



2/02

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



DFS Deutsche Flugsicherung



Inhalt

Oliver Reitenbach, Stefan Stanzel

**Traffic Awareness for General Aviation (TAGA) – Nutzung einer Verkehrslage-
darstellung an Bord von Flugzeugen der Allgemeinen Luftfahrt 2**

Carmen Geissler, Oliver Hassa

4D-Planer - Nutzung des Forschungssimulators für Test und Prototyping..... 8

Wolfgang Wissler

TEMPO - Evaluierung eines DFS Multiradar-Trackers durch TE 15

Steffen Marquard

ALGE – ARINC Label Generator..... 20

Dr. Matthias Poppe

Das EU-Projekt "Gate-to-Gate" im internationalen Kontext 24

Impressum..... 28

Traffic Awareness for General Aviation (TAGA)

Nutzung einer Verkehrslagedarstellung an Bord von Flugzeugen der Allgemeinen Luftfahrt

Oliver Reitenbach, TEA
Stefan Stanzel, TEA

Einleitung

Im Rahmen internationaler Projekte wird die Unterstützung des Piloten durch eine Verkehrslagedarstellung an Bord für die verschiedensten Anwendungen untersucht. Die Präsentation der Verkehrslagedarstellung an den Piloten wird hierbei mit unterschiedlichen Zielsetzungen eingesetzt. Als Beispiel sei die Anwendung „Approach Spacing“ genannt, bei der mit Hilfe einer Verkehrslagedarstellung ein vorausfliegender Flugzeug eindeutig identifiziert und als Ziel für die weitere Durchführung der Anwendung ausgewählt werden soll (siehe Abbildung 1). Ziel der hierdurch initiierten Anwendung ist die Kapazitätserhöhung (bei gleichbleibender Sicherheit) im Anflugbereich eines Verkehrsflughafens.



Abb.1: Verkehrslagedarstellung zur Identifizierung eines vorausfliegenden Flugzeugs (Airbus)

Eine andere Zielsetzung geht von der Idee der Nutzung einer Verkehrslagedarstellung an Bord von Flugzeugen der Allgemeinen Luftfahrt aus. Hier steht weniger die Kapazitätserhöhung im

Vordergrund als vielmehr die Erhöhung der Sicherheit bei der Flugdurchführung nach Sichtflugregeln. Beim Flug nach Sichtflugregeln stellt der Pilot die Flugabstände zu anderen Flugzeugen durch das visuelle Absuchen des Luftraums sicher. In der Regel stehen ihm hierzu bisher keine Hilfsmittel an Bord zur Verfügung. Ausgelöst durch neuere technologische Entwicklungen kam die Idee auf, den Piloten durch eine Verkehrslagedarstellung an Bord bei der Erkennung von Verkehr unterstützen zu können.

Um eine realistische Einschätzung des Nutzens dieser Anwendung durchführen zu können, wurde im August 2000 das Projekt „Traffic Awareness for General Aviation (TAGA)“ gestartet. Projektpartner waren

- die Euro Telematik AG, Ulm, deren Aufgabe neben der Konsortialführung die Entwicklung der Bord-Systeme war,
- die DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, Langen, die experimentelle Bodensysteme installierte und Flugversuche koordinierte, sowie
- die Avionik Straubing GmbH, Straubing, die als Avionik-Betrieb die Installation der Bordgeräte in die Versuchsflugzeuge sicherstellte.

Weiterhin wurde das Projekt unterstützt und begleitet von der AOPA Germany, als Vertreter der Allgemeinen Luftfahrt, und der Firma PADE Consulting. Förderung erhielt das Projekt im Rahmen des Luftfahrtforschungs- und Technologieprogramms des Freistaates Bayern.

Ziel des Projekts

Ziel des Projekts war die Bewertung, inwieweit eine Verkehrslagedarstellung an Bord von Flugzeugen der Allgemeinen Luftfahrt den Piloten bei der Erkennung und Identifikation anderer Verkehrsteilnehmer unterstützen kann.

Eine Anforderung an die Verkehrslagedarstellung an Bord war die Vollständigkeit der dargestellten Verkehrsinformation. Hierzu war es nötig, eine Datenquelle mit umfassenden Informationen der Luftlage zu nutzen. Das Radardatennetz der Flugsicherung bietet die Möglichkeit, Positions- informationen von verschiedenen Sensoren der Flugsicherung, in der Regel Primär- oder Sekundärüberwachungs-Radaranlagen, zu erhalten. Durch Verarbeitung dieser Informationen lässt sich ein Verkehrslagebild erzeugen, wie es auch Fluglotsen zur Verfügung steht.

Bedingt durch den technisch begrenzten Erfassungsbereich der Sensoren werden nicht alle Lufträume vollständig überwacht. Während die größeren Flughöhen aufgrund der Ausbreitungsbedingungen vollständig erfasst werden, ergeben sich technisch bedingt deutliche Lücken im Erfassungsbereich bei geringen Flughöhen. Gerade im von kleineren Flugzeugen der Allgemeinen Luftfahrt genutzten Luftraum unterhalb 5000 Fuß MSL ist mittels Radaranlagen keine vollständige Überdeckung vorhanden.

Systemaufbau

Zur Erzeugung einer Verkehrslagedarstellung an Bord der Testflugzeuge wurde ein experimentelles Traffic Information Service Broadcast (TIS-B)

Bord-Bodensystem aufgebaut. Abbildung 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines TIS-B-Systems. Die Positionen der im Luftraum befindlichen Flugzeuge werden in der Regel mittels Radarstationen ermittelt und einem Radardatenverarbeitungssystem (Surveillance Processing) zur Verfügung gestellt. Alternativ könnten auch Positionsmeldungen, die mittels Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B) empfangen wurden, verarbeitet werden. Beim zukünftigen ADS-B-Verfahren, das mehr und mehr an Bedeutung gewinnen könnte, wird die Flugzeugposition zusammen mit weiteren Daten autonom im Flugzeug ermittelt und mittels digitalem Datenlink abgestrahlt. Bodenstationen empfangen die ADS-B-Meldungen und leiten diese Information zur Verarbeitung mittels erweitertem Radardatenverarbeitungssystem weiter.

Aus dem gesamten Verkehrsbild werden kleinere Bereiche zur Übertragung über einen digitalen Datenlink selektiert. Die Selektion der Bereiche geschieht durch Definition von TIS-B- Informationsbereichen (Traffic Information Volumes, Abb. 3), deren Ausdehnung dem mobilen Nutzer des TIS-B-Services ebenfalls mittels Datenlink übermittelt wird. Die Positionen der Ziele, die sich innerhalb des definierten Informationsbereichs befinden, werden als Zielmeldungen in regelmäßigen Zeitabständen zur Übertragung an die TIS-B-Bodenstation weitergeleitet.

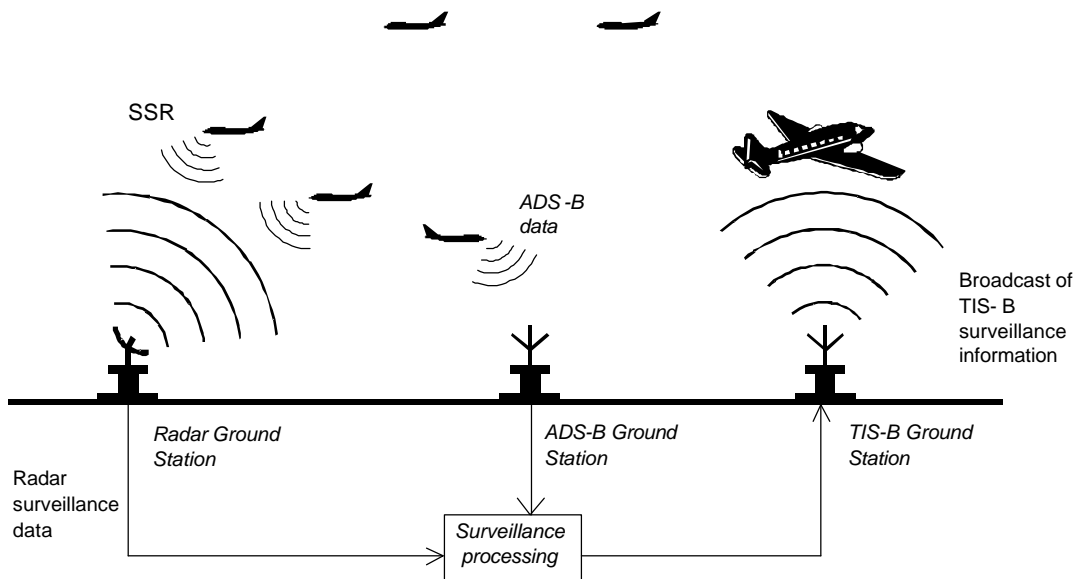


Abb. 2: Prinzipieller Aufbau eines Traffic Information Service-Broadcast (TIS-B)

An Bord der Flugzeuge wird die Verkehrsinformation von mobilen Transceivern empfangen und an die Cockpit-Displaysysteme zur Verarbeitung und Darstellung weitergeleitet.

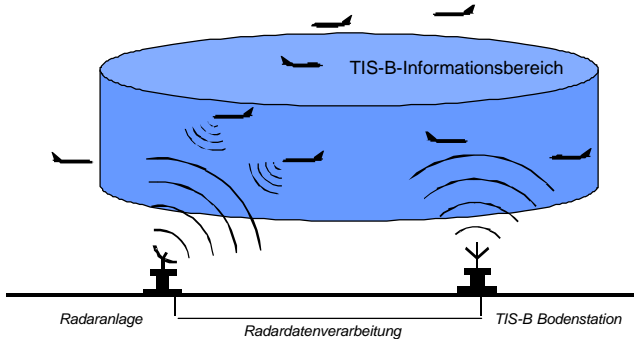


Abb. 3: Aufbau eines TIS-B-Informationsbereichs

Als Ergänzung zum oben beschriebenen prinzipiellen Aufbau eines TIS-B-Systems zeigt Abbildung 4 den Aufbau des TAGA Experimentalsystems. Das Radardatenverarbeitungssystem (Surveillance Data Processing System, SDPS) nutzt lediglich Radarinformationen zur Generierung der Verkehrslagedarstellung. ADS-B-Informationen werden nicht verarbeitet. Flugzeuge, die nicht mit einem SSR-Transponder ausgerüstet sind, werden lediglich von Primärradaranlagen erfasst. Die Darstellung dieser Ziele ist somit nur sehr eingeschränkt möglich.

Die Update-Periode des TIS-B-Services (Abb. 5), deren zeitliche Dauer während der Flugversuche auf 6 Sekunden festgelegt war, beginnt mit einer Management-Meldung, in der grundsätzliche Informationen zum bereitgestellten Service über-

tragen werden. Unter anderem wird hierdurch der definierte Informationsbereich übertragen. Darauf folgend wird dann jeweils eine Ziel-Meldung für jedes Flugziel im Service-Bereich übertragen. Eine neue Update-Periode beginnt mit der Übertragung der nächsten Management-Meldung, in der auch die Anzahl der in der letzten Update-Periode übertragenen Ziel-Meldungen enthalten ist. Hierdurch ist eine einfache aber auch sehr limitierte Überprüfung der Vollständigkeit der empfangenen Information möglich.

Dem Piloten wird das Ergebnis dieser einfachen Vollständigkeitsprüfung durch einen grünen (TIS-B-Verkehrslagedarstellung vollständig), roten (TIS-B-Verkehrslagedarstellung nicht vollständig) oder rot durchgestrichenen (es wurde keine Management-Meldung empfangen, d.h. es kann keine Aussage zur Vollständigkeit gemacht werden) „TIS-B“-Schriftzug angezeigt.

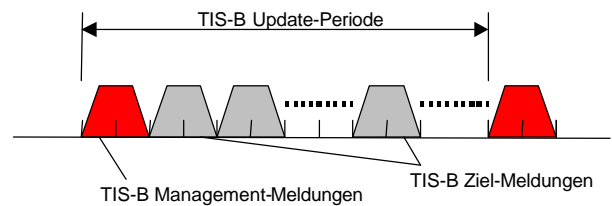


Abb. 5: Meldungsfolge des TIS-B-Services

Die Verkehrslagedarstellung kann der Pilot alternativ als reine Verkehrsanzeige (Abbildung 6) oder in Kombination mit einer Geländehöhendarstellung (Abbildung 7) auswählen. Der Darstellungsbereich ist in mehreren Stufen bis maximal 30 NM einstellbar.

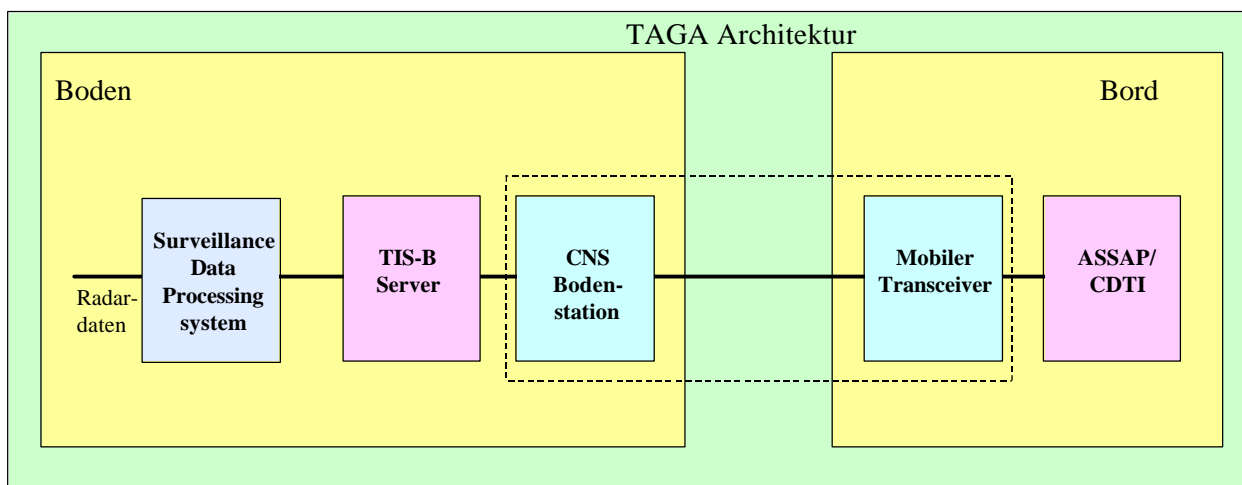


Abb. 4: Aufbau des TAGA TIS-B-Experimentalsystems



Abb. 6: Verkehrslagedarstellung

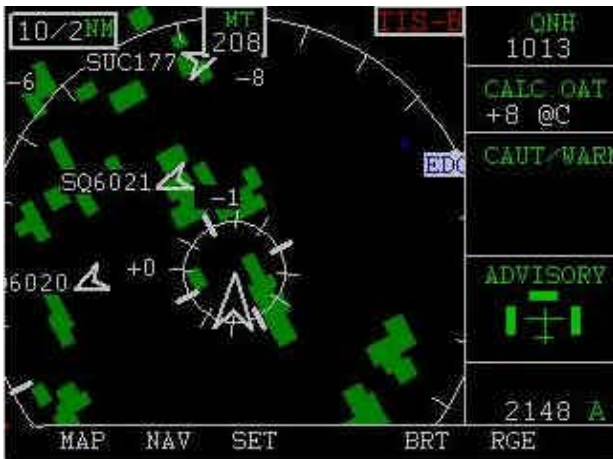


Abb. 7: Verkehrslagedarstellung über der Geländedarstellung

Flugversuche

Zur Untersuchung der potentiellen Unterstützung des Piloten durch die Verkehrslagedarstellung wurden im Mai 2002 Flugversuche unter Beteiligung von 3 Kleinflugzeugen durchgeführt. Die Flugzeuge flogen ohne Vorgabe fester Szenarien einen Dreieckskurs vom Flugplatz Aschaffenburg über die Navigationspunkte Ried (RID) und Hahnau (HNU). Hierdurch sollte möglichst realitätsnah die Anwendung des Systems begutachtet werden. Die Beobachtungen und Reaktionen der Piloten während der Flüge wurden von einem Beobachter an Bord protokolliert. Darüber hinaus wurden die auf dem Cockpit-Display dargestellten Flugziele zur späteren Rekonstruktion der Bildschirmanzeige aufgezeichnet.

Um das System auch bei der Darstellung schneller Flugziele bewerten zu können, wurde

im Juni 2002 eine zweite Versuchsreihe unter Beteiligung eines Tornado Militärjets der Luftwaffe durchgeführt. Im Gegensatz zur ersten Versuchsreihe, bei der keine festgelegten Flugzeugbegegnungen definiert wurden, flogen die beteiligten Kleinflugzeuge hier auf einer festgelegten Strecke zwischen 2 Punkten. Der Militärjet kreuzte mehrmals den Flugweg der Kleinflugzeuge mit einer Höhenstaffelung von 500 Fuß aus verschiedenen, den Piloten nicht bekannten, Richtungen. Auch hierbei wurden die oben beschriebenen Aufzeichnungen durchgeführt.

Insgesamt wurden auf diese Weise 17 Versuchsflüge mit insgesamt 260 untersuchten Flugzeugbegegnungen durchgeführt.

Auswertung der Flugversuche

Bedingt durch die immer noch geringe Anzahl an untersuchten Flugzeugbegegnungen und das bis jetzt noch nicht durchgeführte Abfliegen von Referenzszenarien beschränkte sich die Auswertung der Flugversuche auf qualitative Aussagen. Quantitative Untersuchungen wurden ausdrücklich nicht betrachtet. Im nachfolgenden sollen beispielhaft 3 typische Flugzeugbegegnungen betrachtet und bewertet werden.

Beispiel 1

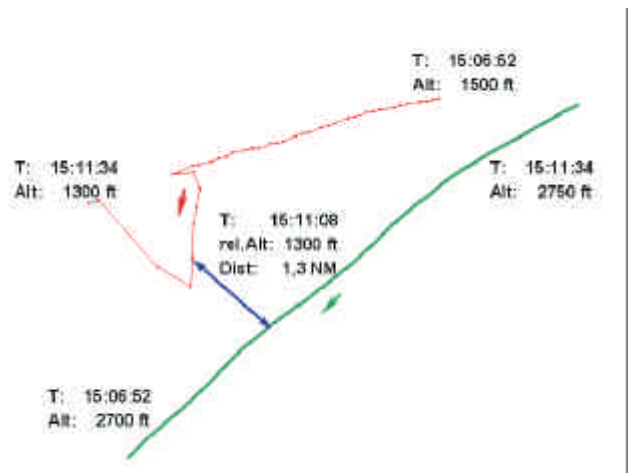


Abb. 8: Flugspur – Beispiel 1

Im ersten Beispiel flog der Pilot (untere Flugspur) auf 2700 Fuß MSL während sich ein zweites Flugzeug (obere Flugspur) auf 1300 Fuß MSL bis auf 1,3 NM näherte. Bei einer Flugzeugbegegnung dieser Art sollte der Pilot das nahe vorbei-

fliegende Flugzeug entdecken und identifizieren. Das Protokoll des Beobachters an Bord zeigt sehr deutlich, dass der Pilot den Verkehr zuerst mittels Cockpit-Display erkannte, nun die Richtung, aus der er den Verkehr zu erwarteten hatte, kannte und das vorbeifliegende Flugzeug somit ohne Probleme visuell erkennen konnte.

Mehrere gleichartige Fälle wurden während der Flugversuche aufgenommen, die deutliche Unterstützung des Piloten durch die Verkehrslagedarstellung wurde gezeigt. Offen bleibt die Frage, ob bzw. zu welchem Zeitpunkt der Pilot den entgegenkommenden Verkehr ohne Displayunterstützung erkannt hätte.

Beispiel 2

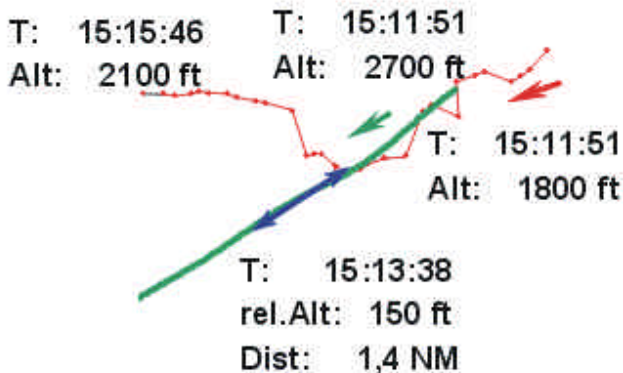


Abb. 9: Flugspur – Beispiel 2

Das zweite Beispiel zeigt einen ähnlichen Fall: Beim Überflug über den Flugplatz Egelsbach nahe Frankfurt/Main startete ein zweites Flugzeug (obere Flugspur), ohne dass dies vom Piloten (untere Flugspur) bemerkt wurde. Die Flugzeuge flogen genau übereinander, eine Entdeckung war aus diesem Grunde schwierig. Erst nach einiger Zeit bemerkte der Pilot ein Ziel auf der Verkehrslagedarstellung, das sich unter der eigenen Position befand. Trotz später Einschätzung der Situation bekam der Pilot eine deutliche Unterstützung durch die Verkehrslagedarstellung. Nach Aussage des Piloten hätte er das Flugzeug ohne Verkehrslagedarstellung an Bord nicht entdeckt.

Beispiel 3

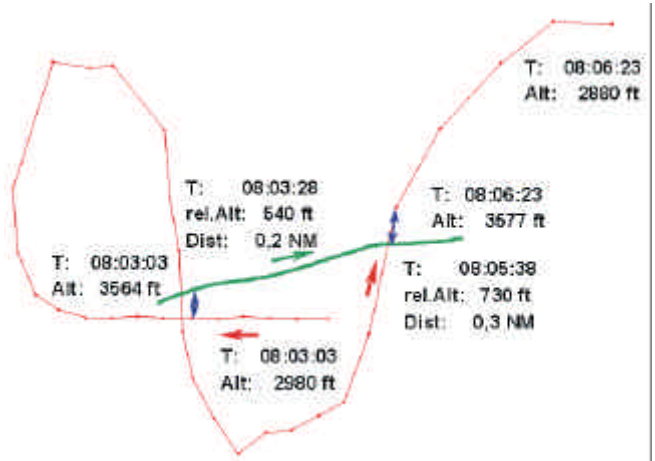


Abb. 10: Flugspur – Beispiel 3

Das dritte Beispiel zeigt eine typische Flugsituation während der Flugversuche unter Mitwirkung des Militärjets. Aufgrund der hohen Geschwindigkeit des Militärjets (ca. 450 NM/h) verblieb der Jet nur wenige Sekunden innerhalb eines 2,5-NM-Bereichs um das eigene Flugzeug (siehe Abb. 11). In diesem Bereich um das eigene Flugzeug wird der Luftraum vom Piloten in der Regel sehr genau beobachtet. Der Militärjet benötigt lediglich 20 Sekunden Flugzeit für eine Strecke von 2,5 NM. Hieraus ergeben sich 2 Konsequenzen: Für schnell fliegende Flugzeuge scheint die Definition eines angepassten Beobachtungsbereichs notwendig zu sein. Eine Signalisierungsfunktion sollte den Piloten über das Einfliegen des schnelleren Partners in den für den Piloten interessanten Bereich informieren.

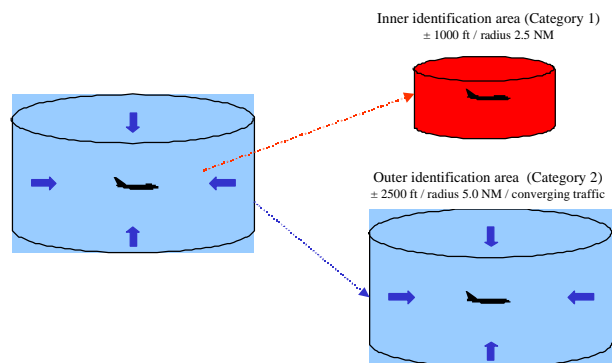


Abb. 11: Definition von Identifikationsbereichen

Zusammenfassung der Ergebnisse

An einigen Beispielen wurde deutlich, dass die Verkehrslagedarstellung während der durchgeführten Flugversuche durchaus sinnvoll genutzt wurde (Beispiel 2). Aufgrund der Regulierungen im Luftraum E (u.a. keine Ausrüstungsverpflichtung für SSR-Transponder), in dem VFR-Verkehr der Allgemeinen Luftfahrt in der Regel stattfindet, ist die sichere Detektierung aller Flugzeuge durch Radaranlagen nicht sichergestellt. Folglich kann eine elektronische Verkehrsdarstellung die visuelle Beobachtung des umgebenden Verkehrs nicht ersetzen, der Pilot kann durch diese zusätzliche Informationsquelle lediglich unterstützt werden.

Wie sich gezeigt hat, ist die Entdeckung von Verkehr der gleichen Geschwindigkeitsklasse mit der alleinigen Verkehrsanzeige möglich. Einige Beispiele zeigen jedoch, dass nicht alle zu identifizierenden Flugzeuge vom Piloten entdeckt wurden, obwohl diese auf dem Display angezeigt wurden. Für eine sinnvolle Unterstützung des Piloten ist die Nutzung einer Signalisierungsfunktion, die das Eindringen von Verkehr in eine vorher definierte Sicherheitszone um das eigene Flugzeug signalisiert, nützlich.

Um mit der elektronischen Verkehrsdarstellung auch Verkehr einer höheren Geschwindigkeitsklasse sicher entdecken und identifizieren zu können, ist eine Signalisierungsfunktion nicht nur sinnvoll sondern notwendig. Aufgrund der geringen Zeiträume zwischen dem Eindringen eines schnellen Flugzeugs (im Beispiel ein Militärjet) in die eigene Sicherheitszone und einem möglichen Konfliktpunkt ist sicherzustellen, dass der Pilot über den Verkehr frühestmöglich informiert wird. Gleichzeitig ist aber eine erhöhte Arbeitsbelastung des Piloten durch die Anzeige von Verkehrsinformationen, die ihn nicht direkt betreffen, zu vermeiden.

Ausblick

Wie bei der Auswertung der Flugversuche angedeutet, wurde aufgrund der relativ geringen Anzahl an auswertbaren Flugbegegnungen lediglich eine qualitative Bewertung des Nutzens der Ver-

kehrslagedarstellung an Bord durchgeführt. Im Rahmen einer zweiten Flugversuchsreihe sollen auch quantitative Aussagen zur Nutzung des Display-Systems gemacht werden. Hierzu sollen Piloten in vorher definierte, ihnen aber nicht bekannte Verkehrslagen einfliegen. Die Szenarien werden sowohl mit Display-Unterstützung als auch ohne Unterstützung geflogen werden. Diese weitere Versuchsreihe soll im April 2003 durchgeführt werden, Ergebnisse werden im Oktober 2003 erwartet.

Weiterhin sollte die Entwicklung und Untersuchung sinnvoller Mechanismen zur Filterung der darzustellenden Information für on-board-Verkehrslagedarstellungen vorangetrieben werden.



Abb. 12: Durchführung der TAGA-Flugversuche

Literatur

DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, Euro Telematik AG, *Ergebnisbericht TAGA Flugversuche*, 2002

DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, *NUP TIS-B Service Description*, Version 1.3, 2002

Euro Telematik AG, *GCAS-2000 MFD Multi-Function Display*, 2002

Ursprünglich veröffentlicht in: M. Grandt & K.-P. Gärtner (2002): *Situation Awareness in der Fahrzeug- und Prozessführung*. 44. Fachausschusssitzung Anthropotechnik der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt Lilienthal-Oberth e.V. (DGLR), Langen, 22.-23.10.2002. Bonn: DGLR.

4D-Planer – Nutzung des Forschungssimulators für Test und Prototyping

Carmen Geißler, TEI, Oliver Haßa, TEH

Einleitung

In diesem Artikel wird die Anpassung des Advanced Function Simulator (AFS) an spezielle Kundenwünsche am Beispiel der Simulationen für das Projekt „4D-Planer Frankfurt“ näher beschrieben. Diese Simulationen dienen als ein Beispiel dafür, wie der Forschungssimulator für Kunden aus dem Bereich Systementwicklung als Unterstützung in der Produktentwicklungs- und Abnahmephase eingesetzt werden kann.

Das Projekt „4D-Planer Frankfurt“

Das Projekt „4D-Planer Frankfurt“ hat zum Ziel, ein Lotsenunterstützungssystem, den sogenannten 4D-Planer, für den Flughafen Frankfurt zu entwickeln und in die betriebliche Nutzung zu überführen.

Der 4D-Planer löst als Advanced-Arrival-Manager das System COMPAS im ACC Frankfurt (Center, Langen) und APP Frankfurt (Approach, Tower Süd) ab. COMPAS selbst ist als Planungs- und Koordinationstool (nach der Anpassung auf EAM04) betrieblich nur noch eingeschränkt nutzbar. Der 4D-Planer wird zeitnah als Ersatz benötigt.

Das Projekt "4D-Planer Frankfurt" umfasst die Anpassung des von DLR und DFS erstellten Prototypen an die Luftraumstruktur EAM04 und die Systemerweiterungen für die zweite Betriebsrichtung 07 in Frankfurt. Zusätzlich werden die Anforderungen bezüglich der Planung von HALS Anflugverfahren umgesetzt.

Da das Systemhaus als Entwickler des „4D-Planer Frankfurt“ über keine entsprechenden Möglichkeiten der Echtzeitsimulation verfügt, werden die Simulationen zur Unterstützung der Entwicklung sowie Teile der Abnahme am Advanced Function Simulator des Bereiches TE durchgeführt.

Dabei werden im Wesentlichen folgende Anforderungen durch das Systemhaus als Kunden an die Simulation gestellt:

- Hochgenaue Nachbildung des APP-Bereiches von Frankfurt
- Nachbildung von vier zusammengefassten ACC-Sektoren um den APP-Bereich Frankfurt
- Anbindung des 4D-Planers an das Simulationssystem
- Luftraum Frankfurt mit EAM04
- Realitätsnahe Szenarien für Hoch- und Höchstlast in allen Betriebsrichtungen einschließlich HALS sowie Windeinfluss.

Anpassungen des AFS an die Anforderungen des Kunden

Am Gesamtsystem AFS wurden für die Simulationen mit dem 4D-Planer umfangreichere Modifikationen vorgenommen. Im einzelnen handelt es sich dabei um Änderungen bzw. Erweiterungen in folgenden Bereichen:

- Integration des 4D-Planers in das AFS-Netzwerk
- Programmierung einer Schnittstelle zum 4D-Planer
- Implementierung eines sogenannten Automatik-Piloten
- Änderungen am Piloten HMI
- Neues ILS-Verfahren im AFS
- Neue Flugleistungsrechnung
- Erweiterung der Analysemöglichkeiten und Einbindung von 4D-Planer-Daten in das Analyse-Tool des AFS (DAFNE)
- Anpassung des Streifendrucks
- Zusätzliche Streifenbays in den Lotsenarbeitsplätzen
- Anpassung der Display-Software

Zu diesen Erweiterungen kommen noch die üblichen Arbeiten der Simulationsvorbereitung:

- Erstellen eines Site-File (statische Daten) und Abgleich der Daten mit der Datenbank des 4D-Planers
- Erstellung und kontinuierliche Verbesserung von mehreren Szenarien (dynamische Daten)
- Konfiguration des AFS
- Konfiguration des Sprachvermittlungssystems (SVS)

Die Simulationen für den 4D-Planer am AFS erfolgen in zwei aufeinander folgenden Abschnitten. Zum einen werden Simulation zur Unterstützung der Entwicklung eingesetzt, zum anderen erfolgt auch ein Teil der Abnahme des 4D-Planers in Simulationen am AFS. Um für kleinere Tests und die Datenvorbereitung nicht immer auf das Großsystem des AFS angewiesen zu sein, wurden alle Anpassungs- und Integrationsarbeiten auch am sogenannten Standalone-AFS durchgeführt. Somit konnten auch bei einer Belegung des AFS-Großsystems durch andere Projekte Arbeiten für den 4D-Planer an diesem kleineren System durchgeführt werden.

Simulationsvorbereitung

Für die Simulationen mit dem 4D-Planer wurde zunächst ein Site-File erstellt, das dem Stand EAM04 vom April 2001 entspricht. Anschließend wurden diese Daten mit der entsprechenden Datenbank des 4D-Planer abgeglichen.

Der den Approach-Bereich Frankfurt umgebende Luftraum musste vereinfacht werden, da dieser nur von vier Arbeitsplätzen aus kontrolliert werden sollte. Dabei sollten ausschließlich Radar-Arbeitsplätze (d. h. keine Koordinations-Arbeitsplätze) nachgebildet werden. Im einzelnen wurden folgende Sektoren im Simulator zusammengelegt:

- Simulationssektor Nord Radar, **NR**: NR1, NR2, NR3, NR4
- Simulationssektor West Radar, **WR**: WR1, WR2, WR4
- Simulationssektor Ost Radar, **OR**: OR1, OR3, OR5
- Simulationssektor Nord Radar 5, **NR5**: NR5

Jedem dieser Simulationssektoren wurde dabei ein Einflugpunkt in den Approach-Bereich (sogenannte Metering Fixe, MF) zugeordnet. Diese sind:

- NR: (**GED**, „Gedern“)
- WR (**EPINO**)
- OR (**PSA**, „Spessart“)
- NR5 (**ETARU**)

Im Approach-Bereich Frankfurt wurden folgende Arbeitsplätze nachgebildet:

- Pickup Süd, **TR1S**
- Feeder, **TE**
- Pickup Nord, **TR1N**

Somit ergeben sich insgesamt sieben Lotsenarbeitsplätze. Ein weiterer Arbeitsplatz wurde zur Beobachtung und Beurteilung der Simulation eingesetzt, so dass alle am AFS verfügbaren Standard-CWPs während der Simulationen für den 4D-Planer zum Einsatz kamen.

Da während der Standard-Simulationen jeweils nur ein Center-Sektor besetzt werden konnte und die restlichen drei Sektoren durch den Automatik-Piloten (siehe unten) gesteuert wurden, wechselte die Arbeitsplatzkonfiguration des AFS z. T. zwischen zwei Simulationsläufen. Daher mussten Möglichkeiten geschaffen werden, um komplette Konfigurationen des AFS sehr schnell zu wechseln.

Um die Simulation möglichst realitätsnah zu gestalten, wurde das Szenario auf Aufzeichnungen von realem Verkehr aufgebaut. Als Basis wurde eine Aufzeichnung des LIZ (Lage- und Informationszentrum) vom 27.7.2001 verwendet. Dabei sollte auf Anforderung des Kunden ausschließlich in Frankfurt landender Verkehr berücksichtigt werden. Dieses Verkehrsbeispiel wurde an den AFS angepasst und für die Betriebsrichtungen 25 und 07 modifiziert. Während der ersten Simulationen zeigte sich, dass die mit diesem Szenario erzeugte Verkehrslast nicht ausreichte. Daher wurden Szenarien mit deutlich mehr Verkehr entwickelt. Während der laufenden Simulationen wurden diese Szenarien kontinuierlich an die Anforderungen des Kunden angepasst, so dass jetzt auch Szenarien für den Wechsel der Betriebsrichtung und verschiedene

Wetterbedingungen (Wind) zur Verfügung stehen.

Simulationsdurchführung

Zur Entwicklungsunterstützung wird einmal im Monat für einen oder zwei Tage eine sogenannte Standardsimulation durchgeführt. Diese regelmäßigen Simulationen haben in der Regel einen Schwerpunkt bzw. ein Thema unter dem sie stehen. Wobei dieses Thema nur den groben Rahmen bildet und der eigentliche Ablauf der Simulation flexibel gestaltet ist, um auf die Anforderungen der Entwicklung Rücksicht nehmen zu können.

Die abschließende Abnahmesimulation dauert fünf Tage und ist weniger flexibel angelegt. Jeder Simulationsrun ist so ausgelegt, dass bestimmte Anforderungen damit abgenommen werden können. Für diese Simulation werden alle Sektoren mit Lotsen und Piloten besetzt, so dass auf den Automatik-Piloten verzichtet werden kann.

Da bei der Abnahmesimulation sieben Arbeitsplätze verwendet und auch besetzt werden, ist es erforderlich, bis zu acht Pilotenarbeitsplätze zur Verfügung zu stellen, weil der sogenannte Feeder auf der Pilotenseite doppelt besetzt wird. Da der AFS zur Zeit nur über fünf Pilotenarbeitsplätze im eigentlichen Pilotenraum verfügt, wurden drei der vier vorhandenen Adjacent-Controller-Arbeitsplätze zu Pilotenarbeitsplätzen umfunktioniert.

Anpassungen des AFS

Simulationen im Flughafen-Nahbereich stellen besondere Anforderungen an die Genauigkeit der Flugleistungsberechnungen. Da die am AFS vorhandene Flugleistungsrechnung von den beteiligten Lotsen im Approach-Bereich nur als ausreichend eingestuft wurde, musste der AFS in diesem Bereich verbessert werden. Ab Release 23 steht nun eine Version des AFS zur Verfügung, die auch im Flughafennahbereich über



Abb. 1: Center-Arbeitsplatz (Ost-Radar)

eine gute Nachbildung der Flugleistungen verfügt.

Auch das bisher am AFS implementierte Verfahren zum automatischen Erfliegen eines ILS-Anfluges entsprach nicht den Wünschen des Kunden. Daher wurde dieser Bereich ebenfalls stark ausgebaut und verbessert. So ist es unter anderem inzwischen auch möglich eine sogenannte „Localizer-Clearance“ am AFS automatisch erfliegen zu lassen.

Die für die 4D-Planer Simulationen implementierten Anflugverfahren wurden dabei so gestaltet, dass sie auch für andere Zwecke nutzbar sind. So basiert zum Beispiel das für das Projekt NEWSIM zu implementierende Verfahren im Wesentlichen auf denen für die 4D-Planer-Simulationen entwickelten Algorithmen.

Bei Anflügen stehen die Simulationspiloten unter einer erhöhten Arbeitslast. Um diese abzubauen, wurde das Piloten-HMI des AFS an diese spezielle Situation angepasst (s. unten).

Anpassungen des Radar-Displays

Das für die 4D-Planer-Simulationen zu verwendende Radar-Display sollte dem im Approach Frankfurt verwendeten DERD XL möglichst nahe kommen. Eine zusätzliche Replikation des im ACC verwendeten P1 war aus Sicht des Kunden nicht erforderlich. Daher wurde auf Basis der vorhandenen Displaysoftware VADS (Very Advanced Display Software) eine Nachbildung von DERD XL implementiert und an allen verwendeten Arbeitsplätzen eingesetzt. Diese Replikation ist unter anderem auch in der Lage, die originalen Radar-Karten von DERD-XL einzulesen. Somit kann auf operationelle Änderungen in diesem Bereich sehr schnell reagiert werden.

Anpassung und Erweiterung der Analyse-möglichkeiten

Das Analyse-Werkzeug des AFS (Data Analysis



Abb. 2: Approach-Arbeitsplatz (Pickup Nord)

in Offline Environment, DAFNE) wurde zur Unterstützung der Abnahme des 4D-Planers am AFS erweitert. Dabei wurden folgende Punkte berücksichtigt:

- Programmierung einer Importfunktion für Log-Dateien des 4D-Planers
- Erzeugung spezieller Statistikfunktionen für Landungen
- Entwicklung verschiedener automatischer Berichte

Mit diesen Werkzeugen können die wesentlichen Kenngrößen (z. B. Stafflungsabstände, Update-Häufigkeit des 4D-Planers, Ablieferungsgenauigkeit) sowie verschiedene Auswertungen und Grafiken unmittelbar nach einem Simulationslauf automatisch erzeugt werden. Diese stehen daher während der Abnahme bereits zum Debriefing eines Simulationslaufes zur Verfügung.

Weitere Anpassungen

Während der ersten Standard-Simulationen stellte sich heraus, dass der an den AFS-Konsolen verfügbare Platz in den Streifenablagen nicht ausreichte. Daher wurden die Lotsenarbeitsplätze um zusätzliche Streifenbays im vorderen Bereich ergänzt.

Am DERD XL System von Frankfurt Approach werden zur Zeit lange Streifen eingesetzt. Am P1-System Frankfurt werden hingegen bereits kurze Kontrollstreifen verwendet. Da in der Simulation beide Arbeitsplätze nachgebildet werden mussten, musste der Streifendruck des AFS dahingehend erweitert werden, dass dieser nun auch kurze Streifen erzeugen kann. Die Streifenablagen der Arbeitsplätze wurden an den Center-Arbeitsplätzen ebenfalls für die Verwendung kurzer Streifen eingerichtet.

Da es erforderlich war, die Arbeitsplatzkonfiguration zum Teil zwischen zwei Simulationsläufen umzustellen, mussten neben unterschiedlichen Simulatorkonfigurationen auch unterschiedliche Konfigurationen des verwendeten Sprachvermittlungssystems (AudioLAN) erstellt werden. Zusätzlich war es erforderlich, zwischen diesen Konfigurationen innerhalb von ca. 10 Minuten umschalten zu können.

Schnittstellen AFS - 4D-Planer

a) P1/Compas-Schnittstelle:

Bei der Integration des 4D-Planers am AFS wurde darauf geachtet, die Standardschnittstellen der DFS zu verwenden. Da der 4D-Planer als Ersatz für COMPAS geplant ist und über die gleiche Schnittstelle mit Daten versorgt werden soll, wurde am AFS eine solche COMPAS-Schnittstelle realisiert, um in der Simulation ähnliche Voraussetzungen zu schaffen, wie im operationellen Betrieb (s. Abb. 3).

So wurde bereits im Juni 1999 im Rahmen des 4D-Planer-Projekts eine P1/COMPAS-Schnittstelle als SIU-Interface-Handler implementiert, die Flugplandaten, Radardaten und die Simulationszeit in das P1/COMPAS-Format konvertiert.

Auf 4D-Planer-Seite werden diese Daten empfangen, analysiert, gefiltert und an das eigentliche Planungstool weitergeleitet. Dieser Prozess wurde anfänglich vom DLR entwickelt, jedoch später in Eigenarbeit von Seiten TE fortgeführt.

Der 4D-Planer berechnet eine Anflugreihenfolge, die dem Controller auf einem separaten Bildschirm angezeigt wird. Der Lotse im Center-Sektor erhält Informationen, zu welchem Zeitpunkt er das Luftfahrzeug über dem Metering-Fix an den Approach-Sektor übergeben soll. Der Approach-Lotse erkennt auf dem Display auf welcher Runway und zu welcher Uhrzeit die Luftfahrzeuge zur Landung geplant sind. Diese Displays werden vom 4D-Planer-Rechner auf die Bildschirme an den Lotsenarbeitsplätzen exportiert.

b) Automatik-Pilot:

Auf Grund von personellen Engpässen sowohl bei den Lotsen als auch bei den Simulationspiloten für die Standardsimulationen wurde eine weitere Schnittstelle zwischen AFS und 4D-Planer geschaffen, die eine automatische Führung der Luftfahrzeuge ermöglicht. Der 4D-Planer berechnet Zeiten und Höhen über den Metering Fixen (PSA, GED, EPINO, ETARU) an denen das Luftfahrzeug übergeben werden soll. Diese Vorgaben werden an den Automatikprozess weitergeleitet, der entsprechende Pilotenkommandos erzeugt und an den Simulator weiterleitet. Bei der Zeitvorgabe handelt es sich ausschließlich um Verzögerungszeiten, die das

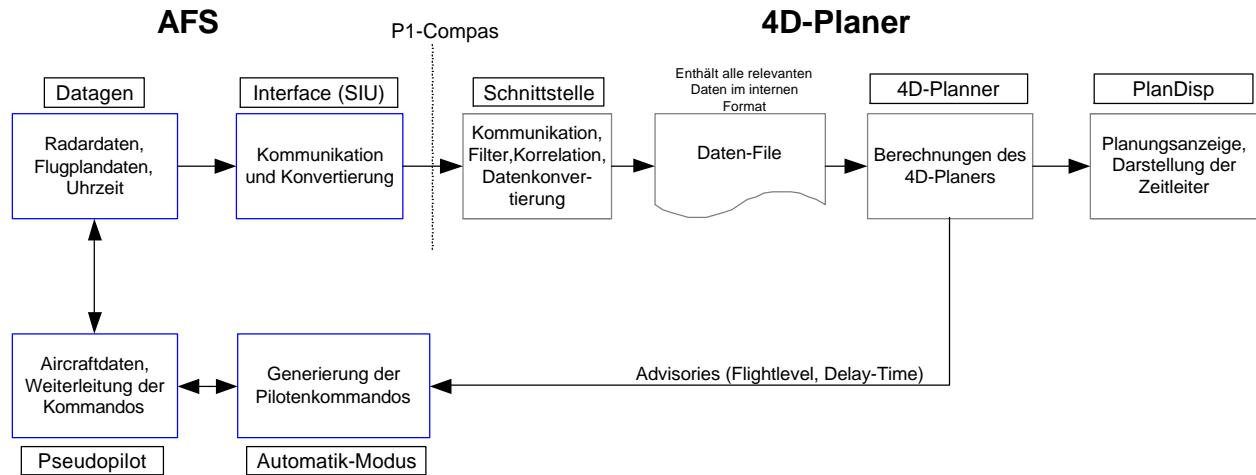


Abb. 3: Datenfluss zwischen AFS und 4D-Planer, P1/Compas-Schnittstelle und Automatik-Modus

Luftfahrzeug, je nach Performance, minutenweise durch Vollkreise abbaut. Das Sinken auf die vorgegebene Höhe berechnet sich aus der Entfernung zum Metering-Fix und einer möglichen Sinkrate und wird zum entsprechenden Zeitpunkt initiiert. Vor Eintreten der Luftfahrzeuge in den Approach-Bereich erhalten diese eine Geschwindigkeitsanweisung und werden an den entsprechenden Piloten des APP-Bereiches transferiert. Durch diesen Automatismus werden die Luftfahrzeuge im Center nach Vorgaben des 4D-Planers an den Approach-Sektor übergeben, so dass beim Testen und in der Simulation keine Lotsen und Piloten für diese Bereiche benötigt werden. Durch entsprechende Konfiguration können die Anflüge zu beliebig vielen Metering-Fixen automatisiert werden.

Änderungen am Piloten-HMI:

Wegen der höheren Belastung der Simulationspiloten bei Approach-Simulationen und zur besseren Übersichtlichkeit wurde das Piloten Display umgestaltet (bisheriges Display siehe „TE im Fokus“, Ausgabe 2/00).

Es wurde ein weiteres Layout entworfen, das nur noch die notwendigen Informationen für den Anflugbereich enthält (s. Abb. 4). Die Databox wurde aus diesem Grund ganz entfernt, wodurch Platz frei wurde für eine weitere Streifenbay. So sind insgesamt 20 Flieger gleichzeitig sichtbar,

wodurch auch ein besserer Zugriff auf die Streifen gewährleistet wurde.

Es wurde weiterhin eine sogenannte PendingBox eingerichtet, in der Flieger nur mit dem Callsign dargestellt werden, sobald diese in den Zuständigkeitsbereich des Simulationspiloten eintreten. Diese Luftfahrzeuge sind somit als neue Flugzeuge leicht identifizierbar und können jederzeit in die Streifenbay übernommen werden.

Des Weiteren besteht nun die Möglichkeit per „Drag&Drop“ mit der Maus die Streifen an beliebige Positionen zu verschieben.

Falls ein Luftfahrzeug die Localizer- oder ILS-Clearance erhält, wird die zugeordnete Runway im Statusfeld angezeigt und je nach Status (Intercepting Localizer, Established on Localizer, Established on Glidepath, Missed Approach) farblich markiert.

Zur Abarbeitung der ILS- und Localizer-Clearances wurden die Funktionstasten speziell für die Anflüge nach Frankfurt mit den entsprechenden Kommandos belegt.

Durch diese Änderungen hat der Simulationspilot nun die Möglichkeit zwischen zwei verschiedenen Layouts („konventionell“ oder „neu“) zu wählen.

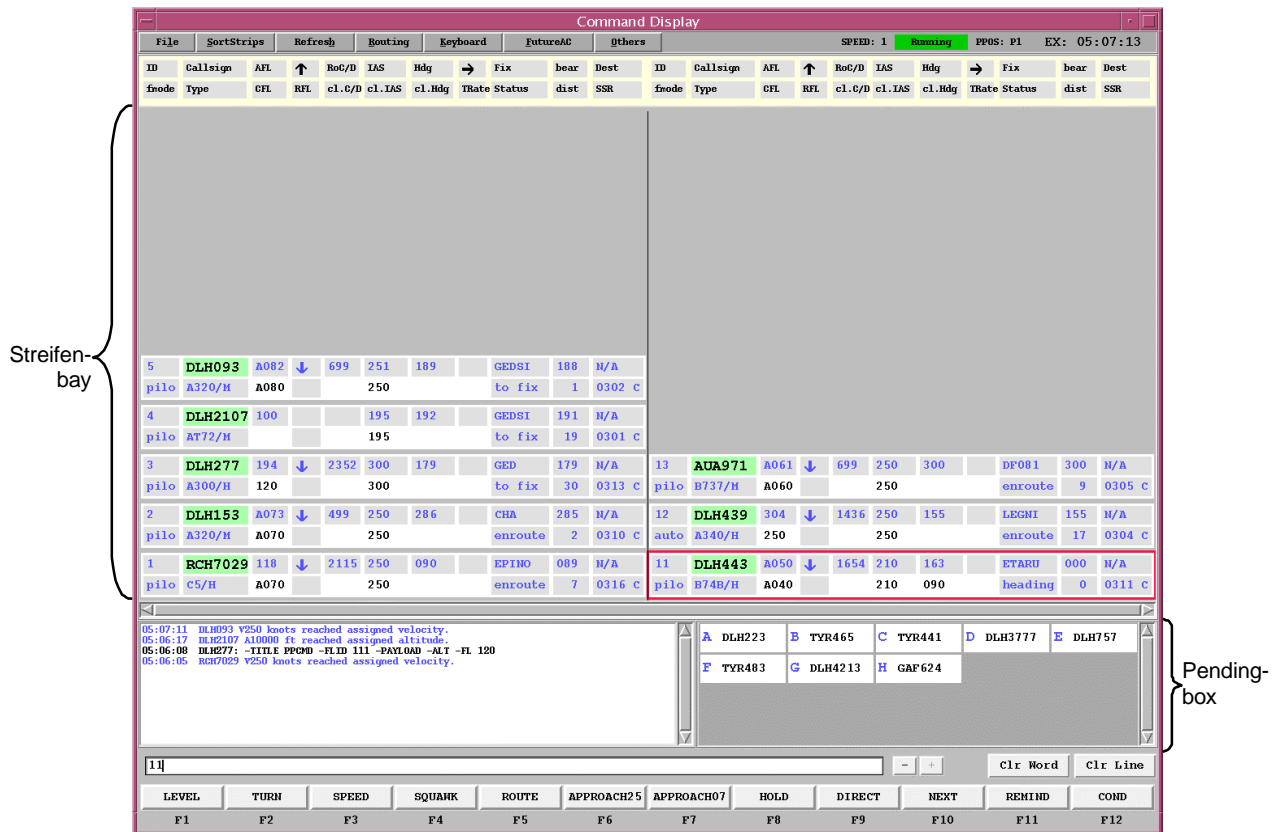


Abb. 4: neu entwickeltes Piloten-HMI mit Streifenbays

Ausblick

Dieses Beispiel der Unterstützung von Entwicklungsprojekten in der Implementierungs- und Abnahmephase durch Simulationen am AFS illustriert die Anpassungsfähigkeit der vorhandenen Infrastruktur. Angefangen bei Luftraum und Verfahren über die Schaffung zusätzlicher Schnittstellen und Funktionen, Verbesserungen am Simulatorekern, bis hin zu Anpassungen an den Bedienoberflächen und den Arbeitsplätzen wurden bei den Simulationen für den 4D-Planer fast alle Möglichkeiten der Adaption des AFS genutzt.

Nach der erfolgreichen Durchführung der Simulationen für den 4D-Planer kann der AFS als uneingeschränkt Approach-fähig eingestuft werden. Somit kann auch die Entwicklung zukünftiger Unterstützungssysteme für diesen Bereich mit dem AFS unterstützt werden.

Abkürzungen

AFS =	Advanced Function Simulator
COMPAS =	Computer Oriented Metering, Planning and Advisory System
ACC =	Area Control Center
APP =	Approach Control Unit
DAFNE =	Data Analysis in an Offline Environment
DERD =	Darstellung Extrahierter Radardaten
DLR =	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
EAM04 =	EUROCONTROL Airspace Model #4 (Germany)
HALS =	High Approach Landing System
HMI =	Human Machine Interface
LIZ =	Lage- und Informationszentrum
SIU =	Simulation Interface Unit
SVS =	Sprachvermittlungssystem
VADS =	Very Advanced Display Software
ILS =	Instrumenten-Landesystem

TEMPO – Evaluierung eines DFS Multiradar-Trackers durch TE

Wolfgang Wissler, TEH

Einleitung

Der Geschäftsbereich Tower (Technik) setzt in seinem Bereich ein neues ATC System mit dem Namen Phoenix zur Luftlagedarstellung ein. Dessen Multiradar-Tracker wurde im Rahmen einer Dienstleistung von dem DFS Mitarbeiter Herrn Adrian entwickelt. Der Tracker wurde dann in das DFS-Produkt „Phoenix“ überführt.

Der Bereich Forschung und Entwicklung wurde vom Geschäftsbereich Tower beauftragt, eine technische Untersuchung zur Überprüfung der Positionierungsgenauigkeit durchzuführen. Eine gemeinsame Arbeitsgruppe begleitet und unterstützt diese technische Untersuchung, die in einem mehrstufigen Vorgehen umgesetzt wird.

Zur technischen Umsetzung wurde ein Projekt mit dem Namen TEMPO (Tracker Evaluation on Multi Sensor Performance) ins Leben gerufen. Dazu wurde vorhandene technische Infrastruktur im Bereich TE zusammengefügt. Es handelt sich im wesentlichen um einen Radarsimulator (AFS,

Advanced Function Simulator), RDR/RDQC (Radar Data Recording/Radar Data Quality Control) und AMOR/RAPS (Analysis Tool for Mode S Radar Data / Recording, Analysis, Playback and Simulation System for Radar Data). Abbildung 1 zeigt ein Übersichtsbild zur realisierten Infrastruktur.

Zur statistischen Auswertung der Daten wurde das im TE Bereich zu Verfügung stehende SAS Tool (Statistic and Analyses Software) genutzt.

Die Phase 2 der Phoenixuntersuchung fand in der Zeit von April bis Oktober 2002 statt. Diese Untersuchung wurde mit simulierten Radardaten von den Mode S Anlagen Neunkirchen und Frankfurt Süd betrieben. Gleichzeitig wurden die MSSR (Monopulse Secondary Surveillance Radar) Anlagen Frankfurt Nord, Lüdenscheid und Mittersberg simuliert. Technisch wurde damit die Mode S Einführung der DFS „simuliert“ vorweggenommen. Es sollte unter anderem auch das Zusammenspiel von „neuen“ und „alten“ Radaranlagen im Phoenix Tracker untersucht werden.

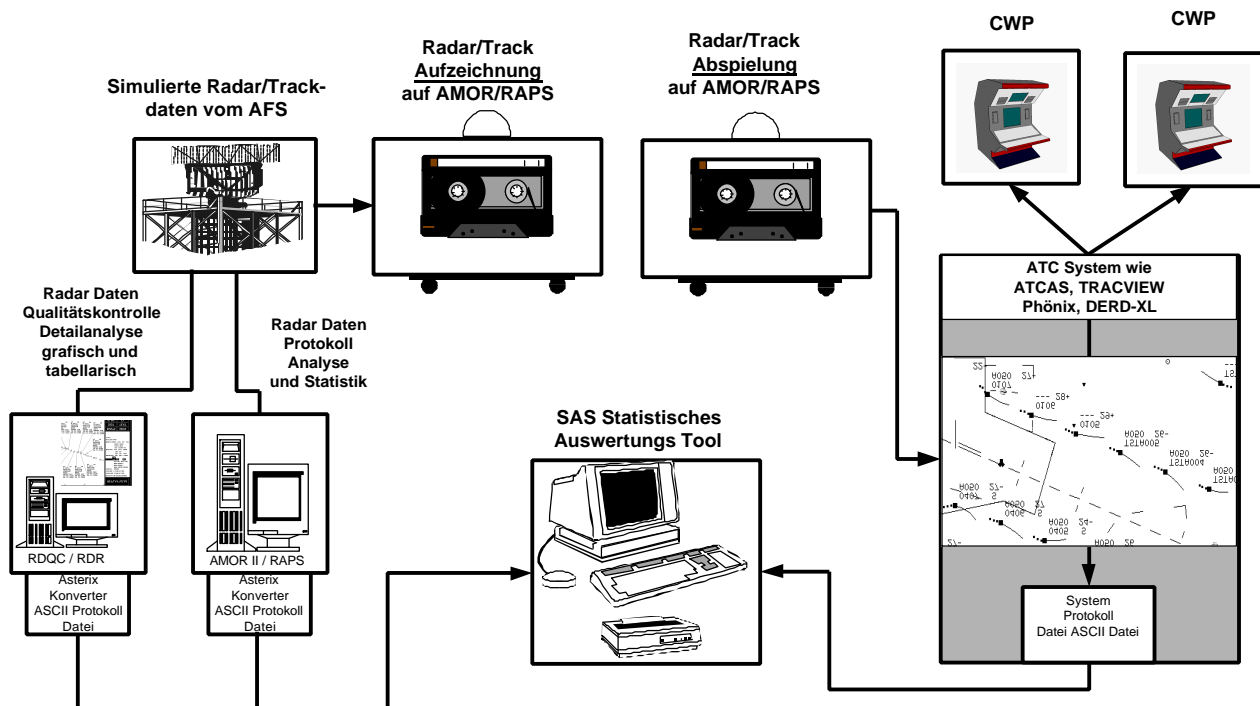


Abb.1 Infrastrukturübersicht zur statistischen Radarauswertung von simulierten Radar/Track Daten

Durchführung

In der Arbeitsgruppe wurden mehrere betrieblichen Szenarien festgelegt. Der Schwerpunkt lag aufgrund des geplanten Einsatzes im Towerbereich. Um das Potential von Phoenix im Enroute Einsatz abzuschätzen, wurden drei Szenarien im höheren Luftraum und größeren Abstand zu den Radaranlagen entwickelt. Abbildung 2 zeigt einen Überblick der entwickelten Szenarien. In der Zeichnung sieht man auch die simulierten Radarstandorte. Die Approach Szenarien bauen alle auf Nord- und Südanflügen auf Frankfurt auf.

Für den Towerbereich bestehen die Szenarien aus drei grundsätzlichen Anflugverläufen auf Frankfurt (EDDF) :

- Approach Szenario 1 ist für den Landeanflug in Betriebsrichtung 25 mit (betrieblich nicht zulässigem) parallelem Anflug ausgelegt. Je 150 Flugziele fliegen einen Nordanflug und einen Südanflug. Sie drehen etwa 25 Meilen vor der Landebahn in 5000 Fuß Höhe gleichzeitig auf das ILS 25L bzw. 25R ein. Dabei erreichen die Flugziele einen minimalen Seitenabstand von

etwa 500 Metern. Der Abstand zum vorausfliegenden Flugziel beträgt etwa 2,5 NM (Nautische Meilen), siehe Abbildung 5.

- Approach Szenario 2 ist für den Landeanflug in Betriebsrichtung 25 mit parallel versetztem Anflug ausgelegt (staggered approach). Die Flugziele auf die gleiche Landebahn haben einen Staffelungsabstand von etwa 2,5 NM zueinander. Das Eindrehen auf die Landebahnrichtung erfolgt für die Nord- und Südanflüge jeweils um 30 Sekunden (entsprechend ca. 2,5 NM) versetzt. Dieses Szenario kommt somit den realen betrieblichen Verhältnissen unter Sichtflugbedingungen recht nahe.
- Für das Approach Szenario 3 wurde im Simulator die Nordlandebahn (25R) parallel nach Norden verschoben, um einen Abstand zur Südbahn von 2.200 Meter zu erreichen. Dies ermöglicht einen voneinander unabhängigen Bahnbetrieb, wie z.B. in München. Die Flugziele fliegen ICAO konform parallel auf 25L und die fiktive (verschobene) Nordlandebahn.

Die Enroute Szenarios gliedern sich in 3 grundsätzliche Flugverläufe. Geografische Vorgaben kann man aus Abbildung 2 entnehmen. Bei den

Übersicht TEMPO Szenarien

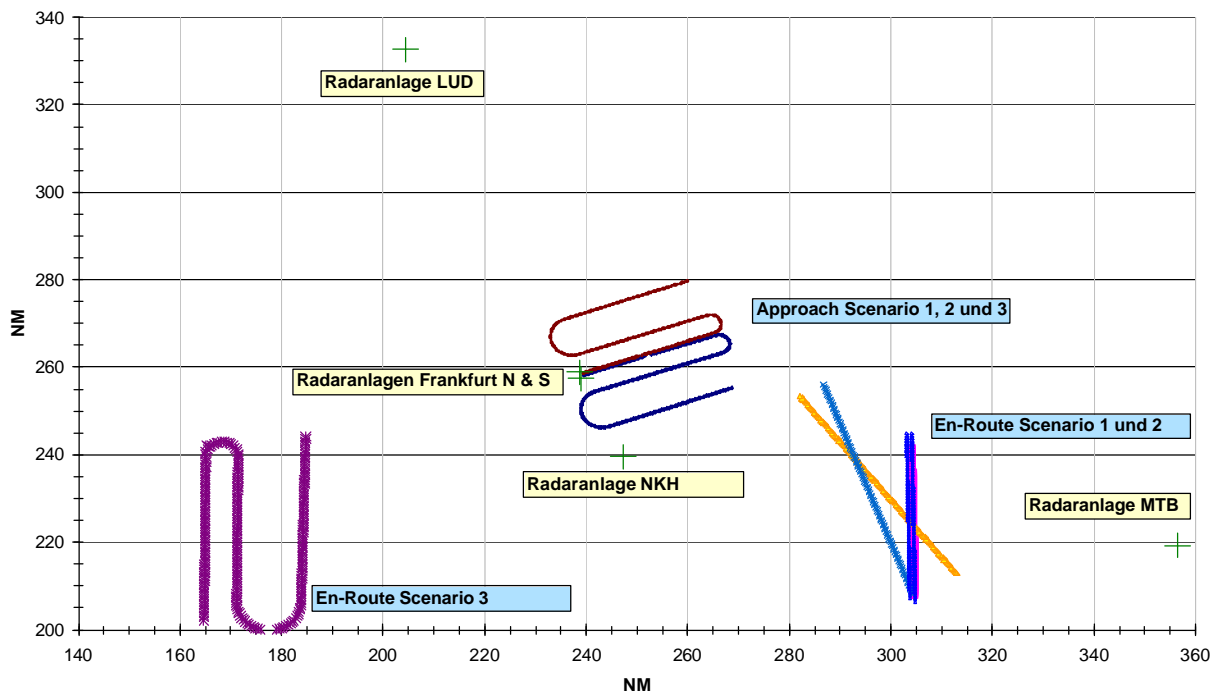


Abb.2: Szenarienübersicht für die Untersuchung des Phoenix Trackers

Enroute Szenarien wurden die Flugverläufe bewusst weiter von vorhandenen Radarstandorten verlegt und entsprechende Flugflächen und Geschwindigkeiten gewählt.

- Enroute Szenario 1 „Same direction“. Hier fliegen 150 Luftfahrzeugpärchen in die gleiche Richtung mit unterschiedlicher Höhe und Geschwindigkeit. Es kommt im Flugverlauf zu einem Überholvorgang.
- Enroute Szenario 2 „Crossing“. Hier fliegen 150 Luftfahrzeugpärchen auf einen Kreuzungspunkt mit einem Winkel unter 30 ° aufeinander zu. Sie unterscheiden sich nur in der Höhe um 1000 Fuß. Die jeweiligen Pärchen treffen gleichzeitig am Kreuzungspunkt ein.
- Enroute Szenario 3 „Turn“. Hier fliegen 150 Ziele eine S-Kurve. Der erste Turn erfolgt mit 1,5 °/s bzw. 0,25 g. Später erfolgt noch ein weiterer Turn mit 3 °/s bzw. 0,5 g. Am Ausgangspunkt taucht jede Minute ein neues Flugziel auf.

Auswertung

Bei den Untersuchungen wurde der Schwerpunkt auf die statische Erfassung der Positionierungsgenauigkeit gelegt.

Zunächst wurde ein Referenzszenario ohne irgendwelche Rausch- und Fehler-Parameter er-

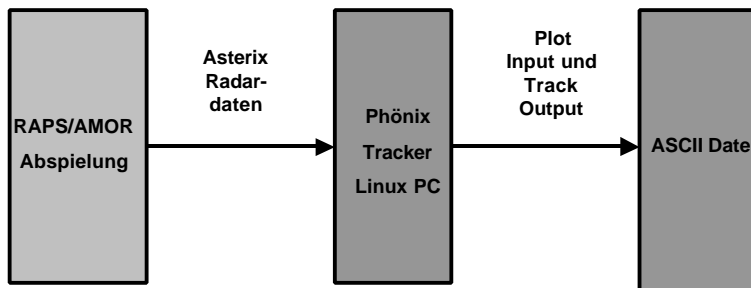


Abb.3: Systembild, Einspeisung der Test-Radardaten und deren Aufzeichnung

zeugt und aufgezeichnet. Der Rauschparameter einer Radaranlage orientiert sich an der Standardabweichung für den Entfernungs- und Winkelfehler. Je weiter die Flugziele sich von einer erfassenden Radaranlage befinden, um so mehr machen sich diese Parameter mit Abweichungen vom wirklichen Flugverlauf bemerkbar. Die aufgezeichneten Radardaten wurden als Referenzdaten in den Phoenix Multiradartracker eingespielt. Bei jedem Simulationsverlauf wurde von

Phoenix eine ASCII Protokolldatei angelegt. In der Protokolldatei wird jeder dargestellte Track, der auf dem Lotsen Display dargestellt wird, mit seinen wichtigsten Parametern aufgezeichnet.

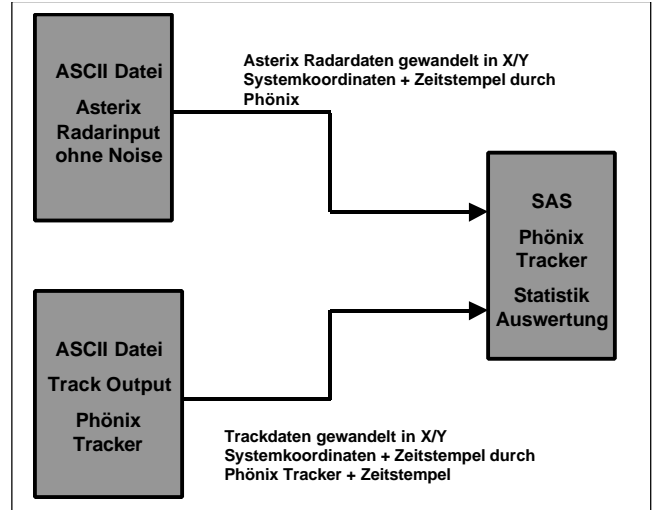


Abb.4: Systembild, Radardaten und Trackdaten Auswertung

So wird für jedes angezeigte Ziel unter anderem die Empfangszeit, die berechneten Systemkoordinaten, die dem Track zu Grunde liegende Radarmeldung und der Transponder Code festgehalten. Zusätzlich werden Mode S Features, wie die einzigartige 24 Bit Adresse des Flugzieles und das Callsign protokolliert. Die Flugziele fliegen alle das gleiche Flugprofil und haben am Anfang des Flugverlaufes einen konstanten Zeitabstand zum vorausfliegenden Ziel.

Mit dem Statistikprogramm SAS wird nun aus der Protokolldatei eine optimale Referenzspur aufgrund der berechneten eingehenden Radardaten berechnet. Dafür werden die von Phoenix berechneten Systemkoordinaten der Radarplotmeldungen zu Grunde gelegt. In der Abbildung 4 ist dieses Vorgehen erläutert.

Von SAS wird die ASCII Datei „Asterix Radarinput –ohne Noise“ ausgewertet.

Um die Auswirkungen und Glättung von Eingangsfehlern zu untersuchen, erfolgt nun der zweite Schritt: Dazu wird ein aufgezeichnetes verrauschtes und mit Fehlern behaftetes Szenario eingespielt. Der Verrauschungs- und Fehlergrad wurde im Simulator bei der Aufnahme festgelegt. Dabei wurde ein Winkelfehler von 0,17°

(1σ) für alle Radaranlagen angenommen. Für die Weitbereichsanlagen wurde ein Entfernungsfehler von 0,6 NM (1σ) und für die Nahbereichsradaranlagen 0,4 NM (1σ) festgelegt. Diese Werte ergaben sich aus Flugvermessungen in der Vergangenheit. Durch die Abspielung wird die Vergleichbarkeit der einzelnen Fehler Szenarien gewährleistet. So erlaubt dieses Vorgehen einen objektiven Vergleich mit möglichen anderen Radartrackern. Für die Positionierungsgenauigkeit bzw. der daraus abgeleiteten möglichen Staffelung wird eine absolute Fehlerabweichung zum wirklichen Flugverlauf in NM benötigt. Dieser Wert ergibt sich dann aus den geografischen Gegebenheiten, wie Abstand zu den Radaranlagen und ob die Flugrichtung mehr radial oder tangential zur Radaranlage ist. Zu den Rauschparametern spielen aber auch weitere zu untersuchende Fehler eine Rolle. So erfolgt im Szenario alle fünf Minuten ein Ausfall einer Radaranlage für zwei Minuten Dauer. Damit wird zum Bei-

spiel untersucht, wie das Wechselspiel zwischen einer Mode S Radaranlage mit i.d.R. eindeutiger Ziel-Identifikation und einer herkömmlichen MSSR Anlage, die lediglich den Mode A (und Mode C) Code liefert, im Tracker funktioniert. Zusätzlich gibt es periodische Mode A oder Mode S Ausfälle für 12 Sekunden. Mit diesen zusätzlichen Szenarien kann man das Fehlerkorrekturverhalten des Multiradartrackers überprüfen.

Zur Auswertung der Positionierungsgenauigkeit wird nun mit SAS die Protokolldatei statistisch untersucht. Grundlage sind die von Phoenix berechneten und dargestellten Ziele, sogenannte Tracks, mit seinen Systemkoordinaten und Zeitstempeln. Diese Trackdaten werden nun in Bezug zu den vorher ermittelten optimalen Radarplots gesetzt. Auch bei den Plots werden die von Phoenix umgerechneten Winkel- und Entfernungswerte der jeweiligen Radaranlage in Systemkoordinaten benutzt.

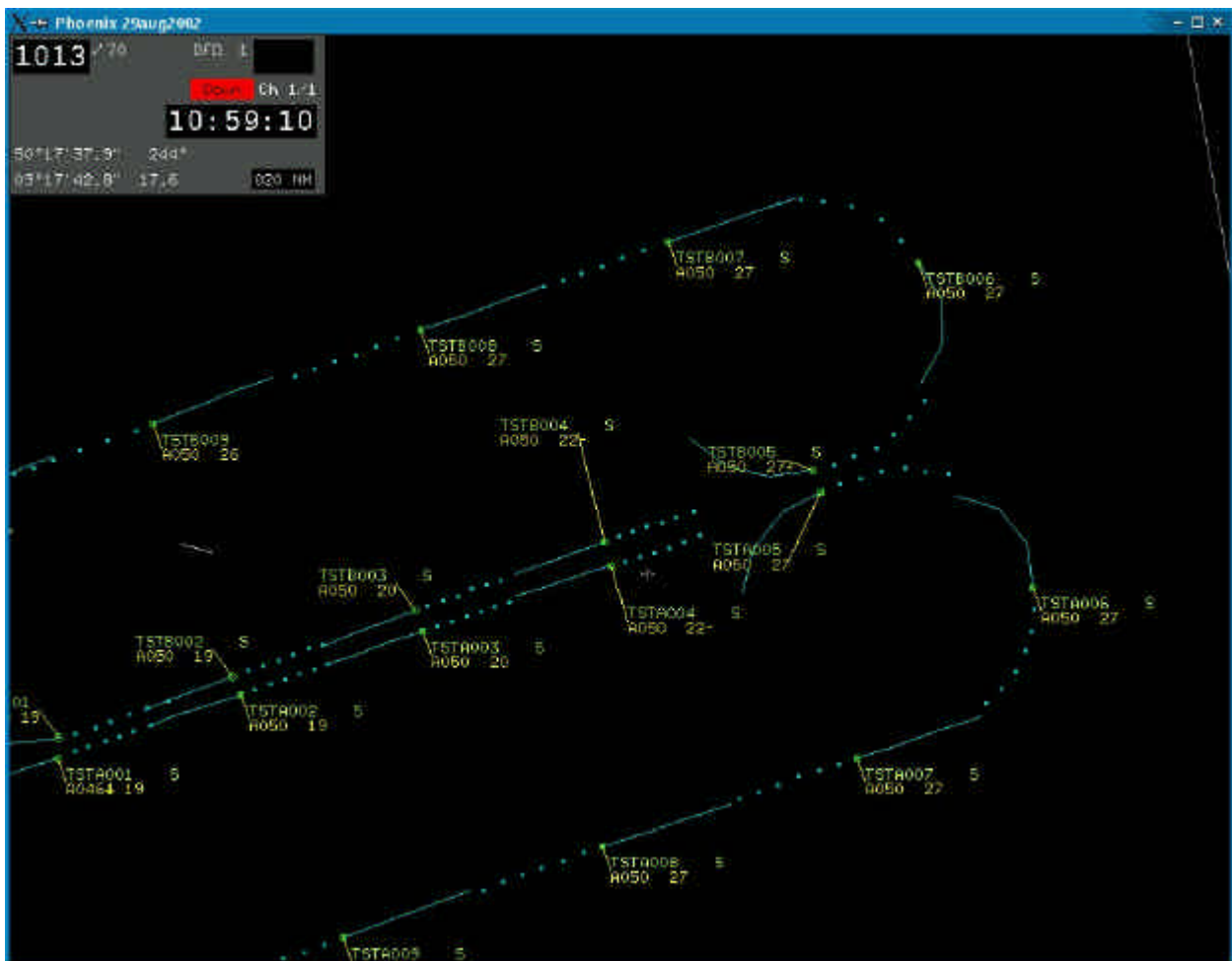


Abb.5: Trackerdarstellung für Approach-Szenario 1

Mit SAS wurden nun statistische Werte wie der Mittelwert und die Standardabweichung, der maximale Fehler der gesamten Auswertung und der maximale Fehler von 99 % und 95 % der ausgewerteten Systemkoordinaten ermittelt. Dabei wurden nur absolute Fehler in NM errechnet. Aus diesen errechneten Abweichungen können keine Richtungsinformationen abgeleitet werden. Stellt man aber in einer Grafik die protokollierten Systemkoordinaten der optimalen Radarspur mit protokollierten verrauschten Trackdaten dar, ergibt sich ein Vergleich der räumlichen Verteilung (s. Abb. 6).

Die abgeleitete technisch mögliche Staffelung ergibt sich hierbei als Erfahrungswert aus dem maximalen Fehler. Will man zum Beispiel mit 2,5 NM staffeln, sollte der maximale Fehler aus Sicherheitsgründen nicht über 0,5 NM liegen. In der Auswertung kann man auch die Gesamtzahl aller untersuchten Meldungen und die Verteilung auf die einzelnen Radaranlagen ableiten. Für nähere und quantitative Informationen wird auf den Projekt-Abschlussbericht verwiesen.

Zusammenfassung und Ausblick

TE betreibt eine technische Infrastruktur, die eine Kombination von nach Kundenwünschen simulierten Radarinformationen und Auswertemöglichkeiten beinhaltet. Damit lassen sich unter anderem Trackersysteme technisch validieren und auch mit einer in Zukunft erwarteten neuen Surveillance Technologie mit einer Mischung von MSSR und Mode S Radaranlage und ADS-B testen. Bisher wurden mit dieser Untersuchungsmethode DERD-XL/X und Phoenix überprüft und bewertet.

Zur Zeit bereitet der Towerbereich und TE die Phase 3 vor. Diese Phase beinhaltet die Einbindung von Enhanced Surveillance Mode S und neue ADS-B (Automatic Dependent Surveillance – Broadcast) CAT 21 Daten im Zusammenspiel mit Radardaten älterer Radaranlagen. Durch die Einbindung von Flugzeuginformationen, wie Rollwinkel oder die geplanten nächsten Wegpunkte mit einer Zeitabschätzung des Überfluges, soll die Trackerdarstellung bzw. die Berechnung von Trackdaten verbessert werden. Die Phase 3 soll 2003 abgeschlossen werden

En Route – Noise mit Referenz $y=f(x)$

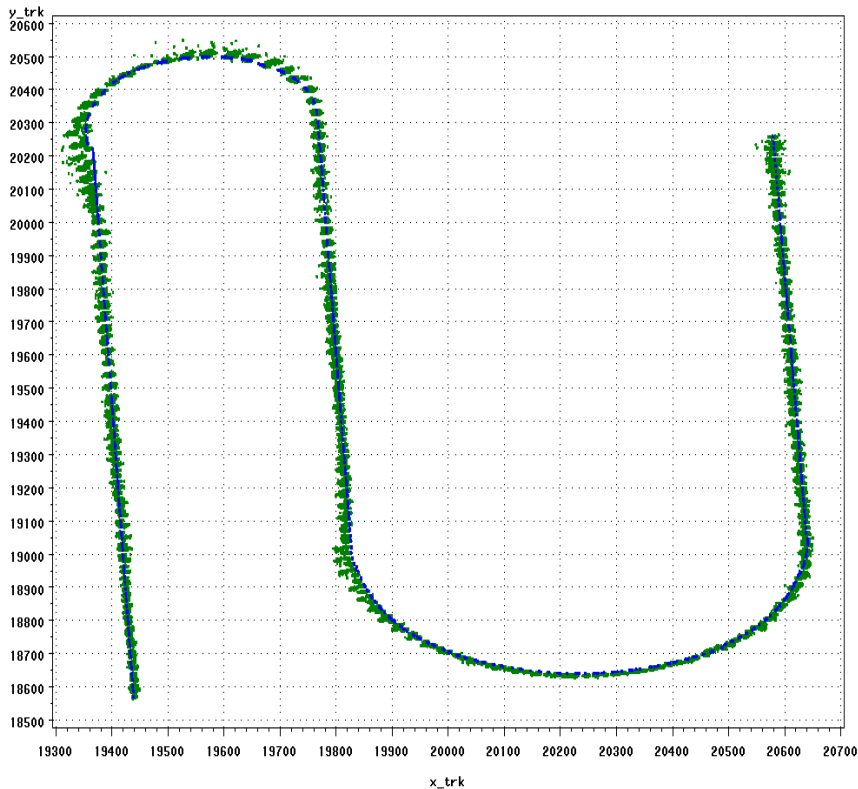


Abb.6: SAS-Darstellung (x/y) beim Enroute Szenario 3 (blau=Referenz , grün = verrauschte Daten)

ALGE – ARINC Label Generator

Steffen Marquard, TEA

Das Problem

Im Rahmen von Projekten zur Untersuchung von SSR/Mode S wird die komplette Signalkette zwischen Boden- und Bordausrüstung und umgekehrt benötigt. Während die Bodeninfrastruktur unternehmensbedingt das kleinere Problem darstellte, war die Versorgung der notwendigen Flugzeug-Bordausrüstung (Avionik), in dem Fall des SSR/Mode S Transponders, nur mit größerem Aufwand und unter Zuhilfenahme von mehreren Geräten möglich. Nach jedem Neustart der Geräte musste ein neues Setup durch den Nutzer erfolgen. Sollten andere Transpondertypen genutzt werden oder waren geänderte Daten an unterschiedlichen Eingängen einzuspeisen, so war auch hier eine Neukonfiguration der gesamten Umgebung notwendig.

Für stationären Betrieb im Labor noch machbar, war dies für den mobilen Einsatz schwierig, und für den Einsatz als Testgerät im Flugzeug sogar so nicht machbar.

Die Aufgabe

Im konkreten Fall war ein Gerät zu entwickeln, welches in der Lage ist, die notwendige Bordumgebung für einen Transponder komplett zu simulieren. Die bis dahin benutzten Einzelsysteme waren zu ersetzen, das Gerät sollte ohne Nutzereingriff, sofort nach Einschalten der Betriebsspannung den Betrieb aufnehmen und die benötigten Daten ohne Verzögerung zum Transponder senden. Die Daten sind im Format ARINC-429^[1] und mit entsprechendem Inhalt bereitzustellen. Die Übertragung soll über die regulären Transponder - Schnittstellen erfolgen.

Lediglich zur Programmierung der zu sendenden Daten oder zur Änderung des Dateninhaltes soll ein Nutzereingriff notwendig sein und dabei über ein grafisches Interface erfolgen. Ein universeller Einsatz war durch die Möglichkeit der individuellen Anpassung des Dateninhaltes und der Schnittstelle an den jeweiligen Transponder vorzusehen.

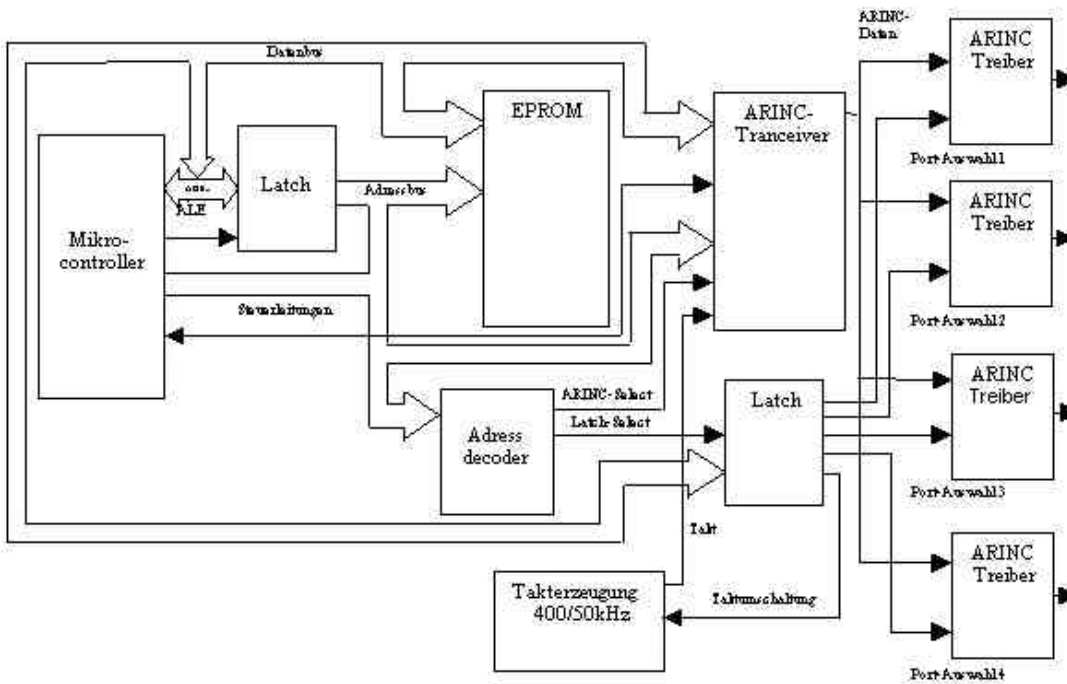


Abb. 1: ALGE-Blockschaltbild

[1] Mark 33 Digital Information Transfer System (DITS), ARINC Specification 429-15, Part 1-3

Das Datenformat

ARINC selbst ist weder ein Standard noch irgendein Gerät. ARINC steht für **A**eronautical **R**adio **I**NCorporated. Die ARINC - Organisation ist der technische, herausgebende und administ-

sondern es erfolgt eine Zuordnung zum Sender über "Equipment ID's". Jedoch wird der Dateninhalt und die entsprechende Kodierung über sogenannte "Label" (8 bit) zugeordnet. Fehlererkennung und ggf. -korrektur erfolgt über ein Parity Bit.

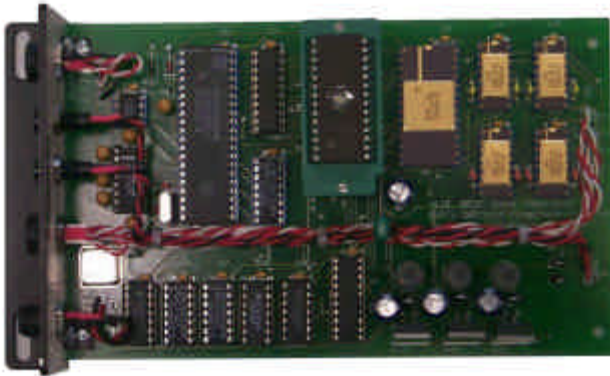


Abb. 2: ALGE-Hardware

rativ unterstützende Zweig des AEEC (Airlines Electronic Engineering Committee), welches aus 27 Airlines und damit zusammenhängenden Organisationen besteht. ARINC Spezifikationen definieren Design und Implementierung von Testanforderungen für NAV-Anlagen über Simulationskriterien bis hin zu digitalen und In - Flight Entertainment Systemen. ARINC Spezifikationen sind unterteilt in 4 Nummerierungssysteme - 400, 500, 600 und 700.

Für ALGE in Verbindung mit einem SSR/Mode S Transponder ist die ARINC-429 Spezifikation relevant. ARINC-429 definiert den Transfer von digitalen Informationen zwischen Avionik-Systemen. Dies erfolgt im "Broadcast" Verfahren an dem pro Bus ein Sender mit maximal 20 Empfängern angeschlossen sein kann, was aber auch bedeutet: ein Empfänger darf nicht auf dem Bus senden. Diese Limitierung macht es nötig, dass Geräte zum Austausch von Informationen mehrere Ein- und/oder Ausgänge als Sender oder Empfänger nutzen müssen.

Die Daten werden in 32bit Datenworten mit zwei Geschwindigkeiten periodisch auf dem Bus übertragen, Low Speed mit 12,5...14,5 kbps und High Speed mit 100 kbps. Physikalisch besteht der Bus aus geschirmten Twisted Pair Leitungen (78 Ohm). Es gibt keine direkte Adressierung,

Die Lösung

Das in einem berufspraktischen Semester von Februar bis Juni 2001 entstandenen Gerät ist in der Lage diese Anforderungen zu erfüllen. Der **ARINC Label Generator** (kurz: ALGE) wurde zwar speziell für den Anschluss an SSR/Mode S Transponder entwickelt, ist aber bedingt durch den Aufbau auch in der Lage andere Avionik - Systeme mit Daten zu versorgen.

ALGE stellt die vorab gespeicherten ARINC Label auf insgesamt 2 Low Speed und 2 High Speed Kanälen zur Verfügung.

Die wesentlichen Merkmale von ALGE

sind:

- Variable Stromversorgung, ALGE benötigt zum Betrieb nur eine Versorgungsspannung von 13 – 30V
- Bereitstellung von bis zu 100 ARINC Labels
- Programmierung über eine integrierte V24-Schnittstelle
- Freie Auswahl des Ports (Schnittstelle / Speed) für jedes ARINC Label
- Voller Zugriff auf jedes einzelne Bit im Label, ermöglicht auch neue, noch nicht spezifizierte Daten
- Nicht flüchtiger Datenspeicher (Daten bleiben beim Ausschalten der Stromversorgung erhalten)
- Robustes Gehäuse.

ALGE ist so aufgebaut, dass er außer der Programmierung der ARINC Label keine weitere Bedienung benötigt. Sofort nach dem Einschalten der Betriebsspannung beginnt der Generator die gespeicherten Daten zu senden.

Für die Programmierung von ALGE stehen drei Möglichkeiten zur Verfügung. Die einfachste und komfortabelste Möglichkeit bietet ALGE_GUI. Die

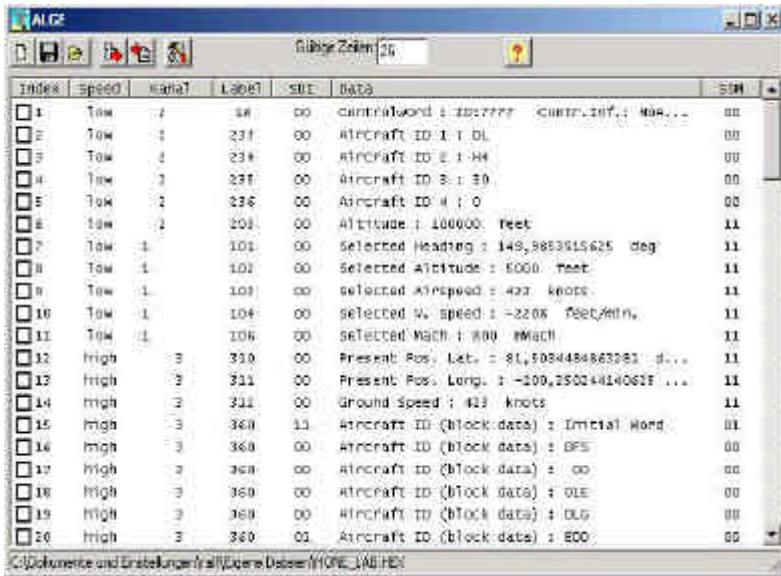


Abb. 3: ALGE_GUI Hauptfenster

Software läuft unter Windows 9x/2000 und wurde speziell für die Programmierung von ALGE entwickelt. Für die beiden anderen Möglichkeiten wird ein Terminalprogramm benötigt, mit dem man zum einen Datensätze in ALGE laden oder die Daten direkt per Tastatur eingeben kann.

Hardware / Firmware

ALGE ist relativ einfach aufgebaut. Die Bauelemente sind auf einer zweiseitigen Platine platziert und in Funktionsblöcke gruppiert. Es wurde auf einen möglichst einfachen Aufbau geachtet, so dass ein Nachbau ohne großen Aufwand möglich ist. Die Kombination von Hard- und Firmware realisiert folgende Funktionen:

- Bereitstellung von 2 Low Speed und 2 High Speed ARINC Kanälen
- Bereitstellung von Daten (bis zu 100 unabhängige Labels), welche in einem EEPROM gespeichert sind (unabhängig vom Programmcode)
- Transfer der Labelinhalte aus dem Speicher an den ARINC Transceiver Baustein
- Auswahl der Geschwindigkeit und des Ports sowie Versenden der Daten innerhalb, der in den Spezifikationen bzw. Herstellerunterlagen spezifizierten Timings

- Bereitstellung einer integrierten V24-Schnittstelle zur Programmierung der Daten im EERPOM.

Anwender Software

Die einfachste Möglichkeit zur Bedienung von ALGE bietet die Software ALGE_GUI. Zum Programmieren muss ALGE nicht an die serielle Schnittstelle des PCs angeschlossen sein. Mit ALGE_GUI werden die gewünschten Daten offline erzeugt und können danach zu ALGE übertragen werden. ALGE_GUI erzeugt die ARINC Label-Sets im Intel-Hex Format. Zusätzlich wird eine Textdatei mit dem gleichen Dateinamen angelegt, in

der Informationen hinterlegt werden können und aus der das Programm die Angaben für die Felder „Label Name“ und „Bemerkungen“ in der gra-

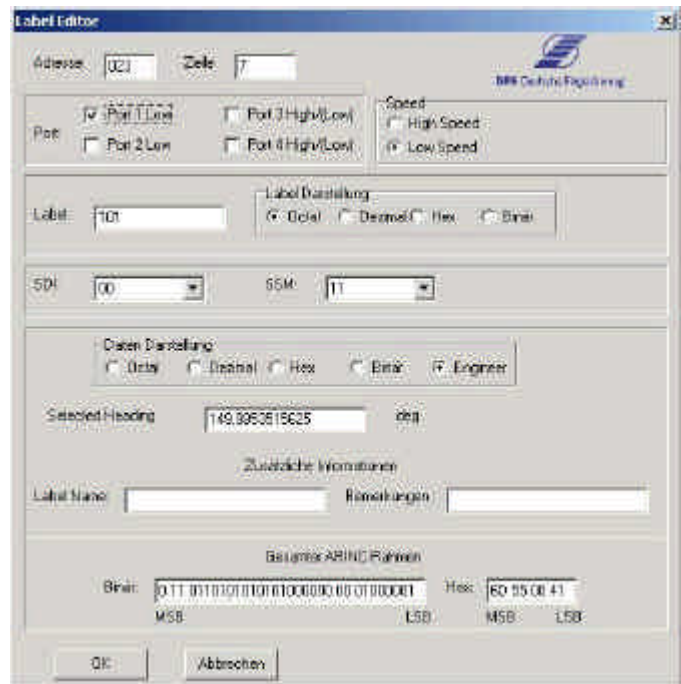


Abb. 4: ALGE_GUI Label-Editor

fischen Oberfläche speichert bzw. ausliest.

ALGE_GUI bietet folgende Funktionen:

- Neue Label-Sets erstellen
- Label-Sets speichern



- Label-Set an ALGE übertragen
- Label-Set aus ALGE laden
- Gespeichertes Label-Set öffnen/bearbeiten
- Einzelne Einträge (ARINC Label) bearbeiten.

Die Bedienung erfolgt einfach über Icons im Hauptfenster. Neue Label-Sets werden hier erstellt bzw. bereits gespeicherte angezeigt. Ebenso werden hiermit die Daten in ALGE geladen bzw. ausgelesen.

Die Label werden zeilenweise dargestellt, die einzelnen Spalten geben die Struktur der 32bit ARINC Worte wieder. Label können durch Doppelklick auf eine Zeile bearbeitet werden. Es wird der Label-Editor geöffnet, über den die einzelnen Daten eingegeben werden. Es kann hier die Zuweisung zu Port und Übertragungsgeschwindigkeit erfolgen, verschiedene Darstellungen der Daten (dezimal, oktal, hex) erleichtern Eingabe und Bearbeitung. Label Name und Bemerkungen können vom Nutzer individuell vergeben bzw. eingetragen werden. Die Werte werden direkt aus dem Label-Editor in das Label-Set im Hauptfenster übernommen und von da aus gespeichert.

Für ein Label-Set können Zeilen von - bis (0...100) aktiviert werden. Damit wird ermöglicht universelle Label-Sets zu erstellen und individuell anzupassen. Hierbei ist es nicht möglich Zeilen zu überspringen, einzelne Label können aber über die Deaktivierung der/des Ports ausgeschaltet werden.

sm

Das EU-Projekt "Gate-to-Gate" im internationalen Kontext

oder

Warum "Gate-to-Gate" nicht nur für den Forschungsbereich (TE) relevant ist

Dr. Matthias Poppe, TEA

Einleitung

Das Projekt "Gate-to-Gate" (G2G) beruht auf einer Ausschreibung der Europäischen Union (EU) innerhalb des 5. Rahmenprogrammes zur Forschungsförderung. Es hat zwei Hauptziele: die Durchführung von Validierungen der europäischen Air Traffic Management (ATM) Konzepte und die technische Standardisierung der ATM-Validierungsplattformen. Unter letzterem werden die Realzeitsimulatoren, die auch die DFS mit dem Advanced Function Simulator (AFS) betreibt, verstanden. Die dahinterliegende Vision der EU ist eine harmonisierte ATM-Systemlandschaft der ATS-Provider, die interoperable Systeme mit einheitlichen Schnittstellen betreiben. Diese erlauben dann eine nachhaltige Umsetzung der operationellen Konzepte.

Die Projektziele gliedern sich in 4 Bereiche:

- die Definition und Beschreibung europäischer Konzepte bzw. daraus abgeleiteter Szenarien
- die Entwicklung technischer Systemspezifikationen zur Weiterentwicklung der ATM-Systeme
- die Anpassung der Validierungsplattformen (Realzeitsimulatoren) an diese Spezifikationen
- die Validierung der Szenarien auf den adaptierten Plattformen

Das Konsortium setzt sich aus 14 Partnern zusammen. Der Konsortialführer ist Thales ATM (Frankreich), weitere wichtige Partner der DFS sind AENA, ENAV, LFV, Eurocontrol, DNA, Indra und Airbus. Das Projekt hat im Mai 2002 begonnen, geplantes Projektende ist Oktober 2005 (Laufzeit: 42 Monate). Das Gesamtbudget beträgt 30 Mio. Euro, wovon die EU 50% des Budgets, also 15 Mio. Euro, als Fördermittel beisteuert.

DFS-Schwerpunkte

Die DFS partizipiert an diesem EU-Projekt mit einem Aufwand von ca. 180 Personenmonaten,

das bedeutet mit einem Projektbudget von ca. 3 Mio. Euro. Davon werden 1,5 Mio. Euro von der EU erstattet¹. Im einzelnen sind die Bereiche Schnellzeitsimulation LDM/FS, Center Betrieb CC/F (vormals Zukunftsstudien CC/FPZ) und Forschung & Entwicklung TE involviert.

Drei DFS-Ziele sollen erreicht werden [1]:

- Erstellung von Szenarien (ausgehend von DFS-Konzeptstudien) und deren Validierung im En-Route Bereich mit Hilfe von Schnell- und Realzeitsimulationen
- Direkter Know-How Transfer von den Projektpartnern in die DFS auch zur Absicherung/Unterstützung von VAFORIT
- Einnahme von Fördergeldern durch die EU.

Wir sind in diesem Projekt verantwortlich für Validierungen mittels 2 Schnellzeit- und 2 Realzeitsimulationen, inklusive aller Vorbereitungen und Analysen. Der inhaltliche Schwerpunkt liegt dabei auf dem Lotsenarbeitsplatz im En-Route Bereich mit den Themen Multi Sektor Planung, Data Link und Automatisierung. Dabei sollen neue Arbeitsweisen und Rollenverteilungen untersucht werden.

Der internationale Kontext

Wie ist das Projekt G2G international zu bewerten? Welche Rolle spielt es bei der EU und den Projektpartnern? Zur Beantwortung dieser Fragen ist es sinnvoll sich das in Abbildung 1 gezeigte Kontextdiagramm anzuschauen.

¹ Der Kapitalwert im Sinne des DFS-Projektantrages ist positiv, d.h. die Einnahmen aus diesem Projekt sind höher als die Summe aller Ausgaben (Sach-, Invest- und Personalkosten).

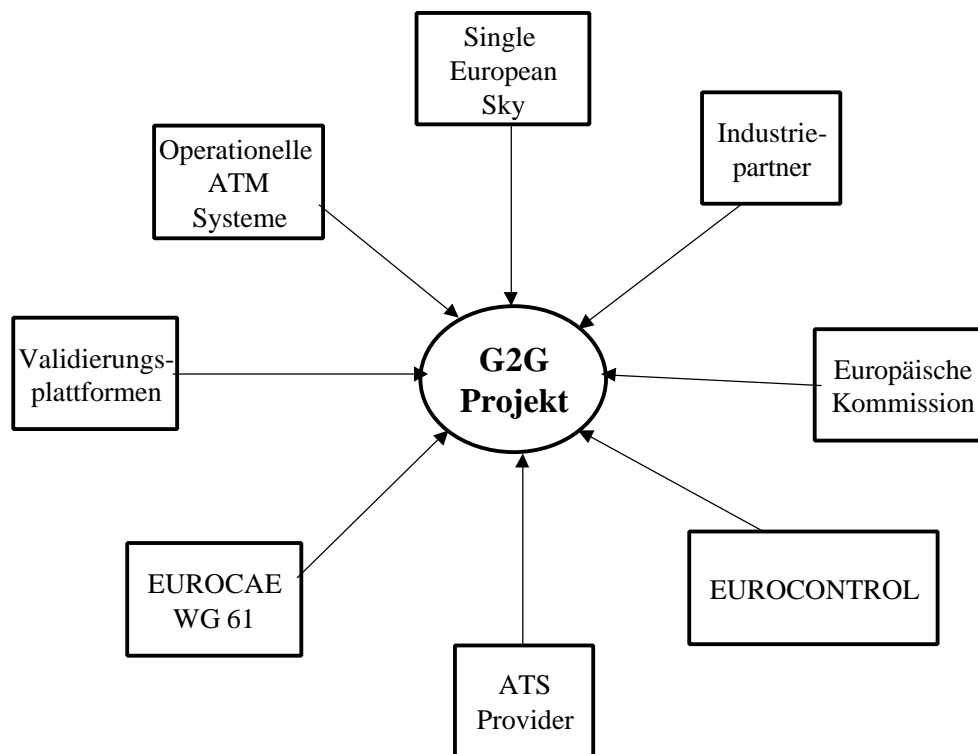


Abbildung 1: Kontextdiagramm G2G

Es zeigt das Umfeld auf, in dem sich das Projekt befindet. Auf der rechten Seite sind die beteiligten Organisationen, aufgeschlüsselt nach ihren Rollen, dargestellt. Es handelt sich um die Europäische Kommission als Initiator und Sponsor, Industriepartner im ATM Systemumfeld, die Flugsicherungsorganisationen und Eurocontrol. Auf der anderen Seite spielen die Single European Sky (SES) Verordnung, die operationellen ATM-Systeme der Provider, die Validierungsplattformen und die Eurocae Working Group (WG) 61: "Standardisation of an open ATC System Architecture" eine Rolle in diesem Projekt.

Nach Auffassung der EU liegen die Gründe für die heutige unbefriedigende Situation im ATM-Bereich u.a. in der Fragmentierung der Systemlandschaft, die nicht den Wachstumsraten im Luftverkehr und den damit wachsenden Anforderungen gerecht wird. Ein weiteres Problem stel-

len die unterschiedlichen und nicht interoperablen ATM-Systeme dar [2].

In dem SES-Report der High Level Group [2] wird als Lösungsansatz vorgeschlagen, neue Formen der technischen Regulierung mittels verbindlicher Standards, die von Eurocontrol gesetzt werden, einzuführen. Einen ersten Schritt in diese Richtung unternimmt Eurocontrol mit der "Overall ATM/CNS Target Architecture" (OATA) Gruppe, die eine logische Systemarchitektur definiert. Nach Aussage von [3] sieht Eurocontrol in der Weiterentwicklung der OATA den notwendigen Kontext zur Umsetzung der ATM 2000+ Strategie.

Im G2G-Projekt werden die operationellen Konzepte der beteiligten Provider einschließlich von Eurocontrol mittels Schnellzeit- und Realzeitsimulationen validiert. Die notwendigen Plattformen werden von den Industriepartnern im Kon-

sortium (Thales ATM, Indra und Alenia Marconi Systems) spezifiziert und implementiert.

Das Ergebnis von G2G (siehe Abbildung 2) sind also validierte Konzepte (genauer: Szenarien, die diese Konzepte repräsentieren) und Spezifikationen für Plattformen, die eine nachhaltige Umsetzung dieser Konzepte ermöglichen.

Nun wird es spannend: alle großen europäischen ATM-Systemhersteller (s.o.) sind gleichzeitig in G2G und in der kürzlich ins Leben gerufenen Arbeitsgruppe Eurocae WG 61 ("Standardisation of an open ATC System Architecture") vertreten. Ziel dieser Gruppe ist die Definition industrieller offener ATC Systemstandards und deren Schnittstellen zu anderen Systemen, z.B. Radar, CFMU, Aircraft Operator oder Flughäfen [4]. Die Gruppe beruft sich dabei ausdrücklich auf die Single European Sky Initiative der EU. Den Vorsitz in der Arbeitsgruppe hat ein Vertreter von Alenia Marconi Systems, der Sekretär kommt von Thales ATM.

Jetzt kommt die Auflösung der eingangs gestellten Fragen: mit der jetzt in erster Lesung schon verabschiedeten Single European Sky Verordnung schafft die EU verbindliche Standards für operationelle ATM-Systeme, die ab 2005 bindend sein werden.

Und woher dafür die Standards kommen werden, ist meines Erachtens kein Geheimnis (s. Abb. 2).

Wie die Projektergebnisse in andere DFS-Bereiche wirken

Im Hinblick auf die Single European Sky Verordnung bekommt die DFS-Beteiligung am Projekt Gate-to-Gate eine besondere Bedeutung. Wir haben so die Chance die entstehenden Standards in unserem Sinne zu beeinflussen bzw. wir achten darauf dass sich damit unsere konzeptionellen (operationellen) Vorstellungen auch (technisch) umsetzen lassen.

Damit wirkt das Projekt direkt auf operationelle Implementierungsprojekte im Centerbereich, die sich mit zukünftigen ATM-Systemen und neuen

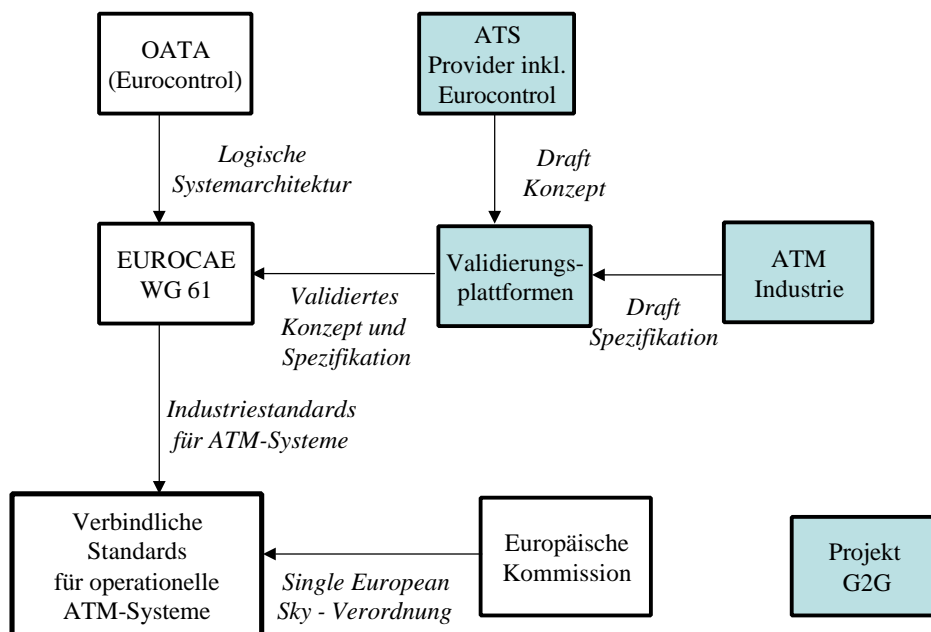


Abbildung 2: Festlegung von verbindlichen Standards



ATM-Konzepten beschäftigen. Prominente Beispiele hierfür sind aus meiner Sicht VAFORIT und iTEC. Auch die Mitarbeit in internationalen Arbeitsgruppen bei Eurocontrol (z.B. OATA) und Forschungsprojekten im 6. Rahmenprogramm

der EU erscheint aus dieser Sicht eher eine Verpflichtung als eine Option zu sein.

Referenzen

- [1] DFS-interner Projektantrag 3 zum Projekt G2G, Dr. Matthias Poppe, Langen, 02.07.2002
- [2] Single European Sky, Report of the High Level Group, EU Directorate General for Energy and Transport, Brussels, November 2000
- [3] DFS-interne Protokollnotiz CC/TN, Herr Wagner vom 05.09.2002 zum Overall ATM/CNS Target Architecture (OATA) Project
- [4] Proposed Terms of Reference Eurocae WG 61, www.eurocae.org
- [5] European Aeronautics: A Vision for 2020, Report of the Group of Personalities, Brussels, January 2001



Impressum:

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

TE im Fokus erscheint in der Regel halbjährlich mit einer Auflage von 120 Exemplaren.

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

Redaktion: Dr. Thomas Bierwagen (thomas.bierwagen@dfs.de),
Dr. Andreas Herber (andreas.herber@dfs.de),
Dr. Jens Konopka (jens.konopka@dfs.de),
Oliver Reitenbach (oliver.reitenbach@dfs.de)

Sekretariat: Petra Schuster
DFS Deutsche Flugsicherung
Telefon: 06103-707-5751
Telefax: 06103-707-5741

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.

Dieser Bericht ist auch als farbige Softkopie im Internet (www.dfs.de, Bereich ATM Information, Forschung & Entwicklung) oder über die Redaktion erhältlich