de)
DFS Deutsche Flugsicherung
Telefon: 06103-707-5751
Telefax: 06103-707-5741

Dieser Zeitschrift ist eine ISSN (International Standard Serial Number) zugeteilt. Dabei ist zu unterscheiden zwischen der Print- und der Internet-Version. Die ISSN sind wie folgt:

Printversion: ISSN 1861-6364

Internet-Version: ISSN 1861-6372

COPYRIGHT

Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH unzulässig und wird zivil- und strafrechtlich verfolgt. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Copyright © 2007 by DFS Deutsche Flugsicherung GmbH - Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadensersatz. Alle Rechte vorbehalten, insbesondere für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintrag.