



1/08

05.06.2008

ISSN 1861-6364
(Printversion)

ISSN 1861-6372
(Internet-Version)

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

In dieser Ausgabe:

- FAB EC - Functional Airspace Block European Central: Ergebnisse der Schnellzeitsimulation
- Das Radio Field Monitor (RFM) Projekt - Empfang, Aufzeichnen und Analyse von Signalen im SSR Frequenzband
- Abschluss des Vorhabens „Kooperatives Air Traffic Management“
- Auswertungsmöglichkeiten von Simulatoreaufzeichnungen
- Das ATM Simulatorzentrum auf der ATC Global 2008
- TE und die Herausforderung „Human Factors“



DFS Deutsche Flugsicherung

Inhalt

Jochen Zeller, André Hückelkempken

FAB EC - Functional Airspace Block European Central:

Ergebnisse der Schnellzeitsimulation 2

Steffen Marquard

Das Radio Field Monitor (RFM) Projekt - Empfang, Aufzeichnen und Analyse von

Signalen im SSR Frequenzband 11

Dr. Rainer Kaufhold

Abschluss des Vorhabens „Kooperatives Air Traffic Management“ 16

Stefan Schick Tanz, Stefan Tenoort

Auswertungsmöglichkeiten von Simulatoreaufzeichnungen..... 24

Oliver Ruehl, Michael Slotty

Das ATM Simulatorzentrum auf der ATC Global 2008..... 28

Stefan Tenoort

TE und die Herausforderung „Human Factors“ 30

Impressum..... 34



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

FAB EC - Functional Airspace Block European Central

Ergebnisse der Schnellzeitsimulation

Jochen Zeller, André Hückelkempken, TES

Hintergrund

Um dem anhaltenden Wachstum des Luftverkehrs in Europa und den sich damit verändernden Anforderungen gerecht zu werden, rief die Europäische Kommission die Initiative ‚Single European Sky‘ (SES) ins Leben.

In diesem Zusammenhang fordert die Europäische Kommission von den Flugsicherungsorganisationen (ANSP) die Einrichtung von sogenannten Functional Airspace Blocks (FAB), die größere Lufträume unter Vernachlässigung der nationalen Grenzen zusammenfassen. Ziel ist die Verbesserung der Zivil-Militärischen Kooperation und einer Steigerung der Kapazität und Kosteneffizienz unter Beibehaltung des Sicherheitsniveaus.

Sieben ANSP in sechs Staaten sowie deren militärische Partner wurden mit einer Machbarkeitsstudie zur Einrichtung des FAB European Central (FAB EC) beauftragt. Ziel ist es umfassende, leistungsorientierte Lösungen zur Umgestaltung eines der meistbeflogenen Lufträume zu finden, um den Anforderungen des Wirtschaftswachstums unter Berücksichtigung von Umweltaspekten Rechnung zu tragen.

Partner dieses Projekts sind:

Civil	Military
Belgium, Belgocontrol	Belgium Air Force
France, DGAC/DSNA	French Air Force
Germany, DFS	German Air Force
Luxembourg, LuxATC	Royal Netherlands Air Force
The Netherlands, LVNL	Swiss Air Force
Switzerland, Skyguide	
Maastricht Upper Area Control Centre	

Das FAB EC Projekt

Um die genannten Ziele zu erreichen wurde neben sechs weiteren Arbeitsgruppen das sogenannte Arbeitspaket ‚Airspace Design – WP1.2‘ geschaffen.

Die Aufgaben der Airspace Design Group waren

1. die Entwicklung einer Luftraumstruktur, mit kurzfristig umsetzbaren Verbesserungsmaßnahmen – Zeithorizont bis 2013,

2. die Entwicklung einer Luftraumstruktur, um langfristig den Anforderungen gerecht zu werden – Zeithorizont ab 2018.

Die Überprüfung, inwieweit eine neu geplante Luftraumstruktur im Hinblick auf die kurzfristigen Entwicklungen bis zum Jahr 2013 den Luftraumnutzern und den ANSP Nutzen bringt, war Aufgabe der Schnellzeitsimulation.

Beginn der Studie / Ablauf

Die Airspace Design Group traf sich erstmals Ende November 2006. Bei diesem Treffen wurden die Vorgaben und Anforderungen geklärt.

Aufgrund des ambitionierten Zeitplans und der Größe des zu bearbeitenden Luftraums wurde entschieden, nicht das gesamte Gebiet des FAB EC im Rahmen der Schnellzeitsimulation zu betrachten. Stattdessen wurde der Fokus auf einzelne Gebiete mit hoher Komplexität und Verkehrsdichte, sogenannte ‚Hotspots‘ gelegt. Aus Sicht der Experten betrifft dies insbesondere die Gebiete um die Waypoints ARKON/RKN, NTM/DIK und TRA.

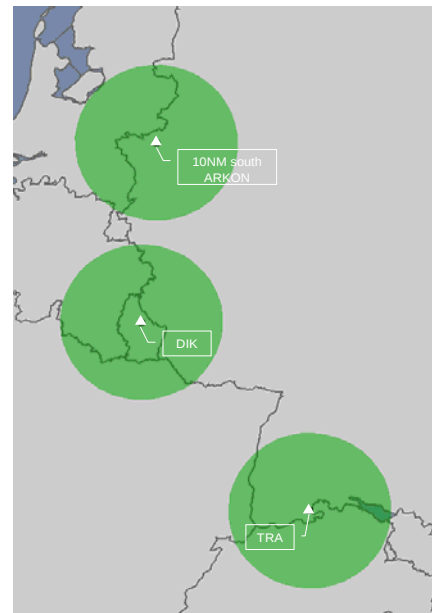


Abbildung 1: Hotspots

Die Simulationsdurchführung erfolgte in einer engen Partnerschaft zwischen den Schnellzeitsimulationsabteilungen von Skyguide und der DFS. Zur

Analyse der Luftraumstruktur wurde das Schnellzeitsimulationsprogramm TAAM – Total Airport and Airspace Modeller verwendet. Die zu simulierenden Lufträume wurden so aufgeteilt, dass die Simulationsexperten der DFS den nördlichen Teil des Simulationsgebietes („Nord-Paket“) simulierten. Dies umfasste die beiden Hotspots ARKON/RKN und NTM/DIK.

Die Kollegen von Skyguide waren für den Hotspot TRA („Süd-Paket“) verantwortlich.

Da sich die Hotspots NTM/DIK und TRA in ihren Planungsschritten stark beeinflussten und um eine einheitliche Vorgehensweise im Aufbau der Simulation zu gewährleisten, wurden die Simulationsdaten nahezu täglich zwischen den beiden Simulationsteams abgestimmt und ausgetauscht.

Zur Analyse der Auswirkungen einer neuen Luftraumstruktur, wurden zwei Simulationsszenarien entwickelt:

- Ein Referenz-Szenarium (REF), das als Vergleichsbasis dient und die Luftraumstruktur zu Beginn der Studie (Ende Jahr 2006) abbildet.
- Ein Future-Szenarium (FUT), das auf einer neuen Luftraumstruktur bei gleicher Verkehrsmenge wie das REF basiert.

Für jedes Simulationsszenarium (REF & FUT) und zur Validierung der Simulationsergebnisse wurde durch das Schnellzeitsimulationsteam zusammen mit den Experten jeweils ein umfangreiches einwöchiges Abnahmetreffen durchgeführt, sodass alle Beteiligten jederzeit über den Verlauf und den Inhalt der Simulation informiert waren.

Verkehrsbeispiel

Alle Partner einigten sich darauf einen typischen Verkehrstag für beide Simulationsszenarien zu wählen. Vorteil bei dieser Vorgehensweise ist eine bessere Vergleichbarkeit hinsichtlich der zu erhebenden Simulationsdaten. Dies erlaubt Rückschlüsse, ob die neue Struktur (FUT) bei gleichem Verkehrsaufkommen Vorteile gegenüber der heutigen Struktur – Referenz-Szenarium – bietet. Würden gleichzeitig Änderungen in der Luftraumstruktur und am Verkehrsbeispiel vorgenommen, wäre ein unmittelbarer Vergleich der Simulationsszenarien deutlich schwieriger.

Letztlich wurde von den beteiligten ANSP der 13. September 2006 als ein typischer Spitzentag ausgewählt. Die CFMU stellte die Flugplandaten

dieses Tages den Schnellzeitsimulationsexperten zur Verfügung.

Da die Machbarkeitsstudie auch die Anforderungen der militärischen Partner beinhaltete, wurde von Seiten der Militärs ein sogenannter ‚Airspace Use Plan‘ (AUP) zur Verfügung gestellt. Aus diesem gehen die Aktivierungszeiten der einzelnen militärischen Übungsgebiete und die Art der Nutzung hervor.

Randbedingungen

Neben dem Verkehrsbeispiel wurden eine Reihe weiterer Randbedingungen für die Simulation mit den beteiligten ANSP festgelegt, u.a.

- West-Wind Operation der Flughäfen für beide Simulationsszenarien
- 5NM laterale/1000ft vertikale Staffelung im En-route Bereich
- 2,5 bzw. 3NM laterale/1000ft vertikale Staffelung im Flughafennahbereich
- RVSM Staffelung
- Wirbelschuppenstaffelung.

Auswertekriterien

Gemeinschaftlich wurden vom Simulationsteam und den Mitgliedern der Airspace Design Group verschiedene Auswertekriterien zur Analyse des potentiellen Nutzens des FAB EC vereinbart.

Für die Auswertung wurde ein Auswertezeitraum von 04:00 bis 20:00 Uhr UTC festgelegt und dafür folgende Daten aus den Simulationsaufzeichnungen extrahiert und bewertet:

- Verkehrsdichte
Diese Auswertung zeigt in grafischer Weise welcher ATS-Streckenabschnitt wie stark frequentiert ist. Dazu bietet die eingesetzte Analysesoftware verschiedene Filtermöglichkeiten, wie z. B. Verkehrsdichte in bestimmten Höhenbändern.
- Konfliktpotential
Der Simulator zeichnet jeden in der Simulation auftretenden Konflikt auf und erlaubt im Nachgang zur Simulation eine detaillierte Auswertung potentieller Annäherungen von Luftfahrzeugen.

- **Movements**
Die Anzahl der Flugbewegungen in einem Sektor pro Stunde ist ein wichtiges Kriterium, um die zu kontrollierende Verkehrsmenge eines Sektors abschätzen zu können. Die Auswertung der Flugbewegungen je Sektor ist wiederum unterteilt in eine Betrachtung der durchschnittlichen und maximalen Anzahl zu kontrollierender Flugbewegungen. Weiterhin wird die Anzahl der maximal gleichzeitig zu kontrollierenden Flugbewegungen im Sektor (maximum instantaneous movements) ausgewiesen.
- **Workload**
Die Berechnung der Sektorbelastung basiert auf einem generischen Arbeitslastmodell, welches die Ausgaben des Simulationstools verarbeitet. Das Arbeitslastmodell wird weltweit von den TAAM-Nutzern zur Analyse von Luftraummodellen bzw. Gutachten genutzt. Die Ermittlung der Arbeitslast eines Kontrollsektors setzt sich aus den Komponenten
 - der Anzahl an Flugbewegungen und deren Verweildauer,
 - der Anzahl und Gewichtung potentieller Konflikte
 - der Anzahl an Koordinationseinheiten sowie
 - dem Einfluss von Vertikalbewegungen zusammen.
- **Average flight time per sector**
Die Erfassung der durchschnittlichen Sektordurchflugzeit erlaubt Rückschlüsse auf die zu erwartenden Produktivität eines Kontrollsektors (EUROCONTROL Working Paper „Cost Effectiveness and Productivity KPI“). Im Hinblick auf gute Produktivitätswerte ist es wünschenswert, dass sich
 1. die Kontrollsektoren entlang der Hauptströme ausrichten,
 2. die Kontrollsektoren dem Flugprofil der Luftfahrzeuge folgen und
 3. somit die durchschnittliche Verweildauer je Kontrollsektor hoch ist.

In Anlehnung an die Vorgaben des ‚EUROCONTROL Manual for Airspace Planning‘ startete die Auswertung mit einer Analyse der neu geplanten Streckenstruktur. Im Anschluss daran wurde untersucht, inwieweit die neu ge-

plante Sektorstruktur der Streckenführung angepasst ist.

Insbesondere die Verkehrsdichte und das Konfliktpotential erlauben Rückschlüsse inwieweit eine neue Streckenstruktur Vorteile bei einem Vergleich zweier Simulationsszenarien bietet.

Das Referenz-Szenarium

Das Referenz-Szenarium (REF) basiert auf der Ende des Jahres 2006 gültigen Luftraumstruktur und dient im Rahmen der vorgenommenen Untersuchung in erster Linie als Vergleichsbasis gegenüber der veränderten/neuen Struktur – dem Future-Szenarium (FUT).

Der Vorteil eines solchen Vorgehens ist einerseits, dass das Referenz-Szenarium zur Kalibrierung der Simulation herangezogen wird, andererseits dass die im Simulator abgebildete Situation mit aufgezeichneten bzw. realen Daten (von z. B. der CFMU) vergleichbar ist. Insbesondere die Vergleichbarkeit des Simulationslaufs zur Realität führt zu einer größeren Akzeptanz und Transparenz bei den beteiligten Partnern.

Die nachfolgende Abbildung repräsentiert die Größe des in der Schnellzeitsimulation abgebildeten Untersuchungsgebietes.

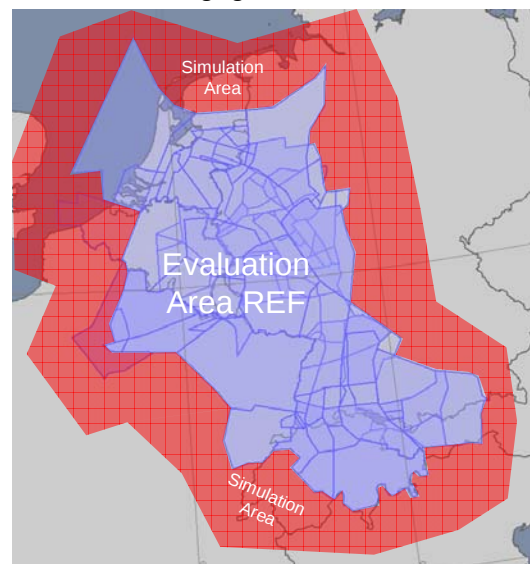


Abbildung 2:
Simulations- und Messgebiet – Referenz-Szenarium

Die in der Grafik hellblau eingefärbten Kontrollsektoren zeigen das sogenannte Messgebiet (Evaluation Area). Innerhalb dieses Messgebiets wurden alle Sektoren hinsichtlich der Anzahl

Flugbewegungen und der Arbeitslast pro Sektor ausgewertet.

Das Simulationsgebiet (rot eingefärbt) wurde absichtlich größer gewählt, um eine realistische Simulationsumgebung zu gewährleisten.

Insgesamt umfasst das Messgebiet 78 Kontrollsektoren von GND bis UNL. Diese beinhalten Sektoren der Kontrollzentralen von LVNL Amsterdam, EUROCONTROL Maastricht, DFS Langen, Karlsruhe, Bremen und München, Belgoccontrol Brüssel, DSNA Reims, DSNA Paris und Skyguide Zürich.

Alle von den ANSP gelieferten Übergabehöhen aus den ‚Letters of Agreement‘ (LOAs) wurden in die Simulation abgebildet.

Weiterhin wurden 42 Militärgebiete und deren Aktivierungszeiten entsprechend der Vorgaben der militärischen Partner berücksichtigt.

Das Future-Szenarium

Die Luftraumstruktur des Future-Szenariums wurde von den Experten der beteiligten ANSP mit Unterstützung des Simulationsteams in mehreren Arbeitstreffen entwickelt. Dabei wurde zunächst für jeden Hotspot eine erste Luftraumstruktur entworfen. In einem weiteren Schritt wurden die „Einzelentwicklungen“ zu einer gemeinsamen Planung integriert.

Zur Entwicklung des neuen Simulations-Szenariums wurde in den Hotspot-Gruppen ‚ARKON/RKN‘ und ‚NTM/DIK‘ eine sehr ähnliche Vorgehensweise gewählt: Es galt die Planungsprämisse, dass den Luftraumnutzern ein möglichst direkter Flugweg und ein optimales Flugprofil geboten werden sollte. Dazu wurde angenommen, dass Flüge zu ‚Major Airports‘ in einer Entfernung von 100NM FL300 kreuzen sollen. Darüber hinaus definierten die Gruppen des Nord-Pakets folgende weiteren Planungsgrundsätze:

- Die Planung des Luftraums erfolgt unabhängig von nationalen Grenzen und rechtlichen Aspekten.
- Die Luftraumstruktur soll sich stärker als heute an den Hauptprofilen und -strecken orientieren.
- Die Entwicklung der neuen Luftraumstruktur soll im Kerngebiet beginnen und sich so weit wie möglich in die Peripherie ausdehnen.

- Die Streckenführungen sollten eine Reduzierung des Konfliktpotentials gewährleisten.
- Die Trennung der sogenannten Transitions vom Überflugstreckennetz soll erfolgen.
- Eine hohe durchschnittliche Verweildauer der Luftfahrzeuge in den Sektoren soll ermöglicht werden.
- Es soll eine ausgeglichene Verteilung der Flugbewegungen und der Arbeitsbelastung in den Kontrollsektoren erreicht werden.

Die Hotspot-Gruppe ‚TRA‘ wählte einen anderen Planungsansatz als die Gruppen des Nord-Pakets. Der Fokus wurde auf die Verbesserung der Luftraumstruktur im Grenzbereich zwischen den Kontrollzentralen München und Zürich sowie das Tauschen der Nord-Süd und v.v. verlaufenden Ströme UN852 und UN853 zwischen den Wegpunkten DIK und MOLUS/MILPA in der östlichen Reims UIR gelegt.

Man einigte sich auf folgende Grundsätze:

- Die Planung des Luftraums erfolgt unabhängig von nationalen Grenzen und rechtlichen Aspekten.
- Es sollte eine günstigere Ausrichtung der Strecken sowie eine Trennung der Transitions vom Überflugstreckennetz vorgenommen werden.
- Die Distanz zwischen den Airbases und den militärischen Übungsfluräumen sollte nicht mehr als 100NM betragen.

Folgende Abbildung zeigt das Simulations- und Messgebiet des Future-Szenariums.

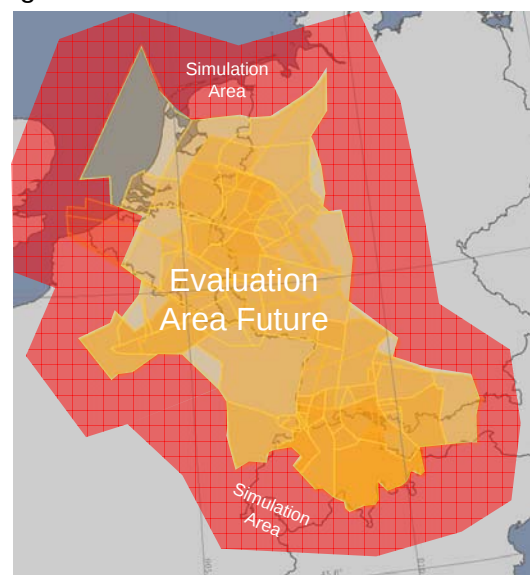


Abbildung 3:
Simulations- und Messgebiet – Future-Szenarium

Aufgrund der teils umfangreichen Neuplanungen ist das Messgebiet des Future-Szenariums (orange) nicht mehr komplett identisch mit dem des Referenz-Szenariums.

Nord-Paket, Planungsphase 1, Streckenstruktur

Ausgangspunkt der Arbeiten in beiden Hotspot-Gruppen war das Konzept einer neuen Streckenführung oberhalb FL305.

ARKON/RKN Hotspot

Die neu geplanten Strecken sind der Abbildung 4 als rote bzw. blaue Linien zu entnehmen.

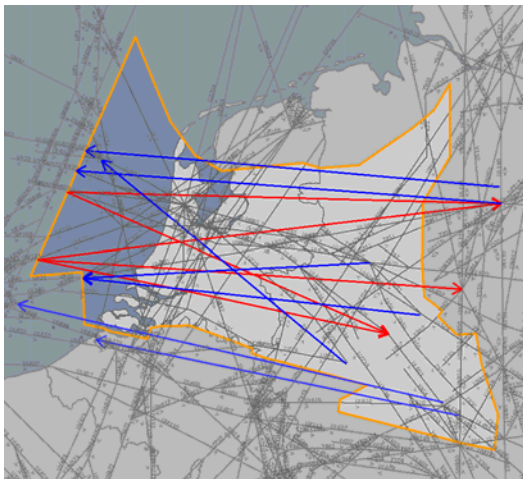


Abbildung 4: Streckenstruktur ARKON/RKN > FL305

Durch eine Verschiebung der TMA D bzw. TRA12 aus dem südlichen Bereich des Niederländischen Luftraums nach Nordosten kann der freigegebene Luftraum nun für neue bzw. direktere Streckenführungen genutzt werden.

Das neue militärische Übungsgebiet ‚CBA FABEC-N‘ wurde grenzüberschreitend nördlich der Stadt Enschede geplant.

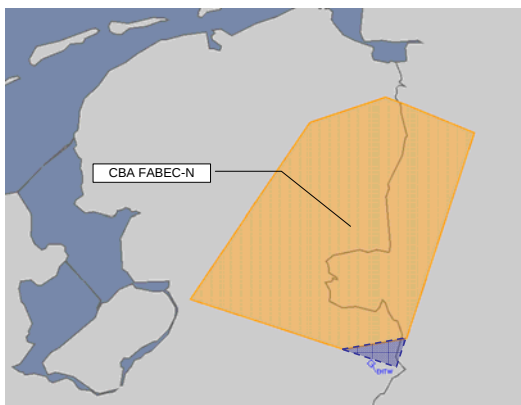


Abbildung 5: CBA FABEC-N

Eine Analyse der Verkehrsdichte zeigte eine häufige Nutzung der neu geplanten Strecken. Innerhalb des ARKON/RKN Interfaces konnte mit dieser Maßnahme eine Reduktion des zurückgelegten Flugwegs von 2% erreicht werden.

Ein weiterer Schwerpunkt in der Planung war die Entwicklung von neuen Streckenführungen im Höhenband von FL95 bis FL305. Die Experten konzentrierten sich zunächst auf die Neugestaltung und Trennung von An- und Abflugstrecken zu den ‚Major-Airports‘ wie EHAM, EDDL, EDDK und EDDF.

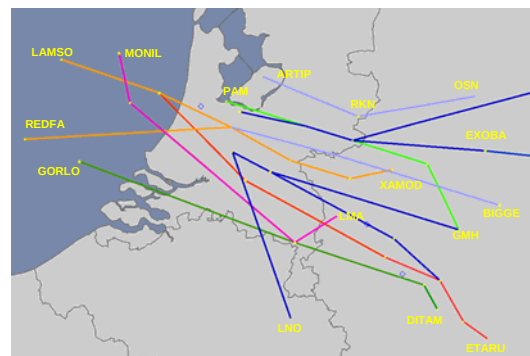


Abbildung 6: Streckenstruktur ARKON/RKN < FL305

Die nachfolgende Tabelle erläutert den Farbcode der in Abbildung 5 gezeigten neuen An- und Abflugstrecken.

DEP EHAM – dark blue	ARR EHAM – light blue
DEP EDDF – dark green	ARR EDDF – red
DEP EDDL – pink	ARR EDDL – orange
ARR EDDK – light green	

Um die Komplexität der veränderten Strecken zu messen, wurde für einen Zylinder mit einem Radius von 50NM um einen Punkt 10NM südlich des Waypoints ARKON eine Messung der Anzahl potentieller Konflikte vorgenommen (siehe Abbildung 1, nördlicher Zylinder). Um Informationen über die Entwicklung für das Streckennetz ober- und unterhalb FL305 zu erhalten wurde der Zylinder vertikal in FL305 geteilt.

Sowohl im oberen (FL305 – UNL) als auch im unteren Zylinder (FL95 – FL305) wurde die Anzahl der potentiellen Konflikte im Bereich bis 5NM um 30 bis 40% reduziert.

NTM/DIK Hotspot

Ausgangspunkt der Simulation war für den NTM/DIK-Hotspot ebenfalls das Konzept einer

neuen Streckenstruktur oberhalb FL305. Die neuen Strecken sind in blau bzw. rot dargestellt.

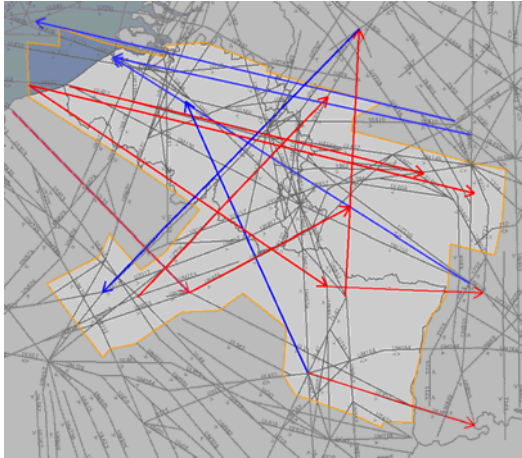


Abbildung 7: Streckenstruktur NTM/DIK < FL305

Die neue Streckenstruktur oberhalb FL305 bietet auch in diesem Hotspot eine bessere Trennung der einzelnen Flugrouten. Voraussetzung für die neue Streckenführung ist die Anpassung verschiedener Militärgebiete, wie der TSA20A und der neugeplanten ‚CBA FABEC South‘, die die militärischen Übungslufträume TRA-Lauter und die TSA22A ersetzt. Auch dieser neue militärische Übungsluftraum wurde grenzüberschreitend geplant.

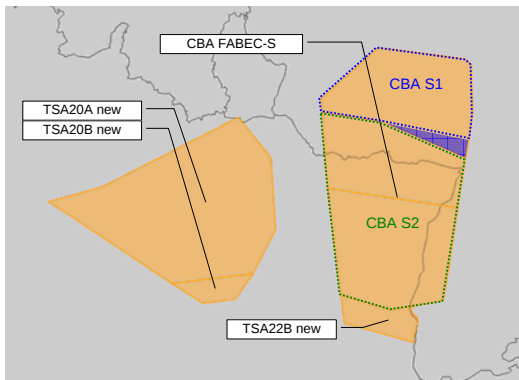


Abbildung 8: CBA FABEC-S, TSA20 & 22

Die geplante Dualisierung und direkte Führung der ATS-Strecke UL610 zu einer deutlichen Reduktion der Flugstrecke von Südosteuropa in Richtung ‚London TMA and beyond‘. Unter Berücksichtigung der Flugbewegungen, die dieses Streckenpaar nutzen führte die Neuorganisation insgesamt zu einer um 1.500NM geringeren geflogenen Streckenlänge im Messzeitraum.

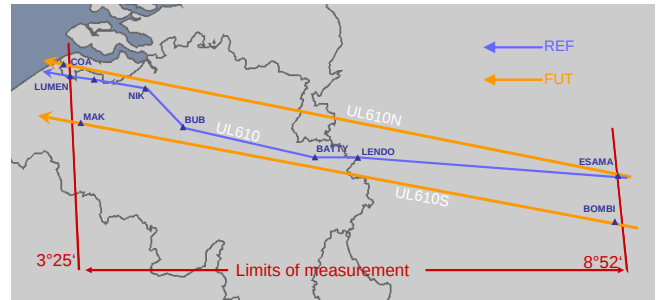


Abbildung 9:

Direkte Führung des Dualisierten UL610 NTM/DIK

Die Streckenstruktur unter FL305 basiert auf Neuplanungen der An- und Abflugstrecken zu den ‚Major Airports‘ EBBR, EDDF, EDDL, EDDK, EHAM und LFP*. Die neuen Anbindungen zu und von diesen Flughäfen bieten für viele Strecken bessere und weniger restriktive Flugprofile.

Obwohl eine Entzerrung der Flugwege zu den genannten Flughäfen vorgenommen wurde, konnte die Planungsregel „100NM – FL300“ im Luftraum über Luxembourg nicht eingehalten werden. Aufgrund nahezu identischer Flugzeiten von/zu diesen Flughäfen würde es aufgrund der Ballung des Verkehrs in diesem Bereich zu einer Vielzahl von möglichen Konflikten kommen. Deshalb entschieden sich die Experten zu einer festen Zuordnung der Flugprofile zu bestimmten Flughäfen, um das Konfliktpotential bereits im Vorfeld schon zu reduzieren.

Wie bereits im Hotspot ARKON/RKN, wurde zur Bestimmung des Konfliktpotentials um den Waypoint DIK (siehe Abbildung 1) ein Messzylinder mit gleichen Abmessungen geschaffen. Im Bereich der Annäherungen bis 5NM wurde für das Höhenband zwischen FL95 und FL305 eine Reduktion der potentiellen Konflikte von etwa 10% gemessen. Oberhalb FL305 fällt der Rückgang gegenüber der ursprünglichen Struktur mit ca. 15% etwas deutlicher aus.

Damit konnte eine Verbesserung in der Streckenstruktur erreicht werden.

Nord-Paket Militärische Trainingsgebiete und deren Auswirkungen auf das Streckennetz

Wie im vorhergehenden Abschnitt erläutert konnte speziell durch die Verlagerung der TMA D / TRA12 eine umfangreiche Neugestaltung der Luftraumstruktur im Bereich des ARKON/RKN Hotspots vorgenommen werden. Jedoch wurden die Auswirkungen des ‚CBA FABEC-N‘ auf den nördlichen Teil des Luftraums nicht eingehender bewertet. Mit der Umgestaltung der Trainingsgebiete im Hotspot NTM/DIK (TSA20A/B, ‚CBA FABEC-S‘) konnten leichte Verbesserungen in der Routenstruktur erreicht werden.

Jedoch müssen die Einflüsse aller militärischen Trainingsgebiete für den simulierten Luftraum des Nord-Pakets berücksichtigt werden. Je nach Aktivierungszeitraum können die neugeschaffenen direkten ATS-Routen bzw. An- und Abflugrouten nur eingeschränkt genutzt werden. Nachfolgende Grafik verdeutlicht die Führung der neu geplanten Strecken und deren Überschneidung mit der Position der militärischen Übungsflugräume.

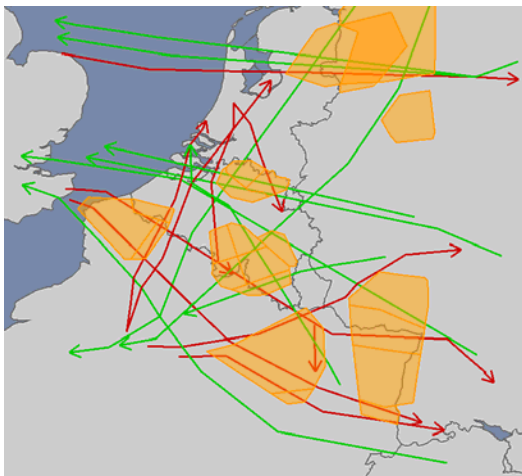


Abbildung 10:
Mögliche Streckenführung bei
Nichtaktivierung mil. Trainingsgebiete

Während der Aktivierungszeiten führen Re-routing-Maßnahmen einerseits zu längeren Flugstrecken, aber auch zu einer Verdichtung des zivilen Verkehrs in den an die militärischen Trainingsgebiete angrenzenden Kontrollsektoren. Eine separate Auswertung bei Aktivierung der Übungsflugräume gemäß des zur Verfügung gestellten AUPs zeigte Anstieg des Konfliktpotentials in den umliegenden Kontrollsektoren um bis zu 50%. Abbildung 11: veranschaulicht den Ein-

fluss der Aktivierung von militärischen Übungsflugräumen auf die zivile Nutzung des FAB EC.

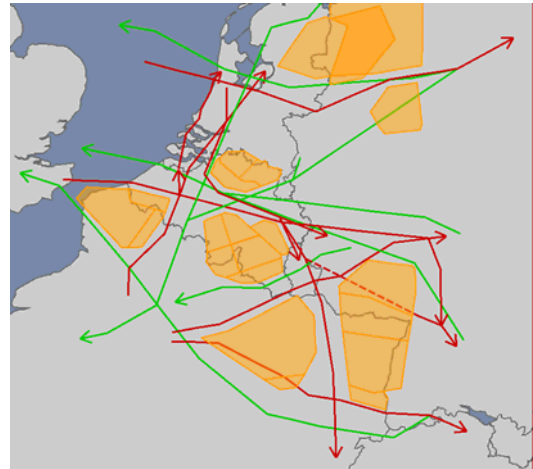


Abbildung 11:
Auswirkungen auf die Streckenführung bei
Aktivierung der mil. Trainingsgebiete

Fazit

Insgesamt zeigt die neue Streckenstruktur für beide Hotspots des Nord-Pakets einen verbesserten Nutzen hinsichtlich Konfliktpotential und Streckenreduktion.

Auch die Verkürzung von Flugstrecken (zurückgelegte Flugmeilen) stellt einen positiven Effekt dar.

Durch den gewählten FL300 – 100NM Ansatz wird vielen Flügen in beiden Hotspots ein ökonomischeres Flugprofil gewährt, jedoch kann aufgrund der Zusammenführung vieler gleichartiger Profile im Bereich Luxemburg nicht ohne Höhenbegrenzungen der Profile gearbeitet werden.

Die große Anzahl an militärischen Trainingsgebieten in einem der meistbeflogenen Lufträume erhöht die Komplexität und schränkt die Möglichkeiten zur Optimierung ein.

Nord-Paket Planungsphase 2, Sektorstruktur

Angepasst an das Konzept der Streckenstruktur mit einer Trennung in FL305 wurden die neuen Sektoren mit einer Haupttrennfläche von FL305 zum unteren Luftraum geplant.

Nachfolgende Grafiken zeigen die neugestalteten Sektoren für die Hotspots ARKON/RKN und NTM/DIK. Für eine bessere Übersicht sind die Sektoren in drei Höhenbändern dargestellt.

ARKON/RKN Hotspot

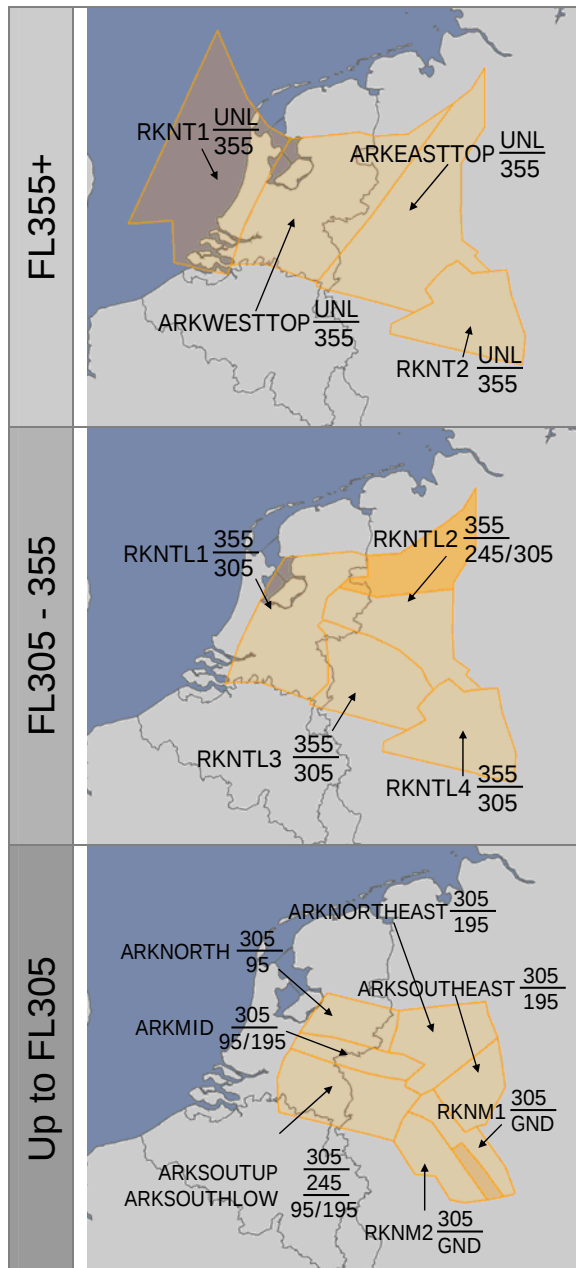


Abbildung 12: Sektorstruktur ARKON/RKN

Insgesamt wurde mit der neuen Struktur eine relativ ausgewogene Verkehrsverteilung für die Sektoren oberhalb FL305 erreicht. Auch die Werte für die Arbeitsbelastung zeigten eine ausgewogene Lastverteilung. Lediglich im Südosten des Gebiets wurden sehr hohe Verkehrszahlen und Arbeitslastwerte aufgrund einer nicht optimalen Vertikalteilung der Sektoren ermittelt. Des Weiteren wurde die Lage des stark frequentierten Kreuzungspunktes ‚BOMBI‘ in der Nähe der südlichen Sektorgrenze nicht ausreichend detailliert betrachtet.

Die neue Sektorisierung im Bereich unter FL305 wurde entlang der neu geplanten Transitions von/zu den ‚Major Airports‘ ausgerichtet. In diesem Höhenband wurde nicht die angestrebte ausgewogene Verkehrsverteilung für die Sektoren erreicht. Teils wurden nur geringe Verkehrszahlen in den Sektoren ermittelt. In diesem Zusammenhang stellten sich diese Sektoren als nicht ausreichend produktiv dar.

NTM/DIK Hotspot

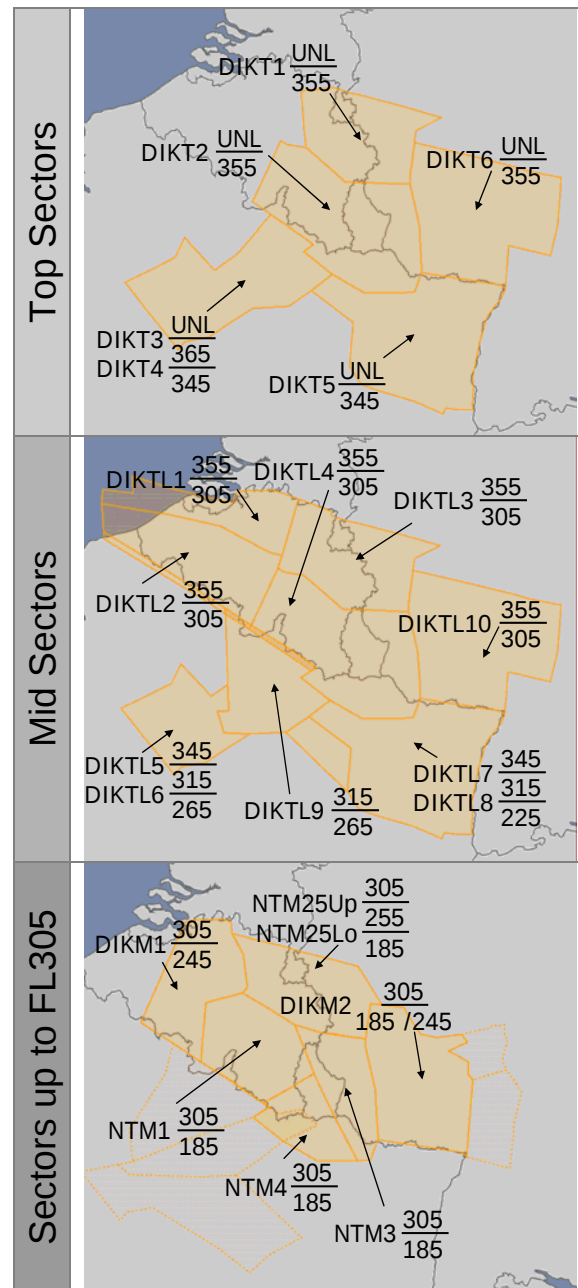


Abbildung 13: Sektorstruktur NTM/DIK

Im NTM/DIK-Hotspot war aufgrund der Einflüsse vieler Profile von/zu ‚Major Airports‘ eine ähnlich

klare Teilung der Sektorisierung in Höhenbänder nicht möglich. Für einige der Sektoren wurden hohe Verkehrszahlen und damit einhergehend hohe Belastungswerte gemessen. Auch die Sektoren des mittleren Höhenbands, die den Verkehr von und zu den Londoner Flughäfen kontrollieren wurden hohe Werte ermittelt.

Jedoch wies der größte Teil der Sektoren relativ gute Belastungswerte auf.

Besonders die grenzübergreifende Planung der Sektoren entlang des Steigprofils vom Flughafen EDDF in Richtung Nordwest und die klare Trennung der EBBR An- und Abflüge vom Überflugstreckennetz sind positiv zu bewerten.

Süd-Paket TRA-Hotspot

Wie schon vorab erläutert, wurde die Simulation von den Schnellzeitsimulationsteams der ANSP Skyguide und der DFS durchgeführt. Der südliche Teil – TRA-Hotspot – wurde im Detail von den Schweizer Kollegen simuliert und analysiert.

Auch in diesem Teil des FAB EC wurden leichte Verbesserungen im Vergleich zur heutigen Situation erreicht. So konnte die heutige Schnittstelle zwischen den Kontrollzentralen München und Zürich durch verbesserte Streckenführungen optimiert werden.

Das Konfliktpotential konnte in einem Radius von 50NM um den Waypoint TRA geringfügig um etwa 1% reduziert werden.

Speziell im Ostteil der Reims UIR konnte ein sogenannter ‚Double-Swap‘ zweier ATS-Strecken UN852 und UN853 vermieden werden und die neugeplanten ATS-Routen im Südwesten Deutschlands zwischen den Waypoints TGO und KPT bzw. UTABA und ALGOI zeigte ebenfalls positive Effekte.

Zusammenfassung

Die Entwicklung einer neuen Luftraumstruktur ist ein iterativer Prozess mit mehreren Überarbeitungsschritten. Diese Vorgehensweise war im Rahmen der Machbarkeitsstudie und aufgrund des vorgegebenen Zeitrahmens nicht möglich.

Insgesamt hat die Machbarkeitsstudie ergeben, dass es möglich ist, durch direktere Führung von ATS-Strecken, Anpassungen von Flugprofilen

und Entzerrung von Engpässen positive Effekte für den FAB EC zu erzielen.

Die entwickelte Sektorstruktur entspricht nicht in vollem Umfang den ECAC-Kriterien an eine moderne Sektorisierung. Die ermittelten Arbeitslastwerte zeigen, dass die Sektorisierung bei einem weiteren Verkehrswachstum weiter überarbeitet werden muss.

Einzelheiten können den vorangegangenen Abschnitten oder auch dem Abschlussbericht entnommen werden.

Abkürzungen

ANSP	Air Navigation Service Provider
ATS	Air Traffic Service(s)
AUP	Airspace Use Plan
CFMU	Central Flow Management Unit
DGAC	Direction Générale de l'Aviation Civile
DSNA	Direction des Services de la Navigation Aérienne
FAB	functional airspace block
FAB EC	functional airspace block European Central
FL	flight level
ft	foot / feet
FUT	future simulation scenario
GND	ground
KPI	key performance indicator
LOA(s)	letter(s) of agreement
LVNL	Luchtverkeersleiding Nederland
REF	reference simulation scenario
RVSM	reduced vertical separation minimum
SES	Single European Sky
TMA	terminal control area
TAAM	Total Airport and Airspace Modeller
TRA	temporary reserved airspace
TSA	temporary segregated area
UIR	upper flight information region
UNL	unlimited
UTC	coordinated universal time
WP1.2	Work Package ‚Airspace Design‘

Referenzen

FABEC: Simulation of the Hotspots ARKON-RKN, NTM-DIK, TRA; Final Report; Skyguide and DFS; 28.03.2008

Das Radio Field Monitor (RFM) Projekt - Empfang, Aufzeichnen und Analyse von Signalen im SSR Frequenzband

Steffen Marquard, TEA

Hintergrund

Das SSR Frequenzband wird gleichzeitig und unkoordiniert von mehreren Bord- und Bodensystemen im Luftverkehr genutzt. Dies kann zu starken Belastungen der Kanalkapazität durch FRUIT (False Replies Unsynchronized In Time) und zu massiven Störungen durch überlappende Signale führen. Systeme und Technologien, wie z.B. ADS-B und Multilateration, nutzen zudem in zunehmender Zahl das SSR-Frequenzband und verursachen zusätzliche Belastungen. Hauptnutzer in diesen Frequenzbereichen sind u.a. die Radaranlagen der Flugsicherung und Flugzeugtransponder, die dadurch in ihrer Funktionalität wesentlich beeinträchtigt werden können. Dies kann zu verringerter Zielentdeckung bis hin zum Verlust der Zielüberwachung und -anzeige am Lotsenarbeitsplatz führen.

Um den Einfluss von zunehmender Signaldichte auf die Ortungsqualität beobachten und beurteilen zu können, wurde 2003 das Projekt RFM (Radio Field Monitor) von CNS ins Leben gerufen. TE ist seitdem aktiv an der Spezifikation, Entwicklung und Test beteiligt gewesen. Ende 2007 wurde das Projekt RFM bei TE erfolgreich beendet.

Überblick

In Zusammenarbeit mit CNS entwickelte TE ein System für die Funkfeldanalyse im Flugfunk-Frequenzbereich, speziell für die Sekundärradarfrequenzen 1030 und 1090 MHz.

Das System bietet die Möglichkeit, Erkenntnisse über die Auslastung der Radarkanäle und deren Abhängigkeit von Weiterentwicklungen im Ortungsbereich, z.B. Einführung von Mode-S Radaranlagen und ADS-B über Radarfrequenzen, zu gewinnen. Auch eine Suche nach nicht konformen Signalen, die Störungen in den Ortungssystemen der Luftfahrt hervorrufen, ist möglich.

Dieser RFM Prototyp wurde als mobiles System konzipiert, welches in Fahrzeugen und auch bei Messflügen im Flugzeug eingesetzt werden kann. Der RFM besteht aus mehreren Subsystemen, die in einem 19 Zoll Gehäuse mit stoßabsorbierenden Schwingrahmen integriert wurden. Die einzelnen Komponenten bestehen hauptsächlich aus Industrietypen. Diese erlauben den Einsatz auch unter schwierigen Umgebungsbedingungen (wie z.B. Temperatur, Vibration, Schock, etc.), wie sie auch im Feldeinsatz und bei mobilem Betrieb in Fahrzeugen und Flugzeugen vorkommen können. Das System ist weitestgehend über Netzwerk fernsteuer- und konfigurierbar.

Der mobile Teil des RFM ist hauptsächlich für den Empfang des Funkfeldes und die Datenspeicherung konzipiert worden. Für die Analyse der aufgezeichneten Funkfeld-Daten wird die CORAL (A/D Converter, Recorder and Analyzer) Software genutzt. Standard-Software, wie z. B. MS-Excel, ergänzt die Auswertemöglichkeiten. Bild 1 zeigt das Einsatzkonzept des Radio Field Monitors.

Der erste Prototyp wurde im September 2006 fertig gestellt. Danach wurden Messungen in Langen und Umgebung durchgeführt. Im Jahr 2007 erfolgte die Optimierung des Systems auf die zu erwartenden Funkfeldbedingungen und die Vorbereitung auf eine erste Messung an Bord eines Flugzeuges. Sukzessive wurde dabei auch die CORAL Analysesoftware erweitert. Ende 2007 wurde das Projekt RFM erfolgreich beendet. Das System steht seitdem zur Nutzung bereit.

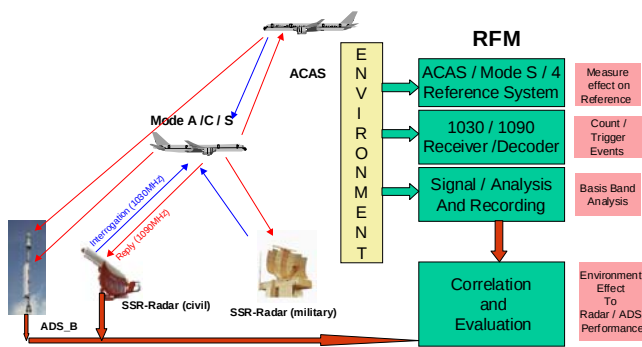


Bild 1: RFM Einsatzkonzept

Mit dem RFM besitzt die DFS derzeit das weltweit einzige System, mit dem Signale auf den Sekundärradarkanälen über einen längeren Zeitraum kontinuierlich und verlustfrei aufgezeichnet, nachvollziehbar analysiert und dokumentiert werden können.

Das System

Der RFM gliedert sich im Wesentlichen in zwei Hauptfunktionen und daraus resultierend in 2 Hauptkomponenten:

- Signalempfang und Aufzeichnung und
- Signal- und Funkfeldanalyse.

Für den Signalempfang benutzt der RFM zwei getrennte Empfänger, je einen für 1030 und 1090 MHz zum Empfang von Signalen im SSR-Band. Die Signale werden über eine Antenne empfangen, vorgefiltert und über die integrierte Signalverteilung auf zwei Empfänger aufgeteilt. Dabei erfolgt auch die Anpassung an die jeweilige Empfängercharakteristik. Für 1030 MHz wird ein modifizierter Transponder vom Typ TRT-800H der Firma Filser eingesetzt. Auf 1090 MHz empfängt eine AS-680 ADS-B Bodenstation von THALES. Beide Empfänger geben Basisband Videosignale (die „sichtbaren“ Radarsignale) aus. Diese werden mit dem Recorder „CORAL-R2“ digitalisiert und aufgezeichnet und stehen für die nachfolgende Analyse auf Puls- und Signalebene zur Verfügung. Bild 2 veranschaulicht den prinzipiellen Systemaufbau des RFM. In Bild 3 ist der mobile Teil des RFM zu sehen.

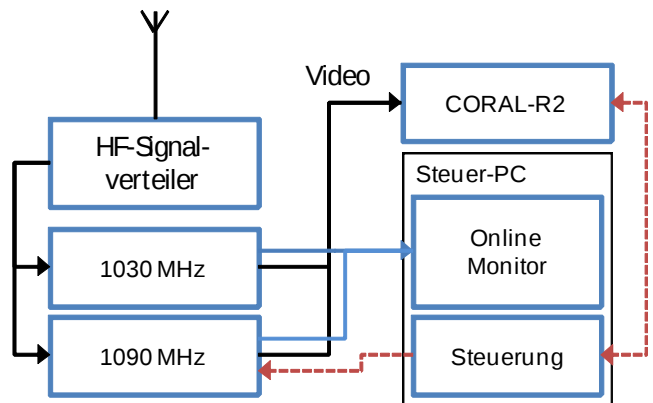


Bild 2: RFM Systemaufbau

Neben den Basisband-Videosignalen stellt der 1090 MHz Empfänger die verarbeiteten Signale in einem Rohdaten- (RAW) und im ASTERIX-Format (Kategorie 21, ADS-B) zur Verfügung. RAW-Daten enthalten alle decodierbaren Mode S Formate mit Zeitstempel und Inhalt. Die von TE entwickelte „Online-Monitor“ Software zeichnet beide Formate für die weitere Analyse auf. Der Online-Monitor nutzt zudem die 1090 MHz RAW-Daten und Radarabfrageinformationen aus dem 1030 MHz Empfänger zur online-Anzeige der Aktivitäten auf beiden Kanälen.



Bild 3: Frontansicht der RFM Hardware

Zur Steuerung des RFM wird ein Notebook-PC benutzt. Über diesen ist der direkte Zugriff auf den 1090 MHz-Empfänger und den CORAL-

Recorder sowie die Konfiguration der beiden Systeme möglich. Die Steuerung erfolgt über Ethernet LAN. Der 1030 MHz-Empfänger ist aufgrund seiner Konzeption nur manuell zu bedienen.

Mit der Analyzer Software „CORAL-A2“ erfolgt die Analyse der aufgezeichneten Signale. Der Analyzer bietet dabei vielfältige Möglichkeiten, Pulse und Signale zu analysieren und darzustellen. In den aufgezeichneten Daten werden bekannte Pulse gesucht und

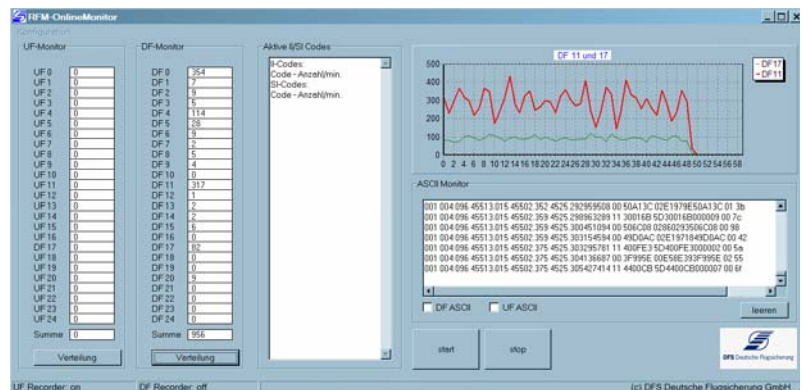


Bild 5: Benutzeroberfläche des Online-Monitor

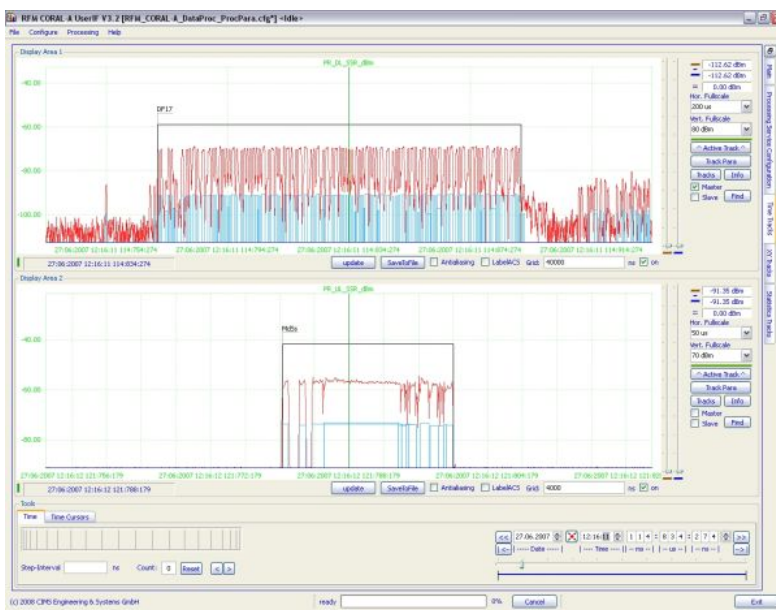


Bild 4: Oszilloskop-Anzeige

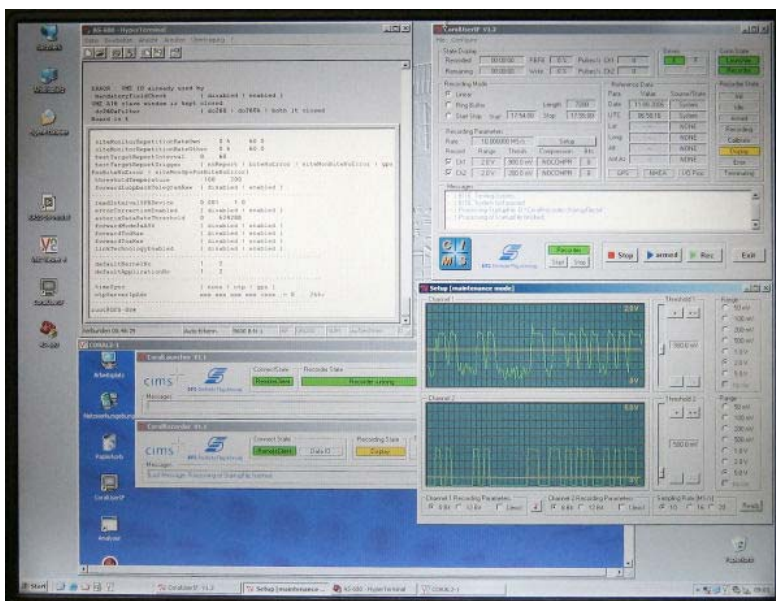


Bild 6: Benutzeroberfläche des Steuer-PC

charakterisiert. In einem nächsten Schritt können aus den Pulsen Signale wie z.B. Mode A/C oder Mode S Radarabfragen (Uplink) und Transponderantworten (Downlink), ADS-B und DME detektiert und klassifiziert werden. Über umfangreiche Parametereinstellungen ist CORAL-A2 auf die jeweilige Funkfeldsituation einstellbar. Zur Anzeige wird eine Oszilloskop-Darstellung (siehe Bild 6) genutzt, die für beide Kanäle Pulse, Signale und zugehörige detaillierte Informationen anzeigt.

X-Y Diagramme bieten eine weitere Möglichkeit, Analyseresultate anschaulich dem Nutzer zu präsentieren. Hier ist es möglich, Puls- oder Signalverteilungen nach Zeit, Pegel oder auch Position und Flughöhe darzustellen (siehe Bild 7).

Ergänzend dazu erzeugt CORAL-A2 verschiedene statistische Ausgaben in übersichtlicher Form. (siehe Bild 8).

Neben Basisband-Aufzeichnungen von CORAL-R2 werden auch ASTERIX-Daten verarbeitet. Diese können, wie Pulse und Signale auch, analysiert und dargestellt werden. Damit wird es möglich, empfangene Signale direkt der ASTERIX Ausgabe, z.B. eines Radars, zuzuordnen und umgekehrt.

Analyseergebnisse können in CSV-Files abgespeichert werden und stehen damit auch der Verarbeitung in anderen Systemen zur Verfügung.

Die Konfiguration von CORAL-A2 erfolgt über ein grafisches Nutzer-Interface. Installiert und genutzt werden kann die Software auf jedem handelsüblichen Standard-PC.

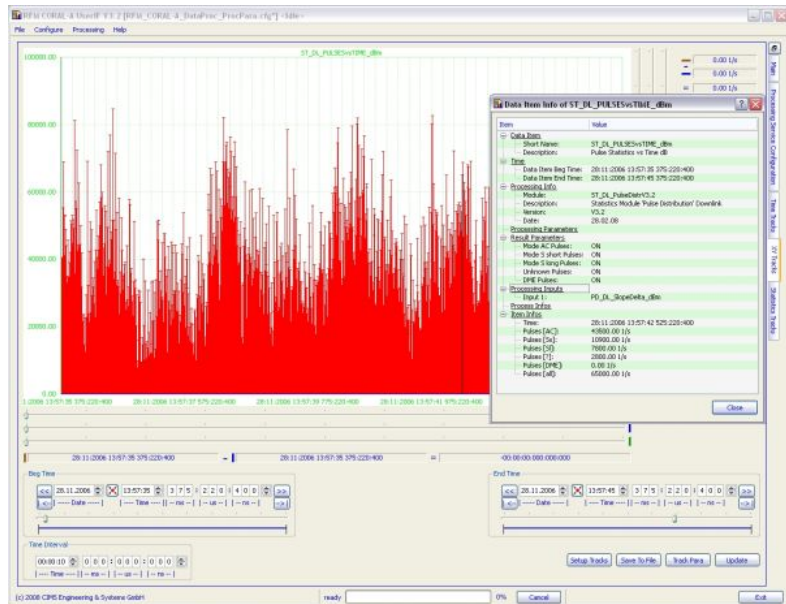


Bild 7: XY-Pulsverteilung mit Zusatz-Informationen

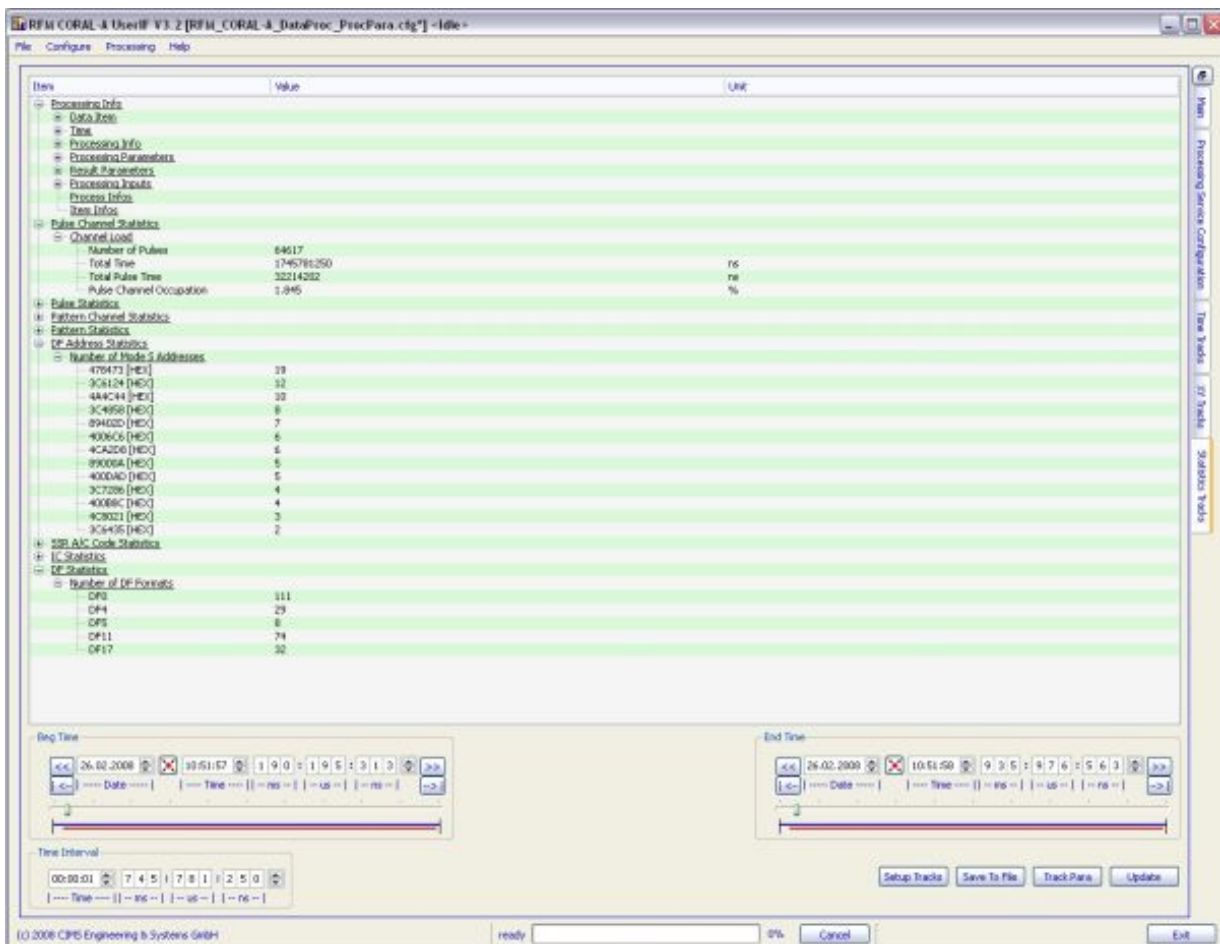


Bild 8: Statistik-Ausgabe

Ausblick

Neben den Untersuchungen zum SSR-Funkfeld konnten mit dem RFM auch erste Erkenntnisse zum Verhalten von ACAS/TCAS im deutschen Luftraum gewonnen werden. Basierend auf dem RFM wird ein ACAS-Monitoring System (AMOR) entwickelt werden, welches zuverlässige Aussagen zu ACAS Ausweichempfehlungen ermöglichen wird. Somit kann ein wichtiger Beitrag für die Erhaltung von Sicherheit im Luftverkehr bei gleichzeitig wachsenden Anforderungen an Service und Kapazität geleistet werden.

Ein erster ACAS-Monitor Prototyp ist mittlerweile bei TE in Betrieb. Dessen Weiterentwicklung ist im Rahmen eines neuen Projektes geplant.

Abkürzungen

ACAS	Airborne Collision Avoidance System
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance Broadcast
CSV	Comma Separated Value
DME	Distance Measurement Equipment
MHz	Megahertz
RFM	Radio Field Monitor
SSR	Secondary Surveillance Radar
TCAS	Traffic Alert and Collision Avoidance System

Abschluss des Vorhabens „Kooperatives Air Traffic Management“

Dr. Rainer Kaufhold, TEA

Hintergrund

Mit dem unter der Federführung der DFS durchgeführten Vorhaben K-ATM konnte das bisher größte F&E-Projekt Ende 2007 erfolgreich beendet werden. Das Verbundvorhaben wurde im Rahmen des 3. Luftfahrt-Forschungsprogramms des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie mit den unten aufgeführten Partnern durchgeführt.

K-ATM - Kooperatives Air Traffic Management	
■ Rahmen:	3. Nationales Luftfahrt-Forschungsprogramm
■ Förderung:	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
■ Dauer:	09/2003 bis 12/2007
■ Partner:	Projekt Koordination: Service Provider: Industrie: Forschung: 

Übersicht K-ATM

Im Rahmen des Verbundvorhabens wurden von der DFS Untersuchungen zu den folgenden Themen durchgeführt:



Im folgenden sind die DFS-Ergebnisse der einzelnen Teilvorhaben detaillierter beschrieben.

CLOU – Cooperative Local Resource Planner

Hub-Airports stellen die taktgebenden Engpässe im zentraleuropäischen Luftraum dar. Sie arbeiten zunehmend am Kapazitätslimit und sind dadurch anfällig für Störungen. Dabei können bereits kleinere Störungen in Demand oder Kapazität schwerwiegende Auswirkungen auf die planmäßige Verkehrsabwicklung haben. Diese wirken sich als 'Reactionary Delay' weit ins europäische Verkehrsnetz aus. In der Folge sind Pünktlichkeit und Anschlusssicherheit gefährdet. Zusätzlich wird die Effizienz von Flug- und Bodenbetrieb beeinträchtigt.

Die im taktischen Bereich arbeitenden Systeme von AMAN (4D-Planer) und DMAN (darts) planen die Arrival- bzw. Departure-Sequenz und dienen der Koordination der an der Sequenzerstellung beteiligten Lotsen. AMAN und DMAN stellen jedoch keine längerfristige Prognose zur Verfügung, die Grundlage für eine Entscheidung für eine Bahnnutzungsstrategie oder eine Arrival / Departure Priorisierung sein kann.

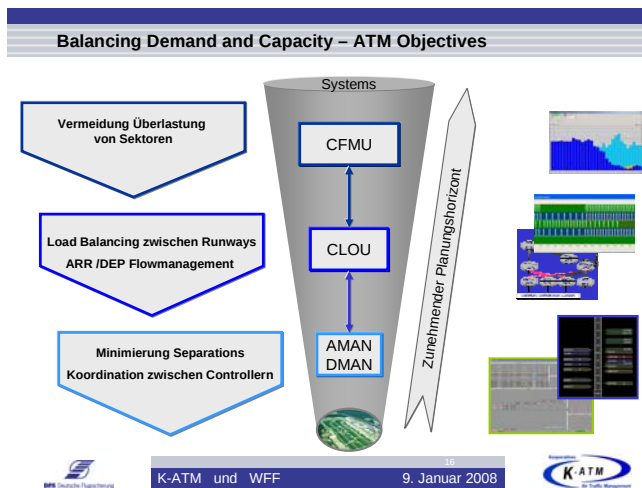
Zielsetzung

Mit der längerfristigen Prognose (über mehrere Stunden am Tag des Betriebs) soll ATC in die Lage versetzt werden, zu jedem Zeitpunkt das optimale Verhältnis von Arrivals und Departures über das Bahnsystem eines Flughafens abzuwickeln. Der CLOU liefert hierbei sowohl eine optimierte Bahnnutzungsstrategie (Verteilung der Departures-Ströme auf die verfügbaren Runways) als auch das erforderliche Mengenverhältnis von An- und Abflügen für die im Mixed Mode betriebenen Runways, das an die taktischen Systeme weitergegeben wird.

Darüber hinaus sollen die Airlines mit der zeitlich über die AMAN/DMAN Sequenzplanung hinausgehende Planung in die Lage versetzt werden, die Verkehrssituation besser einzuschätzen, um ggf. proaktive Steuerungsmaßnahmen ergreifen zu können.

Ziel der Bewertung der CLOU Flowoptimierung ist die Beurteilung des Verbesserungspotentials in der erzielbaren Pünktlichkeit und dem reduzierten Delay im Vergleich zur CLOU Referenzplanung (die CLOU-Referenzplanung spiegelt die Arbeitsweise nach First-Come-First-Serve Prinzip mit einer Priorisierung der Arrivals wider).

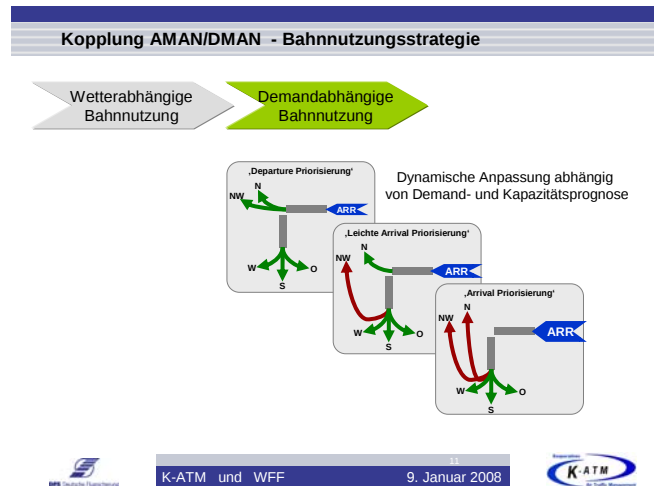
Der CLOU soll damit die Planungslücke zwischen übergeordneter CFMU-Planung und taktischer Sequenzplanung durch AMAN und DMAN schließen. In allen genannten Systemen erfolgt ein ‚Balancing‘ zwischen Demand und Kapazität, das in der Bestimmung von Zielzeiten resultiert. Die Systeme verfolgen jedoch durch den unterschiedlichen zeitlichen und räumlichen Anwendungsbereich die unten aufgeführten, sich ergänzenden Ziele.



Lösungsansatz

Der CLOU ermittelt basierend auf einer Kapazitäts- und Demandprognose die erwarteten Ankunfts- und Abflugzeiten der Flüge im Betrachtungszeitraum von mehreren Stunden. Aus diesen Zeiten werden verschiedene Kennwerte ermittelt, die dem Operator die detaillierte Bewertung der Situation ermöglichen. Darüber hinaus ermittelt der CLOU die optimale Bahnnutzungsstrategie, d.h. die optimale Verteilung der Departure-Ströme auf die verfügbaren Runways.

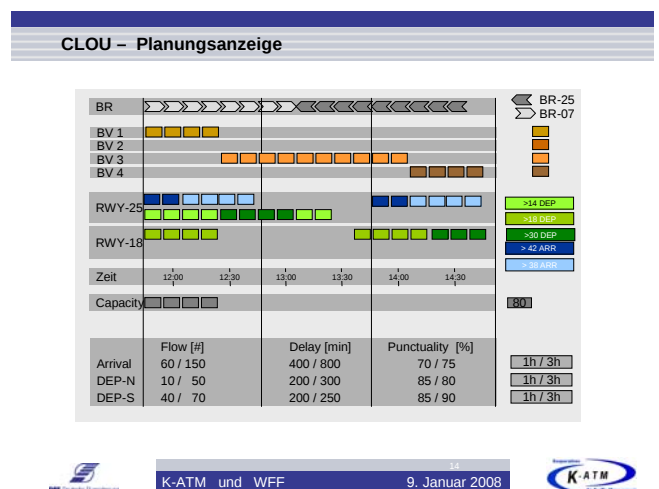
Die in Frankfurt heute gängigen demandabhängigen Bahnnutzungsstrategien für die Betriebsrichtung 25 sind in der folgenden Abbildung skizziert. Der CLOU wählt die Bahnnutzungsstrategie in einer demandabhängigen Optimierung aus.



In der CLOU Flowoptimierung erfolgt die Sequenzerstellung für die im Mixed Mode betriebenen Runways nach dem heute gültigen First-Come-First-Serve Prinzip, jedoch unter Abweichung von der heute üblichen strikten Arrival Priorisierung.

Die limitierenden Kapazitätswerte bezieht der CLOU aus dem CAPMAN (Capacity Manager von Fraport) oder durch eine Eingabe eines Operators. Bei den limitierenden Kapazitätswerten wird die Abhängigkeit der verfügbaren Kapazität zwischen Arrivals und Departures bzw. zwischen den verschiedenen Runways berücksichtigt.

Die Supervisor in Tower und Approach sollen die vom CLOU ermittelten Vorschläge zur Bahnnutzung und zum geplanten Arrival- und Departure Flow in der unten skizzierten Darstellung zur Verfügung gestellt bekommen.



Ergebnisse

Der Vergleich zwischen der CLOU-Referenzplanung und der CLOU-Flowoptimierung anhand von realen Daten zeigt insbesondere für die Pünktlichkeit ein deutliches Verbesserungspotential. Das Verbesserungspotential ist abhängig von der Pünktlichkeitssituation der Ausgangssituation. Je schlechter die Pünktlichkeitssituation der Referenzplanung ist, umso größer wird das mit der CLOU-Flowoptimierung zu erzielende Verbesserungspotential. Das Verbesserungspotential zeigt bei den Departures eine lineare Zunahme um bis zu 20% bei einer Ausgangspünktlichkeit (Gesamtverkehr) von 50%. Im Vergleich hierzu zeigt sich bei den Arrivals keine Verbesserung, da im Modell bei der Referenzplanung bereits eine Arrival-Priorisierung eingearbeitet ist.

Ausblick

Aufgrund der Untersuchungen der CLOU-Flowoptimierung im Shadow-Mode (d.h. anhand realer Daten, jedoch ohne rückwirkende Steuerungseingriffe) wird erwartet, dass diese Funktionalität die Abstimmung zwischen Tower und Approach im Hinblick auf die situationsspezifische Auswahl der Bahnnutzungsstrategie (Verteilung des Verkehrs auf die zur Verfügung stehenden Runways) und der demandabhängigen Priorisierung zwischen Arrivals und Departures (bezogen auf jede einzelne Runway) unterstützen kann.

In Abstimmung mit den Betriebsbereichen von Tower und Approach Frankfurt wurde daher beschlossen, in 2008 einen Feldversuch zur betrieblichen Bewertung der CLOU-Flowoptimierung durchzuführen.

Im Rahmen des Projektes Wettbewerbsfähiger Flughafen (WFF) soll im CLOU die Abhängigkeit der Flugzeugumläufe (Turnaround) berücksichtigt werden, um die Prognose der Bahnnutzungsstrategie qualitativ weiter zu verbessern.

AMAN - Planeinhaltung

Der heutige 4D-Planer dient der Zuflusssteuerung des Arrival-Verkehrs von den unterschiedlichen Metering-Fixen in die TMA mit dem Ziel der durchgängigen Auslastung des Bahnsystems nach dem First-Come-First-Serve Prinzip (FCFS). Eine Sequenzoptimierung im Sinne ei-

ner Minimierung der Staffellingsabstände wird nicht durchgeführt.

Ziel der Flugsicherung in der Kontrolle des anfliegenden Verkehrs ist die Minimierung des Delays (d.h. die Realisierung eines möglichst verzögerungsfreien Durchflugs). Im Gegensatz hierzu streben die Airlines und die Airports darüber hinaus die Einhaltung des veröffentlichten Flugplans an. Dieses Ziel wird in den Prozessen der Flugsicherung heute jedoch nicht explizit berücksichtigt.

Zielsetzung

Das Ziel des untersuchten Konzepts ist die Verbesserung der Einhaltung des veröffentlichten Flugplanes (Planeinhaltung) und die Optimierung des Arrival Durchsatzes.

Durch die verbesserte Einhaltung des veröffentlichten Flugplanes können zum Einen Verspätungen reduziert werden, die sich als ‚Reactionary Delay‘ in das Netzwerk ausweiten können, und zum Anderen Verfrühungen reduziert werden, die zu Wartezeiten auf engen Vorfeldbereichen vor noch belegten Stands/Positionen führen.

Lösungsansatz

Im Rahmen des Arbeitspakets ‚AMAN Planeinhaltung‘ wurde die Optimierung der Anflugsequenz unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Steuerungsmöglichkeiten im Anflugbereich untersucht.

Eine Analyse der Anflugpünktlichkeit hat gezeigt, dass unter normalen Bedingungen, d.h. ohne gravierende Kapazitätseinschränkungen oder Demand-Überhänge, gleichzeitig Verfrühungen und Verspätungen gegenüber dem veröffentlichten Flugplan auftreten.

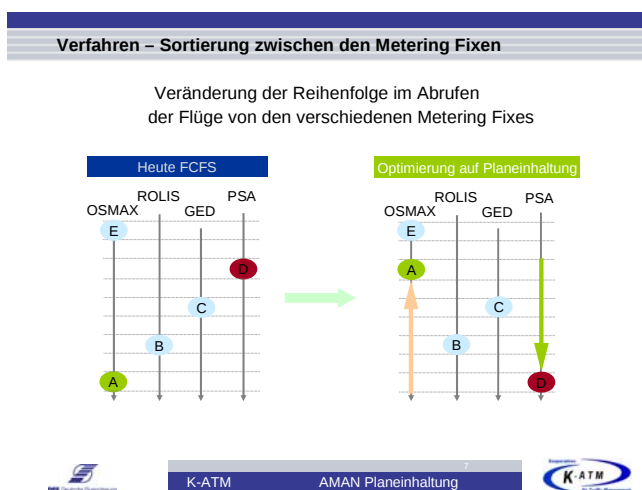
Die Sequenzplanung des 4D-Planers erfolgt in dem untersuchten Konzept nicht mehr strikt nach dem First-Come-First-Serve, sondern basiert auf einer Optimierung auf Planeinhaltung¹. D.h. in der 4D-Planer Sequenzplanung werden verfrühte

¹ Planeinhaltung ist definiert als die Verspätung gegenüber dem veröffentlichten Flugplan in Minuten. (Im Vergleich hierzu ist die Pünktlichkeit nach IATA definiert als der Anteil der Flüge mit einer Verspätung von mehr als 15 Minuten gegenüber dem veröffentlichten Flugplan.)

Flüge zugunsten verspäteter Flüge leicht verzögert.

Mit dieser Optimierung wird gleichzeitig sichergestellt, dass mit der geplanten Sequenz der maximale Flow erzielt werden kann. Implizit wird die Sequenz so aufgebaut, dass sich eine optimale Reihenfolge hinsichtlich der Minimierung der Wirbelschleppenstaffelung ergibt. Um eine zusätzliche Belastung der Lotsen bei der Sequenzerstellung durch die Realisierung von Überholmanövern zu vermeiden, bleiben die Sequenzen über jedem einzelnen Metering Fix unverändert gegenüber dem heute praktizierten FCFS. Die Arbeitsweisen für die Lotsen bleiben gegenüber heute unverändert. Es werden die bereits heute eingesetzten Anzeigen des 4D-Planers genutzt.

Die Variation in der Sequenzbildung erfolgt allein durch Vertauschungen in der Reihenfolge des Abrufs der Flüge von den unterschiedlichen Metering-Fixen.



In der Abbildung ist das Verfahren skizziert. Auf der linken Seite ergibt sich nach dem FCFS die Sequenz A-B-C-D-E, wobei die Flüge über die unterschiedlichen Metering Fixe in die TMA einfliegen. Der verspätete Flug D wird in der optimierten Sequenz (rechte Seite) in der Sequenz nach vorne geschoben, der gegenüber dem Flugplan verfrühte Flug A dagegen wird nach hinten verschoben, so dass sich jetzt die Sequenz D-B-C-A-E ergibt. Die Sequenz für jedes Metering Fix bleibt unverändert gegenüber dem FCFS (Flug A bleibt vor Flug E), so dass in keinem der Sektoren Überholmanöver erforderlich sind.

Bewertungsumgebung

Zur Abschätzung der erzielbaren Verbesserung der Planeinhaltung wurden die Planungen des 4D-Planers nach FCFS und mit einer Optimierung nach Planeinhaltung in einer ‚vereinfachten Schnellzeitsimulation‘ verglichen. Die Bewertung erfolgte basierend auf realen Vergangenheitsdaten.

In Ergänzung hierzu wurden Realzeit-Simulationen zum Nachweis der Arbeitbarkeit der optimierten Sequenzen und Zeiten am Metering-Fix durchgeführt. Diese Simulationen spiegeln den Frankfurter Luftraum und die dort betrieblich eingesetzten Verfahren mit Stand Anfang 2004 wieder. Es wurde das Szenario der 4D-Planer Abnahme verwendet und somit weder Departures noch durchfliegender Verkehr berücksichtigt. Die Simulationen erfolgten mit Lotsen aus dem operativen Bereich.

Ergebnisse

Für die mit der vereinfachten Schnellzeitsimulation untersuchten Testdatensätze konnte eine Verbesserung der Planeinhaltung von ca. 2 Minuten pro Flug nachgewiesen werden. In der Realzeit-Simulationen konnten die Lotsen die auf Planeinhaltung optimierte Sequenz problemlos abarbeiten.

Ausblick

In Abstimmung mit dem Center Langen und dem Anforderungsmanagement soll die Funktionalität des 4D-Planer zur Erhöhung der Planeinhaltung durch den Ausgleich von Verfrühungen und Verspätungen gegenüber dem veröffentlichten Flugplan 2008 in die operationelle Software implementiert und unter betrieblichen Randbedingungen erprobt werden.

Sofern die Erhöhung der Planeinhaltung sich in der betrieblichen Praxis bewährt, stellt diese Funktionalität über den Nutzen für die Airlines und den Airport hinaus ein Alleinstellungsmerkmal des 4D-Planers dar und erhöht somit dessen Vermarktungschancen.

AMAN – Erweiterung Planungshorizont

Der heutige 4D-Planer dient der Zuflusssteuerung des Arrival-Verkehrs von den unterschiedlichen Metering-Fixen in die TMA mit dem Ziel der durchgängigen Auslastung des Bahnsystems. In der aktuellen Ausbaustufe für Frankfurt hat der 4D Planer einen Planungshorizont von 85NM vor den Metering Fixen. Die berechnete Anflugsequenz wird in den der TMA unmittelbar vorgelagerten ACC-Sektoren etabliert. Dazu zeigt das System den Lotsen in den ACC-Sektoren die berechneten Zielzeiten für die Metering-Fixe an.

Bereits bei dem heutigen Verkehrsaufkommen reicht der Planungshorizont des 4D-Planers allerdings nicht immer aus, um im Falle einer Engpasssituation den anfliegenden Verkehr so rechtzeitig zu verzögern, dass es nicht zu starken Verkehrsanhäufungen in den flughafennahen Sektoren kommt. Im Falle eines Kapazitätsengpasses steigt am Flughafen die Anzahl der Flugzeuge, die notwendigen Delay im Orbital Holding abbauen oder auf langen FMS-Transitions in niedrigen Flughöhen geführt werden müssen, schnell an. Dies hat eine erhöhte Arbeitslast der Lotsen, unnötigen Treibstoffverbrauch sowie entsprechende Lärm- und Schadstoffemissionen zur Folge.

Die Airlines bemängeln immer häufiger die angeblich nicht koordinierte Arbeitsweise der Lotsen, die zu unwirtschaftlichen Flugprofilen führt. D.h. während in dem einen Sektor noch ‚maintain high speed‘ angewiesen wird, erfolgt im nächsten Sektor plötzlich eine ‚reduce to minimum speed‘ Anweisung.

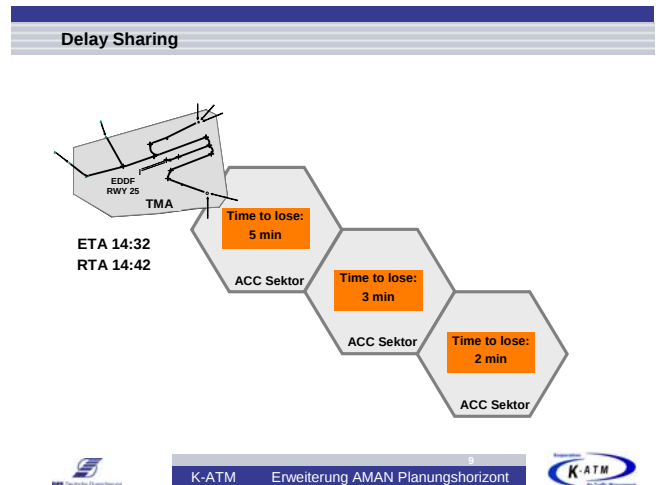
Zielsetzung

Ziel der Funktionserweiterung des 4D-Planers ist es, Verkehrsanhäufungen in der TMA bzw. den daran unmittelbar angrenzenden Sektoren mit Hilfe eines frühzeitigeren, steuernden Eingriffs auf den anfliegenden Verkehr zu vermeiden und damit die Flugprofile in Engpasssituationen zu optimieren.

Lösungsansatz

Zur weiteren Optimierung des Arrival-Prozesses soll der Planungshorizont des 4D-Planers von 85NM auf 200NM ausgedehnt werden.

Damit sollen Probleme bei der Abwicklung des Anflugverkehrs nicht erst in der TMA bzw. den ihr unmittelbar vorgelagerten Sektoren gelöst werden. Da der anfliegende Verkehr schon 200NM vor den Anflugfixen erfasst wird, kann die individuelle Steuerung eines Anfluges nicht nur schon frühzeitiger sondern auch verteilt über mehrere Sektoren hinweg erfolgen.



Entsprechend dem Prinzip des „Delay-Sharings“ berechnet der 4D-Planer für jeden einzelnen Flug ein Gesamt-Delay und teilt dieses in kleine Zeitpakete auf, die in den jeweiligen Sektoren abgebaut werden sollen (vgl. Abbildung).

Bewertungsumgebung

Zum Nachweis der Arbeitbarkeit wurden Realzeit-Simulationen mit Lotsen aus dem operativen Betrieb durchgeführt. Am Beispiel des München ACC/UAC in der Rolle eines dem Center Frankfurt vorgelagerten Centers wurde untersucht, unter welchen Randbedingungen und in welcher zeitlichen Größenordnung EDDF-Inbounds bereits im Center München verlangsamt oder beschleunigt werden können.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Realzeit-Simulationen zeigen, dass in dem vorgelagerten Sektor der Abbau des Delays nur relativ gering ausfällt. Dies liegt darin begründet, dass sich die Flugzeuge dort noch in großer Höhe befinden und die Flugeschwindigkeit entsprechend nur in sehr engen Grenzen variiert werden kann.

Die frühzeitige Steuerungsmöglichkeit, die der erweiterte Planungshorizont ermöglicht, führt allerdings zu einer Vergleichmäßigung der Fluggeschwindigkeiten des anfliegenden Verkehrs, so dass die Übergabe der Flugzeuge vom vorgelagerten Sektor zu dem Sektor, der an die TMA angrenzt, lateral gestaffelt auf einer Flugfläche erfolgen kann. Dies führt zu einem deutlich reduzierten Koordinationsaufwand zwischen den Sektoren.

Darüber hinaus hat die frühzeitige Etablierung der Anflugsequenz positiven Einfluss auf die Anzahl der Überholvorgänge während des Sinkfluges der Flugzeuge. Die frühzeitige Vorbereitung der Anflugsequenz hat dort noch weitere günstige Auswirkungen. Da die Flugzeuge bereits mit verringerter Geschwindigkeit in den Sektor einfliegen oder zumindest bereits verzögern, fällt die Verzögerungsphase dort entsprechend geringer aus und es werden so pro Flugzeug ca. 2-3 NM eingespart. Ebenso reduzieren sich die notwendigen Anweisungen zur Verringerung der Fluggeschwindigkeit und somit auch die Arbeitsbelastung der Lossen.

Die beschriebenen Effekte haben in der Summe betrachtet zur Folge, dass das vom 4D-Planer geplante, abzubauenende Delay zwar nicht im ursprünglich erwarteten Umfang bereits in dem vorgelagerten Sektor abgebaut werden kann. Die dort erzielbare Harmonisierung des anfliegenden Verkehrs hat jedoch für den nachfolgenden, an die TMA angrenzenden Sektor so günstige Auswirkungen, dass das über die Sektorgrenzen hinweg, insgesamt bis zum Einflug-Fix abzubauenende Delay auch bei einem deutlichen Engpass am Zielflughafen gut realisiert werden kann.

Ausblick

Aufgrund der in der Simulation erzielten positiven Effekte wird aus Projektsicht empfohlen, die Erweiterung des Planungshorizonts im operationellen System umzusetzen und betrieblich zu erproben.

Sofern die Erweiterung des Planungshorizonts sich in der betrieblichen Praxis bewährt, stellt diese Funktionalität ein Alleinstellungsmerkmal des 4D-Planers dar und erhöht somit dessen Vermarktungschancen.

Die Ergebnisse bilden die Basis für die Untersuchung eines Center-Managers (CMAN), der eine

weiter detaillierte Planung für die Anflugsteuerung in den vorgelagerten Centersektoren vornehmen soll.

DMAN - Basissystem

Die Erstellung der Departure Sequenz erfolgt heute im Wesentlichen nach dem First-Come-First-Serve Prinzip (FCFS). Hierbei erfolgt der Informationsfluss zwischen den Apron und Tower-Arbeitsplätzen ausschließlich vorwärtsgerichtet. Das heißt, ein Flug wird gemäß dem Workflow jeweils an den nächsten zuständigen Arbeitsplatz weitergereicht. Eine Sequenzanpassung erfolgt dann jeweils nur von dem jeweiligen Bearbeiter für seinen Einflussbereich.

Die Sequenz kann dadurch nur eingeschränkt im Hinblick auf einen maximalen Durchsatz über das Bahnsystem erstellt werden.

Zielsetzung

Allen an der Sequenzerstellung beteiligten Controllern wird die auf Durchsatz optimierte Departure Sequenz frühzeitig zur Verfügung gestellt. Zur Optimierung des Durchsatzes muss von dem FCFS abgewichen und die Sequenz nach den Planungsvorgaben erstellt werden.

Ziel des Arbeitspaketes ist die Konfiguration des Departure-Managers „darts“ für den Flughafen Frankfurt und eine erste Bewertung der auf der darts-Planungsfunktionalität basierenden Arbeitsweisen in einer Realzeitsimulation. Mit dem DMAN-Basisystem soll in erster Linie die Grundlage für die Kopplung von AMAN und DMAN geschaffen werden.

Lösungsansatz

Das Darts bestimmt basierend auf den gültigen Randbedingungen (unterschiedliche „Standard Instrument Departure“ (SID) - abhängige Staffe lung, „Minimum Departure Intervalle“ (MDI) und die Wirbelschlepppepnstaffelung) die auf Durchsatz optimierte Sequenz. Die Departure Sequenz wird allen an der Sequenzerstellung beteiligten Lossen mit den für den jeweiligen Arbeitsplatz abgeleiteten Zielzeiten (Zielzeit für Startup, Pushback und Takeoff) bereitgestellt. Bei Abweichungen vom Planzustand wird die Sequenz ständig aktualisiert.

Die Hinterlegung von Prozesszeiten (Pushback / Startup / Taxizeit / Lineup) ermöglicht die Planung der erforderlichen Off-block Zeit, die zur Erreichung des Slotfensters erforderlich ist.

Durch die Planung der Startzeiten und damit verbunden der Offblock-Zeiten soll es möglich sein, lange Queues vor der Runway zu vermeiden und somit überflüssige Belastungen der Controller zu reduzieren. Weiterhin sollen damit die unökonomischen Wartezeiten mit laufenden Triebwerken reduziert werden.

Mit dem *darts* erfolgt eine planbasierte Abarbeitung der Abflug-Sequenz. Die geplante Sequenz wird unter Berücksichtigung einer Vielzahl von Kriterien erstellt. Es erfolgt eine Gesamtplanung unabhängig vom spezifischen Zuständigkeitsbereich, bei der eine Rückwärtsrechnung in dem Sinne erfolgt, dass der Einfluss von Planungsänderungen an einem Arbeitsplatz auf die nachfolgenden Flüge berücksichtigt wird.

Bewertungsumgebung

Im Rahmen des Prototyping wurde das in Zürich operationell eingesetzte *darts* mit den Daten des Flughafens Frankfurt konfiguriert. Berücksichtigt wurde hierbei ausschließlich die Betriebsrichtung 25.

Zum Nachweis der Arbeitbarkeit der optimierten Sequenzen wurden Realzeit-Simulationen durchgeführt. Die Simulationen erfolgten 2004 mit Lotsen aus dem operationellen Betrieb.

Ergebnisse

Im Sinne der Projektzielsetzung ist der *darts* Prototyp einsetzbar. Selbst in einem Hochlast-Szenario konnte der Verkehr unter Berücksichtigung und Einhaltung von Slot-Zeiten gut abgewickelt werden. Der Verkehrsfluss im Apron-Bereich wurde wahrnehmbar entzerrt und gleichmäßiger. Der Departure-Manager erhöht das Verständnis für die Arbeitsweise der anderen Arbeitsplätze.

Für die Einführung von *darts* als operationelles System erscheint es sinnvoll, den Planungsalgorithmus weiter zu verbessern. Neben einer höheren Planungsstabilität der Anlass-Sequenz sind zusätzliche Updatepunkte der Planung, z.B. zum Zeitpunkt Push-Back / Startup und während des Rollvorganges wünschenswert. Ebenso soll die

Länge der Warteschlange am Bahnkopfe besser abgestimmt werden. Dabei ist ein guter Kompromiss zwischen der Bereitstellung von ausreichendem Departure-Demand und einer minimalen Länge der Warteschlange zu finden.

Ausblick

Im Rahmen von K-ATM konnte aufbauend auf dem *darts* Basissystem und dem 4D-Planer die Kopplung von Arrivals und Departures untersucht werden.

Die bei der Prototypenentwicklung der *Darts* Grundfunktionalitäten gesammelten Erfahrungen sind in das DMAN-Projekt eingeflossen.

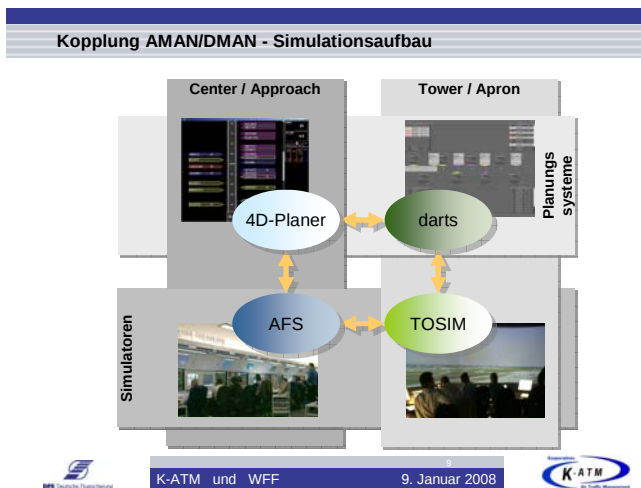
Zur Bewertung der *darts* Grundfunktionalität wurde der TOSIM erweitert, so dass neben den Tower-Arbeitsplätzen auch gleichzeitig die Apron Arbeitsplätze und damit auch die wechselseitige Abhängigkeit der jeweiligen Prozesse abgebildet werden kann. Diese Simulationsfunktionalität steht für weitere Untersuchungen, deren Notwendigkeit sich durch den Ausbau der großen internationalen Flughäfen ergibt, zur Verfügung.

Als Spin-Off aus den K-ATM Simulationen konnte die DFS die Durchführung der Fraport Vorfeldschulungen bei der DFS-Akademie gewinnen.

Kopplung AMAN/DMAN

Die Untersuchungen zur Kopplung von AMAN/DMAN wurden bereits in der Ausgabe 2/06 von „TE im Fokus“ detailliert beschrieben.

Mit der Kopplung von AMAN/DMAN konnte grundlegendes Know-How in Hinblick auf die Realisierbarkeit einer integrierten Sequenzplanung für Arrivals und Departures gewonnen werden.



Im Hinblick auf eine betriebliche Einführung wird aus Projektsicht (in Abstimmung mit den Betriebsbereichen von Frankfurt und München) empfohlen, zunächst mit dem CLOU eine Systemunterstützung für die Auswahl einer Bahnnutzungsstrategie sowie einer übergeordneten Priorisierung zwischen In- und Outboundverkehr im Feldtest zu untersuchen.

Die Systemunterstützung des gekoppelten AMAN/DMAN mit der integrierten Sequenzplanung stellt den nächsten Detaillierungsschritt dar. Mit der Verfügbarkeit der gekoppelten Simulationssysteme von AFS und TOSIM kann im Hinblick auf die Entwicklung neuer Betriebsverfahren im Rahmen der Erweiterung des Runway- und Taxiwaysystems der Flughafen von Frankfurt, München und Berlin ein wertvoller Beitrag geleistet werden. Die gekoppelte Simulationsumgebung ermöglicht die Betrachtung der Abhängigkeiten der Arbeitsweisen zwischen Center, Approach, Tower und Apron.

ACAS Monitor

Die Untersuchungen zum ACAS Monitor wurden bereits in der Ausgabe 2/07 von „TE im Fokus“ detailliert beschrieben.

Die erzielten Ergebnisse wiesen die Machbarkeit nach und führten zu Weiterentwicklungen des Messsystems. Nach Anpassungen in der Systemarchitektur wurden noch deutliche Verbesserungen in der Leistungsfähigkeit erzielt. Der erste industrielle Prototyp wurde in Betrieb genommen. Das Gerät läuft von Anfang an stabil und zeichnet seit Inbetriebnahme kontinuierlich verwertbare Daten auf. Damit steht weltweit erstmals ein

industriell gefertigtes Gerät für das Monitoring beider von ACAS genutzten Frequenzen zur Verfügung

Obwohl die statistische Datenbasis noch relativ klein ist, lassen sich schon erste Erkenntnisse gewinnen. Die Menge der in einem Zeitraum gemessenen Ausweichempfehlungen ist von der Verkehrsdichte nicht unabhängig. Allerdings lassen sich die anfangs erwarteten Gebiete vermehrten Auftretens von Ausweichempfehlungen nicht geografisch festlegen. Vielmehr muss untersucht werden, ob Luftraumstruktur oder Verfahren ursächlich für eine nachgewiesene Häufigkeit von Ausweichempfehlungen verantwortlich sind. Ebenso konnte nachgewiesen werden, dass Vorfälle Untersuchungen, auch der Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung, mit deutlich verbesserter Datenbasis unterstützt werden können.

Abkürzungen

4D-Planer	Arrival Manager der DFS
ACAS	Airborne Collision Avoidance System
AFS	Advanced Function Simulator
AMAN	Arrival Manager
CAPMAN	Capacity Manager
CLOU	Cooperative Local Ressource Planner
DARTS	Departure Manager der Fa. Delair
DMAN	Departure Manager
FMAN	Flow Manager
LDSS	Local Decision Support System
LUFO	Luftfahrtforschungsprogramm
RA	Resolution Advisory, von ACAS generierte Ausweichempfehlung
STCA	Short Term Conflict Alert
TCAS	Traffic Alert & Collision Avoidance System (Implementierung)
TOSIM	Tower Simulator (Realzeitsimulator)

Auswertungsmöglichkeiten von Simulatoreaufzeichnungen

Stefan Schicktanzen, Stefan Tenoort, TEH

Einleitung

Der Forschungssimulator AFS (Advanced Function Simulator) wurde und wird von verschiedenen Projekten genutzt um neue Konzepte, Systeme, Verfahren und Lufträume zu untersuchen. Wird dabei lediglich ein exploratives Vorgehen gewählt, d.h. Lotsen arbeiten verschiedene Szenarien ab und geben anschließend ihr Urteil ab, werden die umfangreichen Datenaufzeichnungs- und -auswertungsmöglichkeiten des AFS nicht vollständig genutzt.

Dieser Artikel gibt einen Überblick über die verschiedenen Auswertungsmöglichkeiten von Simulationsaufzeichnungen. Die einzelnen Auswertungen stehen modular zur Verfügung und können nach Bedarf, d.h. hinsichtlich der Zielsetzung einer Simulation und nach Kundenwunsch zusammengestellt, angepasst und ergänzt werden.

Die im Rahmen einer Simulation mit dem Forschungssimulator AFS aufgezeichneten Meldungen und Ereignisse werden in einem speziellen binären Logfile gespeichert. Nach dem Einlesen dieses Recordings, mit Hilfe des auf SAS (Statistical Analysis Software) basierendem Tools DAFNE (Data Analysis in an Off-line Environment), stehen anschließend zahlreiche Datentabellen zur Verfügung, die zur weiteren Datenauswertung herangezogen werden können.

1. Auswertung objektiver Daten

Sektorlast (Anzahl Luftfahrzeuge):

Berechnung der Anzahl Luftfahrzeuge in einem Sektor für ein beliebiges Zeitintervall (meistens Flugbewegungen pro Stunde). Als weitere Kenngrößen können Anzahl, Minimum und Maximum der sich gleichzeitig in einem Sektor befindenden Luftfahrzeuge ermittelt werden.

Sektorverweildauer:

Als eine wichtige Kenngröße eines Sektors wird in diesem Modul die durchschnittliche Verweildauer eines Luftfahrzeugs ermittelt. Berücksichtigt werden hierbei nur Flüge, die im ausgewerteten Messzeitraum den Sektor vollständig durchflogen haben. Zusätzlich werden aber auch Minimum, Maximum und Standardabweichung der Durchflugszeit berechnet.

Bearbeitete Flugstunden:

Sektorbezogene Aufsummierung der Verweildauer jedes Luftfahrzeugs im gewählten Messzeitraum. Da dieser Wert stark mit der Anzahl Luftfahrzeuge im Sektor korreliert, wird auch die Kenngröße „Bearbeitete Flugstunden pro 100 Lfz“ berechnet und ausgegeben.

Anteil Vertikalverkehr:

Als ein Maß für die Komplexität eines Sektors wird hier der Anteil des Vertikalverkehrs in Prozent vom Gesamtverkehr berechnet.

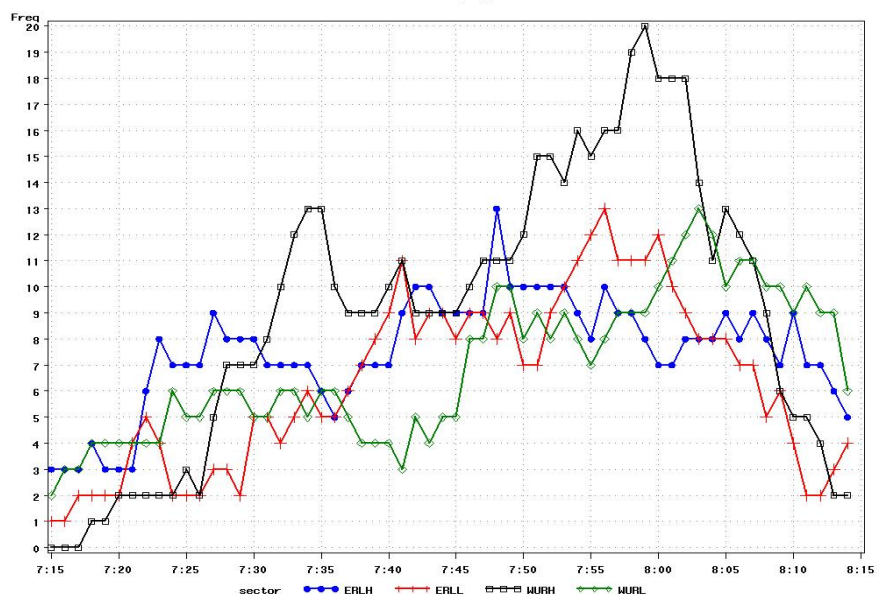


Abb. 1: Beispiel einer grafischen Darstellung der Sektorlast für vier simulierte Sektoren aus einer Simulation im Projekt MSP-D/L

Wegpunktlast:

Berechnung der Anzahl Luftfahrzeuge, die einen Wegpunkt entweder direkt überflogen oder auch „Abeam“ passiert haben.

Planungskonflikte:

Aufgrund von reinen Flugplandaten wird hier die Anzahl Luftfahrzeuge berechnet, die zeitnah (wählbares Zeitintervall) einen Wegpunkt in der gleichen Höhe überfliegen werden. Das Ergebnis kann als Hinweis für die Komplexität, bzw. Schwierigkeit des eingespeisten Verkehrsstroms dienen.

Konflikte (Loss-of-Separation):

In diesem Modul werden die relativen Abstände von allen Luftfahrzeugen zueinander und zu jedem Zeitpunkt der Simulation berechnet und bei Unterschreiten von einstellbaren Parametern (für vertikalen und lateralen Mindestabstand) als Konfliktereignis mit der jeweils geringsten festgestellten Annäherung ausgegeben. Gleichzeitig wird auch die Konfliktart ermittelt (crossing, same direction oder opposite).

Sprechfunk:

Berechnung der Anzahl, der Gesamtdauer sowie durchschnittliche, minimale und maximale Dauer aller Sprechfunkkontakte je Sektor. Wahlweise

können auch die Pilotenfunkgespräche und die jeweiligen Antwortzeiten zur Ermittlung der Funkbelastung des Lotsen berücksichtigt werden. Inhalte des Sprechfunks werden nicht aufgezeichnet.

Verbale Koordination (Telefon):

Ähnlich wie beim Sprechfunk werden in diesem Teil die Anzahl, die Gesamtdauer sowie die durchschnittliche, minimale und maximale Dauer aller Telefonkontakte, hier aber pro Arbeitsposition, berechnet. Zusätzlich kann eine Liste mit allen geführten Gesprächen (nicht des Inhalts) ausgegeben werden, aus der ersichtlich ist wer mit wem, wie lang und wie oft telefoniert hat.

Workload:

Berechnung der Workload (Arbeitsbelastung) des Lotsen bezogen auf den simulierten Messzeitraum sowie umgerechnet auf 60 Minuten Basis. Als Grundlage dienen die sog. CAPAN-Formeln des DFS Workloadmodells die in diesem Modul implementiert wurden. Beitragende Größen für den ermittelten CAPAN-Wert sind die folgenden Situationsparameter: Anzahl Lfz, Sektorverweildauer, Sektorein- bzw. Sektorausflüge, Konflikte sowie Vertikalbewegungen.

Dichtefunktionen:

Bestimmung der Verkehrsdichte nach entsprechenden Formeln unter Berücksichtigung z.B. von Anzahl LFZ sowie Anteil Level- und Vertikalverkehr in Relation zur Sektorgröße.

Pünktlichkeit:

Untersuchung der Pünktlichkeit durch Vergleich von Planzeiten (sofern verfügbar) und Ist-Zeiten, z.B. Überflugs- oder Landezeit.

Landesequenz:

Grafische Darstellung der Landereihenfolge mit zeitlichem und räumlichem Abstand zwischen gelandetem und nachfolgendem LFZ.

Interarrival-Error bei Arrivals (die Streuung/ Standardabweichung)

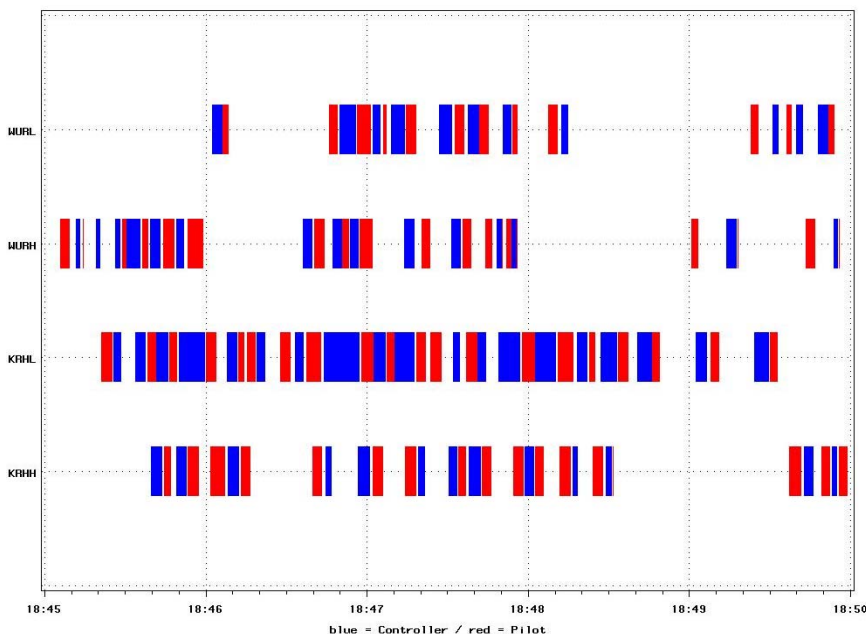


Abb. 2: Beispiel einer grafischen Darstellung der Funkbelastung von vier simulierten Sektoren in einem ausgewählten 5-Minuten-Intervall (Strichdicke entspricht der Funkdauer)

chung der einzelnen Staffelungsabstände an der Landebahnschwelle in Sekunden) getrennt nach Gewichtsklassenkombinationen.

Flugspuren:

Dieser Programmteil stellt umfangreiche Möglichkeiten zur Darstellung der simulierten Flugspuren zur Verfügung. So können ausgewählte oder auch alle Flugspuren über Grund zusammen mit relevanten geografischen Merkmalen (Sektorgrenzen, Wegpunkte, Airports, etc.), nach beliebigen Kriterien eingefärbt, dargestellt werden. Es können aber auch Einzelanalysen zum Flugverlauf, wie z.B. Höhenprofildarstellung oder Abweichungen von geplanter Trajektorie zu tatsächlichem Flugverlauf generiert werden. Eine recht neue Funktion bietet den Export der Daten in das von Google Earth® benötigte Format, welches das Nachfliegen eines einzelnen Fluges mit Google Earth® ermöglicht.

Freigaben:

Anzahl und Art der Freigaben (z.B. Altitude, Speed, Heading, Direct, Holding, Transfer, etc.) durch den Lotsen werden indirekt über die Auswertung der aufgezeichneten Piloteneingaben ermittelt.

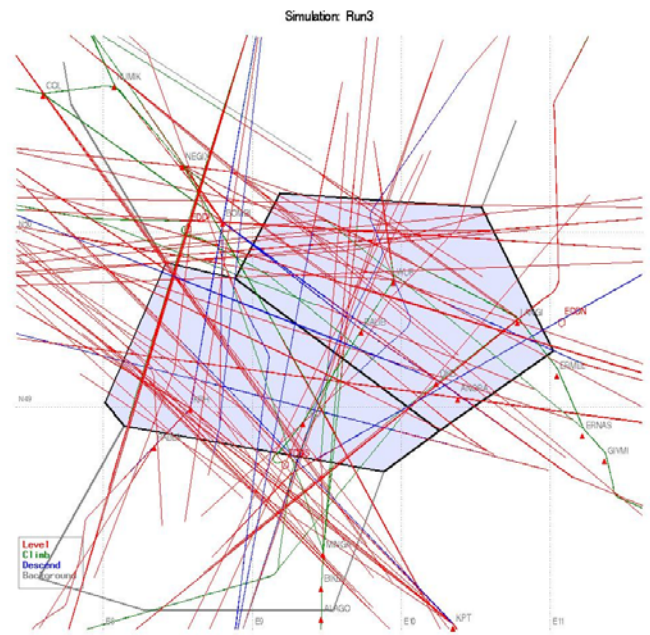


Abb. 3: Beispiel einer Flugspurdarstellung mit DAFNE für die untersuchten Sektoren Würzburg und Erlangen

User Action Logging (UAL):

Dieses Modul stellt die neueste Erweiterung im kontinuierlichen Bemühen des Ausbaus des DAFNE-Tools dar. Es verarbeitet die Aufzeichnungen sämtlicher mausgesteuerter Lotsenein-

VADS Logfile - Durchschnittliche Aktionsdauer

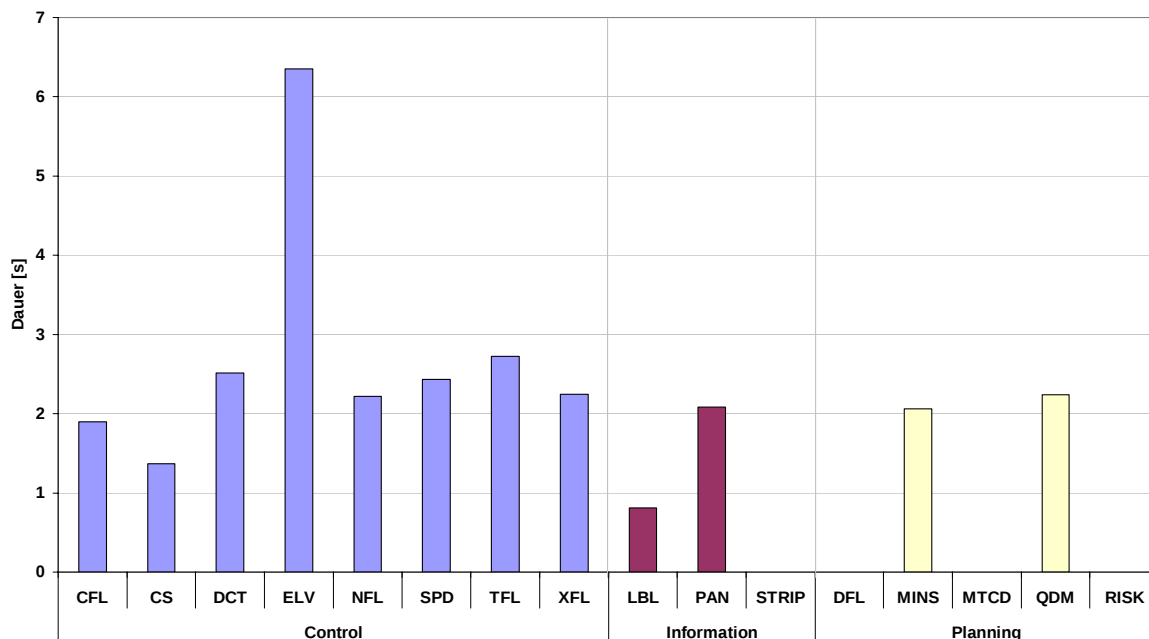


Abb. 4: Beispiel einer Bestimmung der durchschnittlichen Aktionsdauer in einer Simulation im Projekt MSP-D/L

gaben in das System (MDW, SDD und TID) und ermöglicht so statistische Auswertungen von Anzahl und Dauer planungsrelevanter Tätigkeiten (z.B. DFL-, MinSep-, oder MTCD-Aktivierung), kontrollrelevanter Aktionen (z.B. Menüeingaben für XFL, NFL oder TFL durch Anklicken des Callsign Menüs auf dem SDD) sowie von Systemeingaben die der Informationsaufnahme dienen (z.B. Panning, Label de-conflicting, Zoom, oder Stripmarking).

2. Auswertung subjektiver Daten

Neben den objektiven Daten die der AFS aufzeichnet, können mit geringem Aufwand zusätzlich auch Erhebungen subjektiver Einschätzungen vorgenommen werden. Dazu können auf dem Touch Input Device (TID) Fragebogen dargestellt werden und die Daten somit elektronisch erfasst werden. Dies kann sowohl online, d.h. zu festgelegten Zeitpunkten während des Simulationsruns, wie auch nach Abschluss des Runs erfolgen. Online-Erhebungen sind hilfreich, wenn es um die subjektive Bewertung von Beanspruchung (workload) oder dem Situationsbewusstsein geht. Dazu werden in der Regel standardisierte und erprobte Methoden verwendet. Bei einer post-run Erhebung können dann umfangreichere Fragebogen verwendet werden mit denen der gesamte Run bewertet wird. Neben standardisierten Fragebogen wie z.B. zu Teamverhalten, Situationsbewusstsein und Akzeptanz, können auch bedarfsgerecht entwickelte Fragebogen verwendet werden, wenn bestimmte Fragestellungen in einer Simulation untersucht werden sollen.

den sollen.

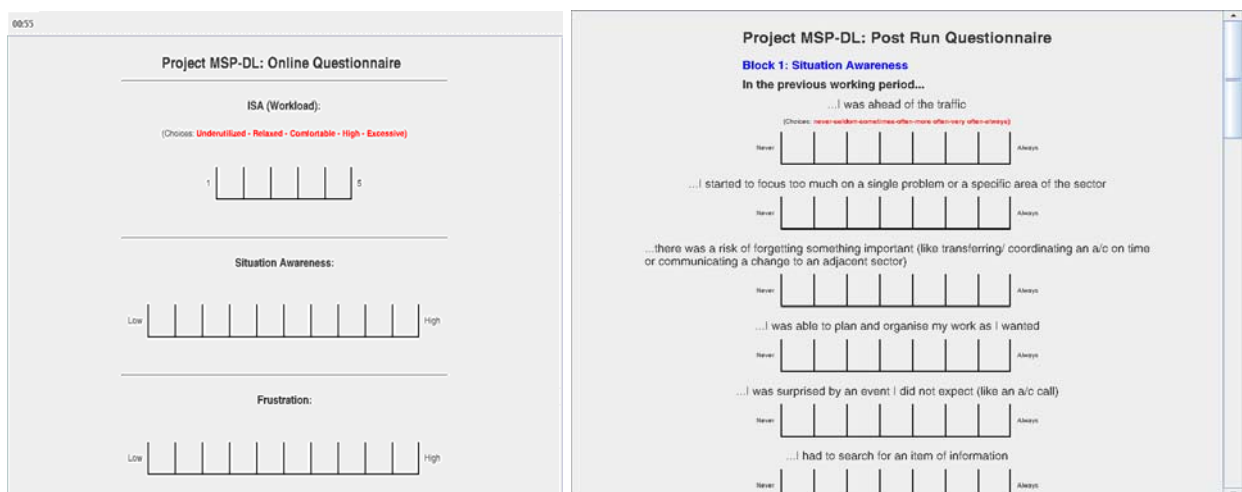
Die Vorteile einer elektronischen Erfassung liegen in der direkten Verfügbarkeit der Daten, wobei die Fehlermöglichkeit bei der Übertragung von Papierfragebögen in eine EDV entfällt.

3. Ergebnisdarstellung / Weitergabe

Grundsätzlich lassen sich alle Ergebnisse der vorgestellten Module sowohl in tabellarischer als auch in grafischer Form aufbereiten und können in beliebigen Formaten exportiert werden um die Ergebnisse in MS-Office einzubinden. So können Rohdaten zur Weiterverarbeitung z.B. mit MS-Excel genutzt werden, um dem Kunden eigene Auswertungen zu ermöglichen. Der sehr flexible und modulare Aufbau des DAFNE-Tools erlaubt die relativ einfache Anpassung der Auswertungen nach den Bedürfnissen des Auftraggebers und ist so zu einem wichtigen Baustein zur Analyse von Echtzeitsimulationen geworden.

Abkürzungen

DFL	Dynamic Flight Leg
MDW	Main Data Window
MTCD	Medium Term Conflict Detection
NFL	Entry Flight Level
SDD	Situation Data Display
TFL	Transit Flight Level
TID	Touch Input Device
XFL	Exit Flight Level



Project MSP-DL: Online Questionnaire

ISA (Workload):
(Choices: Underutilized - Relaxed - Comfortable - High - Excessive)

1 [] [] [] [] [] 5

Situation Awareness:
Low [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] High

Frustration:
Low [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] High

Project MSP-DL: Post Run Questionnaire

Block 1: Situation Awareness

In the previous working period...

...I was ahead of the traffic
(Choices: never/seldom/sometimes/often/more often/very often/always)

Never [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] Always

...I started to focus too much on a single problem or a specific area of the sector

Never [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] Always

...there was a risk of forgetting something important (like transferring/ coordinating an a/c on time or communicating a change to an adjacent sector)

Never [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] Always

...I was able to plan and organise my work as I wanted

Never [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] Always

...I was surprised by an event I did not expect (like an a/c call)

Never [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] Always

...I had to search for an item of information

Never [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] Always

Abb. 5: Beispiel eines online- und postrun-Fragebogens aus einer MSPDL-Simulation

Das ATM Simulatorzentrum auf der ATC Global 2008

Oliver Ruehl, Michael Slotty, TEI

Auch in diesem Jahr war das ATM Simulatorzentrum (TEI) auf der ATC Global vom 11. – 13. März 2008 vertreten. Die ATC Global gehört zu den führenden Flugsicherungsmessen weltweit. In diesem Jahr wurde mit 203 Ausstellern aus 95 Ländern zudem ein neuer Ausstellerrekord erzielt. Das zunehmende Interesse spiegelte auch der neue Veranstaltungsort wider:

Im 18. Jahr ihres Bestehens wechselte die Messe von Maastricht nach Amsterdam ins RAI International Exhibition and Congress Center.

Die DFS zeigte dort unter dem Motto "Trust in Experience" Präsenz. Zusätzlich zum DFS Stand zeigte das ATM Simulatorzentrum gemeinsam mit dem Softwarezulieferer UFA Inc. auf einem eigenem Stand die vorhandene Simulatorinfrastruktur.

Aufgrund der gestiegenen DFS internen Nachfrage nach Verbundsimulationen, die Center, Tower sowie Vorfeld-Bereiche mit einschließen, entschied sich das Simulatorzentrum auch in diesem Jahr, die gekoppelten Realzeit-Simulatoren Tosim und NewSim auf der ATC Global zu präsentieren.

Die zahlreichen Anfragen und Gespräche, die sich hieraus ergaben, bestätigten diese Entscheidung. Nicht zuletzt durch den gelungenen Standaufbau sowie durch die eindrucksvollen 46 Zoll LCD Displays, auf denen Tower Sicht sowie das Controller Radar Display gezeigt wurden, waren ein Anziehungspunkt für viele Besucher.

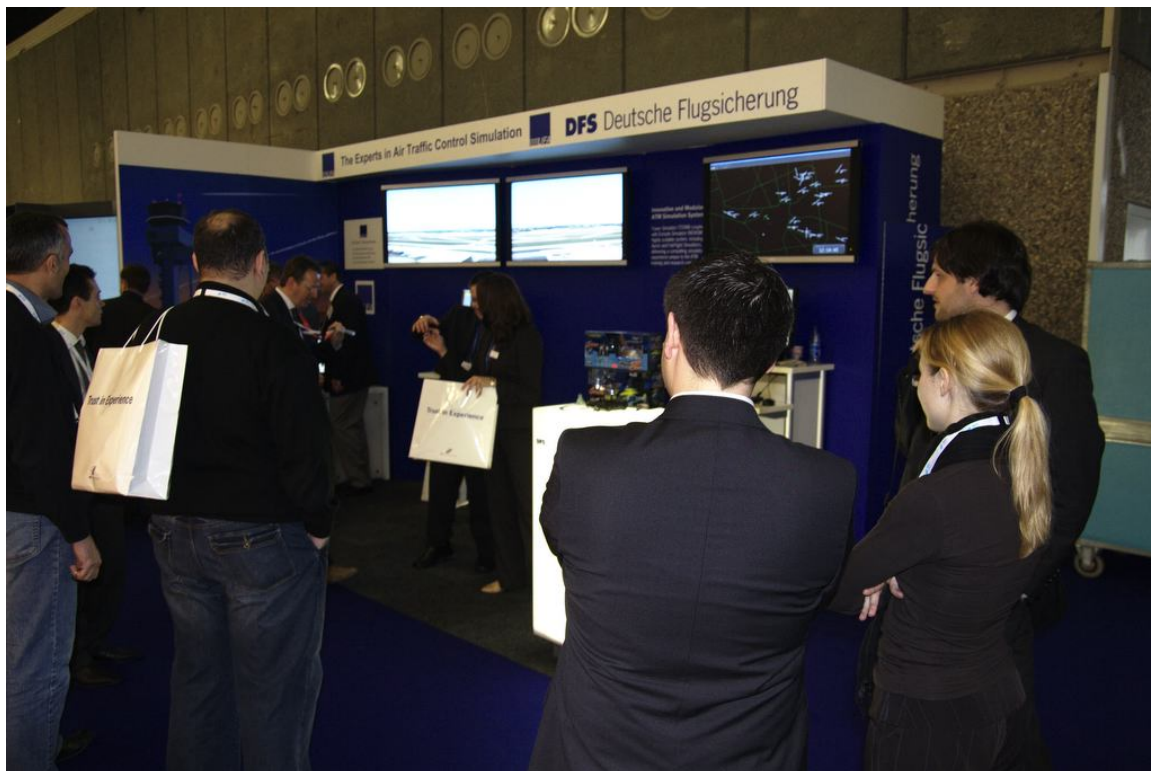


Abb. 1: Gemeinsamer Messestand des ATM Simulatorzentrums mit der Firma UFA



Abb. 2: Die Tosim Produktmanager mit Kollegen der zivilen Französischen Flugsicherung DGAC

Um weitere Besucher auf den Stand aufmerksam zu machen, wurden regelmäßig Flüge mit Modellhubschraubern durchgeführt. Interessierte Besucher durften anschließend selber ihr Können im Hubschrauberfliegen zeigen. Zweimal pro Tag fand dann die Verlosung je eines Hubschraubers statt.

Das vorgestellte gekoppelte System besteht aus den Tower-Simulator Software-Komponenten ATTower sowie ATView auf Windows XP Systemen. Sämtliche Software wird hier von unserem Softwarepartner UFA Inc. geliefert. Die Enroute Simulatorenseite NewSim besteht sowohl aus der Software Komponente ATCoach von UFA Inc. als auch aus der TEI eigenen Controller Display Entwicklung VADS²/JADE³. Die Enroute-Simulatoren laufen auf PC-basierten Linux-Systemen.

TEI wurde auf dem Messestand vom Leiter des ATM Simulatorzentrums, Dr. Karl-Heinz Steffens, den Tosim Produktmanagern Oliver Ruehl und Andreas Tuerk sowie dem Software Entwickler Jan Fiebert vertreten.

Der Messeauftritt wurde abgerundet durch eine Präsentation vom Leiter des Produktmanagements „ATM Realzeit Simulatoren“, Michael Slotty zum Simulator NewSim im Seminarprogramm.. Thema hier war die Zusammenarbeit mit dem starken Softwarepartner UFA Inc., sowie die Vielzahl an Möglichkeiten, die sich durch eine Nutzung des NewSim ergeben.



Abb. 3: Präsentation des Leiters Produktmanagement, Michael Slotty

Kontakt

Oliver Ruehl, TOSIM Produktmanager, ATM Simulatorzentrum (TEI) Tel.: 06103 707-5748 E-Mail: oliver.ruehl@dfs.de

Michael Slotty, Leiter Produktmanagement ATM Realzeit Simulatoren, ATM Simulatorzentrum (TEI) Tel.: 06103 707-5763 E-Mail: michael.slotty@dfs.de

² VADS=Very Advanced Display Software (TE-Entwicklung),

³ JADE=Java Agent Development Framework (Quelloffene Middleware)

TE und die Herausforderung „Human Factors“

Stefan Tenoort, TEH

Menschliches Versagen oder was lief wirklich schief?

Sowohl im Arbeitsleben als auch im Alltag und in der Freizeit spielt der Umgang mit technischen Systemen eine große Rolle. Fast überall ist der Mensch heute gefordert, mit mehr oder weniger komplexen Maschinen zusammen zu arbeiten. Sehr oft sind diese Entwicklungen allein von den neuen technischen Möglichkeiten bestimmt, die die Ingenieurwissenschaften hervorbringen. Aber welche Rolle spielt der Faktor „Mensch“ dabei? Wie kann Technik so gestaltet werden, dass sie den Bedürfnissen und Fähigkeiten des Menschen gerecht wird? Welche neuen Herausforderungen stellen sich dem Menschen in Zusammenhang mit der Nutzung moderner und zukünftiger Technologien und wie können sie bewältigt werden?

Hochtechnisierte Branchen wie Luftfahrt, Prozessindustrie, Medizin, Polizei oder Militär ähneln sich darin, dass Menschen mit komplexen soziotechnischen Systemen umgehen und dabei vielfältige technische, organisatorische und soziale Anforderungen bewältigen müssen. In solchen Branchen ist die Alltagsarbeit oft hochautomatisierte Routine aber in Ausnahme- und Krisensituationen müssen dann Menschen entscheiden, oft unter Zeitdruck und mit hohem Risiko. "Menschliches Versagen" heißt die Formel, auf die Fehlschläge gebracht werden. Die Antwort ist nicht selten die Tendenz, menschliches Handeln möglichst noch mehr durch Technik zu ersetzen. Doch jedes technische System existiert notwendigerweise nur durch Handlungen des Menschen, sei es in der Design- bzw. Auslegungsphase, im Konstruktionsprozess, bei der Einführung sowie bei der Nutzung und Instandhaltung. Überall können Eingriffe des Menschen zu Fehlern führen.

Trotzdem bleibt der Mensch mit seiner Denkfähigkeit und Kreativität als Entscheider unverzichtbar. Es besteht daher großer Bedarf an Konzepten, die dabei helfen, das Potential des

"Faktors Mensch" sicherer und effektiver einzusetzen.

Insbesondere in sicherheitsrelevanten Unternehmen, die mit komplexen Situationslagen arbeiten und in denen der Mensch eine zentrale Rolle einnimmt, werden Themen, die den Menschen und seine Einbindung im Gesamtsystem betreffen, immer stärker in den Fokus genommen.

Was ist unter Human Factors zu verstehen?

Human factors is the scientific discipline concerned with the understanding of interactions among humans and other elements of a system, and the profession that applies theory, principles, data, and other methods to system design in order to optimize human well-being and overall system performance. (International Ergonomics Association, 2000)

Human Factors (HF) ist ein Sammelbegriff für psychische, kognitive und soziale Einflussfaktoren in sozio-technischen Systemen. Es geht im Wesentlichen um die Berücksichtigung von menschlichen Fähigkeiten wie auch Beschränkungen bei der Gestaltung und Entwicklung von technischen Systemen.

Im Gesamtsystem ATM sind Human Factors ein multidisziplinärer Ansatz, der sich mit der systematischen Betrachtung und Einbeziehung der Rolle des Menschen wie Interaktion Mensch-Maschine, Arbeitsumgebung, Personal- und Organisationsentwicklung, Verfahren und Zuständigkeiten, Teamarbeit sowie Auswahl und Training beschäftigt, siehe Abb. 1.

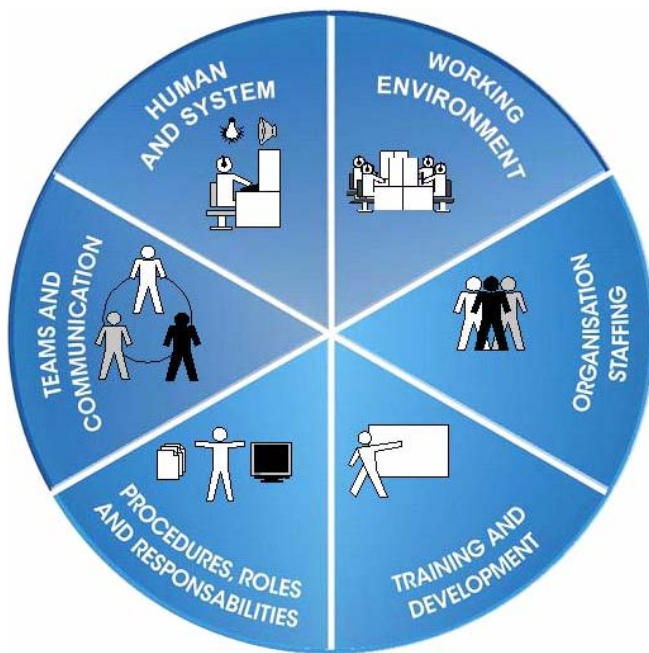


Abb. 1: Human Factors Themen (nach HF Case, EUROCONTROL)

Die wesentlichen Fragestellungen von Human Factors Betrachtungen sind: Welche menschlichen Eigenschaften müssen berücksichtigt werden, um

- eine technische Umgebung dem Menschen optimal anzupassen,
- die Aufgaben, Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten zwischen Menschen und zwischen Mensch und Maschine optimal zu verteilen,
- eine reibungslose Interaktion an der Mensch-Maschine-Schnittstelle zu ermöglichen,
- die Folgen technischer und menschlicher Fehler zu vermindern und
- die Sicherheit und Effektivität des Gesamtsystems Mensch-Maschine zu verbessern.

Wie gehören Human Factors und Flugsicherung zusammen?

Die menschliche Leistung im Air Traffic Management (ATM) spielt heute wie auch in Zukunft eine entscheidende Rolle. ATM umfasst die komplexe Interaktion zwischen Verfahren, Systemen und menschlichen Operateuren innerhalb eines organisatorischen Umfeldes. Man spricht

auch von einem SHEL Modell: „Software“ (Verfahren u.ä.), „Hardware“ (Technologien, Arbeitsumgebung u.ä.), „Environment“ (Wirtschaftliches Umfeld, Umweltfolgen u.ä.) und „Lifeware“ (menschliche Operateure, Entwickler, Techniker etc.).

Beziehen neue Entwicklungen nicht alle diese Elemente gleichmäßig mit ein, entstehen mit erhöhter Wahrscheinlichkeit in späten Entwicklungs- und Transitionsphasen Probleme, die oft im Zusammenhang mit Human Factors stehen. Folge ist eine suboptimale Systemleistung, bedingt durch Anwendungsprobleme oder mangelnde Akzeptanz bei den Anwendern bis hin zu möglichen Konflikten im Arbeitnehmer/ Arbeitgeber-Gefüge. Beispiele innerhalb und außerhalb von ATM zeigen, dass dies zu zusätzlichen Entwicklungskosten oder Verzögerungen im Projekt führen kann.

Nimmt man als Beispiel die Entwicklung neuer Systeme, so ist nachweisbar, dass Einflussmöglichkeiten von Human Factors Betrachtungen mit zunehmenden Entwicklungsstand eines Systems abnehmen. Jedoch werden Systeme/ Systemkomponenten oftmals erst relativ spät in der Entwicklung validiert (HMI, Systemeffizienz, Akzeptanz, etc). Aber je später HF berücksichtigt werden, desto schwieriger wird es Erkenntnisse in die Entwicklung zurückzuführen. Ergebnisse können nicht mehr berücksichtigt werden oder es steigt die Gefahr, dass Kosten- und Zeitrahmen nicht gehalten werden können und ein System nicht im gewünschten Maß den gestellten Anforderungen entspricht. Durch eine frühzeitige(re) Berücksichtigung von HF während der Systementwicklung kann hingegen das Zusammenspiel von Mensch, Technik und Verfahren objektivierbar verbessert werden. Ziel ist es, frühzeitig Fehlentwicklungen in der Bedienbarkeit, Arbeitbarkeit, Akzeptanz und Effizienz einer neuen ATM Systementwicklung zu erkennen, und Lösungsansätze zu entwickeln, die den Projekterfolg sicherstellen. (Proaktive Vorgehensweise)

In Zukunft werden die Anforderungen an den Menschen im System Flugsicherung weiter steigen. Die Vorgaben der ATM 2000+ Strategy und von SESAR (Single European Sky ATM Research Programme) sowie die mögliche Implementierung eines Functional Airspace Blocks (FAB), u.a., erhöhen die Notwendigkeit Human Factors systematisch zu berücksichtigen.

Neben der ständigen Veränderung und Erneuerung technischer Komponenten, der Steigerung des Luftverkehrs und der wachsenden Komplexität des Verkehrs sowie der Systeme, werden sich die Anforderungen auch in Themen wie Kooperationsfähigkeit, Flexibilität, Mobilität und individuelles Stressmanagement erhöhen. Zukünftige Konzepte, Verfahren und Technologien im ATM werden auf die menschlichen Rollen im Gesamtsystem nachhaltigen Einfluss haben. Auch im Kontext von Automation steigt die Bedeutung von Human Factors eher an als, wie oft angenommen, zu sinken.

Die mit dem Berufsbild Fluglotse und des Technikers in den operativen Bereichen zusammenhängenden Anforderungen werden sich demgemäß deutlich verändern. Um diesen Veränderungen gerecht zu werden und pro-aktiv agieren zu können, müssen sich alle Bereiche im Unternehmen DFS, die sich mit der menschlichen Komponente in der Flugsicherung beschäftigen, auf die neuen Anforderungen einstellen.

Die Auswahl geeigneten Personals, das Training und die Ausbildung der operativen Mitarbeiter, die Interaktion zwischen Mensch und Technik, die Analyse von Vorfällen, alle Bereiche, die Analyse- und Unterstützungsmaßnahmen für operatives Personal bereitstellen, sowie alle weiteren DFS-Bereiche, die in das Themengebiet involviert sind, werden davon betroffen sein. Ein integriertes Human Factors Management vernetzt die Bereiche und Einheiten, optimiert die Schnittstellen und integriert Erkenntnisse und Maßnahmen in einen Gesamtprozess.

Ein frühes und kontinuierliches Management der Human Factors in allen Phasen eines Projekts einschließlich der Transition ist also ein entscheidender Beitrag zur erfolgreichen Einführung operativer Verfahren und Technologien. Das Systemzusammenspiel kann objektivierbar verbessert und so auch der Einfluss subjektiver Sichtweisen oder Interessen verringert werden. Daher muss sowohl bei technischen Entwicklungen als auch bei Trainingsmaßnahmen menschliches Verhalten in all seinen Facetten von Beginn an einbezogen werden.

Quo vadis, DFS?

Zu vielen Aspekten von Human Factors sind in der DFS Kompetenz, Methoden und Standards

vorhanden, die aber im Unternehmen unterschiedlich und nur punktuell genutzt werden. Die Integration der Human Factors Aspekte wird in der Entwicklung, Implementierung aber auch im Betrieb des Gesamtsystems ATM nicht immer ausreichend berücksichtigt. In Teilbereichen sind internationale Standards noch nicht voll erfüllt (European Convergence and Implementation Plan - ECIP HUM 03: Fully integrate human factors into the lifecycle of ATM systems).

Um die Erfüllung der zukünftigen Anforderungen an Sicherheit, Kapazität und Effizienz sowie harmonisierter Arbeitsstrukturen und Systeme (z.B. SESAR, ATM 2000+, FAB, s.o.) durch ein systematisches und integriertes Management von Human Factors im Gesamtsystem ATM zu gewährleisten, wurde in der DFS eine Human Factors Plattform eingerichtet.

Die Human Factors Plattform wurde mit Vertretern der Bereiche VY, AK, TE, FK, CC und TWR gebildet und hat gemäß GF-Beschlussvorlage 50/07 folgende Aufgaben:

- Etablierung eines bereichsübergreifenden Netzwerks zur Abstimmung und Vernetzung von Positionen in Human Factors relevanten Gremien und Projekten.
- Aktive Förderung eines bereichsübergreifenden Bewusstseins für Human Factors Management in der DFS.
- Beratungs- und Unterstützungsfunktion bei der Entwicklung von Strategien zur Erfüllung internationaler Human Factors Vorgaben und fachlicher „best practice“.
- Controlling der unternehmensweiten Umsetzung und Anwendung der Human Factors Vorgaben und Methoden.

Die Plattform befasst sich im ersten Schritt mit der Bestandsaufnahme bestehender Aktivitäten und Identifikation von Handlungsbedarf in der Erfüllung internationaler und fachlicher Standards sowie der Erarbeitung eines Maßnahmenplans mit konkreten Vorschlägen zu künftigen Arbeitsstrukturen und Methoden zur Optimierung der Human Factors Integration in das Gesamtsystem ATM in der DFS.

Ziel ist es, ein gemeinsames Verständnis über den Nutzen eines integrierten Human Factors Management in der DFS zu schaffen und Umsetzungsschritte zu vereinbaren.

Und wie kann der Bereich Forschung und Entwicklung beitragen?

Der Bereich Forschung & Entwicklung beschäftigt sich seit langer Zeit mit der Betrachtung von Human Factors - Aspekten im Zusammenhang mit der Durchführung und Auswertung von Realzeitsimulationen. Der Bereich verfügt über ein interdisziplinäres Team von Ingenieuren, Psychologen, Systementwicklern, operationellen Fachleuten, u.a., mit entsprechender Expertise, und eine etablierte Simulationsinfrastruktur, mit der eine systematische Erprobung und Validierung von zukünftigen Konzepten, Technologien, Verfahren und Lufträumen unter Human Factors Gesichtspunkten durchgeführt werden kann. Damit kann TE schwerpunktmäßig die Human Factors –Bereiche „Human & System“ und „Procedures, Roles & Responsibilities“ unterstützen. Zu den Themen „Teams & Communication“ sowie „Working Environment“ kann ebenfalls Know-how bereitgestellt werden.

Der Forschungssimulator AFS (Advanced Function Simulator) wird dabei vornehmlich für die Untersuchung von En-route und Approach verwendet. Er kann darüber hinaus mit einem Towersimulator gekoppelt werden, um die Simulation um die Start- und Landephase zu ergänzen.

Als Beispiel für eine frühzeitige und systematische Betrachtung von Human Factors sei die MSP-D/L Simulationskampagne genannt (s.a. *TE im Fokus 2/07*). Hier wurden in insgesamt drei aufeinander aufbauenden Simulationen neue Konzepte (Multi Sector Planner), Lufträume (verschiedene Layouts und direct routings), Verfahren und Technologien (Datalink) untersucht und dabei mit einer umfangreichen Batterie von Human Factors Methoden begleitet, um Aspekte wie Arbeitsbeanspruchung, Akzeptanz, Situationsbewusstsein, Teamverhalten, Systemnutzung, etc. zu bewerten.

Von Beginn an waren Karlsruher Lotsen bei der Erarbeitung der Verfahren und Lufträume, bei der Konzepterstellung des Multi Sector Planners und der Festlegung des Simulationsumfangs beteiligt. Die gewonnenen Erkenntnisse fließen wiederum in die Arbeitsgruppen des UAC Karlsruhe ein, welche mit der Erstellung des zukünftigen Betriebskonzepts für die Arbeit mit P1/VAFORIT beauftragt sind. Aufgrund der positiven Erfahrungen wird das UAC Karlsruhe sein Betriebskonzept auch zukünftig mit Unterstützung von TE weiterentwickeln.

Impressum:

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

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

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

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

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

Dieser Zeitschrift ist eine ISSN (International Standard Serial Number) zugeteilt. Dabei ist zu unterscheiden zwischen der Print- und der Internet-Version. Diese 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 © 2008 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.