



1/07

30. Mai 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:

- Aktivitäten des Bereichs F&E im Jahr 2006
- JOINT – Ein spezielles Simulations-Environment für Emergency Training
- TE-Unterstützung für SESAR
- Das Verbundprojekt „Wettbewerbsfähiger Flughafen“
- Automatisierte Gestaltung von Luftraumsektorisierungen in der Flugsicherung
- DFS-Position zu ADS-B - Ergebnis der Arbeitsgruppe „ADS-B vs. Radar in Deutschland“
- EU-Projekt „Single European Sky Implementation support through Validation“: Episode 3



DFS Deutsche Flugsicherung

Inhalt

Dr. Volker Heil, Dr. Andreas Herber et al. Aktivitäten des DFS-Bereichs F&E im Jahr 2006	2
Christian Müller, Rolf Tolsdorf JOINT – Ein spezielles Simulations-Environment für Emergency Training	4
Dr. Matthias Poppe TE-Unterstützung für SESAR	9
Dr. Jens Konopka Das Verbundprojekt „Wettbewerbsfähiger Flughafen“	13
Björn Paul, Wolfgang Theeck Automatisierte Gestaltung von Luftraumsektorisierungen in der Flugsicherung	17
Heribert Lafferton, Dr. Roland Mallwitz DFS-Position zu ADS-B - Ergebnis der Arbeitsgruppe „ADS-B vs. Radar in Deutschland“	27
Dr. Thomas Bierwagen EU-Projekt Single European Sky Implementation support through Validation: Episode 3	32
Impressum	35



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

Aktivitäten des DFS-Bereichs F&E im Jahr 2006

Dr. Volker Heil, Dr. Andreas Herber et al.

Einleitung

In bekannter Weise werden im ersten Heft des Jahres die Tätigkeiten des Bereichs Forschung & Entwicklung im vorangegangenen Jahr umrissen. Auf eine detaillierte Auflistung der Aktivitäten wird hier allerdings verzichtet. Sie ist Gegenstand des ausführlicheren F&E Jahresberichts (siehe DFS-Intranet, F&E-Portal → Dokumentation → Monatsbericht → MB-2005-12), der nur DFS-intern zur Verfügung steht.

DFS-interne Aktivitäten

Ende Mai 2006 wurde der Bereich durch die DQS nach ISO 9001 zertifiziert.

In einer Realzeitsimulation mit Karlsruher Lotsen wurden mögliche neue Arbeitsweisen und Luftraumstrukturen (z. B. Rolle des Multi-Sector-Planners (MSP)) untersucht, deren Umsetzung im Rahmen von P1/VAFORIT geplant ist. Außerdem wurde der GB Center bei der Projektarbeit (VATI-K, PSS, Datalink CC) unterstützt. Im Betriebsraum des Centers Langen (für die Anflugkontrolle Frankfurt) wurde eine Echtzeit-Darstellung von Wind- und Temperaturprofilen realisiert.

Im Rahmen verschiedener DFS-Projekte und für externe Kunden wurden die Tracker-Systeme von P1/ATCAS, TracView, KARLDAP u. a. bewertet und Verbesserungspotenziale aufgezeigt.

Unter Federführung von TE wurde ein Vorschlag zur Positionierung der DFS zu „ADS-B in/für Deutschland“ als Ergänzung zu oder Ablösung von (Sekundär-) Radar erarbeitet, der die Basis einer strategischen Ausrichtung und einheitlichen Interessenvertretung der DFS-Mitarbeiter in den internationalen Gremien bilden soll.

Der Bereich TE ist intensiv in die DFS-Arbeiten zu SESAR (Single European Sky ATM Research) eingebunden. Die Zuarbeit von TE zu SESAR lag schwerpunktmäßig auf der direkten Bearbeitung von SESAR-Arbeitspaketen (Performance Requirements und Modelling and Performance Assessment) sowie der Unterstützung anderer DFS-Bereiche (CC/FE, Akademie und

CNS) bei der Erbringung ihrer Leistungsanteile, u.a. bei „Operational Concept“, „Technology Assessment“ sowie „Future Needs“.

Projekte mit externer finanzieller Unterstützung

Prototypenarbeiten, Realzeitsimulationen, Analysen, Bewertungen und konzeptionelle Arbeiten erfolgten – zusammen mit DFS-internen und zahlreichen externen Partnern – in den verschiedensten Bereichen, u. a. „Kopplung von Arrival- und Departure Management“, „prä-taktisch arbeitendes Planungssystem“ (Kooperatives Air Traffic Management, K-ATM), „Multi-Sector-Planner“ (Gate-to-Gate, G2G), „European Airport Movement Management by A-SMGCS (EMMA)“, „Cooperative Validation of Surveillance Techniques and Applications of Traffic Information Services Broadcast (CRISTAL-TIS-B)“, „NEAN Update Programme 2 Plus (NUP2+)“, „Surveillance mit ADS-B und Multilateration am Standort Flughafen Nürnberg (SAMSON)“.

Erfolgreich beendet wurden C-ATM, G2G und SAMSON.

Es wurden Kostenerstattungen von ca. 1,5 Mio € erzielt und gleichzeitig Vorarbeiten für andere DFS-Aktivitäten geleistet. Für die Folgejahre wurden Projekte im Wert von 5,6 Mio € akquiriert (zzgl. SESAR und Projekte als Unterauftrag für DFS-Consulting bzw. Aeronautical Solutions).

ATM-Simulator-Zentrum

Der Aufbau des ATM-Simulator-Zentrums wurde abgeschlossen. Das Produktmanagement TOSIM und das Systemmanagement aller Simulatoren der Akademie wurden integriert.

Alle 27 Simulatoren (Forschungssimulator AFS, sowie Trainingssimulatoren NEWSIM, SimSys, TOSIM) an 12 Standorten wurden anforderungsgerecht weiterentwickelt und in Betrieb gehalten.

Im Rahmen des Kooperationsabkommens JOINT zwischen Lufthansa und DFS (GB CC) wurde im Sommer auf der Lufthansa-Basis Frankfurt ein NEWSIM aufgebaut und mit derzeit 5 „Full-flight-

Simulatoren“ gekoppelt. Am 14.11.06 wurde der gemeinsame Trainingsbetrieb aufgenommen.

SimSys-Simulatoren wurden in Bremen für die P1-ATCAS-Schulung der Berliner Lotsen sowie für PSS-Validierungen in Bremen, Langen und München bereitgestellt. In Karlsruhe wurde die Simulationsumgebung für VAFORIT/VATI-K ad-hoc durch einen dritten Simulator ergänzt und mehrfach umgebaut.

In dem Projekt „europäische Standardisierung AFS“ (ESA) wurde die Realisierbarkeit eines Gateway-Ansatzes verifiziert und weiter verfolgt.

In einer internationalen Ausschreibung wurde über den Bereich Consulting ein Auftrag zum Aufbau eines NEWSIM in Marokko gewonnen.

Organisatorische Veränderungen im Bereich

Zum 01. Juni 2006 ist das Produktmanagement für den Tower-Simulator (TOSIM) der Akademie dem Simulatorzentrum bei TE zugeordnet worden. Zum 01. September ist auch das Systemmanagement für die Ausbildungssimulatoren der Akademie dem Simulatorzentrum bei TE zugeordnet worden.

Anfang Oktober erfolgte dann der Umzug der Mitarbeiter aus dem Bereich "Schnellzeitsimulationen" (bis 31.12.06: LDM/FS) ins Forschungszentrum. Nach der räumlichen Umsetzung des Bereichs "Schnellzeitsimulationen" folgte zum 01.01.2007 auch dessen organisatorische Integration in das CDC als Bereich TES.

Damit ist TE nun auf rund 70 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in vier Abteilungen angewachsen:

- ATM-Simulatorzentrum,
- ATM/CNS,
- Human Factors/Realzeitsimulationen
- Schnellzeitsimulationen

Abkürzungen

AFS	Advanced Function Simulator (Forschungssimulator)
ATCAS	Air Traffic Control Automation System
A-SMGCS	Advanced Surface Movement Guidance and Control System
C-ATM	Co-operative Air Traffic Management (6. Rahmenprogramm)
K-ATM	Kooperatives Air Traffic Management (Verbundprojekt im Luftfahrtforschungsprogramm III)
NEWSIM	New Simulator (Nachfolgesystem von ASIM und DESIM)
PSS	Papierloses Streifensystem
SESAR	Single European Sky ATM Research
SimSys	Simulationssystem (Treiber für operationelle Systeme auf Basis AFS)
TOSIM	Tower-Simulator mit Sichtsystem
VATI-K	Very Advanced Technology Integration – Karlsruhe (Karlsruher Ortsprojekt zur Einrichtung des VAFORIT Systems)

JOINT – Ein spezielles Simulations-Environment für Emergency-Training

Christian Müller, Rolf Tolksdorf, TEI

Einleitung¹

JOINT (Joint Operational Incidents Training) ist ein gemeinsames Notfall-Training für Fluglotsen und Piloten auf der Basis vernetzter Flugsicherungs- und Flugsimulatoren, das von DLH und DFS bereits seit 1996 durchgeführt wird. Lufthansa und DFS haben hier weltweit eine Vorreiterrolle. Aus verschiedenen Gründen war eine Erneuerung des DFS-Simulationssystems unumgänglich, um die Weiterführung dieses Trainings sicher zu stellen.

In einem gemeinsam von DLH / LFT und DFS (GB Center) getragenen „Memorandum of Understanding“ wurden im Dezember 2003 die Weichen für eine Erneuerung dieser Infrastruktur gestellt.

Operationelle Zielsetzung

Ständiges Training mit Schwerpunkt auf optimalem Umgang mit abnormalen Situationen ist sowohl für Fluglotsen als auch für Piloten von hoher Bedeutung.

Für Fluggesellschaften ist diesbezügliches Refresher-Training seit je her gängige Praxis; nunmehr folgen auch Flugsicherungsorganisationen mit entsprechenden Programmen gemäß ESARR 5 (Eurocontrol Safety Regulation Requirement; ATM Services Personal).

Durch seine hohe Realitätsnähe fördert JOINT das Verständnis zwischen Cockpitbesatzungen und Fluglotsen. Es trägt damit insbesondere zu einer Optimierung der Zusammenarbeit in kritischen Situationen zwischen Bord und Boden bei. Folgende Zielsetzungen sind im einzelnen mit JOINT verbunden:

Ziele der DFS:

- JOINT dient als ein Notfalltraining für Fluglotsen gemäß ESARR5 bzw. BFU Empfehlung 08/02.

- Mit JOINT sollen die Instrukturen der DFS-Niederlassungen für Notfallsituationen weiter fortgebildet werden.
- JOINT dient dem Erfahrungsaustausch von Piloten und Fluglotsen.
- JOINT soll die Fluglotsen in die Lage versetzen, bei abnormalen Situationen
 - die Anforderungen und Arbeitsbelastung der Cockpit-Crew abzuschätzen und bei ihrer Arbeit zu berücksichtigen.
 - der Crew eine schnelle und effiziente Unterstützung anzubieten.

Ziele der DLH:

- Notwendigkeit zu erhöhter Aufmerksamkeit auf den Sprechfunkverkehr während des Trainings.
- Notwendigkeit zu korrekter und präziser Kommunikation mit dem Fluglotsen.
- Möglichkeit, den Fluglotsen als externe "Resource" innerhalb des Crew Resource Management (CRM) zu nutzen.
- Erfahrungsaustausch zwischen Piloten und Fluglotsen.

Projekthistorie

Seit 1996 findet das gemeinsame Training für Fluglotsen und Piloten auf dem Gelände der Lufthansa am Frankfurter Flughafen statt. Die technische Infrastruktur für diese Simulationen basierte auf einem DeSim-Radarsimulator (De zentraler Simulator) der DFS, an den bis zu 5 FFS (Full Flight Simulator) der Lufthansa angeschlossen werden konnten. Diese Simulator-Infrastruktur musste aus folgenden Gründen ersetzt werden:

- Der DeSim ist ein DOS/PC basierter Radar-Simulator (Inbetriebnahme der DeSim-Radarsimulatoren 1991), dessen Inbetriebhaltung kaum noch möglich war (kein Hardware-Ersatz und kein Software-Support) und dessen Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit nicht mehr

¹ siehe auch „transmission“, Ausgabe Dezember 2006

zu gewährleisten waren. Darunter litt auch zunehmend die Akzeptanz von JOINT.

- Der DeSim, in der Vergangenheit bundesweit als Radar-Simulator für das dezentrale Training genutzt, wurde aus den oben angeführten Gründen an allen Niederlassungen mittlerweile durch einen NewSim (bzw. NewSim-Light) ersetzt. Deshalb war es nur folgerichtig, auch für JOINT künftig den NewSim als Radar-Simulator einzusetzen.
- Durch den Umzug der Boeing-Flugsimulatoren in ein anderes Gebäude der LFT (2004-2005) musste die komplette Anbindung der FFS auf eine neue Technologie umgestellt werden. Dies wäre mit der bisherigen Simulator-Infrastruktur nicht möglich gewesen.



Abb. 1: Controller-Arbeitsplätze am alten DeSim

Nachdem sich DLH / LFT und DFS in einem gemeinsamen MoU (Memorandum of Understanding) vom Dezember 2003 zur Weiterführung von JOINT verpflichtet hatten, wurde eine entsprechende Planung für einen weiteren NewSim-Rollout aufgesetzt.

Projektdurchführung

Unmittelbar nach Unterzeichnung des MoU durch die DFS starteten erste Aktivitäten zur Realisierung des zusätzlichen NewSim für JOINT.

Es wurde einvernehmlich mit dem Center-Bereich festgelegt, dass die Einrüstung des NewSim für JOINT als Ortsprojekt unter Leitung des CC/FTT erfolgt, in der gleichen Weise wie bereits die NewSim-Rollouts an den anderen Niederlassungen.

Alle Vorarbeiten wie Abstimmung und Anpassung der Schnittstellen zwischen NewSim und den FFS, Planung der Konfiguration sowie Integration und Test lagen beim ATM-Simulatorzentrum (TEI).

Aufgrund der zu diesem Zeitpunkt noch parallel laufenden NewSim-Einrüstungen an den anderen Niederlassungen konnte TEI bis Ende 2004 nur begrenzte Ressourcen für JOINT bereitstellen. Es wurden jedoch frühzeitig die Details der Schnittstellen zu den FFS und ein Konzept für die Audioanbindung mit der LFT abgestimmt.

Für den offiziellen Projektstart und die Freigabe der Mittel musste noch einer entsprechenden Beschlussvorlage des Center-Bereiches zugestimmt werden. Diese Zustimmung erfolgte im August 2005.

Nachfolgend die wesentlichen Meilensteine des Projektes:

▪ Projektstart	08/05
▪ Vorbereiten der Räume durch LFT	01/06
▪ Einrüsten der Hardware	03/06
▪ Installation der Software	04/06
▪ Integrationstests	06/06
▪ Technische Fertigstellung	06/06
▪ Operationelle Test	10/06
▪ Offizielle Betriebsaufnahme	11/06



Abb. 2: Cpt. Straßburger und GF P. Waldinger bei der Inbetriebnahme am 14.11.2006

Neben den Bereichen CC/FTT und TEI waren folgende weitere Abteilungen der DFS an der Projektdurchführung beteiligt:

- AK/I für Durchführung und Überwachung der Installation vor Ort

- CC/F-M für die Anpassung der Simulations-Szenarien, mit Unterstützung durch AK/I
- LOG/A mit Konstruktion, Fertigung und Aufbau der Konsolen und Pilotenarbeitsplätze
- LOG/L mit Fertigung der Audioboxen

Beschreibung der Simulations-Infrastruktur

Der JOINT Simulator besteht aus einem NewSim mit 4 Controller Working Positions (CWPs) entsprechend 2 Sektoren, 4 Simulationspilotenarbeitsplätzen und 1 Supervisorarbeitsplatz. Diese sind vernetzt mit 6 Full Flight Simulatoren (FFS).

Die Arbeitsplätze des NewSim befinden sich in zwei Räumen im Gebäude 369 auf dem Gelände der Lufthansa Basis am Flughafen Frankfurt (s. Abb. 3). Die angeschlossenen FFS verteilen sich auf zwei unterschiedliche Gebäude: Die Airbus Flotte (je ein A321, A340, A320) steht im selben Gebäude wie der Newsim, die Boeing Flotte (zwei B747-400, ein B737) ist seit April 2000 im „Lufthansa Flight Training Center“ (LFTC) beheimatet. Das LFTC ist vom Gebäude 369 ca. 1 km entfernt (s. Abb. 4).

Die neue Raumsituation hat gegenüber dem De-Sim Vor- und Nachteile. Vorteilhaft ist, dass die Simulationspilotenarbeitsplätze räumlich getrennt von den CWP's aufgebaut sind und so der Sprechfunkverkehr der simulierten Luftfahrzeuge realistisch über den Kopfhörer und nicht im Raum übertragen wird. Weiterhin ist es vorteilhaft, dass die neuen Räumlichkeiten mehr Personen Platz bieten, was vor allem das Debriefing erleichtert.

Nachteilig ist, dass die Lufthansa Crews der Boe-

ing-Flotte nun mit einem Bus zum Debriefing gefahren werden müssen und das Briefing am Anfang der Simulation per Telefon stattfindet.

Aufgrund der räumlichen Entfernung konnte die Audioanbindung aus dem alten JOINT Projekt nicht wieder verwendet werden. Das heißt, in diesem Bereich wurde gemeinsam mit der LFT eine völlige Neuentwicklung gestartet.

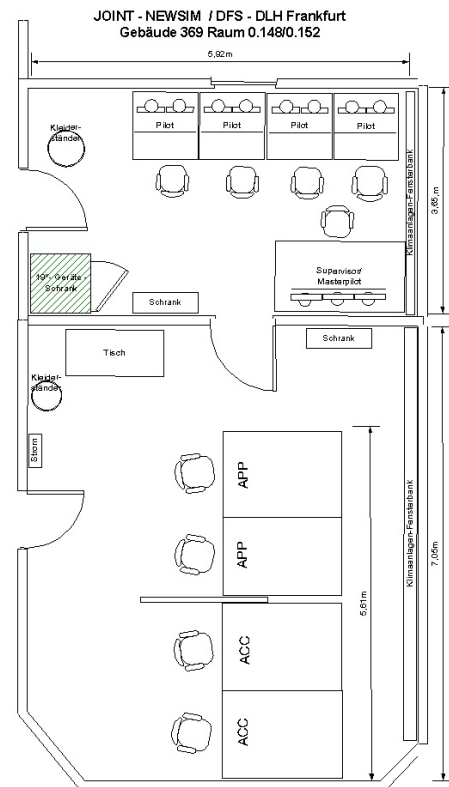


Abb. 3: Raumplan

Am Anfang der Neueinrüstung stand die Frage, welche Daten die Flugsimulatoren und der New-Sim austauschen müssen und wie sie gekoppelt werden sollen. Zwischen den Crews im Cockpit, den Simulationspiloten und den Lotsen muss ein möglichst realistischer Sprechfunkverkehr möglich sein. Da bei JOINT immer zwei Sektoren an einer Übung teilnehmen und auch durchfliegen werden, muss es gewährleistet sein, dass der Frequenzwechsel realistisch erfolgt.

Basierend auf diesen Anforde-



Abb. 4: Lageplan

rungen wurde eine Funkemulation erstellt, die zwei beliebige bei Übungserstellung festzulegende Frequenzen allen Simulationsteilnehmern zur Verfügung stellt.

Neben der Funkverbindung besteht eine Datenverbindung zwischen jedem der angeschlossenen FFS und dem NewSim. Der FFS sendet zyklisch in einer sogenannten „Remote Flight Message“ alle notwendigen Daten für die NewSim-interne Weiterverarbeitung sowie die anschließende Darstellung auf dem Controller Display.

Diese Meldung beinhaltet unter anderem:

- Callsign,
- Transponder Mode und SSR Code,
- aktuelle Position (lat/long),
- aktuelle Höhe und Geschwindigkeit.

Diese Daten werden über die Simulator Interface Unit (SIU) an den NewSim weitergeleitet und dort wie der intern generierte, simulierte Verkehr weiterverarbeitet, d.h. mit dem hinterlegten Flugplan korreliert und an das Controller Display zur Darstellung weitergegeben.

Umgekehrt schickt der NewSim auf dem gleichen Weg an jeden der angeschlossenen FFS Informationen über den umgebenden Verkehr, jeweils auf den spezifischen FFS bezogen, die aktuellen Wetterdaten (Druck, Temperatur und Wind) sowie Flughafenwetterinformationen (ATIS). Die Daten vom NewSim werden allerdings zurzeit in der FFS-Software nur zu einem geringen Teil ausgewertet (siehe Ausblick).



Abb. 5: NEWSIM-Konsolen

Für den größtmöglichen Trainingseffekt wurde im Cockpit viel Wert auf realistische Bedienung ge-

legt. Daher werden alle einstellbaren Daten für die Crew transparent an den dafür vorgesehenen Bediengeräten eingestellt. Zum Beispiel wird das Callsign in den Flight Management Computer eingegeben. Die Funkfrequenz muss am Funkgerät korrekt eingestellt werden, ansonsten ist keine Kommunikation mit dem NewSim möglich. Die transparente Einstellung des SSR Codes ermöglicht es, die Special Codes (Hi-jack, Funkausfall und Emergency) bzw. Squawk Ident ohne Eingreifen des Instructors zum NewSim zu übertragen und dort darzustellen.

Da die Crews immer nur einen Teil ihrer 4 Stunden dauernden Simulatorschicht bei JOINT mitfliegen, kann ein FFS vom Instruktorarbeitsplatz im Cockpit aus in den NewSim ein- und ausgekoppelt werden. D.h. im ausgekoppelten Zustand, sendet der FFS keine Daten mehr in Richtung NewSim und wird folglich nicht auf dem Radar dargestellt. Ebenso werden die Audioverbindungen unterbrochen, damit die Crew wieder ungestört üben kann.

Verwendete Komponenten

Das JOINT-NewSim-System basiert, wie ein Standard NewSim System, auf Rechnern der Firma Sun Microsystems. Die CWP's sind jeweils mit einem 28" Flachbildschirm (Radarbild), zwei 15" berührungsempfindlichen Bildschirmen (u.a. VCS-HMI) und einem 20" Flachbildschirm (ISS) ausgestattet.

Die Arbeitsplätze der Simulationpiloten sind mit zwei 20" Flachbildschirmen (Piloten-Applikation und VCS-HMI) ausgestattet.

Der Supervisor-Arbeitsplatz beinhaltet zwei 20" Bildschirme (Supervisor-Applikation) sowie einen 15" berührungsempfindlichen Bildschirm (VCS-HMI).

Für die Funkemulation kommt das in jedem NewSim verwendete Audiolan zum Einsatz. Es handelt sich um ein VoIP basiertes System zur Funk- und Telefonemulation, siehe auch „TE im Fokus“ 02/06. Bei JOINT wird Audiolan auch zur Anbindung der FFS eingesetzt. Dazu sind in den Gestellen eines jeden gekoppelten FFS zwei Rechner ohne Monitor und Tastatur installiert. Diese stellen jeweils eine Frequenz zur Verfügung und erlauben so die parallele Nutzung der zwei im System vorhandenen Funkfrequenzen.



Abb. 6: Full Flight Simulator (FFS) der LFT

Die Soundkarte der Rechner ist über eine Verstärkerstrecke mit dem bordseitigen Audiorack des FFS verbunden. Der Austausch, welche Frequenz gerade zur Verfügung gestellt wird, erfolgt über eine serielle Schnittstelle. Push to Talk (PTT) und die Kanalbelegung (Squelch) werden über potentialfreie Kontakte mit dem Rechner des FFS ausgetauscht. Aus Sicht des NewSims stellt jeder der Rechner eine ganz normale VCS-Station im NewSim Ethernet-Netzwerk dar, so dass hier nur Anpassungsarbeiten, aber keine Neuentwicklungen nötig waren.

Für den Datenaustausch mit dem FFS wurde die aus der SimSys-Simulatorfamilie stammende „Simulator Interface Unit“ (SIU) eingesetzt. Sie konvertiert die ausgetauschten Daten in die von der jeweiligen Seite vorausgesetzten Datenformate.

Die Steckte zwischen dem Gebäude 369 und dem LFTC legen die Simulationsdaten wie auch die VoIP-Daten des VCS über ein Virtuelles LAN innerhalb des LFT Ethernet-Netzwerkes zurück.

Ausblick

Mit der Einbindung des NewSim als ATC-Simulator in Joint wird für die Zukunft eine konti-

nuierliche Verbesserung der Trainingsinfrastruktur sicher gestellt, da der NewSim in seiner Funktion als Trainingssystem der DFS gewartet und um neue Funktionalitäten erweitert wird.

Die für JOINT implementierte Daten-Schnittstelle zu den FFS erlaubt bereits heute wesentliche Ausweitungen der Funktionalität. Durch die bereits realisierte Übertragung der relevanten Wetterinformationen und des umgebenden Luftverkehrs an die FFS wird die Darstellung des umgebenden Verkehrs in der Außensichtdarstellung und den Cockpit-Instrumenten des FFS ebenso möglich, wie die cockpitseitige Generierung und Anzeige von TCAS-Alarmen. Auch können bei Bedarf weitere FFS integriert werden, da auf NewSim Seite lediglich Konfigurations- aber keine Softwareanpassungen durchgeführt werden müssen.

Abkürzungen / Glossar

BFU	Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung
CRM	Crew Resource Management
CWP	Controller Working Position
DeSim	Dezentraler Simulator
ESARR 5	Eurocontrol Safety Regulation Requirement; ATM Services Personal
FFS	Full Flight Simulator
HMI	Human Machine Interface
ISS	Information Support System
JOINT	Joint Operational Incidents Training
LFT	Lufthansa Flight Training
LFTC	Lufthansa Flight Training Center
MoU	Memorandum of Understanding
NewSim	New Simulator – Trainings-Simulator der DFS-Akademie
NewSim-Light	New Simulator mit vereinfachter Hardwareausstattung – Dezentrale Trainings-Simulatoren der DFS-Niederlassungen
SIU	Simulator Interface Unit
TCAS	Traffic alert and collision avoidance system
TID	Touch Input Device
VCS	Voice Communication System
VoIP	Voice over Internet Protocol

TE-Unterstützung für SESAR

Dr. Matthias Poppe, TEA

Einleitung

Die Prognosen für den europäischen Flugverkehr stehen auf Wachstum und stellen an das zukünftige Air Traffic Management (ATM) eine komplexe Herausforderung. Mit dem **"Single European Sky Implementation Programme (SESAR)"** möchte man bis 2020 die gesamte ATC-Infrastruktur optimieren und ein bedarfsgerechtes ATM-Netzwerk implementieren.

Das politische Fundament liefert die Gesetzgebung zum "Single European Sky (SES)", die im März 2004 von der Europäischen Kommission eingeführt wurde. SESAR ist das "technisch/operationelle" Pendant zur SES-Gesetzgebung, das einen neuen Ansatz zur Harmonisierung der ATM-Netzwerkstruktur in Europa liefern soll. In der zweijährigen "SESAR Definitionsphase", die bereits Anfang 2006 begonnen hat, soll bis 2008 eine von allen Systempartnern (Luftraumnutzer, Flughafenbetreiber, Flugsicherungsunternehmen, Militärs und Herstellerindustrie mit Unterstützung von Eurocontrol, Forschungseinrichtungen, Piloten-, Techniker- und Lotsenvereini-

gungen) getragene Zielvorstellung und ein für alle verbindlicher „ATM Master Plan“ entwickelt werden.

Um das künftige ATM-Netzwerk aktiv mitzugestalten, hat sich die DFS Deutsche Flugsicherung GmbH am SESAR Konsortium beteiligt und einen Vertrag mit Eurocontrol unterzeichnet.

Abbildung 1 zeigt die drei Phasen von SESAR und den Zusammenhang mit laufenden Planungs-, Entwicklungs- und Implementierungsaktivitäten:

- die Definitionsphase, 2006 – 2008,
- die Entwicklungsphase, 2008 – 2012, und
- die Einsatz- bzw. Implementierungsphase, 2013 – 2020.

Die SESAR Definitionsphase, gemeinsam finanziert durch die Europäische Kommission und das Trans-European Network-Transport (TEN-T) Programm sowie EUROCONTROL, umfasst ein Gesamtbudget von 60 Millionen Euro [1].

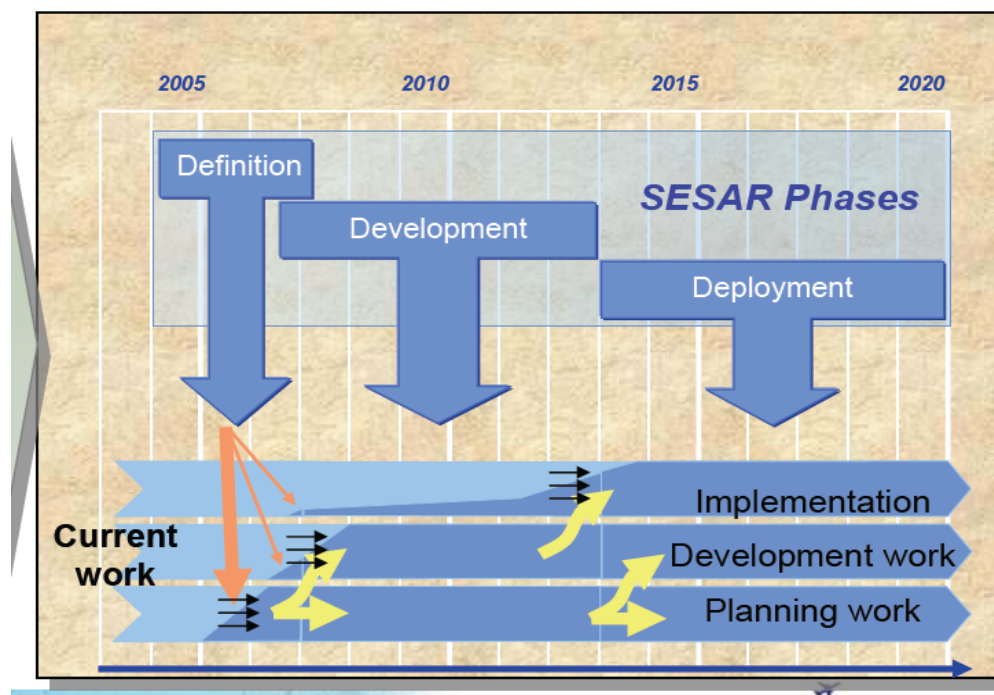


Abb. 1: Die drei Phasen der SESAR Initiative

Die politischen Vorgaben

Der Vizepräsident der Europäischen Kommission, Jacques Barrot, hat die ehrgeizigen politischen Ziele im ATM-Bereich, die mit SESAR bis zum Jahre 2020 verfolgt und umgesetzt werden sollen, folgendermaßen auf den Punkt gebracht [3]:

- Dreifacher Zuwachs an ATM-Kapazität sowohl am Boden als auch in der Luft
- Erhöhung der Sicherheit um den Faktor 10
- 10%-ige Reduzierung des Einflusses des Luftverkehrs auf die Umwelt (Lärm, Abgase etc.)
- Reduzierung der Abgaben der Luftraumnutzer für ATM-Dienstleistungen auf 50% des heutigen Wertes

Es ist sofort offensichtlich, dass diese Ziele äußerst ehrgeizig sind und nicht nur die europäische ATM-Forschungsgemeinschaft vor große Herausforderungen stellen.

Die Definitionsphase

Wichtigstes Ziel der Definitionsphase ist, wie schon erwähnt, die Erarbeitung des ATM Master Plans zusammen mit dem zugehörigen Arbeitsprogramm. Dieser Master Plan dient als Grundlage für die Entwicklung des europäischen Air Traffic Management Systems der Zukunft, um damit die gesetzten Zielvorgaben zu erreichen.

Wie in Abbildung 2 skizziert, baut die Definitionsphase auf 6 Meilensteinen auf, an denen die DFS unter anderem mit dem Bereich Forschung und Entwicklung maßgeblich mit beteiligt ist:

- D1: Marktanalyse der Lufttransportkette und Rolle des Air Traffic Managements - Bestandsaufnahme
Hierbei geht es darum, die aktuelle Situation mit allen Stärken und Schwächen zu erfassen, Erwartungen für die Zukunft zu definieren und zu priorisieren, sowie die vielversprechendsten Ansätze zu identifizieren. Der Ergebnisbericht liegt bereits vor [2].

The Project Milestones

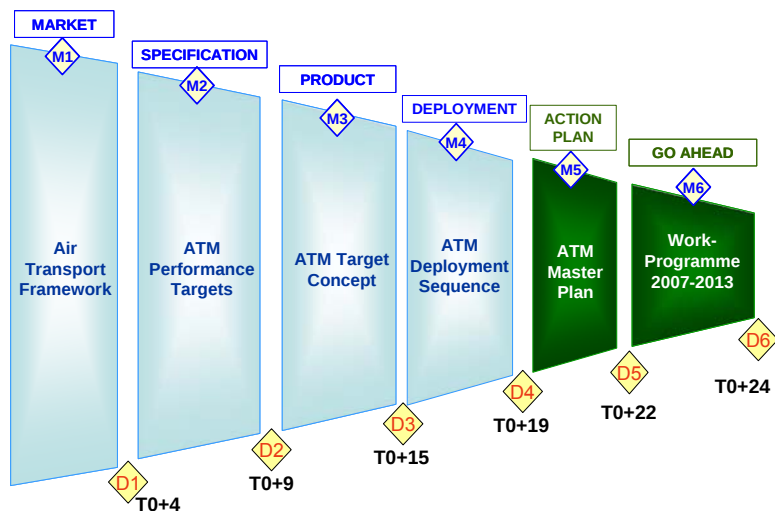


Abb. 2: Die vertraglich festgelegten sechs Meilensteine und Arbeitsergebnisse

- D2: Spezifikation der Leistungsparameter
Für diesen Meilenstein sollen die Forderungen des Marktes analysiert werden. Hierzu gehören Visionen der zukünftigen Lufttransportindustrie sowie der Rolle des ATM. Zusätzlich sollen die Leistungsparameter des zukünftigen ATM-Systems bestimmt werden. Der Ergebnisbericht liegt ebenfalls bereits vor [2].
- D3: Auswahl des Air Traffic Management Zielkonzepts
Dieser Meilenstein beinhaltet die Definition des Systems. So werden das operationelle Konzept und die Architektur des zukünftigen ATM-Systems erarbeitet sowie die einzusetzende Technologie identifiziert. Weiterhin werden die Gesamtkosten geschätzt und eine Machbarkeitsanalyse durchgeführt. Zieltermin: Juni 2007.
- D4: Analyse der Implementierungssequenzen
Mit diesem Meilenstein soll der Weg aufgezeigt werden, wie die Zielvorstellung erreicht werden kann. Hierzu gehören eine Bestätigung der Umsetzbarkeit, die Entwicklung optionaler Umsetzungssequenzen, eine Empfehlung für den besten Ansatz und die Definition der Umsetzungspakete. Zieltermin: Oktober 2007.
- D5: ATM Masterplan
Dieser Meilenstein markiert einen der wesentlichsten Outputs der Definitionsphase. Der ATM-Masterplan enthält die Planungen aller notwendigen Aktionen, die die beteiligten Part-

ner umsetzen müssen, um das System zu implementieren:

- "Deployment" Planung
 - Forschungs- und Entwicklungsplanung
 - Finanz- und Nutzenplanung
 - Legislative und regulative Maßnahmen
 - Risikobeteiligungen
- Zieltermin: Januar 2008.

- D6: Festlegung der Organisation und des Arbeitsprogramms für die zweite Phase.
Zieltermin: März 2008.

Hervorzuheben sind die Dokumente D2, die die Anforderungen der Nutzer an das zukünftige ATM-System definieren („Performance based Framework“) und das Dokument D3, in dem das operationelle Konzept für SESAR beschrieben ist (siehe [2]).

Wie besonders aus den Details zur Planung von D5 zu entnehmen ist, wird der ATM Master Plan großen Einfluss auch auf die strategische Ausrichtung des Forschungsbereiches der DFS haben, da dort die Schwerpunkte und Planungen zukünftiger europäischer ATM-Forschung festgelegt werden.

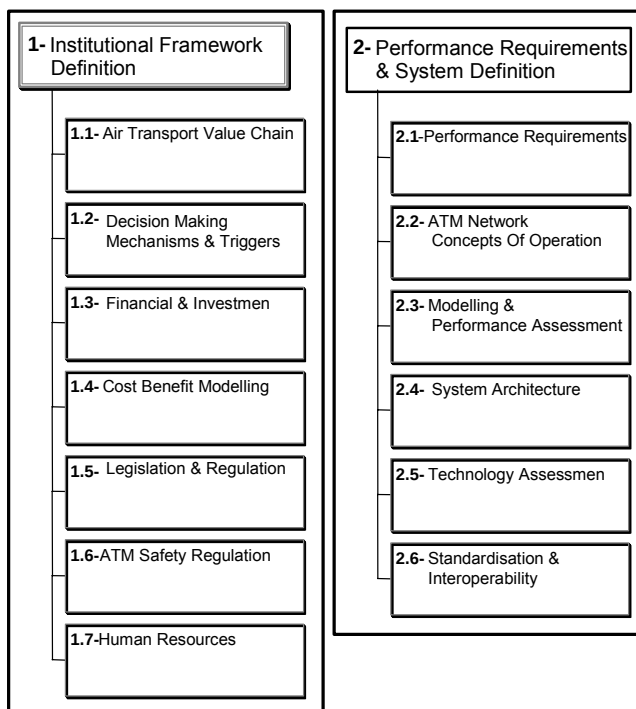


Abb. 3: Aufbau der SESAR-Arbeitspakete 1 und 2

Die Rolle von TE innerhalb des DFS-SESAR Teams

Neben dem SESAR-Kernteam (Bereiche TK, AS und VEI) arbeiten rund 20 weitere Kollegen aus verschiedenen Bereichen in diesem Projekt mit. Der Bereich Forschung und Entwicklung (TE) fungiert dabei in den Arbeitspaketen 2.1 Performance Requirements, 2.3 Modelling and Performance Assessment und in 3.4 ATM Master Plan als zentraler Ansprechpartner innerhalb der DFS. Im Einzelnen umfasst die Unterstützung für das SESAR-Team folgende Arbeitspakete und Meilensteine (siehe auch Abbildungen 3 und 4):

- WP1.7, Human Resources - Harmonised recruitment, training and licensing policy
Zuarbeit zu D1, D2, D3 und D4
- WP2.1, Performance Requirements - Assessment on Current Baseline
Zuarbeit zu D1, D2
- WP2.2, ATM Network Concepts of Operation - Definition of ATM operations based on new concept including airspace redesign
Zuarbeit zu D3
- WP2.3, Modelling and Performance Assessment - Compute and Map Operational Concepts & Airspace KPIs based on identified available tools and methodologies
Zuarbeit zu D3, D4
- WP2.5, Technology assessment - Inventory of potential aeronautical technologies and Resulting set of recommendations for technology trade-offs analysis
Zuarbeit zu D1, D3, D4

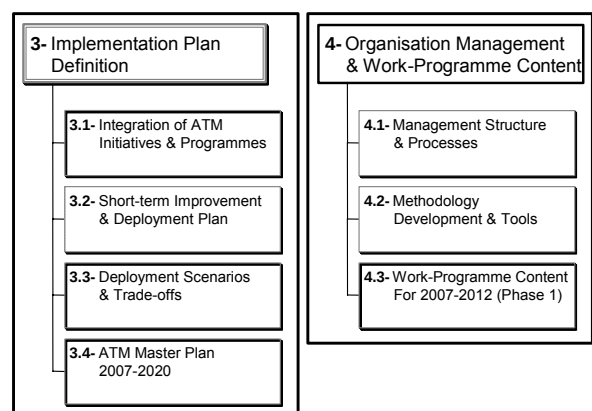


Abb. 4: Aufbau der SESAR-Arbeitspakete 3 und 4

- WP3.4, ATM Master Plan 2007-2020, Deployment Planning, R&T/D Program Planning, Benefit Planning
Zuarbeit zu D5
- WP4.2, Modelling, Simulation & Validation
Tools Definition required during the development lifecycle
Zuarbeit zu D6
- WP4.3, MidTerm / Baseline 2012 Development definition of the research & validation activities and LongTerm / Baseline 2017+ , Assessment: definition of the innovative research activities
Zuarbeit zu D6

Damit leistet der Bereich TE einen nicht unerheblichen Anteil an den SESAR-Arbeiten der Definitionsphase mit einem Gesamtaufwand in der Größenordnung von drei Personenjahren.

Schwerpunkte der Unterstützung liegen in den Arbeitspaketen WP1.7 und WP2.2 durch das Human Factors-Team (TEH) und im Paket 3.4 durch das ATM/CNS-Team (TEA). Die Gesamtkoordination des TE-Beitrages obliegt dem Autor dieses Artikels.

Ausblick

Der nicht unerhebliche Beitrag von TE stützt sich in großen Teilen aus den Ergebnissen und Erfahrungen früherer europäischer Förderprojekte. Besonders hervorzuheben sind in diesem Kontext das TORCH-Konzept [4], [5], in welchem erstmals der „Network Operational Plan (NOP)“ im Rahmen des Layered Planning beschrieben wurde. Außerdem sind die Projekte Gate-to-Gate [6] und C-ATM [7], [8] zu nennen, in denen das Konzept der Trajektorie entwickelt und in Teilen validiert worden ist.

Letztendlich kommt die Bereitstellung der Ressourcen und der persönliche Einsatz nicht nur dem Forschungsbereich, sondern gerade auch den operationellen Geschäftseinheiten der DFS wieder zugute, da das wesentliche Ergebnis der Definitionsphase die Festlegung der zukünftigen Forschungsaktivitäten und –schwerpunkte sein wird. Diese werden in der sich anschließenden Entwicklungsphase durchzuführen sein, um daraufhin in die Implementierung der zukünftigen ATM-Systeme und –verfahren einzufließen.

Literaturverzeichnis

[1]	DFS-Intranet, Kursbuch, SESAR
[2]	Offizielle SESAR web site, http://www.sesar-consortium.aero
[3]	SESAR Deliverable D2, The Performance Target, December 2006
[4]	TORCH – Wegweiser für ein europäisches Konzept?, TE im Fokus 1/1999
[5]	Vorschlag zu einer integrierten Validierungsplattform für ein „Layered Planning“, TE im Fokus 2/2000
[6]	Das EU-Projekt „Gate-to_Gate“ im internationalen Kontext, TE im Fokus 2/2002
[7]	Das Projekt Co-operative Air Traffic Management, TE im Fokus 1/2005
[8]	Erfahrungen aus den europäischen Projekten C-ATM und Gate-to-Gate, TE im Fokus 1/2006

Das Verbundprojekt „Wettbewerbsfähiger Flughafen“

Dr. Jens Konopka, TEA

Einleitung

Anfang 2006 hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, BMWi, ein weiteres Programm zur Förderung der technologieintensiven Luftfahrtindustrie in Deutschland aufgelegt.

Wie im letzten Luftfahrtforschungsprogramm, LuFo III, hat sich die DFS gemeinsam mit 13 weiteren Partnern erfolgreich um Fördermittel beworben.

Dieser Artikel beschreibt kurz das Luftfahrtforschungsprogramm 2007-2010, gibt einen Überblick über das Förderprogramm und stellt das Verbundprojekt „Wettbewerbsfähiger Flughafen“ (WFF) vor. Schließlich werden die von der DFS zu leistenden Arbeitsanteile beschrieben und ein Ausblick auf den weiteren Projektverlauf gegeben.

Luftfahrtforschungsprogramm IV

Das Luftfahrtforschungsprogramm 2007-2010 [1] bildet den ersten von zwei Teilen des Förderprogramms und umfasst ein Fördervolumen von ca. 160 Mio. €, von dem 8% auf den Bereich Luftverkehr/Flugführung entfallen, siehe Abb. 1.

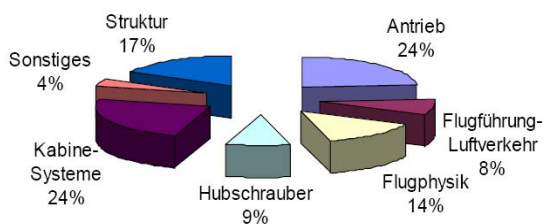


Abb. 1: Verteilung der Zuwendungen in LuFo IV-1 auf die Themenfelder

Eine zweite Programmphase mit Projektlaufzeiten von 2009-2012 ist vorgesehen, die Ausschreibung hierfür ist für Ende 2007 angekündigt. In LuFo III wurden erstmals auch Projekte mit ATM-Bezug gefördert, wobei der von der DFS geführte K-ATM Verbund das größte Vorhaben im Bereich Luftverkehr darstellt. Die Arbeiten der DFS und ihrer Kooperationspartner stießen beim

BMWi als Zuwendungsgeber und dem Projektträger als mit der Verwaltung des Förderprogramms beauftragte Organisation auf durchweg positive Resonanz.

Es lag daher nicht nur nahe, sondern wurde z.T. von externer Seite erwartet, dass wir die erreichte Stellung des Luftverkehrs im Wettbewerb mit den anderen Themenfeldern festigen, indem wir wiederum einen bedeutenden Projektvorschlag zusammen mit Partnern einbringen.

Beantragung des Verbundprojekts WFF

Die Organisation eines Verbundprojekts mit externen Partnern im Rahmen eines staatlichen oder europäischen Förderprogramms ist eine Herausforderung, die sich in Teilbereichen deutlich von der eines konventionellen DFS-Projekts unterscheidet.

Bei größeren Projekten können durchaus mehrere Personenmonate für die Vorbereitung und Beantragung geleistet werden, wobei nach erfolgtem Zuschlag oftmals die Konzentration auf die Projektdurchführung den Aufwand zur Vorbereitung vergessen lässt.

Neben den internen Richtlinien zur Beantragung und Durchführung von Projekten sind vor allem die Bedingungen des Fördermittelgebers zu berücksichtigen.

Da jedoch immer nur ein Teil, in der Regel um 50%, der entstehenden Kosten erstattet werden, ist die Durchführung eines Förderprojekts nur dann sinnvoll, wenn damit gleichermaßen DFS-eigene Ziele verfolgt werden können.

Üblicherweise sind solche Förderprogramme um ein Mehrfaches überzeichnet, d.h. es werden mehr Mittel beantragt als tatsächlich zur Verfügung gestellt werden können. Da nur ein Teil der Projekte tatsächlich eine Förderung erhält, die zudem gegenüber dem eigenen Ansatz reduziert worden ist, ist ein hohes Maß an Flexibilität gefragt, da Förderzusagen oft erst sehr kurz vor Projektbeginn erteilt werden.

Die Projektarbeit ist vor allem aber auch deshalb verschieden von der in rein internen Projekten,

da alle Projektpartner in einem eigenen Vertragsverhältnis zum BMWi als Zuwendungsgeber stehen. Entscheidungen können nur im Konsens mit den Partnern getroffen werden. Im Vorfeld muss daher in jedem Einzelfall ein Kooperationsvertrag zwischen den Partnern geschlossen werden, der die Beziehungen zwischen den Partnern, die gegenseitige Ergebnisverantwortung sowie die Rechte an den einzubringenden wie auch den gemeinsam zu erarbeitenden materiellen und immateriellen Produkten regelt.

Schließlich müssen Budget und Ressourcen selbstverständlich auch DFS-intern durch einen Projektantrag 3 genehmigt werden.

Im vergangenen Jahr 2006 konnten alle genannten Schritte termingerecht und konform mit den formalen Anforderungen abgeschlossen werden. Der positive Zuwendungsbescheid, die Mitteilung, dass und in welchem Umfang WFF gefördert wird, traf im Dezember 2006 ein.

Seit 01.01.2007 läuft das Projekt Wettbewerbsfähiger Flughafen, WFF, mit der DFS als federführendem Partner. Damit knüpft die DFS an die Arbeiten im Projekt K-ATM an.

Das Verbundprojekt „Wettbewerbsfähiger Flughafen“

Das Verbundprojekt Wettbewerbsfähiger Flughafen wird unter der Federführung der DFS gemeinsam mit den Verbundpartnern

- ATRiCS Advanced Traffic Solutions GmbH & Co. KG
- delair Air Traffic Systems GmbH
- Deutsche Lufthansa AG
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (Institut für Flugführung)
- Diehl Aerospace GmbH
- FCS Flight Calibration Services GmbH
- Flughafen Hamburg GmbH
- Fraport AG
- HFC Human-Factors-Consult GmbH
- iAd Gesellschaft für Informatik, Automatisierung und Datenverarbeitung GmbH
- Jeppesen GmbH
- Siemens AG I&S ITS A

▪ Thales ATM GmbH

durchgeführt. WFF soll zur Etablierung einer durchgängigen und widerspruchsfreien Planung vor allem der luftseitigen Prozesse an deutschen Flughäfen Planungslücken schließen und die Vernetzung vorhandener Planungs- und Führungssysteme ausbauen durch:

- Integrierte Optimierung der luftseitigen Flughafenprozesse,
- Entwicklung der zur Unterstützung benötigten Systeme,
- Demonstration der Funktionsweise und der Vorteile eines solchen integrierten Systems.

Thematisch gliedert sich das Verbundprojekt in drei Felder, sog. Cluster. Dies sind die Themencuster „An- und Abflug“ unter Federführung der DFS, „Rollverkehr, Management- und Optimierungssysteme“ unter der Federführung der Fraport AG sowie „Turnaround“ unter der Federführung der Deutschen Lufthansa AG, siehe Abb. 2.

Jedes der Themencluster beinhaltet wiederum mehrere Teilprojekte, welche die kleinsten eigenständigen Arbeiten im Vorhaben darstellen. In den Teilprojekten werden Verbesserungen von einzelnen Schritten der luftseitigen Prozesse an und um deutsche Verkehrsflughäfen untersucht.

Bedingt durch die Zusammensetzung der Verbundpartner sind die Arbeiten schwerpunktmäßig auf die Flughäfen Frankfurt und Hamburg ausgerichtet, dennoch werden die zu entwickelnden Konzepte und Technologien auch auf andere Flughäfen übertragbar sein.

DFS Arbeitsanteile in WFF

Neben der Verbundführung arbeitet die DFS inhaltlich hauptsächlich in den Teilprojekten 1.1 (Interoperables flughafenzentriertes Flugverkehrsmanagement) und 1.3 (Technologieerprobung GBAS). Diese beiden Teilprojekte werden ebenfalls von der DFS geführt. Die Verantwortung für Teilprojekt 1.3 liegt beim Bereich CNS.

Darüber hinaus arbeitet die DFS mit im von Thales Deutschland geführten Teilprojekt zur Wide Area Multilateration. In geringerem Umfang ist die DFS auch in weiteren Teilprojekten in Cluster 2 und 3 beteiligt. Dies dient im Wesentlichen der Sicherstellung, dass die Anforderungen der DFS eine Berücksichtigung finden und dass eine wei-

tere Vernetzung von verschiedenen Planungssystemen für den Rollverkehr und den Umdrehprozess mit den Planungssystemen für An- und Abflug wo sinnvoll mit vertretbarem Aufwand realisiert werden kann.

Das interoperable flughafenzentrierte Flugverkehrsmanagement bildet den Kern der Aktivitäten des Bereichs Forschung und Entwicklung im Rahmen des Projekts. Daher wird der Rest des Artikels diesem Themenkreis gewidmet.

Interoperables flughafenzentriertes Flugverkehrsmanagement (i-FFF)

Dieses vom Volumen her größte Teilprojekt innerhalb von WFF baut auf den erfolgreichen Vorarbeiten im Rahmen des LuFo III Projektes Kooperatives Air Traffic Management (K-ATM) auf.

Analog zu K-ATM werden die Arbeiten in enger Zusammenarbeit mit den Verbundpartnern delair und Fraport durchgeführt. Zudem werden die Technischen Universitäten Braunschweig, Darmstadt und Dresden sowie das Institut für Flugführung des DLR durch Unteraufträge in die Entwicklung und Validierung miteingebunden.

Neben TE und CNS sind weitere DFS-Bereiche an dem Projekt beteiligt: Akademie (AK), Consulting (CO) bzw. nunmehr Aeronautical Solutions (AS), Systemhaus (SH), Tower (TWR) und Center (CC).

Integraler Bestandteil aller Aktivitäten im Projekt Wettbewerbsfähiger Flughafen ist neben der Konzeption neuer Funktionalitäten, Arbeitsweisen und unterstützender Planungswerkzeuge die realitätsnahe Überprüfung. In der Regel sind hierfür Realzeitsimulationen am Advanced Function Simulator vorgesehen.

Zur Optimierung des luftseitigen taktischen Planungsprozesses wird die Funktionalität des gekoppelten AMAN/DMAN (4D-Planer der DFS und darts der Fa. delair) erweitert und mit der Rollplanung vernetzt. Die erweiterte Funktionalität

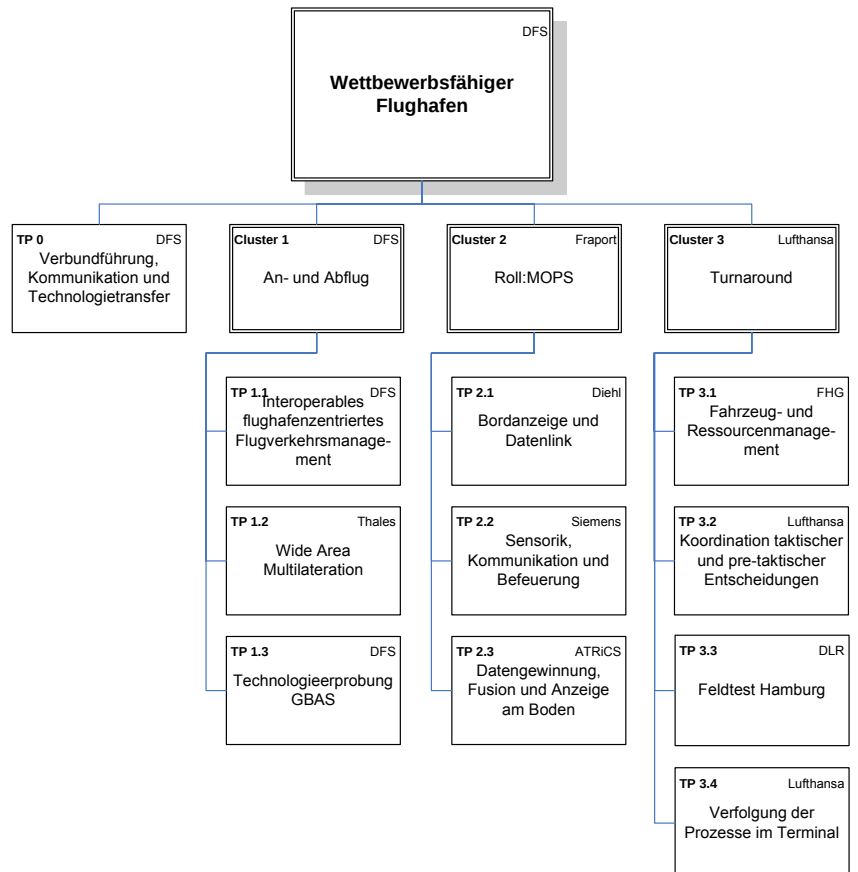


Abb. 2: Struktur des Verbundprojekts „Wettbewerbsfähiger Flughafen“

des AMAN/DMAN soll unter Berücksichtigung von Airline-Wünschen und flughafenseitigen Randbedingungen eine flexiblere Nutzung der Runways ermöglichen. Die neuen Planungsfunktionalitäten werden durch die Entwicklung von HMIs für Tower und Apron-Arbeitsplätze begleitet, die die Akzeptanz des operationellen Personals für die neuen Arbeitsweisen sicherstellen sollen.

Bisher ist die DMAN Planung fokussiert auf die Generierung der optimalen Abflugsequenz unter Berücksichtigung des Abfertigungsstatus der geplanten Abflüge, der durchschnittlichen Rollzeit von der Parkposition bis zur Startbahn, Anlasszeit der Triebwerke usw. Unberücksichtigt bleiben bisher Beeinflussungen der zur Startbahn rollenden Sequenz durch Arrivals, Schlepps und Push-backs in aktive Taxiways sowie die Nutzung der verschiedenen Aufrollwege auf die Runway.

Die zu entwickelnde Rollplanung soll aktuell genutzte Verfahren und heute bereits vorhandene Informationen nutzen, um eine kurzfristige Nutzung der erzielten Ergebnisse zu garantieren.

Um dies zu gewährleisten wird beispielsweise auf die Einbeziehung einer automatischen Ansteuerung von Befeuerungselementen oder die Datenübertragung an Bord der Flugzeuge verzichtet. Diese für eine noch weiter reichende Integration von ATC-, Boden- und Bordsystemen viel versprechenden Ansätze werden in WFF in den Teilprojekten des Cluster 2 näher untersucht. Zur Integration der lokalen, flughafenbezogenen Planung in die enroute-Verkehrslenkung wird ein Centermanager (CMAN) entwickelt. Der CMAN soll die Vorsteuerung der Anflüge auf einen Flughafen in den Center-Sektoren im Hinblick auf die vom AMAN geplanten Landezeiten ermöglichen. Drei Maßnahmen können in den der Anflugkontrolle vorgelagerten Sektoren ergriffen werden, um die Zuflusssteuerung zu einem Hub-Airport weiter zu verbessern: Gleichmäßigere (räumliche und zeitliche) Verteilung des Verkehrs in den vorgelagerten Centersektoren, Priorisierung von verspäteten gegenüber verfrühten Flügen und Delay-sharing in den Centersektoren. Alle drei Elemente sollen in einem prototypischen CMAN realisiert werden. Alle neuen Funktionalitäten und die damit verbundenen Arbeitsweisen sollen in Realzeitsimulationen im Hinblick auf ihre Kapazitäts- und Wirksamkeitsverbesserung demonstriert werden.

Mit der Funktionserweiterung der prätaktischen Planung soll die Planungsqualität des CLOU weiter verbessert werden. Hierbei soll insbesondere die Abhängigkeit von In- und Outboundverkehr im Flugzeugumlauf stärker in der Planung berücksichtigt werden. Die neuen Funktionalitäten sollen im Shadow-Mode (d.h. mit einer Anbindung an reale Daten) erprobt werden.

Ausblick

Die Arbeiten im Projekt WFF haben gerade erst begonnen. Da parallel dazu noch die verbliebenen Aufgaben in K-ATM abgearbeitet werden, wird die Hauptaktivität in den beiden kommenden Jahren stattfinden. Abhängig von dem Fortschritt in den einzelnen Aktivitäten soll darüber jeweils gesondert in dieser Zeitschrift berichtet werden.

Abkürzungen

AMAN	Arrival Manager
ATM	Air Traffic Management
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
CLOU	Cooperative Local Ressource Planner
CMAN	Center Manager
DMAN	Departure Manager
HMI	Human Machine Interface
K-ATM	Kooperatives Air Traffic Management (Verbundprojekt im Luftfahrtforschungsprogramm III)
LuFo IV	Luftfahrtforschungsprogramm 2007-2012
WFF	Wettbewerbsfähiger Flughafen

Referenzen

- [1] Projektträger Luftfahrtforschung und -technologie <http://www.dlr.de/PT-LF/>

Automatisierte Gestaltung von Luftraumsektorisierungen in der Flugsicherung

Björn Paul, Wolfgang Theeck, TES

Einleitung

Das Ziel des mit diesem Artikel beschriebenen Vorhabens ist es, einen Algorithmus zu entwickeln, der unter Berücksichtigung von Arbeitslastdaten Flugsicherungssektoren konstruiert, die sowohl in der Vertikalen als auch in der Horizontalen den Hauptverkehrsströmen angepasst sind. Auf Basis dieses Algorithmus wurde ein Computerprogramm entwickelt, das mit Hilfe von Schnellzeitsimulationsdaten eines Luftraumes selbständig eine effiziente Luftraumstruktur erstellt.

Vorgehen

Zunächst wird der zu sektorisierende Luftraum in ein Raster aus sehr vielen kleinen Teilsektoren unterteilt. Jeder Teilsektor besitzt eine laterale Ausdehnung von 6 Gradminuten in Länge und Breite, also ca. 6NM x 6NM und eine vertikale Ausdehnung von 4000 Fuß. Diese „Sektorisierung“ wird für einen Simulationslauf mit einem für die Problemstellung typischen Verkehrsbeispiel im TAAM²-Simulator verwendet.

Im Anschluss an die Simulation erfolgt für jeden Teilsektor eine Analyse der Arbeitsbelastung mit Hilfe der Arbeitslastformel von TES (s.u.).

Der entwickelte Algorithmus fasst die Teilsektoren anhand ihrer Arbeitslast zu herkömmlichen ATC-Sektoren zusammen. Es wird versucht, die Arbeitslast in den einzelnen Sektoren zu minimieren und die Grenzwerte für Durchschnittliche und Spitzenarbeitslast einzuhalten. Dabei wird die Anzahl der Koordinationen minimiert und die durchschnittliche Sektordurchflugszeit maximiert, wodurch die Anzahl der benötigten Sektoren verringert werden kann.

Für den Einsatz in der Praxis muss die oft sehr inhomogene Form der erzeugten Sektoren vereinfacht werden. Dazu werden verschiedene computergrafische Algorithmen verwendet, bei-

spielsweise die Berechnung der konvexen Hülle der Sektoren.

Die erzeugte Sektorstruktur kann danach in einer weiteren Schnellzeitsimulation getestet werden.

Vergleichbare Arbeiten

Auf dem Gebiet der computergestützten Sektorisierung gibt es bereits einige Forschungsarbeiten. Dabei können im Wesentlichen zwei Herangehensweisen unterschieden werden: Die eine besteht darin, vorhandene Sektorisierungen zu optimieren bzw. Sektorgrenzen an Flugverkehrsstrecken anzupassen. Die andere verwirft alle bestehenden Sektoren und konstruiert neue Sektoren abhängig vom Verkehrsaufkommen, das durch Simulationen generiert wird.

Zur ersten Kategorie gehören die Arbeiten von Delahaye et al. [1], die das Sektorisierungsproblem als ein Graphpartitionierungsproblem definieren, bei dem ein Graph aus Flugverkehrsströmen unter Beachtung verschiedener Nebenbedingungen in k Graphen mit gleichmäßig verteilter Arbeitsbelastung unterteilt wird. Jeder der k Graphen wird als ein Sektor aufgefasst. Baptiste et al. [2], [3] nutzen das gleiche Modellierungskonzept, lösen es allerdings durch Constraint Programming.

Einen Ansatz der zweiten Kategorie, wie er auch in dieser Arbeit verwendet wird, verfolgen Yousefi und Donohue [4] und Klein [5].

Angepasstes Workloadmodell

Um eine objektive Bewertung der Sektorarbeitslast in Schnellzeitsimulationen zu erhalten und um die Arbeitsbelastung in verschiedenen Sektoren miteinander vergleichen zu können, wurde bei TES ein Arbeitslastmodell entwickelt, das die Arbeitsbelastung des Fluglotsen bei der Erledigung seiner Aufgaben abbildet. Dabei werden typische Ereignisse im Flugverlauf, wie Sektoreinflug, potentielle Konflikte, Höhenwechsel u.a. erfasst und entsprechenden Lotsenaufgaben zugeordnet. Das Arbeitslastmodell besteht des-

² Total Airspace and Airport Modeller, Schnellzeit-Simulationstool

halb aus vier Komponenten, deren Einzelkomponenten

- Movement Workload
- Conflict Workload
- Coordination Workload
- Level-Change-Workload

sich zu einer Gesamtarbeitslast addieren. Die Simulationsdaten aus der TAAM-Simulation können mit Hilfe dieser Arbeitslastformel analysiert und verglichen werden. Dazu werden für jeden Sektor die Anzahl der kontrollierten Luftfahrzeuge, Koordinationen, Flughöhenänderungen und die durchschnittliche Sektorverweildauer pro Stunde gezählt und anhand der unten beschriebenen Formeln bewertet.

Teilarbeitslast Movement Workload Wl_1

Die Movement-Workload erfasst die Anzahl und durchschnittliche Durchflugzeit der kontrollierten Flugbewegungen pro Sektor. Mit ihr wird dem Routineaufwand Rechnung getragen, der für jedes Luftfahrzeug in etwa gleich ist und der aus dem Führen von Kontrollstreifen, der Beobachtung des Radarschirms und der Kommunikation mit den Piloten besteht. Da der Arbeitsaufwand für einen Lotsen sowohl mit zunehmender Anzahl der Luftfahrzeuge als auch mit längeren durchschnittlichen Durchflugszeiten ansteigt, fließen beide Faktoren in die Berechnung der Movement-Workload (Wl_1) ein. Neben der Anzahl der Flugzeuge A spielt bei der Berechnung dieses Aufwandes also auch die durchschnittliche Verweildauer B der Flugzeuge im Sektor eine Rolle. Sie wird in Minuten angegeben.

$$Wl_1 = A + C(A) * Flighttime \div A = A + C(A) * B$$

Der Parameter $C(A)$ (Abb. 1) wurde eingeführt, um bei einer geringen Verkehrsdichte und großen Sektoren den überproportionalen Einfluss des Zeitfaktors B auf die Arbeitsbelastung zu verringern. Für die Berechnung des Parameters $C(A)$ setzt die Abteilung TES eine Stufenfunktion ein, mit der, in Abhängigkeit von der Anzahl der Flugzeuge A im Sektor, der Aufwand der Beobachtung der Flugzeuge berechnet wird. Mit den aktuell verwendeten Parametern hat die Funktion eine Stufe bei 10 Luftfahrzeugen pro Stunde und kann ab etwa 20 Lfz. durch den Wert zwei ersetzt

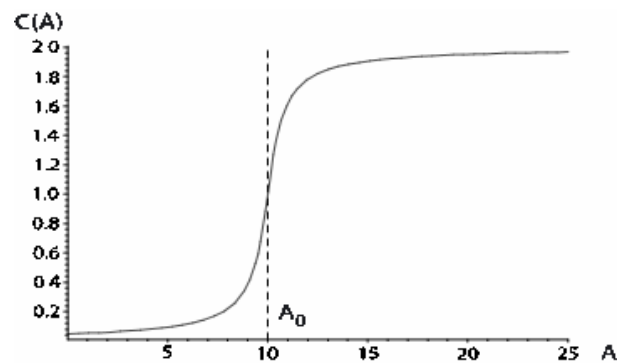


Abb. 1: Der Parameter C in Abhängigkeit der Anzahl der Flugzeuge A

werden. Für die Berechnung der Movement-Workload in dieser Arbeit wird generell ein Wert von $C(A)=2$ verwendet. Der Anteil der Wl_1 an der Gesamtarbeitslast des Fluglotsen liegt in einem durchschnittlich komplexen Sektor zwischen 50 - 60%.

Teilarbeitslast Conflict Workload Wl_2

Ist der vertikale Abstand zweier Flugzeuge geringer als die vertikale Mindeststaffelung und die laterale Staffelung geringer als die laterale Mindeststaffelung, so liegt ein Konflikt zwischen diesen Lfz. vor, der von den Fluglotsen verhindert werden muss. Ist keine vertikale Mindeststaffelung gegeben, so werden bei beispielsweise 5NM Horizontalstaffelung bereits alle lateralen Annäherungen unter 10NM als Konflikt gewertet. Die Erfassung einer Annäherung zwischen 5NM bis 10NM simuliert den Aufwand, den der Fluglotse mit diesem potentiellen Konfliktfall hätte, da er auch bei einer solchen noch nicht kritischen Annäherung exakt überprüfen müsste, ob eine Konfliktauflösung nötig wäre.

Für die Berechnung der Arbeitsbelastung, die für den Lotsen mit einem Konflikt verbunden ist, spielen zwei Faktoren eine Rolle. Der eine Faktor ist die Komplexität einen Konflikt zu erkennen, die sich im Konflikttyp widerspiegelt. Der andere Faktor besteht im Aufwand einen Konflikt zu lösen, in Abhängigkeit vom Grad der Annäherung. Zunächst werden neun verschiedene Konflikttypen C_i (Abb. 2) unterschieden, je nachdem, ob sich die Flugzeuge im Horizontal-, Steig- oder Sinkflug befinden und ob sie auf gleichen, kreuzenden oder entgegengesetzten Kursen fliegen. Jedem Konflikttyp C_i ist ein Faktor zugeordnet, der im Bereich zwischen 1.0 und 1.8 liegt.

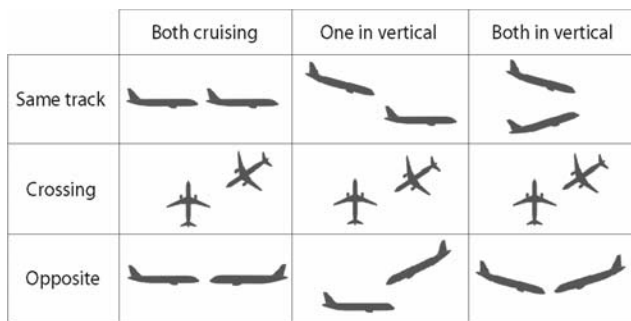


Abb. 2: Die 9 möglichen Konflikttypen

Daneben wird anhand der Entfernung der beiden Flugzeuge im Punkt der geringsten Annäherung bestimmt, ob zu dem Aufwand der Konflikterkennung noch der Aufwand der Konfliktlösung hinzuzurechnen ist. Dazu wird die Entfernung der Flugzeuge im Punkt der geringsten Annäherung in vier verschiedene Klassen F_i (Tab. 1) aufgeteilt, denen eine Gewichtung zugeordnet ist. Diese Gewichtung wird mit dem Konflikttyp multipliziert, um die Arbeitsbelastung für einen einzelnen Konfliktfall zu berechnen.

Tab. 1: Belastungsfaktoren bei verschiedenen Annäherungsentfernungen

Konfliktklasse	Annäherung in %	Faktor
F_1	0-100%	1.0
F_2	100-120%	0.8
F_3	120-150%	0.65
F_4	150-200%	0.5

Die Conflict-Workload berechnet sich nun folgendermaßen, wobei X_i die Anzahl der Konflikte eines bestimmten Typs jeweils in einer bestimmten Annäherungsklasse darstellt:

$$WL_2 = X_1 * C_1 * F_1 + X_2 * C_1 * F_2 + \dots + X_{36} * C_9 * F_4$$

Neun Konflikttypen multipliziert mit vier Konfliktklassen ergibt 36 verschiedene Summanden.

Teilarbeitslast Coordination Workload WL_3

Wenn ein Flugzeug von einem ATC-Sektor in einen anderen fliegt, dann muss die Kontrolle dieses Flugzeuges von dem Lotsen des abgebenden Sektors an den Lotsen des annehmenden Sektors übergeben werden. Da die Übergabe der Flüge durch Blockfreigaben und automatisierte Systeme weitestgehend koordinationsfrei erfolgt, ist die Teilarbeitslast Coordination gering gewichtet und beträgt nur 10 – 15 % der Gesamtarbeitslast. Der Arbeitsaufwand

zur Koordination der Luftfahrzeuge zwischen den einzelnen Sektoren kann durch die verwendete Simulationssoftware nur vereinfacht dargestellt werden. Deshalb wird beim Übergang der Flüge von einem Sektor in einen nachfolgenden Sektor lediglich unterschieden, ob der Wechsel in derselben Kontrollzentrale (Intra) oder zu einem Sektor einer anderen Kontrollzentrale (Inter) stattfindet. Darüber hinaus wird der Übergang der Lfz. zu einem militärischen Flugplatz oder Luftraum (Mil) gesondert gewertet, da hier die Koordinationsverfahren aufwändiger sind. Weiter wird unterschieden, ob ein Luftfahrzeug aus dem Sektor heraus oder in den Sektor einfliegt. Die zutreffende Arbeitsbelastung pro Koordinationsleistung kann Tabelle (

Tab. 2) entnommen werden. Zur Berechnung der Arbeitslast werden für jeden Sektor die einzelnen Übergaben X_i aufsummiert und mit dem entsprechenden Faktor multipliziert:

$$WL_3 = X_1 * S_{1from} + X_2 * S_{1to} + \dots + X_6 * S_{3to}$$

Tab. 2: Belastungsfaktoren der verschiedenen Koordinationsformen

Klasse	Art der Koordination	From	To
S1	Inter	0.15	0.20
S2	Intra	0.10	0.15
S3	Mil	0.75	0.95

Teilarbeitslast Level-Change Workload WL_4

Die Level Change Workload erfasst die Arbeitsbelastung, die für einen Lotsen entsteht, wenn eine Änderung der Flughöhe vorgenommen werden soll, die nicht in Verbindung mit einer Konfliktauflösung steht. Das ist zum Beispiel beim Verlassen der Reiseflughöhe für einen Landeanflug oder beim Wechsel der Flugfläche von gerade zu ungerade bei Änderung des Kurses gemäß dem Halbkreisflugverfahren der Fall. Zur Berechnung dieser Arbeitslast werden die einzelnen Level-changes aufsummiert und mit dem zugehörigen Bewertungsfaktor (Tab. 3) multipliziert.

Tab. 3: Belastungsfaktoren bei Flughöhenänderungen

Änderung	Faktor	Beschreibung
Climb	0.3	Erlaubnis zum Steigen auf eine höhere Flughöhe erfragen.
Descend	0.3	Erlaubnis zum Sinken ...
Level-Off	0.0	Ende der vertikalen Höhenänderung bei Erreichen der gewünschten Flughöhe.

$$WL_4 = X_{climb} * F_{climb} + X_{descend} * F_{descend}$$

Die Gesamtarbeitslast ergibt sich aus der Summe der einzelnen Workloadbestandteile WL_1 bis WL_4 .

Anforderungen an die Sektorisierung

Um zu überprüfen, ob ein Sektor effizient arbeitet, wird die Summe der kontrollierten Flugminuten pro Arbeitsstunde gemessen. Dabei spielen die Anzahl der Flugbewegungen und die durchschnittliche Verweildauer der Flugzeuge im Sektor eine Rolle. Durch eine geschickte Sektorstruktur mit einer gleichmäßigen Arbeitslastverteilung kann die Anzahl der Sektoren minimiert und die Summe der kontrollierten Flugminuten pro Sektor maximiert werden. Dazu sind bei der Sektorisierung Vorgaben einzuhalten, die den Durchsatz bei gleicher Arbeitsbelastung erhöhen:

- Das Volumen eines Sektors muss einen möglichst einfachen, zusammenhängenden geometrischen Körper darstellen, damit seine räumliche Struktur leicht durch den Fluglotsen erfasst werden kann.
- Die Menge des Flugverkehrs soll über alle Sektoren gleichmäßig verteilt sein bzw. die Sektoren müssen so angelegt werden, dass sie alle ungefähr die gleiche Verkehrsmenge haben.
- Die Größe eines Sektors muss so beschaffen sein, dass die laterale Ausdehnung des Sektors ausreicht, um Konflikte zwischen Flugzeugen aufzulösen.
- Die Sektoren müssen entsprechend den Hauptverkehrsstrecken ausgerichtet sein. Dabei muss sich die Form eines Sektors auch vertikal an Flugprofilen ausrichten, wie sie durch

sinkende und steigende Flugzeuge in Flughäfennähe beschrieben werden.

- Das TES Arbeitslastmodell wurde über eine Vielzahl von Simulationsstudien empirisch kalibriert. Danach ist eine gute Auslastung eines Sektors bei einem durchschnittlichen Arbeitslastwert von 70 Arbeitslastpunkten gegeben. Eine Überlastung eines Sektors setzt ab einer Spitzenarbeitslast von 90 Punkten ein.

Algorithmus

Aufgabe des Algorithmus ist es, solange benachbarte Teilsektoren zu Sektoren zusammen zu fassen, bis alle Teilsektoren einem Sektor zugeordnet sind. Zwei Teilsektoren sind benachbart, wenn sie eine gemeinsame Seite haben.

Im Folgenden wird zunächst der Fall beschrieben, in dem ein Sektor, der aus einem einzigen Teilsektor besteht, um einen Teilsektor erweitert wird:

Werden zwei beliebige Teilsektoren TS_1 und TS_2 zusammengefasst, so addieren sich die Levelchange- und die Conflict-Workload Werte dieser Teilsektoren, da sie zumindest im TES Arbeitslastmodell und im TAAM-Simulator stets einer exakten Koordinate und damit eindeutig einem Teilsektor zugeordnet werden können. Die Coordination-Workload bildet hingegen die Arbeitsbelastung ab, die entsteht, wenn die Kontrolle eines Flugzeuges von einem Fluglotsen an einen anderen Fluglotsen übergeben wird, was im Modell nur an Sektorgrenzen geschieht. Werden die Teilsektoren TS_1 und TS_2 (Abb. 3 oben) zu einem Sektor TS_{12} (Abb. 3 unten) zusammengefasst, so finden keine Koordinationen mehr statt, wenn ein Flugzeug den Luftraum von TS_1 nach TS_2 oder umgekehrt passiert. Die gemeinsame Coordination-Workload muss daher um die Arbeitsbelastung für die entfallenen Koordinationen vermindert werden.

Jeder Fluglotse muss sich bei einem neu in seinen Sektor einfliegenden Lfz. zunächst mit dessen Flugroute vertraut machen und mit dem Piloten kommunizieren. Jedes Lfz. sollte daher beim Durchfliegen des Luftraumes möglichst wenig Sektorgrenzen passieren. Der Algorithmus in Abb. 4 fasst solange Teilsektoren zu Sektoren zusammen, bis jeder Teilsektor genau einem Sektor zugeordnet wurde. Die Konstruktion eines einzelnen Sektors ist abgeschlossen, wenn ent-

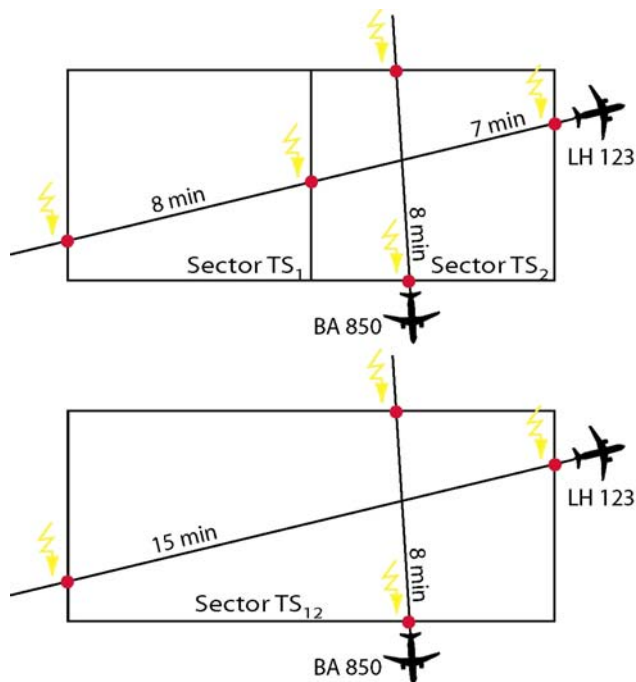


Abb. 3: Zwei Teilsektoren vor und nach der Vereinigung

weder der festgelegte Arbeitslastgrenzwert erreicht wurde oder wenn kein Teilsektor ausgewählt werden kann, um zu dem Sektor hinzugefügt zu werden. Dann nämlich ist der Sektor vollständig von anderen Sektoren umgeben.

Mit dem folgenden Algorithmus werden die Teilsektoren auf Sektoren aufgeteilt (Abb. 4):

1. Zunächst werden die Arbeitslastdaten für alle Teilsektoren in eine Liste geladen.
2. Die folgende Schleife wird solange durchlaufen, bis alle Teilsektoren einem Sektor zugeordnet sind. In der Liste „sektorListe“ werden alle Teilsektoren gespeichert, die zu dem Sektor gehören, der gerade konstruiert wird. In der „nachbarListe“ sind die Teilsektoren gespeichert, um die der Sektor in diesem Schleifendurchlauf erweitert werden kann. Diese Teilsektoren müssen mit mindestens einem Teilsektor des Sektors eine gemeinsame Seite besitzen und dürfen noch zu keinem anderen Sektor gehören. Dadurch wird erreicht, dass die Sektoren zusammenhängende Körper sind.
3. Danach folgt eine Verzweigung (Aktuelle Arbeitslast > maximale Arbeitslast), die prüft, ob die Durchschnittliche- oder die Spitzensektorarbeitslast überschritten (erreicht) wurde

4. Ist das der Fall, so muss ein neuer Sektor erzeugt werden, wobei die verschiedenen Datenstrukturen geleert werden und der Arbeitslastwert auf null zurückgesetzt wird. Der nächste bzw. erste Teilsektor des neuen Sektors wird durch die Funktion „wähle Startsektor“ bestimmt.
5. Ist der Arbeitslastgrenzwert noch nicht erreicht, so wird die Funktion „wähle nächsten Teilsektor“ ausgeführt, die den hinzuzufügenden Teilsektor bestimmt.
6. Der ausgewählte Teilsektor wird als verwendet markiert, da jeder Teilsektor nur zu genau einem Sektor gehören darf
7. Der ausgewählte Teilsektor wird dem Sektor hinzugefügt.
8. Der Teilsektor wird aus der „nachbarListe“ entfernt.

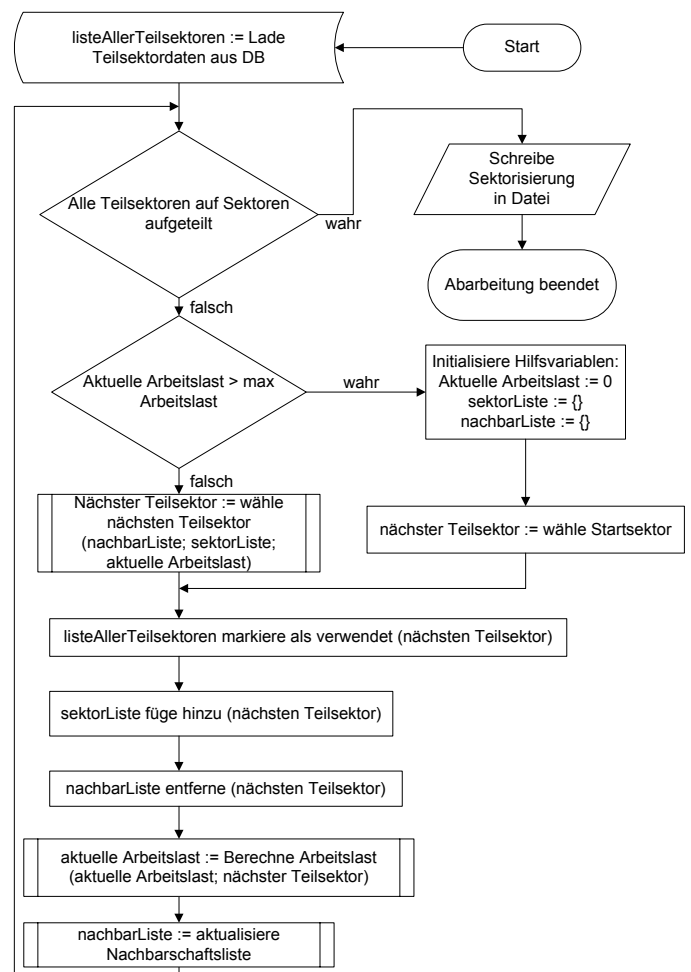


Abb. 4: Algorithmus, um alle Teilsektoren auf Sektoren aufzuteilen

9. Die aktualisierte Arbeitslast des Sektors, inklusive des neu hinzugefügten Teilsektors wird berechnet.
10. Die Nachbarschaftsliste des Sektors wird aktualisiert, d.h. Teilsektoren, die zu dem ausgewählten Teilsektor benachbart sind, noch nicht in der „nachbarListe“ enthalten sind und noch zu keinem anderen Sektor gehören, werden hinzugefügt.
11. Der Algorithmus hält, nachdem alle Teilsektoren auf Sektoren aufgeteilt wurden. Die errechnete Sektorisierung wird in einer Datei gespeichert.

Werden Teilsektoren zu Sektoren zusammengefasst, die viele identische Flugbewegungen enthalten, kann die Arbeitslast des für den Sektor zuständigen Fluglotsen drastisch reduziert werden.

Die Funktion „Wähle nächsten Teilsektor“ (Abb. 5) prüft für jeden Teilsektor, der zum Sektor hinzugefügt werden kann, wie groß die Einsparung an Arbeitslast wäre, wenn man diesen Teilsektor zu dem Sektor hinzufügt. Dazu bekommt er zunächst die aktuelle „sektorListe“, die „nachbarListe“ und die aktuellen Movement- und Coordination-Workload Werte des Sektors übergeben. In der Variablen „maximale Einsparung“ wird die größte Workload-Einsparung gespeichert.

Der Teilsektor, dessen Hinzunahme zum Sektor diese Einsparung ermöglicht, wird in der Variable „nächster Teilsektor“ gespeichert. Mit Hilfe der for-Schleife wird für jeden Teilsektor der „nachbarListe“ der Wert der Arbeitslasteinsparung berechnet.

Um die Movement-Workload Einsparung zu berechnen, müssen die Flüge des Sektors und des Teilsektors vereinigt werden und die „Movement-Workload (tempMoves)“ berechnet werden. Dieser Wert wird von der Summe der „aktuellen Movement-Workload des Sektors“ und der „Movement-Workload des Teilsektors i“ vor der Vereinigung abgezogen. Die Differenz ist die Movement-Workload-Einsparung, die der Variable „einsparung“ zugewiesen wird.

Der Ablauf zur Berechnung der eingesparten Coordination-Workload ist sehr ähnlich. Der Betrag der eingesparten Coordination-Workload wird zum eingesparten Betrag an Movement-

Workload hinzuaddiert. Ist der Wert der Einsparung insgesamt größer als der bisherige Maximalwert „maximale Einsparung“, so ersetzt der aktuelle Teilsektor „i“ seinen Kollegen in der Variable „nächster Teilsektor“.

Nachdem alle Teilsektoren der „nachbarListe“ durchlaufen wurden, wird der aktuell in „nächster Teilsektor“ gespeicherte Teilsektor zurückgegeben. Es ist derjenige Teilsektor, bei dem der größte Betrag an Arbeitslast eingespart werden kann.

Ergebnis des ersten Sektorisierungsschrittes

Abb. 6 zeigt ein typisches Ergebnis des Sektorisierungsalgorithmus. Man sieht das regelmäßige Muster der Teilsektoren. Teilsektoren, die im gleichen Grauton eingefärbt sind, gehören zum gleichen Sektor. Wie bereits beschrieben ist es

Funktion: wähle nächsten Teilsektor:

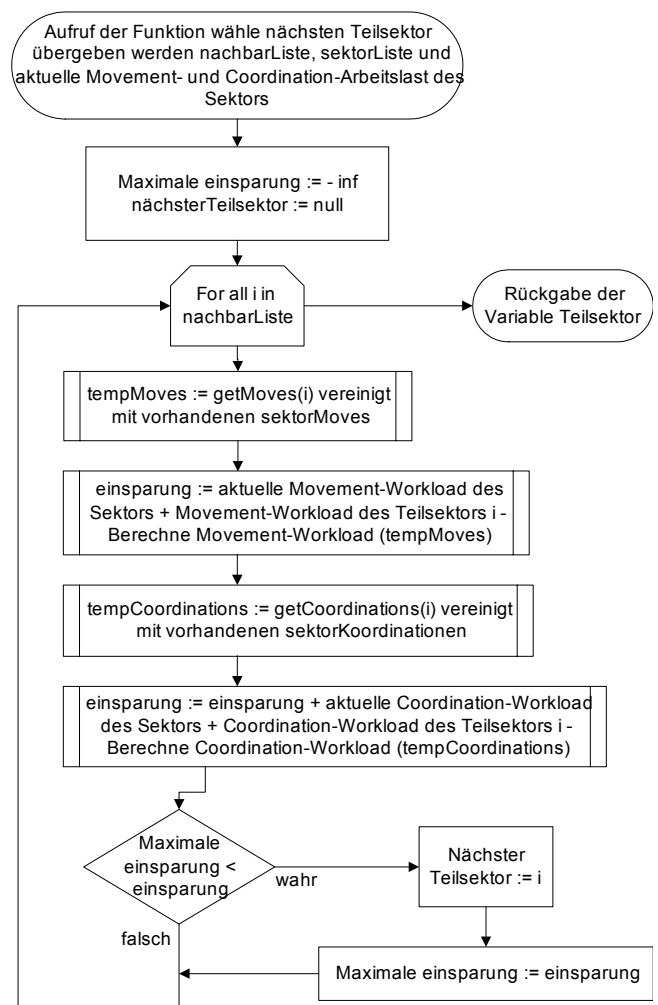


Abb. 5: Algorithmus um den nächsten Teilsektor auszuwählen, der einem Sektor hinzugefügt werden soll

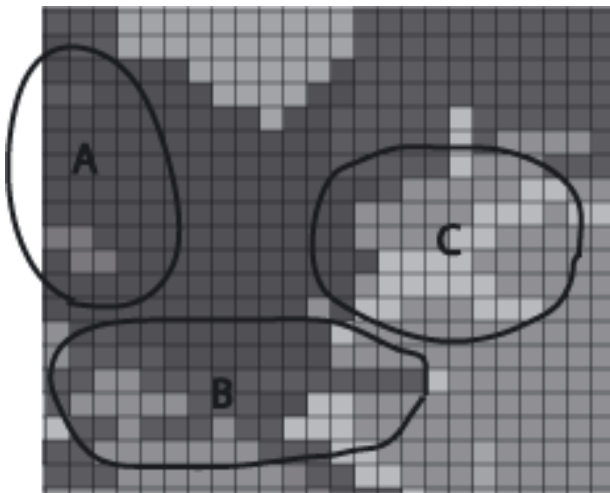


Abb. 6: Typisches Ergebnis nach Ablauf des Sektorisierungsalgorithmus

möglich, dass ein Sektor nicht erweitert werden kann, da alle ihm benachbarten Teilsektoren bereits einem anderen Sektor zugeordnet wurden. Dadurch entstehen eine Vielzahl von sehr kleinen Sektoren mit geringer Arbeitslast. Unterschreitet daher der durchschnittliche Arbeitslastwert eines Sektors einen Grenzwert, beispielsweise bei 40 Arbeitslastpunkten, wird der Sektor entfernt und seine Teilsektoren an die benachbarten Sektoren mit der jeweils geringsten Arbeitslast aufgeteilt. In der Abbildung sind solche Teilsektoren, die zu einem Sektor mit zu geringer Arbeitslast gehört haben, hell eingefärbt und mit einem „C“ markiert zu sehen.

Mit „A“ markiert sind zwei hellere Sektoren, die in das Gebiet des dunkleren Sektors ragen. Mit „B“ wurde ein Sektor markiert, bei dessen Ausbreitung die Orientierung an den Hauptverkehrsstrecken zu einer Sektorform ähnlich einem X geführt hat.

Da solche Sektoren aufgrund ihrer Form zweckmäßigerweise nicht in der Flugsicherung eingesetzt werden können, ist dem ersten Algorithmusschritt ein weiterer Schritt nachgelagert, in dem die geometrische Form der Sektoren vereinfacht wird. Dazu wird die konvexe Hülle eines Sektors berechnet.

Die Definition der Konvexen Hülle eines Sektors ist von der Definition eines konvexen Polygons abgeleitet. *Ein Polygon ist genau dann konvex, wenn jede Linie, die zwei beliebige, innerhalb des Polygons gelegene Punkte verbindet, selbst vollständig innerhalb des Polygons liegt* (Sedgewick [26]).

Die konvexe Hülle eines Sektors (der aus einer Menge von Teilsektoren besteht) ist die kleinste Menge von Teilsektoren, für die gilt, dass jede Linie, die zwei beliebige Teilsektoren dieser Menge verbindet, selbst wieder vollständig innerhalb der Menge liegt.

Abb. 7 zeigt, wie ein Sektor eingewickelt wird, um seine konvexe Hülle zu bestimmen.

In Abb. 8 sind die Ergebnisse der einzelnen Algo-

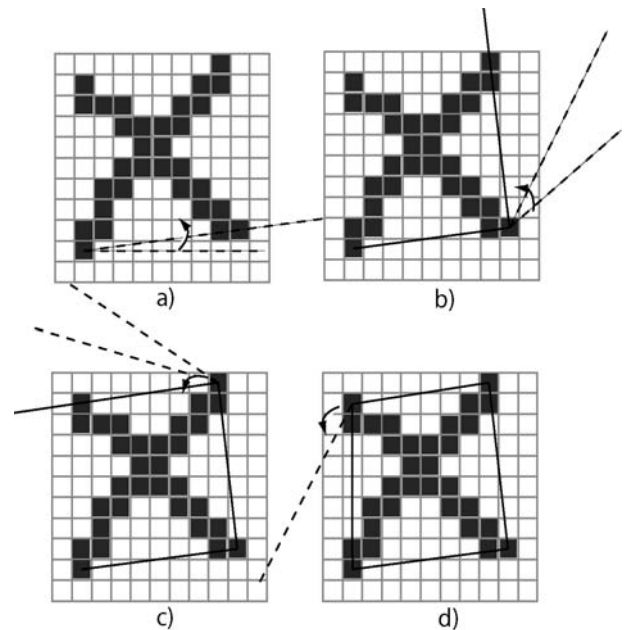


Abb. 7: Bestimmung der konvexen Hülle eines Sektors durch Einwickeln

rithmusschritte dargestellt. Die oberste Abbildung zeigt die Teilsektoren nach der Zuweisung zu jeweils einem Sektor. In der mittleren Abbildung wurden die Sektoren entfernt deren Arbeitslastwert geringer als 40 Arbeitslastpunkte war und ihre Teilsektoren benachbarten Sektoren zugewiesen. Die unterste Abbildung zeigt die Sektoren nach Anwendung der Algorithmen zur Verbesserung der Struktur.

Prototypische Umsetzung

Abb. 9 zeigt den typischen Ablauf einer computergestützten Sektorisierung von der Auswahl eines Luftraumes bis hin zu einer neuen Sektorstruktur als TAAM-Sektordatei. Die in weißer Farbe dargestellten Arbeitsschritte werden durch das Programm „Autosector“ durchgeführt, das unter anderem eine Implementierung des vorge-

stellten Sektorisierungsalgorithmus enthält. Des Weiteren wurden Algorithmen zur geometrischen Vereinfachung der Sektoren, eine Visualisierung

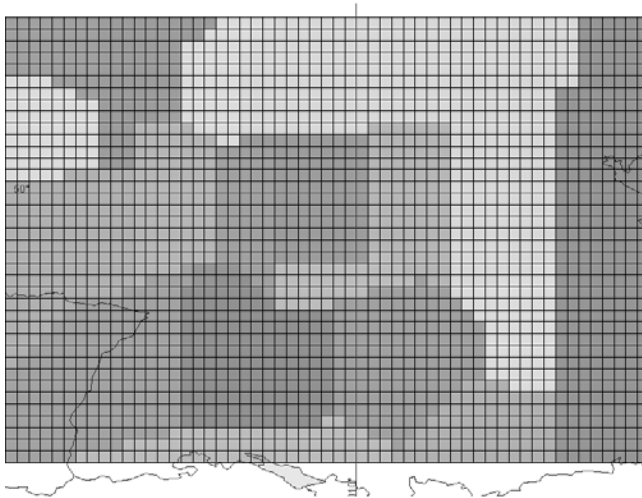
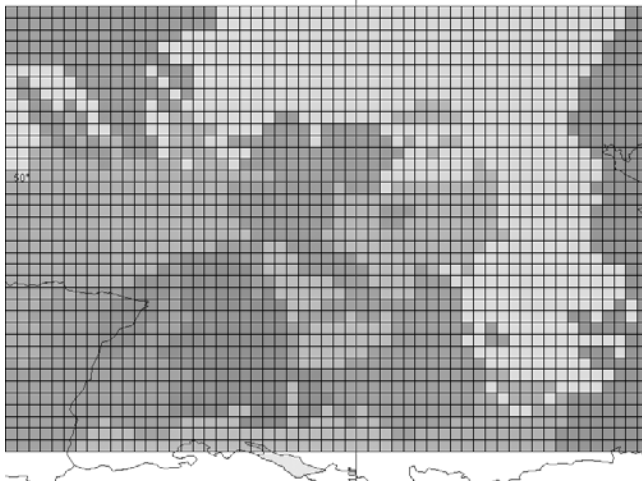
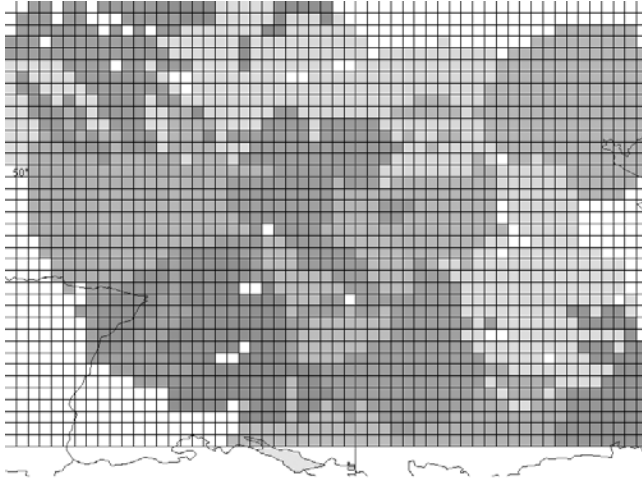


Abb. 8: Die computergestützte Sektorisierung läuft in drei Schritten ab. 1. Sektorisierung 2. Löschen von Sektoren mit zu kleiner Arbeitslast 3. Verbesserung der geometrischen Sektorstruktur

von Arbeitslastdaten und Sektorisierungen und Konverter zum einfachen Importieren und Exportieren der Sektordaten von und zum TAAM-Simulator umgesetzt.

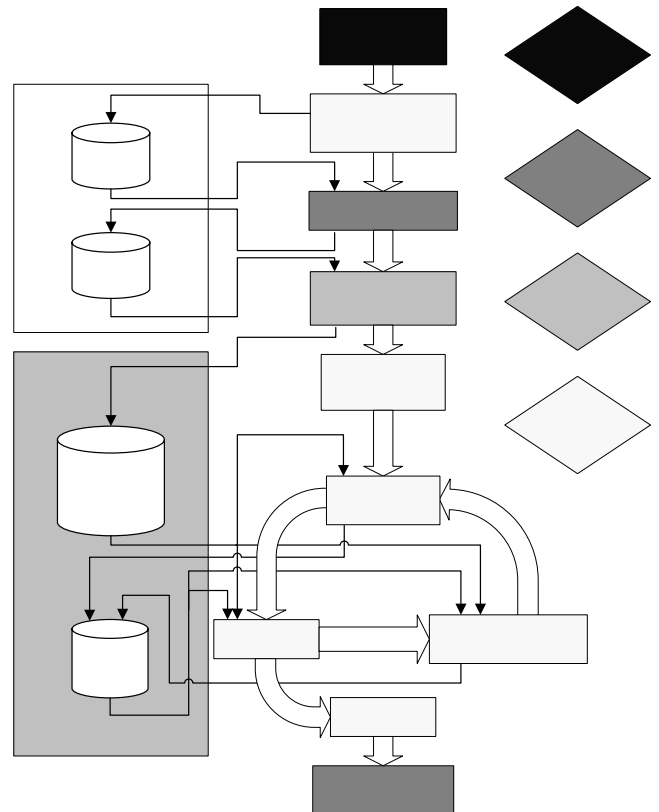


Abb. 9: Ablauf der computergestützten Sektorisierung eines Luftraumes

Ergebnisse

Um die durch den Prototyp Autosector erzeugten Sektoren zu bewerten, müssen sie mit Sektoren der Flugsicherung verglichen werden. Dabei wird der durchschnittliche Arbeitslastwert der Sektoren als Bewertungskriterium herangezogen. Als Vergleichsobjekt dienen die Sektoren des oberen Luftraumes der UAC Karlsruhe, wobei der Sektor ERL und die Ostsektoren weggelassen werden. Die Sektoren stammen, ebenso wie das verwendete Verkehrsbeispiel (Verkehrstag 12.6.2002), aus dem Referenzszenario der Simulation TAAM 53 BRD. Die ausgewählten Sektoren erstrecken sich von FL245 bis UNL.

Für das Programm muss der Einfachheit halber ein Luftraum mit rechteckiger Grundfläche angegeben werden. Da die Sektoren der Flugsicherung den Landesgrenzen bzw. Luftverkehrsströ-

men angepasst sind, existieren keine Lufträume von Niederlassungen, die sich exakt durch ein Rechteck überdecken ließen. Mit den Sektoren von Rhein-Radar wird dennoch versucht, einen Vergleichsluftraum auszuwählen, der möglichst gut durch einen Luftraum mit rechteckiger Grundfläche abgedeckt werden kann.

In Abb. 10 sind grau die Sektoren von Rhein-Radar und dahinter die Teilsektoren für die computergestützte Sektorisierung dargestellt. Der Luftraumquader aus Teilsektoren erstreckt sich von 6.5° bis 10.5° östlicher Länge und 48° bis 51.3° nördlicher Breite. Die Untergrenze der niedrigsten Teilsektoren beträgt 24500ft, die Obergrenze der höchsten 44500ft. Die Verwendung der Obergrenze ist zulässig, da das Verkehrsbeispiel keine Luftfahrzeuge enthält, die oberhalb von FL410 geflogen sind.

Das Raster aus Teilsektoren wird als Sektorstruktur in den TAAM Simulator geladen. Es wird eine Luftraumsimulation des Tages durchgeführt, um die Arbeitslastdaten für die Teilsektoren zu erheben. Mit diesen Daten wird im Prototypen ein Sektorisierungslauf gestartet, wobei das Zeitintervall zwischen 6.00h UTC bis 17:59h UTC betrachtet wird.

Die Abarbeitung des ersten Algorithmus ergibt 19 Sektoren von denen zwei Sektoren bei der Abarbeitung des Algorithmus zur Verbesserung der geometrischen Form der Sektoren gelöscht werden, da der Mindestarbeitslastwert von 40 Arbeitslastpunkten pro Stunde nicht erreicht wird. Die erzeugte Sektorisierung wird für einen weiteren TAAM-Simulationslauf in eine TAAM-Sektordatei gespeichert. Die Ergebnisse dieses Simulationslaufs werden mit dem Reporter ausgewertet und sind in Abb. 12 dargestellt. Sie werden mit den Ergebnissen der Referenzsektoren in Abb. 11 verglichen.

Die Fläche der Sektoren des UAC-Rhein Radar beträgt etwa 75% der Fläche, die automatisch sektorisiert wird (Abb. 10). Die Gesamtarbeitslast ist in beiden Fällen - unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Größe des Gebietes - fast identisch und liegt bei 801.8 Arbeitslastpunkten für die Sektoren von Karlsruhe und bei 1110.1 Arbeitslastpunkten für die anderen. Durch die gleichmäßigere Verteilung der Arbeitslast auf die Sektoren, die Arbeitslast liegt in jedem Sektor zwischen 60 und 70 Arbeitslastpunkten und in den Karlsruher Sektoren zwischen 37 und 70 Ar-

beitslastpunkten, braucht die computergestützte Sektorisierung unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Größe der Gebiete etwa 3 Sektoren weniger.

Dabei wird allerdings in einigen vom Computer berechneten Sektoren die Spitzenarbeitslast von 90 Arbeitslastpunkten deutlich überschritten. Das liegt daran, dass bei der Berechnung der konvexen Hülle zu große Veränderungen an den Sektoren vorgenommen werden.

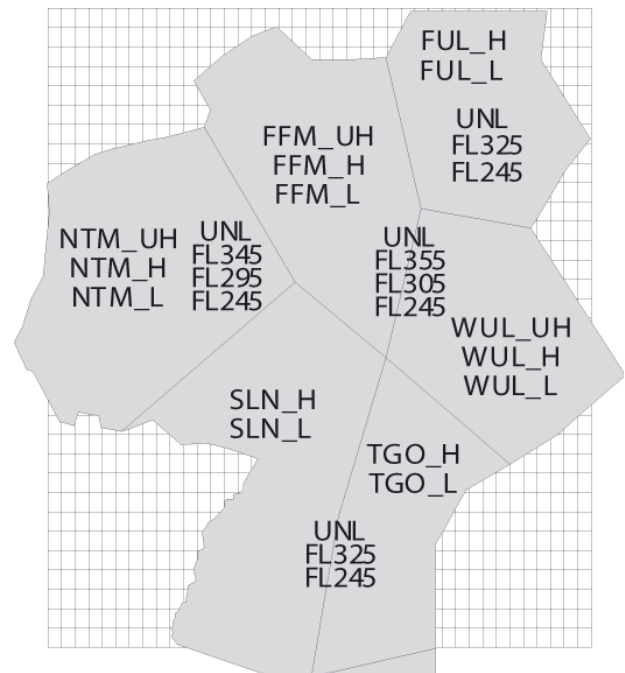


Abb. 10: Darstellung der Sektoren des Messgebietes der UAC Karlsruhe und im Vergleich das Gebiet, das durch Teilsektoren abgedeckt wird und Grundlage für die computergestützte Sektorisierung ist.

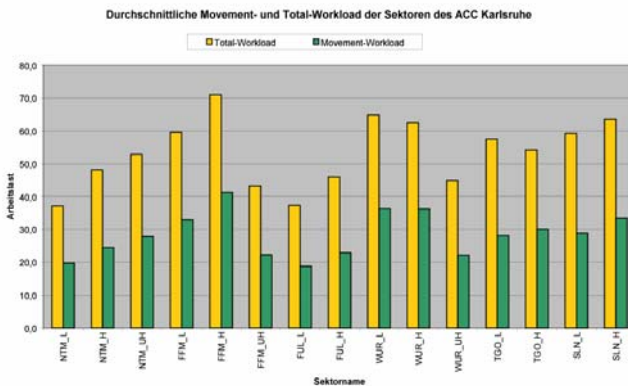


Abb. 11: Durchschnittliche Movement- und Total-Workload der Sektoren der UAC Karlsruhe

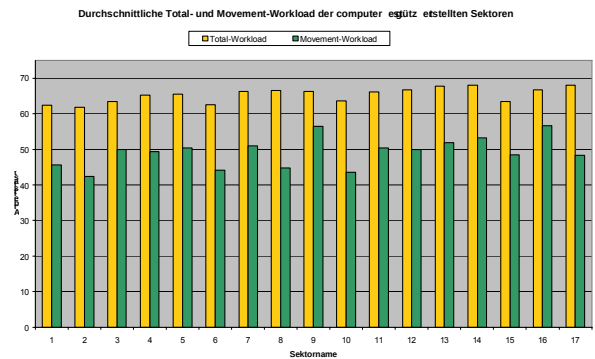


Abb. 12: Durchschnittliche Movement- und Total-Workload der computergestützt erzeugten Sektoren

Zusammenfassung

Ziel unserer Arbeit war es, einen Algorithmus zu entwickeln, der unter Berücksichtigung von Arbeitslastdaten kleine Teilsektoren zu Sektoren zusammenfügt. Die Sektoren sollen die Eigenschaft besitzen, sich sowohl in der Vertikalen als auch in der Horizontalen den Hauptverkehrsströmen anzupassen. Der entwickelte Algorithmus wurde in einem Prototyp umgesetzt, der in der Lage ist, sehr große Lufträume in Sektoren mit gleichförmiger Arbeitslast zu unterteilen. Der Prototyp wurde so konzipiert, dass er mit wenig Aufwand um zusätzliche Funktionen erweitert werden kann.

Literatur

- [1] D. Delahaye, M. Schoenauer, J. M. Alliot, "Air-space Sectoring by Evolutionary Computation", Proceedings of the IEEE International Congress on Evolutionary Computation, Piscataway, NJ, IEEE Press, 1998
- [2] Dac-Huy Tran, Philippe Baptiste, Vu Duong, "From Sets to Geometrical Sectors in the Air-space Sectorization Problem", International Conference RIVF'04 Hanoi
- [3] Huy Trandac, Philippe Baptiste, "Optimized Sectorization of Airspace with Constraints", ATM 2003 R&D Seminar
- [4] Arash Yousefi, George L. Donohue, "Temporal and Spatial Distribution of Airspace Complexity for Air Traffic Controller Workload-Based Sectorization", (AIAA 2004-6455) AIAA 4th Aviation Technology, Integration and Operations (ATIO) Forum 20-22 September 2004, Chicago Illinois
- [5] Alexander Klein, "An Efficient Method for Air-space Analysis and Partitioning Based on Equalized Traffic Mass", ATM 2005 R&D Seminar
- [6] Robert Segewick, "Algorithmen in C++", 5. unveränderte Auflage, Addison-Wesley Verlag, 1999

DFS-Position zu ADS-B

Ergebnis der Arbeitsgruppe „ADS-B vs. Radar in Deutschland“

Heribert Lafferton, Dr. Roland Mallwitz, TEA

Einleitung

In jüngster Zeit hat das Thema Automatic Dependent Surveillance Broadcast, insbesondere vor dem Hintergrund erster operationeller Implementierungen, wieder verstärkt Eingang in Diskussionen über eine mögliche Nutzung dieser neuen Technologie zur Luftraumüberwachung auch im deutschen Luftraum gefunden. Ende 2005 erteilte daher der Geschäftsführer Technik der DFS dem Bereich Forschung und Entwicklung den Auftrag, einen Vorschlag zur Positionierung der DFS zu „ADS-B in/für Deutschland - als Ergänzung zu oder Ablösung von (Sekundär-) Radar“ zu erarbeiten. Dieser Vorschlag sollte zum einen ein mögliches Einführungsszenario für ADS-B im Bereich der DFS aufzeigen sowie die Basis einer strategischen Ausrichtung und einheitlichen Interessenvertretung liefern. Die Arbeitsgruppe konnte im Oktober 2006 ihren Auftrag abschließen.

Die wesentlichen Ergebnisse dieser Arbeiten wurden am 27.04.2007 der DFS-Systemkommission ausgehändigt, welche diese wie vorgeschlagen verabschiedet hat. (Anmerkung: Die Ergebnispräsentation für die DFS-Systemkommission finden sich im DFS Intranet, F&E-Portal³)

Parallel hierzu erfolgten bereits erste Präsentationen der Ergebnisse und Vorschläge der Arbeitsgruppe in internationalen Gremien, Arbeitsgruppen und Konferenzen. Nachfolgend abgedruckt ist das Manuskript eines diesbezüglichen Vortrages auf dem von der Deutschen Gesellschaft für Ortung und Navigation (DGON) veranstalteten "International Symposium Enhanced Solutions for Aircraft and Vehicle Surveillance (ESAVS)", der in dieser Form auch von der DGON (Deutsche Gesellschaft für Ortung und Navigation) veröffentlicht wurde ([1])⁴.

³ Die Ergebnispräsentation findet sich im DFS-Intranet, TE-Dokumentendatenbank (Indexkarte Nr. VT-2007-07)

⁴ Die Vortragsfolien finden sich im DFS-Intranet, TE-Dokumentendatenbank (Indexkarte Nr. PB-2007-01)

Introduction

Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B) is advancing in many parts of the world as a new surveillance technology. The high density airspace over Germany places particular demands on the surveillance infrastructure which have been met, and are still being met, by a state-of-the-art, recently modernised, radar network. Could ADS-B be a candidate to enhance or even replace the current radar infrastructure in Germany? This question was analysed in 2006 by an internal multidisciplinary study group of the DFS Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS). The findings and results achieved are presented in this paper addressing the following topics:

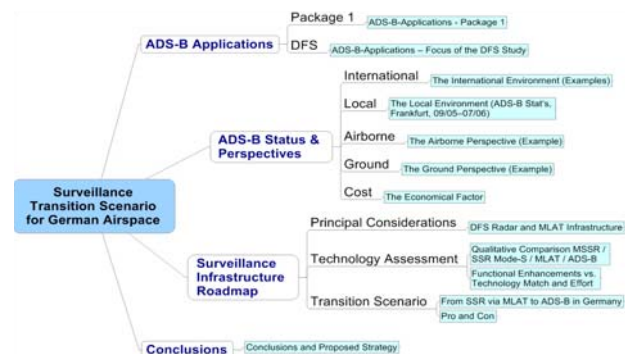


Fig. 1: Outline

ADS-B Applications

Many ideas have evolved over the past years how to apply ADS-B in order to overcome known restrictions of the current air traffic management (ATM) system, to improve system performance or to enable new applications in the future. Broad consensus has been reached during recent years on a well defined set of ground surveillance applications and airborne surveillance applications for ADS-B known as „Package 1“. These applications address different types a airspace and require different capabilities both on board the aircraft and on the ground:

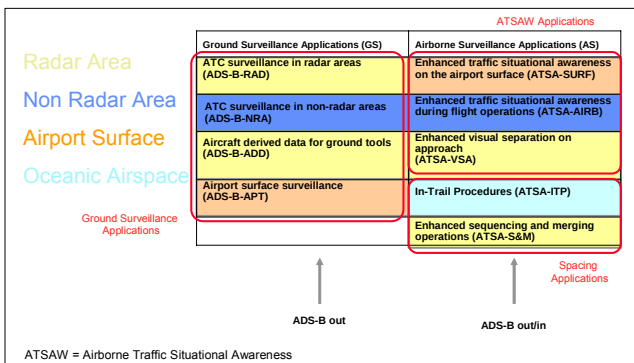


Fig. 2: ADS-B-Applications – Package 1

The DFS study group considered all of these candidate applications in the context of the further evolution of the European air traffic management (ATM) system, focusing however on the air traffic control (ATC) surveillance in radar areas application according to the task given to it:

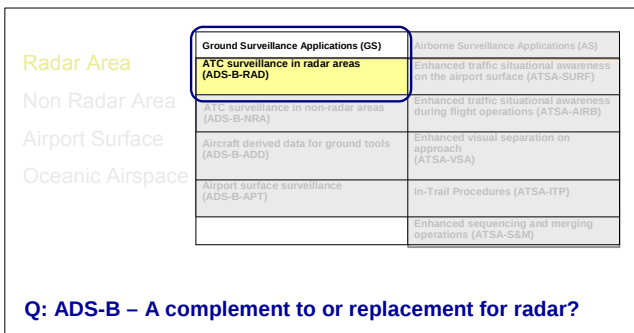


Fig. 3: ADS-B-Applications – Focus of the DFS Study

ADS-B Status and Perspectives: The International Environment

The study started with looking at the current status of the ADS-B standardisation, regulation and major implementations activities. Standardisation has been progressing rapidly, both by ICAO and other standardisation organisations. A number of small and large scale trial programmes have successfully been concluded and impressive implementation projects have been launched in different parts of the world, amongst which the following examples were highlighted by the study group:

Standardisation, regulation:

- ICAO technical and operational standards and guidance material for ADS-B „radar like“ services existing or well under way
- Industry standards (MASPS, MOPS, DO-..., ED-...) existing or under way
- European Implementing Rules and Community Specifications planned

Early operational use:

- Australia: Bundaberg Trial Region - since spring 2006
Domestic upper airspace - expected to start later this year
- USA: Anchorage ARTCC since January 2001
- Sweden: Kiruna region - expected to start later this year

Implementation programmes:

- Australia: ATLAS project to extend ADS-B coverage to lower airspace (including possible replacement of existing en-route SSRs)
- USA: ADS-B national deployment
- Europe: EUROCONTROL CASCADE ("Co-operative ATS through Surveillance and Communication Applications Deployed in ECAC") Programme

Fig. 4: The International Environment (Examples)

ADS-B Status and Perspectives: The Local Environment:

The DFS has been actively involved in the development and trials of ADS-B since the mid 1990's and currently runs state-of-the-art ADS-B equipment in the communications, navigation, surveillance (CNS) laboratory of its research and development centre. As part of its ADS-B related activities the DFS is using this equipment to continuously record secondary surveillance radar (SSR) and ADS-B transmissions in the airspace covered by its ADS-B trials ground stations located in Langen, and temporarily also on other selected sites. This data is used for regular statistical analyses. It shows that already today 40% to 60% of all SSR Mode S equipment aircraft in a major part of the German airspace are transmitting ADS-B messages or are at least capable to do so, with an almost constant increasing rate of 4-5% per month (see Fig. 5).

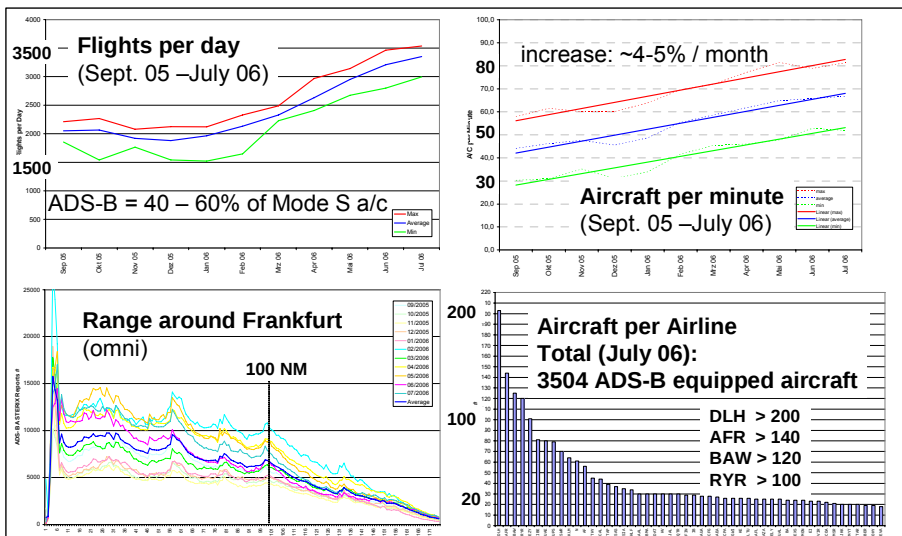


Fig. 5: The Local Environment (ADS-B Stat's, Frankfurt, 09/05–07/06)

It is worthwhile noting that they all are leading to the implementation of ADS-B in an evolutionary way responding to increasing requirements.

The Economical Factor

In addition to its functional capabilities ADS-B is being advertised as a significant cheaper surveillance solution than radar. However all known cost estimates differ from each other in partly significant amounts. In order to determine the true cost of ADS-B first of all the relevant

cost elements for the specific airborne and ground environment need to be identified:

The ADS-B Airborne and Ground Perspectives

Major aircraft as well as ATC ground equipment manufactures have already developed their respective ADS-B roadmap. Two examples are the roadmaps set up by Airbus and Thales:

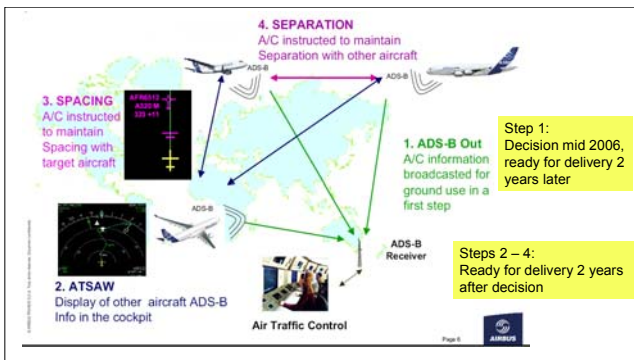


Fig. 6: The Airborne Perspective (Example)

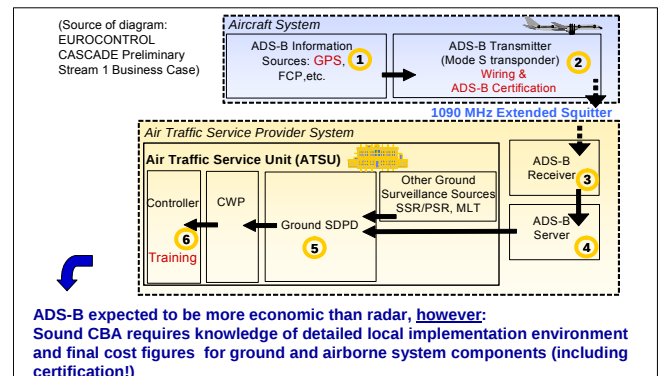


Fig. 8: The Economical Factor

Not all of the shown cost elements need to be considered in a specific environment, and for a specific cost element not always the same amount applies. Therefore the determination of the cost for the introduction of ADS-B as an operational surveillance solution in Germany, and thus the creation of a reliable cost benefit assessment, requires a deeper analysis than the study group was able to perform in the short time given to them. Nevertheless the group expects clear financial benefits from an ADS-B based surveillance system.

The Surveillance Infrastructure Roadmap: DFS Radar and MLAT Infrastructure

The DFS currently operates a state-of-the-art radar network providing even multiple coverage

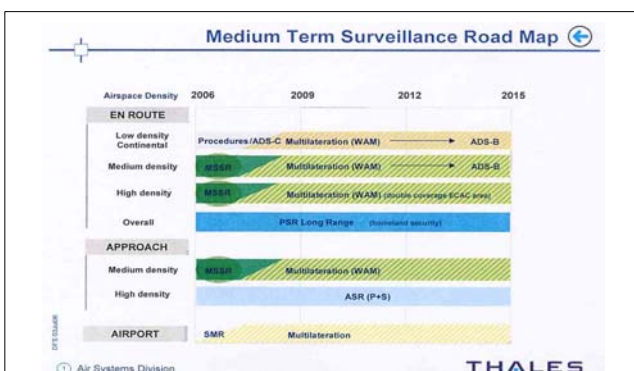


Fig. 7: The Ground Perspective (Example)

in most parts of the controlled airspace. A radar modernisation programme was just recently concluded and a Mode S implementation project is about to finish soon. At the same time multilateration (MLAT) is being implemented as an advanced surveillance solution on some German airports. Further activities to extend MLAT coverage into approach and en-route airspace has also started. It should be noted that all MLAT systems available on the market today are also capable to process ADS-B messages (see Fig. 9):

	Position accuracy	Update rate	CIA 1)	Capability to transmit additional parameters	Air-to-ground	Air-to-air	Need for additional airborne equipment	Controlled by ANSP	Controlled by aircraft operator	Cost for ANSP 2)
MSSR ³⁾	0	0	→	0	✓			✓		→
SSR Mode S	0	0	→	+/++ ⁴⁾	✓			✓		→
MLAT	0/+	++	↗	0/+/++ ⁵⁾	✓			✓		↗
ADS-B	++	++	↘	++	✓	✓	✓		✓	↘

Remarks:
1) Confidentiality, Integrity, Availability
2) Air Navigation Services Provider
3) Monopulse SSR
4) Same data elements defined for Mode S Enhanced Surveillance and ADS-B except position
5) Depending on the transmitted and processed aircraft data (can also be actively interrogated from the aircraft)

Significant open issue (red circle)
Significant advantage/benefit (green circle)

Fig. 10: Qualitative Comparison MSSR / SSR Mode S / MLAT / ADS-B

- DFS currently operates 29 radar stations.
- Current **Primary surveillance radar (PSR)** throughout German en-route airspace is expected to continue, based on military requirements.
- Integration of **Secondary Surveillance Radar (SSR)** equipment into the existing PSR infrastructure requires relatively little additional effort and cost.
- Due to the high demands on surveillance performance in terminal control areas (TMA) a combined PSR / SSR Mode S infrastructure is expected to be maintained for some time in the future.
- **Multilateration (MLAT)** as a new surveillance technology is advancing and becoming successful in the market (current implementations for airport and final approach surveillance, wide-area multilateration field trials under preparation).
- All known multilateration systems today are also capable to receive and process ADS-B data.
- Multilateration systems do not require any additional on-board equipment.
- With the **Mode S Enhanced Surveillance** mandate becoming effective, „ADS-B out“ capable avionics will also become available with no or relatively little additional cost.

Fig. 9: DFS Radar and MLAT Infrastructure

Qualitative Comparison MSSR / SSR Mode S / MLAT / ADS-B

Given the different options for a high performance surveillance infrastructure it is important to note that there are clear differences between these technology options with respect to certain system characteristics. The analysis carried out by the study group not only revealed visible advantages and benefits of both MLAT and ADS-B but also identified still unresolved questions about how to cope with increasing requirements for integrity and availability as the most significant open issue with respect to ADS-B:

Functional Enhancements vs. Technology Match and Effort

In order to determine which surveillance technology might in the future best be suited for our airspace, the foreseen functional enhancements of the ATM system as such have to be known. This then allows matching the specific system properties of the candidate surveillance options with the required ATM functional requirements. The qualitative analysis performed by the study group shows that the “traditional” radar technology will not be able to fully support very advanced ATM concept implementations, and that new means of surveillance such as MLAT or ADS-B have to be phased in in due time to allow the planned functional evolution of the ATM system. Providing the required support for the most advanced concepts including airborne spacing and separation applications, and in particular autonomous flight operations, the only enabling surveillance technology amongst those investigated is ADS-B:

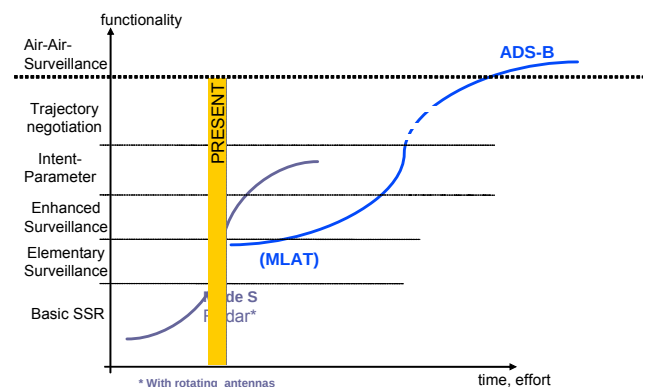


Fig. 11: Functional Enhancements vs. Technology Match and Effort

From SSR via MLAT to ADS-B in Germany

From the previous findings the answer to the question given to the study group became quite obvious. As the final result the group recommends a stepwise transition towards the use of ADS-B in German airspace in the timeframe from today until the year 2025. In this scenario MLAT will be an indispensable element to facilitate both the transition to ADS-B (steps 2-5) and the operational ADS-B phase (step 6) itself:

Phase	Year	Technology	Remarks
1	2006	PSR, MSSR, Mode S	Detection + Identification
2	2008	PSR, MSSR, Mode S; PAM, MLAT; (ADS-B)	PAM, MLAT = „gap filler“ ADS-B = experimental (small scale)
3	2009	PSR, MSSR, Mode S; MLAT, WAM; (ADS-B)	RMCDE, ARTAS = MLAT(+ ADS-B) compatible, ADS-B = experimental (large scale)
4	2015	PSR, Mode S; MLAT, WAM; ADS-B	Successive removal of MSSR, ADS-B getting into operational use
5	2020	PSR (Mode S collocated); MLAT, WAM; ADS-B	
6	2025	PSR; MLAT, WAM; ADS-B	PSR functionality not necessarily being based on radar technology

Remarks:
1) ADS-B link according to international recommendations
(= 1090 MHz Extended Squitter)
2) MLAT and ADS-B using the same ground infrastructure
3) MLAT being used earlier for airport surface surveillance

ARTAS = ATM Surveillance Tracker and Server
PAM = Precision Approach Monitor
RMCDE = Radar Message Conversion and
Distribution Equipment
WAM = Wide-Area Multilateration

Fig. 12: From SSR via MLAT to ADS-B in Germany

Conclusions and Proposed Strategy

Concluding its task the study group proposed the following ADS-B strategic orientation for adoption by the DFS:

- ADS-B is a powerful technology with a high potential to optimise the current surveillance infrastructure and to enable future surveillance applications (air-to-ground and air-to-air).
- The DFS takes part in the development of ADS-B and ADS-B applications in a pro-active manner.
At the same time the DFS fosters and continues the implementation of multilateration where ever this proves beneficial. With that, the DFS continues advancing its surveillance system independent from further implementation decisions by the aircraft operators.
- The resulting (MLAT) infrastructure will be used for gaining further experience with ADS-B and monitoring the progress of the airborne equipment rate, capabilities and performance.
All necessary measures will be prepared for the timely introduction of ADS-B, once the cost-benefit ratio and safety assessment appear satisfactory.

Fig. 14: Conclusions and Proposed Strategy

Literatur

- [1] Symposiums-CD mit allen Unterlagen von der Konferenz ESAVS 2007 der DGON (liegt beim Autor H. Lafferton vor)

Pro and Con

In summary, the proposed phased transition scenario provides impressive advantages, while at the same time reducing possible problems or irresolvable issues to a minimum:

Advantages: ■ Independent from further avionics evolution through usage of MLAT ■ Inherent integrity through combination of ADS-B with MLAT ■ Tends to result in higher safety level due to dissimilar redundancy ■ High degree of compatibility with schedules of related international programmes (e. g. USA), with avionics roadmaps (e. g. Airbus) and with expected ATM systems development ■ Not requiring any new (early) equipage mandate, thus avoiding early additional investments by aircraft operators ■ Financially secure investment for ground infrastructure (MLAT systems offer inherent ADS-B capability) ■ Evolutionary transition ■ Similarly applicable to en-route airspace, terminal control area and airport surface (e. g. PSR + MLAT supporting Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems) ■ ... Disadvantages, open issues: ■ Possibly increased complexity for the MLAT system(s) ■ Possibly increased cost for the MLAT system ■ Further progression of SSR channel load (1090 MHz) ■ ...

Fig. 13: Advantages and Disadvantages

EU-Projekt "Single European Sky Implementation support through Validation": Episode 3

Dr. Thomas Bierwagen, TEH

Einleitung

Im April 2007 wurde in Brüssel mit dem durch die Europäische Kommission im 6. Rahmenforschungsprogramm geförderten Projekt „Single European Sky Implementation support through Validation“ – oder kürzer und als Arbeitstitel verwendet: "Episode 3" – ein neues, großes europäisches ATM Forschungsprojekt gestartet. Es steht in der Tradition von Programmen wie "TORCH", "AVENUE", "Gate-to-Gate" und "C-ATM", an denen die DFS ebenfalls maßgeblich beteiligt war. Ziel des Projektes "Episode 3" ist die Validierung von ersten Teilen des SESAR Concept of Operations. Damit beginnt dieses Projekt bereits mit der Arbeit, die später durch das SESAR Gemeinschaftsunternehmen in der SESAR Development Phase fortgeführt werden soll.

Die DFS nimmt in "Episode 3" die Arbeitspaketleitung für das WP4 "En-route and Traffic Management" wahr. Gleichzeitig führt die DFS im Rahmen dieses und der weiteren validierenden Arbeitspakete zu den Themengebieten „Collaborative Planning“ und „E-TMA/TMA and Airport“ umfangreiche Validierungsarbeiten durch, die sich insbesondere auf Schnellzeit- und Realzeitsimulationen abstützen.

Rahmenbedingungen des Projektes

Das Projekt hat eine Laufzeit von 40 Monaten und ist in zwei Teilabschnitten angelegt. Im ersten Teilabschnitt – Cycle 1 genannt – wird zunächst das SESAR Concept of Operations so weit detailliert und mit sogenannten „Detailed Operational Descriptions“ (DoDs) untersetzt, dass eine Validierung z.B. im Rahmen einer

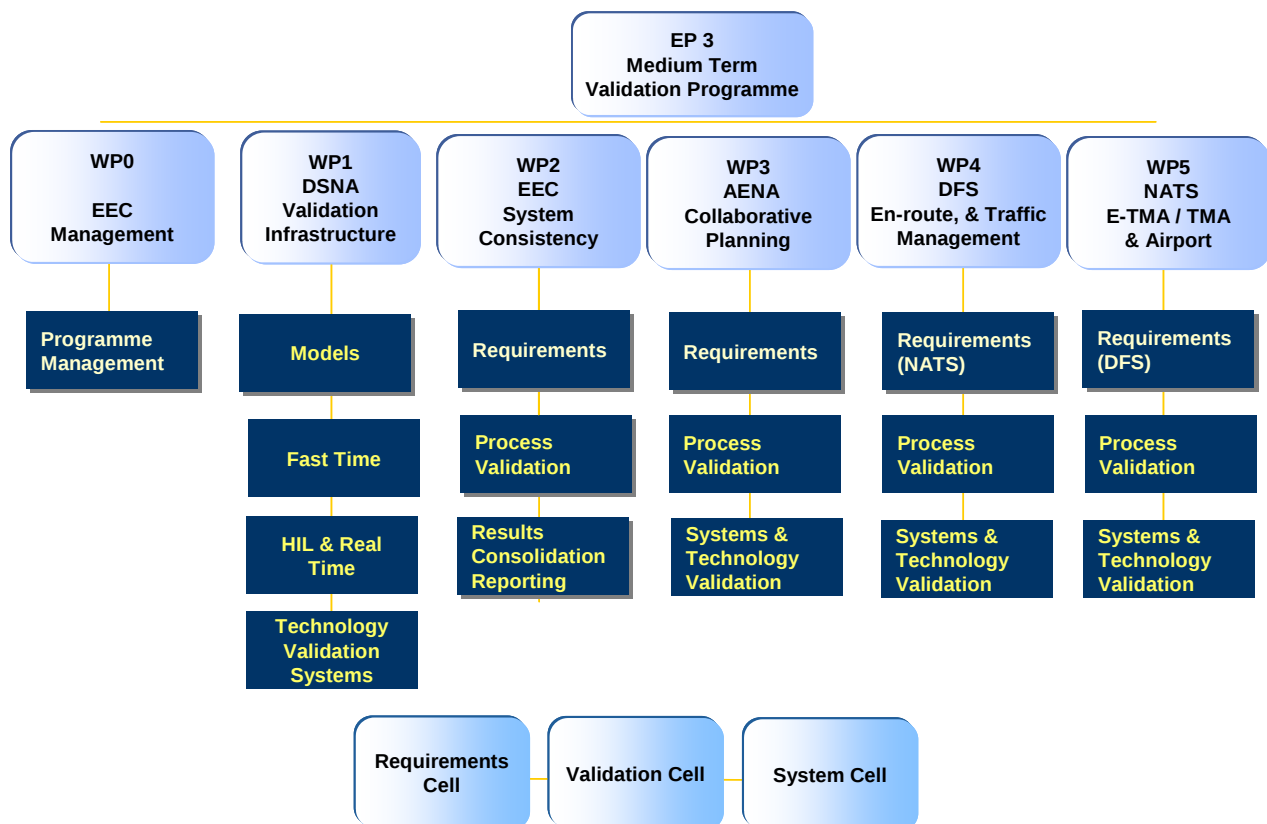


Abb. 1: Episode 3 Arbeitspaketstruktur

Schnellzeit- oder Realzeitsimulation möglich wird. Darauf aufbauend werden zunächst generische Validierungen durchgeführt, die insgesamt die Machbarkeit von Teilen des SESAR Concept of Operations untersuchen. Im zweiten Teilabschnitt (Cycle 2) werden dann die Ergebnisse der generischen Validierung in konkrete lokale Anwendungsfelder gebracht und einer lokal orientierten Validierung unterzogen. Nimmt man als Beispiel aus dem SESAR Concept of Operations das Element „4D Contract Operations“ heraus, so bedeutet das:

- In Cycle 1 wird die generelle Machbarkeit von „4D Contract Operations“ in einem abstrakten Luftraum und der grundsätzliche Beitrag zu den Zielen untersucht
- In Cycle 2 wird untersucht, ob „4D Contract Operations“, weiterentwickelt auf Grund der Erkenntnisse aus Cycle 1, z.B. in Karlsruher oder Maastrichter Luftraum auch konkret funktioniert und Vorteile bringt

Insgesamt sind 24 europäische Partner an dem Projekt beteiligt. Die Projektgruppe setzt sich aus Flugsicherungsdienstleistern, Forschungszentren, Industriepartnern und Consultingpartnern

zusammensetzen. Am gesamten Projektvolumen von 33 M€ ist die DFS mit einem Gesamtvolumen von 2.65 M€ und einer Fördersumme von 1.37 M€ beteiligt.

Im Vordergrund für die ersten Arbeiten steht die Synchronisierung mit den derzeit vorliegenden Ergebnissen von SESAR. Insbesondere das SESAR Concept of Operations ist dabei wichtige Quelle für alle Validierungsarbeiten. Aber auch die Ergebnisse aus dem SESAR Deliverable D2 (z.B. Performance Requirements) werden analysiert und für die Validierungsarbeiten betrachtet.

Obwohl das Projektziel die Validierung des SESAR Concept of Operations ist, werden die Partner in der gegebenen Zeit und den vorhandenen Rahmenbedingungen allerdings nicht alle Teile vollständig validieren können. In genau diesem Licht wird das Projekt allerdings auch von der EU-Kommission gesehen: es ist ein erster Schritt in Richtung der Arbeiten, die ab nächstem Jahr vom SESAR Gemeinschaftsunternehmen weitergeführt und ausgebaut werden sollen. Folgerichtig soll die Steuerung des Projektes Episode 3 baldmöglichst von der EU-Kommission (DG TREN) an das SESAR Gemeinschaftsunternehmen übergeben werden.

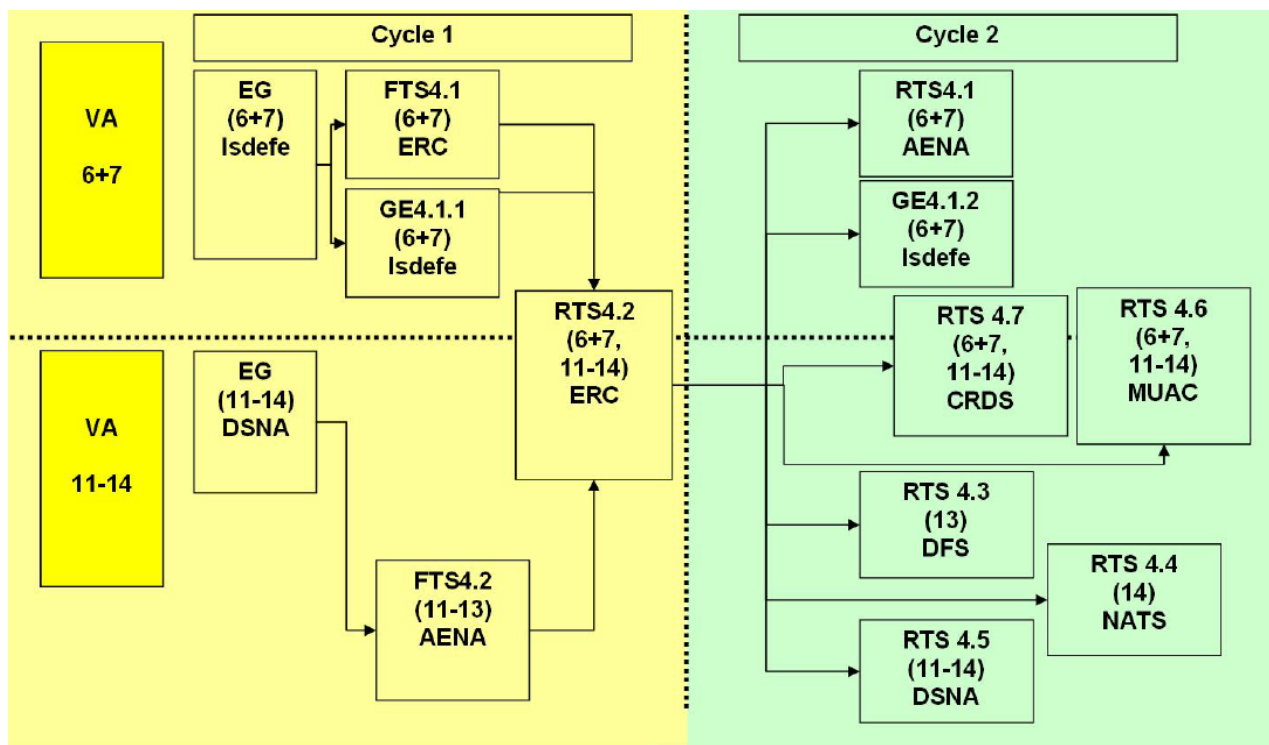


Abb. 2: Sequenz und Vernetzung der Validierungsaktivitäten am Beispiel des WP4

Validierungsarbeiten

Da das SESAR Concept of Operations im Rahmen des SESAR Deliverables D3 erst Anfang Juli 2007 fixiert sein wird, werden die konkreten Validierungsvorhaben noch einmal einen Abgleich mit diesem Concept of Operations erfahren. Insgesamt wird die Struktur des Projektes (s. Abb. 1) aber ebenso stabil bleiben wie die geplante Reihenfolge der Validierungsarbeiten (s. Abb. 2). Insgesamt ergibt sich so eine hohe Vernetzung der Arbeiten innerhalb der Arbeitspakete wie auch über die Arbeitspaketgrenzen hinweg. Gleichzeitig findet eine Weiterentwicklung der Validierungsmethodik statt – z.B. durch die erstmalige Anwendung sogenannter Gaming Exercises im ATM Umfeld.

Weitere Informationen zu diesem Projekt stehen im F&E-Portal des DFS-Intranets zur Verfügung. Für weitere Fragen wenden Sie sich bitte an den Projektleiter, Dr. Thomas Bierwagen, Tel. 06103 707 5794.

Abkürzungen

ATM	Air Traffic Management
SESAR	Single European Sky ATM Research
DoD	Detailed Operational Description
DG TREN	Direction Generale Transport and Energy
VA	Validation Area
EG	Expert Group
GE	Gaming Exercise
FTS	Fast Time Simulation
RTS	Real Time Simulation

Impressum:

TE im Fokus - Informationen aus dem Bereich Forschung und Entwicklung der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH („Forschungszeitschrift“).

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) sowie über das DFS Intranet, Bereich „Dokumentation“ 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),
Dr. Thomas Bierwagen (thomas.bierwagen@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.