

2/03



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



DFS Deutsche Flugsicherung



Inhalt

Dr. Roland Mallwitz	
Luftraumüberwachung mit Multilateration - Eine Studie für den GB CNS	2
Oliver Haßa	
Echtzeit-Simulationen für das Projekt NEON	7
Andreas Udovic, Heinz Thomas	
Unmanned Aerial Vehicles (UAV) – Simulation von Verfahren bei TE	10
Udo Gebelein, Dr. Andreas Herber	
Das neue F&E-Portal im DFS Intranet.....	15
Impressum	18

Druckdatum dieser Ausgabe: 27. November 2003

Luftraumüberwachung mit Multilateration

Eine Studie für den GB CNS

Roland Mallwitz, TEA

Einleitung

Derzeit gibt es verschiedene Entwicklungen im Bereich der Surveillance Technologien. In der Vergangenheit waren Primärradar (PSR) als unabhängiges System und Sekundärradar (SSR) als kooperatives, unabhängiges System zur Bestimmung der Position eines Flugzieles, der Höhe und der Identifikation die tragenden Säulen der Luftraumüberwachung. Neben der evolutionären Entwicklung für Lufträume hoher Verkehrsdichte auf der Basis von SSR Mode S gibt es heute mehrere parallele Entwicklungen. Für Anwendungen im Flughafenbereich, und dort speziell am Boden, kommen mehr und mehr Multilaterationssysteme auf der Basis von SSR-Signalen und unterstützt von einer PSR-Komponente zum Einsatz. Es zeichnen sich langfristig hybride Systeme ab, die eventuell auf verschiedenen Diensten mit unterschiedlichen Technologien aufbauen.

Hintergrund

Im Projekt COMOS werden derzeit 12 Mode S Radaranlagen in Betrieb genommen. Diese werden 2005 in Betrieb sein. In den Vertrag aufgenommen wurde eine Option, dass auch alle weiteren von der DFS betriebenen Radaranlagen auf Mode S umgerüstet werden könnten. Ob diese Option genutzt wird ist noch nicht entschieden.

Nach der Entscheidung für Mode S Enhanced Surveillance in der europäischen Core-Area (D, F, UK, Maastricht UAC) sind weitere Entscheidungen gefallen. Weltweit wird Mode S Extended Squitter als global interoperabel und damit prädestiniert für die ADS-B Implementierung angesehen. Airbus und Boeing werden in der kommenden Flugzeuggeneration ADS-B mit Mode S Extended Squitter-Fähigkeit implementieren.

Der GB CNS hat u.a. aus diesen Gründen TE mit der Erstellung einer Studie beauftragt. In der Studie werden die mit Multilateration als Überwachungssensor verbundenen Aspekte beleuchtet. Im Vordergrund stehen die (technischen) Rand-

bedingungen und eine daraus resultierende Entwicklung verschiedener Nutzungsszenarien. Die Anbindung an ATM-Systeme wird nicht vertieft, zumal durch die Änderung der Sensorik nicht zwingend auch sofort Änderungen in den ATM-Systemen einher gehen müssen.

Was ist Multilateration ?

Multilateration ist ein Ortungsverfahren, bei dem vom Zielobjekt ausgesendete Signale von räumlich verteilten Sensoren empfangen werden und eine Positionsbestimmung mittels „Time Difference Of Arrival (TDOA)“ Messung erfolgt. Es handelt sich hier um ein kooperatives Verfahren, bei dem ein ausgestrahltes Signal von mehreren Sensoren empfangen wird. In einem rein passiven Betrieb ist zwar der Sendezeitpunkt nicht bekannt, wohl aber die Koordinaten der Sensoren. Aus der Differenz der Empfangszeiten an verschiedenen Sensoren (= Laufzeitdifferenzen) kann damit eine Position errechnet werden. Das bedeutet implizit, dass grundsätzlich mehrere Sensoren zur Positionsbestimmung notwendig sind (Abb. 1).

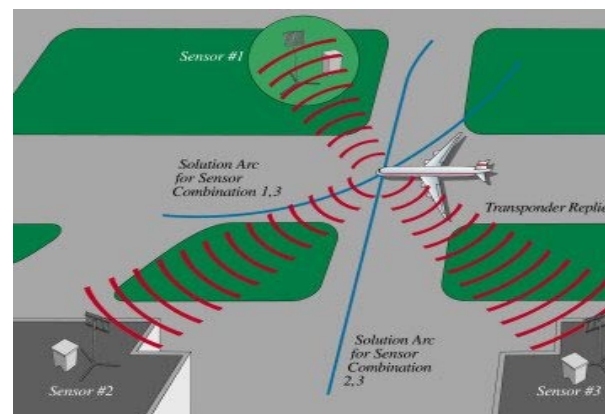


Abb. 1: Prinzip der Anwendung von Multilateration auf der Flughafenoberfläche

Für eine Bestimmung der Position in der Ebene (2D, z.B. auf der Flughafenoberfläche) sind mindestens 3 Sensoren notwendig, für die Positionsbestimmung im dreidimensionalen Raum

(3D) mindestens 4 Sensoren. Zusätzlich wird i.a. mindestens eine der Empfangsstationen mit einem Sender für Abfragen ausgestattet.

Die Auslegung eines solchen Systems hängt von den Anforderungen ab. Ohne Hindernisse und Reflektionsflächen ist die o.a. Minimalanforderung ausreichend. Die real notwendige Anzahl von Sensoren wird aber durch die geforderte Entdeckungswahrscheinlichkeit, Genauigkeit und Wiederholrate bestimmt. Zur Vermeidung von unzulässigen Meldungsverlusten durch Abschattungen, Reflektionen und zur Sicherstellung der Reichweite wird bei komplexeren Bodenstrukturen die Anzahl der Sensoren erhöht werden müssen.

Das Verfahren lässt sich grundsätzlich auf eine Vielzahl von Signalformen in verschiedenen Frequenzbereichen anwenden. Die Größe des Messfehlers wird im passiven System dabei innerhalb des von den Sensoren aufgespannten Gebietes bestimmt durch

- die Flankensteilheit (und Bandbreite) des Empfangssignals;
- die Anzahl der Sensoren;
- der Positionierungsgenauigkeit der Sensoren.

Aus den genannten Gründen werden in der zivilen Luftfahrt für Multilaterationsanwendungen als Signale heute typischerweise SSR-Signale mit stationären Empfangssensoren verwendet. Wesentliche Funktion in einem heutigen, weitgehend passiven System ist die Integration von einem oder mehreren Referenztranspondern zur häufigen Kalibration im Betrieb und zur frühzeitigen Erkennung von Fehlfunktionen. Diese Kalibration wird mittels einer gesteuerten Abfrage und der Auswertung der Antworten in den Empfangssensoren durchgeführt. Verbesserungspotential bietet sich durch diesen vorhandenen Sender für gezielte Abfragen an solche Transponder, deren Update nicht mit der gewünschten Erneuerungsrate empfangen wird.

Stärken und Schwächen

Die wesentlichen Stärken der Multilateration liegen in der hohen Datenerneuerungsrate, die schon durch den ein Mal pro Sekunde automatisch ausgesandten Akquisitionssquitter von Mode S ausgerüsteten Flugzeugen gewährleistet

wird. Insbesondere in Gebieten mit Radarmehrfachüberdeckung werden in der Luft auch konventionell ausgerüstete Mode A/C-Ziele erfasst. Durch die weitgehend passive Nutzung wird nur geringe zusätzliche Kanalbelastung impliziert. Bei Nutzung des SSR Antwortkanals (1090 MHz) ist kein zusätzliches Frequenzspektrum notwendig, ggf. eine notwendige aktive Validierung nutzt den standardisierten Abfragekanal. Der Wartungsaufwand kann reduziert werden, da für solche Systeme keine rotierenden Antennen verwendet werden. Trotzdem wird eine hohe Systemzuverlässigkeit erwartet.

Generell reicht der Erfassungsbereich von En-Route bis zum Boden. Dabei werden im Flughafennahbereich hohe Genauigkeiten bei der Messung einer Position (2D) im zweidimensionalen „Raum“ erzielt (< 20m).

Ein weiterer Vorteil bietet sich durch die hohe Flexibilität. Der geringere bauliche Aufwand erlaubt ein einfacheres Wechseln oder Ergänzen von Standorten bei Bedarf. Die Sensoren sind gleichzeitig als Boden-Empfangsstationen für ADS-B auf Basis Mode S Extended Squitter nutzbar.

In jedem Fall erfordert das Multilaterationssystem eine kooperative Bordkomponente (z.B. Mode S Transponder). Der Ausrüstungsgrad der kommerziellen Luftfahrt in Deutschland ist derzeit größer 90%, auch zu Zeiten mit hohem VFR-Anteil werden mehr als 60% erreicht.

Die Erwartung geringerer Kosten muss den Anforderungen an das System gegenüber gestellt werden. Diese sind in Lufträumen besonders hoch, in denen heute Radarüberwachung genutzt wird. Frühe Untersuchungen zeigen, dass für den deutschen Luftraum omnidirektionale Antennen durch das hohe Frühaufkommen nur mit geringen Reichweiten (ca. 30 NM) eingesetzt werden können /1/. Zwar haben hier Weiterentwicklungen stattgefunden, die Reichweite bleibt aber begrenzt. Trotzdem kann diese Variante für Anwendungen (Regionalf Flughäfen, Gap-Filler) angemessen sein.

Verbesserungen schaffen hier sektorisierte Antennen, die durch eigenen Gewinn größere Reichweiten erzielen und dabei Bereiche außerhalb des Antennensektors ausblenden. Damit werden für eine En-Route-Station aber zusätzliche Empfänger und eine entsprechende Daten-

verarbeitung notwendig. Versuche haben aber gezeigt, dass unter diesen Voraussetzungen dann auch Radar-adäquate Reichweiten im deutschen Luftraum zu erzielen sind /2/. Allerdings ist zu beachten, dass möglicherweise für eine aktive Abfrage notwendige Komponenten des Multilaterationssystems wegen der erforderlichen hohen Sendeleistung (die üblicherweise durch den Gewinn der Radarantenne garantiert wird) kostenintensiv (und wartungsanfällig?) ausfallen werden. Ebenso muss berücksichtigt werden, dass für die flächendeckende Abdeckung geringer Flughöhen nicht von der Minimalanzahl von Sensoren ausgegangen werden kann.

Aus Sicherheitsgründen müssen Ziele auch bei Ausfall der kooperativen Komponente an Bord des Flugzeugs erfassbar sein. Deshalb müssen wesentliche Teile der Radarinfrastruktur erhalten bleiben, solange eine Verpflichtung zur Primärabdeckung des Luftraumes gegeben ist. Eine Omni-Antenne könnte ggf. auf der rotierenden Primärradarantenne montiert werden. Dieser Ansatz ist aber für Sektorantennen nicht sinnvoll. Noch unwahrscheinlicher ist die Montage einer Primärradarantenne auf einen Multilaterationssensor (Bauhöhe, Tragkraft). Es bleibt deshalb die Kombination PSR/SSR immer dort sinnvoll, wo auf eine PSR-Komponente nicht verzichtet werden kann.

Die Vielzahl verteilter Sensoren macht zusätzliche Infrastrukturmaßnahmen notwendig. Es müssen neue Standorte gesucht, begutachtet und ggf. angemietet werden. Um die Vorteile der Multilateration nutzen zu können, muss der zu überwachende Bereich innerhalb der Sensoren liegen. Für Anwendungen im Flughafennahbereich und En-Route bedeutet das neue Standorte außerhalb bestehender luftfahrtnaher Strukturen. Diese Standorte bedürfen mindestens der Anbindung von Strom und Datenübertragung. Bei der möglichen „Leichtbauweise“ (im Vergleich zum Radarturm) werden auch Beschädigungen durch Vandalismus wahrscheinlicher.

Entwicklungsperspektive

Aus heutiger Sicht hat jedes der für Überwachung zur Verfügung stehenden Systeme, Radar, Multilateration oder ADS-B, bestimmte Schwächen bezogen auf Sensorik und Entwick-

lungsstand. Diese Schwächen lassen sich möglicherweise durch Kombination mit einem der anderen Systeme kompensieren.

Prinzipiell unterstützen die verschiedenen Techniken der Überwachung unterschiedliche Funktionen. Primärradar als unabhängiges Messsystem liefert eine Position. Multilateration als rein passives System liefert auf der Basis des Squitters eine Position und eine Identifikation (24 Bit Aircraft Address). Ebenso liefern Mode A Abfragen eines Radars Informationen zur Position und begrenzte Informationen zur Identität. Mit Mode C liefert das Radar dann auch die Flughöhe, die auch über Mode S elementary abgedeckt ist. Hierbei ist zu beachten, dass die angesprochenen Informationen in verschiedener Qualität vorliegen. Mit konventionellem (M)SSR werden die begrenzten Möglichkeiten der 4096 SSR Codes genutzt. Mode S Elementary Surveillance liefert zusätzlich die eindeutige 24 Bit Adresse und das Call-Sign. Mit Mode S Enhanced Surveillance, ADS-C/B oder Voice Position Reports wird die Übertragung zusätzlicher Daten möglich. Abb. 2 fasst dieses zusammen.

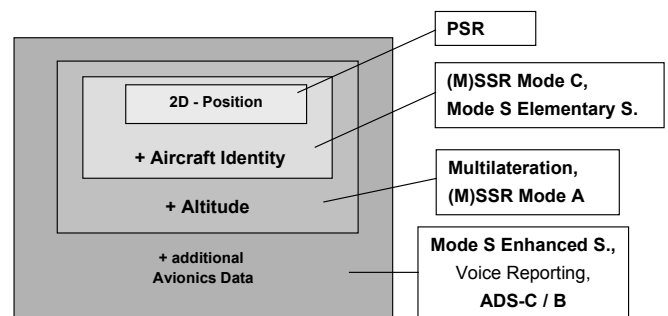


Abb. 2: Informationsfluss mit verschiedenen Überwachungstechniken

Neben dem Informationsfluss, der die Vorteile hybrider Systeme nahe legt, sind weitere technische Parameter in Betracht zu ziehen. Wegen der unterschiedlichen Auslegungen ist ein Vergleich der Technologien nicht nur der Vergleich von Zahlen. Zu beachten sind auch verschiedene Randbedingungen. Als Multilaterationssystem wird im folgenden eines auf der Basis von Mode S Transpondern angenommen.

Der vorgegebene Erhalt einer Primärradarinfrastruktur kann durch Mode S Radaranlagen ergänzt werden. Damit wird in Lufträumen hoher Verkehrsdichte die Abfragefähigkeit für kooperative Bordsysteme erhalten und die notwendige

Redundanz gewährleistet. Folgende Kombinationen scheinen im ersten Schritt am besten geeignet, eine evolutionäre Weiterentwicklung des Überwachungssystems zu unterstützen:

- Für Flughäfen scheint eine Kombination aus PSR und Multilateration am besten geeignet.
- Im Flughafennahbereich kann Multilateration die bestehende Radarinfrastruktur ergänzen und ggf. eine vorhandene zweite Platzanlage ersetzen.
- Für En-Route-Anwendungen bieten sich in jedem Fall Ergänzungen der bestehenden Infrastruktur zum Schliessen von Erfassungslücken an. In wie weit bestehende Radaranlagen durch Multilateration ersetzt werden können sollte mit einem entsprechenden Experimentalprogramm geprüft werden.

ADS-B erscheint nicht in der o.a. Aufzählung, weil derzeit von der DFS keine Gebiete mit prozeduraler Überwachung betreut werden. Nur in diesen Gebieten zahlt sich der Aufbau einer ADS-B Infrastruktur kurzfristig aus. In allen anderen Gebieten ist für die Übergangsphase doppelte Infrastruktur vorzuhalten. Auch als komplementäres Medium ist ADS-B erst geeignet, wenn alle zu überwachenden Luftfahrzeuge ausgerüstet sind. Das Multilaterationssystem bietet dabei in Zukunft die Möglichkeit Überwachung auch bei defekter Navigation eines einzelnen oder aller Luftraumnutzer zu gewährleisten, solange ein kooperatives System an Bord arbeitet. Allerdings sind schon heute (fast) alle Multilaterationssysteme auch ADS-B fähig. Durch diese Integration wird frühzeitiges Experimentieren ermöglicht, langfristig die Möglichkeit zu einem evolutionären Übergang in der Technik geboten, mit denen auch betriebliche Weiterentwicklungen unterstützt werden können

Die Implementierung eines ersten experimentellen Multilaterationssystems bietet die Chance, Erfahrungen zu sammeln und damit ggf. den teilweisen Ersatz bestehender konventioneller Radaranlagen vorzubereiten. Die gewonnenen Erkenntnisse können schon kurze Zeit nach Implementierung eine gute Basis bilden für Entscheidungen bezüglich der Einführung von ADS-B, der Reduzierung von Radaranlagen und der Auslegung eines komplementären Back-up-Systems.

Fazit

Durch den hohen Anteil an Erschließungskosten und der hohen Anforderungen in verkehrsreichen Gebieten ist kurzfristig kein kostengünstiger Ersatz der Radarinfrastruktur umsetzbar. Die Kosten für eine gesicherte Überdeckung übersteigen derzeit noch die Kosten für eine Radaranlage. Allerdings könnte mittelfristig

- durch sinkende Kosten wegen größerer Stückzahlen,
- mit steigender ADS-B Population in der Luft und
- einer geeigneten Kombination mit Mode S-Einfachüberdeckung

der Aufwand für die Kalibrierung und die Kosten des Multilaterationssystems insgesamt um 30% gesenkt werden. Damit kämen die Kosten für komplexe Anlagen in den Bereich von Radar, mit einfacheren Anlagen könnten gegenüber einer zusätzlichen Radaranlage diese 30% gespart werden.

Bei kostengünstiger Implementierung von Multilaterationssystemen mit integrierter ADS-B Datenauswertung wäre langfristig (2020+) folgende Systemarchitektur (s. Abb. 3) denkbar:

1. Einfachüberdeckung des En-Route-Luftraums mit PSR und Mode S Radaranlagen zum Erhalt der Abfragefunktion
2. Hinterlegung der En-Route-Radarinfrastruktur durch ein passives ADS-B fähiges Multilaterationssystem
3. Überwachung der Flughafennahbereiche mit PSR, Mode S Radar und ADS-B fähigem Multilaterationssystem („major airports“) oder PSR und redundantes ADS-B fähiges Multilaterationssystem mit Abfragefähigkeit
4. Überwachung der Flughäfen mit ADS-B fähigem Multilaterationssystem mit Abfragefähigkeit und „major airports“ zusätzlich mit PSR.

Referenzen

<p>/1/ ESG; ACAS Interferenzbegrenzung und Mode S Extended Squitter, München, 1996</p> <p>/2/ DFS; PEGASUS – Performance Experiments in Germany on ADS-B using Mode S Extended squitter, TE im Fokus 01/2000, Langen, 2000</p> <p>/3/ DFS, FAA, Eurocontrol; PEGASUS – Measurement of 1090 MHz Extended Squitter Performance and the 1030 / 1090 MHz Environment in Frankfurt, Germany, auch DOT/FAA/ND-01/1, Frankfurt, Washington DC, 2001</p> <p>/4/ FAA, Surveillance Alternatives: Cost Estimates and Technical Considerations for the En Route Domain, Volpe National Transportations Systems Center, 1998</p> <p>/5/ DFS, Functional Infrastructure R&D, FIRD V6</p> <p>/6/ Rannoch Corporation, Precision tracking for surface, terminal and en route applications, Alexandria VA, 2001</p> <p>/7/ ERA, Passive Surveillance System – PSS VERA, Pardubice, 1997</p> <p>/8/ Kubecek, Svoboda; The Czech Passive Surveillance System for Air Traffic Control, Journal of ATC, January-March 1997</p> <p>/9/ Cardion (Sensis), Performance Analysis of the Cooperative Area Precision Tracking System for use in Precision Approach Radar Monitoring at Frankfurt Airport, Woodbury NY, 1995</p> <p>/10/ Besada, Garcia, de Miguel, Portillo, Casar; Analysis of aeronautical surveillance technologies, 3rd R&D Symposium Madrid, 2002</p>	<p>/11/ Boeing, Air Traffic Management, Phase 1: System Performance Requirements Document, 2002</p> <p>/12/ Eurocontrol, A SURVEILLANCE STRATEGY FOR ECAC, 1997</p> <p>/13/ Eurocontrol, Surveillance Functional Architecture, Draft, SUR3.ET2.ST03.1100, 2001</p> <p>/14/ Roke Manor Research Ltd., Precision Position Fixing Using Multilateration, 2001</p>
--	--

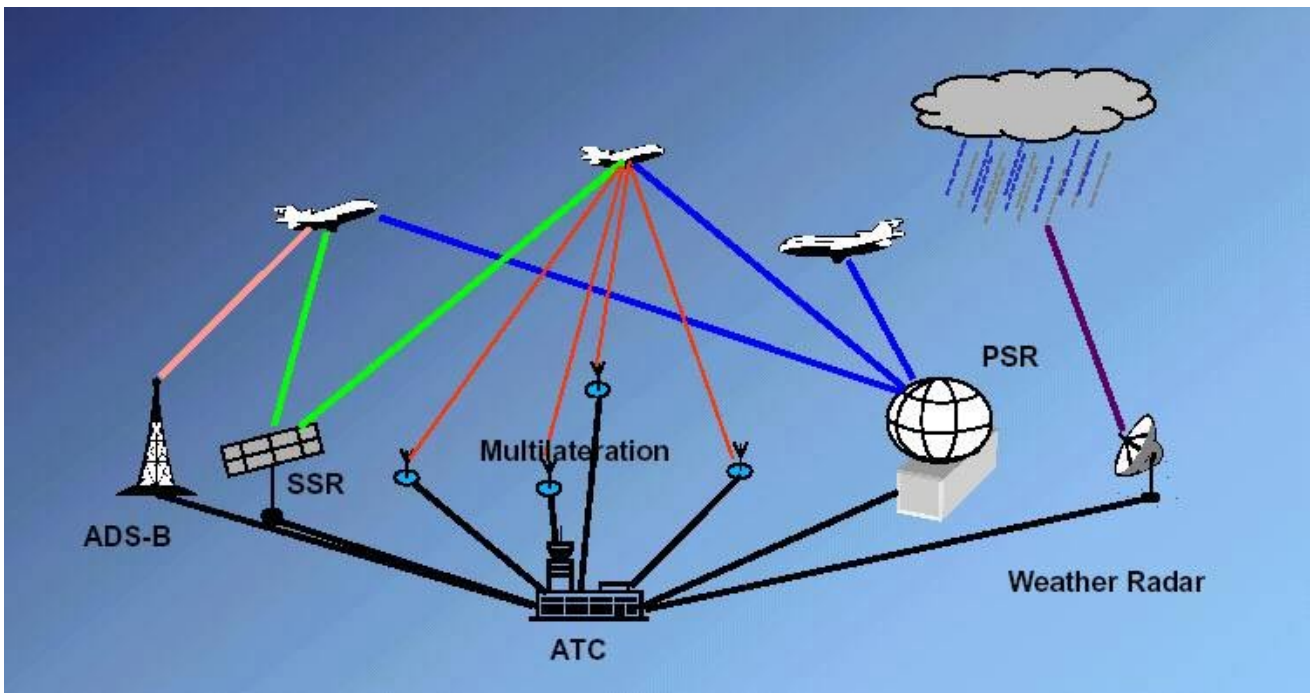


Abb. 3: Das Überwachungssystem der Zukunft ?

Echtzeit-Simulationen für das Projekt NEON

Oliver Haßa, TEH

Einleitung

Hinter dem Projekt NEON (New Organisation Nattenheim area) verbirgt sich die Neuordnung des Luftraumes südöstlich des Funkfeuers Nattenheim.

Die Neuordnung des Luftraumes wurde nötig, um dem Militär einen größeren Übungsflugraum zur Verfügung zu stellen. Die DFS erhielt vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen (BMVBW) sowie dem Verteidigungsministerium den Auftrag, die Temporary Reserved Airspace (TRA) 205 und 305 neu zu gestalten.

Mit der Vergrößerung der TRA 205/305 verzichtet die Bundeswehr auf ihren Übungsflugraum in der Eifel (TRA204).

Die Änderung des Luftraumes ist am 27.11.2003 in Kraft getreten.

Die neue TRA 205/305

Der zeitweilig reservierte Luftraum südöstlich des Funkfeuers Nattenheim trägt die Bezeichnung TRA205 (Unterer Luftraum) und TRA305 (Oberer Luftraum). Dieser militärische Übungsflugraum beginnt in Flugfläche 100 und ist nach oben nicht limitiert.

Die neue TRA LAUTER (TRA 205/305) wird ca. 40 mal 80 Nautische Meilen umfassen. Damit ist sie um rund 40 Prozent größer als die bisherige TRA.

Betroffen von der neuen Luftraumstruktur sind die Kontrollzentralen (Area Control Center, ACC)

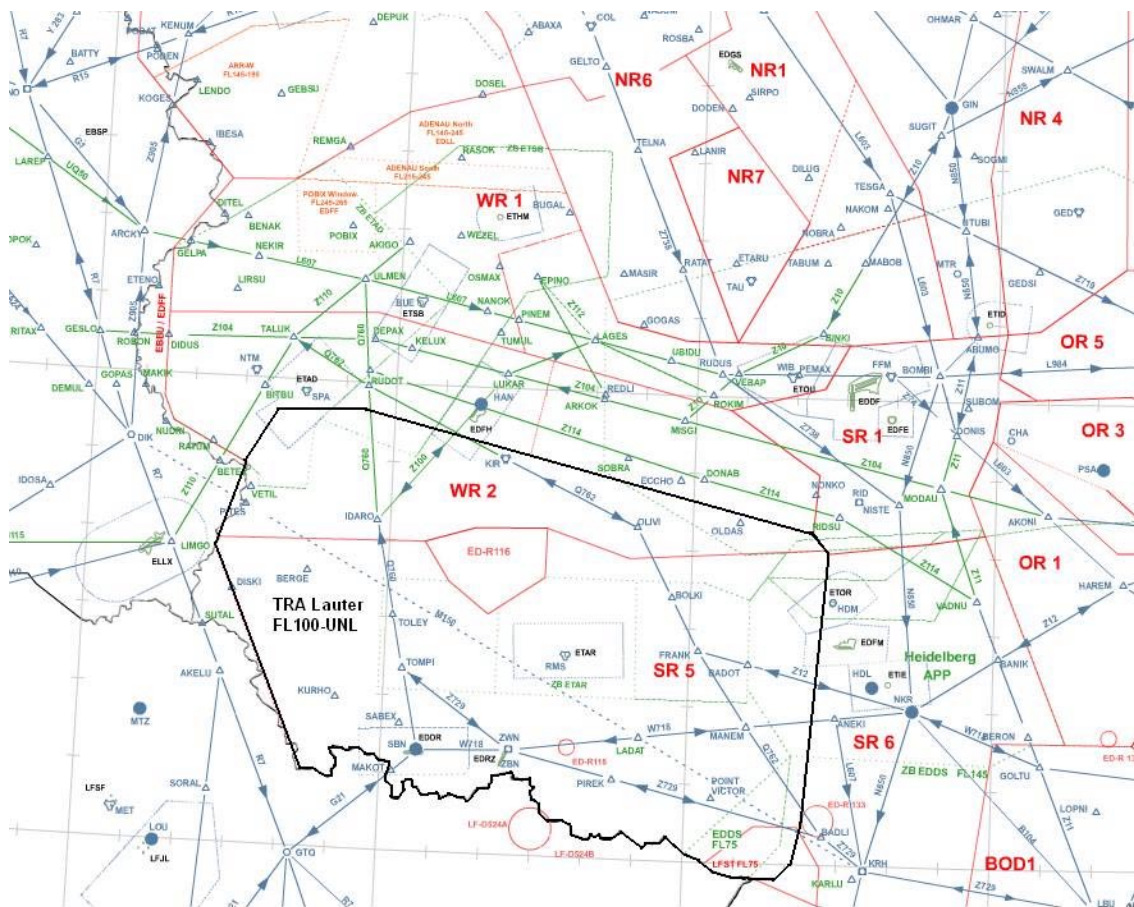


Abb. 1 Lage der neuen „TRA Lauter“

der DFS in Langen und Karlsruhe. Schnittstellen ergeben sich zu den ACC Maastricht, Luxemburg, Brüssel und Reims.

Bedarf für einen größeren Übungsluftraum

Die neue TRA 205/305 ermöglicht dem Militär auch mit modernen Waffensystemen wie dem Eurofighter optimal zu trainieren.

Bei der Bundeswehr heißt es dazu:

„Den früher typischen Kampf »Flugzeug gegen Flugzeug« gibt es nicht mehr. Ziele werden weit entfernt erfasst. Um dies zu trainieren, braucht man Platz. Ebenso wie für das Üben der Betankung in der Luft. Das Motto der Luftwaffe ist: »Train as you fight«.“

Zitat Oberst Wolf Storjohann, Leiter des Amtes für Flugsicherung der Bundeswehr (AFSBw)

Im Rahmen der zivil-militärischen Kooperation ist die flexible Nutzung des Luftraumes (Flexible Use of Airspace, FUA) seit 1997 Standard.

Das Prinzip, das dahintersteckt: Die starre Trennung zwischen zivilem und militärischem Luftraum existiert nicht mehr. Die TRAs stehen den Airlines und der Allgemeinen Luftfahrt offen, solange die Streitkräfte keinen Bedarf anmelden. Koordiniert wird die flexible Nutzung des Luftraumes von der Airspace Management Cell, die mit DFS-Mitarbeitern und Soldaten des AFSBw besetzt ist.

Für die neue TRA LAUTER steht nachts und am Wochenende das Weekend-Routing zur Verfügung. Werktags ist die TRA tagsüber aktiv, d. h. von einer halben Stunde vor Sonnenaufgang bis eine halbe Stunde nach Sonnenuntergang. Der Luftraum kann dann nur auf taktischer Basis genutzt werden, falls das Militär ihn nicht benötigt.

Evaluierung des neuen Luftraumes

Nach theoretischen Erörterungen und Planungen im Jahre 2001 wurde eine umfangreiche Schnellzeitsimulation durchgeführt. Diese beinhaltete bis zu 3000 Flugbewegungen.

Neben den Überflugstrecken (Enroute) standen unter anderem auch An- und Abflüge der Flughäfen Frankfurt, Düsseldorf, Hahn, Luxemburg und Saarbrücken zur Diskussion – ebenso wie

der Verkehr der militärischen Flugplätze in der Umgebung.

An den Schnellzeitsimulationen beteiligten sich neben den betroffenen DFS-Kontrollzentralen (Langen, Düsseldorf und Karlsruhe) die Center Reims, Brüssel, Maastricht und Luxemburg.

Nach den Schnellzeitsimulationen wurde die vielversprechendste Variante des neuen Luftraumes auf den Advanced Function Simulator (AFS) des Bereiches Forschung und Entwicklung (TE) transferiert. Im Frühjahr 2002 wurden damit mehrwöchige Echtzeitsimulationen mit Frankfurter Sektoren durchgeführt (Bezeichnung der Simulation: NEON Frankfurt). Dabei wurde die prinzipielle Funktionstüchtigkeit des neuen Luftraumes für diese Sektoren nachgewiesen.

Nach diesen einzelnen Simulationen wurde am EEC von EUROCONTROL eine dreiwöchige Echtzeitsimulation mit allen betroffenen Staaten durchgeführt. Dabei wurden bis zu 26 Arbeitsplätze von insgesamt 6 Staaten und allen betroffenen Kontrollzentralen (Langen, Karlsruhe, Reims, Brüssel, Maastricht und Luxemburg) simuliert. Ziel dieser Simulation war vor allem die Erprobung der Schnittstellen der einzelnen Center sowie die Erarbeitung und Abstimmung entsprechender Letters of Agreement (LOA).

Allerdings konnten bei dieser Simulation nicht alle Fragen bezüglich militärischem Verkehr (Operational Air Traffic, OAT) beantwortet werden. Daher musste kurzfristig eine weitere Simulation zu diesem Themenkomplex im Frühjahr 2003 am AFS durchgeführt werden (Bezeichnung der Simulation: NEON OAT). Nachdem in dieser einwöchigen Simulation mit insgesamt 6 Sektoren die militärischen Verfahren validiert werden konnten, galt die neue Luftraumstruktur als bereit für eine Einführung.

Schulung der neuen Luftraumstruktur

Nach einer Phase in der die neue Luftraumstruktur und deren Bezeichnungen hinsichtlich der Konformität zu verschiedenen Vorschriften überprüft wurde und die Bezeichnungen entsprechend geändert wurden, musste diese neue Struktur geschult werden.

Auch die Schulung wurde am AFS durchgeführt (Simulationsbezeichnung NEON Training). Im Zeitraum von Anfang August bis Ende November 2003 wurden alle Lotsen mit der entsprechenden

Zulassung auf den betroffenen 6 Sektoren geschult.

Da die Ausplanung des operativen Personals nicht anders möglich war, wurde dabei teilweise auch am Wochenende geschult.

Die Herausforderung der einzelnen NEON Simulationen an den AFS liegt zum einen in der hohen Dynamik des Luftraumes und der Verfahren. So wurden zum Beispiel noch in der letzten Simulationswoche Änderungen an den Verfahren am AFS nachgeführt. Zum Anderen stellte vor allem die geforderte Verfügbarkeit und Laufzeitstabilität eine besondere Herausforderung an den (Forschungs-)Simulator dar.

Es wurden für die Schulung des neuen Luftraumes insgesamt 280 Simulationsläufe durchgeführt. Elf Simulationsläufe mussten aufgrund von technischen Schwierigkeiten vorzeitig beendet werden. Alle davon betroffenen Läufe wurden

anschließend fehlerfrei wiederholt. Es gab keinen technisch bedingten Ausfall von Schulungen.

Fazit

Bei den NEON Simulationen konnte der AFS seine herausragende Stellung als wichtiges Glied in einer Kette von Schnellzeit- und Echtzeitsimulationen unter Beweis stellen.

Die Simulationen können als ein Beispiel dafür dienen, wie durch eine Reihe von Simulationen ein neuer Luftraum entwickelt, abgenommen und die Einführung unterstützt werden kann.



Abb. 2: NEON-Schulungen am AFS von TE

Unmanned Aerial Vehicles (UAV) – Simulation von Verfahren bei TE –

Andreas Udovic (TEH), Heinz Thomas (TEH)

Einleitung

Durch den Einsatz hochfliegender Aufklärungsplattformen soll in Zukunft die Verfügbarkeit von Informationen für die militärisch-operative wie auch zivile Nutzung sichergestellt werden. Bedingt durch die lange Einsatzzeit bei solchen *HALE (High Altitude, Long Endurance)* - Missionen sowie die Art der durchzuführenden Aufgaben wird es sich dabei voraussichtlich um unbemannte Systeme (UAV) handeln. Das Einsatzszenario eines solchen Luftfahrzeugs erfordert zum Erreichen des Zielgebietes und ggf. auch für die Einsatzphase die Teilnahme am allgemeinen Luftverkehr. Zur Zeit vorhandene unbemannte Systeme dürfen in Deutschland nur in militärischen Sperrgebieten betrieben werden und sind für den Einsatz im kontrollierten Luftraum nicht vorgesehen. Zudem existieren weder nationale noch internationale Zulassungsvorschriften. Als Voraussetzung zur Entwicklung bzw. zum späteren Einsatz eines solchen Aufklärungsgerätes ist daher der Nachweis von geeigneten Techniken und Verfahren für die sichere Teilnahme eines unbemannten Luftfahrzeugs am allgemeinen Luftverkehr erforderlich.

Finanziert aus Forschungs- und Technologiemitteln des Bundesministerium der Verteidigung führen die DFS, das DLR, die EADS Deutschland und die ESG entsprechende Untersuchungen mit folgenden Zielen durch:

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

nationalen und internationalen Behörden.

Im folgende soll insbesondere auf den zweiten Punkt eingegangen werden, der maßgeblich von der DFS bearbeitet worden ist. Zuerst sollen die Merkmale von UAV beschrieben werden.

Was ist ein UAV?

Allgemein können UAVs als Flugobjekte beschrieben werden, die ohne einen Flugzeugführer an Bord fliegen. Die Typenvielfalt bei den UAVs ist dabei sehr groß. Insbesondere hinsichtlich der Größe, Art der Aufgabenstellung und dem Grad der Autonomie unterscheiden sie sich erheblich.

UAVs werden momentan im militärischen Bereich bei der Aufklärung eingesetzt. Die dabei genutzten Systeme variieren in der Größe von der eines Modellflugzeuges bis hin zu einem Luftfahrzeug mit der Spannweite eines Passagierflugzeuges. Für die DFS sind UAVs interessant, die aufgrund ihrer Leistungsmerkmale auch unter IFR Bedingungen fliegen können. In Abbildung 1 ist das größte momentan genutzte UAV, der Global Hawk, abgebildet.

Der Global Hawk hat ein Startgewicht von ca.



Abb.1: Global Hawk

12.000 kg und kann eine Nutzlast von ca. 900 kg tragen. Er erreicht eine Spannweite von ca. 35,5 m. Die maximale Reichweite beträgt 13.500 nm und er kann Flugfläche 650 erreichen.

Die Bundeswehr plant die Anschaffung solcher unbemannten Aufklärer für das Jahr 2005.

Die Steuerung eines UAVs dieser Größe geschieht mittels einer Datenlinkverbindung, wodurch eine Bodenstation das UAV überwachen und steuern kann. In der Regel werden Start und Landung durch den Bediener vorgenommen. Während des Fluges wird das UAV durch das Flight Management System bzw. durch das Mission Management System gesteuert (s. Abb. 2). Eingriffe durch den Bediener, z.B. auf Anweisung von ATC, sind normalerweise jederzeit möglich (Semiautonome Steuerung).



Abb. 2: Mission Management System für die Simulationen

Aufgabenstellung der DFS

Im Rahmen des Projektes hat der Bereich Forschung und Entwicklung in Zusammenarbeit mit der Abteilung CC/FLD die Aufgabe übernommen, Verfahren für den Einsatz eines UAVs unter IFR Bedingungen zu entwickeln und in einer ersten Simulation zu überprüfen.

Dazu wurde der Advanced Function Simulator (AFS) des Bereichs Forschung und Entwicklung mit einem UAV Simulator der Firmen EADS-M und ESG gekoppelt. So bestand die Möglichkeit, ein UAV im Rahmen einer Simulation für die beteiligten Fluglotsen auf den Arbeitsplätzen realitätsnahe darzustellen.

Die Forderung, dass das UAVs sich so wie ein bemanntes Luftfahrzeug verhält, sollte in der Simulation überprüft werden.

Dabei konnte auf einer Simulation aufgebaut werden, die in Ottobrunn von der EADS-M durchgeführt worden ist. An dieser Simulation nahmen zwei Lotsen der DFS teil. Ziel dieser Simulation war das Verhalten des UAV ohne Notfälle zu überprüfen. Aufgrund der dort durchgeführten Simulation konnte sich die Simulation bei TE auf die Notfallsituationen konzentrieren. Allerdings wurde auch das "normale" Flugverhalten des UAV getestet.

In der Simulation wurden folgende Notverfahren bzw. Sonderverfahren untersucht:

- Triebwerksausfall (Teil- und Total-Ausfall),
- Funkausfall (Senderausfall, Total-Ausfall),
- Ausfall der Datenlinkverbindung zum UAV,
- Ausfall von Funk und Datenlinkverbindung,
- Ausfall des Transponders (mit und ohne Primärradarziel),
- Umfliegen eines Schlechtwettergebietes,
- Ausweichen des UAV aufgrund eines TCAS Alarms.

Durchführung der Simulation

In der 28. und 30. KW 2003 wurden mit jeweils vier Lotsen Simulationsruns durchgeführt. Pro Woche wurden jeweils 9 Simulationsruns durchgeführt, die ausgewertet wurden. Um die Lotsen mit dem Luftraum und den Verfahren vertraut zu machen, wurden jeweils 6 Trainingsruns durchgeführt. Die simulierten Sektoren umfassten zum einen jeweils zwei Sektoren des unteren Luftraum bis FI 245. Zum anderen wurde jeweils ein Sektor aus den unteren Luftraum und ein drüberliegender Sektor des oberen Luftraums simuliert. In Abbildung 3 ist das Simulationsgebiet wiedergegeben.

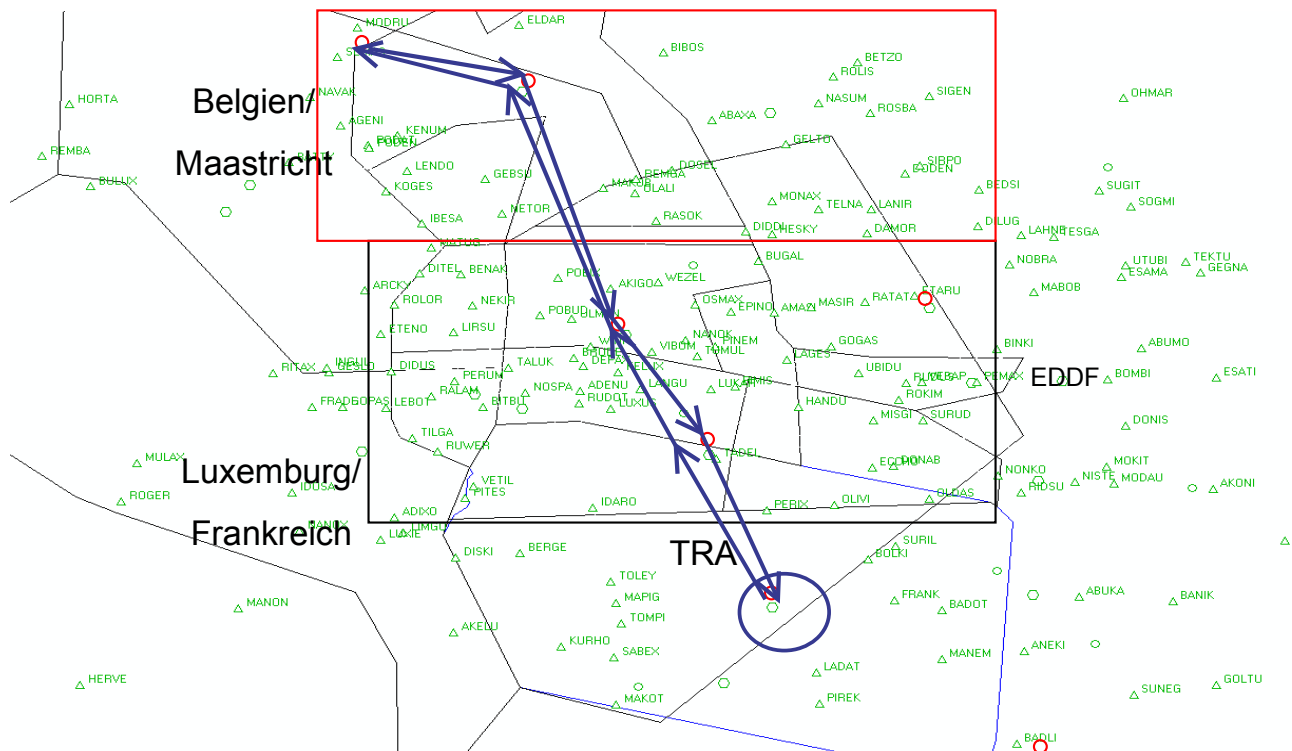


Abb. 3: Simulationsgebiet mit einer UAV Mission

Insgesamt wurden 8 unterschiedliche Verkehrsszenarien für die Simulation programmiert und eingesetzt. Nach jedem Simulationsrun wurden die Lotsen per Fragebogen befragt und anschließend das jeweils durchgeführte Not- bzw. Sonderverfahren diskutiert. Zusätzlich wurden neben Verkehrsparametern (z.B. Anzahl Lfz. im Sektor) noch Parameter wie Sprechfunkdauer und Dauer der Koordination mit anderen Sektoren erhoben, um einen Vergleich zwischen den bemannten Lfz und dem UAV zu ermöglichen.

Ergebnis der Simulation

Die nach dem jeweiligen Simulationsrun durchgeführte Diskussion mit den beteiligten Lotsen war die wichtigste Quelle für die Bewertung der Verfahren. Aufgrund dieser Diskussionen können folgende Ergebnisse festgestellt werden:

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

benfalls problemlos von den Fluglotsen bearbeitet werden.

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

Für den Ausfall des Datenlink wurden folgende drei Varianten entwickelt um diesen Notfall zu standardisieren:

- 1) Vergleichbar zum Verfahren für Funkausfall fliegt das UAV seinen Flugplan wie geplant ab. Bei Radarführung oder seitlich versetzter Führung bei RNAV ohne eine bestimmte Grenze gelten die gleichen Regeln wie beim Funkausfall.
Nachteil: Bei einer Mission von bis zu 48 Stunden ist das UAV über die gesamte Zeit

nicht beeinflussbar. Eventuell kann auch die geplante Mission nicht durchgeführt werden.

- 2) Diese Variante versucht, wie die Variante 3 den Flug des UAV abzukürzen. Die Mission wird nach einem bestimmten Zeitraum, z.B. 15 Minuten, in denen sie aus Gründen der Planbarkeit für die Flugsicherung auf dem geltenden Flugplan weitergeführt wird, abgebrochen. Innerhalb dieses Zeitraumes teilt der UAV Bediener der Flugsicherungsstelle, bei Funkausfall telefonisch, den Ausweichflugplatz mit, zu dem das UAV dann nach Ablauf der Koordinationsfrist selbstständig navigiert. Bei Radarführung oder seitlich versetzter Führung bei RNAV ohne eine bestimmte Grenze gelten die gleichen Regeln wie beim Funkausfall.
- 3) Für einzelne Abschnitte der Mission werden bei der Missionsvorbereitung des UAV unterschiedliche Ausweichplätze programmiert. Die Ausweichplätze für einen bestimmten Streckenabschnitt sind dem UAV Bediener bekannt. Daher ist es möglich, dass der UAV Bediener der jeweils zuständigen Flugsicherungsstelle, d.h. dem Lotsen, beim Einflug in seinem Zuständigkeitsbereich den jeweils gültigen Ausweichflughafen mitteilt. Sollte

sich der Ausweichflughafen innerhalb eines Sektors ändern, wird dies ebenfalls unverzüglich durch den UAV Bediener mitgeteilt. Der Abbruch der Mission und die Rückführung des UAV kann dann wie unter Punkt 2 beschrieben erfolgen.

Insgesamt zeigt sich auch in den Fragebogendaten, dass die Notverfahren gearbeitet werden konnten (s. Abb. 4). Allerdings gibt es bei der Frage nach der Arbeitslast insbesondere bei den Verfahren für Triebwerksausfall und Transponderausfall (mit und ohne Primärziel) Ausreißer in der Bewertung, die noch näher untersucht werden müssen.

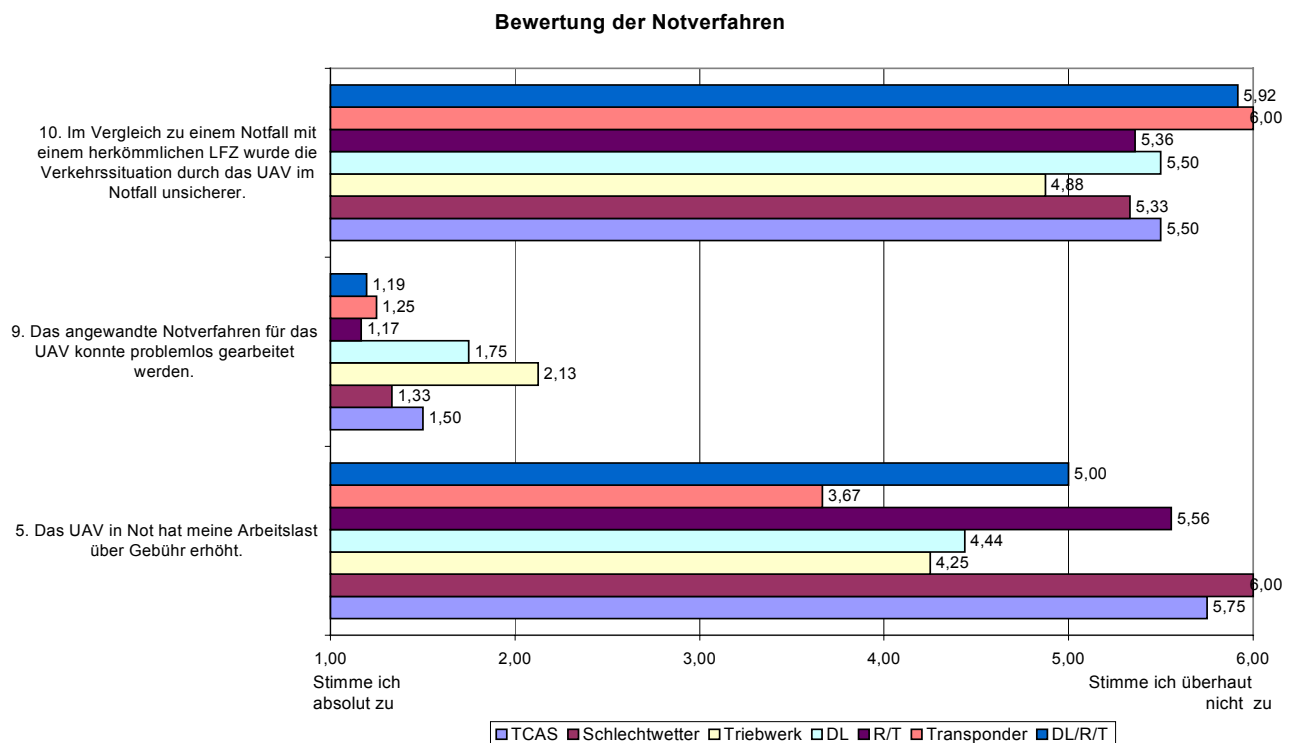


Abb. 4: Bewertung der Notverfahren (Fragebogen)

Ausblick

Die drei oben beschriebenen Varianten für Datenlinkausfall müssen noch weiter überprüft werden. Auch steht noch eine sicherheitskritische Bewertung aus. Ebenso müssen die andere Verfahren ebenfalls nochmals überprüft und insbesondere eine Kombinationen der verschiedenen Notfälle untersucht werden. Die getesteten Verfahren müssen zudem auf internationaler Ebene diskutiert und abgestimmt werden. Allerdings können wir mit der durchgeführten Simulation einen fundierten Beitrag für die notwendigen Diskussionen liefern.

Momentan werden Verhandlungen mit der Bundeswehr über eine Weiterführung des Projektes geführt.

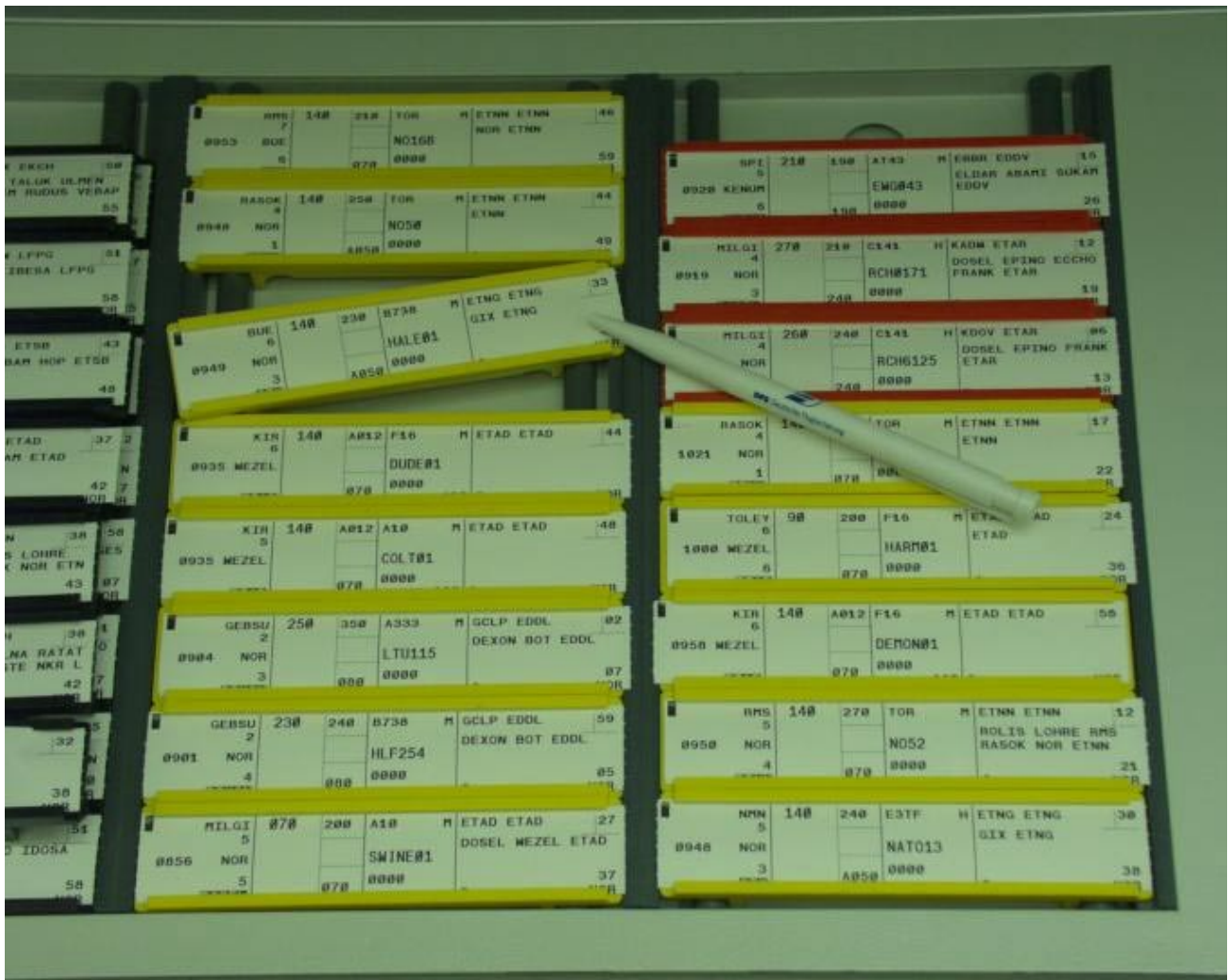


Abb. 5: Flugstreifen aus der Simulation, schräggestellt = Flugstreifen des simulierten UAV

Das neue F&E-Portal im DFS Intranet

Udo Gebelein, TEH, Dr. Andreas Herber, TEA

Einleitung

Der Bereich „Forschung und Entwicklung“ ist wie viele andere auch mit eigenverantwortlich gestalteten Seiten im DFS Intranet (DFS-Portal) vertreten. Das Konzept für das DFS-Portal ist dabei (Quelle: VK)

- Das DFS-Portal ist ein Tool der (internen) Unternehmenskommunikation.
- VK trifft die konzeptionellen, inhaltlichen und gestalterischen Entscheidungen.
- Die Startseite des DFS-Portals gliedert sich in drei Bereiche; der rechte Navigationsframe führt dabei zu den GBs, CDCs, CSCs und zum (G)BR. Der Inhalt, zu dem man von der DFS-Portal-Startseite jeweils weiter geleitet wird, wird über von den Bereichen benannte Redakteure dezentral eingestellt und gepflegt.

Zur Erstellung der Seiten im rechten Navigationsframe wird von den Bereichen das Tool „IONAS“ (Integriertes Online Autoren System) verwendet. Das Prinzip ist dabei, dass der Redakteur praktisch kein HTML kennen muss, sondern aus einer Reihe von Vorlagen für den eigenen Beitrag wählen, seinen Text ohne Formatierung eingeben, und den Rest (Rahmen etc.) automatisch von IONAS erzeugen lassen kann.

Sachstand

Unser Bereich ist praktisch seit dessen Start im DFS Intranet im rechten Navigationsframe unter CDC vertreten, teils mit verhältnismäßig generellen Seiten, teils mit kurzfristig aktualisierten Neuigkeiten aus dem Bereich TE. Unsere Seiten sind also **das** Informationsmedium für alle DFS Mitarbeiter über unsere laufenden (und bisherigen) Arbeiten (s. Abb. 1).

Dabei stehen den Vorteilen dieses Auftritts und des verwendeten Tools

(einheitliches „look-and-feel“, leichte Erstellung anhand definierter Vorlagen, automatische Erfassung der eingestellten Informationen über die verfügbare Suchfunktion) auch einige Einschränkungen gegenüber:

- das Intranet ist als Dokumentendatenbank ungeeignet, da Dateien (z.B. Dokumente) nicht strukturiert und nur über den Redakteur (als lange Liste von Files) eingepflegt werden können; dazu kommt, dass Dateien einzeln (!) auf den IONAS-Server hochgeladen werden müssen, was bei etlichen Dateien extrem aufwendig ist
- der Seitenaufbau ist (weitestgehend) festgelegt, das Ändern von Tabellen ist umständlich, IONAS erzeugt teilweise Code, der nicht auf allen in der DFS eingesetzten Browsern vernünftige Ergebnisse liefert
- es gibt keine Möglichkeit für den Redakteur, (z.B. über hit-counts) festzustellen welche Informationen tatsächlich von Interesse sind – unter Umständen wird also mit Aufwand etwas erstellt, was kaum oder gar nicht genutzt wird



Abb. 1: Startseite des Bereichs F&E im DFS Intranet

- es ist kein dynamischer Abgleich mit anderen Anwendungen (z.B. Datenbanken) oder eine „delegierte Zuarbeit“ möglich, in dem z.B. der Redakteur „nur“ den Link zu einer Seite herstellt, die Information dort aber durch ein Projekt oder eine Datenbank-Anwendung aktualisiert werden kann.
- für die praktische Projektarbeit werden bei TE (wie sicherlich in anderen DFS-Bereichen auch) unterschiedliche Strategien angewendet: BK-Laufwerksbasierte Dateien (Ablage im Gruppenlaufwerk, Excel-Dateien, Access-Datenbanken), Lotus Notes Datenbanken, HTML-basierte Datenbanken (speziell im Entwicklungsbereich bei TEI). Diese sind unter einem „einheitlichen Dach“ unterzubringen, um dem Anwender möglichst nur eine Schnittstelle anzubieten.

Lösungsansatz

Der Bereich TE ist im Prozess der Einführung eines Qualitäts-Management-Systems nach ISO 9000. Dazu gehört die Erfassung aller relevanten¹ Dokumente, die im Rahmen von Projekten oder als Veröffentlichungen erstellt wurden, sowie der eindeutige Hinweis auf die in eigenen Projekten zu verwendenden Standards, anzuwendende Normen, etc.

Zielsetzung bei diesem Vorgehen ist, den Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen bei TE notwendige Planungshilfen leicht erreichbar zu machen (also ohne jedes mal irgend jemanden zu fragen, der sich damit vielleicht auskennt...), durch gute Informationsverteilung eine Transparenz über Abteilungsgrenzen hinweg zu schaffen, und die Ergebnisse aus den Arbeiten bei TE innerhalb der gesamten DFS bekannt und verfügbar zu machen.

Es wurde daher beschlossen, ein „eigenes“ F&E-Intranet-Portal aufzubauen und dies mit dem DFS-Portal (ähnlich wie beim Projekt T-FDPS) so zu verknüpfen, dass dem Nutzer dieser Übergang weitestgehend verborgen bleibt. Die Voraussetzungen dafür wurden wie folgt geschaffen:

¹ „relevant“ meint in diesem Zusammenhang Dokumente, die unter Konfigurationskontrolle stehen, für einen weiteren Leserkreis erstellt wurden und die über reine Arbeitspapiere, Memos o.ä. hinausgehen.

- Hardware
Es war bei TE ein (vorher im Projekt NEWSIM für das Änderungsmanagement angewandter) Rechner mit Apache Webserver vorhanden.
- Software
Mit NetObjects Fusion 4.3, das als Vollversion einer älteren „PC Praxis“ aus der DFS-Bibliothek beilag, lag ein für die Zwecke ausreichend professioneller Web-Editor für die obere Ebene des F&E-Portals vor. Die Dokumenten-Datenbank von TE, eine relationale Datenbank, erlaubt einen entsprechend formatierten HTML-Export, dessen Seiten (momentan noch manuell in regelmäßigen Abständen) in das F&E-Portal eingefügt werden. Eine einfache Suchfunktion über die im F&E-Portal hinterlegten Inhalte ist ebenfalls möglich.
Die gewählte (logische) Adresse ist in der DNS des Web-Proxies eingetragen, so dass die „neuen“ Seiten auch innerhalb des DFS-Intranets erreicht werden können, ohne dass eine Berechtigung für den Internet-Firewall vorliegen muss.

Derzeitiger Sachstand

Das F&E-Portal von TE ist „produktiv“ und kann sowohl aus dem DFS Intranet (CDC „Forschung und Entwicklung“, s. Abb. 1) oder auch direkt (forschungszentrum.lgn.dfs.local) angewählt werden (s. Abb. 2). Die bisher hinterlegten Inhalte umfassen unter anderem:

- rund 150 Dokumente aus den unterschiedlichen Kategorien (z.B. Projektabschlussberichte, Veröffentlichungen, Studienergebnisse etc.) und Zugriff auf die Ablage von Projekten, Maßnahmen und Vorhaben des Bereichs;
- zu verwendende Vorlagen für die Erstellung von Dokumenten, Memos, Präsentationen etc. oder Logos
- Belegungsplanung des Forschungssimulators
- Verweise auf interne und externe Normen, die fallweise bei der Projektarbeit anzuwenden sind
- Links zu nützlichen externen Seiten im Internet und vorbildlichen Informationsressourcen anderer DFS-Bereiche (z.B. Center-Portal, Bereich VEI)

Wie die Zugriffs-Statistik unseres Portals zeigt (Beispiel s. Abb. 3), besteht durchaus Bedarf an den verfügbaren Informationen (auch außerhalb von TE).

management-Systems im Bereich F&E gemacht worden. Es kommt nun für uns alle bei TE darauf an, die zugrunde liegende Dokumenten-Datenbank auch aktuell zu halten sowie die definierten Prozesse auch zu „leben“.

Ausblick

Mit dem F&E-Portal im DFS Intranet ist ein wichtiger Schritt beim Aufbau eines Qualitäts-



Abb. 2: Das F&E Intranet-Portal

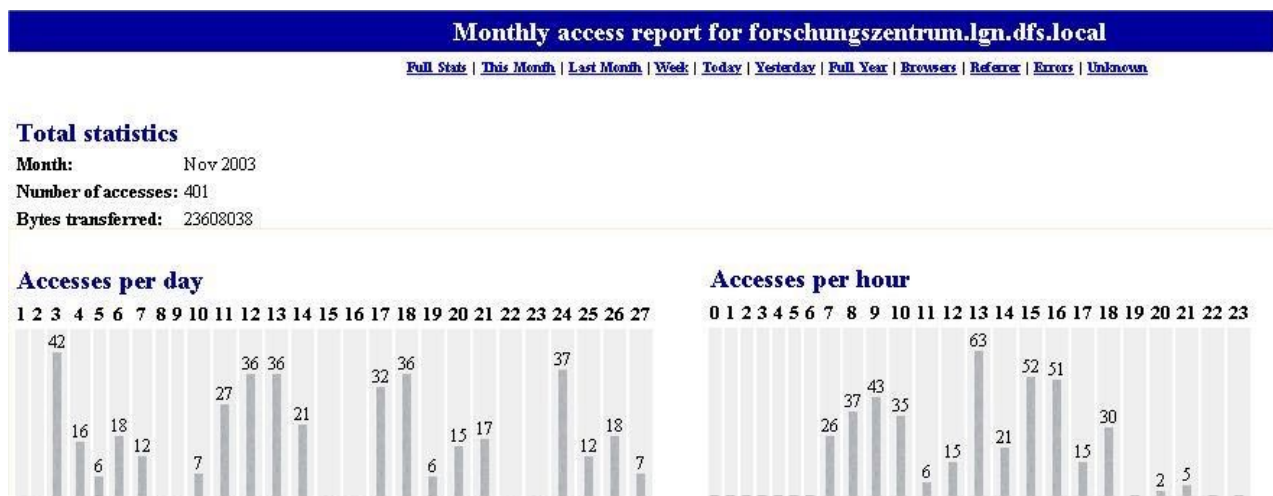


Abb. 3: Zugriffe auf das F & E - Portal vom 01.-26. November 2003

Impressum:

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

TE im Fokus erscheint in der Regel halbjährlich. Dieser Bericht ist elektronisch (und in Farbe) im Internet (www.dfs.de, Bereich ATM Information, Forschung & Entwicklung) 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),
Dr. Thomas Bierwagen (thomas.bierwagen@dfs.de),

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

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 © 2003 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.