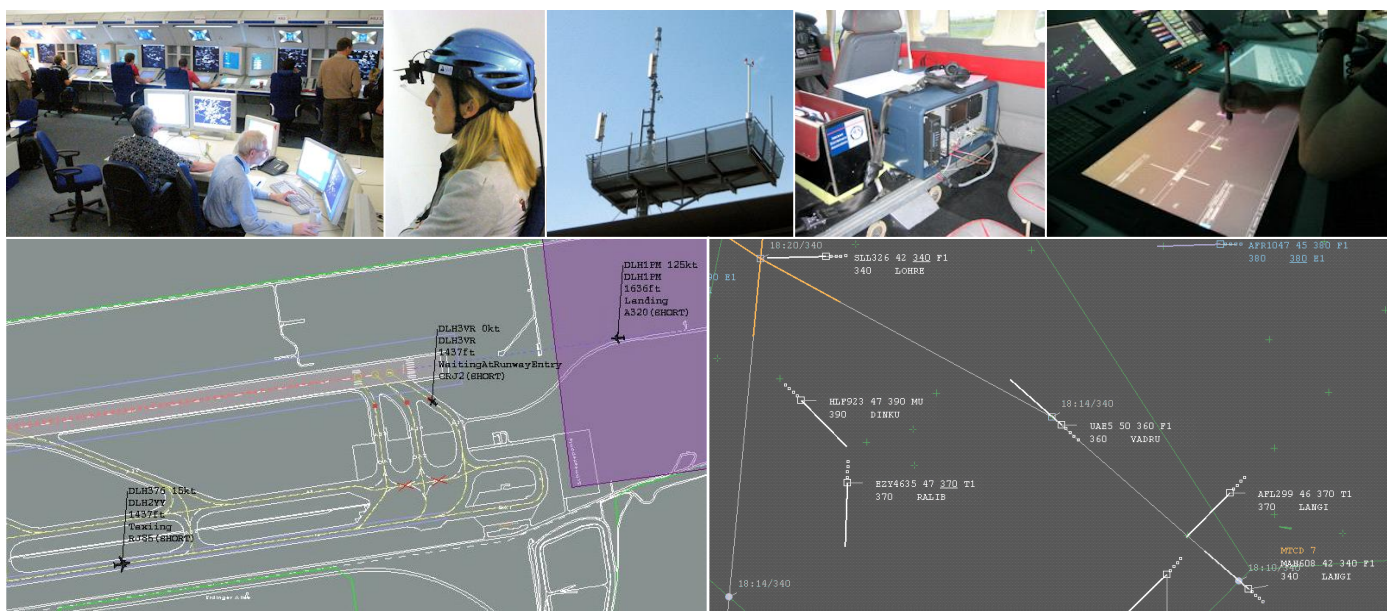


In dieser Ausgabe:

- Überblick und Einsatzgebiete der Towersimulatoren in der DFS
- Ergonomische Bewertung eines Quad HD Monitors für den TMA/ACC Lotsenarbeitsplatz
- Erweiterte STEP-Testumgebung zur Gate-to-Gate Tracker- und Sensorvalidierung
- Electronic Sector Manual - Innovation at low cost through office automation
- Funkfeldanalyse basierend auf AMOR-Netzwerkkomponenten



Inhalt

Abstracts der Heftbeiträge	2
Andreas Türk, Oliver Ruehl Überblick und Einsatzgebiete der Towersimulatoren in der DFS.....	3
Dr. Konrad Hagemann, Maria Uebbing-Rumke, Hejar Gürlük, Jianhua Lambrecht Ergonomische Bewertung eines Quad HD Monitors für den TMA/ACC Lotsenarbeitsplatz	9
Wolfgang Wissler, Thomas Knopp Erweiterte STEP-Testumgebung zur Gate-to-Gate Tracker- und Sensorvalidierung	15
Udo Gebelein, Alexandra Stapf-Dick, Oliver Haßa, Felix Caspelherr, Philipp Marx Electronic Sector Manual - Innovation at low cost through office automation	19
Roman Raekow, Harald Fischer Funkfeldanalyse basierend auf AMOR-Netzwerkkomponenten	27
Impressum.....	33



Die DFS Deutsche Flugsicherung GmbH
ist nach DIN EN ISO 9001:2008 zertifiziert.

Abstracts der Heftbeiträge

Andreas Türk, Oliver Ruehl: **Überblick und Einsatzgebiete der Towersimulatoren in der DFS** - Eine wichtige Grundlage für die Aus- und Weiterbildung von Flugverkehrslotsen, deren Erhalt des Leistungsstands (Proficiency Training) sowie die Entwicklung und Validierung von ATM Verfahren und operativen Systemen ist eine moderne Simulationsinfrastruktur.

Das ATM-Simulatorzentrum ist seit vielen Jahren äußerst erfolgreich im Betrieb und in der kontinuierlichen Weiterentwicklung seiner Simulatoren. Insgesamt betreibt das ATM-Simulatorzentrum 35 Realzeitsimulatoren. Rund die Hälfte dieser Simulatoren fallen dabei auf die Familie der Towersimulatoren, kurz auch TOSIM genannt. In diesem Beitrag sollen die Einsatzgebiete der verschiedenen TOSIM-Systeme näher beleuchtet werden.

Dr. Konrad Hagemann, Maria Uebbing-Rumke, Hejar Gürlük, Jianhua Lambrecht: **Ergonomische Bewertung eines Quad HD Monitors für den TMA/ACC Lotsenarbeitsplatz** - Im Rahmen des SESAR Projekts 10.10.2 „Integrated Controller Working Position Human Factors Design“ wurde ein systematisches Screening verfügbarer Technologien für den TMA/ACC Lotsenarbeitsplatz durchgeführt. Unter Leitung der DFS und in Zusammenarbeit mit dem DLR Institut für Flugführung in Braunschweig erfolgte eine ergonomische Bewertung zur Verwendbarkeit eines 56 Zoll Quad HD Monitors (Eyevis EYE LCD5600QHD) am Lotsenarbeitsplatz. Hierzu wurde eine ausgewählte Stichprobe befragt und in ihrer Interaktion mit dem Gerät untersucht.

Wolfgang Wissler, Thomas Knopp: **Erweiterte STEP-Testumgebung zur Gate-to-Gate Tracker- und Sensorvalidierung** - Luftlage-Tracking-Systeme oder auch neue Sensoren zur Luftraumüberwachung werden vor ihrer Einführung umfangreichen Abnahmetests zur Überprüfung der erforderlichen Leistungswerte unterzogen. Teil dieser Tests ist eine Bestimmung der Leistungswerte des Trackingsystems durch Stimulation des Systems mit künstlich erzeugten realitätsnahen Sensordaten und Vergleich mit den bekannten synthetischen Zieldaten. Die vom Bereich F&E eingesetzte Untersuchungsmethodik sowie die erforderliche Testumgebung (STEP, Sensor Tracker Evaluation Platform) wurde erweitert, um zusätzlich zu den „konventionellen“ (Luftlage) Trackingsystemen nun auch Bodenlagesensoren und –trackingsysteme untersuchen zu können.

Udo Gebelein, Alexandra Stapf-Dick, Felix Caspelherr, Philipp Marx, Oliver Haßa: **Electronic Sector Manual - Innovation at low cost through office automation** - Das Sector Manual ist eine Zusammenstellung aller gültigen externen und internen Vorgabedokumente und dient als Nachschlagewerk für Lotsen. Das Sector Manual in elektronischer Version ist entstanden aus einer Maßnahme des Safety Action Plans des Center Langen. Die Arbeiten zeigten rasch, dass vorhandenes Verbesserungspotenzial im Umgang mit betrieblichen Unterlagen erst dann besser nutzbar wird, wenn man sich ausführlicher mit dem Inhalt von Dokumenten, deren inhaltlicher Struktur und dem dazugehörigen Erstellungsprozess auseinandersetzt. Das vorliegende Papier beschreibt die entwickelte Methodik zum Dokumentenmanagement sowie weiterführende Verbesserungsansätze.

Roman Raekow, Harald Fischer: **Funkfeldanalyse basierend auf AMOR-Netzwerkkomponenten** - Im Rahmen der vom Bereich F&E betreuten Diplomarbeit „Funkfeldanalyse von Sekundärradarkanälen“ wurde eine neue Analysemethode zur Bestimmung der Funkfeldlast auf den beiden Radarfrequenzen 1030 MHz und 1090 MHz entwickelt. Ziel war es, eine Echtzeitauswertung der aktuellen Funkfeldbelastung mit geringem Hardware-Aufwand zu erreichen. Die DFS hat mit der Beschreibung der Funkfeldbelastung durch eine reine Softwarelösung messtechnisches Neuland betreten. Die verwendete Methode ist praxistauglicher, kostengünstiger und effizienter als alle vorherigen und basiert auf bereits vorhandener Infrastruktur.

Überblick und Einsatzgebiete der Towersimulatoren in der DFS

Andreas Türk, Sylvia Dietz-Kullmann, Torsten Ehret und Oliver Ruehl (TE/IT)

Einleitung

Eine wichtige Grundlage für die Aus- und Weiterbildung von Flugverkehrslotsen, deren Erhalt des Leistungsstands (Proficiency Training) sowie die Entwicklung und Validierung von ATM Verfahren und operativen Systemen ist eine moderne Simulationsinfrastruktur.

Das ATM-Simulatorzentrum ist seit vielen Jahren äußerst erfolgreich im Betrieb und in der kontinuierlichen Weiterentwicklung seiner Simulatoren. Insgesamt betreibt das ATM-Simulatorzentrum 35 Realzeitsimulatoren. Rund die Hälfte dieser Simulatoren fallen dabei auf die Familie der Towersimulatoren, kurz auch TOSIM genannt. In diesem Beitrag sollen die Einsatzgebiete der verschiedenen TOSIM-Systeme näher beleuchtet werden.

Die Flugsicherungsakademie der DFS, die Tower-Niederlassungen des GB Tower, die Forschungsgruppen des Bereichs TE aber auch externe Kunden wie die FRAPORT AG sind die Hauptnutzer der TOSIM-Simulationssysteme.

Der TOSIM ist ein sogenannter Echtzeitsimulator, der eine realitätsnahe Schulung von Fluglotsen erlaubt. Im alleinigen Betrieb des TOSIM können dabei die Arbeitsplätze des Platzlotsen (*Tower* oder *Turm*), des Bodenlotsen (*Ground* oder *Rollkontrolle*), des Vorfeldlotsen (*Apron* oder *Vorfeld*) sowie des Platzkoordinators (*Clearance Delivery*) geschult werden (Abb. 1).

Neben den Towersimulatoren betreibt das ATM-Simulatorzentrum auch die Familie der Enroute-Simulatoren, kurz NEWSIM genannt. Die ähnliche Architektur von NEWSIM und TOSIM vereinfacht die Kopplung beider Simulatoren. Mit diesem Verbund kann eine komplette kleine ATC-Welt nachgebildet werden. In den Verbundsimulationen können somit alle Lotsenarbeitsplätze vom Vorfeld, über Rollkontrolle und Turm bis zu Ab-/Anflug- und Streckenkontrolle simuliert werden.

Um eine realistische Arbeitsumgebung im Towersimulator zu erzeugen, müssen – je nach Ausbildungsziel – mehrere oder alle der folgenden Voraussetzungen erfüllt sein.

- Alle Luftfahrzeugtypen (kolbengetrieben, Jet, Turboprop, Helikopter) müssen mit ihren typenspezifischen Leistungsdaten modelliert sein, und zwar sowohl im Hinblick auf ihre Flugdynamik als auch auf ihre Start- und Lande- und Rollstrecken.
- Bodenfahrzeuge wie z.B. Feuerwehr oder Enteisungsfahrzeuge müssen zur Verfügung stehen und realistisch gesteuert werden.
- Die Sicht auf den Flughafen, seine Rollwege, das Pisten-system, seine Umge-



Abb.1: Blick auf die 6 Lotsenarbeitsplätze in der Kanzel des TOSIM 3D-1



Abb.2: Blick über das Vorfeld des Trainingsflughafen „Langen“ (EDDY) in der Abenddämmerung.

bung sowie die Beleuchtungssysteme müssen realistisch modelliert sein, entweder in einer dreidimensionalen Darstellung entsprechend dem Blick vom Tower (Abb. 2), oder als sog. Habicht-Perspektive mit einem Blick senkrecht von oben (Abb. 3).

- Das Wettergeschehen muss vollständig und realistisch simuliert werden, einschließlich der Auswirkung auf relevante Simulationsparameter, insbesondere den Luftfahrzeugleistungsdaten. In erster Linie sind als Wetterelemente Sichtweite, Wolkentypen, Bedeckungsgrad, Wolkenuntergrenze, Niederschlagsarten, Wind und Temperatur zu nennen (Abb. 4).
- Der Lotsenarbeitsplatz (oder *Controller Working Position, CWP*) soll realistisch gestaltet sein. Das beinhaltet nicht nur die Konsole an sich, sondern auch die verschiedenen Applikationen, die in einem modernen

Tower eingesetzt werden. Diese umfassen u.a. Flugplan- und Departuremanagementsysteme, Boden- und Nahbereichsradar, Wetterinformationssystem, Bedienfelder für die Beleuchtungs-



Abb.3: Eine der fünf sog. TOSIM 2D-Inseln. Die Darstellung erfolgt hier in einer „Hawk Eye“ Perspektive

systeme sowie die Sprachvermittlungssysteme (s. Abb. 5). Auch die Funktion eines Fernglases muss entsprechend simuliert sein.

bürgert: *TOSIM 2D*, *TOSIM 3D-1* und *3D-2*.



Abb.4: Die reduzierte Bremswirkung bei Nässe ist einer unter vielen wetter-abhängigen Parametern

Eine wichtige Besonderheit des TOSIM ist seine Modularität. Sie ermöglicht sehr unterschiedliche Ausbaustufen eines Tower-Simulationssystems. Das reicht von einem einfachen Laptop-System bis hin zu einem mehrere Hundert Computer umfassenden Großsystem.

In Anlehnung an ihre Arten der Sichtdarstellung haben sich die folgenden Namen für die unterschiedlichen Towersimulatoren der DFS einge-

sowie einer Pixelaufklärung von 2560x1600 (WQXGA), mindestens jedoch 1920x1200 (WUXGA), wird dann eine Auflösung im Mittelpunkt der Towerkanzel von fast einer Bogenminute erreicht. Dies entspricht dem Auflösungsvermögen des menschlichen Auges.

Insgesamt umfasst der TOSIM 3D-1 mittlerweile sechs Lotsenarbeitsplätze. Seine Einsatzgebiete umspannen das Fortgeschrittenentraining in der FVK-Ausbildung, das Notfalltraining und Proficiency Training sowie den Einsatz im Rahmen von Forschungsprojekten.

Gerade im Hinblick auf die aktuell anlaufenden Schulungen für die Flughäfen Frankfurt und BBI, ist der TOSIM 3D-1 ein nicht zu ersetzendes Werkzeug in der praktischen Übung der neuen (komplexen) Verfahren und Abläufe.

Die Controller Applikations-suite

Der Blickfang bei einem Tower-Simulator ist naturgemäß seine Sichtdarstellung. Je aufwendiger und „schöner“ das Sichtsystem



Abb.5: Der Lotsenarbeitsplatz im TOSIM 3D-2

ist, desto mehr lenkt es aber von den eigentlichen Funktionen des Simulators ab.

Alle Lotsenanwendungen – wie sie an den deutschen TWR-Niederlassungen im operativen Einsatz sind – sind im TOSIM nachgebildet und ihre Funktionalität wird entsprechend emuliert (Abb. 6). Diese Controllersuite beinhaltet die folgenden Applikationen:

- Das emulierte *IDVS* (Informationsdatenverarbeitungssystem) stellt dem Lotsen alle wichtige Informationen zu den Sicht- und Windverhältnissen dar sowie die Informationen u.a. aus AFW, NOTAMS, ATIS.
- Das in seinen Hauptfunktionen emulierte *PHOENIX*-Display wird im TOSIM sowohl für die Boden- als auch Luftlagedarstellung eingesetzt.
- Für eine Flugplandatenverarbeitung wird ein emuliertes *T-FDPS* genutzt.
- Das elektronisches Streifensystem *ESB* wird verwendet, um auch das klassische Handling von Kontrollstreifen schulen zu können.
- Mit dem sog. *Lighting Panel* können die verschiedenen Betriebsstufen CAT I bzw. CAT II/III für das Pistensystem gesetzt werden. Daneben können die unterschiedlichen Beleuchtungssysteme (RCL, REL, TDZ, APL, PAPI etc.) geschaltet werden.

- Mit *SINATRA* steht dem TOSIM ein vollständiges VoIP-basiertes Sprachvermittlungssystem zur Verfügung. Funk, Gegensprechen und Telefonie werden mit dem vom Simulatorzentrum entwickelten System emuliert.

Der große Vorteil der Emulation der Controllerapplikationen liegt in der nahtlosen Integration dieser Anwendungen in der TOSIM-Kernsoftware. Der Simulator lässt sich damit jederzeit problemlos in den Freeze-Modus setzen bzw. er kann auch in Zeitlupe oder –raffer betrieben werden.

Andererseits bietet die Anbindung der operativen PHOENIX und T-FDPS/DAC Systeme des Systemhauses ebenfalls große Vorteile. Die Verfahrensschulungen für die TWR-Niederlassungen Frankfurt und Berlin-Brandenburg (BBI) finden mit den operativen Systemen statt. Die Lotsen können damit mit „ihrem“ zukünftigen operativen System trainieren.

Für dieses wichtige Einsatzfeld wurden mehrere Schnittstellen implementiert, damit der TOSIM mit der Außenwelt kommunizieren kann. Diese Schnittstellen ermöglichen das Übertragen von Flugplandaten, von Bodenlagedaten (im ASTERIX Format der Kategorien 10 und 11) sowie von Luftlagedaten (ASTERIX Kategorie 62). Daneben gibt es für Forschungszwecke auch noch andere Schnittstellen, wie z.B. für die aktive Übertragung von Stopbar-Informationen.

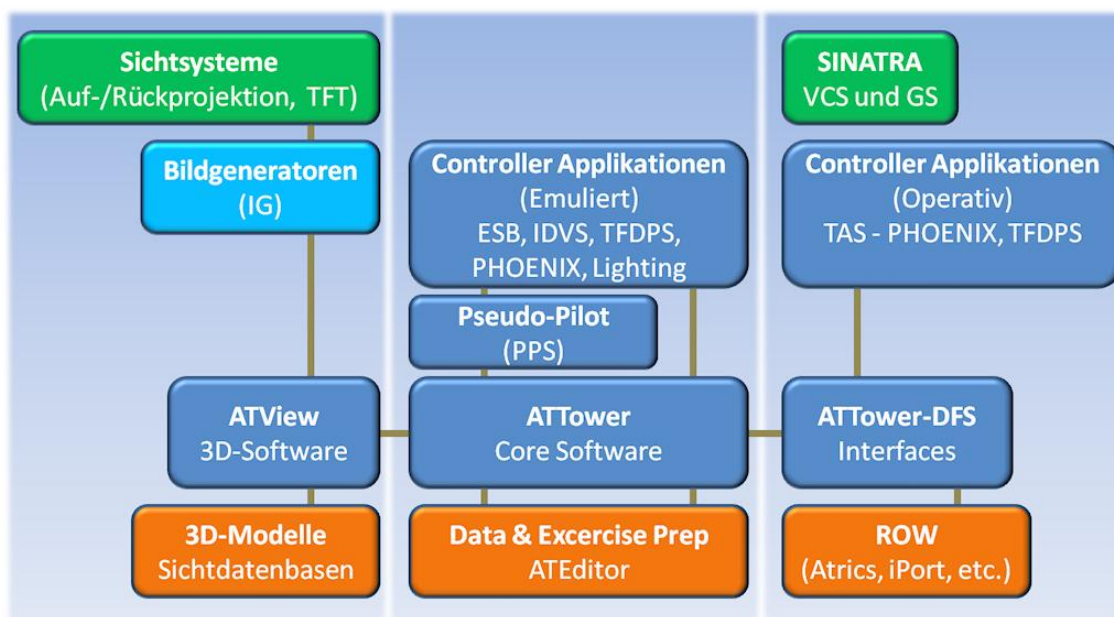


Abb. 6: Schematische Darstellung der Architektur des TOSIM.

Die kleinen Geschwister

Der TOSIM-3D2 umfasst eine 260° Panorama-Sichtdarstellung. Anders als beim TOSIM 3D-1 ist hier die Außensicht über sechs 47" TFT-Monitore realisiert. Dieser Simulator umfasst vier Lotsenarbeitsplätze. Ursprünglich wurde er für die Vorfeldschulungen für die FRAPORT entworfen. Der Beliebtheitsgrad stieg jedoch in kurzer Zeit rasch an, so dass der TOSIM 3D-2 mittlerweile auch für Notfalltraining, Proficiency-Training und als Ausweichsystem für den TOSIM-3D1 in der Schulung eingesetzt wird.

Der TOSIM-2D ist genau genommen nicht ein einzelner Simulator. Vielmehr umfasst er fünf Inseln mit je zwei Lotsenarbeitsplätzen. Jede dieser 2D-Inseln bietet eine zweidimensionale Darstellung (in sog. Habichtsperspektive) auf den Flughafen. Diese kleinen Simulatoren werden in der FVK-Grundlagenschulung und in der Ausbildung von Platzkoordinatoren eingesetzt.

Darüber hinaus sind an elf Tower-Niederlassungen TOSIM 2D-Systeme installiert.

Diese kommen ohne eine Sichtdarstellung aus, da ihr Haupteinsatzgebiet in der Vorbereitung von Notfallübungen liegt. Diese Notfallszenarien werden von jeder Niederlassung erstellt und für die sog. Emergency Refresher Trainings am TOSIM 3D-1 eingespielt.

TOSIM-Nutzung in Forschungsvorhaben

Bereits im Rahmen des Förderprojektes WFF (Wettbewerbsfähiger Flughafen) wurde bei den Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zum „Tower-HMI“ der Bedarf für einen Experimentalarbeitsplatz in der Tower-Simulationsumgebung deutlich.

Der TOSIM 3D-1 ist speziell für die Aus- und Weiterbildung der Fluglotsen konzipiert. Er bietet daher nur begrenzte Möglichkeiten, neue Hardware zur Untersuchung innovativer Konzepte einzurüsten. Darüber hinaus stehen vor allem wegen starken Ausbildungsaktivitäten kaum Umrüstzeiten zur Verfügung.

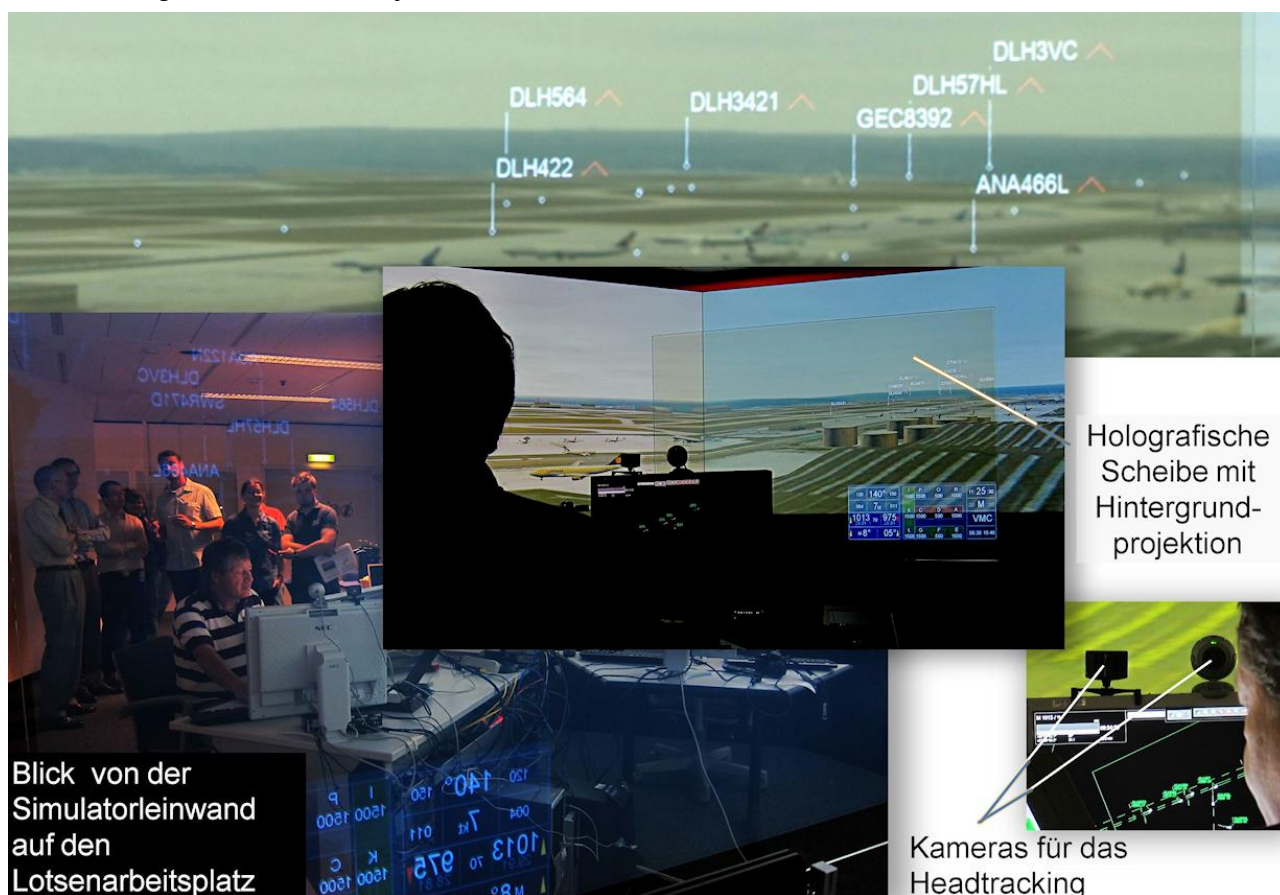


Abb. 7: Simulationen am TOSIM 3D-2 mit Nutzung von Rückprojektion zur Einblendung von Zusatzinformation (Head-Up-Display)

Im aktuellen LUFO IV Verbundvorhaben iPort (Innovativer Airport) wurde daher ein Experimentalarbeitsplatz mit einer eigenen Sichtkomponente konzipiert, mit dem es nun möglich ist, neue Technologien an einem flexibel konfigurierbaren Lotsenplatz in Realzeitsimulationen weiter zu entwickeln [1]. Seine erste Verwendung findet der Experimentalarbeitsplatz zur Zeit bei den in iPort durchgeführten Untersuchungen zur weiteren Informationsintegration auf einem 30" Bildschirm, der Untersuchung der Fingerbedienung anstelle einer Stiftbedienung des Tower-HMI sowie der Nutzbarkeit von Head-Up-Technologien im Bereich Tower.

Das vierkanalige Projektionssystem des Experimentalarbeitsplatzes ist auf dem neuesten Stand der Technik und weist ein physikalisches Bildfeld von 180° sowie eine Pixelauflösung von 1920x1080 pro Sichtkanal auf. Dieses iPort-Testsystem ist vollständig im TOSIM 3D-2 integriert, kann bei Bedarf jedoch auch einzeln betrieben werden. Eine Kopplung ist mit allen TOSIM-Installationen sowie mit dem Forschungssimulator AFS möglich.

Fazit

Das ATM-Simulatorzentrum betreibt an der Akademie und an einer Vielzahl von DFS-Standorten hochmoderne Tower-Simulationssysteme und entwickelt diese kontinuierlich weiter, sowohl für die Aus- und Weiterbildung von Fluglotsen als auch speziell für die Anwendung in Forschungsvorhaben.

Literatur

[1]	Der neue iPort-Experimentalarbeitsplatz, TE im Fokus 2/2010, S.19ff
-----	---

ATIS	Aerodrome Terminal Information System
ATM	Air Traffic Management
CAT I	Instrumenten-Landesystem (ILS) Kategorie I (festgelegt durch Entscheidungshöhe über Grund sowie Landebahnsicht RVR)
CAT II/III	ILS Kategorie II und III
CWP	Controller Working Position
DAC	Departure Arrival
ESB	Electronic Strip Board
FVK	Flugverkehrskontrolle
HMI	Human-Machine Interface
IDVS	Informationsdatenverarbeitungssystem
LUFO	Deutsches Luftfahrt-Forschungsprogramm
NEWSIM	New Simulator (En-route Ausbildungssimulator)
NOTAM	Notices to Airmen
PAPI	Precision Approach Path Indicator
RCL	Runway Centre Lights
REL	Runway Edge Lights
RVR	Runway Visual Range
SINATRA	Simulator Network Audio TRANsmission (am Simulatorzentrum entwickeltes Kommunikationssystem)
TDZ	Touch Down Zone
T-FDPS	Tower Flightplan Data Processing System
TOSIM	Tower Simulator
TWR	Tower
VoIP	Voice over Internet Protocol
WQXGA	Wide Quad eXtended Graphics Array
WUXGA	Wide Ultra eXtended Graphics Array

Abkürzungen

"	Zoll
AFS	Advanced Function Simulator
A-SMR	Advanced Surface Movement Radar
APL	Approach Lighting
ASTERIX	All Purpose Structured Eurocontrol Surveillance Information Exchange
ATC	Air Traffic Control

Ergonomische Bewertung eines Quad HD Monitors für den TMA/ACC Lotsenarbeitsplatz

Technologiescreening im SESAR-Projekt „iCWP HF Design“

Dr. Konrad Hagemann (DFS), Maria Uebbing-Rumke, Hejar Gürlük (DLR), Jianhua Lambrecht (TUD)

1 Einleitung

Im Rahmen des SESAR Projekts 10.10.2 „Integrated Controller Working Position Human Factors Design“ wurde ein systematisches Screening verfügbarer Technologien für den TMA/ACC Lotsenarbeitsplatz durchgeführt. Insgesamt wurden 12 Technologien erfasst und bezüglich ihres Potentials bewertet (s. [1]). Einige (3D Monitore, Multi Touch Monitore, Spracherkennung, Blickbewegungsmessung und 8MP - Quad HD Monitore) wurden einer genaueren Untersuchung inklusive Feedback von Endnutzern und Technikern unterzogen. Unter Leitung der DFS und in Zusammenarbeit mit dem DLR Institut für Flugführung in Braunschweig erfolgte eine ergonomische Bewertung zur Verwendbarkeit eines 56 Zoll Quad HD Monitors (Eyevis EYE LCD5600QHD) am Lotsenarbeitsplatz.

Neben einem teilstrukturierten Interview kamen Untersuchungsmethoden wie Lautes Denken und Fragebögen zum Einsatz. Mittels einfacher Aufgaben, wie z.B. der mausgestützten Änderung der Größe von Fenstern konnte die Interaktion mit dem Gerät eingehend untersucht werden. Ferner wurden Wünsche an das Arrangement von auf dem Bildschirm dargestellten Informationen erhoben. Basierend auf der qualitativen Analyse der Interviews und Debriefings erfolgte eine Empfehlung für oder gegen den Einsatz dieser Technologie am TMA/ACC Arbeitsplatz in einer iCWP. Innerhalb des Projektes SESAR sollen die Ergebnisse des Technologie Screenings v.a. den Projekten 5.9. „Usability Requirements and Human Factors Aspects for the Controller Working Position“, bzw. 10.10.3 „iCWP Prototyping“ als Grundlage dazu dienen, um die Erhebung weiterer Anforderungen in umfassenderen Validierungen durchführen zu können.

2 Methodisches Vorgehen

2.1 Teilnehmer

Die Stichprobe bestand aus 8 männlichen Personen, davon 4 Techniker, 3 Lotsen und ein Human Factors Experte. Die drei Studienteilnehmer mit Lotsenlizenz sind ACC-Lotsen, die bei der DFS Deutschen Flugsicherung GmbH (DFS) angestellt sind, und derzeit in den Centern Bremen, Langen und München tätig sind. Die Lotsen waren 22 bis 43 Jahre alt und wiesen eine Berufserfahrung zwischen 3 und 14 Jahren auf. Zwei der Techniker sowie der Human Factors Experte sind ebenfalls Angestellte der DFS. Die anderen zwei Techniker sind beim DLR beschäftigt und haben Quad HD Bildschirme der Firma eyevis beschafft und in prototypische Lotsenarbeitsplätze eingebaut.

2.2 Versuchsaufbau

Das Versuchsetting ist in Abbildung 1 dargestellt.

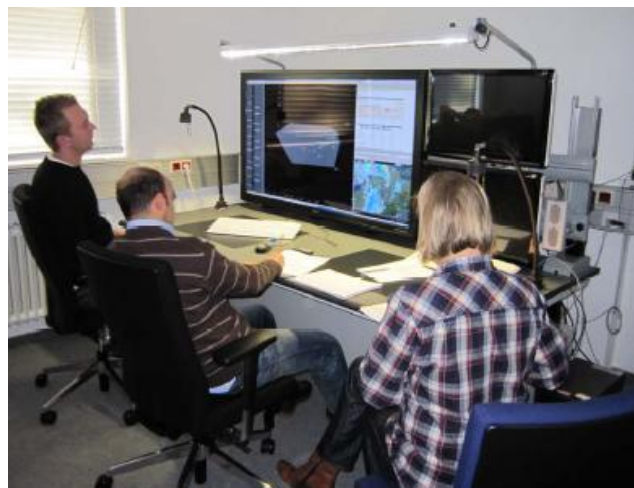


Abb. 1: Befragungssituation mit Versuchsaufbau (Proband, Interviewer, Protokollant, v.l.n.r.)

Für den Versuchsaufbau wurde der 56 Zoll QuadHD-Monitor auf einem höhenverstellbaren Tisch der Firma Knürr linksbündig positioniert.

Mit Hilfe eines rechts außen befindlichen Panels konnte die Versuchsperson sowohl die Tischhöhe als auch die Monitorhöhe einstellen. Die ebenfalls in Abbildung 1 dargestellten, rechts vom Quad HD Monitor befindlichen 3D Monitore kamen im Rahmen dieser Studie nicht zum Einsatz. Zur Aufzeichnung des Interviews wurde mittig vor dem Bildschirm ein Diktiergerät platziert. Anders als in Abbildung 1 dargestellt, wurde der Raum zweifach mit Jalousien abgedunkelt, um durch Sonneneinstrahlung bedingte Reflektionen auf dem Monitor weitestgehend zu vermeiden. Je nach Bedarf konnten die Versuchspersonen die Oberbeleuchtung bzw. die an den Seiten befindlichen Tischleuchten einschalten. Die Deckenbeleuchtung war während der Befragungen ausgeschaltet.

Für einen prototypischen Lotsenarbeitsplatz wurden verschiedene Fenster mit unterschiedlichen Inhalten auf dem Display dargestellt (s. Abb. 2):

- 2Kx2K RadarVision (Pseudo-SDD, dynamisch mit Ablauf einer ca. 40 minütigen Simulation)
- Arrival Manager (AMAN), Anzeige links vom SDD
- Wetterdisplay (rechts unten)
- Flugstreifendisplay (PSS, rechts oben)

2.3 Interview-Fragenkatalog

Zur Bewertung des Displays wurde ein Interview-Fragenkatalog entwickelt, der aus vier bzw. fünf großen Frageblöcken bestand:

- **Aktueller Arbeitsplatz:** Hier wurden die Lotsen aufgefordert, ihren derzeitigen Arbeitsplatz zu skizzieren, die einzelnen Systeme zu beschriften und zu erläutern.
- **Fragen zum Display:** Erhebung der Wahrnehmung von Displayeigenschaften wie Auflösung, Farbsättigung, Kontrast etc.
- **Fragen zur Ergonomie:** Die Fragen bezogen sich u.a. auf die visuelle und körperliche Beanspruchung aufgrund der besonderen Größe des Displays.
- **Fragen zur Darstellung der Anwendungen:** Hier sollten die Teilnehmer beurteilen, inwiefern sich aktuelle Arbeitsdisplays auf dem getesteten Monitor integrieren lassen und wie die Lesbarkeit von (zeitkritischen) Informationen eingeschätzt wird. Dabei konnten die Lotsen ihre vorher entworfenen Skizzen am Display umsetzen, indem sie die Größe von Pseudo-SDD, Wetterdisplay etc. nach ihren Vorstellungen einstellen, die Fenster auf dem Bildschirm positionierten oder auch weitere Fenster hinzu-

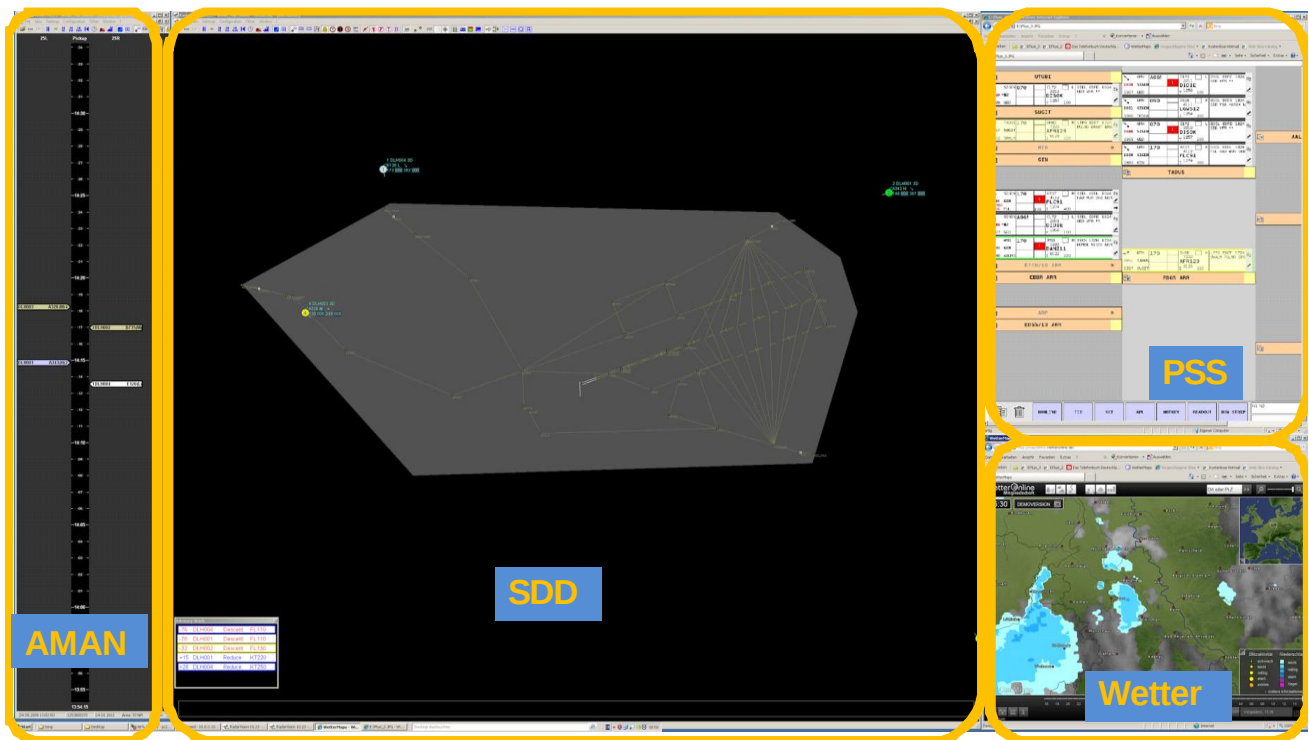


Abb. 2: Aufbau der bei den Interviews voreingestellten Lotsenkonsole (AMAN, SDD, PSS und Wetter)

Quad-HD-Monitor für den Lotsenarbeitsplatz

Ausgabe 1/2011

Seite 10

fügten.

- Wartung und Technik: Dieser Fragenblock wurde exklusiv den Technikern gestellt. Besonderes Augenmerk lag hier auf einer Einschätzung der Wartungsfreundlichkeit.

2.4 Versuchsdurchführung

Die Untersuchungen erfolgten an insgesamt fünf Versuchstagen. Die Befragung der beiden DLR Techniker fand bereits vor den anderen Teilnehmern in Form von Einzelinterviews statt. Die restlichen Versuchspersonen wurden über drei Versuchstage verteilt und jeweils zwei nahmen an einem Tag nacheinander an der Untersuchung teil. Ein Versuchstag bestand aus einer kurzen Einführung in die Untersuchung gefolgt von zwei Versuchsblöcken à 90 min. Zum Abschluss gab es noch ein gemeinsames Debriefing mit allen Beteiligten.

Die Versuchspersonen setzten sich mittig vor das Pseudo-SDD und verfolgten die Simulation. Da die vorliegende Studie keine Leistungsmessung umfasste, in der die Lotsen den Verkehr kontrollieren mussten, konnten die Teilnehmer bei Bedarf und zur besseren Evaluation des Displays Eingaben über das Radarlabel hinsichtlich Flugfläche und Geschwindigkeit machen. Eingaben waren jedoch nicht für den Ablauf der Simulation erforderlich. Die auf dem Display dargestellte Luftraumstruktur entsprach der TMA Frankfurt.

Die 40-minütige Simulation lief während der Durchführung des Interviews mit. Die Dauer der Interviews belief sich auf durchschnittlich eine Stunde. Nach Abschluss der beiden Interviews erfolgte mit beiden Teilnehmern ein ca. 60-minütiges Debriefing, in dem die während des Versuchs gemachten Erfahrungen offen ausgetauscht wurden. Des Weiteren erfolgte eine Befragung zu den Bedingungen für einen möglichen operativen Einsatz.

3 Ergebnisse

An den Debriefings nahmen Testpersonen, Interviewer, Protokollant und Techniker des DLR teil. Es wurden Aussagen gesammelt, um letztendlich zu einer Empfehlung für oder gegen den Einsatz des QuadHD Bildschirms als Lotsen-HMI zu kommen. Im Folgenden sind die Aussagen aus

Interviews und Debriefings zusammenfassend dargestellt.

3.1 Positive Einschätzungen

Wunsch nach einem größeren Monitor:

- Mit dem untersuchten Monitor ist man nicht auf die derzeit verwendete quadratische Form beschränkt
- Wetterinformation wird zugänglicher und besser konfigurierbar. ATCISS Display über dem Kopf wird als unangenehm empfunden (es könnte in einem großen Monitor integriert sein)

Möglichkeit zur besseren Individualisierbarkeit:

- Alle Fenster sind skalierbar / großes Format erlaubt Flexibilität bei Größe der Einzeldisplays
- Die Fenster sind positionierbar und damit die Anzeige individualisierbar
- Stellt eine Alternative zum DFS-Standardarbeitsplatz dar, wenn das Layout gänzlich vom Endbenutzer konfiguriert werden kann. Benutzerprofil sollte bei Anmeldung am Arbeitsplatz („Position Logging“, Polo) aufrufbar sein
- Gleichzeitige Darstellung von max. 4-5 Anwendungen erscheint auf einem Quad HD Monitor sinnvoll

Gute Qualität des Geräts in Darstellung und Verarbeitung:

- Die Darstellung ist sehr gut und besser als bisher
- Helligkeit, Auflösung und Farbsättigung sind sehr gut
- Gute Brillanz, guter Kontrast
- Gute Verarbeitung, Profigerät
- Kein Flackern, kein Flimmern, stabiles Bild, sehr genau

Allgemeine Kommentare:

Bestimmt gut zu verwenden, verglichen mit den jetzigen Ausgabegeräten, d.h. der Bildschirm ist ein Fortschritt, verglichen mit aktuellen 2K Bildschirmen in Hinsicht auf Brillanz, Auflösung,

etc. und auch der größeren Möglichkeiten von Darstellung mehrerer Anwendungen. Gut vorstellbar für Anwendungen im technischen Umfeld, z.B. der Engineer on Duty (EoD) Position. Die Augenbelastung wird auch nach einer Stunde als nicht störend empfunden.

3.2 Negative Einschätzungen

Ein 56 Zoll Monitor ist zu groß:

- Die Fläche für die Darstellung ist groß. Es gibt Probleme mit der Distanz, eine Fokussierung ist schwierig („Man fühlt sich wie in der zweiten Reihe im Kino“). Die Fläche ist nicht gekrümmt, man hat Schwierigkeiten bei der Einstellung des Sichtabstandes zu allen Flächen auf dem Bildschirm
- Kleinere Bildschirmdiagonale wäre ausreichend. Kleiner als 56“ aber größer als bei den 2k Monitor wird gewünscht, ergänzt durch 1 bis 2 kleinere Zusatzmonitore (Wetter, Höhenkarten, etc.)
- Der Bildschirm könnte auch als Arbeitsplatz von 2 Lotsen verwendet werden, allerdings wäre die Konstellation 2 Leute vor einem Bildschirm bei Lotsenarbeitsplätzen ein Rückschritt, da dies wiederum einer individuellen Konfigurierbarkeit entgegen steht.
- Der 56“ Monitor kann nicht in bestehende Arbeitstische integriert werden
- Die Prüfung verschiedener Blickpositionen hat ergeben, dass von den seitlichen Rändern aus Informationen an den jeweils anderen Rändern nur sehr schlecht erkannt werden konnten.

Ergonomische Gründe (Helligkeit, Blendung, Orientierung), die dagegen sprechen:

- Der Helligkeitsregler ist sehr versteckt
- Die Blendwirkung ist zu stark, es gibt störende Spiegelung auf der Frontscheibe, auch unter Kunstlicht
- Die Maus ist ein Hemmnis bei einem großen Display, da es große Entfernungen gibt, die zurückgelegt werden müssen.
- Der Benutzer kann nur sehr eingeschränkt Einstellungen am Gerät selbst vornehmen (z.B. Einstellung Kontrast nicht möglich), bzw.

sich Informationen zu den vorhandenen Einstellungen anzeigen lassen (Auflösung, Frequenz etc.)

- Es ist ein hoher Anteil an Kopfbewegungen notwendig. Die Kopfhaltung wird als unangenehm empfunden.
- Integration zusammen mit haptischen Bedienelementen im Tisch ist schwierig, da der Bildschirm fast auf Tischebene beginnt. Ein auf dem Tisch aufliegendes Touch Display würde den unteren Darstellungsbereich verdecken.

Technisch nicht geeignet und noch weit entfernt vom Einsatz in Kontrollräumen:

- Anzeige der *Service in Time* per Fernüberwachung ist nicht möglich. Man muss remote die Betriebsstunden auslesen können.
- Die Kalibrierung ist kompliziert
- Dauerbetrieb nicht ausgewiesen und garantiert
- Technischer Zustand ist Prototyp bzgl. der Einsetzbarkeit in Kontrollräumen der Flugsicherung
- Häufig instabile Darstellung beim Hochfahren, Synchronisation dann nicht erfolgreich
- Es geht bei Störung nur der Austausch gegen Ersatzgerät, daher wäre Ausfallzeit am Arbeitsplatz hoch
- Eine Information über Langzeit-Support und Lieferung auf 10 Jahre lag nicht vor. Diese müssen allerdings gegeben sein (ca. 1000 Geräte)
- Remote Einstellungen sind nur über ein Serversystem möglich, das die Grafikkarte betreibt
- Keine analoge Schnittstelle vorhanden
- Austausch des Monitors schwierig (2 kräftige Personen oder Hubvorrichtung notwendig)
- Fingerabdrücke sind nur schwer von der Monitoroberfläche zu entfernen
- Für den Betrieb im Kontrollraum sollten die Anschlüsse an der Seite angebracht sein (nicht der Fall)
- Die Qualität der technischen Dokumentation ist mangelhaft

3.3 Allgemeines zur Untersuchung

- Stromverbrauch und Wärmeentwicklung sollten noch physikalisch gemessen werden
- Leider war keine Möglichkeit vorhanden, den Bildschirm in einem anderen Arbeitstisch zu untersuchen. Der vorgegebene Abstand von der Sitzposition am Tisch bis zum Bildschirm wurde von vielen Versuchspersonen als zu gering empfunden.
- Allgemein positives Feedback zu den während der Untersuchung gestellten Fragen
- Die Lotsen hatten bisher noch nicht an so ausführlichen Untersuchungen zu neuen Displays teilgenommen

4 Abgeleitete allgemeine Empfehlungen

Folgende Anforderungen für Monitore dieser Größe an zukünftigen Lotsenarbeitsplätzen lassen sich aus den Untersuchungsergebnissen ableiten:

4.1 Monitorgröße

- 56 Zoll-Monitore werden als zu groß empfunden. Die optimale Größe liegt zwischen dem Standard 2k Bildschirm und dem 56 Zoll-Monitor. Die Anzeige von Zusatzanwendungen zum SDD auf einem Bildschirm ist erwünscht, sie sollten aber keine Bereiche des SDD abdecken.
- Die Bewegungsgeschwindigkeit und Auffindbarkeit des Mauszeigers muss an die Bildschirmgröße angepasst werden.
- Der Abstand von Sitzposition zum Bildschirm muss entsprechend der Größe des Bildschirms angepasst werden, dabei ist auch die Erreichbarkeit von TIDs zu beachten.
- Die Anzeigen von Anwendungen in den Außenbereichen eines großen Bildschirms müssen in Layout und Größe an ihre Position auf dem Bildschirm angepasst werden.
- Wichtige Informationen müssen in der Bildschirmmitte positioniert werden.

4.2 Informationsdarstellung

- Die Qualität der Darstellung bezüglich Kontrast, Auflösung und Farbsättigung wurde als

sehr gut bewertet und könnte damit ein Maßstab für künftige Arbeitsplätze sein.

- Der Farbeindruck und die Schärfe der Darstellung verändern sich nicht mit dem Blickwinkel, was wichtig bei der Anzeige von Anwendungen im Randbereich ist.
- Der Blendeffekt und die Reflexionsstärke sollten deutlich geringer sein als beim untersuchten Bildschirm.
- Auffallend helle Darstellungen sind in den Außenbereichen zu vermeiden, ihre Betrachtung strengt stark an.

4.3 Individuelle Anpassungsmöglichkeiten

- Die Anordnung und das Layout der Anwendungsanzeigen auf dem Bildschirm sollten frei wählbar und individualisierbar sein. Die vom Lotsen favorisierte Konfiguration sollte bei Übernahme des Arbeitsplatzes automatisch eingestellt werden.
- Die Höhe des Bildschirms in Beziehung zur Sitzposition muss flexibel einstellbar sein.

4.4 Technische Voraussetzungen

- Anforderungen für den Einsatz in Kontrollräumen müssen eingehalten werden. (Garantieleistungen, Dauerbetrieb, Wartungsfreundlichkeit, Energieeffizienz, etc.)
- Die Konfigurierbarkeit technischer Parameter (z.B. Helligkeit, Kontrast etc.) muss vom Wartungspersonal leichter vorzunehmen sein.
- Die Geräuscentwicklung sollte den in Kontrollräumen üblichen Geräuschpegel nicht überschreiten.
- Die Wärmeentwicklung sollte nicht wahrnehmbar sein.

5 Bewertung und Ausblick

Der untersuchte 56 Zoll QuadHD Monitor ist von einer Einsatzfähigkeit als TMA/ACC Lotsenarbeitsplatz im Kontrollraum noch weit entfernt. Zwar wird die Qualität der Darstellung und der Geräteverarbeitung allgemein als sehr gut empfunden, jedoch ist der technische Zustand des Geräts eher noch mit dem eines Prototypen zu

vergleichen. Angefangen bei der unzureichenden Dokumentation des Geräts und fehlenden technischen Garantien für einen Dauerbetrieb, hin zu fehlenden technischen Anschlüssen und Bedienelementen (z.B. Einstellungen nur über Ethernet möglich), die bei der Flugsicherung bei vergleichbaren Geräten zum Standard zählen. An dieser Stelle besteht noch Optimierungspotential von Seiten des Herstellers.

Aus ergonomischer Sicht wurden die Möglichkeit mehrere Anwendungen auf einem Monitor darzustellen (z.B. Integration Wetterdarstellung aus der Konsolendecke) und das mögliche Erstellen individualisierter Ansichten sehr begrüßt. Eine Funktionalität, die das Aufrufen abgespeicherter Profile beispielsweise über Polo ermöglichen würde, wurde von vielen Befragten begrüßt.

Grundsätzlich wurden 56 Zoll für einen Arbeitsbildschirm als zu groß empfunden. Diese Meinung wurde durch die erhöhte Anzahl an Kopfbewegungen und die schlechte Erkennbarkeit von Informationen in den Randbereichen weiter bestätigt. Die Probanden hatten den Eindruck zu nah an dem Gerät zu sitzen. Auch für die Integration am Arbeitsplatz zeigen sich Probleme aufgrund der Größe. In eine herkömmliche Konsole ist ein 56 Zoll Monitor nur schwer integrierbar, insbesondere zusammen mit haptischen Bedienelementen im Tisch. Diese würden den unteren Displaybereich verdecken, wollte man die Bildschirmhöhe nach ergonomischen Erfordernissen einrichten.

Weiterhin negativ aufgefallen ist die starke Blendung durch eine zu hohe Helligkeit, die sich zwar herunter dimmen ließ, jedoch nur über einen für den Nutzer sehr schlecht zu erreichenden Regler auf der Unterseite des Monitors. Allgemein kann der Nutzer außer der Helligkeit keine eigenen Konfigurationen am Monitor vornehmen (z.B. Kontrast). Die Oberfläche des Monitors ist nicht entspiegelt und produziert starke Reflexionen, was darauf hinweist, dass bei diesem Gerät offensichtlich auch herstellerseitig noch nicht ernsthaft über einen Einsatz am Arbeitsplatz nachgedacht wurde. Geräte dieser Kategorie befinden sich bisher meist eher als Präsentationsmedium im Einsatz.

Abschließend lässt sich sagen, dass das vorliegende Modell, bzw. Geräte von dieser Größe vermutlich nicht in naher Zukunft für den Einsatz am Lotsenarbeitsplatz in Frage kommen werden.

Für zukünftige ergonomische Untersuchungen technischer Geräte bleibt festzuhalten, dass die Einbeziehung von Endnutzern und Technikern einen entscheidenden Mehrwert für die Beurteilung der Einsatzfähigkeit einer neuen Technologie am Lotsenarbeitsplatz geliefert hat. Ein reines Abprüfen technischer Anforderungen (z.B. über technische Checklisten) hätte vermutlich keine so umfassende Erfassung der relevanten Aspekte ermöglicht. Nichtsdestotrotz, hängt die Aussagekraft einer Bewertung der Gebrauchstauglichkeit stark von den verwendeten Aufgaben und Szenarien ab, in denen der Nutzer mit einer zu prüfenden Technologie interagiert. Dies war in der vorliegenden Untersuchung nur eingeschränkt möglich, da das tatsächliche zukünftige Layout des SESAR TMA/ACC Arbeitsplatzes noch nicht vorlag und Mock-ups verwendet werden mussten. Nachfolgende Untersuchungen sollten bestrebt sein, möglichst noch realitätsgetreuere Szenarien mit den tatsächlich am Arbeitsplatz eingesetzten Anwendungen zu verwenden.

Referenzen

- | | |
|-----|---|
| [1] | SESAR Joint Undertaking, <i>Available Technology Screening Document 10.10.2.D02</i> , eingereichter Projektbericht. |
|-----|---|

Abkürzungsverzeichnis

ACC	Area Control Centre
ATCISS	Air Traffic Control Information Support System
AMAN	Arrival Manager
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
HF	Human Factors
HMI	Human Machine Interface
iCWP	Integrated Controller Working Position
PSS	Paperless Strip System
SESAR	Single European Sky ATM Research
SDD	Situation Data Display
TID	Touch Input Device
TMA	Terminal (Control) Area
TUD	Technische Universität Darmstadt

Erweiterte STEP-Testumgebung zur Gate-to-Gate Tracker- und Sensorvalidierung

Wolfgang Wissler, Thomas Knopp, TE/A

Einleitung

Zur Durchführung der sicheren, geordneten und flüssigen Abwicklung des Luftverkehrs benötigen Center- und Approach-Lotsen eine genaue und verlässliche Darstellung der Verkehrslage.

Dazu werden von der DFS derzeit verschiedene Air Traffic Control (ATC) Tracking-Systeme betrieben, wie z.B. ATCAS (Air Traffic Control Automation System), VATCAS (Very advanced ATCAS) sowie PHOENIX (Radardatenverarbeitungs- und Darstellungssystem der DFS). Diese Systeme nutzen die übermittelten Daten von Ortungsanlagen (derzeit Radar, zukünftig auch WAM (Wide Area Multilateration) oder ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast) zur Bestimmung der Zieldaten (Positions-, Bewegungs- und Identifikationsdaten) von Luftfahrzeugen.

Vor Inbetriebnahme eines neuen Luftlage-Tracking-Systems, wie auch vor Implementierung signifikanter Modifikationen an einem solchen System oder vor Einführung neuer Sensoren (wie derzeit WAM) werden diese Systeme umfangreichen Abnahmetests unterzogen. Diese dienen zur Überprüfung der Einhaltung der erforderli-

chen Leistungswerte für die Nutzung des Systems zur Radarführung.

Neben diesen im Rahmen der Abnahme des Endproduktes durchgeführten Prüfungen erfolgen bereits während der Entwicklungsphase von Tracking-Systemen sowie Sensoren Prototypentests (Entwicklungstests).

Teil der Abnahme- und Entwicklungstests ist eine Bestimmung der Leistungswerte des Tracking-systems durch Stimulation des Systems mit künstlich erzeugten realitätsnahen Sensordaten und Vergleich mittels statistischer Analyse der vom System berechneten Zieldaten mit den bekannten synthetischen Zieldaten. Man spricht hier auch von einer Monte-Carlo-Simulation, einem statistischen Verfahren zur numerischen Lösung von Problemen mittels häufig durchgeführter Zufallsexperimente.

Hierfür wurde vom Bereich Forschung und Entwicklung der DFS (F&E) bereits Ende der 90er Jahre die entsprechende Untersuchungsmethodik sowie die erforderliche Testumgebung (STEP, Sensor Tracker Evaluation Platform) entwickelt.

Bisher wurde diese Testumgebung nur für die Untersuchung von Tracking-Systemen für die Luftlagedarstellung eingesetzt. Um zukünftig auch eine durchgängige Gate-to-Gate-Untersuchung von Tracking-Systemen (Luft- wie Bodenlage) mittels einer Monte-Carlo-Simulation durchführen zu können, ist es erforderlich, die beiden vom Bereich F&E betreuten Simulatoren für den Tower (=TOSIM) und En-Route-Bereich (=NEWSIM) zu koppeln. Desweiteren muss die Testumgebung STEP auf die Verarbeitung der vom Towersimulator erzeugten Sensor- und Trackdaten erweitert werden.

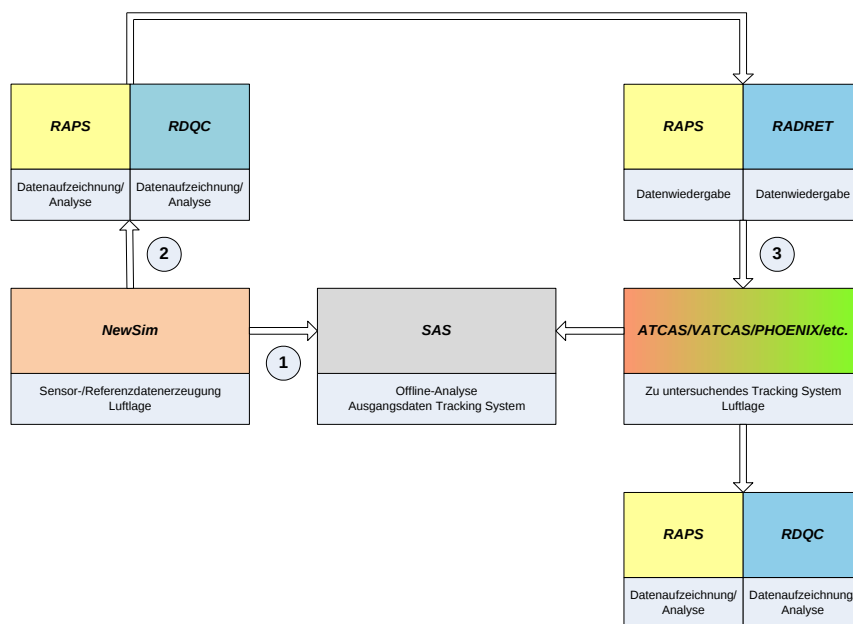


Abb.1: Aufbau der Sensor Tracker Evaluation Platform - STEP

STEP - Sensor Tracker Evaluation Platform

Die Sensor Tracker Evaluation Platform des Bereichs F&E ist ein Verbund von diversen innerhalb der DFS verfügbaren Systemen und besteht aus den folgenden Komponenten (siehe Abbildung 1):

- NEWSIM (New Simulator)
zur Sensor-/Trackreferenzdaten-Erzeugung
- RAPS (Recording Analysis, Playback and Simulation of Surveillance Data)
zur Datenaufzeichnung/-wiedergabe sowie zur Analyse der ASTERIX-Daten
- RDQC (Radar Data Quality Control)
zur Datenaufzeichnung sowie zur Analyse der ASTERIX-Daten
- RADRET (Radar Data Replay Tool).
zur Wiedergabe der mit SDQC/RDQC aufgezeichneten Daten
- SAS (Statistical Analysis Software)
Statistikprogramm zur Analyse der Ausgangsdaten des Tracking-Systems

Zur Evaluierung der Luftlage-Trackingsysteme werden basierend auf realistischen Flugmanövern im NEWSIM verschiedene Flugspuren für Strecke und An-/Abflugbereiche definiert (siehe Abbildung 2). Basierend auf diesen Flugspuren werden im NEWSIM Trackdaten erzeugt und

aufgezeichnet. Diese Daten dienen als Referenz für die Analyse der Ausgangsdaten des Tracking-Systems mittels SAS (Statistic Analysis Software), siehe ① in Abb. 1.

Desweiteren werden auf Basis der Flugspuren unter Berücksichtigung der Sensorstandorte und dem bekannten Sensor- sowie Transponderverhalten realitätsnahe Sensordaten, d.h. solche z.B. mit Positionsrauschen, Ausfällen und Bitfehlern im Ausgangsdatenstrom, erzeugt und aufgezeichnet, siehe ② in Abb. 1. Diese werden zur Stimulation des zu untersuchenden Tracking-systems verwendet, siehe ③ in Abb. 1. Die Aufzeichnung der Sensordaten erfolgt mittels RAPS oder RDQC, die Wiedergabe mit Hilfe von RAPS oder RADRET. Somit können auch von der Testumgebung räumlich abgesetzte Trackingsysteme untersucht werden.

Untersuchungen

Im einzelnen können mit dieser Testumgebung folgende Untersuchungen durchgeführt werden

- Bewertung der Reaktion des Trackingsystems bei Radarfehlern und Transponderfehlverhalten
- Staffellungsuntersuchungen:
Hierbei wird die Abweichung der Ausgangsdaten des Tracking-Systems von den Trackreferenzdaten untersucht. Für eine Radarstaffelung von 3 (bzw. 5) NM wird überprüft ob eine maximale Abweichung von 0,6 (bzw. 1) NM nicht überschritten und ein 99%-Genauigkeitswert von 0,3 (bzw. 0,5) NM eingehalten wird. (siehe [1]) .

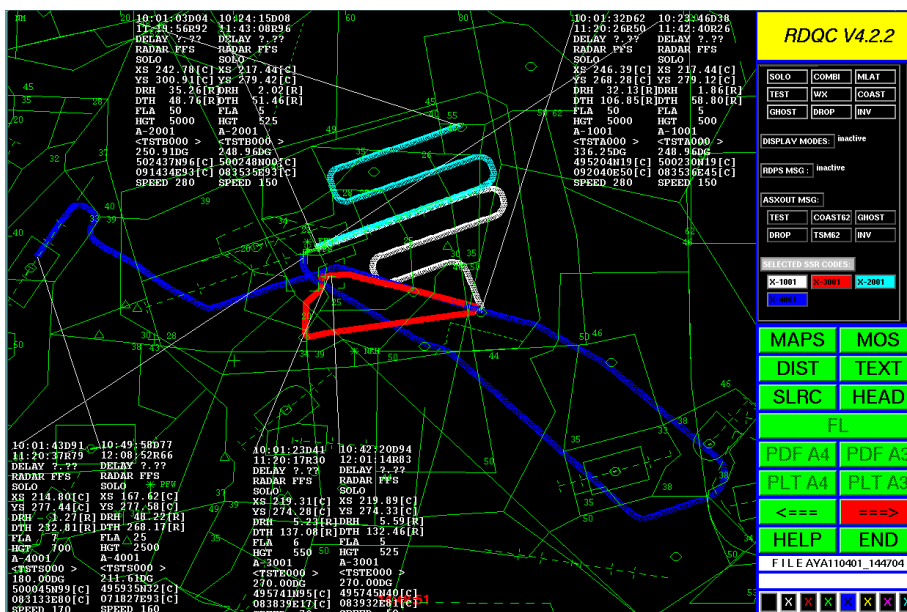


Abb.2: Beispiel Flugspuren für die Analyse von Luftlage-Trackingsystemen (RDQC-Screenshot)

Die Analyse mittels SAS erfolgt über einen Vergleich der vom Trackingsystem generierten Trackdaten mit den Trackreferenzdaten. Hierbei werden im Wesentlichen die folgenden Werte ermittelt:

- Positionsgenauigkeit (Mittelwert, Standardabweichung, Maximale Abweichung (99%-Wert) Maximale Abweichung)
- Anzahl der aufgebauten Tracks für ein einzelnes Luftfahrzeug
- Anzahl und Dauer der Trackausfälle

Erweiterung STEP und NEWSIM-TOSIM Kopplung

Um die im STEP vorhandenen Tools zur Validierung von Luftlage-Trackingsystemen zukünftig auch für die Untersuchung von Bodenlage-Tracking-Systemen nutzen zu können, muss im STEP analog zu der für die Luftlagesensor-/Trackdatenerzeugung bereits vorhandenen Komponente NEWSIM eine weitere Komponente zur Erzeugung von Bodenlagesensor- sowie Trackdaten ergänzt werden.

Daher wurde in 2010 die Herstellerfirma UFA (USA) beauftragt

- die im NEWSIM bereits für die Erzeugung von Luftlagedaten implementierte Komponente ATSurv (Air Traffic Surveillance) für eine Nutzung im TOSIM um die hier noch benötigten Bodenlagedaten zu erweitern,
- die erforderlichen ASTERIX-Datenformate für Bodenlagedaten (CAT10 für Sensordaten, CAT11 für Trackdaten) zu implementieren,
- im TOSIM die für die Erzeugung von fehlerbehafteten Bodenlagesensordaten benötigten Funktionen zu ergänzen, so dass dann auch hier realitätsnahe Sensordaten von Luft- sowie Bodenfahrzeugen für eine Untersuchung von Bodenlage-Trackingsystemen generiert werden können
- sowie die Simulatoren TOSIM und NEWSIM miteinander zu koppeln, um die für eine Gate-to-gate-Untersuchung erforderliche durchgängige Simulation von Sensor- und Trackdaten zu ermöglichen.

Der Bereich F&E der DFS implementierte die benötigte Schnittstelle zur Ausgabe der vom TOSIM generierten Sensor-/Trackdaten.

Mit der Integration des TOSIM in die STEP-Testumgebung können nun zukünftig Synergien (wie beispielsweise die gemeinsame Nutzung von Testszenarien für Schulungszwecke und Trackeruntersuchungen) erzielt werden.

Die um die Schnittstelle NEWSIM-TOSIM erweiterte STEP Testumgebung ist aus Abbildung 3 ersichtlich.

Mit dieser Erweiterung der STEP-Testumgebung können dann zukünftig bei entsprechender betrieblicher Anforderung die Tracker der von der DFS betriebenen Bodenlagedarstellungssysteme A-SMR und A-SMGCS, wie auch der Bodenlagedarstellungssysteme anderer Flugsicherungsdienstleister hinsichtlich der Einhaltung der in den entsprechenden Standards vorgegebenen Kriterien untersucht werden.

Desweiteren ermöglicht die Aufzeichnung von simulierten Bodenlagedatensystemen nun die Untersuchung von Darstellungs- (Controller Working Position) sowie Konflikterkennungskomponenten (z.B. RIM, Runway Incursion Monitoring) dieser Bodenlagedarstellungssysteme.

Zuletzt können nun auch Bodenlagesensoren mit Hilfe der STEP-Testumgebung untersucht werden.

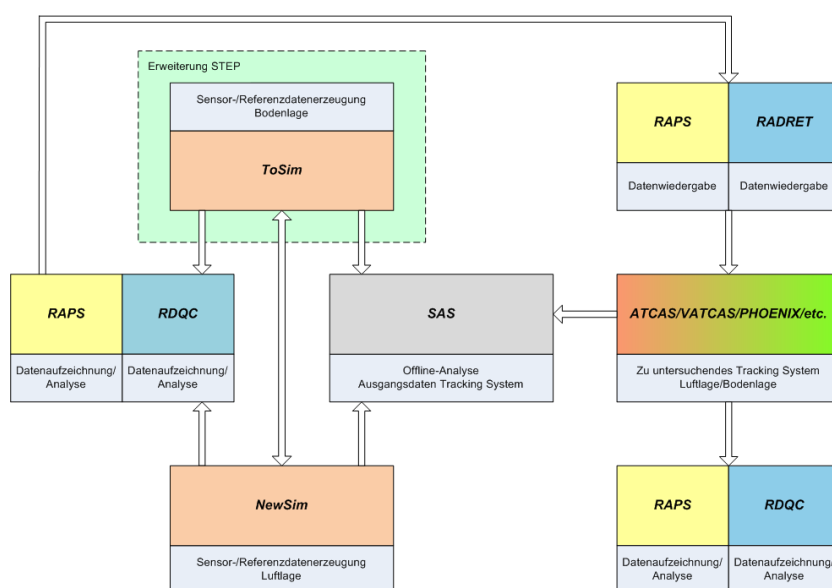


Abb.3: Erweiterte Sensor Tracker Evaluation Platform

Fazit

Mit der Erweiterung der STEP Testumgebung können zusätzlich zu den „konventionellen“ (Luftlage) Trackingsystemen nun auch Bodenlagensensoren und –trackingsysteme untersucht und die analysierten Sensordaten mit Referenzdaten verglichen werden. Ein Beispiel für die ebenfalls implementierte Visualisierungsmöglichkeit kann Abbildung 4 entnommen werden.

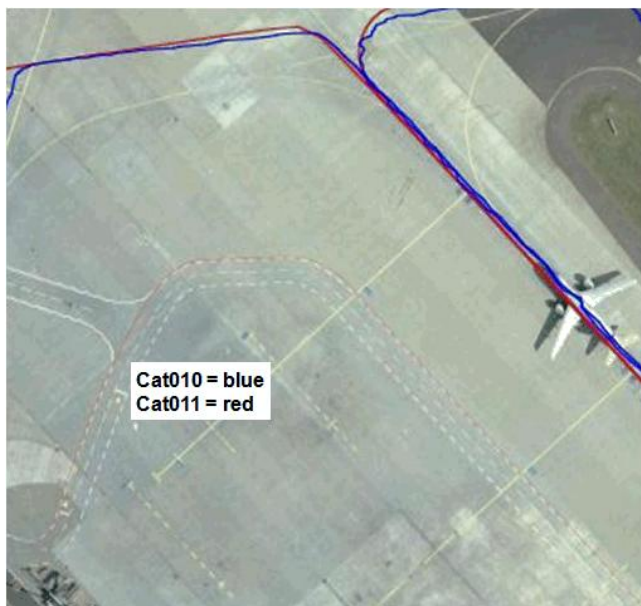


Abb.4: Beispiel Visualisierung Vergleich Sensordaten (blau) und Trackreferenzdaten (rot)

Abkürzungen

ADS-B	Automatic Dependend Surveillance-Broadcast
A-SMGCS	Advanced Surface Movement Guidance and Control System
A-SMR	Advanced Surface Movement Radar
ASTERIX	All Purpose Structured Eurocontrol Surveillance Information Exchange
ATC	Air Traffic Control
ATCAS	Air Traffic Control Automation System
CAT	(ASTERIX) Kategorie
DFS	Deutsche Flugsicherung
D-GPS	Differential Global Positioning System
ID	Identifikation
NEWSIM	New Simulator (En-route Ausbildungssimulator)
PHOENIX	Radardatenverarbeitungs- und Darstellungssystem (der DFS)
RADRET	Radar Data Replay Tool
RAPS	Recording, Analysis, Playback and Simulation of Surveillance Data
RDQC	Radar Data Quality Control
RIM	Runway Incursion Monitoring
SAS	Statistical Analysis Software
STEP	Sensor Tracker Evaluation Platform
TOSIM	Tower Simulator (Tower-Ausbildungssimulator)
VATCAS	Very Advanced Air Traffic Control Automation System
WAM	Wide Area Multilateration

Literatur

- | | |
|-----|---|
| [1] | Dr. Mallwitz, R.: DFS Approach on Tracking System Performance Analysis, DFS, 06.09.2005
(Vortrag auf dem internationalen Radarsymposium der DGON 2005) |
|-----|---|

Electronic Sector Manual Innovation at low cost through office automation

Udo Gebelein, Alexandra Stapf-Dick, Felix Caspelherr, Philipp Marx (CC/F), Oliver Haßa (TE/S)

Dieser Artikel beschreibt Arbeiten, die unsere Kollegen in der Niederlassung Mitte gemacht haben – und der Leser mag sich daher fragen, warum er sich in der Zeitschrift des Forschungsbereiches findet?

Zum einen ist dieser Beitrag das Ergebnis einer konstruktiven, organisationsübergreifenden Zusammenarbeit und extensiven Kommunikation. Zum anderen erfordern Simulationen – sie sind das Geschäft vieler Kollegen hier im Forschungszentrum – eine aktuelle Datenbasis, um die simulierten Lufträume etc. möglichst realistisch abbilden zu können. Nicht zuletzt profitiert also auch der Bereich TE von einer konsistenten und leicht zugänglichen Datenbasis. Darüber hinaus behandelt TE das Thema Flugsicherung querschnittlich und daher darf es nicht verwundern, wenn neben originären F&E-Themen auch gerade solche Inhalte Berücksichtigung finden. Und dass der Artikel im Hinblick auf eine weitere Verbreitung in Englisch abgefasst wurde.

and an increasing amount and rate of change of documents, stress the need for improvements to reduce number and occurrence of failure modes and to improve efficiency in processing documents and information both for readers and authors. Last but not least there is an increasing regulative pressure on aeronautical data quality [1] with a potential impact on the lifecycle processes of internal regulations.

This paper presents the first phase of a rationalized approach in document management leading to operational documents which are consistent with the configuration of the ATM system. Focus of this first phase is a smooth change, taking into account existing processes and inherited burdens to gather know-how whilst the next phase will have a more severe impact on processes. An advanced editorial system will then be adopted using requirements based on practical experience gathered in the first phase.

Introduction

The Sector Manual is a set of operational documents and data. It is used by air traffic operational staff as an encyclopedia to look up regulations and other items and thus keep up, and consolidate, their professional knowledge. Company rules recognize the need for Sector Manuals as a means to fulfill the legal obligation to maintain operational competence and require their availability at the workplace.

A sector manual may consist of more than 500 documents comprising over 5000 pages at an update rate of more than 20 documents a month. The scope of company documents and data files usually reflects organisational functions and structures. In addition, the Sector Manual implies information based on geographical regions, due to the geographic nature of operational licenses, which are issued for three dimensional air space blocks. Furthermore, the documents are spread out over a variety of sources and databases as provided by internal units and external entities for aeronautical publications.

The heterogeneity of data sources, the demand for a geographical view regarding the documents

Point of Departure

The documents have grown substantially in recent years due to the fact that the Center Langen has grown continuously and has almost doubled the area it serves since its inception in 1999. This has resulted in the need for a rationalized approach in document management. A methodology needed to be developed to improve both quality of documents and efficiency of document production and retrieval.

The Center Langen is comprised of nine Sector Families with the need for a Sector Manual for each Sector Family. A Sector Manual used to be a set of printed copies and excerpts of information, readily available at any controller working position. Each Sector Family has an assigned Air Traffic Controller (ATCO) tasked with the obligation to amend the Sector Manual. The quality of the Sector Manual, that is the quality of the control of documents, is strongly dependent on the ATCO's knowledge of the currently applicable set of documents, and the availability of the ATCO. It is not possible to determine completeness and

correctness of the copied set of documents without a sound review.

Another manual is authored for each Sector Family, the Pre-OJT-Manual. This manual is a key document used in the Operational Training. Its aim is to introduce the trainees stepwise into the specifics and regulations of the air space where the trainee will obtain his rating endorsement. The Pre-OJT-Manual can be considered as an excerpt of the Sector Manual supplemented by chart material and didactically well-prepared introductory information together with further media objects. What if the Pre-OJT Manual could be derived from the operational Sector Manual? This would result in a time saving and operational quality, also for the Pre-OJT-Manual.

Questionnaires are used to check the ATCO's knowledge about the operational documents to achieve and maintain his/her license. The size of the questionnaires add up to around 3000 questions and related answers. How can one control questionnaires and ensure that the right questions and answers are reviewed in an efficient manner, whenever document updates occur?

Likewise, internal operational regulations refer to higher level documents, such as directives and policies, or to aeronautical information or data. Traceability mechanisms are necessary to improve and maintain data integrity in case of document updates and provide clear evidence of adherence to standards through all stages from legal requirement to implementation.

Multiple use of data elements, like phone numbers, frequencies, way points and location indicators and their redundant storage at several locations may lead to misunderstandings and inconsistencies in documentation. Consequent use of single sources and mechanisms to ensure traceability are remedial measures.

Furthermore, operational regulations are represented using various styles ranging from tabular form to paragraphs in plain text. An analysis has shown that a standardized formal language can be used to express operational regulations. Standardization would improve readability and a formalized approach could provide the basis to automatically check documentation against the relevant data adapted in the ATM-system.

Guiding Principles

In the following three sections the overall policy behind the Sector Manual is described and the derived objectives are explained.

Eliminate Waste

A straight-forward approach to identify areas for improvements is given by the Japanese Total Quality Management philosophy [2]. Labour is defined as the sum of activities which produce added value for the customer and other activities which do not. The latter set of activities are prone to elimination since they stand for overburden, inconsistency and waste.

Adopting this mindset to document management results in the main objectives as stated below:

- provide for direct access with few mouse clicks instead of letting the user ask, search and scroll around
- do not trouble the user with physical data locations and access paths to documents
- focus on navigational access, alternatively offer a structured full text search
- allow multiple ways to access information
- avoid displaying irrelevant information
- use single sources and place the same content in different documents and formats.

Support Learning

A lot of effort was invested to facilitate the cognitive processes for learning and information acquisition, and to eliminate barriers that slow down the information gathering process.

Many activities were performed to order, structure, classify and group information, to provide surveys by keywords and contents listings. These activities led to thematic views and document collections grouping together all information related to specific topics.

Mind maps and their cognitive techniques were found best suited to open up access to thematic information structures and to visualize them.

The Sector Manuals follow the overall structure of the Manual of Operations [3]. The benefits are twofold. Firstly, the Manual of Operations offers a standardized and known structure, and order

criteria. Secondly, using it for navigation and searching purposes improves one's knowledge about it, since it will become an integral part of the information retrieval process.

A first step was made to facilitate incremental learning using an inverse chronological order of document updates. It would be a worthwhile endeavour to put more effort into this field. However, it only works well if extended to textual constituents rather than dealing with documents as a whole. This is why incremental learning issues are not in the scope of this paper.

Last but not least the Sector Manuals must be readily available, efficient and easy to use in order to answer questions immediately and comfortably, when and wherever they occur, since learning occurs by repetition. Therefore, user acceptance strongly depends on the user interface and on the proximity to the work place.

Improve the use of existing resources

We have a problem. Do we need another system to fix it? Firstly, have a look at existing resources, making the best possible use of their potential. Gather experience and know-how in order to establish sound requirements for a sustainable solution.

The macro functionality of the standard office tools was found to be exceptionally powerful and became a key success factor in supporting all of the improvement activities. Productivity and automation tools were put in place to increase efficiency and to reduce failure rates by automating manual operations.

Solution

The goal was to establish an easy-to-maintain, stable and automatable solution which reduces the hitherto high incidence of faults whilst smoothly augmenting existing operational sequences. Nevertheless, it is a requirement that sets of documents are controlled, meaning the status of each document is known at any time. Furthermore, the proposed solution needs to be compatible with limiting factors resulting from the past and to integrate into future IT-strategic developments as well. These considerations led to an incremental approach composed of a set of

interdependent improvement measures which will be explained below.

A document's index card contains information about the document which is required to correctly classify, track and retrieve documents, such as title, author, revision and validity. This approach is conceptually similar to a book's index card in the master index of a library.

The index card information is complemented by keywords and structuring rules which are the technical basis to structure information according to semantic conventions. The keywords are registered in a controlled list, which is a "look-up" table from which permissible values are chosen. The controlled list is regulated by the Operations Office and a group of ATCOs.

Both measures refer to so called meta information, which is descriptive information about documents. The primary source of the meta information shall be the document itself. To facilitate the review of documents, meta information shall be placed on the first page of the document, and be marked accordingly. Available standards shall be applied. The Dublin Core set of meta data elements provides a comprehensive catalogue of meta information which has become a standard in the field of library science. Dublin Core is defined by ISO through ISO Standard 15836 [4].

A master index shall be maintained as a document inventory list which is based on meta information. An automated document registering function reads out the meta information from documents and inserts it into the master index. Special attention shall be paid to external documents since external documents do not necessarily adhere to the established index card information standard.

The purpose of the master index is to provide an effective control of documents. Automated functions check the data integrity of the master index against the meta information of the registered documents to ensure that the master index is up-to-date and complete. An advanced authoring system will retrieve the master index automatically and the manual registering activities will become obsolete.

External documents such as high level regulations or Aeronautical Information Publications are usually stored in databases which have their own document control. Accessing these documents through their database key values means utilizing

the database internal control mechanisms. Since meta information is not always externally available, the thematic classification needs to be done at Sector Manual level.

As already mentioned, the human machine interface is represented as a mind map. Three extensions of the mind mapping functionality are essential to support the methodology proposed. The first extension allows the separation of contents from presentation. This enables the presentation of sector manuals in different styles. The separation between content and layout is basically achieved using keywords and textual replacements. Keywords are placed in the mind map and are subsequently replaced by related document lists, retrieved from the master index. The scope of the second functional extension is to generate variants. This technique is based on filtered textual replacements. It serves to automatically generate the Sector Manuals out of a single Master Manual with center wide validity. The third extension concerns a download manager to generate portable versions suitable for home briefing.

The built-in web-export functionality is used to provide a publishing format which is tool independent. The extended search function of the standard PDF-reader combined with pre-processed index catalogues offers a structured full text search on all documents related to a Sector Family.

The Master Manual is used to group and display information and documents, and to integrate external documents which are not registered in the master index. The Master Manual serves as center wide repository comprising both document inventory and semantic information representation. Centralisation helps to exchange information and to identify and disseminate best working practices between the Sector Families, and thus augments the quality of each single Sector Manual. All maintenance effort focuses on the cen-

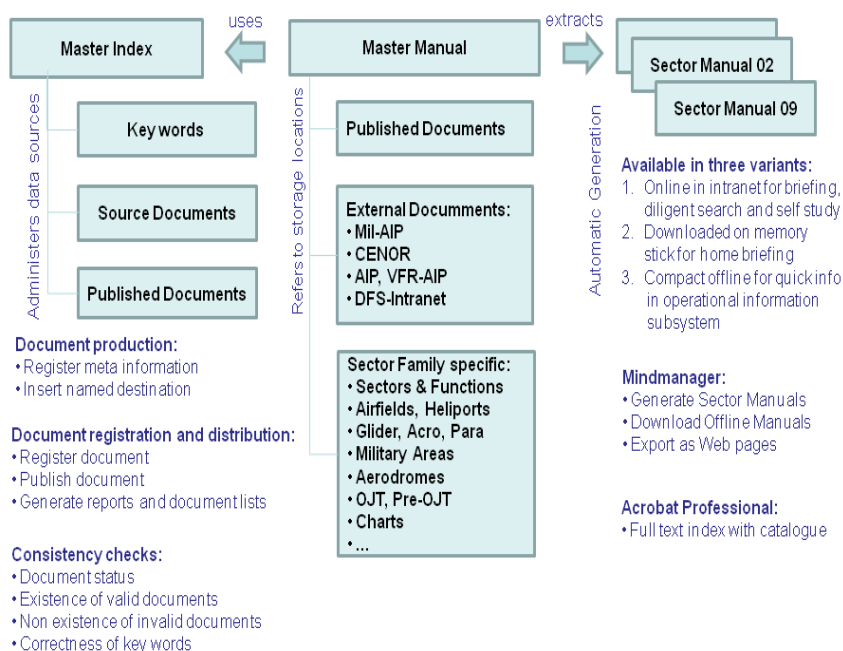


Fig. 1: Overview and Functions

tralized Master Manual, with the aim of continuously improving it.

Joint working efforts will now add a sustainable value to the organisation. Instead of interdependently maintaining overlapping sets of paper documents, which could have become out-dated without manual intervention, all publications will always be up-to-date.

Fig. 1 provides an overview of the infrastructure necessary, and the office tools employed to develop, maintain and retrieve the electronic Sector Manuals.

The overall structure reflects the organizational tasks, roles and responsibilities:

- Operations Support Office is in charge of the master index, document production and related data sources,
- An ATCO tasked to maintain Sector Family specific information and to review the relevant Sector Manual,
- Local Safety Management must maintain the Master Manual and initiate the generation and distribution process, until consolidation of working practices has taken place,
- All of the above personal shall review the meta information, keywords, Master Manual and process activities.

Implementation

The meta information which comprises of all descriptive and life cycle information must be available for external access, but must also be a part of the document itself. Storing the meta information within the document itself increases independency from the document management system, and enables access to all document information outside of the document management system. As a pre-requisite, the meta information needs to be passed from the source format to the published document format.

To implement the above requirements, new document templates were created. The Word® functionality was expanded by two functions which were implemented as Visual Basic macros and shown as buttons, as represented in Fig. 2.

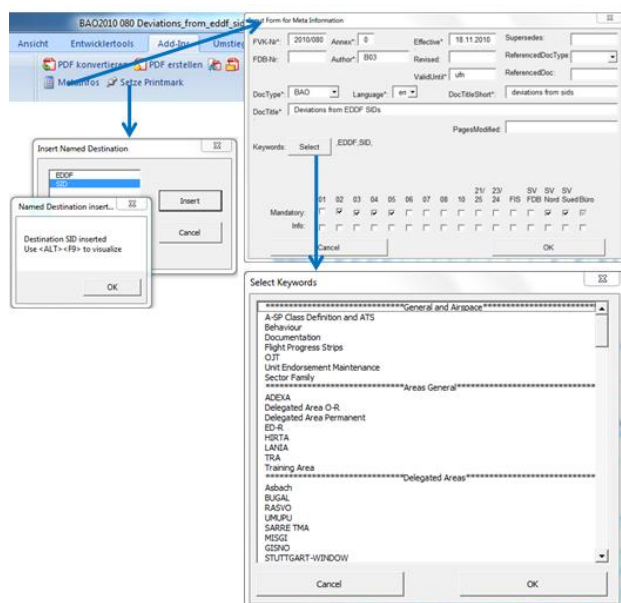


Fig. 2: Expansion of Word functionality

The first macro serves to register meta information using an input mask, to select keywords out of the controlled list, and to perform consistency checks of the inserted data. The second macro is used to set markers in the documents for each keyword. When converting to pdf-Format the markers are compiled into so-called named destinations, which are internally named bookmarks that can be jumped to when opening the document regardless of what page they end up on as the document is changed. This facilitates working with contents rather than documents, avoiding unnecessary scrolling and searching.

The approach using expansion of the Word® functionality by macros, is compatible with the preferred document management system and will basically remain unchanged.

The master index contains all meta-information together with historical data, to keep track of each document's life cycle. Visual Basic macros were written to automate manual interventions in order to reduce human error. Publication is automated, and whenever a document is published the master index is updated. To ensure integrity, plausibility checks are implemented, which cover document status, validity and expiration dates and verify presence of published files and confirm the non-presence of cancelled documents. For the user's convenience, the master index is kept as an Excel® list. The master index is linked to a database, which is indiscernible to the user, however, which can easily produce configurable status reports and various document lists using database queries and the built-in report generator. This approach and the implemented workflow is compatible with the preferred document management system, and will be fully integrated later on.

The thematic structure of the Sector Manuals are designed as a mind map. Following the single source principle a center wide Master Manual was developed from which the Sector Manuals are extracted as shown in Fig. 1. To produce different variants and styles, a mechanism needed to be found to separate presentation from content issues. The content must be either specific to Sector Families or may be retrieved from the document master index using keywords. This requirement is implemented by a two-level textual replacement hierarchy. Textual replacement works on document lists retrieved with database queries from the master index. In addition, html-files are processed in the first level. A formal syntax was defined to specify the textual replacements, and a parser is used to merge the inline statements with the relevant contents and transform them into XML-code.

Fig. 3 shows part of the set of structural rules followed, specified in the Backus-Naur notation.

```

<separator> ::= "##"
<qualifier> ::= "keyword"|"keyword_global"|"file"|"doctype"
<doctype> ::= "LOA"|"BAO"|"ANWNL"|"BI"|"BB"
<sectorfam> ::= "01"|"02"|"03"|"04"|"05"|"06"|"07"|"08"|"10"
<suffix> ::= "html"|"lnk"
<keywordlist> ::= <keyword>|<keyword>_"<keywordlist>
<filename> ::= <prefix>."_<suffix>
<parameter> ::= <filename>|<keyword_list>|<doctype>
<fstatement> ::= <separator><statement><separator>
<statement> ::= "EBG"<sectorfam>_"<parameter>"/"/<qualifier>

```

Fig. 3: Formal grammar used for content insertion

Fig. 4 shows part of the Master Manual which covers all information relevant to the Center Langen. For example, each aerodrome within the control area of the Center Langen is included, together with all necessary information.

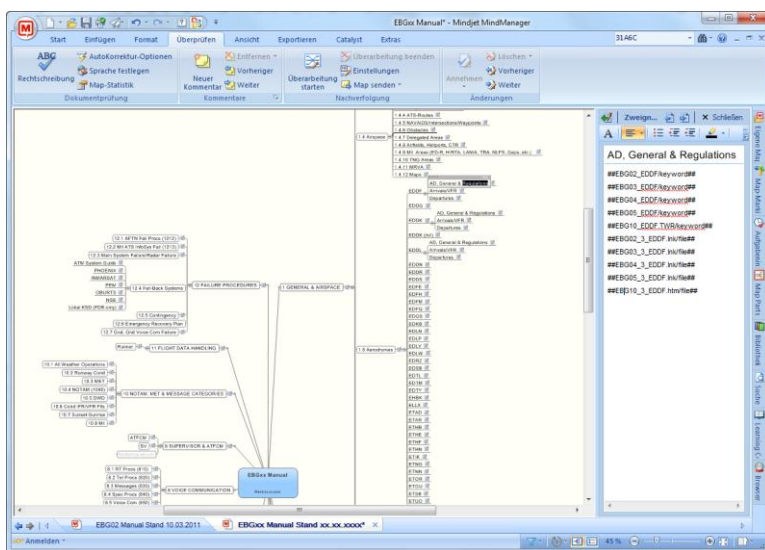


Fig. 4: Master Manual (partial view)

The human machine interface of a resulting Sector Manual is shown in Fig. 5. The dynamic menu on the left is used for navigation purposes. The content is either displayed in a separate window or in the window to the right. The figure shows military areas as an example. The Sector Manual is supposed to focus on topics, that is why each military area is supplemented by all relevant information, such as the applicable separation regulations.

Benefits

After a few months of experience with the new methodology, a

clear statement on the achievable gains can be made for each of the stakeholders, ATCO, Operations Support and the organization itself:

- A time saving for ATCOs to retrieve information due to thematic access paths via keywords instead of cryptic document identification numbers, filenames and document titles. In addition, a structured full text search helps to find information whilst saving time.
- The common source approach, when extended to process activities, turned out to be a valuable enabler which fosters teamwork, facilitates identification and dissemination of best practices whilst imposing an improved document review process.
- Reduced maintenance costs, as well as a quality improvement, due to automation of error-prone manual activities together with improved teamwork, which compensates the additional administrative workload.
- A shifting of ATCOs tasks from mainly administrative paper work towards the contribution of expert knowledge to a common repository. Thereby sustainable value is added by creating organizational knowledge.

The assumption is that there will be an ongoing validation with the end-users,

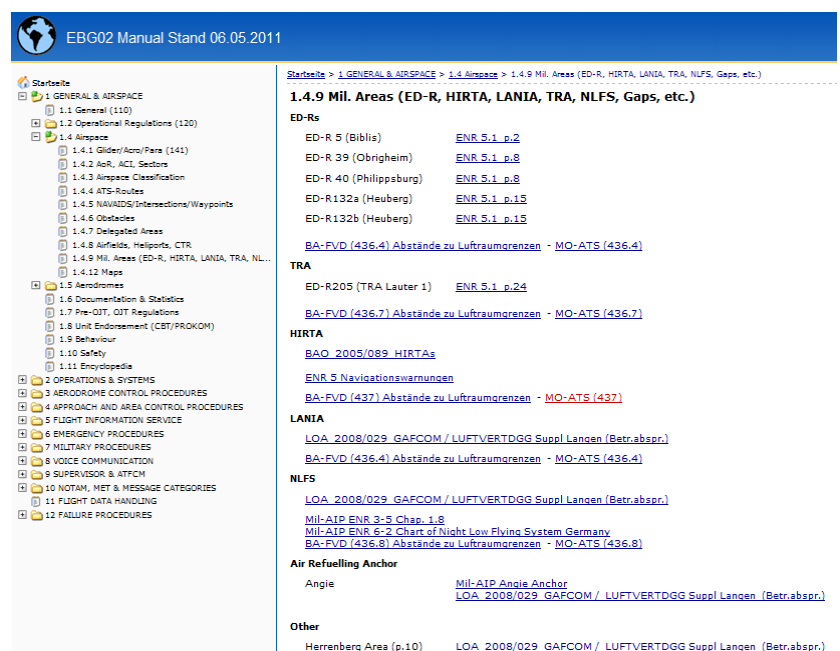


Fig. 5: HMI of a derived Sector Manual

which will improve the current version of the electronic sector manual to the extent where it will be considered a fully-fledged replacement for the paper version.

Outlook

Despite the fact that the presented methodology shows clear benefits, it is not capable of addressing all the areas for improvements, listed in chapter 1. The current methodology covers conventional document management which considers documents as a whole, i.e. as atomic entities, and this is its major drawback. The new application, however, requires documents to be broken down into more detailed information granules.

The relevant extensions of the methodology and their potential gains are discussed below:

- In general, documents do not just cover a single topic but may cover a set of related topics. As a refinement, keywords need to extend to a single topic (e.g. paragraph), i.e. information modules which are now the smallest informational entities. This provides the basis for document variants. Document variants may include information that is only relevant to a specific purpose (e.g. user group), whilst leaving the original document unchanged. Furthermore, information about specific themes can be compiled covering several documents (e.g. noise abatement procedures in a Sector Family).
- Attributing information modules with relationships provides the basis for sound traceability mechanisms. Traceable interdependencies and attributes provide (i) clear evidence of adherence to standards through all stages from legal requirement to implementation, (ii) improve effectiveness and efficiency of review processes (e.g. questionnaires), and (iii) assist authors and readers in gathering information, thereby enabling them to understand all aspects re-

garding a specific topic. Attributed information modules may change the way information is dealt with by focusing on content rather than documents. To aid the learning process, e.g. after document updates, both the complete document and the updated modules with the highlighted changes may be displayed. Additional information is given via modules containing previous version(s) or background information, and is displayed according to user's pre-

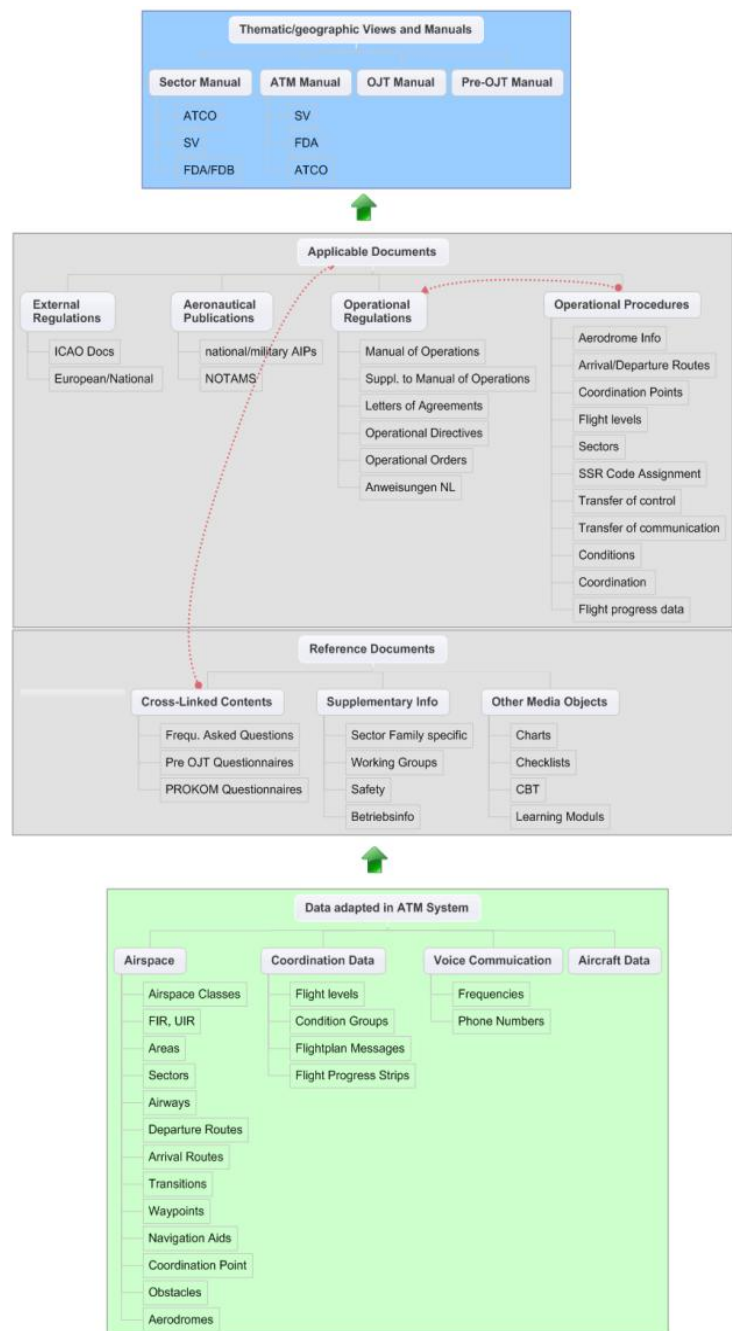


Fig. 6: Scope of extended methodology

ference. Personal remarks and links can be added, supporting individual learning goals for the individual.

- Cross-references and where-used-lists prevent potential inconsistencies caused by redundant use of data elements, like phone numbers, frequencies, waypoints and location indicators. A formalized approach using this data could provide the basis for checking documentation against the relevant data adapted in the ATM-system.
- Cross-references to data elements require consequent use of single sources and centralized repositories with dedicated responsibilities.
- Integration and cross-linking of other media types help to support and combine different learning styles and methods, since learning and knowledge acquisition is centered around operational documents, i.e. information modules.

There are minor but noticeable benefits which appear as side effects, when using an advanced editorial system capable of dealing with information modules. These benefits are not listed above and cover areas such as terminology support, automation of amendment service for predefined publication intervals, automated publication, etc.

The complexity of information an editorial system needs to cope with is shown in Fig. 6. This also gives a first impression showing the magnitude of the challenges that need to be addressed.

Conclusion

An incremental approach to methodology development reduces implementation risks by gathering fundamental knowledge at an early stage, and is a pre-requisite for learning, improvement and innovation. It is also well-suited for implementing changes in safety critical environments.

Utilizing existing know-how and resources to augment the available office infrastructure with built-in automation macros, provides a cost effective approach which may be implemented without a hitch. Past experience has shown that advanced document management, when effectively implemented, will pay for itself in the short- to medium-term.

However, information technology and sound methodologies on their own do not necessarily ensure successful document management. Optimised processes, good working practices and motivation cannot be expected to automatically follow. The working culture and attitude of the staff involved should evolve accordingly, and this evolution must be carefully planned and actively guided.

References

[1]	Commission Regulation EU No 73/2010 laying down requirements on the quality of aeronautical data and aeronautical information for the single European sky, 26 January 2010
[2]	Liker, Jeffrey: The Toyota Way, McGraw Hill, 2004
[3]	Manual of Operations Air Traffic Services – MO-ATS, DFS GmbH, Nov. 2010
[4]	ISO 15836:2009 Information and documentation – The Dublin Core metadata element set

Abbreviations

AIP	Aeronautical Information Publication
ATCO	Air Traffic Controller
ATM	Air Traffic Management
CBT	Computer Based Training
CENOR	Central Northern Region Flight Information Publication
FDA	Flight Data Assistant
HTML	Hypertext Markup Language
ISO	International Organization for Standardization
MO-ATS	Manual of operations – Air Traffic Services
NOTAM	Notice to Airmen
OJT	On-the-job-Training
PDF	Portable Document Format
PROKOM	Programm zum Erhalt und zur Steigerung von Fachkompetenz und Professionalität
SV	Supervisor
XML	Extensible Markup Language

Funkfeldanalyse basierend auf AMOR-Netzwerkkomponenten

Roman Raekow (SIS/RME), Harald Fischer (TE/A)

Einleitung

Im Rahmen der vom Bereich F&E betreuten Diplomarbeit „Funkfeldanalyse von Sekundärradar-kanälen“ wurde in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahres eine neue Analysemethode zur Bestimmung der Funkfeldlast auf den beiden Radarfrequenzen 1030 MHz und 1090 MHz entwickelt. Ziel war es, eine Echtzeitauswertung der aktuellen Funkfeldbelastung mit geringem Hardware-Aufwand zu erreichen.

Der DFS Bereich Forschung und Entwicklung installiert im Rahmen des Projektes AMOR (ACAS-Monitor) ein Sensornetzwerk, mit dem die Meldungen der TCAS-Systeme und ADS-B Meldungen empfangen werden können. Die eingesetzten Empfänger der Firma THALES können aber neben den TCAS und ADS-B Meldungen auch alle standardisierten Primär- und Sekundärradar-Abfragen sowie -Antworten decodieren. Damit können alle für das Funkfeld relevanten Telegrammtypen empfangen werden. Die Signale werden nach erfolgreicher Decodierung als digitale Datenpakete über eine Netzwerkschnittstelle ausgegeben. Basierend auf den vom Empfänger erfolgreich dekodierten Datenpaketen, wurden Methoden entwickelt, die Rückschlüsse auf das am Eingang des Empfängers anliegende analoge Signal zulassen.

Somit war es möglich, die Anforderung durch eine reine Softwarelösung, die keinerlei weitere Investitionen erfordert, zu realisieren. Durch die Nutzung vorhandener, bundesweit installierter Sensorik, könnten Messungen kontinuierlich und zentral von Langen aus für verschiedene Stellen in Deutschland erfolgen.

Situation

Der seit Jahren zunehmende Flugverkehr führt nicht nur zu einer höheren Belastung der Lufträume, sondern auch der für die Ortung der Luftfahrzeuge genutzten Radarfrequenzen. Dabei ist auf den beiden Kanälen, von denen 1030 MHz zur Abfrage von Flugzeugen und 1090 MHz für die Antworten der Flugzeuge verwendet werden,

eine Vielzahl von Diensten implementiert. So nutzt neben den „konventionellen“ SSR Diensten, wie Mode-A/C und Mode-S, auch das Bordkollisionsschutzsystem TCAS und ADS-B diese Frequenzen. Mit bisherigen Messsystemen war es möglich, kurze Einblicke in das Geschehen zu erlangen. Das CORAL-System¹ beispielsweise tastet das Basisbandsignal der Radarfrequenzen mit bis zu 20MHz ab und zeichnet es mit 8 Bit quantisiert auf. Danach wird innerhalb dieses Datensatzes nach Pulsen und schließlich nach Telegrammen gesucht. Diese Messmethode hat allerdings einen erheblichen manuellen und zeitlichen Aufwand zur Folge, sodass für die Analyse einiger Sekunden mehrere Werkzeuge benötigt werden. Ziel des neuen Systems war es, einen „Livemonitor“ zu schaffen, der kontinuierlich eine Übersicht der Funkfeldsituation darstellt. Daher musste für ein derartiges System ein neuer Ansatz gefunden werden.

Ansatz

Die Messung basiert auf dem Empfang des proprietären Datenformats der THALES-Empfänger. Diese geben für jedes decodierte Telegramm eines Flugzeuges oder einer Radaranlage ein UDP-Datenpaket aus. Kann ein Telegramm auf Grund von Störungen nicht decodiert werden, erzeugt der Empfänger keine Ausgabe. Es muss daher ein Algorithmus entwickelt werden, der anhand der decodierten Datenpakete eine Aussage über das Funkfeld treffen kann.

Doch wie kann das komplette Funkfeld beschrieben werden, wenn nur ein unbestimmter Anteil der Telegramme vorliegt? Der empfangene Anteil repräsentiert für das aktuelle Funkfeld den Prozentsatz der Telegramme, die decodierbar sind. Zusätzlich enthält das Funkfeld eine zunächst unbekannte Anzahl von Telegrammen, die aufgrund von Überlagerungen verworfen werden. Die präzise Schätzung dieses Wertes ist der Kern der Messmethode.

1

vgl. „TE im Fokus: 01/2006“ S.7ff

Modellbildung

Der digitale Ausgang des Empfängers kann als zeitdiskrete, stochastische Signalquelle $Y(\eta, k)$ aufgefasst werden, wobei k die Zeit ist, zu der der Empfänger ein UDP-Paket ausgibt und η eine endliche Anzahl an Musterfunktionen (Meldungstypen) darstellt.

Alle möglichen Meldungen, die definiert sind, bilden den Ereignisraum H .

$$H = \{\eta_1, \eta_2, \eta_3, \dots, \eta_m\}$$

Der THALES –Empfänger realisiert also zu unregelmäßigen Zeitpunkten eine der bekannten Meldungen η_i (z.B. eine Mode-S Antwort). Es muss in dem mathematischen Modell berücksichtigt werden, dass der Empfänger nicht in der Lage ist, alle Telegramme zu empfangen, was sich am einfachsten mit dem Modell eines m -wertigen Löschkkanals als Erweiterung eines „binary erasure channel“ [1]) beschreiben lässt.

Dies ist in Abb. 1 dargestellt. Nachdem der Empfänger das anliegende Zeitsignal *optimal* decodiert und in die Telegrammebene $Y(\eta, k)$ abgebildet hat, wird vor dem Ausgang ein Löschkkanal angenommen. Dieser Kanal überträgt die Meldungen η_i mit der Übertragungswahrscheinlichkeit $P_{ti}(k)$. Mit der Wahrscheinlichkeit $1 - P_{ti}(k)$ wird die eingehende Meldung gelöscht und erzeugt somit anstatt der Ausgabe η'_i die leere Ausgabe η_0 .

η_0 . Die Wahrscheinlichkeiten sind dabei immer von dem anliegenden Signal und somit von der zu messenden Größe, dem Funkfeld, abhängig. Des Weiteren besitzen die einzelnen Meldungen unterschiedliche Auftretswahrscheinlichkeiten. Für jede Musterfunktion η_i wird daher eine zeitabhängige Auftretswahrscheinlichkeit $P(\eta_i, k)$ definiert. Somit ist auch die Zusammensetzung des Funkfeldes, die Kombination aller Einzelwahrscheinlichkeiten, zeitabhängig.

Mit den Auftretswahrscheinlichkeiten der Musterfunktionen und der Übertragungswahrscheinlichkeit des Löschkkanals kann das am Ausgang des Empfängers liegende Signal $P_D(k)$ beschrieben werden

$$P_D(\eta_i, k) = P_{ti}(k) \cdot P(\eta_i, k)$$

Die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Telegramm erfolgreich decodiert wird, muss so genau wie möglich benannt werden können, bzw. für eine fehlerfreie Messung muss die Eigenschaft des Löschkkanals für genau diese Realisierung im Ereignisraum H bekannt sein. Für eine Funkfeldmessung müssen folglich die Wahrscheinlichkeiten P_{ti} für möglichst viele Realisierungen bekannt sein.

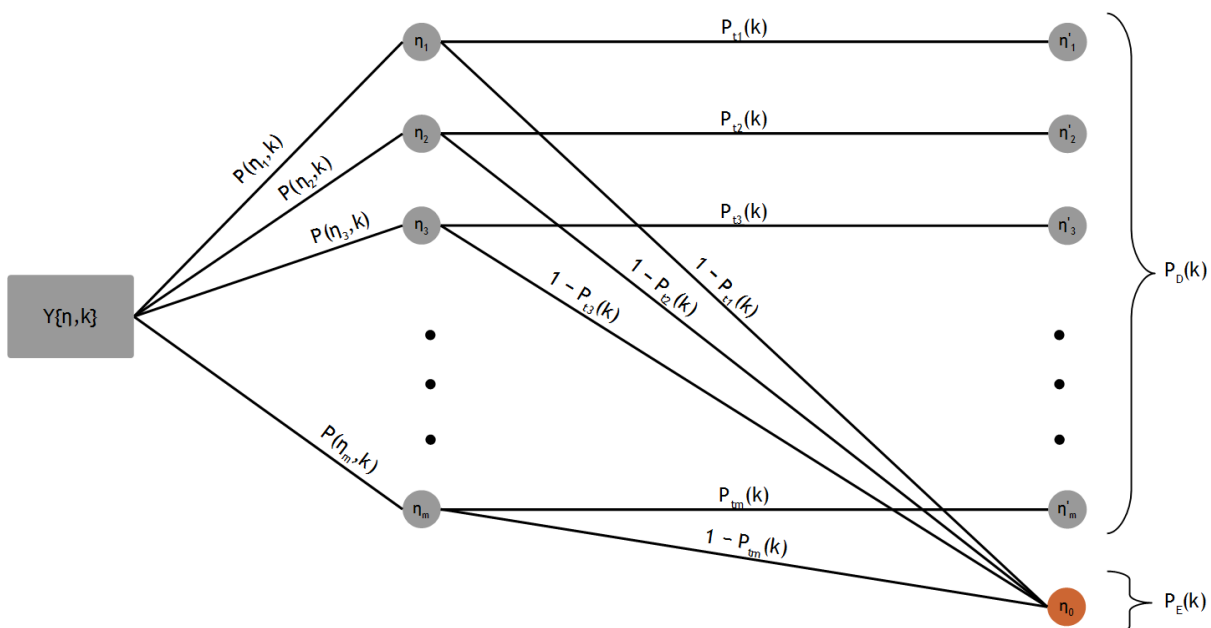


Abb.1: m -wertiger Löschkkanal

Umsetzung

Dieses statistische Modell beschreibt einen verlustbehafteten Empfänger. Sind diese Verluste genau beziffert, kann der Effekt, den der Empfänger auf die Messung hat, wieder herausgerechnet werden. Im Prinzip kommt dies der Kalibrierung eines Messinstrumentes gleich. Der systematische Fehler, den der Empfänger macht, kann durch die komplexe Softwarelösung für jede einzelne Messung neu bestimmt und dann herausgerechnet werden. Somit wird ein *zufälliger* Fehler in einen *systematischen* überführt.

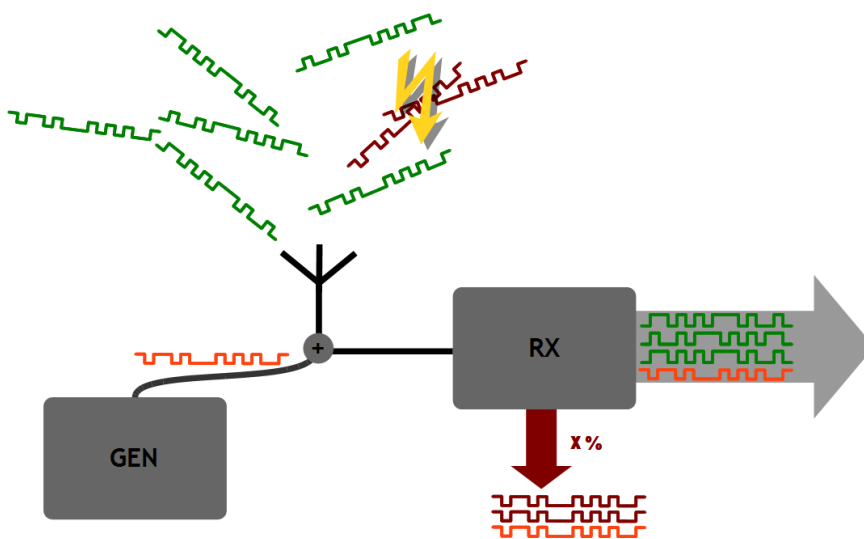


Abb. 2: Prinzip des RT-RFM

Hierfür wird dem Funkfeld mit dekodierbaren (grün) und überlagerten, nicht-dekodierbaren Telegrammen (braun) ein kleiner Teil an zusätzlichen Testtelegrammen (orange) aus einem Testgenerator GEN hinzugefügt (s. Abb. 2). Der Inhalt dieser Testtelegramme ist bekannt und kann prinzipiell am Ausgang des Empfängers RX wiedererkannt werden (Pfeil nach rechts). Allerdings unterliegen die Testtelegramme eines Telegrammtyps den gleichen Störungen wie die Telegramme des anliegenden Funkfeldes und sind somit teilweise nicht dekodierbar (Pfeil nach unten). Damit kann anhand der Differenz der eingespeisten und der detektierten Telegramme die Entdeckungswahrscheinlichkeit für diesen Telegrammtyp bestimmt werden.

Hintergrund für dieses Vorgehen ist, dass man am Ausgang des Empfängers keine Aussage darüber treffen kann, ob eine sinkende Telegrammfrequenz durch eine steigende oder sinkende Funkfeldbelastung erzeugt wurde. Die

Anzahl der Telegramme, die decodiert werden können, nimmt nämlich ebenfalls ab, obwohl die Funkfeldlast steigt, da Überlagerungen und Auslöschungen häufiger auftreten. Daher ist es wichtig möglichst viele entscheidende Parameter aufzunehmen, die die Situation definieren, unter der die Messwerte aufgenommen wurden.

Eine Aussage wie z.B.: „Mode-S long Telegramme mit einem Pegel von -74 dBm werden mit einer Wahrscheinlichkeit von 65 % entdeckt.“ ist immer nur für das in diesem Moment anliegende komplette Funkfeld gültig. Es ist daher notwendig, nicht nur einen Telegrammtyp, sondern die Parameter aller Telegramme zu erfassen. Dadurch ergibt sich eine große Anzahl von Abhängigkeiten. Die Isolation dieser Faktoren und die Entwicklung von Testszenarien, die den Einfluss jedes einzelnen Faktors durchspielen, würden sehr lange Zeit in Anspruch nehmen. Daher wurde für den Funkfeldmonitor eine *adaptive Parameterschätzung* implementiert, die einerseits eine Verbesserung des Systems während der Laufzeit

ermöglicht und andererseits nur die Abhängigkeiten auflöst, die in der Realität auch vorkommen. Damit wird die Datenmenge, die zur Beschreibung des Systems notwendig ist, auf das notwendige Maß begrenzt. Gleichzeitig wird durch das „Lernen“ der Software ein genaues und aktuelles Abbild der Funkfeldsituation hergestellt. Das Messsystem stellt sich auf Veränderungen des Messobjektes ein.

Dies wird durch sogenannte *Trainingssequenzen* erreicht: Mit einem Signalgenerator werden Testtelegramme jeden Typs mit unterschiedlicher Wiederholrate und unterschiedlichem Pegel erzeugt. Der bekannte Inhalt wird am Ausgang des Empfängers empfangen und die Verlustrate berechnet. Das System merkt sich zu dieser Verlustrate alle weiteren Systemparameter - die zu dieser Wahrscheinlichkeit P_i gehörende Realisierung aus H , siehe oben. Somit ist für diesen Fall der systematische Fehler des Systems ermittelt

und kann bei weiterem Auftreten eliminiert werden.

Die Software wird zu Beginn der Kalibrierung immer neue Situationen *kennenlernen*. Trifft sie aber auf Bekanntes, so werden die Parameter präzisiert. Damit werden die Parameter mit der Zeit immer präziser. In Abbildung 3 ist das Prinzip dargestellt. Zu Beginn der *Lernphase* werden immer neue Situationen angetroffen, die Software *lernt* immer neu und erzeugt jedes Mal einen neuen Datensatz (rote Kurve). Mit der Zeit werden immer öfter *bekannte* Situationen angetroffen, dadurch werden die bereits vorhandenen Einträge präzisiert. Wie häufig die Einträge wiedergefunden wurden, zeigt die grüne Kurve. Lässt man die Software lange genug lernen, werden kaum neue Einträge erzeugt, die alten aber immer präziser (Die grüne Kurve steigt an).

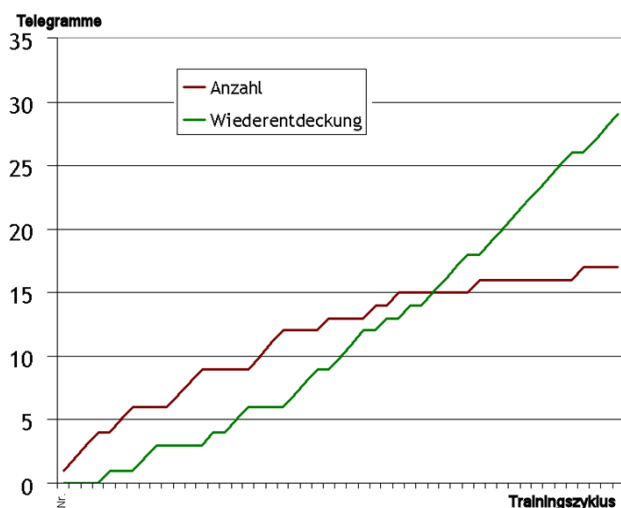


Abb. 3: Fortschritt der Lernphase

Der Verlauf der Kurven wird durch verschiedene Parameter beeinflusst. Werden die zulässigen Abweichungen einzelner Parameter, die zur Beurteilung zweier Funkfeldsituationen als gleich herangezogen werden, verringert, so werden seltener *gleiche* Funkfelder gefunden. Die rote Kurve würde in diesem Fall länger steil ansteigen und erst bei einer größeren Anzahl an Einträgen abflachen. Der Preis der höheren Präzision ist die längere *Lernphase*, die benötigt wird, um einen Großteil der Funkfeldsituationen kennenzulernen.

Alle definierten Parameter, die ein Funkfeld beschreiben, werden in einem charakteristischen Datensatz festgehalten. Dies sind im Einzelnen:

- **Telegramme pro Sekunde:**

Ein allgemeiner Parameter für die aktuelle Telegrammlast im Funkfeld, die Testtelegramme werden mitgezählt.

- **Prozent und Anzahl der entdeckten Testtelegramme:**

Speist man zusätzliche Telegramme mit einem bestimmten Dateninhalt ein, kann die Anwendung nach diesen Telegrammen suchen. Sie errechnet aus der Menge der eingespeisten Telegramme, die bekannt sein muss, den Prozentsatz und die Anzahl derer, die erfolgreich decodiert worden sind.

- **Anteil der einzelnen Modi am Funkfeld:**

Hier wird eine Liste mit Prozentangaben der einzelnen Modi im Funkfeld angelegt. Es ist zu erwarten, dass ein Funkfeld, in dem sehr viele lange Telegramme enthalten sind, andere Eigenschaften aufweist, als eines mit kurzen (z.B. Mode-S short und Mode-S long downlink Telegramme).

- **Durchschnittspegel der Test- und aller Telegramme:**

Zu jedem Telegrammtyp wird der Empfangspegel mitgegeben. Diese Werte können ebenfalls Aufschluss über die Art des Funkfeldes geben.

- **Variationskoeffizient der Test- und aller Telegramme:**

Neben dem Mittelwert ist eine zweite Eigenschaft des Funkfeldes, die Varianz entscheidend. Da die Mittelwerte jedoch stark schwanken können, wird anstatt der Varianz der Variationskoeffizient der Testtelegramme abgespeichert.

Zu beachten ist hier, dass diese Werte für *jeden einzelnen* Telegrammtyp bestimmt werden. Damit enthält jeder Datensatz eine komplette statistische Erfassung des Funkfeldes. Zusätzlich werden die Empfangswahrscheinlichkeiten für jeden Telegrammtyp in Abhängigkeit seines Pegels abgelegt, sofern dieser bekannt ist

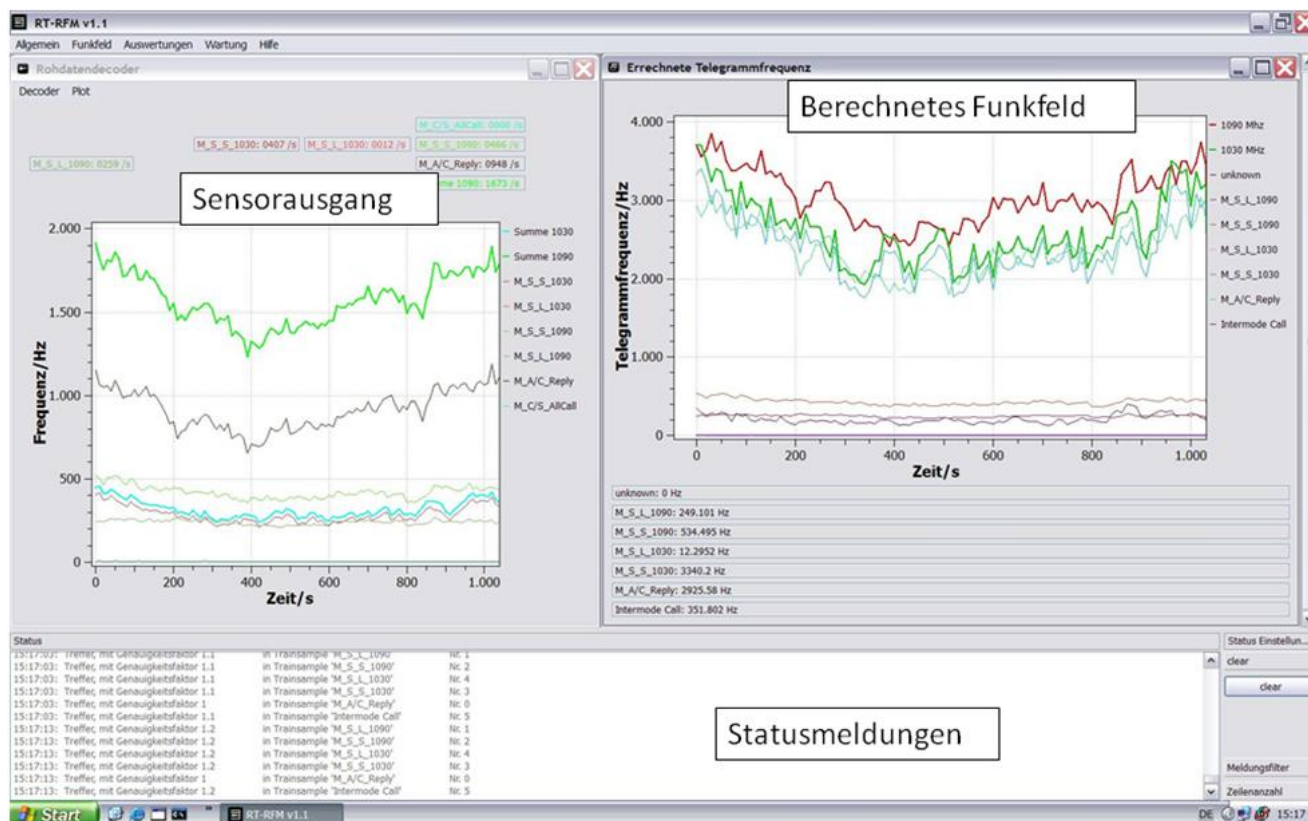


Abb. 4: Bedienerchnittstelle

Anwendung

Da alle oben genannten Schritte für jeden Telegrammtyp einzeln vorgenommen werden müssen, nimmt die Zeit der *Lernphase* einige Zeit in Anspruch. Da das Funkfeld tageszeitabhängig ist, sollte mindestens ein Tag pro Telegrammtyp trainiert werden. Um die Trainingsphase nutzerfreundlich zu gestalten, wurde ein teilautomatisiertes Verfahren entwickelt, das mit einfachen zusätzlichen Mitteln auch vollautomatisiert ablaufen könnte.

Nach der Trainingsphase kann der Messmodus aktiviert werden. Im Messmodus werden zunächst die pro Zeiteinheit vom THALES – Empfänger dekodierten Telegramme erfasst. Danach vergleicht die Software dieses aktuelle Funkfeld mit den Parametersätzen der Trainings und ordnet ein bekanntes Funkfeld zu. Mit Hilfe der abgelegten Korrekturfaktoren für die Verlustrate wird das am Empfängeranfang anliegende Funkfeld berechnet. Kann die Software keinen Parametersatz unmittelbar zuordnen, werden die Kriterien des Suchalgorithmus sukzessive erweitert, bis ein passendes Funkfeld identifiziert ist. Abb. 4 zeigt die Bedienerchnittstelle im Mess-

modus. Links oben ist der zeitliche Verlauf der vom Sensor gelieferten Telegramme dargestellt, rechts daneben die korrigierten Werte unter Berücksichtigung des Funkfeldes. Im unteren Bereich werden Statusmeldungen angezeigt.

Die erzielten Ergebnisse lassen sich somit in Echtzeit beobachten. Sie werden außerdem in einem Datenbanksystem abgelegt und stehen zur späteren Auswertung zur Verfügung.

Es sind somit zum ersten Mal Echtzeitdarstellungen der Funkfeldlast möglich. Die Beobachtung von Trends in Tages- Wochen und Jahresgängen der Funkfeldlast können ebenfalls vollautomatisch ausgewertet werden.

Ein weiterer großer Vorteil dieser Messmethode ist die Möglichkeit, das System flächendeckend in Deutschland einzusetzen. Durch das AMOR-Netz kann bei entsprechender Kanalkapazität eine Messung an jedem Empfängerstandort von Langen aus durchgeführt werden.

Ausblick

Die Pläne für eine kontinuierliche Aufzeichnung der Funkfeldsituation in Langen sind gefasst und sollen bald umgesetzt werden. Da es *die* richtige Messmethode für die gestellte Aufgabe nicht gibt, können die Ergebnisse, die frühere Systeme erzielt haben, nur eingeschränkt mit den aktuellen verglichen werden. Läuft die Software allerdings über einen längeren Zeitraum, so können Trends gut erkannt werden. Schon jetzt sind weitreichende Auswertungen möglich, außerdem sind durch die Verwendung von SQL-Datenbanken eine nachträgliche Abfrage und Verknüpfungen der Ergebnisse möglich.

Der deutschlandweiten Überwachung des Funkfeldes steht zurzeit noch die geringe Leitungskapazität der einzelnen AMOR-Standorte entgegen. Allerdings sind auch dafür bereits Lösungsansätze vorhanden. Die Datenrate könnte durch Komprimierung reduziert werden oder aber die Auswertung erfolgt vor Ort und lediglich die Messergebnisse werden übertragen.

Weitere Verbesserungsmöglichkeiten des Funkfeldmonitors wären sind:

- Überarbeitung des Suchalgorithmus
- Ausweitung der Leitungskapazität der AMOR-Standorte
- Erweiterte automatische *Lernphasen*
- Erweiterte Auswertungstools

Die Software wurde mit vielen Schnittstellen versehen, sodass eine leichte Erweiterung möglich ist.

Fazit

Die DFS hat mit der Beschreibung der Funkfeldbelastung durch eine reine Softwarelösung messtechnisches Neuland betreten. Die verwendete Methode ist kostengünstiger und effizienter als alle vorherigen und basiert auf bereits vorhandener Infrastruktur.

Mit Hilfe von statistischen und systemtheoretischen Verfahren konnte eine effektive Lösung zu einem Thema gefunden werden, das die DFS schon lange beschäftigt.

Abkürzungen

ACAS	Airborne Collision Avoidance System
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance-Broadcast
AMOR	ACAS Monitor
DSL	Digital Subscriber Line
GUI	Graphical user interface
SSR	Secondary Surveillance Radar
TCAS	Traffic Alert and Collision Avoidance System
UDP	User Datagram Protocol

Literatur

[1]	http://en.wikipedia.org/wiki/Binary_eraser_channel
-----	---

Impressum:

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

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

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

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

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

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

Printversion: ISSN 1861-6364

Internet-Version: ISSN 1861-6372

COPYRIGHT

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

Copyright © 2011 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.