

- Center-Manager – Ein neuer Ansatz zur kombinierten Planung von An- und Abflügen auf mehreren Flughäfen
- Entwicklung eines Onlinearchivs für Human Performance – Methoden im Rahmen von SESAR
- Free Route Airspace Maastricht and Karlsruhe – DFS Karlsruhe UAC, EUROCONTROL Maastricht UAC und Lufthansa gemeinsam auf dem Weg in Richtung Free Route Airspace
- Potenziale marktüblicher Computermonitore für die Luftlagedarstellung
- V2-Validierung einer „RA Downlink“-Anzeige am Lotsenarbeitsplatz



Inhaltsverzeichnis

Abstracts der Artikel in diesem Heft	4
Center-Manager - Ein neuer Ansatz zur kombinierten Planung von An- und Abflügen auf mehreren Flughäfen	5
Daniel Seidel, Dr. Jörg Bergner, Thomas Rüggeberg	
Entwicklung eines Onlinearchivs für <i>Human Performance</i> – Methoden im Rahmen von SESAR	17
Stefan Tenoort	
Free Route Airspace Maastricht and Karlsruhe – DFS Karlsruhe UAC, EUROCONTROL Maastricht UAC und Lufthansa gemeinsam auf dem Weg in Richtung Free Route Airspace	25
Dr. Morten Grandt, Jürgen Regner und Robert Winker	
Potenziale marktüblicher Computermonitore für die Luftlagedarstellung	31
Iris Breitruck	
V2-Validierung einer „RA Downlink“-Anzeige am Lotsenarbeitsplatz	37
Dr. Andreas Herber, Andreas Udovic, Yvonne Graner	
Impressum	38

Die Autoren sind, soweit nicht anders gekennzeichnet, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der DFS. Die Rechte an den Artikeln liegen bei den jeweiligen Autoren.

Abstracts der Artikel in diesem Heft

Daniel Seidel, Dr. Jörg Bergner, Thomas Rüggeberg: Center-Manager - Ein neuer Ansatz zur kombinierten Planung von An- und Abflügen auf mehreren Flughäfen - In dem SESAR-Projekt P05.04.02 "Co-operative Planning Requirements and Validation" arbeitet die DFS zusammen mit NATS und EUROCONTROL an der Entwicklung von Anforderungen an Assistenzsysteme für den Bereich einer komplexen Multi-Airport TMA. Das für die DFS zentrale Element eines Center-Managers, d.h. die Erweiterung des Arrival-Managements um die hierfür nötigen Funktionalitäten, wird in iterativen Realzeitsimulationen am Beispiel der Flughäfen Düsseldorf & Köln/Bonn entwickelt und verfeinert. Das hierfür verwendete Software-Mockup, dem der von der DFS bereits operationell genutzte Arrival-Manager zugrunde liegt, wird in diesem Artikel beschrieben.

Stefan Tenoort: Entwicklung eines Onlinearchivs für Human Performance – Methoden im Rahmen von SESAR - Im Hinblick auf die neuen Systeme, die im Rahmen von SESAR entwickelt werden, kann das menschliche Leistungsvermögen erhöht werden, wenn entsprechende Grundsätze berücksichtigt und angewendet werden. Mithilfe eines Online-Datenarchivs, dem sogenannten electronic Human Performance Repository (eHP-Repository), soll dazu ein Beitrag geliefert werden. Die Entwicklung eines solchen Datenarchivs war die Zielsetzung des SESAR Projekts 16.04.02 – „HP Tool Repository of SESAR standard HP methods and tools“, auf das in diesem Artikel eingegangen wird.

Dr. Morten Grandt, Jürgen Regner und Robert Winker: Free Route Airspace Maastricht and Karlsruhe – DFS Karlsruhe UAC, EUROCONTROL Maastricht UAC und Lufthansa gemeinsam auf dem Weg in Richtung Free Route Airspace – Zwischen Juni 2012 und Mai 2014 haben die DFS Deutsche Flugsicherung, die Deutsche Lufthansa und EUROCONTROL (Maastricht UAC und Network Manager Directorate) gemeinsam im Rahmen der vom SESAR Joint Undertaking geförderten „SESAR Live Trial and Demonstration Activities“ das Projekt „Free Route Airspace Maastricht and Karlsruhe“ (FRAMaK) bearbeitet. Das Vorhaben und die Ergebnisse werden in diesem Artikel beschrieben.

Iris Breittruck: Potenziale marktüblicher Computermonitore für die Luftlagedarstellung – Der Artikel basiert auf einer Abschlussarbeit im Rahmen des dualen Studiengangs Luftverkehrsmanagement, die bei der DFS im Bereich Architekturmanagement durchgeführt wurde. Im Rahmen dieser Bachelor-Arbeit ist untersucht worden, ob marktübliche Computermonitore für die Darstellung des Luftlagebildes am Fluglotsenarbeitsplatz mit den derzeitigen Programmen geeignet sind und der aktuell im Einsatz befindliche 2K-Monitor durch einen marktüblichen Computermonitor der neuen Generation ersetzt werden kann.

Dr. Andreas Herber, Andreas Udovic, Yvonne Graner: V2-Validierung einer „RA Downlink“-Anzeige am Lotsenarbeitsplatz - Falls im kontrollierten Luftraum Konflikte unabhängig voneinander von Bordsystemen (ACAS) und Bodensystemen (STCA) detektiert werden, kann es passieren, dass Piloten und Lotsen unterschiedliche Lösungswege wählen, die u.U. sogar im Widerspruch zueinander stehen. Die Kenntnis über eventuelle Ausweichanweisungen auch am Boden kann hier die Sicherheit erhöhen. Im Rahmen des SESAR-Projekts „Enhanced safety nets for En-route and TMA operations“ wurden Vorschläge für ein europäisch gültiges Betriebskonzept entworfen und aus Nutzersicht überprüft. Eine erste Validierung (sog. „V2“) mit einem Mockup für die Anzeige am Lotsenarbeitsplatz und einem ersten Vorschlag für ein Betriebskonzept konnte vor kurzem abgeschlossen werden.

Center-Manager - Ein neuer Ansatz zur kombinierten Planung von An- und Abflügen auf mehreren Flughäfen

Daniel Seidel, Dr. Jörg Bergner, Thomas Rüggeberg

Einleitung

In dem SESAR-Projekt P05.04.02 "Co-operative Planning Requirements and Validation" arbeitet die DFS zusammen mit NATS und EUROCONTROL an der Entwicklung von Anforderungen an Assistenzsysteme für den Bereich einer komplexen Multi-Airport TMA. Das für die DFS zentrale Element eines Center-Managers, d.h. die Erweiterung des Arrival-Managements um die hierfür nötigen Funktionalitäten, wird in iterativen Realzeitsimulationen am Beispiel der Flughäfen Düsseldorf & Köln/Bonn entwickelt und verfeinert. Das hierfür verwendete Software-Mockup, dem der von der DFS bereits operationell genutzte Arrival-Manager zugrunde liegt, wird in diesem Artikel beschrieben.

1. Problemstellung

Vor dem Hintergrund einer ständig wachsenden Zahl von Flugbewegungen stehen Flughafenbetreiber und Flugsicherung vor der schwierigen Aufgabe, die zunehmende Verkehrsdichte zu bewältigen und den Flugverkehr weiterhin sicher und wirtschaftlich abzuwickeln. Viele stark frequentierte Flughäfen stoßen bereits an ihre Grenzen – Warteschleifen und Verspätungen bei der Landung und beim Start gehören längst zum Flugalltag und verursachen Kosten in Millionenhöhe. Nur deutliche Kapazitätssteigerungen werden hier auf Dauer Abhilfe schaffen können.

Um die an einem Großflughafen verfügbaren Kapazitäten optimal auszunutzen, wurden in der Vergangenheit bereits An- und Abflugplanungssysteme entwickelt, die die Lotsen bei der Zuflussteuerung des Verkehrs auf die Start- und Landebahnen unterstützen. So sind in der Strecken- und Anflugkontrolle verschiedener europäischer Großflughäfen seit einigen Jahren Arrival Manager (AMAN) in Betrieb, die Anflugsequenzen und Zielzeiten für die Metering-Fixe (MF) und die Landebahnschwelle vorgeben. Für den abfliegenden Verkehr gibt es einen Departure Manager (DMAN) oder das Airport Collaborative Decision Making (Airport CDM, A-CDM), das die Tower- und Vorfeld-Lotsen bei der Führung des abfliegenden Verkehrs unterstützen soll. Bei diesem von der EU initiierten Verfahren liegt der Fokus auf einer Optimierung des Umdrehprozesses der Flugzeuge.

Bisherige Arrival Manager betrachten immer einen einzelnen Flughafen mit dem dazugehörigen Approach und den angrenzenden Center-Sektoren und ermöglichen den Lotsen somit die Steuerung des anfliegenden Verkehrs in Abhängigkeit von der Kapazität des Flughafens. Dieser Ansatz hat einige Schwächen, da z.B. Abflüge in der Planung nicht berücksichtigt werden. Insbesondere bei kombiniert genutzten Start- und Landebahnen kann sich daraus eine ungenaue Planung des Verkehrs ergeben, und folglich können bestehende Kapazitäten nicht optimal genutzt werden. Eine weitere Schwäche eines AMAN ist, dass die Last in ACC-Sektoren bei der Planung nicht berücksichtigt wird. Insbesondere der Einfluss des weiteren Verkehrs (also Starts und Durchflüge) in einem Sektor spielt bei der Planung des AMAN derzeit keine Rolle. So bleibt unberücksichtigt, ob ein Sektor die geplanten Zielzeiten für die Anflüge überhaupt erreichen kann. Besonders in Delay-Situationen kann aber der Fall auftreten, dass in einem Sektor die vom AMAN geplanten Zeiten von den Lotsen nicht eingehalten werden können, weil es die Verkehrssituation nicht erlaubt.

4D-Planer

Weiterentwicklung einer Prototypentwicklung des DLR für die integrierte Arrival-Planung für Center- und Approachlotsen zu einem im Betrieb nutzbaren System. Zweite Generation eines Anflugplanungssystems, genutzt in Frankfurt (2003-2011).

AMAN:

AMAN (Arrival Manager) ist die übergeordnete Bezeichnung des Konzeptes eines Anflugplanungssystems. In der DFS ist es zugleich der Produktname für die dritte Generation eines solchen Systems, das seit 2007 in München und seit 2011 in Frankfurt mit dem gleichen Planungskern wie der 4D-Planer operationell genutzt wird.

CMAN

Auf der Grundlage der Basisfunktionalität des 4D-Planers werden im CMAN-Prototyp die zusätzlichen Erfordernisse für eine sektorübergreifende Anflugplanung für eine komplexe Multi-Airport-TMA entwickelt.

Nähere Info siehe z.B. [1]

Besondere Bedeutung erlangt diese Problematik in Sektoren mit komplexen Verkehrssituationen im Bereich mehrerer benachbarter Flughäfen.

Beispielhaft wird in dem hier beschriebenen Projekt der Luftraum um die Flughäfen Düsseldorf und Köln/Bonn betrachtet. Der Sektor PAD (Paderborn) in der FIR Düsseldorf grenzt unmittelbar an die Approach-Sektoren (APP) der beiden Flughäfen an. Bei vergleichsweise kleiner Sektorgröße werden hier zahlreiche An- und Abflugströme auf die verschiedenen Flughäfen im Umfeld abgewickelt. Innerhalb des Sektors werden An- und Abflüge der Flughäfen Düsseldorf und Köln/Bonn geführt, wobei sich ein Teil der Anflugrouten kreuzt. Zusätzlich müssen An- und Abflüge zu den Regionalflughäfen Münster und Paderborn geführt werden. Erschwerend kommt hinzu, dass die Reaktionszeiten, um sinnvoll auf die Flugführung einwirken zu können, aufgrund der geringen Sektorgrößen sehr kurz sind. Dies führt zunehmend dazu, dass Kontrollmethoden angewendet werden, die sich als wenig kundenfreundlich darstellen und die verfügbare Luftraumkapazität nicht immer optimal ausgenutzt werden kann.

Eine „intelligente“ Zuflusssteuerung in den Bereich der „Extended TMA“, die nach Möglichkeit sämtlichen Verkehr darin berücksichtigt, könnte eine deutlich verbesserte Berechenbarkeit des Verkehrs in den einzelnen Sektoren ermöglichen. Dies würde nicht nur dazu beitragen, spontane Überlastsituationen zu vermeiden sondern auch helfen, die vorhandene Luftraumkapazität optimal auszunutzen. Weiterhin ist eine merkliche Reduktion des Koordinationsaufwandes zwischen den Lotsen zu erwarten. Darüber hinaus werden lärmreduzierte Anflugverfahren (z.B. Continuous Descend Approach, CDA) erleichtert und Treibstoffeinsparungen dadurch ermöglicht, dass notwendige Verzögerungen der Flüge bereits frühzeitiger, und damit in größeren Flughöhen, erreicht werden.

In diesem Dokument sollen die Idee und die Funktionalitäten eines Center-Managers beschrieben werden. Die Basis für diese Entwicklung ist das schon lange operationell genutzte Anflugplanungssystem „4D-Planer“ aus Frankfurt, München und der Prototyp für Berlin. Es werden daher zuerst die Philosophie sowie die grundlegenden Anzeige- und Interaktionsmöglichkeiten des Anflugplanungssystems „4D-Planer“ beschrieben und anschließend auf die speziellen, zusätzlichen Funktionalitäten eines Center-Managers (CMAN) eingegangen.

2. 4D-Planer, ein adaptives Anflugplanungssystem

Das Anflugplanungssystem AMAN mit seinem Planungskern „4D-Planer“ stellt eine innovative Lösung zur besseren Nutzung der Landebahnkapazität an Flughäfen dar. Er wird von der DFS operationell für die Flughäfen Frankfurt und München genutzt. Im Jahr 2012 wurde auch ein Prototyp für den zukünftigen Flughafen Berlin-Brandenburg (BER) entwickelt.

2.1 Planungsphilosophie

Für alle Flugzeuge im Landeanflug, die sich im Erfassungsbereich des AMAN befinden, werden geeignete Reihenfolgen und Zielzeiten für vorgegebene Überflughöhepunkte generiert. Im ACC sind dazu die Metering-Fixe für die zeitgenaue Übergabe an APP festgelegt. Der Zielpunkt der APP-Planung ist die Landebahnschwelle (THR).

Die Ermittlung der Reihenfolge und der passenden Zielzeiten erfolgt auf der Basis geschätzter Flugzeiten (Estimates) von der jeweils aktuellen Flugzeugposition bis zu den Zielpunkten Metering-Fix oder Landebahnschwelle. Bei der Berechnung der Estimates werden die Standardanflugwege zugrunde gelegt und die jeweils früheste (Earliest) und späteste (Latest) Ankunftszeit geschätzt. Die Bildung einer geeigneten Reihenfolge geschieht dann durch Festlegung von Zielzeiten für jedes einzelne Flugzeug innerhalb ihrer geschätzten Earliest/Latest-Intervalle.

In der Reihenfolgeplanung sind die minimal zulässigen Separationen für die Landebahnschwelle realisiert. Es findet zusätzlich eine Optimierung der Bahnverteilung und Landereihenfolge nach Wirbelschleppenkategorien statt. Im ACC werden Teilreihenfolgen nach dem FCFS-Prinzip (First Come First Served) gebildet und passende Zielzeiten am Metering-Fix für die Übergabe an die Approach-Sektoren festgelegt. Die Bildung der Gesamtlandereihenfolge geschieht unter Beibehaltung der einzelnen Sektorreihenfolgen, d. h., Reihenfolgevertauschungen erfolgen in der Regel nur zwischen Flugzeugen aus unterschiedlichen Anflugrichtungen.

Die anfangs festgelegte Reihenfolge wird mit fortschreitender Zeit ständig überprüft und gegebenenfalls an abweichende Entwicklungen im Verkehrsablauf angepasst. Dabei werden die Generierung und das Update von Reihenfolge und Zielzeiten in ACC und APP unterschiedlich gehandhabt. Im ACC werden die Zielzeiten so weit wie möglich stabil gehalten, um zu vermeiden, dass die ACC-Lotsen nach veränderlichen

Vorgaben arbeiten müssen. Das Ziel der APP-Planung ist, die notwendige Anpassungsfähigkeit an die Lotsenführung bei gleichzeitig hoher Planstabilität zu erreichen. Deshalb soll eine Umplanung der Reihenfolge nicht zu früh erfolgen, um zu vermeiden, dass anschließend wieder eine Rückplanung in die alte Reihenfolge notwendig wird.

Das System ist adaptiv ausgelegt, so dass eine nicht planmäßige Führung des Anflugverkehrs automatisch erkannt und die Reihenfolge sowie gegebenenfalls die Zielzeiten angepasst werden. Daneben besteht für die Lotsen aber auch eine manuelle Eingabemöglichkeit, um dem System notwendige Abweichungen vom Plan mitzuteilen, damit diese bereits frühzeitig in der Planung berücksichtigt werden können.

Durch die gemeinsame Planung für ACC und APP wird die Koordination zwischen diesen Kontrollstellen wesentlich verbessert. Da eine langsamere oder schnellere Abarbeitung des Verkehrsstroms durch APP die Zielzeiten für die ACC-Controller verschiebt, wird der Verkehr bereits im ACC bedarfsgerecht zurückgehalten bzw. nachgeschoben, so dass Überlastungen des APP bzw. Verkehrslücken so weit wie möglich vermieden werden. Eine weitere Koordinationshilfe ist durch die Anzeige der erwarteten Übergabehöhen in den Planungsanzeigen von ACC und APP gegeben, d. h., eine telefonische Übermittlung dieser Information entfällt.

2.2 Planungsanzeige

Der 4D-Planer ist als Vorschlagssystem ausgelegt, d.h., er liefert den verantwortlichen Lotsen in ACC und APP Vorschläge für die Bildung der Sektor- bzw.

Endanflugreihenfolge zusammen mit Zielzeiten am Metering-Fix bzw. an der Landebahnschwelle.

2.2.1 Zeitleiterdarstellung

Es existieren unterschiedliche Planungsanzeigen für ACC und APP. Bei beiden Anzeigen erfolgt die Darstellung der vorgeschlagenen Reihenfolgen in Form von Labeln an einer entsprechenden Zeitleiter, sodass die jeweilige vertikale Position der Labels die vorgesehene Zielzeit angibt. Der Referenzpunkt der Planung liegt für den APP an der Landebahnschwelle (THR) und im ACC am für den jeweiligen Sektor relevanten Metering-Fix. Abb. 1 zeigt exemplarisch eine Planungsanzeige für Köln APP (zu den Bildelementen siehe z.B. [1]).

2.2.2 Führungshinweise

Neben den Planungsergebnissen werden vom 4D-Planer auch Hinweise generiert, die die Lotsen dabei unterstützen sollen, durch geeignete Anweisungen an die Piloten die vorgeschlagene Reihenfolge herzustellen und die Flugzeuge pünktlich abzuliefern. Im ACC wird in der sogenannten Trendanzeige für jedes Luftfahrzeug der für das entsprechende Metering-Fix hochgerechnete Ablieferungsfehler angezeigt. Dieser soll den ACC-Lotsen dabei unterstützen, frühzeitig einzuschätzen, ob das Luftfahrzeug aufgrund des bisherigen Flugverlaufs voraussichtlich die geplante Überflugzeit am Metering-Fix einhalten wird. Der Lotse kann auf der Basis der Trendinformation dann entscheiden, ob er noch korrigierend in den Flugverlauf eingreifen will, indem er z. B. ein verspätetes Luftfahrzeug beschleunigt oder ein verfrühtes verzögert. Die Trendanzeige im Label erfolgt

durch einen farbigen Balken, der von rechts nach links wächst und die gegenwärtige Verspätung (in Grün) oder Verfrühung (in Rot) bezüglich der geplanten Ablieferungszeit für das Metering-Fix angibt. Im Idealfall ist zum Ablieferungszeitpunkt weder ein grüner noch ein roter Balken im Label zu sehen. Basis für die Berechnung dieser Trendanzeige ist die auf der identifizierten Anflugroute und der aktuellen Geschwindigkeit vorausgeschätzte Ankunftszeit. Ein Update der Trendanzeige erfolgt synchron mit dem Radar-Update.

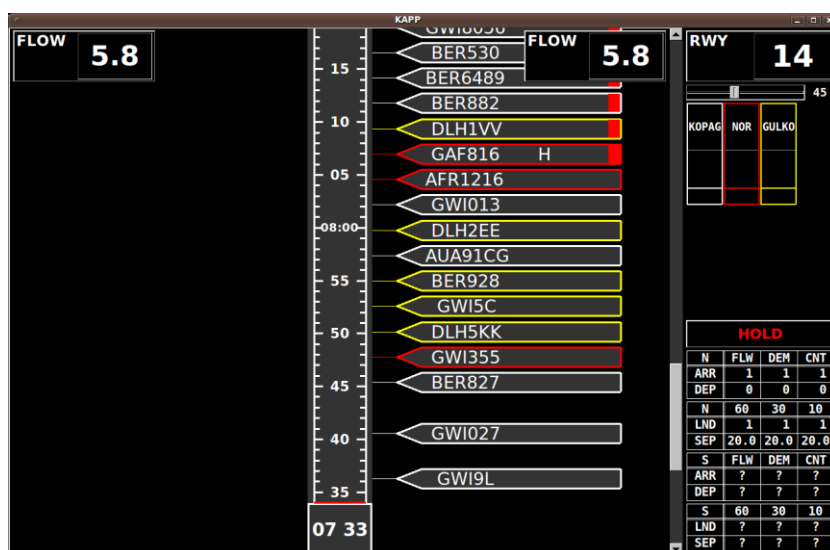


Abb. 1: APP Planungsanzeige

2.2.3 Lotseneingaben

Ohne Eingaben durch den Lotsen muss das System selbständig erkennen, welche Absichten der Lotse bei seiner Führung des Luftverkehrs verfolgt. Diese Erkennung kann naturgemäß erst verspätet erfolgen, da sie aus dem sich ergebenden Verkehrsbild abgeleitet werden muss. Es liegt deshalb nahe, eine Möglichkeit vorzusehen, wie der Lotse dem System im Voraus mitteilen kann, welche Sequenz bzw. welche Zielzeit er mit seinen Maßnahmen realisieren will.

Neben den gleichen Eingabemöglichkeiten wie im ACC werden im APP eine Reihe zusätzlicher Funktionen angeboten, mit denen der Lotse in die Planung eingreifen kann. Mit der Einstellung des sogenannten FLOW wird die gewünschte und in der Planung zu berücksichtigende Staffellung für die Landebahnschwelle festgelegt. Damit wird zugleich der Zustrom des Verkehrs in die TMA geregelt: ein hoher FLOW-Wert drosselt den Zustrom, ein niedriger öffnet ihn. Der eingestellte Staffellungswert (Default ist 3 NM) bezieht sich dabei nur auf die Flugzeuge, die nicht den erhöhten Kriterien der Wirbelschleppen-Staffellung unterliegen (z.B. 4, 5 oder 6 NM). Bei guten Sichtbedingungen kann der Lotse in Absprache mit den beteiligten Piloten diese Flugzeuge auch unter 3 NM staffeln. Eine zusätzliche Einstellung des FLOW ist der sogenannte VMC-Modus, bei dem alle Flugzeuge ohne Beachtung ihrer WS-Gewichtsklasse mit 2 NM gestaffelt geplant werden.

3. Funktionalität eines Center-Managers

Ziel des CMAN ist es, eine vorrausschauende, sektorübergreifende Anflugplanung und Darstellung der zu erwartenden sektorbezogenen Verkehrslast auch für komplexe Lufträume mit benachbarten Flughäfen zu ermöglichen. Hierfür gilt es, nach Möglichkeit sämtlichen relevanten Verkehr in der Planung zu berücksichtigen. Das heißt, der CMAN erstellt eine Anflugplanung für mehrere Flughäfen unter Berücksichtigung der Kapazität der einzelnen Flughäfen sowie eine Planung für die ACC-Sektoren unter Berücksichtigung der Last in diesen Sektoren.

Um trotz der geringen Sektorgrößen eine optimale Anflugsequenz umsetzen zu können, ist es weiterhin notwendig, die sektorbezogene CMAN-Planung im Sinne einer Horizonterweiterung modular auf die weiter vorgelagerten Sektoren zu erweitern. Dort wird ebenfalls eine „Time to Lose“ angezeigt, mit der durch den CMAN die Verkehrsmenge nicht nur in den Approach- sondern neu auch in den ACC-Sektoren gesteuert werden kann. So können im Sektor PAD Lastspitzen, die dort den Lotsen die Umsetzung der Anflugzielzeiten erschweren, vermieden werden.

Um den besonderen Bedingungen der Luftraumstruktur einer komplexen TMA mit benachbarten Flughäfen gerecht zu werden, sind daher folgende Erweiterungen der bestehenden AMAN Funktionalitäten nötig:

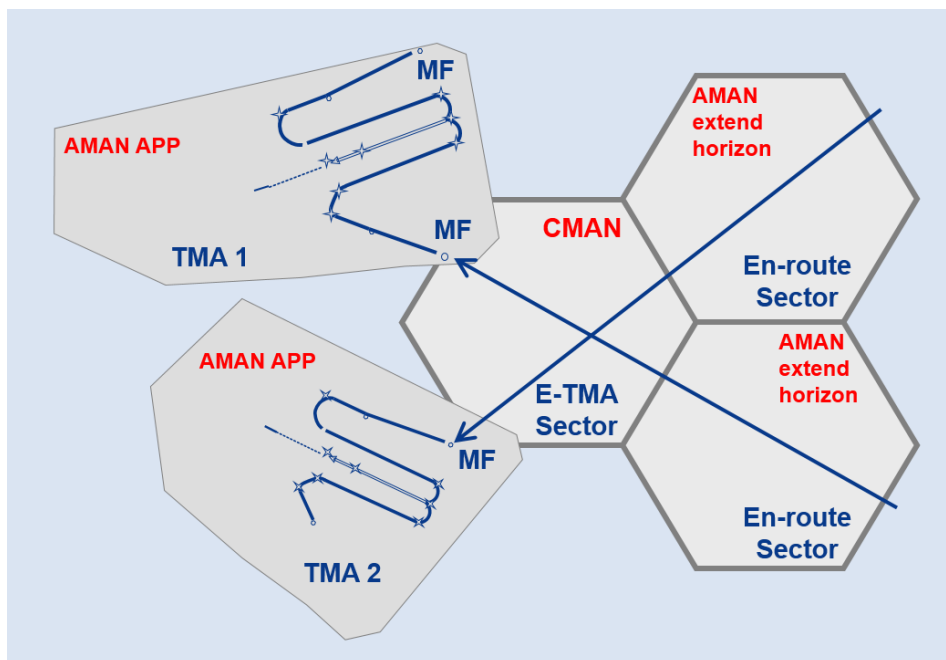


Abb. 2: CMAN für die FIR Düsseldorf (schematisch)

- Kooperative An- und Abflugplanung
- Mannigfache Anflugplanungen
- Ausdehnung des Planungshorizonts über mehrere Kontrollzentralen
- Verkehrsmengen-Steuerung in ACC-Sektoren

3.1 Center-Manager für die FIR Düsseldorf

Im Rahmen des SESAR Projekts 05.04.02 wurde ein CMAN für die FIR Düsseldorf mit den Flughäfen Düsseldorf und Köln realisiert. In Abb. 2 erkennt man schematisch die zwei TMAs mit TMA1 (Düsseldorf) und TMA2 (Köln) und dem vorgelagerten Sektor PAD (Extended-TMA Sektor).

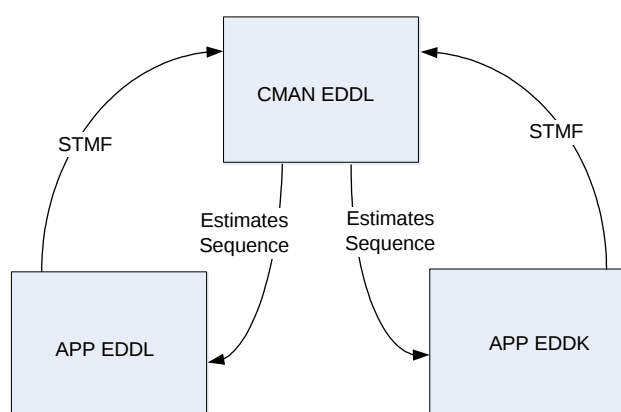


Abb. 3: Kommunikation der APP Komponenten Köln und Düsseldorf mit dem CMAN

Der CMAN für die FIR Düsseldorf besteht aus den zwei APP Planungskomponenten für Düsseldorf (EDDL) und Köln (EDDK) und der eigentlichen CMAN Komponente, in der die ACC und UAC Planung durchgeführt wird (siehe Abb. 3). Der CMAN versorgt die APP Komponenten mit Estimates für die Metering-Fixe und der Sequenz im ACC und UAC. Die APP-Komponenten berechnen mit Hilfe dieser Estimates und den Estimates für die TMA Zielzeiten für die Landebahnschwelle. Aus diesen Zeiten berechnet die APP-Komponente die Metering-Fix Zeiten (STMF Scheduled Time at Metering-Fix) unter Berücksichtigung der Transitions (Flugweg zwischen MF und Landebahnschwelle, siehe z.B. Abb. 2). Diese Zeiten werden dann an den CMAN gesendet, und er berechnet mit ihnen Führungshinweise für die ACC- und – zusätzlich unter Berücksichtigung der Last im ACC Sektor – für die UAC Lotsen.

Zunächst einmal stellt der CMAN den Lotsen die Basis-AMAN-Funktionen für Düsseldorf und Köln zur Verfügung:

- Sequenzplanung für ACC und APP
- Zuflusssteuerung in den Zuständigkeitsbereich APP durch Flow Regulierung
- Trendanzeige („Time to Lose“ – TTL) für die ACC-Sektoren
- Koordination der Übergabezeiten von ACC nach APP
- Anzeige und Planung der Bahnkonfiguration bzw. Bahnkapazität
- Bahnbelegung
- Überblick über die Anflugsituation / Darstellung der anderen Anflugrichtungen

3.2 Kooperative Planung von an- und abfliegendem Verkehr

Um die Pünktlichkeit an den Großflughäfen weiter zu verbessern, soll durch den CMAN die Ausnutzung der verfügbaren Runway-Kapazität mittels einer integrierten Planung des an- und abfliegendem Verkehr weiter verbessert werden. Ziel ist es, allen Beteiligten, wie Flugsicherung, Flughafenbetreiber und Fluglinien, genaue Informationen über den gesamten startenden und landenden Verkehr zur Verfügung zu stellen und somit die Prozesse der Verkehrsabwicklung noch enger aufeinander abzustimmen.

Die kooperative Planung des startenden und landenden Verkehrs ermöglicht erstmals, dass alle am Prozess Beteiligten ein genaues Bild von der Verkehrssituation erhalten und ihnen Informationen geliefert werden, wie der Verkehr geführt werden sollte, um die vorhandenen Ressourcen optimal zu nutzen. Die Planung ist dabei adaptiv ausgelegt, d. h., es findet kein Einfrieren der Zielzeiten und Sequenzen statt. Folglich kann das System auf Veränderungen in der Verkehrssituation reagieren und die Planung automatisch anpassen. Dies ist ein wesentlicher Unterschied zu statischen Planungssystemen, bei denen die Zielzeiten und Sequenzen eingefroren werden. Durch die adaptive Planung ist das System in der Lage, selbst bei veränderter Führung des Verkehrs durch die Lotsen, stets eine aktuelle und realisierbare Planung zu liefern.

Die APP-Komponente Düsseldorf berechnet die Sequenz und die Zielzeiten für die Anflüge genauso wie der 4-D Planer. Durch die Schnittstelle zu einem DMAN oder Airport CDM System berücksichtigt die APP-Komponente Düsseldorf allerdings auch die Planungsinformationen für die Abflüge und berechnet eine gemeinsame Sequenz. Diese Informationen können dann wieder an

den DMAN oder das A-CDM des Flughafens gesendet werden.

Das Airport CDM ist ein von der EU initiiertes Verfahren mit dem Ziel, die betriebliche Effizienz von Flughäfen zu verbessern und die Flughäfen an das europäische Flugverkehrsmanagement-Netzwerk anzubinden. Der Fokus liegt dabei auf einem optimierten Umdrehprozess der Flugzeuge.

Durch die Integration der Abflüge in die Anflug-Planung erhalten die Lotsen auch detaillierte Informationen über die Abflüge und können so den gesamten startenden und landenden Verkehr in Abhängigkeit der Verkehrssituation planen.

Es ergeben sich folgende über die Basis-AMAN-Funktionen hinausgehenden Teilfunktionalitäten:

- Sequenzplanung der Abflüge (Startzeit)
- Anzeige der Abflugroute (SID) in der integrierten APP Planungsanzeige
- Anzeige Zustand der Abflüge (Startup Given, Airborne)
- Verschiedene Bahnnutzungs-Modi zur gemeinsamen Planung von An- und Abflügen

3.3 Ausdehnung des Planungshorizonts

Im Rahmen des 3. deutschen Luftfahrtforschungsprogramms wurde bereits eine Ausdehnung des Planungshorizonts auf 200 NM prototypisch im 4D-Planer implementiert und in Realzeit-Simulationen validiert. Das wesentliche Ergebnis war, dass sich durch eine frühzeitige Steuerung des anfliegenden Verkehrs in vorgelagerten Sektoren eine wesentlich einfachere Abwicklung des Verkehrs in den direkt vor APP liegenden Sektoren ergibt. Gleichzeitig zeigte sich jedoch auch, dass es schwierig war, die vom Lotsen umsetzbare Verzögerung für ein Luftfahrzeug exakt zu bestimmen.

Aufgrund der vergleichsweise geringen Sektorgrößen im Düsseldorfer Luftraum ist es bereits für die Umsetzung der herkömmlichen AMAN-Planung im PAD-Sektor ratsam, den Planungshorizont deutlich auszudehnen. Zur Entzerrung der Verkehrsspitzen in PAD ist die Horizonterweiterung jedoch unabdingbar. Im vorliegenden Fall wurde der Planungshorizont daher mit 200 NM um die Metering-Fixe deutlich größer gewählt als beim AMAN, bei dem der Planungshorizont um die Metering-Fixe nur 100 NM beträgt.

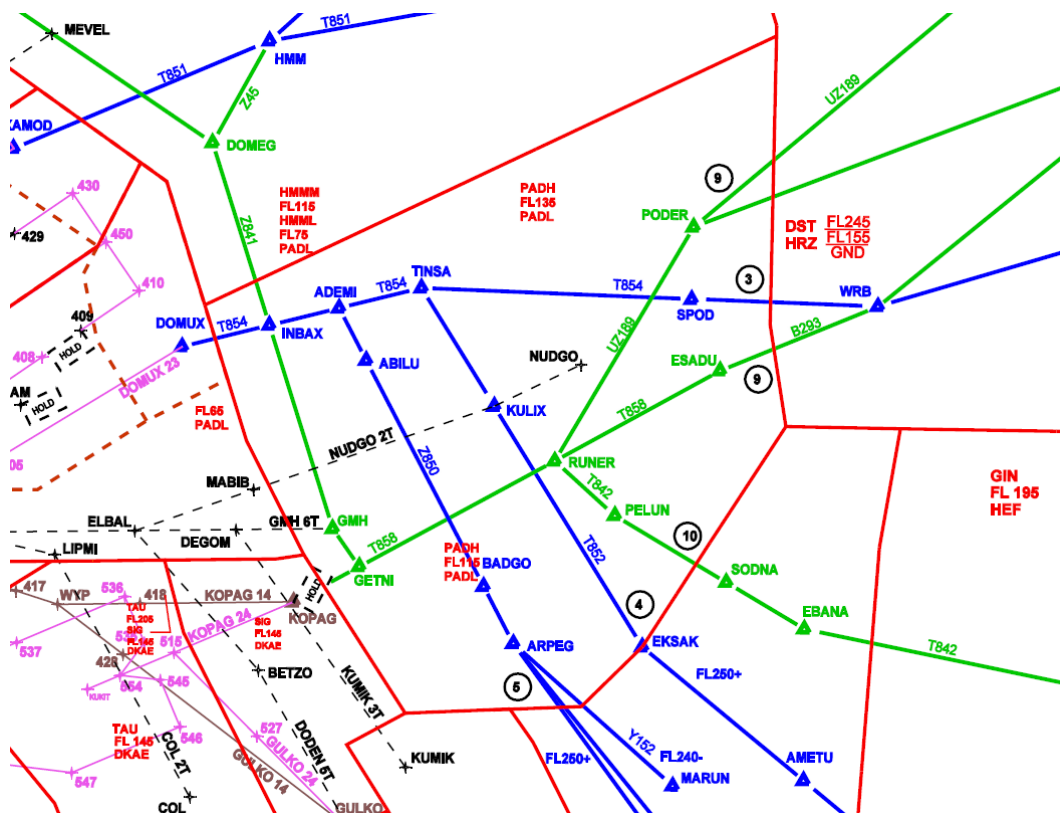


Abb. 4: Sektor PAD mit den kreuzenden Anflugrouten nach Köln (CGN, grün) und Düsseldorf (DUS, blau)

3.4 Kombination mehrerer Anflugplanungen

Mit der Erweiterung des Planungshorizonts lässt sich bereits eine Verbesserung der Planung des anfliegenden Verkehrs über Center Grenzen hinaus für einen Großflughafen erreichen. Allerdings werden der übrige Verkehr bzw. auch die Abhängigkeit der Anflüge zu unterschiedlichen Flughäfen untereinander nicht berücksichtigt. Gerade in Sektoren, in denen Anflüge zu mehreren Flughäfen kontrolliert werden, gibt es aber Abhängigkeiten in den Anflugströmen. Aus diesem Grund soll der CMAN die Anflugströme zu mehreren Flughäfen in einer kombinierten Planung berücksichtigen können. Die kombinierte Planung führt die Sequenzen bzw. Teil Sequenzen von mehreren Flughäfen zu einer gemeinsamen Sequenz zusammen. Als Kriterium, welche Luftfahrzeuge in der neuen Sequenz berücksichtigt werden sollen, dient die Information, ob ihre Routen über einen gemeinsamen Kreuzungspunkt gehen. Ein Beispiel für eine derartige Konstellation ist der PAD Sektor, in dem sich die Anflugströme für Düsseldorf und Köln/Bonn im Punkt RUNER kreuzen.

Auf der Basis der gemeinsamen Sequenz können unter Verwendung eines Spacing am Kreuzungspunkt Zielzeiten berechnet werden. Diese werden dann für die Trendberechnung zum Kreuzungspunkt verwendet. Die aus dieser Berechnung resultierende „Time to Lose“ wird mit der „Airport Time to Lose“ verglichen und der größere Wert dann den UAC Lotsen angezeigt. Somit kann durch den CMAN die Verkehrsmenge nicht nur in den Approach- sondern auch in den ACC-Sektoren gesteuert und so Lastspitzen vermieden werden.

Es ergeben sich folgende über die Basis-AMAN-Funktionen hinausgehenden Teilfunktionalitäten:

- Verkehrsmengen-Steuerung für Sektoren durch Spacing Berechnung für Kreuzungspunkte
- Einstellung des Spacing für Kreuzungspunkte
- Airport „Time to Lose“ und UAC „Time to Lose“
- Anzeige der „Time to Lose“ in Form einer dreistufigen Ampel im Radar Label für UAC-Sektoren

Abb. 4 zeigt die Anflugströme nach Köln über das Metering-Fix KOPAG in Grün und die Anflüge nach Düsseldorf in Blau über das Metering-Fix DOMUS. In dem Punkt RUNER kreuzen sich die beiden Anflugströme.

4. Darstellung der Planungsergebnisse

Die CMAN-Planungsergebnisse können mit Hilfe der vom 4D-Planer bekannten Zeitleitern dargestellt werden. Nachfolgend sind die darüber hinaus gehenden CMAN-spezifischen Modifikationen bzw. Ergänzungen beschrieben. Gegenstand des SESAR Projektes ist auch die Überarbeitung bzw. Adaption der Anzeigen auf die speziellen Erfordernisse im PAD-Sektor.

4.1 Airport „Time to Lose“ und UAC „Time to Lose“

Im ACC werden dem Lotsen über die Trendanzeige Hinweise zur Einhaltung der Planzeit am Metering-Fix gegeben. Durch einen farbigen Balken im Label des Luftfahrzeugs an der Zeitleiter kann er erkennen, um wie viele Minuten zu früh oder zu spät das Luftfahrzeug das Metering-Fix erreichen würde. Bei der Berechnung dieser Zeitdifferenz werden auf der Basis der aktuellen Position und des Übergrundkurses die noch zu überfliegenden Wegpunkte der STAR ermittelt. Durch diese Berechnung erhält man eine noch zurückzulegende Wegstrecke bis zum Metering-Fix. Die so erhaltene Wegstrecke wird durch eine mittlere Geschwindigkeit dividiert und liefert die geschätzte Ankunftszeit am Metering-Fix. Diese Zeit wird von der geplanten Ankunftszeit am Metering-Fix subtrahiert und als Zeitdifferenz zur Planzeit angezeigt.

Man erhält den Wert *TREND* bzw. die Airport Time to Lose. Die Berechnung des Trends wird für jedes Radardatum durchgeführt.

Analog kann jetzt auch der Trend *TRENDCRP* für einen Kreuzungspunkt berechnet werden. Auf der Basis der aktuellen Position und des Übergrundkurses werden die noch zu überfliegenden Wegpunkte bis zum Kreuzungspunkt ermittelt. Die so erhaltene Wegstrecke wird durch eine mittlere Geschwindigkeit dividiert und liefert die geschätzte Ankunftszeit am Kreuzungspunkt. Diese Zeit wird von der geplanten Ankunftszeit am Kreuzungspunkt subtrahiert und als Zeitdifferenz zur Planzeit angezeigt.

Mit diesen beiden Trendwerten kann jetzt der UAC Trend bzw. die UAC „Time to Lose“ definiert werden. Er ist das Maximum der Werte *TREND* und *TRENDCRP*.

In den ACC Displays werden die beiden unterschiedlichen Trendzeiten dargestellt:

- „Time to Lose“ für den Airport auf Basis des von APP eingestellten Flows. Darstellung über die Trendanzeige der Luftfahrzeuge im ACC Display.

- „Time to Lose“ für den Sektor auf der Basis des eingestellten Spacing (90-150 Sekunden) für den Kreuzungspunkt RUNER. Darstellung über ein gelbes oder rotes Rechteck im ACC Display.

Die Darstellung der UAC „Time to Lose“ ist dabei wie folgt:

- Ist die „Time to Lose“ kleiner als 180 Sekunden, wird kein Rechteck dargestellt.
- Ist die „Time to Lose“ größer als 180 Sekunden und kleiner als 360 Sekunden, wird ein gelbes Rechteck dargestellt.
- Ist die „Time to Lose“ größer als 360 Sekunden, wird ein rotes Rechteck dargestellt.

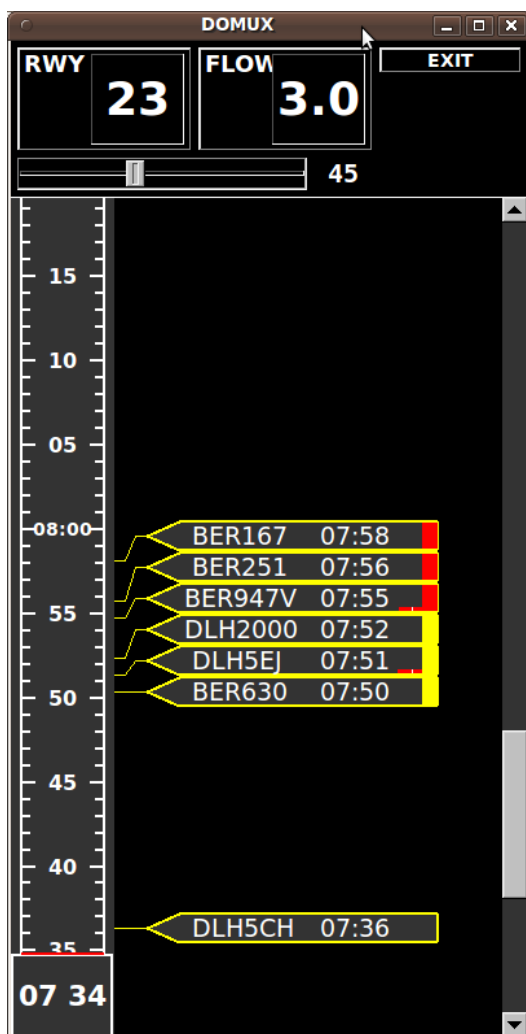


Abb. 5: DOMUX ACC Planungsanzeige mit Airport „Time to Lose“ und UAC „Time to Lose“

Die Abb. 5 zeigt ein ACC Display für das Metering-Fix DOMUX in Düsseldorf mit der kombinierten Darstellung der „Time to Lose“ für Airport und UAC. Flugzeug

BER947V hat zwischen 1 und 2 Minuten Airport „Time to Lose“ und mehr als 6 Minuten UAC „Time to Lose“.

Die UAC „Time to Lose“ kann auch im Radar Label dargestellt werden. Diese Darstellung ermöglicht, dem Lotsen gleichzeitig die Informationen von mehreren Anflugplanungen zur Verfügung zu stellen, ohne dass für jeden Flughafen eine separate Planungsanzeige benötigt wird. Gerade in UAC-Sektoren mit Verkehr zu mehreren Flughäfen, kann so die relevante Information für jeden Flughafen ohne eine Vielzahl separater Zeitleitern dargestellt werden.

Die Darstellung der UAC „Time to Lose“ ist dabei wie folgt und lehnt sich an eine Ampel an:

- Ist die „Time to Lose“ kleiner als 180 Sekunden, wird kein A im Radar Label dargestellt.
- Ist die „Time to Lose“ größer als 180 Sekunden und kleiner als 360 Sekunden wird ein gelbes A dargestellt (s. Abb. 6).
- Ist die „Time to Lose“ größer als 360 Sekunden, wird ein rotes A dargestellt (s. Abb. 7).



Abb. 6: Radar Label mit UAC "Time to Lose" zwischen 180 und 360 Sekunden



Abb. 7: Radar Label mit UAC "Time to Lose" >360 Sekunden

4.2 ACC-Display für den Kreuzungspunkt RUNER

Das RUNER Display stellt die kombinierte Sequenz von Düsseldorf und Köln für den Kreuzungspunkt RUNER dar. Die Labels haben die Farbe Gelb für Köln und Blau für Düsseldorf Anflüge. In dem Label werden außerdem die Abkürzungen DL für Düsseldorf und DK für Köln verwendet. Der dargestellte Trend ist der UAC Trend.

In den ACC Displays können die Lotsen das Spacing für den Kreuzungspunkt RUNER verändern. Es stehen die folgenden Optionen zur Verfügung:

- No Spacing (Schaltet die kombinierte Planung von Düsseldorf und Köln Anflügen aus).
- Spacing 90 Sec (Es wird ein Spacing von 90 Sekunden verwendet).
- Spacing 120 Sec (Es wird ein Spacing von 120 Sekunden verwendet).
- Spacing 150 Sec (Es wird ein Spacing von 150 Sekunden verwendet).

Mit den verschiedenen Werten können die Lotsen die Verkehrsmenge der Düsseldorf und Köln Anflüge im Sektor PAD steuern. Je größer der Wert des Spacing, umso mehr werden die LFZ im UAC verzögert.

In Abb. 8 ist die kombinierte Sequenz unter Verwendung eines Spacing von 120 Sekunden dargestellt.

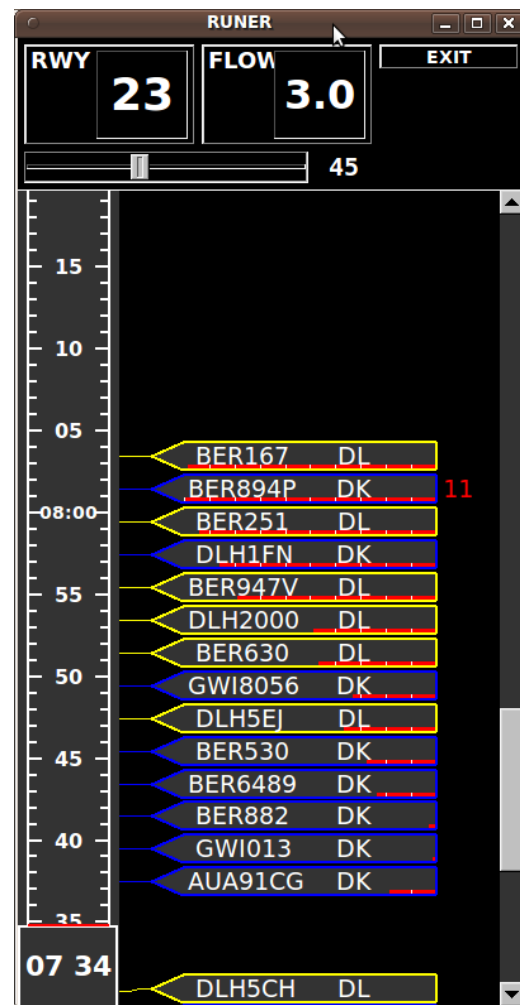


Abb. 8: RUNER ACC Planungsanzeige

4.3 Approach-Display EDDL

Die Planungsanzeige für APP ist als zweispaltige Zeitleiter ausgelegt, um den startenden und landenden Verkehr gleichzeitig darstellen zu können. Das Approach Display für Düsseldorf (Abb. 9) stellt auf der linken Seite die Anflüge für Düsseldorf gemäß ihrer geplanten Landezeiten dar. Auf der rechten Seite werden die Abflüge mit ihren geplanten Startzeiten dargestellt. Die Zeitleiter läuft von oben nach unten. Die Label enthalten jeweils das Callsign und die Gewichtsklasse falls es sich bei dem LFZ nicht um ein Medium Type handelt. An der Position der Labels lassen sich die vorgesehene Landebahn und Landezeit und somit auch die geplante Landesequenz ablesen.

Die Farben der Label-Ränder für die Anflüge sind dabei die folgenden:

- Metering-Fix DOMUX: Gelb

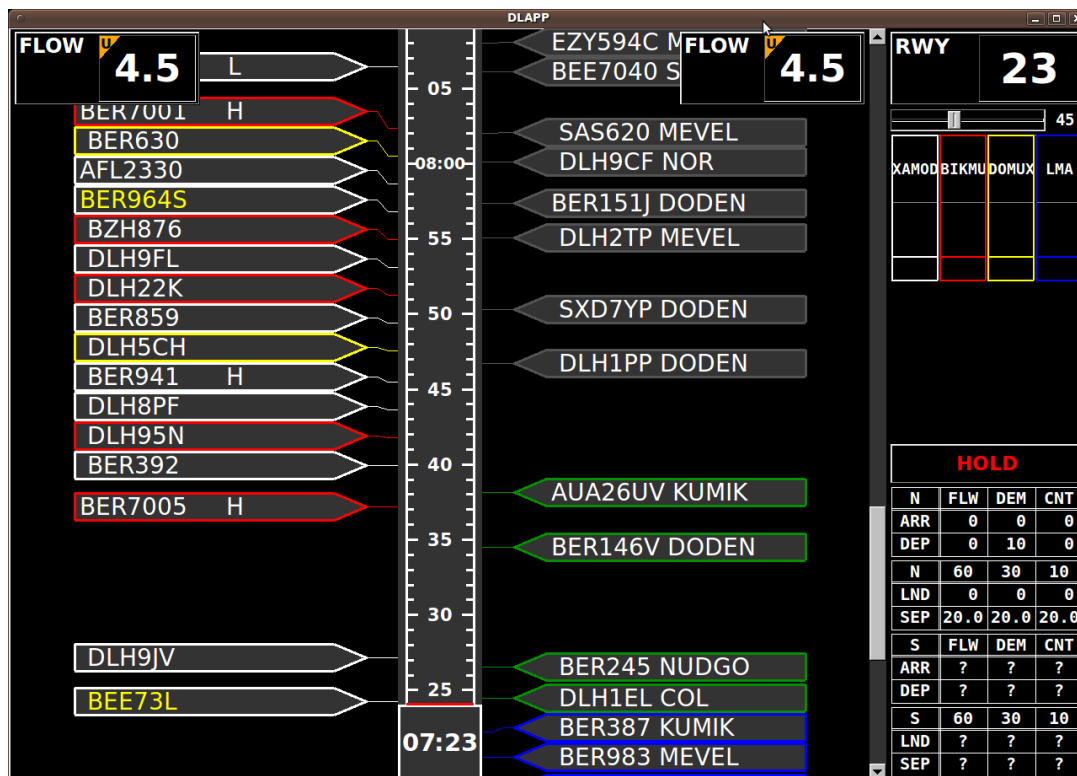


Abb. 9: Approach Planungsanzeige für Düsseldorf

- Metering-Fix XAMOD: Weiß
- Metering-Fix BIKMU: Rot
- Metering-Fix LMA: Blau

Die Farben für die Departures richten sich nach dem Zustand der Departure:

- Departures mit Flugplan wird mit grauem Label dargestellt (LFZ hat kein Startup Given und ist nicht Airborne).
- Departures mit Startup Given werden mit grünem Label dargestellt.
- Departures die Airborne sind werden mit blauem Label dargestellt.

5. Zusammenfassung

Es wurde ein neuer Ansatz zur Planung des Verkehrs auf benachbarte Flughäfen vorgestellt, durch den mit Hilfe des CMAN eine integrierte Planung für den gesamten startenden und landenden Verkehr auf diesen Flughäfen durchgeführt werden kann. Außerdem ermöglicht dieser Ansatz, die Verkehrsmenge in ACC-Sektoren individuell zu steuern. Dieses Konzept bietet somit erstmals die Möglichkeit, allen beteiligten Lotsen des unteren und

oberen Luftraums ein gemeinsames Bild von der aktuellen bzw. zu erwartenden Verkehrssituation auf dem Boden und in der Luft zu vermitteln. Durch den CMAN erhalten sie Informationen und Führungshinweise, wie der Verkehr gemäß einer optimalen Planung abgewickelt werden kann.

Die Planung liefert den beteiligten Lotsen im UAC, ACC und APP Vorschläge zur Erstellung einer optimalen und minimal gestaffelten Anflugreihenfolge, die auf speziell entworfenen Planungsanzeigen dargestellt werden. Für jedes Flugzeug werden zugleich passende Überflugzeiten für das jeweilige Metering-Fix und die Landebahnschwelle generiert und angezeigt. Für ACC-Sektoren werden für die Kreuzungspunkte Planzeiten berechnet und mit Hilfe dieser Zeiten Führungshinweise für die UAC-Lotsen generiert.

Alle angezeigten Ergebnisse der Planung sind nur als Vorschläge an die Lotsen zu begreifen, von denen auch abgewichen werden kann. Deshalb galt es, die Funktion der kooperativen Reihenfolgeplanung mit guter Adaptivität an eine abweichende Lotsenführung auszulegen. Gleichzeitig musste aber auch eine möglichst hohe Planstabilität realisiert werden, um zu vermeiden, dass den Lotsen wechselnde Vorgaben angezeigt werden. Darüber hinaus hat der Lotse aber auch die Möglichkeit, seine Absichten im Voraus in das

System einzugeben und somit eigene Randbedingungen für die Planung festzulegen.

Im weiteren Verlauf des SESAR-Projektes soll die Planung sukzessive verfeinert werden, um sämtlichen Verkehr in den E-TMA Sektoren für die Abschätzung der aktuellen Arbeitslast heranzuziehen. Weiterhin können auf der Grundlage einer einheitlichen und umfassenden Planungssicht sektorübergreifende Strategien zur optimalen Nutzung der vorhandenen Luftraumkapazität entwickelt werden.

Abkürzungen

ACC	Area Control Center (Bezirkskontrollstelle für den unteren Luftraum)
A-CDM	Airport CDM
AMAN	Arrival Manager
APP	Approach Control (Anflugkontrollstelle)
BER	Geplanter Flughafen Berlin-Brandenburg (IATA- Code)
CDA	Continuous Descend Approach
CDM	Collaborative Decision Making
CGN	Flughafen Köln-Bonn (IATA- Code)
CMAN	Center Manager
DMAN	Departure Manager
DUS	Flughafen Düsseldorf (IATA- Code)
EDDK	Flughafen Köln-Bonn (ICAO- Code)
EDDL	Flughafen Düsseldorf (ICAO-Code)
E-TMA	Extended TMA
FCFS	First Come First Served
MF	Metering Fix
PAD	Flugsicherungssektor Paderborn
SID	Standard Instrument Departure
STCP	Scheduled Time at Crossing Point
STMF	Scheduled Time at Metering-Fix
THR	Threshold (Landebahnschwelle)
UAC	Upper Area Control Center (Kontrollstelle im Oberen Luftraum oberhalb FL 245)

Referenzen

- | | |
|-----|--|
| [1] | Dr. Jörg Bergner, Thomas Rüggeberg, Dr. Andreas Herber: AMAN, DMAN, CMAN, SMAN, XMAN...ein Alphabet der ATM-Planungssysteme. 2013. In: „TE im Fokus 2013/01“ |
|-----|--|

Entwicklung eines Onlinearchivs für *Human Performance* – Methoden im Rahmen von SESAR

Stefan Tenoort

1. Hintergrund

Im Single European Sky ATM Research Programme (SESAR) wird das zukünftige europäische Flugverkehrsmanagement (*Air Traffic Management, ATM*) System erforscht und entwickelt. Durch Vereinheitlichung und Harmonisierung sollen die Kapazität erhöht, gleichzeitig die notwendige Sicherheit gewährleistet, dabei Umwelteinflüsse vermindert und die Kosten reduziert werden. Damit gehen beträchtliche Veränderungen der Verfahren und Arbeitsweisen, der Arbeitsumgebung und der Rollen und Zuständigkeiten der beteiligten Akteure einher.

Die Realisierung der genannten Ziele hängt dabei nicht unerheblich davon ab, wie gut der menschliche Faktor in der Planung, Entwicklung, Betrieb und Wartung von ATM-Systemen berücksichtigt wird. Denn trotz aller technischen Entwicklungen im Bereich des Flugverkehrsmanagement und obwohl er durch neue Systeme, verbesserte Verfahren und Automatisierung unterstützt wird, kommt dem Menschen noch immer und auch weiterhin eine zentrale Rolle zu. Egal, wie fortgeschritten die Konzepte und Systeme sein mögen, die Menschen werden weiterhin als Entscheidungsträger im Mittelpunkt stehen und ein Schlüsselfaktor für die Leistungsfähigkeit des ATM-Gesamtsystems bleiben.

Flugverkehrsmanagement wird letztendlich immer noch von Menschen gemacht und dies wird besonders deutlich, wenn neue Systeme oder Verfahren eingeführt werden. So wird in der Konzeption und Entwicklung eines ATM-Systems eine breite Palette von Fragen zu Hardware, Software und Betriebsumfeld angesprochen und der Fokus auf einen Ingenieurwissenschaftlichen Ansatz gelegt. Da das Thema menschliche Leistungsfähigkeit (*Human Performance*) aber ein wesentlicher Treiber für die ATM-Leistung ist, muss es auch eine entsprechende Aufmerksamkeit in der Planung, Entwicklung, Betrieb und Wartung von ATM-Systemen erhalten, und sollte ebenso ernst behandelt werden.

Eine Berücksichtigung der menschlichen Aspekte bei der Gestaltung von Arbeitsplätzen, Aufgaben und Verfahren und die Entwicklung von geeigneten arbeitswissenschaftlichen Lösungen sind erforderlich,

um die Menschen, die Verfahren und die Technik effektiv zusammen zu bringen und damit das Flugverkehrsmanagement effizienter und sicherer zu gestalten. So gibt es z.B. eine breite Übereinstimmung darüber, dass Themen wie Arbeitsbelastung und Stress limitierende Faktoren bei der Erhöhung der Verkehrskapazität sein können und Einflüsse auf die Sicherheit haben.

Human Factors = Ergonomie, Arbeitswissenschaft

Wissenschaftliche Disziplin, die sich mit dem Verständnis der Wechselwirkungen zwischen menschlichen und anderen Elementen eines Systems befasst, und der Berufszweig, der Theorie, Prinzipien, Daten und Methoden auf die Gestaltung von Arbeitssystemen anwendet mit dem Ziel, das Wohlbefinden des Menschen und die Leistung des Gesamtsystems zu optimieren [EN ISO 6385:2004 (D)].

Human Performance = Menschliche Leistungsfähigkeit/Leistungsvermögen

Damit wird die menschliche Fähigkeit bezeichnet, Aufgaben erfolgreich durchzuführen und beruflichen Anforderungen zu genügen. Somit kann *Human Performance* als das beobachtbare Ergebnis menschlicher Tätigkeit in einem Arbeitskontext betrachtet werden. *Human Performance* beinhaltet zwar *Human Factors*-Themen (Ergonomie und Arbeitswissenschaft), geht aber darüber hinaus auch auf Aspekte von Personalauswahl, Ausbildung und Training sowie auf soziale Faktoren und das Management von Veränderungsprozessen ein.

Human Performance in ATM konzentriert sich auf alle berufsbezogenen Aspekte auf Einzel-, Gruppen- und Organisationsebene, die sich auf die menschliche Fähigkeit auswirken kann, um die Vielzahl von Aufgaben und Arbeitsanforderungen einschließlich des Management von damit verbundenen Veränderungsprozessen erfolgreich durchzuführen.

Das Ziel ist es, Prozesse, Methoden und Werkzeuge zu entwickeln und einzuführen, um die menschliche Leistungsfähigkeit während organisatorischer, betrieblicher und technischer Veränderungen im ATM-Umfeld zu optimieren.

Im Hinblick auf die neuen Systeme, die im Rahmen von SESAR entwickelt werden, kann das menschliche Leistungsvermögen erhöht werden, wenn entsprechende Grundsätze berücksichtigt und

angewendet werden. Mithilfe eines Online-Datenarchivs, dem sogenannten *electronic Human Performance Repository* (eHP-Repository), soll dazu ein Beitrag geliefert werden. Die Entwicklung eines solchen Datenarchivs war die Zielsetzung des SESAR Projekts 16.04.02 – „HP Tool Repository of SESAR standard HP methods and tools“, auf das in diesem Artikel eingegangen wird.

Mit diesem Datenarchiv wird eine Reihe von anerkannten Standardmethoden, Werkzeugen, Richtlinien, Techniken und Modellen zum Themenbereich „Menschliche Leistungsfähigkeit“ bereitgestellt werden, die die verschiedenen SESAR-Projekte im Design, Entwicklung und der Validierung von Systemen unterstützen sollen und damit eine adäquate Berücksichtigung der menschlichen Perspektive in ATM gewährleisten. Dies ist insbesondere von großer Bedeutung im Zusammenhang mit zunehmender Automatisierung (siehe dazu auch „Automation im Kontext von SESAR – die Entwicklung von Guidelines im Projekt 16.05.01“, TE im Fokus 1/13).

2. Projektüberblick

Die Laufzeit des Projekts 16.04.02 war von 09/2012 bis 12/2014. Daran beteiligt waren Airbus, DFS, ENAV, Eurocontrol, NATMIG, die Projektleitung oblag der DFS. Der Aufwand betrug ca. 2600 Personenstunden, womit es sich um eines der kleinen Projekte in SESAR handelt.

Die Entwicklung des Datenarchivs erfolgte in drei Schritten (Tasks), die jeweils mit einem Ergebnisbericht (Deliverable) abgeschlossen wurde.

Die Auswahl der Methoden, Werkzeuge, Richtlinien, Techniken und Modelle war der erste Schritt bei der Erstellung des HP-Repository, der in zwei Unteraufgaben aufgeteilt wurde. Die erste war die Definition der Auswahlkriterien. Um in die HP Repository aufgenommen zu werden, sollten bestimmte Kriterien erfüllt sein, z.B. Verfügbarkeit, Anwendbarkeit, Gebrauchstauglichkeit, Aktualität, etc. sowie, sofern verfügbar, Validität und Reliabilität, u.a.. Aus der großen Liste der potenziellen Kandidaten wurden also nur diejenigen aufgenommen, die die Auswahlkriterien erfüllt haben. So wurden Qualitätsstandards eingehalten und die Bedürfnisse der SESAR Projekte, die HP-Aktivitäten durchführen werden, wurden berücksichtigt.

Die zweite Teilaufgabe war die Zusammenstellung des entsprechenden Materials für die Aufnahme in das Archiv. Aus SESAR internen Dokumenten, Literaturrecherchen, der Analyse von anderen Quellen,

Internet-Datenbanken sowie den Erfahrungen der Projektpartner und anderer Interessengruppen ergaben sich wichtige Beiträge zum Repository.

Die Aufgabe wurde mit dem Deliverable *D02: Description of selection process and initial list of methods - tools - techniques - guidelines and models* abgeschlossen.

Neben der Beschreibung der Auswahlkriterien umfasst der Bericht eine erste Liste an Methoden, Werkzeugen, Richtlinien, Techniken und Modellen. Nachdem das entsprechende Material ausgewählt und gesammelt wurde, musste es anschließend noch strukturiert und kategorisiert sowie ausführlich beschrieben werden. Dies erfolgte im nächsten Projektschritt, der wiederum in zwei Teilaufgaben gegliedert war.

Die erste war die Definition einer Taxonomie um die Struktur des Archivs festzulegen. Eine Taxonomie kann als Klassifikation oder Kategorisierungsschema verstanden werden, die dazu dient das Archiv zu ordnen und zu organisieren. Eine geeignete Struktur und Systematik soll es dem Benutzer ermöglichen, mit geringem Aufwand den gesuchten Inhalt aufzufinden und auszuwählen, ohne aufwendig nach den notwendigen Informationen selbst suchen zu müssen.

Im SESAR Projekt P16.04.01 wurde der sogenannte *HP assessment process* entwickelt [2]. Dabei handelt es sich um einen Standardprozess, den diverse SESAR Projekte zu durchlaufen haben, um eine systematische Bewertung der menschlichen Perspektive zu gewährleisten und geeignete Folgemaßnahmen zu entwickeln. Ein wichtiger Bestandteil davon ist eine Liste von Themenfeldern und Argumenten, mithilfe derer strukturiert und gründlich potentielle Probleme einer neuen Entwicklung angesprochen und in entsprechenden Aktivitäten überprüft werden. Diese Aktivitäten haben einen direkten Bezug zu den Methoden, die im Repository gesammelt wurden. So kann eine Aktivität z.B. die Erhebung der Arbeitsbeanspruchung von Operateuren sein oder die Bewertung ihres Situationsbewusstseins.

Da viele Nutzer das eHP-Repository nutzen werden, um diesen Bewertungsprozess durchzuführen, wurde der Inhalt entlang dieser Argumentstruktur entsprechend kategorisiert. Damit ist eine direkte Verbindung zu den im *HP assessment process* beschriebenen notwendigen HP Aktivitäten gegeben.

Die zweite Teilaufgabe war die inhaltliche Beschreibung des ins Archiv aufgenommenen Materials. Dazu wurde eine Vorlage entwickelt, um die Inhalte ausführlich darzustellen. Bestandteile der Vorlage waren u.a. die

Definition einer HP Methode, deren Zielsetzung, wie sie angewendet wird, welche Daten erhoben werden und welche Ergebnisse erhalten werden. Darüber hinaus werden Hinweise über die erforderlichen Aufwände bei der Durchführung und die notwendige Expertise gegeben, Vor- und Nachteile beschrieben, Zusammenhänge mit anderen Methoden oder Werkzeugen aufgezeigt sowie neben Literatur- und Quellenangaben auch noch Beispiele zur Anwendung geboten. Zu allen ausgewählten Methoden aus dem ersten Projektabschnitt wurden nun diese Daten und Informationen zusammengetragen.

Als Abschluss der Aufgabe wurde das Deliverable *D03-Text version of HP repository* erstellt. Diese beinhaltet alle HP Methoden, Werkzeuge, Richtlinien, Techniken und Modelle, die in den vorherigen Aufgaben ermittelt und gesammelt wurden, nun aber ausführlich und detailliert beschrieben und entsprechend der entwickelten Taxonomie eingeordnet sind. Dieses Dokument diente im abschließenden Projektabschnitt als Grundlage für die Entwicklung der elektronischen Version des Archivs, das eHP-Repository.

Dieses war das eigentliche Ziel des Projekts. Es sollte ein Archiv erstellt werden, welches einfach zu bedienen und zu nutzen ist und den betroffenen SESAR Projekten eine Navigationsstruktur bereitstellt, die sie aufgrund des oben genannten *HP assessment process* erwarten.

Wie der geneigte Leser erwarten konnte, wurde auch dieser Projektschritt wieder in zwei Teilaufgaben aufgeteilt. Zum einen erfolgte eine Analyse der Anforderungen und Definition der Spezifikationen, die ein solches Datenarchiv erfüllen sollte. Aufgrund der begrenzten Ressourcen und fehlendem Know-hows im Projektteam bestand nicht die Absicht eine völlig neue Software-Lösung zu entwickeln. Stattdessen sollte das eHP-Repository auf bestehender Software und vorhandenen Dokumenten- und Datenformaten basieren. Daher sollten die Anforderungen und Spezifikationen dazu dienen, eine entsprechend bestehende Software-Lösung zu wählen.

Danach konnte mit der zweiten Teilaufgabe begonnen werden, der eigentlichen Entwicklung des eHP-Repository. Erfreulicherweise konnte der Projektpartner Eurocontrol deren in-house IT Berater (PRISME ATM Business Solutions) für diese Teilaufgabe bereitstellen. Nach deren Analyse der Anforderungen und Spezifikationen wurde empfohlen, die Lösung mit dem open-source Content-Management-System Drupal™ zu realisieren (www.drupal.de).

Ein **Content-Management-System** (kurz **CMS**, deutsch *Inhaltsverwaltungssystem*) ist eine Software zur gemeinschaftlichen Erstellung, Bearbeitung und Organisation von Inhalten (Content) zumeist in Webseiten, aber auch in anderen Medienformen. Diese können aus Text- und Multimedia-Dokumenten bestehen. Ein Autor mit Zugriffsrechten kann ein solches System in vielen Fällen mit wenig Programmier- oder HTML-Kenntnissen bedienen, da die Mehrzahl der Systeme über eine grafische Benutzeroberfläche verfügen.

Besonderer Wert wird bei CMS auf eine medienneutrale Datenhaltung gelegt. So kann ein Inhalt auf Wunsch beispielsweise als PDF- oder als HTML-Dokument abrufbar sein; die Formate werden bei volldynamischen Systemen erst bei der Abfrage aus der Datenbank generiert.

Quelle: [Wikipedia](http://de.wikipedia.org/wiki/Content-Management-System): <http://de.wikipedia.org/wiki/Content-Management-System>

Der Entwicklungsprozess folgte dabei einem iterativen Ansatz. Nachdem die ursprünglichen Anforderungen definiert waren, erstellte das Entwicklungsteam einen ersten Prototyp, der zunächst von den Projektpartnern getestet wurde. Identifizierte Probleme und Änderungswünsche wurden anschließend in einem Folge-Prototyp umgesetzt und wieder getestet, solange bis ein ausgereifter Prototyp entwickelt war.

Dieser wurde an ein anderes SESAR Projekt übergeben (P16.06.05), welches dafür zuständig ist, HP Themen zu koordinieren und das in SESAR Projekten entwickelte HP Material zu validieren. So wurde das eHP-Repository von Experten außerhalb des Projekts 16.04.02 untersucht und getestet.

Die Rückmeldungen betrafen im Wesentlichen die Struktur und die allgemeine Gebrauchstauglichkeit des Repository. Die meisten der vorgeschlagenen Änderungen wurden daraufhin in einem weiteren Prototyp implementiert. In einer letzten Iteration wurden noch umfangreiche projektinterne Tests und notwendige Feinabstimmungen durchgeführt, sodass letztendlich das fertige eHP-Repository an den Auftraggeber SJU (SESAR Joint Undertaking) innerhalb der geplanten Projektlaufzeit übergeben werden konnte.

3. Das Online Datenarchiv

Im Folgenden wird das eHP-Repository vorgestellt und genauer beschrieben.

Das eHP-Repository ist eine Sammlung von Standard *Human Performance*-Methoden, Werkzeugen, Richtlinien

und Techniken, die von SESAR Projekten entweder in der Entwicklung oder Validierung von Systemen oder Verfahren verwendet werden kann. Es bietet die Informationen, die notwendig sind, um eine fundierte Wahl der Methoden zu treffen, die am besten die spezifischen Bedürfnisse und Zwecke eines SESAR-Projekts abdecken, z.B. bei der Durchführung einer umfassenden HP Beurteilung in Validierungen oder bei der Unterstützung von Projekten, um spezifische HP Fragen zu beantworten.

Der Inhalt des eHP-Repository wurde, wie oben erwähnt, entlang der HP Argumentstruktur, welche dem im SESAR Projekt P16.04.01 entwickelten *HP assessment process* entspricht, kategorisiert. Damit ist eine direkte Verbindung zu den im *HP assessment process* beschriebenen notwendigen HP Aktivitäten gegeben.

Die technische Entwicklung des eHP-Repository wurde vom EUROCONTROL in-house IT-Berater (PRISME ATM Business Solutions) durchgeführt und beruhte auf der Text Version des HP -Repository [1]. Das Ziel war es, ein Internet-basiertes Datenarchiv zu erstellen und der SESAR Gemeinschaft, insbesondere technischen und

betrieblichen Projekten, bereitzustellen. Es sollte mit detaillierten Beschreibungen informiert und eine Orientierungs- und Auswahlhilfe gegeben werden, um das geeignete Material zu identifizieren, welches in der Entwicklung von Systemen und Verfahren und für deren Bewertung und Validierung eingesetzt werden kann.

In der Abb. 1 ist die Startseite bei Aufruf des Archivs dargestellt. Neben dem Begrüßungstext sind drei Elemente vorhanden und in der Abbildung rot markiert. Ein Eingabefeld zur Eingabe von Suchbegriffen (❶), eine Menüleiste (❷) und, quasi das Inhaltsverzeichnis, die verschiedenen Kategorien anhand derer die Inhalte des Archivs strukturiert sind (❸).

Der Inhalt des Archivs ist grundsätzlich entlang verschiedener sogenannter „HP Activity Categories“ gegliedert. Diese beinhalten die vier Hauptkategorien *Human performance related transition factors* (Veränderungsprozesse und Bewertung der Einflüsse auf das menschliche Leistungsvermögen), *Design of working environment and human-machine interfaces* (Gestaltung von Arbeitsumfeld und Benutzerschnittstellen), *Impact on human performance*

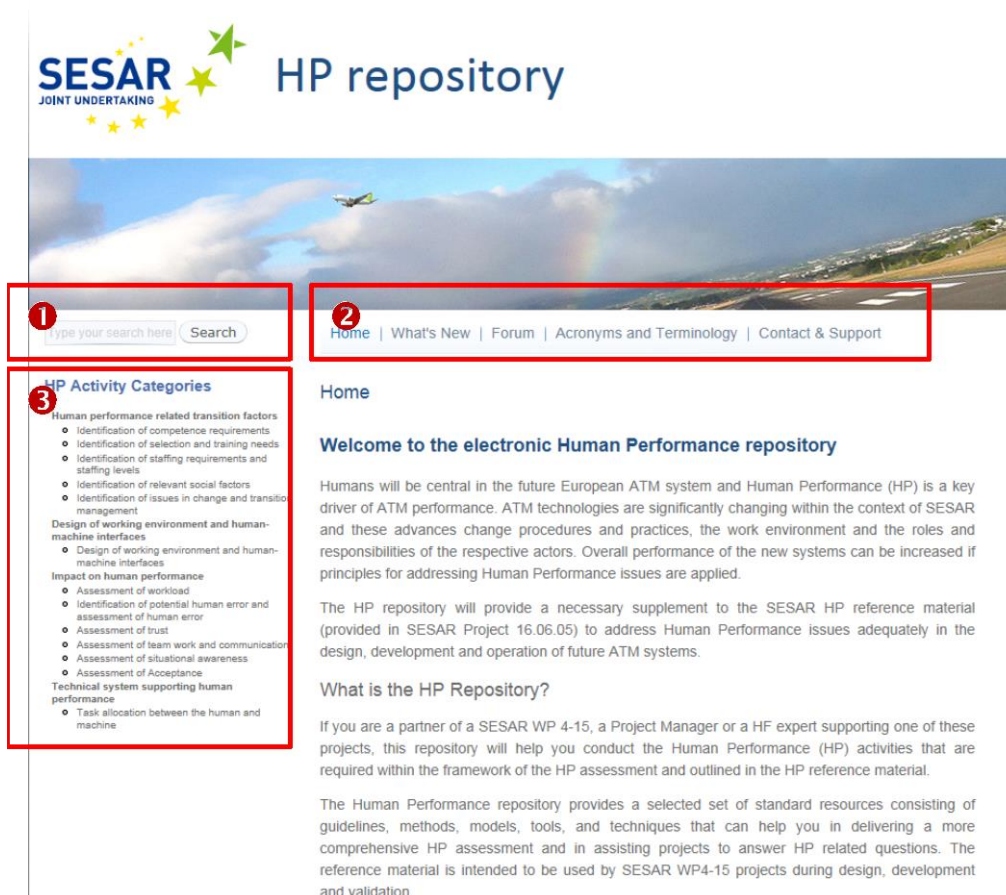


Abb. 1 eHP-Repository Startseite. Zu den roten Rahmen und Ziffern siehe Beschreibung im Text

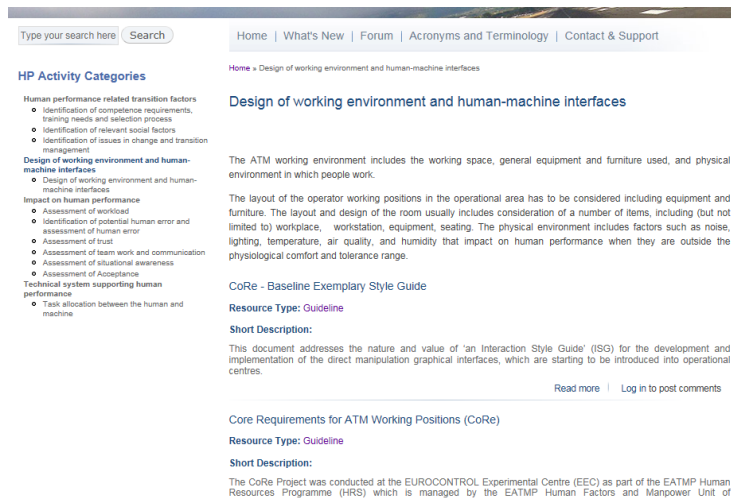


Abb. 2 Ansicht nach Aufruf der Kategorie “Design of working environment and HMI”

(Einflüsse auf das menschliche Leistungsvermögen) und *Technical system supporting human performance* (Systementwicklung zur Unterstützung menschlicher Leistungsfähigkeit). Diese Hauptkategorien sind noch in weitere Unterkategorien untergliedert.

Sofern möglich und sinnvoll stimmen diese Kategorien mit der HP Argumentstruktur des oben genannten *HP assessment process* und dessen Aktivitäten überein, um eine möglichst hohe Konsistenz zu erreichen. Folgen die Nutzer des Archivs diesem *HP assessment process*, so können sie direkt die entsprechenden Methoden, Techniken, Werkzeuge oder Richtlinien einer relevanten Kategorie auffinden.

Wird eine Kategorie oder Unterkategorie ausgewählt, erscheint eine kurze Erläuterung über das Thema dieser Kategorie und darunter eine Liste der verschiedenen enthaltenen Methoden, bzw. Richtlinien usw., jeweils mit einer Kurzbeschreibung, um dem Nutzer eine Idee über den Inhalt zu geben (siehe Abb. 2). Ausführliche Beschreibungen stehen zur Verfügung, wenn man eine Methode auswählt (siehe Abb. 3). Diese beinhaltet zunächst eine Kurzbeschreibung nebst Quellenangaben, gefolgt von einer allgemeinen Übersicht hin zu einer ausführlichen technischen Beschreibung zum Durchführen, quasi eine Betriebs- oder Bedienungsanleitung, was in der Abbildung nicht dargestellt ist. So soll dem Nutzer ein tieferes Verständnis über die Inhalte der

Methode und wie sie angewendet wird sowie die Ergebnisse, die geliefert werden, übermitteln werden. Schließlich werden noch die praktischen Eigenschaften der ausgewählten Methode bewertet; ihre Vorteile und Nachteile, das erforderliche Know-how sowie die Kosten der Anschaffung oder Aufwand zur Durchführung beschrieben sowie eine Einschätzung der Gebrauchstauglichkeit gegeben. Falls verfügbar, werden noch Anwendungsbeispiele gegeben. Es stehen noch weitere Detailinformationen zur Verfügung, auf die hier aber nicht weiter eingegangen werden kann.

Sollte der Nutzer sich nicht anhand der Kategorien zurechtfinden, besteht die Möglichkeit Suchfunktionalitäten anzuwenden. Zunächst gibt es direkt verfügbar ein Eingabefeld, in dem Suchbegriffe eingeben werden können und das Archiv mittels Volltextsuche durchforstet wird (🔍 in Abb. 1). Danach steht zusätzlich noch eine erweiterte, ausführliche Suchfunktion zur Verfügung, in der diverse Suchbegriffe eingegeben oder Filter gesetzt werden können, um eine spezifische Auswahl zu erhalten, z.B. alle Methoden zur Erhebung der Arbeitsbeanspruchung, die kostenfrei sind und mit einem

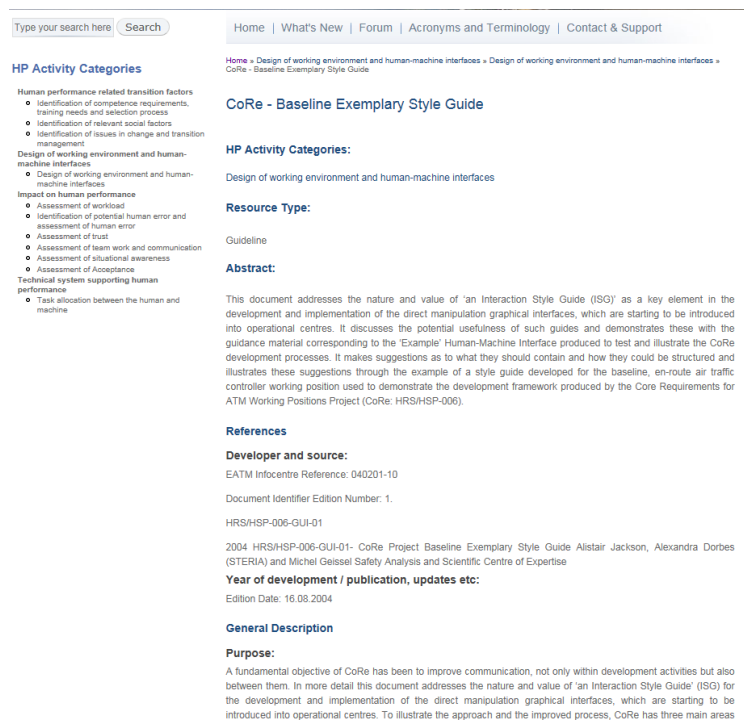


Abb. 3 Ansicht nach Aufruf einer Gestaltungsrichtlinie

niedrigen Grad an Arbeitspsychologischen Kenntnissen eingesetzt werden können.

Am oberen Rand können in der Menüleiste bestimmte Funktionen bzw. Inhalte aufgerufen werden (2 in Abb. 1). *What's new* informiert den Nutzer über die Änderungen am Archiv, die in den letzten 30 Tagen vorgenommen wurden. *Acronyms and Terminology* gibt eine Übersicht der wichtigsten Begriffe und Abkürzungen. Das *Forum* ermöglicht den Austausch mit anderen Nutzern und unter *Contact & Support* können die zuständigen Personen zur Pflege und Wartung des Archivs kontaktiert werden.

Um den Austausch mit anderen Nutzern zu ermöglichen und Erfahrungen in der Anwendung der Methoden im Archiv mitzuteilen, stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung. Zum einen kann spezifisch zu jeder Methode ein Kommentar abgegeben werden. Auf diese Weise können Ergänzungen oder Änderungswünsche direkt an der Quelle angegeben werden. Zum anderen wurde ein Forum eingerichtet, in dem Nutzer ihre Ideen und Vorstellungen austauschen, Bewertungen von Methoden etc. abgeben oder Verbesserungsvorschläge und Ergänzungswünsche mitteilen können. Derzeit sind im Forum drei Themengebiete implementiert: *User experiences*, in dem die Nutzer des Archivs ihre Praxiserfahrungen bei der Anwendung einer bestimmten Methode berichten können. Das Thema *general discussion* betrifft das Archiv selbst und dient dazu, Kommentare und Vorschläge zur Verbesserung, z.B. der Gebrauchstauglichkeit zu sammeln. Schließlich gibt es noch *suggestions for new methods*, in dem man Vorschläge abgeben kann, welche zusätzlichen Methoden in das Archiv aufgenommen werden sollen.

Um das eHP-Repository zu verwenden zu können, ist keine Authentifizierung erforderlich. Jeder kann darauf zugreifen und die Inhalte aufrufen. Um die Funktionen des Kommentierens zu nutzen oder Beiträge im Forum schreiben zu können, ist es allerdings erforderlich, sich mit seinem OneSky Online Benutzerkonto anzumelden. OneSky Online ist das Extranet von Eurocontrol und auf einem Server von Eurocontrol ist auch das eHP-Repository beheimatet. Die Einrichtung eines OneSky Online Benutzerkontos ist in der Regel problemlos und mit geringem Aufwand möglich.

3.1 Einschränkungen

Zum derzeitigen Zeitpunkt besteht auf der Intranetpräsenz des SJU leider noch kein direkter Link

zum eHP-Repository. Der Zugriff muss derzeit über Eingabe der Adresse erfolgen

<http://www.eurocontrol.int/ehp>.

Es handelt sich ferner um eines der berühmten "lebenden Dokumente", d.h. es erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Im Gegenteil, es wird erhofft, dass die Gemeinschaft dazu beiträgt, dieses Archiv zu ergänzen und weiter auszubauen.

Derzeit fehlen auch noch Ergebnisse, insbesondere Methodenentwicklungen, aus anderen SESAR Projekten, wie 16.04.03 - *Impacts of future systems and procedures on selection, training, competence and staffing requirements* und 16.04.04 - *Social and Cultural Factors impacting on SESAR Changes*, deren Beiträge noch nicht verfügbar, waren aber für die schon Inhaltskategorien im Archiv bestehen.

4. Zusammenfassung

Das eHP-Repository stellt ein nützliches Instrument dar für all diejenigen, die beim Entwurf, der Entwicklung und Validierung von technischen wie betrieblichen Projekten beteiligt sind. Es bietet einen Überblick über zahlreiche Methoden, Richtlinien, Techniken und Werkzeugen mit Bezug zur menschlichen Leistungsfähigkeit. Mithilfe detaillierter Beschreibungen sowie Bewertungen soll es dazu dienen, geeignete Methoden aufzufinden und auszuwählen. Dabei wird auf die Inhalte des *HP assessment process* eingegangen, welcher eine Standardvorgabe für SESAR Projekte ist, um die notwendige Konsistenz zu gewährleisten und die größtmögliche Unterstützung dieses Prozesses zu erreichen.

Als internetbasierte Lösung steht es ohne Einschränkungen öffentlich zur Verfügung. Wünschenswert ist der weitere Ausbau des Archivs und der Austausch mit anderen Nutzern. Die entsprechenden Möglichkeiten dazu sind vorhanden.

Pflege und Wartung obliegen derzeit dem SESAR Projekt 16.06.05. Der langfristige Erhalt des Archivs nach Ende dieses Projekts ist zwar noch nicht gesichert, aber es werden die notwendigen Schritte ergriffen, um das eHP-Repository auch weiterhin zu erhalten.

Referenzen

[1]	SESAR 16.04.02, Text version of HP repository, D03, 00.01.00, Oct. 2012
[2]	SESAR 16.04.01, HP assessment process for projects in V2 (Feasibility), D04-001, 00.01.00, Oct. 2011
[3]	SESAR 16.04.01, HP assessment process for V1, V2 and V3, D10-001, Oct. 2013
[4]	SESAR 16.06.05, Report of the Test Application of the HP Repository, D06, 00.00.02, Aug. 2013
[5]	SESAR 16.04.02, e-HP Repository - Release note, D04, 00 01 00, Dec. 2013

Abkürzungen

ATM	Air Traffic Management
eHP Repository	electronic Human Performance Repository
ENAV	Ente Nazionale di Assistenza al Volo
HP	Human Performance
NATMIG	North European ATM Industry Group
SESAR	Single European Sky ATM Research Programme
SJU	SESAR Joint Undertaking

Dr. Morten Grandt, Jürgen Regner und Robert Winker

acht Implementierungspaketen („DCT Packages“) im Route Availability Document, Appendix 4 (RAD App 4), publiziert und somit allen Luftraumnutzern für die Flugplanung verfügbar gemacht wurden. 46% der insgesamt 466 veröffentlichten Routen sind 24 Stunden verfügbar. Die übrigen sind limitiert nutzbar, meist am Wochenende und nachts (s. Bild 1).

Auf Basis der veröffentlichten Directs wurden dann Flugversuche (so genannte „Public Live Trials“) durchgeführt: In 4 Messperioden von jeweils einer Woche Dauer wurden alle Flüge, die mindestens ein FRAMaK DCT in der Flugplanroute aufgegeben hatten, in die Auswertung aufgenommen. Zum Vergleich wurden die Daten entsprechender Flüge im Vorjahreszeitraum herangezogen; für die Auswertung in Hinblick auf Verbrauchswerte wurde dabei auf die Übereinstimmung auch des Luftfahrzeugmusters geachtet.

Auf Grundlage von Flugplan- und Trackdaten von 17.295 Flügen konnte nachgewiesen werden, dass FRAMaK Cross-Border DCTs zur Reduktion der geplanten Routenlänge von durchschnittlich 6,8 NM pro Flug (-0,6%) führen. Wird die tatsächliche Streckenlänge betrachtet, welche sowohl in der Referenz- als auch Messperiode die Verkürzung der Flugstrecke durch taktische Directs beinhaltet, so ergibt sich immer noch eine Verkürzung um 3,7 NM pro Flug (-0,3%).

Bedeutsam ist hier der Hinweis, dass die Streckenlängen auf Basis des gesamten ECAC-Bereichs ermittelt wurden; zieht man nämlich nur die Streckenanteile im Bereich von Karlsruhe UAC und Maastricht UAC zur Ermittlung heran, so ist eine durchschnittliche Verlängerung der Streckenlänge um 15,9 NM festzustellen. Das bedeutet aber nicht, dass die Luftraumnutzer nun in Mitteleuropa wegen der DCTs signifikante Umwege in Kauf nehmen müssen; vielmehr lässt sich die Erhöhung der Streckenlänge dadurch erklären, dass die FRAMaK DCTs aufgrund der zu erzielenden besseren Flugeffizienz Verkehr angezogen haben, sprich diese DCTs steigern die Attraktivität des gemeinsamen Luftraums.

Die von EUROCONTROL entwickelten Indikatoren REDES (Route efficiency in approaching destination) und RESTR (Route efficiency in straightness of trajectory), welche die Direktheit der Route zum Zielflughafen bzw. zum Ausflughafen ausdrücken (1,0 entspricht einer optimalen Direktheit, Werte >1 sind suboptimal), weisen aus, dass die Flugpläne mit FRAMaK DCTs im Vergleich zur bisherigen Situation eine um 0,3 Prozentpunkte bessere Direktheit zum Ziel (jetzt: 1,035) bzw. eine um 0,6 Prozentpunkte höhere Direktheit zum Ausflughafen

(jetzt: 1,018) erzielen. Aufgrund der in der Vergangenheit angebotenen taktischen Directs ergibt sich ein tatsächlicher Vorteil um 0,1 Prozentpunkte auf 1,019 bei REDES (Direktheit zum Ziel) und um 0,2 Prozentpunkte auf nunmehr 1,007 (!) bei RESTR (Direktheit zum Ausflughafen).

Umgerechnet in Treibstoff und CO₂ ergeben sich Treibstoffeinsparungen von 56,4 kg (am Wochenende sogar 95,3 kg) pro Flug; der CO₂-Ausstoß vermindert sich entsprechend um durchschnittlich 178,1 kg pro Flug.

Neben den Vorteilen in Bezug auf Flugeffizienz, Attraktivität des Routennetzes und Umweltverträglichkeit ergibt sich für die Flugsicherung der Vorteil, dass die Flugrouten besser vorhersagbar und die vorbestimmten Sektorsequenzen eingehalten werden.

Bestätigt wurden diese in der Realität ermittelten Ergebnisse durch Schnellzeitsimulationen, in denen das EUROCONTROL Network Manager Directorate das Potential der FRAMaK DCTs ermittelt hat. Mittels des Verkehrs- und Umweltsimulationssystems SAAM (System for traffic Assignment and Analysis at a Macroscopic level) und unter Zugrundelegung der „shortest route option“, die die Streckenlänge optimiert und andere für die Routengestaltung bedeutsame Einflüsse wie Wetter, Verkehrsdichte oder Streckengebühren ignoriert, wurde der Gesamtumfang möglicher Streckenlängeneinsparungen auf jährlich 1,5 Mio. NM oder 4,2 NM pro Flug beziffert. Wenn die Luftraumnutzer die Flugrouten nur in Hinblick auf optimale Streckenlängen wählen würden, ließen sich mit den FRAMaK DCTs pro Jahr 9.000 Tonnen Treibstoff und 30.000 Tonnen CO₂ (83 kg pro Flug) einsparen. Für die Fluggesellschaften ergäben sich dadurch Vorteile bei direkten Kosten in Höhe von 7,5 Mio. € pro Jahr; weitere Kostenvorteile durch verkürzte Flugzeiten, welche sich bei Wartung, Besatzung etc. niederschlagen, sind hier noch nicht beziffert.

Tatsächlich ist die Routenwahl der Fluggesellschaften abgesehen von der Routenlänge von einer Reihe weiterer Faktoren abhängig: So werden Flugrouten so gewählt, dass Windeffekte genutzt werden können (Ausnutzung von Rückenwind / Vermeidung von Gegenwind), es werden stark frequentierte Lufträume gemieden, um Steuerungsmaßnahmen zu entgehen, und natürlich spielt auch die Streckengebühr eine wichtige Rolle. Ergebnisse von FRAMaK zeigen, dass etwa 50% aller Flüge, die ein FRAMaK DCT hätten planen können, um eine kürzere Route zu erzielen, dies auch geplant haben. Jüngste Analysen von Maastricht UAC gehen von einer

Nutzungsquote von 80% aus. Dass eventuell nicht alle Kunden Gebrauch von neuen Routenoptionen machen, liegt allerdings auch darin begründet, dass manche Fluggesellschaften nicht direkt aus dem Route Availability Document (RAD) planen, sondern zunächst sog. „Company Routen“ definieren. Je nach Kapazität der Dispatch-Abteilungen kann hier von gewissen zeitlichen Verzögerungen ausgegangen werden. Darüber hinaus ist für Unternehmen, in denen die Flugplanung nicht zeitgemäß durch entsprechende Softwarewerkzeuge unterstützt und insb. das RAD rechnergestützt ausgewertet wird, die Anpassung an die mit jedem AIRAC Cycle neu verfügbaren Routenoptionen kaum möglich. Ein neues Auswertewerkzeug, das auf der Grundlage von Flugplänen und tatsächlichen Flugrouten Hinweise zur Optimierung der Flugrouten unter Nutzung von Directs liefert, ist derzeit noch bei der DFS in Entwicklung und kann zukünftig unterstützend bei der Beratung von Kunden eingesetzt werden.

Neben den klassischen Directs, die eine Verkürzung der Streckenlänge bewirken sollen, wurde im Rahmen von FRAMaK eine Reihe sog. „Vertical Optimisation Directs“ implementiert. Diese Directs stellen für bestimmte Anflugrouten von Flughäfen eine Alternative dar, die möglicherweise etwas mehr Streckenlänge mit sich bringt, aber ein längeres Verbleiben auf Reiseflughöhe („Late Descent“, nahe am errechneten ToD – „Top of Descent“) erlaubt. Die dadurch erzielbaren Einsparungen bezifferte die Deutsche Lufthansa bei Zugrundelegung eines typisch beladenen, auf der Mittelstrecke eingesetzten Airbus A320 mit bis zu 68 kg pro Flug. Diese Ergebnisse begründen die Motivation für das Engagement der DFS in der neuen SESAR-Demonstration „Optimised Descent Profiles - ODP“.

Ein bedeutsames Ergebnis des Projektes ist, dass die Einführung einer nicht unerheblichen Zahl sehr effizienter Directs durch eine Reihe lateral sehr eng begrenzter, vertikal jedoch umfänglicher Gebiete verhindert wurde, die nicht der Airspace Management Cell (AMC)¹ unterstehen und somit nicht flexibel genutzt werden können.

Abweichend von der ursprünglichen Projektplanung konnten im Rahmen von FRAMaK keine Directs implementiert werden, bei denen aufgrund einer

automatischen Verarbeitung von LAT/LON-basierten OLDI-ACT-Nachrichten² auf die Publikation eines Coordination Point (CoP) zwischen Karlsruhe UAC und Maastricht UAC verzichtet werden konnte. Hintergrund ist, dass der Übergabepunkt zwischen zwei ATC-Systemen bei sehr langen DCTs (aber auch bei Nutzung zukünftig Wegpunkt-unabhängiger Trajektorien) vorzugsweise dynamisch mittels LAT/LON-Koordinaten definiert wird. Nach einer Anpassung der OLDI-Schnittstelle von VAFORIT zeigte sich in technischen Test, dass die beiden (jeweils als OLDI-kompatibel klassifizierten) ATC-Systeme zwar LAT/LONG-definierte CoPs austauschen können, die CWP's der beteiligten Systeme jedoch nicht gleichermaßen für die Nutzung von LAT/LON-definierten Wegpunkten ausgelegt sind. Die Verwendung anderer, durch den OLDI-Standard abgedeckter Definitionen des CoP („nearby CoP“) führt wiederum in Karlsruhe zu Fehlermeldungen und erfordert eine manuelle Flugplandatenverarbeitung. Als Konsequenz konnten die angestrebten CoP-less Cross-Border DCTs deshalb nur für einige weniger stark frequentierte Routenführungen implementiert werden. Als Lehre ist festzuhalten, dass der OLDI-Standard offenbar einer Implementierungsvorschrift bedarf, um die angestrebte Interoperabilität zu gewährleisten.

In Schnellzeit- und Realzeitsimulationen, die vom EUROCONTROL Network Management Directorate, der Abteilung Simulationen der DFS bzw. in der DFS-Niederlassung Karlsruhe durchgeführt wurden, wurden erfolgreich für den Kernbereich des Karlsruhe UAC Direct-Routenoptionen zur Nutzung an Wochenenden evaluiert, die im Dezember 2014 in AIRAC 1413 publiziert werden. Bei der Bearbeitung wurde ein neuer Ansatz gewählt, bei dem zunächst mittels SAAM auf Basis der „cheapest route option“ neue Streckenoptionen in Bezug auf Flugeffizienz und Netzwerkeffekte bewertet wurden. Die dabei errechneten Flugpläne wurde im Weiteren in auf den gleichen Szenarien basierenden AirTOP (Air Traffic Optimization)-Schnellzeitsimulationen genutzt, um die Arbeitsbelastung in einzelnen Sektoren zu bewerten. Auf dieser Grundlage wurden drei Szenarien identifiziert, die für die weitere Untersuchung der operationellen Eignung mit Hilfe des KASIM-Realzeitsimulators in Karlsruhe herangezogen wurden. An insgesamt neun

¹ Gemeinsame zivil/militärische Arbeitsgruppe für die tagtägliche Verwaltung und Zuteilung von Lufträumen

² Die Koordination zwischen Flugsicherungszentralen basiert auf dem OLDI-Standard, die ACT-Meldung kündigt z.B. einen

demnächst eintreffenden Flug an. Bisher wird diese Zeit für einen Wegpunkt als Coordination Point (CoP) übermittelt, also noch nicht über geografische Koordinaten LAT/LON

Simulationstagen wurden diese Szenarien von zusammen 49 Fluglotsen der NL Karlsruhe erprobt. Gerade im Kernbereich hat sich diese schrittweise Einführung an die örtlichen Gegebenheiten angepasster Direct-Routenoptionen als ein sicherer Weg erwiesen, um die Flugeffizienz nachhaltig zu verbessern und gleichzeitig betriebliche Nachteile zu vermeiden. Mit den Simulationen an der NL Karlsruhe wurden weiterhin erste Erfahrungen mit einem „echten“ Free Route Airspace oberhalb von FL365 innerhalb der core Area Karlsruhe gesammelt (freie Wahl von routings via vordefinierter Ein- und Ausflughpunkte). Eine Vielzahl von Problemen wurde identifiziert, welche ohne deren Lösung einer kurzfristigen Einführung zunächst im Weg stehen. Der Abgleich Aufwand zu Nutzen (mögliche Einschränkungen in Kapazität oder vertikalen Profilen) ist hierbei weiter zu vertiefen.

„Cross-Border User Preferred Routes“

In Hinblick auf die Untersuchung im Themenfeld „Cross-Border User Preferred Route (UPR)“ wurden von der Deutschen Lufthansa auf sechs Citypairs (drei innereuropäische, drei transatlantische) zwischen September 2013 und März 2014 insgesamt 62 planmäßige Flüge als UPR-Versuchsflüge durchgeführt. Da die Streckenlänge nicht der einzige Aspekt ist, nach dem die Airlines ihre Routen planen, konnte die Route hier außerhalb bestehender ATS-Strecken oder Direct Routenoptionen frei gewählt werden, um dynamische Faktoren wie Wetter, Windverhältnisse oder die Vermeidung überfüllter Lufträume in die Flugplanung einzubeziehen. Es wurden maximal drei UPR-Flüge am Tag abgewickelt. Eine mit dem Integrated Initial Flight Plan Processing System (IFPS) von EUROCONTROL abgestimmte Prozedur stellte sicher, dass UPR-Streckenabschnitte mit den betroffenen Kontrollzentralen abgestimmt und ansonsten regelkonform waren³. Das Versuchsgebiet umfasste zu Beginn die Zuständigkeitsbereiche der UACs Karlsruhe und Maastricht (s. Bild 2). Ab Dezember 2013 wurde das Gebiet ganz oder teilweise auf die Lufträume von Dänemark, Großbritannien, Norwegen und Schweden erweitert (s. Bild 3). Von dieser Erweiterung profitierten

insbesondere die Flüge auf den transatlantischen Citypairs.

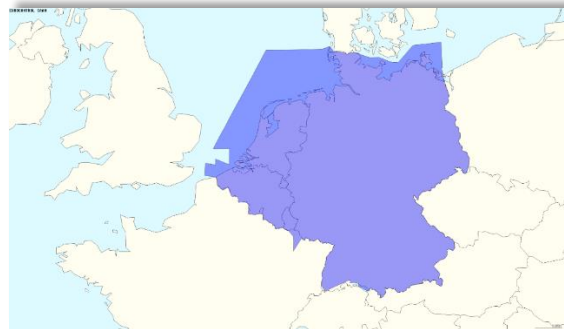


Bild 2: UPR-Versuchsgebiet bis 11.12.2013

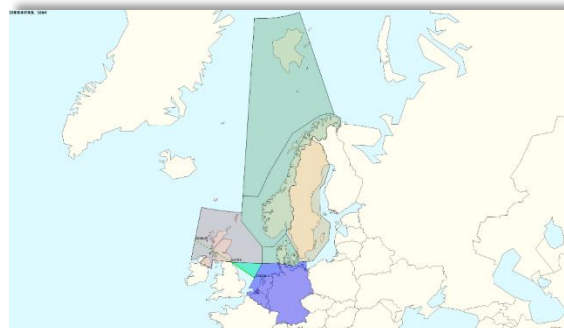


Bild 3: UPR-Versuchsgebiet ab 12.12.2013

Obwohl die Verkürzung der Streckenlänge nicht im Fokus der Untersuchung stand, zeigte sich, dass alle UPR-Routen mehr oder wenig kürzer waren als die entsprechenden RAD-konformen Flugrouten (s. Tabelle 1). Gleichzeitig wurde jedoch mit den UPR-Routen eine Erhöhung der Rückenwind-Komponente um durchschnittlich 3 Knoten erreicht. Beide Faktoren zusammen führten zu Einsparungen beim Take-Off Fuel zwischen 6 und 27 kg (in der Spitze 87 kg) bei den Kurz- und zwischen 280 und 618 kg bei den Langstreckenflügen. Die besonders hohen Einsparungen beim Citypair München-Manchester sind durch ungünstige Planungsvorgaben zu erklären, die sich aus den publizierten An- und Abflugverfahren (STARs, SIDs) ergeben; diese waren bei den UPR-Flügen nicht anzuwenden und führten hier zu entsprechend hohen Verbesserungen. Für die Relation Los Angeles – Frankfurt konnten keine UPR-Flüge demonstriert werden, da die ostwärts verlaufenden Strecken so weit südlich

³ Praktisch alle Flüge von und nach sowie innerhalb Europas müssen einen ICAO-Flugplan beim Integrated Initial Flight Plan Processing System von EUROCONTROL abgeben

Tabelle 1: Ergebnisse der UPR Versuchsflüge

ADEP	ADES	Route length reduction [NM]	Short/Long	Reduction of planned TO Fuel [kg]
EDDF	KLAX	11.8	L	278.6
KLAX	EDDF	not demonstrated	L	not demonstrated
EDDF	ESSA	5.0	S	27.3
ESSA	EDDF	1.6	S	8.7
EDDF	CYVR	26.2	L	618.6
CYVR	EDDF	21.9	L	517.1
EDDM	EGCC	14.5	S	79.2
EGCC	EDDM	16.0	S	87.4
EDDM	ENGM	2.7	S	14.7
ENGM	EDDM	1.0	S	5.5
EDDM	KSFO	24.0	L	566.6
KSFO	EDDM	22.3	L	526.5

verliefen, dass die Streckenanteile innerhalb des UPR-Versuchsgebietes zu kurz waren.

Aus Sicht der Luftraumnutzer haben die UPR-Versuche gezeigt, dass aufgrund der schon hier erzielten Treibstoff- und Flugzeit-Einsparungen weitere Entwicklungen und Implementierungen in Richtung „Free Route Airspace“ wünschenswert erscheinen. Da in ganz Europa mittlerweile Kapazitätsengpässe zu beobachten sind, sind hierzu im Vorfeld technologische Verbesserungen in Bezug auf Planungswerkzeuge, Standards für die Flugplanaufgabe von UPR-Routen, Planung konfliktfreier Trajektorien etc. erforderlich.

Auf der anderen Seite stellten die Flugsicherungen (Air Navigation Service Provider, ANSPs) fest, dass insbesondere in komplexen Sektoren der sog. Core Area Kapazität und Effizienz reduziert werden könnten, würde man das Konzept „Free Route Airspace“ vollständig, d.h. mit „User Preferred Trajectory“ aus frei wählbaren Einflug-, Zwischen- und Ausflug-Wegpunkten, basierend auf den heute vorhandenen technischen Mitteln implementieren. Daher halten die ANSPs die Einführung von UPR für möglich in Gebieten mit geringer bis mittlerer Verkehrsdichte oder zu bestimmten Zeiten auch in anderen Gebieten. Vor der Einführung von UPR in Gebieten hoher Verkehrsdichte sind weitere Untersuchungen nötig. Darüber hinaus werden erweiterte technische Fähigkeiten, wie z.B. fortschrittliche Unterstützungssysteme, und erweiterte Arbeitsverfahren benötigt. Dies zeigte sich auch in den bereits oben erwähnten Realzeitsimulationen der NL Karlsruhe: Hier wurde auch untersucht, wie sich in

diesem Kernbereich ein Free Route Airspace oberhalb FL 365 auswirken würde. Die Ergebnisse zeigen ein erhebliches Potential in Bezug auf die Flugeffizienz, gleichzeitig werden aber gravierende Fragen in Hinsicht auf Konflikterkennung und -vermeidung aufgeworfen.

Die anfänglichen UPR-Versuche im Gebiet von Karlsruhe UAC und Maastricht UAC haben gezeigt, dass die Größe dieses Versuchsgebietes das Minimum dessen darstellte, was für eine Routenoptimierung im Sinne von UPR benötigt wird. Durch die Unterstützung von Avinor, LFV, NATS und Naviar konnte das Versuchsgebiet signifikant vergrößert werden.

Für die Routenplanung standen der Lufthansa für den Einflug und Ausflug in das bzw. aus dem UPR-Testgebiet eine definierte Menge möglicher Einflug- und Ausflugschritte zur Verfügung. Präferierte Streckenführungen zwischen den Flughäfen und diesen Ein-/Ausflugschritten sind als Transition Routes bekanntgegeben worden. Zum Teil wurden diese Transition Routes als zwingend („compulsory“) vorgegeben. Als Zwischenwegpunkte konnten im Flugplan alle im oberen Luftraum relevanten publizierten Wegpunkte aufgegeben werden.

Es zeigte sich im Verlauf der Untersuchungen, dass das verwendete Flugplanungsprogramm nicht uneingeschränkt mit diesen Planungsvorgaben umgehen konnte. Die erkannten Defizite werden als Anforderungen in zukünftige Weiterentwicklungen dieses Programms einfließen.

Insbesondere bei den (innereuropäischen) Kurzstreckenflügen konnten aufgrund des beschränkten Versuchsgebietes in Verbindung mit ohnehin sehr geringen Streckenlängen und der erwähnten Einschränkungen des Flugplanungssystems im Umgang mit den für die Versuchsflüge vereinbarten Anforderungen an die Routengestaltung die durch bessere Ausnutzung von Windefekten auf UPR-Routen angestrebten Einsparungen nicht vollständig erreicht werden. Vielfach wurden die innereuropäischen UPR-Routings durch Rückgriff auf das verfügbare ATS-Routennetz in Verbindung mit RAD App. 4 Directs angenähert, so dass keine bestmögliche Anpassung an aktuelle Windverhältnisse zum Tragen kam. Dort, wo im Rahmen der UPR-Versuche neue Routen gefunden wurden, wurden oder werden diese als neue FRAMaK Cross-Border DCT-Routenoption veröffentlicht, um das Citypair besser zu unterstützen.

Sog. Special Use Airspace (SUA) steht der Einführung optimierter Routen auf verschiedene Weise entgegen: In den FRAMaK-Versuchen wurden diese Gebiete gemieden, indem die Flüge am Wochenende stattfanden oder die Routen eindeutig außerhalb dieser Gebiete verliefen. Für eine großflächige Implementierung des UPR-Konzepts ist eine flexible Nutzung solcher Lufträume erforderlich (Advanced Flexible Use of Airspace – AFUA). Die betrieblichen Anforderungen der Luftraumnutzer, z.B. in Bezug auf die Vorlaufzeiten bei der Flugplanung und die Treibstoffmengenberechnung, müssen hierbei berücksichtigt werden, um signifikante Effekte zu erzielen.

Die UPR-Versuche haben wertvolle Erkenntnisse geliefert in Bezug auf das Zusammenspiel zwischen UPR-Routen und existierenden Systemen und Strukturen. Es ist aber hervorzuheben, dass die Demonstration von maximal drei Flügen pro Tag sicher nur als erster Schritt anzusehen ist und nur einige wenige operationelle Aspekte sichtbar machen konnte. Eine weiträumige Implementierung erfordert in jedem Fall weitere vorbereitende Untersuchungen.

Resumee

FRAMaK hat bereits kommende Anforderungen an das Air Traffic Management, insbesondere in Hinblick auf die

EU *Implementation Regulation 716/2014*, aufgegriffen, welche die Verfügbarkeit von Direct Routes ab 2018 und von Free Route Airspace ab 2022 fordert. Aus Sicht der DFS und von EUROCONTROL wurde mit FRAMaK ein wichtiger Schritt auf dem Weg hin zur Implementierung dieser neuen operationellen Möglichkeiten absolviert. Die Ergebnisse von FRAMaK leisten darüber hinaus einen bedeutsamen Beitrag zum „Free Route Airspace“-Programm des Functional Airspace Block Europe Central (FABEC); zukünftige Aktivitäten werden integraler Bestandteil dieses Programms sein.

Abkürzungen

AFUA	Advanced Flexible Use of Airspace
AIRAC	Aeronautical Information Regulation And Control
AirTop	Air Traffic Optimization (Schnellzeitsimulator)
ANSP	Air Navigation Service Provider
ATCO	Air Traffic Controller
CoP	Coordination Point
DCT	Direct
ECAC	European Civil Aviation Conference (Europäische Zivilluftfahrt-Konferenz, Unterorganisation der ICAO)
FRAMaK	Free Route Airspace Maastricht and Karlsruhe
ICAO	International Civil Aviation Organization
IFPS	Integrated Initial Flight Plan Processing System
KASIM	Karlsruher Simulationssystem
LAT	Latitude
LON	Longitude
NMD	Network Manager Directorate
OLDI-ACT	On-Line Data Interchange, Activate Message
RAD	Route Availability Document
REDES	Route Efficiency in approaching destination
RESTR	Route Efficiency in Straightness of trajectory
SAAM	System for traffic Assignment and Analysis at a Macroscopic level (Schnellzeitsimulator)
SID	Standard Instrument Departure
STAR	Standard Terminal Arrival Route
SUA	Special Use Airspace
UAC	Upper Area Control Centre

Danksagung



FRAMaK wurde bearbeitet von der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, der Deutschen Lufthansa AG und EUROCONTROL für das SESAR Joint Undertaking im Rahmen des SESAR-Programms, gefördert von der Europäischen Union und EUROCONTROL.

Potenziale marktüblicher Computermonitore für die Luftlagedarstellung

Iris Breitruck

Einleitung

Vorliegender Artikel basiert auf der Abschlussarbeit im Rahmen des dualen Studiengangs Luftverkehrsmanagement (B. A.) der Frankfurt University of Applied Sciences, die bei der DFS im Bereich Architekturmanagement durchgeführt wurde [1]. Im Rahmen dieser Bachelor-Arbeit ist untersucht worden, ob marktübliche Computermonitore für die Darstellung des Luftlagebildes am Fluglotsenarbeitsplatz mit den derzeitigen Programmen geeignet sind und der aktuell im Einsatz befindliche 2K-Monitor durch einen marktüblichen Computermonitor der neuen Generation ersetzt werden kann.

Ausgangspunkt und Motivation

Die Weiterentwicklung der Systemfunktionalitäten und die Gestaltung von Fluglotsenarbeitsplätzen gewinnen in Zeiten der anstehenden europäischen Harmonisierung der Systemlandschaften und der zunehmenden Automatisierung in der Flugsicherung zunehmend an Bedeutung. Der Monitor zur Luftlagedarstellung (Situation Data Display, SDD) in den Kontrollzentralen der DFS ist zur Erbringung der Flugverkehrsdienste einer der wichtigsten Monitore am Fluglotsenarbeitsplatz. Zugleich ist er eine der Mensch-Maschine-Schnittstellen im operativen Flugsicherungsbetrieb.



Abb. 1 Streckenkontrolle München, 2012

Die Displayfläche dieses Farbmonitors weist bisher – zum Teil aus historischen Gründen – das quadratische Format auf (s. Abb. 1). Heutzutage sind ähnliche, quadratische Displays beinahe nur noch in der Medizintechnik zu finden.

Die geringe Anzahl der Anbieter dieser quadratischen Radarmonitore ($\approx 20 \times 20$ Zoll) mit einer Auflösung von 2.048×2.048 Bildpunkten und die in den letzten Jahren sehr stark gefallenen Anschaffungspreise hochauflösender Computermonitore im Breitbildformat führten zu der Überlegung, ob sich diese neuen Displaysysteme bei mindestens vergleichbarer Nutzbarkeit nicht in einer verbesserten Kosteneffizienz bemerkbar machen könnten.

Methodik

Als grundlegendes Prinzip für diese Untersuchung wurde *Lean Thinking* angewendet. Dies ist ein Überbegriff für die methodischen Erklärungs- und Gestaltungsansätze von Wertschöpfungs-/ Verbesserungsprozessen (wie z. B. Lean Management, Kaizen, Kontinuierlicher Verbesserungsprozess). Der Kerngedanke ist, ausgehend von den Kundenforderungen jegliche Art von Verschwendung zu eliminieren und dadurch Wertschöpfung zu erzielen. *Lean Thinking* steht somit für das gesamte Konzept einer effizienten Unternehmensorganisation.



Abb. 2: Prinzip des *Lean Thinking*

Die Anwendung dieser Methode ist dadurch charakterisiert dass

- Die Validierung unter intensivem Einbezug der betroffenen Personen stattfindet (Flugverkehrskontroll-Personal), was zur intensiven Identifikation

mit dem „Produkt“ führt und (über aktives Abfragen von Feedback) zu neuen Ideen für die Anwendung

- Nur kleine, gut beherrschbare Schritte gemacht werden – die hier untersuchte Maßnahme beinhaltet nur den Austausch des Monitors, also keine neuen Funktionalitäten und keine Anpassung in der Software für die Luftlagedarstellung
- Eine Integration in den bestehenden Arbeitsplatz ohne Veränderungen in der Grundkonstruktion möglich ist und möglichst als Standard für weitere Arbeitsplätze dient.

Validierung

Die Ziele der Validierung waren:

- Die Prüfung, ob marktübliche Monitore prinzipiell für die Luftlagedarstellung mit den derzeitigen Programmen (ATCAS, VAFORIT, PHOENIX) geeignet sind; und
- Die Bestimmung von betrieblichen Anforderungen für den Einsatz alternativer Monitore am FVK-Arbeitsplatz

In diesem Artikel werden bewusst keine genauen Typenbezeichnungen der untersuchten Monitore genannt, sondern lediglich die jeweilige Bildschirmgröße und Auflösung. Es handelt sich bei allen Modellen aber um High-End-Geräte namhafter Hersteller.

Die Untersuchung fand in zwei Schritten statt – zuerst in der Validierungsumgebung eines ATS-Systems in Bremen und dann unter Laborbedingungen in einer Testumgebung in Langen (s. Abb. 3). Ergebnis sollten Empfehlungen und Handlungsanweisungen für das weitere Vorgehen sein.

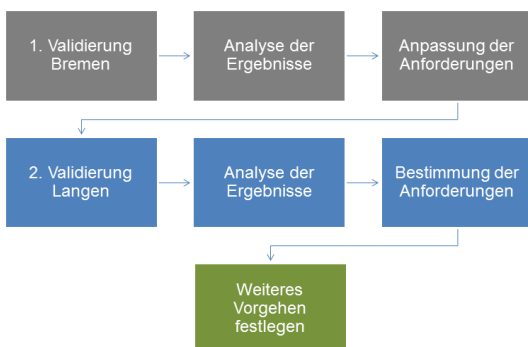


Abb. 3: Vorgehen bei der Validierung

Die erste Validierung fand in der iCAS-Validierungsumgebung in Bremen statt. Teilnehmer waren Lotsen der *Task Force iCAS* Bremen. Als

dynamisches Testbild wurde die Verkehrsdarstellung aus einem iCAS-Übungsszenario genommen. Als untersuchtes Validierungsmodell diente ein Monitor im 16:10-Format mit 30 Zoll Bildschirmdiagonale und 2560 x 1600 Pixel Auflösung.

Als Zwischenergebnis bleibt festzuhalten: die Bildwiedergabe und Bildqualität ist sehr gut, insbesondere bezüglich Auflösung, Helligkeit, Kontrast und Brillanz (Farbwiedergabe). Allerdings wurde die Displayhöhe als nicht ausreichend bewertet, da Sektoren mit einer quadratischen oder Nord-Süd-Ausdehnung nur mit hohem Zoomfaktor innerhalb der Bildschirmfläche darstellbar sind. Absolute Abstände zwischen Labels verringern sich so, dass sie nicht deutlich genug zu erkennen sind und Entfernungen nicht mehr hinreichend genau eingeschätzt werden können. Ein Einsatz ist aber an Arbeitsplätzen möglich, wo keine aktive Luftverkehrskontrolle ausgeübt wird und keine Anweisungen an Luftfahrzeuge gegeben werden, z. B. Supervisor.

Die zweite Validierung fand in der Unternehmenszentrale in Langen statt. Teilnehmer waren sechs Mitarbeiter mit betrieblichem Hintergrund (Lotsen mit und ohne aktive Zulassung). Als statisches Testbild (Screenshot) diente eine typische Verkehrsdarstellung auf einem SDD. Als untersuchte Validierungsmodell dienten ein Monitor im 16:10-Format mit 31,5 Zoll Bildschirmdiagonale und 2560 x 1600 Pixel Auflösung und ein Monitor mit 36,4 Zoll Bildschirmdiagonale und 2K x 2K Pixel Auflösung. Dabei erfolgte eine Anpassung der Sehabstände, damit die optische Größe der Anzeige auf dem 2K x 2K-Monitor der auf dem 4K x 2K entsprach (s. Abb. 4).

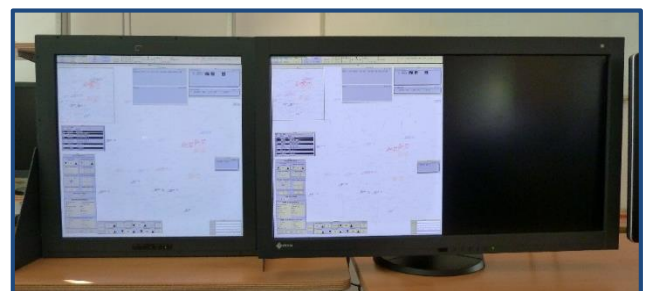


Abb. 4: Betrachtung des 2K-Monitors (links) mit Sehabstand 100 cm und des 4K2K-Monitors (rechts) mit Sehabstand 81 cm.

Die Helligkeit wurde jeweils gleich auf 110 cd/m² eingestellt. Die Kategorien des Fragebogens waren Lesbarkeit (Sektordarstellung, Listeneinträge, Buttons, Labels), Luftlagedarstellung (Gesamtdimension),

Bildeindruck (Helligkeit, Kontrast, Farbwiedergabe, Blickwinkelabhängigkeit, Blendungen) und Sehabstand. Auch wurden verschiedene Screenshots insbesondere beim 4K x 2K-Bildschirm (für den rechten Teil) verwendet.

Danach teilten die befragten Experten in den Fragebögen den untersuchten Monitoren Schulnoten zu. Vorgegeben waren Kategorien, die weitere Bewertungskriterien beinhalteten (s. Abb. 5).

		Zweite Validierung	
		4K2K-Monitor	QFHD-Monitor
Bewertete Merkmale		Durchschnittsnote	
Lesbarkeit	Sektordarstellung	2,00	2,29
	Listeneinträge	1,33	1,83
	Buttons	1,67	2,14
	Labels	1,50	2,43
Luftlagedarstellung	Gesamtdimension	2,83	4,29
Bildeindruck	Helligkeit	2,83	3,29
	Kontrast	2,17	3,00
	Farbwiedergabe	2,42	2,33
	Blickwinkelabhängigkeit	2,0	2,29
	Blendungen	1,33	1,67
	Vorgegebener Sehabstand	2,14	2,33
Gesamtdurchschnittsnote		2,02	2,54

Abb. 5: Auswertung der Fragebögen

Als Ergebnis aus der zweiten Validierung bleibt festzuhalten, dass (wie schon der 30 Zoll-Monitor aus der ersten Validierung) auch der 31,5 Zoll Monitor für die Luftlagedarstellung am Fluglotsenarbeitsplatz nicht geeignet ist, da die Bildschirmhöhe zu gering ist. Der 4K x 2K Monitor ist für die Luftlagedarstellung am Fluglotsenarbeitsplatz geeignet, zeigt momentan jedoch aufgrund der hohen Investitionskosten keine Kostenvorteile zum Status Quo. Ein interessanter Aspekt aus der Untersuchung ist folgender: Nach dem Öffnen von verschiedenen Menüs in ATCAS reduziert sich die nutzbare Bildschirmfläche der Luftlagedarstellung von A₁ auf A₂ (s. Abb. 6). Die gleichzeitige Anzeige aller dieser Menüs ist im operativen Betrieb sehr selten erforderlich und wenn dann nicht dauerhaft, jedoch führt diese Situation zu einer Flächenreduzierung zwischen A₁ und A₂ von ca. 70%.



Abb. 6: Typische SDD-Oberfläche nach Öffnen aller Fenster im ATCAS

Bewertungsmatrix

Zur Ermittlung der durchschnittlichen Gesamtnote werden zuerst die Bewertungsmerkmale ausgewählt, die bei der Ermittlung der Endnoten berücksichtigt werden sollen. Im Anschluss werden den Computermonitoren - aus subjektiver Sicht bestimmte - Schulnoten für die jeweiligen Bewertungsmerkmale zugeteilt. Diese Einzelnoten werden danach mit einem subjektiven Gewichtungsfaktor multipliziert. Zur Ermittlung der gewichteten durchschnittlichen Endnoten des jeweiligen Computermonitors werden die einzelnen Produkte aufsummiert (s. Abb. 7).

Die Gewichtung der Bewertungsmerkmale führt zu folgenden Veränderungen: Die durchschnittlichen Gesamtnoten des QFHD-Monitors (31,5 Zoll) und des 16:10 Monitors (30 Zoll) verbessern sich – trotz der relativ schlechten Bewertungen für das Merkmal „Eignung des Formats für die Luftlagedarstellung“ – aufgrund der günstigen Anschaffungspreise (Note 1,7) und ihrer relativ guten „Auflösung und Zeichenqualität“.

Die durchschnittliche Gesamtnote des 4K x 2K-Monitors verschlechtert sich nach Gewichtung der Bewertungsmerkmale nur gering. Der aktuell hohe Anschaffungspreis des 4Kx2K-Monitors wird durch die „Möglichkeit zur Darstellung weiterer Informationen“ und die nahezu sehr gute „Auflösung und Zeichenqualität“ relativiert. Infolgedessen belegt der 4Kx2K-Monitor – trotz des hohen Anschaffungspreises – bei dieser

Bewertungsmatrix im Ranking der vier Computermonitore den zweiten Platz.

Computermonitore		2K	16:10	4K2K	QFHD
Bewertungsmerkmale	Gewichtung	Note	Note	Note	Note
Eignung des Formats für die Luftlagedarstellung	20%	1,5	4,5	2,8	4,3
Auflösung und Zeichenqualität	20%	1,9	2,0	1,5	1,6
Stabilität und Gleichmäßigkeit der Darstellung ¹¹⁷	10%	1,7	2,2	2,1	2,5
Möglichkeit zur Darstellung weiterer Informationen	20%	5,0	4,0	1,5	2,5
Aktueller Anschaffungspreis und Verfügbarkeit	30%	3,5	1,7	4,5	1,7
Durchschnittliche Gesamtnote		2,72	2,88	2,48	2,52
Gewichtete durchschnittliche Gesamtnote	100%	2,90	2,53	2,52	2,44

Abb. 7: Bewertungsmatrix zur Ermittlung der Gesamtnoten für die Validierungsmodelle und das Referenzmodell in Bezug auf die Einführung eines marktüblichen Computermonitors für die Luftlagedarstellung am Fluglotsenarbeitsplatz

Der 2K-Monitor nimmt im Ranking der Computermonitore den letzten Platz ein. Die Ursache dafür liegt hauptsächlich darin, dass keine Möglichkeit besteht, neben dem Luftlagebild zusätzliche Informationen auf dem Display darzustellen, ohne dabei die Hauptinformationen zu verdecken. Des Weiteren führt die relativ hohe Gewichtung des

Bewertungsmerkmals „Aktueller Anschaffungspreis und Verfügbarkeit“ (30 %) zur Verschlechterung der durchschnittlichen Gesamtnote des 2K-Monitors.

SWOT-Analyse

Zur Bestimmung der Potenziale marktüblicher Computermonitore für die Luftlagedarstellung am Fluglotsenarbeitsplatz und zur Positionsbestimmung Einsatzmöglichkeit einer neuen Monitorgeneration sollen anhand der folgenden *SWOT*-Analyse die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken (engl. *Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*) dargestellt werden, die sich durch Umstellung des aktuellen 2K-Monitors auf ein marktübliches Gerät ergeben können, dargestellt werden. Die *SWOT*-Analyse ist eine Methode der strategischen Analyse und verfolgt generell das Ziel, den Nutzen aus Stärken und Chancen zu maximieren und die Verluste aus Schwächen und Risiken zu minimieren. Im Rahmen der Bachelor-Arbeit [1] sollte sie als Hilfestellung für die zukünftige Vorgehensweise bei Planungen zur Ausstattung von Fluglotsenarbeitsplätzen mit marktüblichen Computermonitoren in den Kontrollzentralen der DFS dienen, siehe dazu Tab. 1.



Abb. 8: Testbild auf einem Breitbild-Monitor als Variante zur Nutzung der freien Displayfläche neben der Luftlagedarstellung

SWOT-Analyse	
Stärken (<i>Strengths</i>)	Schwächen (<i>Weaknesses</i>)
• Vorteile für Instandhaltung und Technik • Reduzierter Umfang an erforderlicher Hardware • Platz auf einer Seite des Displays zur Darstellung zusätzlicher Informationen • Integrierung von Subsystemen z. B. AMAN, ATCISS) auf den Monitor, auf dem auch die Luftlage dargestellt wird • Nutzerakzeptanz: Fluglotsen befürworten die Idee, neben der Luftlagedarstellung auf demselben Monitor weitere Informationen darzustellen. • Verbesserte Bildwiedergabe und Bildqualität im Vergleich zum 2K-Monitor hinsichtlich Auflösung, Helligkeit, Brillanz • Verbesserte Displayssteuerung (Flexible Anordnung von Größe und Position der Fenster) • Weniger rückseitige Anbauten, wie z. B. Monitorhalterungen, erforderlich • Verbesserte Ergonomie, z. B. aufgrund oberster Displayzeile maximal auf Augenhöhe; Seitenverhältnisse 16:9, 16:20, 3:2 entsprechen eher dem natürlichen Blickfeld des Menschen etc. • Bessere Verfügbarkeit der Hardware	• Zeitpunkt bis geeignete Computermonitore „marktüblich“ sind, ist schwierig abzuschätzen • Berücksichtigung der Gesamtarchitektur des FVK-Arbeitsplatzes erforderlich (z. B. aufgrund Anpassung des Sehstands vom Auge bis zum Monitor) • Weitere Validierungen und Teststellungen erforderlich: Langzeitbelastung, dynamische Bilder, reale Arbeitsumgebung etc. • Ggf. Anpassungen im Programmcode der Software erforderlich • Begrenzte Breite des FVK-Tisches • Einleitung weiterer Prozesse und Maßnahmen erforderlich, wie z. B. Validierungen, Sicherheitsbewertung (SiBe), Schulungen, Aktualisierung von Unterlagen • Keine individuelle Entfernungs- Winkel- und Kippeinstellung der Bildschirme (SDD, AMAN, ATCISS) durch den Nutzer • Fehlende Erfahrungswerte über die Zuverlässigkeit im Dauerbetrieb: Unklarheit über Einstufung des Ausfallrisikos • ggf. Vernachlässigung der Kosteneffizienz (falls spezielle Hardware erforderlich ist)
• Höhere Anzahl an Anbietern am Markt. Dadurch hat die DFS, im Vergleich	• Neuorientierung für das Betriebspersonal

zur Nutzung des 2K-Monitors, eine bessere Verhandlungsposition gegenüber Herstellern und Zulieferern	• Platzverschwendung, wenn es keine Möglichkeit gibt, die freie Displayfläche zu nutzen • Risiken aufgrund zu großer Bildschirmdiagonale: 1.) Blickwinkelabhängigkeit zur Gewährleistung der eindeutigen Erkennbarkeit aller Informationen ggf. nicht ausreichend (vor allem von Arbeitsposition der Trainer) 2.) Schlechte Erreichbarkeit und verzerrte Darstellung von Buttons in den oberen Ecken • Ablenkung durch unnötig dargestellte Informationen
--	---

Tab. 1: SWOT-Analyse (*Strengths, Weaknesses, Opportunities und Threats*) der Einführung einer neuen Generation marktüblicher Computermonitore am Fluglotsenarbeitsplatz

Weitere Erkenntnisse

Eine bildschirmfüllende Darstellung nur mit dem SDD ist auf einem Breitbildmonitor nicht erforderlich. Die freie Displayfläche kann vielmehr zur Integration zusätzlicher Informationen auf demselben Monitor oder zur Verlagerung von Menüs, Informationsfelder etc. genutzt werden (s. Abb. 8).

In den Interviews wurden auch noch folgende Aspekte angesprochen:

- Dargestellt werden könnte z.B. Wetter, allerdings ohne große Dynamik; ansonsten eher statische Information.
- Bedenken wurden geäußert, dass es bei zu vielen Informationsfeldern (oder deren Dynamik) auf einem Bildschirm eher zu Unübersichtlichkeit und Ablenkung kommen könne. Es sollte auf jeden Fall auf einheitliche Schriftarten geachtet werden.

Handlungsempfehlungen

Es besteht Anlass, die geplante Maßnahme weiterhin zu verfolgen. Die dabei erforderlichen Maßnahmen lassen sich vor allem anhand der „Schwächen“ und „Risiken“ der *SWOT*-Analyse ableiten:

- **Durchführung weiterer Validierungen:** Weitere Validierungen, z. B. über einen längeren Zeitraum und mit realem Verkehr sind nötig, um sicherheitsrelevante und ergonomische Aspekte beurteilen zu können.
- **Erweiterung des Betrachtungshorizonts:** Bei weiteren Untersuchungen sollten weitere Anforderungen, wie z. B. die Wärmeabfuhr, Verschleiß, Haltbarkeit etc. bei Dauerbetrieb, aber gegebenenfalls auch weitere Monitormerkmale, wie z. B. die Displayoberfläche, berücksichtigt werden.
- **Betrachtung der Gesamtarchitektur des FVK-Tisches:** Ergonomische Vorgaben und Empfehlungen, wie z. B. die Bildschirmarbeitsverordnung (BildschArbV), oder DIN EN ISO 9241 (Ergonomie der Mensch-System-Interaktion) sind zu berücksichtigen.
- **Betrachtung weiterer Arbeitsplätze**
- **Prüfung der technischen Umsetzbarkeit:** Möglichkeit zur Integrierung der Sub-Systeme, Ausmaß und mögliche Umsetzung der Softwareanpassung.

Fazit

Positiv bleibt festzuhalten, dass ein alternativer Monitor auf dem Markt existiert, der mit seiner 4K x 2K Auflösung und zum derzeitigen Monitor fast identischer Höhe für die Luftlagedarstellung verwendet werden könnte. Daneben würde er Möglichkeiten zur Darstellung weiterer Informationen bieten (Auslagerung von Menüs, weitere wenig dynamische Info).

Nachzeitigem Stand bietet er jedoch keine Kostenvorteile zum Status Quo, da sich die Investitionskosten mindestens verdoppeln würden.

Die Preisentwicklung eines passenden Kandidaten [2] zeigt aber auch, dass sich Anschaffungskosten in den letzten eineinhalb Jahren in diesem High-End-Segment praktisch nicht verändert haben – ganz im Gegensatz zum Consumer-Bereich.

Abschließend lässt sich daher sagen, dass es für die DFS 2014 keine sinnvolle Alternative zu den bisherigen teuren Spezialanfertigungen gibt, unter der Prämisse,

dass keine Veränderungen an den vorhandenen Betriebssystemen erfolgen dürfen. Allerdings ist die Preisentwicklung in dem untersuchten Segment sorgfältig zu beobachten.

Abkürzungen

SDD	Situation Data Display
iCAS	iTEC Center Automation System
ATCAS	Air Traffic Control Automation System
VAFORIT	Very Advanced Flight Data Processing Operational Requirement Implementation
PHOENIX	Radardatenverarbeitungs- und Darstellungssystem
FVK	Flugverkehrskontrolle
QFHD	Quad-Full-HD

Referenzen & Literatur

[1]	Bachelor-Arbeit im Sommersemester 2014: Potenziale marktüblicher Computermonitore für die Luftlagedarstellung am Fluglotsenarbeitsplatz, Frankfurt University of Applied Sciences, 09.07.2014
[2]	Heise online, Forum "Preisvergleich", http://www.heise.de/preisvergleich/eizo-duravision-fdh3601-schwarz-fdh3601-bk-a903864.html , Stand 22.10.2014

V2-Validierung einer „RA Downlink“-Anzeige am Lotsenarbeitsplatz

Dr. Andreas Herber, Andreas Udovic, Yvonne Graner

Einleitung

ACAS (Airborne Collision Avoidance System) ist, wie seine technische Umsetzung TCAS (Traffic Alert and Collision Avoidance System), an sich erst mal ein bordgestütztes, autonomes Kollisionsverhütungssystem, das per se unabhängig von einer Flugsicherung arbeitet. ACAS II gibt Piloten vertikale Ausweichanweisungen (Resolution Advisory, RA), die entweder präventiv („mach etwas nicht“) oder korrektiv („mach etwas“) sind. Selbst bei korrektem Befolgen dieser Anweisung durch den Piloten bedeutet dies u.U. ein Ausweichen auf eine andere als die freigegebene Höhe (vgl. Abb. 1). Somit haben ACAS-Systeme sehr wohl auch Rückwirkungen auf ATC.

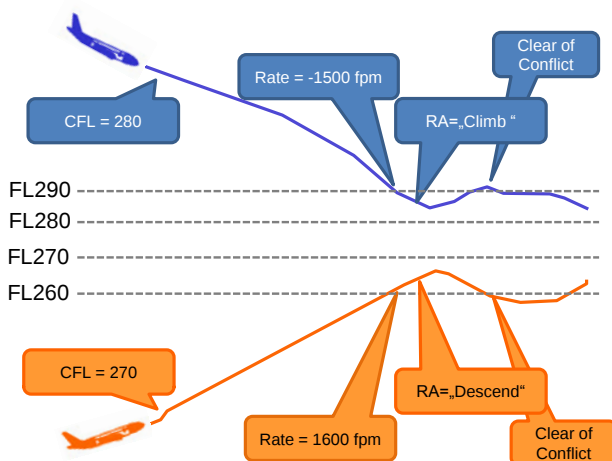


Abb. 1: Beispiel: Steigen / Sinken auf benachbarte Flugfläche, RA bewirkt Verlassen der Freigabe (CFL – cleared flight level)

Motivation für RA Downlink

Falls im kontrollierten Luftraum Konflikte unabhängig voneinander von Bordsystemen (ACAS) und Bodensystemen (STCA) detektiert werden, kann es passieren, dass Piloten und Lotsen unterschiedliche Lösungswege wählen. Beispielsweise können Lotsen, falls sie keine Kenntnis von einer ACAS-Ausweichanweisung haben, Freigaben oder Anweisungen geben, die die Reaktion auf eine RA verzögern oder sogar mit ihr im Konflikt stehen können.

Mit dem Unfall von Überlingen ist leider auch deutlich geworden, dass die unvollständige, nicht einheitliche und

sogar teilweise widersprüchliche Integration des ACAS-Systems in das System Luftfahrt eine systemische Ursache war [1]. Die BFU-Sicherheitsempfehlung 08/2004 war „Zur Verbesserung der Arbeit von ACAS sollte die ICAO die Entwicklung initiieren, RAs an die Flugsicherung unter Nutzung von Technologien wie SSR Mode S und ADS-B zu übermitteln“. Unglücklicherweise kam es im Juni 2011 zu einem schweren Vorfall (AIRPROX Kategorie A), der mehrere Parallelen zum Unglück in Überlingen zeigt [2]. Auch hier erfolgte von einem der Piloten keine Information über die RA an den Lotsen, die RA und eine kurz darauf vom Lotsen erteilte Freigabe standen im Widerspruch zueinander, und der Pilot folgte regelwidrig nicht der Ausweichanweisung seines ACAS (vgl. Abb. 2). Dies führte dann zu der gefährlichen Annäherung, die durch ACAS allein so nicht zustande gekommen wäre. Vermutlich aber auch dann nicht, wenn der Lotse gewusst hätte, dass eine RA vorlag.

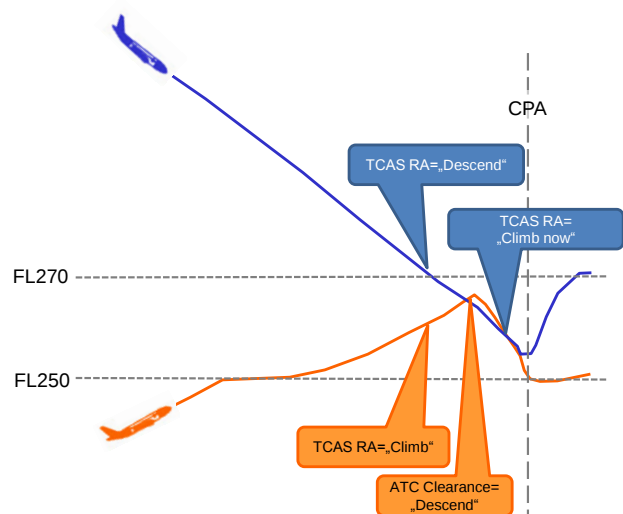


Abb. 2: Beispiel: Freigabe im Widerspruch zur ACAS RA

Mit dem DFS-Projekt AMOR (ACAS Monitor) wurde die technische Machbarkeit nachgewiesen, bundesweit Informationen über die an Bord von Luftfahrzeugen ausgegebenen Ausweichanweisungen mit nur minimaler Verzögerung auch am Boden zu erhalten.

Gegenstand der ersten Validierung

Im Rahmen des SESAR-Projekts „Enhanced safety nets for En-route and TMA operations“ wurden von der DFS Vorschläge für ein europäisch gültiges Betriebskonzept entworfen und aus Nutzersicht überprüft. Eine erste Validierung (sog. „V2“) mit einem Mockup für die Anzeige am Lotsenarbeitsplatz [3] und einem ersten Vorschlag für ein Betriebskonzept konnte vor kurzem abgeschlossen werden [4]. Eine weitere Validierung mit dem Fokus „Alarmierungskette“ wird mit dem zukünftigen ATM-System der DFS (iCAS) erfolgen.

Zugrundeliegendes Konzept

Das dieser ersten Validierung zugrundeliegende Betriebskonzept war, dass die RA-Anzeige „for information only“ ist und dem Lotsen empfiehlt, eine Flugwegsveränderung des entsprechenden Flugzeugs zu unterlassen, bis ein „clear of conflict“ erhalten und angezeigt wird. Dieses würde die Zeitspanne für Freigaben, die möglicherweise im Widerspruch zu einer RA stehen, reduzieren und damit die Sicherheit erhöhen.

Hypothesen

Mit der Validierung sollten die folgenden Hypothesen überprüft werden:

1. Das Situationsbewusstsein des Lotsen wird durch die Anzeige einer aktiven RA im jeweiligen Radar Label erhöht.
2. Die vorgeschlagene Implementierung (Anzeige einer aktiven RA in Zeile 0 des Radar Label) wird von den Lotsen grundsätzlich positiv beurteilt.
3. Der zugrundeliegende Entwurf für das Betriebskonzept wird von den Lotsen grundsätzlich positiv beurteilt.
4. Durch die RA-Anzeige wird die Wahrscheinlichkeit einer Lotseninteraktion bei aktiver RA im Flugzeug verringert und damit die Sicherheit erhöht

Szenarios

Die folgenden 6 Szenarien, die als „typisch“ bzw. „relevant“ aus vorher erfassten RA-Events [5] identifiziert und anonymisiert wurden, konnten mit dem Mockup durchgespielt werden:

- Begegnung zwischen einem Flugzeug im Reiseflug (A) und einem zum Zeitpunkt der RA mit ≈ 2.800 fpm sinkenden Flugzeug (B) in Richtung auf die benachbarte Flugfläche. Keine Separationsverletzung. Nur Flugzeug B bekommt eine RA, die den Abbruch des Sinkflugs anweist. Angemessene Pilotenreaktion mit geringfügig späterem Erreichen der freigegebenen Höhe.
- Begegnung zwischen einem Flugzeug im Reiseflug (A) und einem zum Zeitpunkt der RA mit ≈ 2.200 fpm steigenden Flugzeug (B) in Richtung auf die benachbarte Flugfläche. Keine Separationsverletzung. B bekommt eine korrektive RA, seinen Steigflug abubrechen, aber auch A bekommt eine RA (Climb). Insgesamt angemessene Pilotenreaktion mit geringer Abweichung von der Freigabe (A) und etwas späterem Erreichen der freigegebenen Höhe (B).
- Annäherung zwischen Anflug (A, sinkend) und Abflug (B, steigend) durch Pilotenfehler und anschließendem Alarm durch STCA und ACAS. Positive RAs („Climb“ bzw. „Descend“) in beiden Flugzeugen befolgt und vorteilhaft sowie kompatibel mit Lotsenanweisung.
- Gefährliche Begegnung mit sich lateral und vorher vertikal kreuzenden Kursen, in der ein Pilot der Freigabe des Lotsen folgt anstatt der (gegensätzlichen) ACAS RA. Dadurch kommt es zur deutlichen Reduktion des vertikalen Abstands am CPA.
- Domino-Begegnung: Zwei Anflüge, vertikal gestaffelt auf benachbarten Flugflächen (A oben, B unten) treffen auf einen lateral kreuzenden Abflug im Steigflug (≈ 1.200 Fuß vertikaler Abstand und > 2.000 fpm zum Zeitpunkt der RA) auf eine Flugfläche unterhalb (C). Keine Separationsverletzung. Flugzeug (C) löst durch seine hohe Steigrate eine RA in Flugzeug (B) aus. Dieses steigt zwar kurz und schnell und löst wiederum eine RA in (A) aus. Alle Pilotenreaktionen sind gut und angemessen, dennoch zeigen sich Abweichungen von den freigegebenen Höhen.
- Begegnung zwischen einem Abflug (A) und einem VFR-Flieger. (A) bekommt eine RA (Descend) im

Steigflug, angemessene Pilotenreaktion mit möglicher Abweichung von der Freigabe.¹

Fragebögen

Die teilnehmenden Lotsen haben nach Begutachtung der 6 Szenarien einen Fragebogen ausgefüllt. Dieser enthielt insgesamt 11 Fragen, die bis auf Frage 2 und 3 quantitativ (mit einem Wert von 1=not at all bis 5=absolutely) bewertet werden sollten; Fragen 2 und 3 gingen um das subjektive Empfinden der Vor- und Nachteile einer RA-Anzeige und waren daher frei zu beantworten, um qualitative Aussagen zu erhalten. Diese wurden bei der Auswertung sinnvoll gruppiert.

Ergebnisse dieser ersten Validierung

Zwischen Februar und Mai 2014 wurden bei insgesamt 24 Lotsen Briefings zum vorgesehenen Betriebskonzept, zum Mockup und zu den Szenarien organisiert, Interviews durchgeführt und Fragebögen erfasst. Alle Teilnehmer kamen aus DFS-Zentralen des unteren Luftraums (54% Langen, 33% München, 13% Bremen). Alle hatten eine ACC-Zulassung, etliche aber auch weitere (ACC/APP/TWR/UAC oder sogar Pilotenlizenz).

Das durchschnittliche Alter war 41 Jahre, die durchschnittliche Berufserfahrung 17 Jahre, und 5 Teilnehmer waren weiblich.

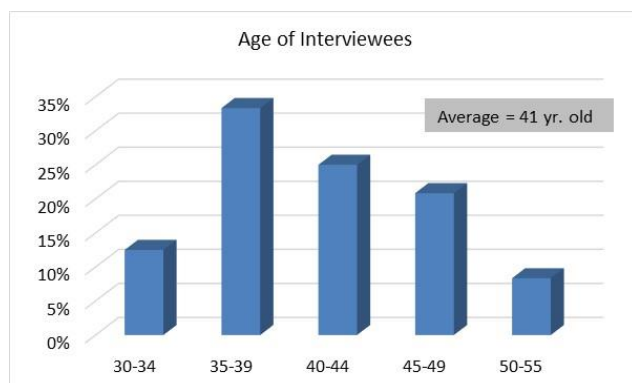


Abb. 3: Altersverteilung

In diesem Artikel soll nicht so sehr auf die detaillierten Ergebnisse zu den einzelnen Fragen eingegangen

werden, diese können dem Validierungsreport entnommen werden [5]. Als Beispiel soll die Antwort auf Frage 9 dienen (s. Abb. 4), die eine eindeutige Präferenz für eine RA-Anzeige in zunehmend komplexeren Verkehrssituationen zeigt.

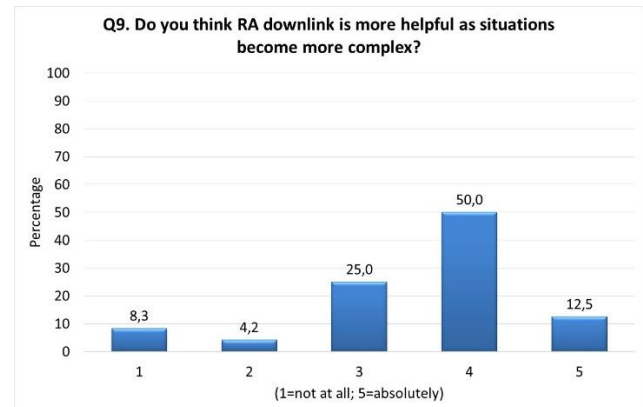


Abb. 4 Antworten auf Frage 9 (RADL in komplexeren Situationen)

Interessant sind darüber hinaus die qualitativen Antworten auf die Frage nach Vor- und Nachteilen. Die Antworten der Lotsen auf diese beiden offenen Fragen wurden hinsichtlich verschiedener Kategorien ausgewertet und konnten so zusammengefasst werden. Die Aussagen der Lotsen wurde ebenso dazu genutzt die Einschätzungen aus den anderen Fragen besser zu verstehen und zu interpretieren. Die Vorteile ließen sich auf folgende Kategorien zusammenfassen (s. Abb. 5):

- Schnelle und direkte Information über eine RA insbesondere auch ohne verbalen Pilotenreport
- Gelegenheit für Planung weiterer Schritte (z.B. andere LFZ betreffend)
- Verbessertes Situationsbewusstsein
- Vermeiden von unnötigen oder möglicherweise der RA widersprechenden Anweisungen
- Möglichkeit, Verkehrsinformationen zu geben
- Erhöhung der Sicherheit
- Nicht explizit als Vorteil zu sehen, aber hier angemerkt, war der Wunsch nach weiteren Informationen über die ausgegebene RA

Für die Nachteile der RA-Darstellung fanden sich folgende Kategorien (s. Abb. 6):

- Gefahr einer Informationsüberflutung durch weitere Anzeigen, z.B. STCA, MTCD, ECS usw.

¹ „möglich“ da eine Freigabe in dieser Situation zwar wahrscheinlich, aber letztlich nicht bekannt war

- Unnötige Anzeigen ohne Nutzen, z.B. präventive RAs ohne Änderungen des Flugwegs (wobei nur die RA bekannt ist, nicht aber die Pilotenreaktion)
- Unklare rechtliche Randbedingungen, d.h. BA FVD, zu klären, nach denen der Lotse handelt (Staffelungsverantwortung)
- Kein wirklicher Nutzen
- keine Nachteile gesehen (was ja eigentlich als Vorteil zu werten ist)

Generell ist festzuhalten, dass die Mehrheit der befragten Lotsen das Konzept einer Darstellung einer aktiven RA in der Luftlagedarstellung befürworteten und dass die

Darstellung das Situationsbewusstsein erhöht. Gleichzeitig wurde aber der fehlende klare rechtliche Status einer derartigen Anzeige bemängelt: bei einer RA-Anzeige ohne Pilotenreport verbleibt der Lotse so in einem Dilemma – er hat formal noch die Staffelungsverantwortung, unternimmt aber vielleicht nicht alles, da eine ausgesprochene Freigabe ja im Widerspruch zu der im Flugzeug ausgegebenen Ausweichenweisung stehen könnte. Eine Möglichkeit wäre es, die RA-Anzeige genauso verbindlich zu machen wie ein Pilotenreport über Sprechfunk.

Einige befragte Lotsen sprachen sich dafür aus, nicht nur das Vorhandensein einer RA anzuzeigen, sondern

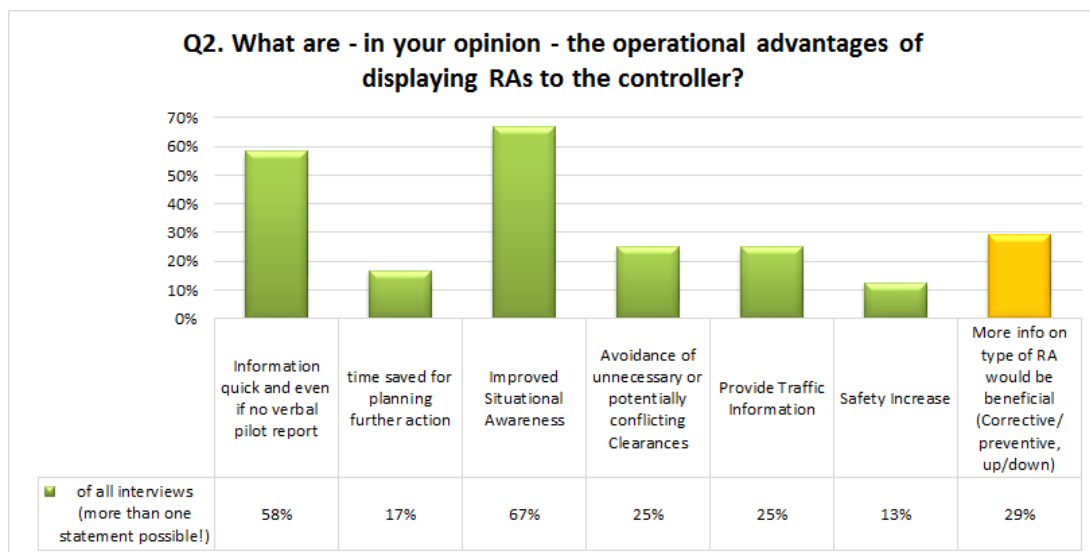


Abb. 5: gruppierte Antworten auf Frage 2 (Betriebliche Vorteile einer RA-Anzeige)

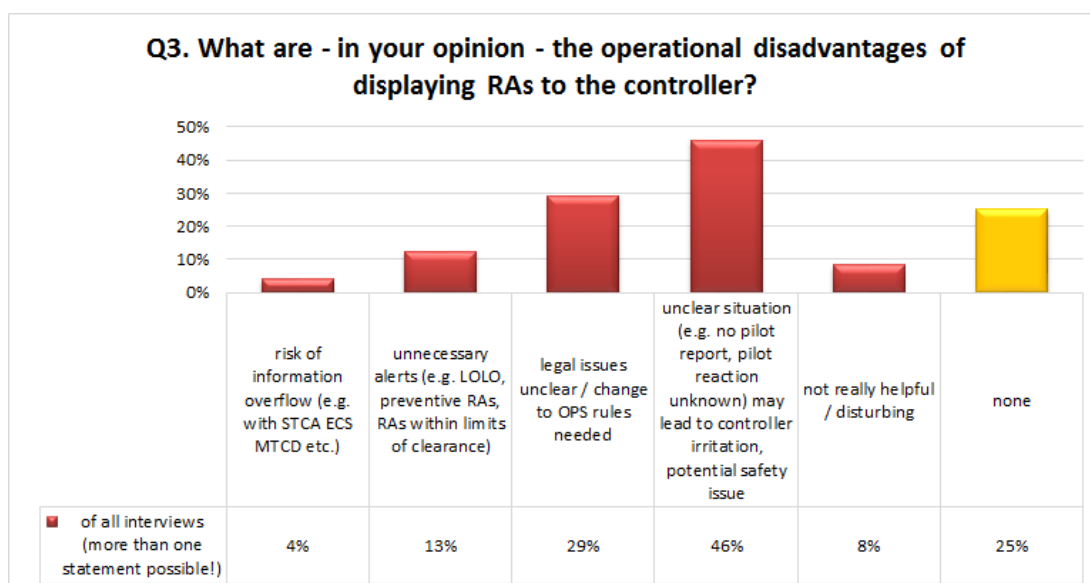


Abb. 6: gruppierte Antworten auf Frage 3 (Betriebliche Nachteile einer RA-Anzeige)

auch Informationen über die Richtung und Art der Ausweichenweisung. Dieser Aspekt wird mit der nachfolgenden V3-Validierung näher untersucht werden.

Insgesamt wurde der Mockup als durchaus hilfreiches Werkzeug eingestuft, um die Problematik an sich und im Speziellen die Nützlichkeit einer RA-Anzeige in den unterschiedlichen Verkehrssituationen auf einer einigermaßen realistischen Anzeige beurteilen zu können.

Es wurde aber auch klar, dass die Validierung des Konzepts, wie mit einer RA-Anzeige am Lotsenarbeitsplatz umgegangen wird, mit Hilfe einzelner Verkehrsszenarien lediglich ein Teilschritt sein kann. Die gesamte Situation ist künstlich und untypisch und verlangt ein hohes Maß an Abstraktion bei der Bearbeitung des Fragebogens: Der Mockup ist nur ein Teil eines Lotsenarbeitsplatzes, viele weitere Informationsquellen fehlen für eine Gesamteinschätzung des Einzelfalls. Der Lotse weiß aus dem vorherigen Briefing der Verkehrssituation, dass etwas passiert, er ist nicht mit weiteren Aufgaben beansprucht und wird von der Anzeige „RA“ nicht überrascht. Schließlich kann er auch nicht so in den Ablauf eingreifen, wie er es sonst vielleicht gemacht hätte.

Fazit

Die Übertragung und Verarbeitung von ACAS RAs, die an Bord von Flugzeugen ausgegeben werden, zum Boden ist technisch machbar. Auch eine Darstellung auf einem Lotsendisplay (SDD) ist, wie mit einem Mockup gezeigt wurde, angemessen umsetzbar und zumindest laut der hier beschriebenen Validierung betrieblich auch akzeptabel. Die zeitnahe Anzeige einer RA erhöht das Situationsbewusstsein des Lotsen und gibt ihm Zeit für andere relevante Tätigkeiten wie z.B. Verkehrsinformationen oder Umplanungen. Andererseits wird die Gefahr der Informationsüberflutung oder Ablenkung nicht gesehen.

Safety Nets wie STCA und ACAS sind aufgrund der selten auftretenden Testfälle im laufenden Betrieb nur schwer zu validieren. Selbst eine große Realzeitsimulation, in der Lotsen an einem kompletten ATM-System Verkehr kontrollieren, würde keine ausreichenden Ergebnisse produzieren: Wie die Statistik zeigt [5], sind RAs im kontrollierten Luftraum seltene Ereignisse und würden auch in einer vergleichbaren Situation, einer Simulation mit Lotsenkontrolle, nur nach etlichen Stunden passieren; darüber hinaus sind viele der RAs nur präventiver Natur und führen nicht zur Abweichung von

einer Freigabe (und erfordern deshalb keinen Report des Piloten).

Um im Rahmen einer Simulation eine (für den Lotsen unerwartete) RA zu „provozieren“, z.B. durch Erstellung von entsprechenden Verkehrsszenarien oder durch Eingriffe des Simulationspilotens, ist schwer bis unmöglich – entweder der „eingebaute“ Konflikt, der eine RA auslösen könnte, kommt durch vorherigen Lotseneingriff so nicht zustande, oder ein „unkooperativer“ Eingriff des Simulationspilotens (=simuliertes Fehlverhalten, z.B. durch hohe vertikale Rate bis zum CFL oder sogar ein Überschießen) kommt wahrscheinlich Teile von Sekunden zu früh oder zu spät, so dass im Endeffekt doch keine RA ausgegeben wird.

Ausblick

Zwar hat die durchgeführte Validierung ihre Limitierungen, doch ist im Rahmen des SESAR-Projekts 4.8.1 noch eine weitere Validierung mit dem Schwerpunkt „zukünftiges reales System (IBP, Industry Based Platform) sowie „Alarmierungskette“ vorgesehen. Dabei wird zumindest das Arbeitsumfeld realistischer (vollständiges ATM-System inkl. STCA etc.), aber die Verkehrsbeispiele sind aus oben geschilderten Gründen ebenfalls vergleichbar künstlich.

Eine längerfristig angelegte und damit aufwändigere Ergänzung zur Erprobung der Nutzbarkeit von RA-Information am Lotsenarbeitsplatz wäre aus unserer Sicht, in einer Art kontinuierlichem shadow-mode Betrieb die seltenen, im tatsächlichen Betrieb auftretenden RA-Events auf einem Parallelsystem mit RA-Anzeige aufzuzeichnen. Dann könnte dem/den jeweiligen Lotsen kurz darauf nach seiner Ablösung dieser Fall wiedergegeben werden und, mit dem dann noch frischen Eindruck, eine mögliche Anzeige in diesem speziellen Fall diskutiert werden. Diese Variante kann aber nicht mehr innerhalb dieses SESAR-Projekts untersucht werden und wird auch wegen ihres Aufwandes noch näher zu diskutieren sein.

Abkürzungen

ACAS	Airborne Collision Avoidance System
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance - Broadcast
AIRPROX	Aircraft Proximity Hazard (sicherheitsgefährdende Annäherungen zwischen Flugzeugen)
AMOR	ACAS Monitor
BA-FVD	Betriebsanweisung Flugverkehrsdienste
BFU	Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung
CFL	Cleared Flight Level
CPA	Closest Point of Approach
ECS	Executive Conflict Search
IBP	Industry Based Platform
ICAO	International Civil Aviation Organisation
iCAS	iTEC (Interoperability Through European Collaboration) Center Automation System
MTCD	Medium Term Conflict Detection
RA	Resolution Advisory
SSR	Secondary Surveillance Radar
STCA	Short Term Conflict Alert
TCAS	Traffic Alert and Collision Advisory System
TMA	Terminal Control Area

Referenzen & Literatur

[2]	Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung: Untersuchungsbericht; AX0001-1-2/02, Mai 2004
[2]	Swiss Accident Investigation Board Final Report no. 2165, www.skybrary.aero/bookshelf/books/2530.pdf
[3]	Ein Mockup für die Anzeige von ACAS Ausweichenweisungen am Lotsenarbeitsplatz, TE im Fokus, Ausgabe 2/13,
[4]	SESAR Project 4.8.1, VALR-RADL-V2 Preliminary Validation Report on proposed Display and Use of ACAS RA downlinked Information by the Controller, Edition 00.01.00, 29.08.2014
[5]	SESAR Project 4.8.3, Analyses of collected RA downlinks (Mar 2011 – Mar 2012), 30/04/2012

Innovation im Fokus Informationen zu Forschung, Entwicklung und Validierung

Innovation im Fokus erscheint halbjährlich und beschäftigt sich bevorzugt mit Informationen zu Forschung, Entwicklung und Validierung mit Beteiligung der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH. Diese Ausgabe ist elektronisch im Internet (www.dfs.de > Flugsicherung > F&E > Servicebereich) sowie über das DFS Intranet verfügbar. 60 Exemplare werden in gedruckter Form aufgelegt.

Wie auch der Vorgänger-Zeitschrift „TE im Fokus“ wurde dieser Zeitschrift von der Deutschen Bibliothek eine ISSN (International Standard Serial Number) zugeteilt:

Printversion: ISSN 2198-8951 (vormals: 1861-6364)

Internet-Version: ISSN 2198-896X (vormals: 1861-6372)

Datum dieser Ausgabe: 02.12.2014

DISCLAIMER

Alle hier erwähnten Warenzeichen sind Eigentum ihrer jeweiligen Besitzer. Warenzeichen werden nicht ausdrücklich als solche gekennzeichnet. Aus dem Fehlen von Urheber- oder Markenrechtskennzeichen darf jedoch nicht geschlossen werden, dass es sich um einen nicht geschützten Namen oder um eine nicht geschützte Marke handelt.

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 © 2014 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.



Impressum

Innovation im Fokus

Informationen zu Forschung,
Entwicklung und Validierung

Herausgeber:

DFS Deutsche Flugsicherung GmbH

Günther Achatz, Ralf Bertsch,
Bereichsleitung Planung & Innovation;
Dr. Volker Heil, Seniorberater
Forschung, Entwicklung und
Innovation

Redaktion:

Dr. Andreas Herber
Tel. +49 (0)6103 707 5781
E-Mail: andreas.herber@dfs.de

Stefan Tenoort
Tel. +49 (0)6103 707 5769
E-Mail: stefan.tenoort@dfs.de

Oliver Haßa
Tel. +49 (0)6103 707 5762
E-Mail: oliver.hassa@dfs.de

Anschrift der Redaktion:

DFS Deutsche Flugsicherung GmbH
Redaktion Innovation im Fokus
Am DFS-Campus 5
63225 Langen
E-Mail: forschung@dfs.de

Nachdruck nur mit Genehmigung.

