

2/04



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



DFS Deutsche Flugsicherung

Inhalt

Dr. Volker Heil, Hans Niebergall

Editorial..... 2

Stefan Tenoort, Thomas Heß

VAFORIT Optimierung am AFS 3

Dr. Thomas Bierwagen

Advanced Display Assessment and Validation Measurements (ADAM)..... 9

Stephan Herr, Michael Teichmann

**Planungslotse wird zum „Multi-sector-planner“ - Realzeitsimulation zur
Untersuchung zukünftiger Arbeitsverfahren** 17

Holger Oestreich, Dr. Ulf Jasper, Dr. Andreas Herber

**VADS – Flexibler Lotsen-Arbeitsplatz und neue Funktionalität
für den Forschungssimulator** 22

Michael Grothe, Dr. Roland Mallwitz, Wolfgang Wissler

VATCAS Tracker Evaluierung durch TE 30

Leserbrief..... 35

Impressum..... 36

Datum dieser Ausgabe: 06.12.2004

Anmerkung der Redaktion

Warum ein ganzes Heft zur VAFORIT-Unterstützung von TE?

Mit der Neuausrichtung des Bereichs Center (Agenda 2015) hat die DFS bestätigt, das System P1/VAFORIT für den oberen Luftraum in der Zentrale in Karlsruhe in Betrieb zu nehmen und beschlossen, langfristig alle Zentralen mit P1/iTEC auszurüsten.

Das Programm VAFORIT hat damit nach wie vor einen hohen Stellenwert in der DFS. Dementsprechend wurde der Bereich CC/VP wie auch in den vergangenen Jahren sowohl personell als auch mit Simulator-Infrastruktur beträchtlich vom Bereich F&E unterstützt. Dabei hat sich an vielen Stellen eine sehr fruchtbare Zusammenarbeit ergeben.

Diese Ausgabe von „TE im Fokus“ widmet sich deshalb speziell den Arbeiten, die der Bereich „Forschung und Entwicklung“ in den vergangenen Monaten und Jahren direkt oder indirekt für das Programm „VAFORIT“ durchgeführt hat.

Thomas Bierwagen, Andreas Herber

EDITORIAL

Liebe Leserinnen und Leser,

um ihre Wettbewerbsposition weiter zu verbessern, setzt die DFS u. a. auf permanent steigende Produktivität. Der dadurch aufgebaute Innovationsdruck hat den Stellenwert neuer moderner FS-Datenverarbeitungssysteme deutlich gesteigert. Dies gilt gerade auch vor dem Hintergrund SES und der Notwendigkeit, mit technischen Innovationen der Airlines Schritt zu halten. Die daraus abgeleiteten Forderungen an Sicherheit, Funktionalität und Handhabbarkeit sind, bei steigendem Luftverkehr und zunehmender Globalisierung, entsprechend hoch.

Seit 1996 setzt die DFS mit der Entwicklung des Air-Traffic-Management-Systems P1/VAFORIT Maßstäbe in Europa, nachdem andere multinationale Ansätze nicht erfolgreich waren. Die Herausforderungen dieses strategisch bedeutsamen Großprojektes waren neben der Umsetzung funktionaler und technischer Vorgaben die Prämisse der Nutzerorientierung und das Erreichen einer Betriebseinführung mit Akzeptanz der Nutzer.

Dementsprechend wurde P1/VAFORIT im Rahmen des evolutionären Prototypings entwickelt, was die Einbindung des Betriebspersonals von Anfang an ermöglichte. Dieser aufwändige Prozess der Stück-für-Stück-Entwicklung, Begutachtung, Testung, Beurteilung und erkenntnisoptimierter Weiterentwicklung setzt eine strukturierte, vollständig ausgestattete Simulationsumgebung und eine hohes Maß akribisch geplanter und ergebnisorientierter Systemtests voraus. Da dafür qualifizierte Mitarbeiter und eine geeignete Infrastruktur vorhanden waren und weiterentwickelt wurden, konnte eine effiziente, realitätsnahe Überprüfung der einzelnen Software-Releases sowie der damit gegebenen Arbeitsmöglichkeiten stattfinden. Damit sind wir unserem Ziel der schnellstmöglichen Inbetriebnahme eines akzeptierten und nützlichen Systems näher gekommen.

Für P1/VAFORIT hat sich die Allianz zwischen den „Projektlern“ der Software-Entwicklung (CC/VP) und den „Forschern und Entwicklern“ (TE), mit den notwendigen konzeptionellen und methodischen Erfahrungen, als eine Erfolgsstory erwiesen. Dies war nicht selbstverständlich, weil die Ausrichtung eines Projektteams auf definierte und stabile Projektziele sich nicht unbedingt mit dem Alles-in-Frage-Stellen („Überprüfung“) der auf die Validierung und den späteren Nutzen ausgerichteten „Forscher“ verträgt. So hat es eine Weile gedauert, bis sich aus diesem Spannungsfeld das gemeinsame Ziel einer Verbesserung der Ergebnisse herauskristallisiert hat. Vielschichtig waren die Aufgaben und Herausforderungen, die in den vergangenen Jahren gemeinsam und äußerst erfolgreich

bearbeitet wurden. Drei Beispiele sollen an dieser Stelle exemplarisch und stellvertretend für diese umfassende Zusammenarbeit benannt werden.

Konzeptionelle Überlegungen und Untersuchungen zur optimalen Nutzung eines neuen Systems sind ein wesentlicher Faktor für eine erfolgreiche Betriebseinführung. Die Erstellung und Ausgestaltung der neuen Arbeitsweisen mit P1/VAFORIT im operationellen Umfeld durch das VAFORIT-Team und die sog. VIP-Gruppe Karlsruhe wurden durch die entsprechende TE- Arbeitsgruppe mit auch im Kontext europäischer Projekte entwickelten Grundlagenkonzepten unterstützt. Gleichzeitig wurden Erkenntnisse aus den VAFORIT-Arbeiten in Förderprojekte der Europäischen Kommission (EC) eingebracht.

Jede Softwareentwicklung ist Neuland. Das bedeutet eine Vielzahl von Tests, Abnahmen und Überprüfungen. Die erforderliche herstellerunabhängige Testumgebung (Forschungssimulator AFS und VAFORIT „Testbed“) hat das Programm VAFORIT sehr intensiv nutzen können und von den jahrelangen Erfahrungen der bei TE geleisteten Forschungsarbeiten profitiert. Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass die DFS bereits vor Jahren das Thema der „Interoperabilität“ (damals noch im Simulationsumfeld) in das EC-geförderte Forschungsprojekt AVENUE (Validierungsplattform) eingebracht hat, das nun für operationelle Systeme (P1/VAFORIT, P1/iTEC) ein Comeback feiert.

Wie bei allen IT-Projekten ist es für das betreffende Unternehmen von großer strategischer Bedeutung, die zukünftige Leistungsfähigkeit der Neuentwicklung im Vorfeld einer betrieblichen Nutzung einschätzen zu können. Methoden, die zu verlässlichen Aussagen führen, geben Planungssicherheit. In der DFS kommen dafür erstmals vor der Einführung von P1/VAFORIT Vergleichsmessungen mit dem alten und neuen System (Projekt ADAM, Advanced Display Assessment and Validation Measurements) zum Einsatz.

Der Wert der gemeinsamen Entwicklungs-Aktivitäten ist für den späteren Nutzer oder bei oberflächlicher Betrachtung nicht offensichtlich. Der hohe Forschungs- und Entwicklungsaufwand eines so komplexen Vorhabens, der Neuentwicklung eines Flugsicherungssystems, wird durch ein deutlich geringeres Risiko bei der Einführung und potenziell höheren Nutzen zu einem früheren Zeitpunkt aufgewogen. Die enge und bereichsübergreifende Zusammenarbeit zwischen TE und dem Programm VAFORIT war und ist wegweisend. Allen beteiligten Mitarbeiter sei an dieser Stelle für Ihren Einsatz und für Ihre Arbeit an der gemeinsamen Sache Dank gesagt.

Dr. Volker Heil, TE
Hans Niebergall, CC/VP

VAFORIT Optimierung am AFS

Stefan Tenoort, TEH, Thomas Heß, CC/VPE

Einleitung

Wie an anderer Stelle schon berichtet (s. „Transmission“ vom September 2004) ist die VAFORIT Bedieneroberfläche EVA (Eurodisplay Very Advanced) zwar den Kinderschuhen entwachsen, aber noch nicht erwachsen genug, um bereits jetzt den Erwartungen des Betriebspersonals standzuhalten. Wenn man Schlagworte wie „papierstreifenlos“ und 4D-Trajektorie hört, ahnt man, dass mit VAFORIT eine völlig neue Systemphilosophie eingeführt wird. Unter diesem Gesichtspunkt müssen entsprechend auch neue Arbeitsverfahren entwickelt und überprüft werden. Dies ist ein wesentliches Ziel der VAFORIT Optimierung, einer Teilaufgabe des Programms VAFORIT. In Simulationen am Forschungssimulator (Advanced Function Simulator, AFS) sollten Karlsruher Lotsen das Nutzungs- und Betreiberkonzept kennen lernen, überprüfen und optimieren. Darüber hinaus sollten die verschiedenen Benutzeroberflächen des VAFORIT Systems für die Lotsen, Flugdatenbearbeiter und Wachleiter begutachtet und bei Bedarf Verbesserungsvorschläge erarbeitet werden.

Ziele der Optimierung

Eine der ersten Aktivitäten für die VAFORIT Optimierung fand im Januar 2004 statt. Zur Festlegung und Formulierung der zu verfolgenden Ziele wurden die Leiter der beteiligten Bereiche und Projekte, wie VAFORIT Programm, EVA, VAFDPS, VATCAS, CC/VPI, CC/VPR, OB der Niederlassung Karlsruhe und ADAM eingeladen. In den entsprechenden Arbeitsbesprechungen wurden die folgenden, hier vereinfacht dargestellten, Ziele der VAFORIT Optimierung festgeschrieben.

- Optimieren der Arbeitsverfahren VAFORIT Karlsruhe (Teil B des Betreiberkonzepts)
- Optimieren der verschiedenen Benutzeroberflächen (auch HMI= Human Machine Interface genannt):
 - für die Supervisoren (Wachleiter) – CMD HMI (Control and Monitoring Display),
 - für die Fluglotsen – EVA HMI (Euro Display Very Advanced) und
 - für die Flugdatenbearbeiter – FDA HMI (Flight Data Assistant).
- Dokumentieren von Anomalien der VAFORIT-Funktionalitäten.

Um diese Ziele zu erreichen wurde die VAFORIT Optimierung im Februar 2004 begonnen und nach der Konzeptionsphase, die im April abgeschlossen war, wurde mit der Vorbereitung begonnen. Da die Durchführung der Simulationen in verschiedenen Zyklen von Ende Juli bis Ende November stattfinden sollten, bestand ein hoher zeitlicher Druck bei gleichzeitig beschränkten Ressourcen, um die Simulationsumgebung termingerecht bereit zu stellen.

Konzeption und Vorbereitung

Das Kernteam der Phasen Konzeption und Vorbereitung setzte sich aus Mitarbeitern der Niederlassung Karlsruhe, der Akademie, von TE und von VAFORIT zusammen. Zunächst wurde das Konzept zur Durchführung der VAFORIT Optimierung erarbeitet. Darauf aufbauend wurden die dazu notwendigen Vorbereitungen getroffen. Unter anderem hieß dies, dass das AFS Großsystem und das VAFORIT Testbed eingerichtet bzw. konfiguriert, die Verkehrsszenarien erstellt und die notwendigen Unterlagen (z.B. Handouts und Fragebögen) erarbeitet wurden.

Die folgende Abb. 1 veranschaulicht das Konzept der Durchführung. Im weiteren Verlauf wird kurz auf die einzelnen Inhalte eingegangen.

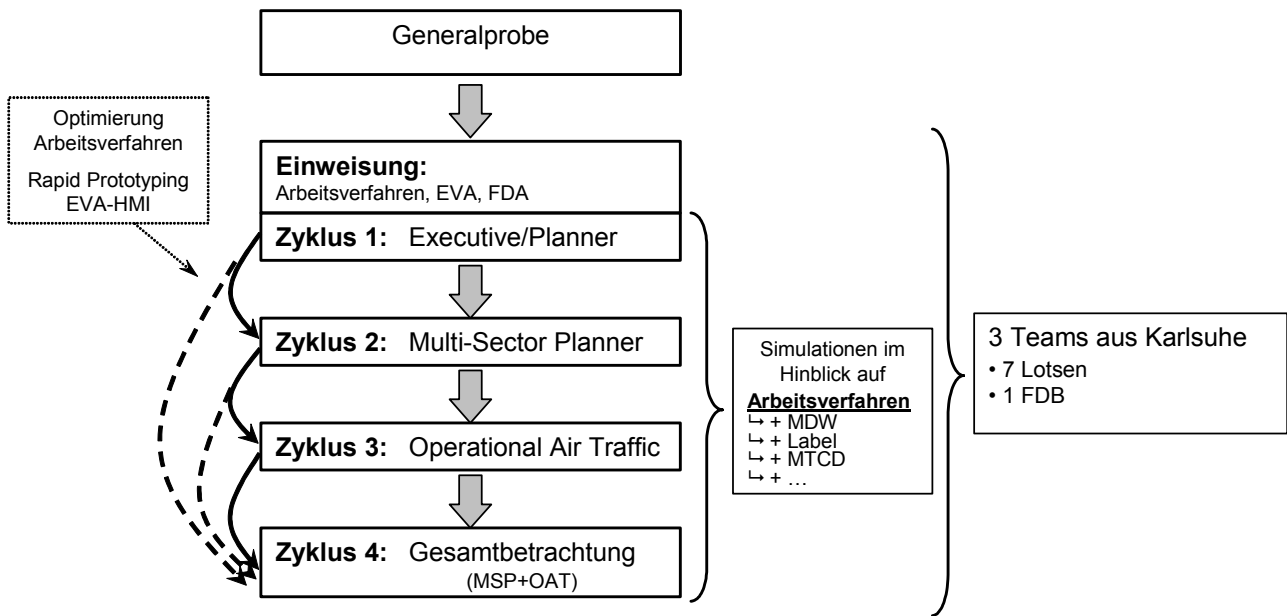


Abb. 1: Durchführungskonzept VAFORIT Optimierung

Das allgemeine Vorgehen sollte gekennzeichnet sein durch das Abgrenzen von Schwerpunkten, die in den verschiedenen Simulationszyklen näher betrachtet werden.

In der **Generalprobe** sollte geprüft werden, ob die Simulationsumgebung für die Durchführung der VAFORIT Optimierung geeignet ist. Dabei sollte gegebenenfalls festgehalten werden, welche Anpassungen, z.B. an den Verkehrsszenarien oder an den Adaptiondaten von VAFORIT, vorzunehmen sind.

Während der **Einweisung** sollten sich die Simulations-Teilnehmer mit dem VAFORIT-System, mit den Arbeitsverfahren und der Simulationsumgebung vertraut machen.

Die Einweisung und die folgenden vier Simulationszyklen sollten mit 3 Teams aus der NL Karlsruhe durchgeführt werden, die jeweils in derselben personellen Besetzung zusammenarbeiten sollten.

Das teilnehmende Karlsruher Betriebspersonal sollte durch Mitarbeiter der Akademie, von TE und VAFORIT unterstützt werden, welche die Simulationen administrieren, Diskussionen moderieren, Umfragen durchführen, Beobachtungen und Ergebnisse notieren und als Ansprechpartner zu EVA-, CMD-, FDA-Funktionalitäten und zu den Arbeitsverfahren zur Seite stehen.

Für die Zyklen 1 bis 3 waren folgende Schwerpunkte vorgesehen:

- die Abarbeitung des Verkehrs durch Executive- und Planner-Lotsen,
- der Multi-Sektor-Planer und
- der militärische Verkehr.

Die Simulationen sollten dabei immer im Hinblick auf die Arbeitsverfahren des Betreiberkonzepts und unter Berücksichtigung der vorhandenen Funktionalitäten und einer Betrachtung der entsprechenden HMI Elemente wie Main Data Window, Label, Medium Term Conflict Detection etc. durchgeführt werden.

Die Ergebnisse eines Zyklus sollten dann abhängig vom Aufwand dazu genutzt werden, um

- die Arbeitsverfahren des Betreiberkonzepts
- und, mittels Rapid Prototyping, das EVA-HMI für den nächsten Zyklus (schrittweise) optimiert bereit zu stellen.

In der **Gesamtbetrachtung** als letztem Zyklus sollte VAFORIT ohne expliziten Schwerpunkt untersucht werden. Vielmehr sollte die Simulation möglichst nahe den realen operationellen Gegebenheiten kommen, z.B. hinsichtlich der Verkehrsmenge und dessen Zusammensetzung. Dabei hätten unter anderem Erkenntnisse aus den vorhergehenden Zyklen überprüft werden können.

Die Umsetzung des Ziels der Optimierung des CMD-HMI wurde frühzeitig unabhängig von den anderen Zielen betrachtet. Die entsprechenden

Aktivitäten werden mit den Kollegen aus Karlsruhe während zweier Wochen im Dezember durchgeführt.

Integration AFS-VAFORIT

Ein operationelles System in der Entwicklung wie P1/VAFORIT birgt besondere technische Herausforderungen, wenn es mit einem Simulationssystem gekoppelt werden soll. Der Simulator ist nämlich gleichzeitig auch ein Stimulator, d.h. die Systemschnittstellen sollen mit Daten versorgt werden, z.B. Radar- und Flugplandaten, die dann von VAFORIT weiter verarbeitet werden. Um die Anforderungen bei der Integration von VAFORIT und AFS umzusetzen, wurde ein Support Board aus Vertretern von CC/VPI und TEI gebildet. In enger Zusammenarbeit konnte somit der identifizierte Handlungsbedarf umgehend bearbeitet werden. Dies betraf unter anderem sowohl Anpassungen des AFS hinsichtlich der Software, wie auch der Hardware.

Erstellung von Verkehrsszenarien

Um die neu erarbeiteten Arbeitsverfahren bewerten zu können, war es erforderlich, möglichst realistische Verkehrsszenarien für die Simulationen zu erstellen. Nachdem die Karlsruher Verantwortlichen verschiedene Tage aus dem November 2003 als Referenzverkehr definiert hatten, wurden die entsprechenden Flugpläne von LDM/FL (LIZ) zur Verfügung gestellt. Ebenso die notwendigen Daten des Luftraumes mit Sektorgrenzen, Wegpunkten und Flugrouten, die benötigt werden, um den Luftraum in einer Simulation darzustellen. Die relevanten Flugpläne für den Karlsruher Luftraum wurden dann von TEH aufbereitet und in so genannte Scenariofiles überführt. Ein Scenariofile steuert quasi die Flugbewegungen, d.h. wann wird ein Flugplan aktiviert und welche Route nimmt das Flugzeug. Es ist sozusagen das Drehbuch für die Simulation.

Die Verkehrsszenarien wurden mehrfach von Lotsen aus Karlsruhe am Simulator begutachtet und hinsichtlich operationeller Gesichtspunkte optimiert, bis diese ein möglichst realitätsnahes Verkehrsbild für den Luftraum Karlsruhe ergeben haben. Zusätzlich wurde noch militärischer Flugverkehr (OAT) integriert. Aus den dabei erstellten Basis-Verkehrsszenarien wurden dann verschiedene Varianten erstellt. Zum einen mit unter-

schiedlichem Verkehrsaufkommen (40, 60, 80 und 100%), um unterschiedliche Schwierigkeitsstufen gemäß den Zielsetzungen der einzelnen Optimierungszyklen und den Erfahrungsstand der Lotsen mit dem VAFORIT-System zu berücksichtigen. Zum anderen wurden die Flugpläne durch unterschiedliche Zeitpunkte der Aktivierung so variiert, dass ein Gewöhnungseffekt der Lotsen vermieden wird, wenn dieselben Simulationskonfigurationen mehrfach durchlaufen werden.

Konfiguration des AFS

Um die neuen Arbeitsverfahren überprüfen und optimieren zu können, wurden verschiedenen Konfigurationen erstellt, um unterschiedliche Sektoren und Zuständigkeitsbereiche definieren zu können. Dazu standen am AFS acht Lotsenarbeitsplätze mit EVA zur Verfügung. Sieben davon wurden durch Karlsruher Lotsen besetzt und einer durch operationelles Personal aus dem VAFORIT Programm. In Abb. 2 ist der Karlsruher Luftraum für die Optimierung dargestellt.

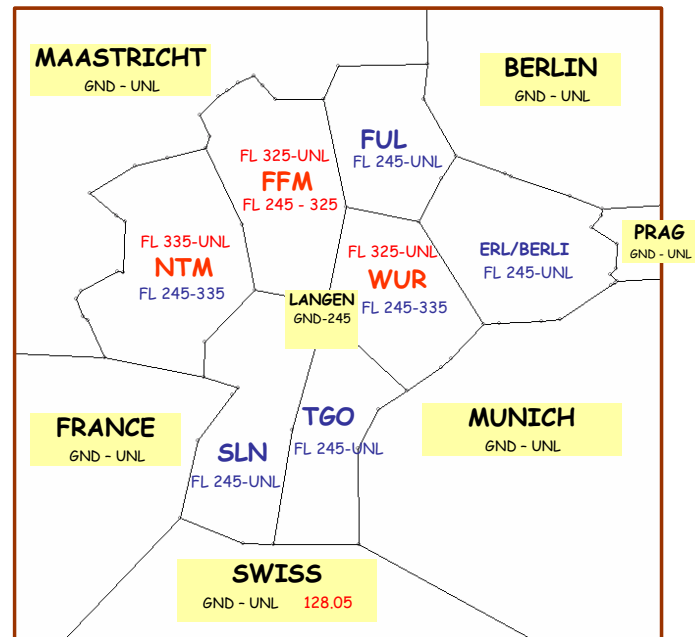


Abb. 2: Luftraum der VAFORIT Optimierung

Bei der Konfiguration für Einweisungs- und Trainingszwecke wurden die Sektoren des oberen Luftraums NTM, FFM und WUR jeweils mit Planner und Executive besetzt. In einer Standardsektorisierung wurden die Sektoren NTM, FFM high und FFM low mit einem Planner- und einem Executive Lotsen bemannt. Bei der Konfiguration

Multi-Sector-Planner (MSP) lateral unterstützte ein Multi-Sector-Planner die beiden Executive Lotsen von FFM und WUR. Schließlich wurde beim MSP vertikal der obere und untere Luftraum von FFM von Executive-Lotsen besetzt, die von einem Multi-Sector-Planner unterstützt wurden. WUR war in diesem Fall nicht bemannt. Bei beiden MSP Konfigurationen wurde NTM-High mit Planner und Executive besetzt und zusätzlich war ein Lotse für den militärischen Luftraum in NTM zuständig, d.h. nur für diese Konfigurationen war militärischer Verkehr (OAT) vorgesehen.

Die verbliebenen Sektoren des Karlsruher Luftraums wurden auf zwei Lotsenpositionen Rhein Ost und West verteilt. Diese Positionen waren dafür zuständig, den Verkehr gemäß Absprachen in die bemannten Sektoren zu übergeben und gegebenenfalls interne elektronische Koordinationen, z.B. Einflugsbedingungen in die bemannten Sektoren, zu bearbeiten.

Somit ergaben sich die in Abb. 3 zusammengefassten Konfigurationen für die EVA Arbeitsplätze.

Um die Koordination mit externen Facilities durchführen zu können, waren noch zwei zusätzliche AFS Arbeitspositionen besetzt. Zum einen für die elektronische Koordination mit Maastricht, zum anderen für die telefonische Koordination mit München und Langen.

Insgesamt waren bis zu sechs Simulationspiloten im Einsatz, die von der Akademie zur Verfügung gestellt wurden.

Neben der Integration der Standardarbeitspositionen im AFS wurde zusätzlich noch eine Notfalllösung installiert, falls aufgrund technischer Defekte Arbeitspositionen ausfallen sollten. Daher wurden zusätzlich zwei Ausfallpositionen für EVA im VAFORIT Testbed eingerichtet und an das Simulationssystem sowie das Sprachvermittlungssystem angebunden, um einen möglichst reibungslosen Ablauf zu gewährleisten.

Schließlich wurden entsprechend den vorgesehenen Sektorisierungen verschiedene Konfigurationen des Sprachvermittlungssystems (SVS) erstellt, um die notwendigen Telefonkurzwahltafeln an den jeweiligen Arbeitspositionen bereit zu stellen.

Mit diesen Aktivitäten war der AFS gemäß den Anforderungen seitens VAFORIT für die Optimierung gerüstet.

Befragungen

Um die Zielerreichung der VAFORIT Optimierung überprüfen und unterstützen zu können waren umfangreiche Befragungen in Form von Fragebögen und Debriefings vorgesehen. Darunter fallen standardisierte Interviews und schriftliche

Einweisung

CWP1	CWP2	CWP3	CWP4	CWP5	CWP6	CWP7	CWP8
Rhein West	NTMH-Exec.	NTMH-PL	FFMH-Exec.	FFMH-PL	WURH-Exec.	WURH-PL	Rhein Ost

Standard

CWP1	CWP2	CWP3	CWP4	CWP5	CWP6	CWP7	CWP8
Rhein West	NTMH-Exec.	NTMH-PL	FFMH-Exec.	FFMH-PL	FFML-Exec.	FFML-PL	Rhein Ost

MSP vertikal

CWP1	CWP2	CWP3	CWP4	CWP5	CWP6	CWP7	CWP8
Rhein West	NTMOAT-Exec. / PL	NTMH-Exec.	NTMH-PL	FFMH-Exec.	FFM-MSP	FFML-Exec.	Rhein Ost

MSP lateral

CWP1	CWP2	CWP3	CWP4	CWP5	CWP6	CWP7	CWP8
Rhein West	NTMOAT-Exec. / PL	NTMH-Exec.	NTMH-PL	FFMH-Exec.	FFMH/WURH-MSP	WURH-Exec.	Rhein Ost

Abb. 3: Konfigurationen für die EVA Arbeitsplätze

Befragungen zu Aspekten des HMI, zur Teamarbeit, zur Situational Awareness und Workload, etc. Dabei kam erstmals mit der Software „Perception“ ein Tool zur elektronischen Erfassung von Fragebögen zum Einsatz, welches von der Akademie schon länger bei der Lotsenauswahl verwendet wird. Mit der Unterstützung von AK wurden die elektronischen Fragebögen erstellt, Perception an Rechnern des AFS installiert und an die vorhandene Rechnerinfrastruktur angepasst.

Das Tool stellt eine ungemeine Arbeitserleichterung bei umfangreichen Befragungen dar, da nunmehr die Fragebögen nicht mehr von Papier EDV-mäßig erfasst werden müssen, was zudem die latente Gefahr von Übertragungsfehlern vermeidet. Dieses Tool wird von TEH auch in zukünftigen Simulationskampagnen verwendet werden.

Durchführung

In der Generalprobe im Juli, unter Beteiligung des operativen Personals der NL Karlsruhe, zeigte sich, dass das damalige Zielsystem nicht ausreichend für die geplante Durchführung der VAFORIT-Optimierung war.

Im Besonderen wurden folgende Probleme identifiziert,

- Defizite bei der Funktionalität von VAFORIT
- Einschränkungen des Simulationssystems, bestehend aus AFS und VAFORIT:

So musste zum Beispiel festgestellt werden, dass der Leistungshunger des VAFORIT-Systems mit der bestehenden AFS Hardware nicht gestillt werden konnte. Entsprechend wurden kurzfristig auf Initiative von VAFORIT neue Rechner und TFT-Monitore ausschließlich zur Verwendung durch VAFORIT beschafft und installiert.

Bei der Stimulation des Zielsystems mit Flugplandaten durch den AFS und der Verarbeitung im VAFORIT-System traten im Detail einige Schwierigkeiten auf. So musste festgestellt werden, dass verschiedene Flüge nicht korreliert wurden, d.h. eine Verbindung von Flugziel mit dem zugehörigen Flugplan nicht stattfand. VAFORIT hat ein so genanntes Erwartungsfenster implementiert, das erfordert, dass die Flüge einen eng begrenzten Raum

durchfliegen müssen, um korreliert zu werden. Um dies zu gewährleisten mussten aufwändige Anpassungen an den Flugplänen, insbesondere der Steigflüge, in den Verkehrsszenarien vorgenommen werden. Nach umfangreichen Analysen unter großem zeitlichem Aufwand durch eine Arbeitsgruppe aus Mitarbeitern von TEH, TEI, CC/VPR und CC/VPF konnten diese Defizite weitestgehend behoben werden.

Aufgrund dieser Probleme wurde entschieden, die Planung folgendermaßen an die Gegebenheiten anzupassen:

- Einweisung mit Durchführung von Simulationsruns mit den Teilnehmer aus Karlsruhe (wie geplant)
- Behebung der in der Generalprobe identifizierten Probleme
- Anschließende zweite Generalprobe
- Einweisung nachnominierter Teilnehmer aus Karlsruhe
- Behebung der in der zweiten Generalprobe identifizierten Probleme
- Durchführung der Simulationsruns mit den drei Teams aus Karlsruhe

Die Durchführung der Simulationsruns entsprach dabei in etwa dem konzipierten Zyklus 4.

Rahmenbedingung dabei war, dass die Durchführung der VAFORIT Optimierung noch im Jahr 2004 abgeschlossen sein sollte.

Anfang November, zu Beginn des Zyklus 4, zeigte sich allerdings, dass der Stand der implementierten Funktionalitäten der VAFORIT-Software noch nicht ausreichend für eine Optimierung der Arbeitsverfahren war. Aus diesem Grund wurde entschieden, die VAFORIT-Optimierung zu unterbrechen. Der Termin für die Fortsetzung ist abhängig von der zur Anpassung der Software nötigen Zeit. Diese wird bis Ende des Jahres von dem Auftragnehmer Indra ATM abgeschätzt. Bis dahin wird die Zeit für eine intensive Analyse der Beobachtungen mit Einbeziehung des Auftragnehmers Indra ATM und dem Karlsruher Betriebspersonal genutzt.

Fazit

Unter großem zeitlichem Druck konnte am AFS ein Simulationssystem bereitgestellt werden, um die VAFORIT-Optimierung gemäß den gestellten Anforderungen durchzuführen. Dies gelang nur durch die enge Zusammenarbeit der Bereiche TE und CC/VP, insbesondere bei der Überwindung der immer wieder auftretenden technischen Hürden bei der Integration von AFS und P1/VAFORIT.

Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass der VAFORIT-Ansatz tragfähig ist und mit dem neuen ATM-System Flugverkehr gesteuert werden kann. Aufgrund der identifizierten Defizite bei Funktionalitäten des VAFORIT-Systems musste die VAFORIT-Optimierung allerdings unterbrochen werden. Die Softwareentwicklung von VAFORIT ist noch nicht abgeschlossen und ein ganz wichtiger positiver Effekt der beschriebenen Aktivitäten ist die frühzeitige Identifizierung von vorhandenen Defiziten. Die gesammelten Erfahrungen bei der Integration und bei der Erstellung der Verkehrsszenarien konnten schließlich als Synergien in das Projekt ADAM einfließen. Auf ADAM wird in einem anderen Artikel dieser Ausgabe eingegangen.

Advanced Display Assessment and Validation Measurements (ADAM)

Dr. Thomas Bierwagen, TEH

1 Einleitung

Die DFS Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS) als Anbieter von Flugsicherungsdienstleistungen in Deutschland und in einem zusammenwachsenden Europa sieht sich zur sicheren und wirtschaftlichen Erbringung ihrer Kerndienstleistung mit kontinuierlich steigenden Anforderungen ihrer Kunden konfrontiert. Diese Tatsache äußert sich insbesondere in steigenden Anforderungen an die Luftraumkapazität bei sinkenden Kosten. Zur Erfüllung dieser Anforderungen und im Rahmen der Vereinbarungen der europäischen zivilen Transportministerkonferenz (ECAC) folgt auch die DFS einer Strategie des kontinuierlichen Ausbaus der Kapazität. Diese Strategie wird durch eine Vielzahl von Maßnahmen unterstützt bzw. erreicht. Neben kapazitätssteigernden Maßnahmen auf regionaler, nationaler und europäischer Ebene, die sich meist auf Verfahren und Luftraumgestaltung beziehen, ist eine der wichtigen Maßnahmen die kontinuierliche, evolutionäre Weiterentwicklung der Flugsicherungssysteme (ATM Systeme), die von der DFS eingesetzt werden.

In den vergangenen Jahren konnten von der DFS auf diesem Weg der technischen Erneuerung große Fortschritte erzielt werden. Waren vor etwa 10 Jahren noch fast alle von der DFS betriebenen ATM Systeme (5 von 6 Systemen) dem ECAC Step 1 zuzuordnen, so findet sich heute nur noch ein ECAC Step 1 System. Die weiteren derzeit betriebenen 5 ATM Systeme sind dem ECAC Step 2 zuzuordnen. Das letzte ECAC Step 1 System wird im Jahr 2006 ebenfalls durch ein Step 2 System abgelöst. Gleichzeitig steht die DFS vor der Einführung des ersten ECAC Step 3 Systems: dem ATM System P1/VAFORIT, das in der Kontrollzentrale Karlsruhe Ende 2006 in Betrieb gehen wird.

Vor dem Hintergrund dieses enorm aufwendigen, kontinuierlichen technischen Erneuerungsprozesses gewinnt die Frage nach dem – zuletzt auch wirtschaftlichen – Nutzen zunehmend an Bedeutung. In diesem Kontext betritt die DFS mit dem Projekt „Advanced Display Assessment and

Validation Measurements“ (ADAM) Neuland – innerhalb der Firma wie auch im europäischen Kontext. Ziel ist es, im Vorfeld der Inbetriebnahme des neuen ATM Systems P1/VAFORIT in Karlsruhe eine verlässliche Aussage über das Kapazitätssteigerungspotenzial zu erhalten. Dazu dienen umfangreiche Realzeitsimulationen in Verbindung mit einer Beobachtungsstudie im laufenden Betrieb am heutigen System.

Als Ergebnis entstehen statistisch abgesicherte Aussagen zum Kapazitätssteigerungspotenzial des neuen ATM Systems am Standort Karlsruhe. Diese lassen erstmalig zuverlässig vorab eine Abschätzung auch der wirtschaftlichen Auswirkungen dieser Systemeinführung zu. Damit dient das Projekt ADAM als ein Einstieg in weitere systematische Vergleiche von verschiedenen ATM Systemen innerhalb der DFS, ggf. auch darüber hinaus. Gleichzeitig kann das gewählte Vorgehen im Sinne einer zukünftigen Zertifizierung von ATM Systemen angewendet werden.

Die Rolle des Bereiches Forschung & Entwicklung ist bei diesem Projekt neben der Bereitstellung der Simulationsinfrastruktur – eines SimSys P1/VAFORIT Systems – vor allem eine diagnostische: Der Bereich hat die Untersuchungsmethodik erarbeitet und führt diese in den Realzeitsimulationen aus. Systemverfügbarkeit, Systemgüte und Systemschulung werden aber von anderen beteiligten Bereichen sichergestellt. Damit wird erreicht, dass der Bereich Forschung & Entwicklung als der Beurteiler des Systems eine weitgehend „neutrale“ Rolle in diesem Prozess einnehmen kann. Diese Neutralität ist aus Gründen der Akzeptanz der Ergebnisse bei allen Beteiligten von großer Bedeutung.

Diese Rolle ist durchaus diffizil, da der Versuchsleiter mit Fragen konfrontiert wird, die er weder verantwortet noch beurteilen kann und darf. Im Sinne der – durchaus sinnvollen – Rollentrennung zwischen demjenigen, der ein neues ATM System zur Messung zur Verfügung stellt, und demjenigen, der das System untersucht und die Ergebnisse liefert, ist diese Situation aber nicht aufzulösen.

Im Folgenden wird über die Untersuchungsmethodik, den derzeitigen Stand des Projektes und den Status der erwarteten Ergebnisse berichtet. Der Artikel endet mit einer kurzen Zusammenfassung und einem Ausblick.

2 Untersuchungsmethodik

2.1 Ziele

Die Untersuchung im Projekt ADAM verfolgt gemäß Projektantrag folgende Ziele:

„Anwendung einer Methodik zur Messung des Kapazitätssteigerungspotenzials eines neuen ATM Systems vor Einführung eines solchen ATM Systems oder nachgeordneter Verfahren in den Flugsicherungsbetrieb. Die Methodik soll prinzipiell geeignet sein für einen europaweiten Einsatz. Im Rahmen des Projektes soll eine erste Anwendung der Methodik am Beispiel des ATM Systems P1/VAFORIT in Karlsruhe im Vergleich zum ATM System KARLDAP in Karlsruhe erfolgen.“

Daraus wurden für die Untersuchung folgende

Hauptziele abgeleitet:

- Ermittlung des Kapazitätssteigerungspotenzials des ATM Systems P1/VAFORIT im Vergleich zum ATM System KARLDAP für den Standort Karlsruhe auf der Grundlage zukünftigen Verkehrsaufkommens (Zeitraum 2007-2010)
- Absicherung der Methodik im Hinblick auf die Übertragbarkeit auf andere Anwendungsfälle in der DFS

Außerdem ergaben sich folgende Nebenziele:

- Überprüfung der Arbeitsverfahren mit dem neuen ATM System
- Erhebung der Akzeptanz für das neue ATM System und die Arbeitsverfahren für das neue ATM System

2.2 Untersuchungsdesign

2.2.1 Grundsätzliches Vorgehen

Zur Erreichung der Projektziele wurden im Projekt ADAM insgesamt 4 Realzeitsimulationsblö-

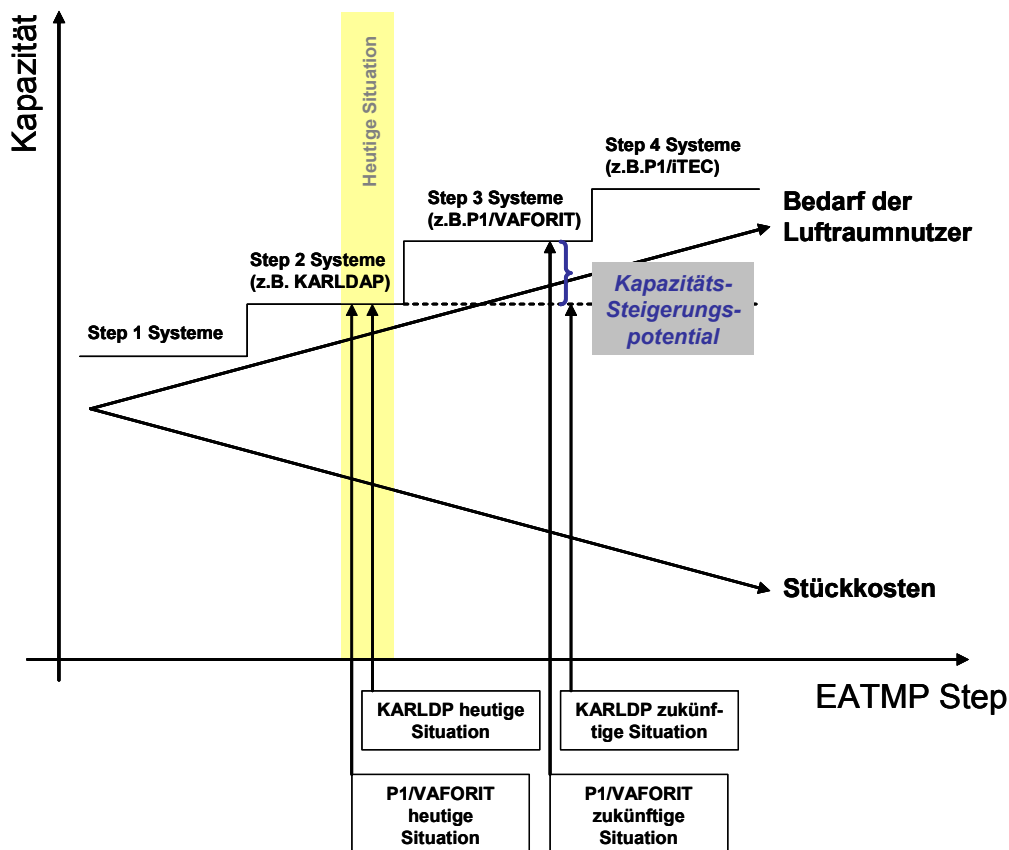


Abbildung 1: Vorgehen im Projekt ADAM

cke und eine Ist-Aufnahme im laufenden Betrieb in der Kontrollzentrale Karlsruhe sowie in allen Simulationen durchgeführt.

Der Zusammenhang dieser Schritte geht prinzipiell aus Abbildung 1 hervor. Ein vollständiger Vergleich der simulierten Situation des heutigen und zukünftigen Verkehrs in beiden ATM Systemen (KARLDAP und P1/VAFORIT) erlaubt die Erhebung des Kapazitätssteigerungspotenzials bezogen auf diese synthetische, simulierte Umwelt. Der Vergleich der simulierten mit der realen Welt anhand der Ist-Aufnahme in der Simulation und im laufenden Betrieb gibt Auskunft darüber, unter welchen Einschränkungen die Ergebnisse aus der Simulation auf die Realität übertragen werden dürfen. Der Einsatz eines Teams mit erfahrenen Lotsen aus Karlsruhe schließlich erlaubt eine Aussage darüber, in wie weit die Ergebnisse auf Grund der Versuchsteilnehmer – FVK Trainees im On-the-Job Training (OJT) – einem Vergleich mit der Realität standhalten.

2.2.2 Ist-Aufnahme im laufenden Betrieb in der Niederlassung Karlsruhe

In der Niederlassung Karlsruhe wurde in den Kalenderwochen 40-42/2004 eine Ist-Aufnahme in Form einer Beobachtungsstudie durchgeführt. Dabei wurden die für die Realzeitsimulation ausgewählten Sektoren (siehe Abschnitt 2.2.3.1) jeweils auf beiden Positionen von einem Team des Bereiches Forschung & Entwicklung beobachtet. Insgesamt fanden 34 Einzelbeobachtungen eines Sektorteams statt. Neben einigen Fragebögen zum Verkehrsgeschehen und zu biografischen Daten wurden im Wesentlichen die Arbeitsabläufe in ihrer Dauer und Abfolge beobachtet und aufgezeichnet. Dabei wurden 10 verschiedene Kategorien unterschieden:

- Sprechfunk
- Koordination im Team
- Koordination per Telefon
- Koordination per Ellenbogen
- sonstige Koordination
- Eingabe Touch Input Device (TID)
- Eingabe am Radar
- Streifenbearbeitung
- Übergabe

▪ Sonstiges

Für jede Kategorie einzeln wurden sowohl für die Radar-Position als auch für die Koordinator-Position Anfang- und Endzeitpunkte einer Aufgabe elektronisch erfasst. So lassen sich Häufigkeit, Dauer, Abfolge und Parallelität von Tätigkeiten erfassen.

Identische Analysen werden auch in den Simulationsblöcken durchgeführt, so dass sich im Vergleich mit der Ist-Aufnahme im laufenden Betrieb in Karlsruhe Veränderungen der Arbeitsweise detailliert nachweisen lassen.

2.2.3 Aufbau der Untersuchung

2.2.3.1 Luftraum

Da in der Untersuchung Verkehrsmengen simuliert werden, die deutlich über den heutigen Höchstlasten liegen, erschien es notwendig, eine Sektorisierung mit „TOP-Upper“ Konfiguration zu wählen. Diese Konfiguration existiert heute für die Sektoren Nattenheim, Frankfurt und Würzburg.

Als gemessene Sektoren wurden auf dieser Basis definiert:

- Nattenheim Top Upper von 345 bis UNL
- Nattenheim High von 295 bis 345
- Frankfurt Top Upper von 345 bis UNL
- Frankfurt High von 305 bis 345

Die laterale Sektorisierung findet sich in Abbildung 2.

Die weiteren Karlsruher Sektoren wurden innerhalb des P1/VAFORIT Systems zu zwei Adjacent Sektoren zusammengelegt, um die Ein- und Ausflugbedingungen für die gemessenen Sektoren richtig darzustellen.

Für die elektronische Kommunikation mit den benachbarten Kontrollzentralen (OLDI Kommunikation) wurde folgendes festgelegt:

- Kommunikation Rhein – Maastricht: OLDI Level 5
- Kommunikation Rhein mit Berlin, Prag, München, Schweiz, Langen: OLDI Level 1
- Kommunikation Rhein – Frankreich: keine

Die in Abbildung 2 dargestellten umgebenden Facilities wurden bis auf die Facility Maastricht nicht als FVK Arbeitsplatz realisiert. Hier wurde

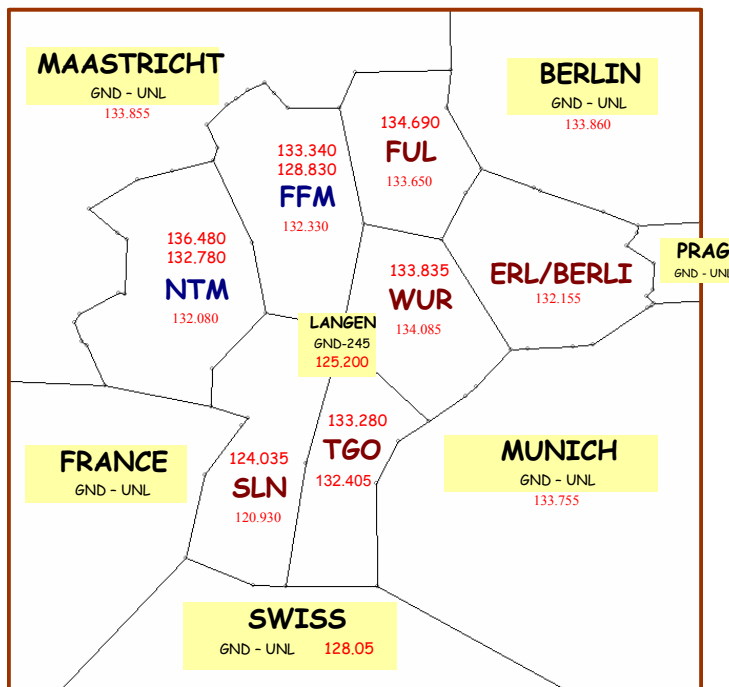


Abbildung 2: Laterale Sektorisierung für die ADAM-Simulationen

Insgesamt wurden etwa 2000 Stunden Verkehrsaufzeichnungen analysiert.

Zur Berechnung der 100% Verkehrslast wurde, ausgehend von den oben genannten Zeiträumen, die verkehrsreichsten Stunden (Anzahl von Luftfahrzeugen im Sektor pro Stunde) ausgewählt. Von diesen Spitzenwerten wurden 5% abgezogen, um eine breitere Basis für die 100% Verkehrslast zu erhalten.

Da erwartet wurde, dass die Versuchsteilnehmer (FVK Trainees am Anfang des OJT) noch nicht in der Lage sind, Verkehrsniveaus deutlich jenseits des heutigen Spitzenverkehrs erfolgreich zu bearbeiten, wurde für die Untersuchung auf Grund eines Expertenratings das Verkehrsniveau insgesamt für alle Verkehrsszenarien um 30% gesenkt.

Neben der reinen Verkehrslast, definiert über die Anzahl von Luftfahrzeugen im Sektor pro Stunden, wurde bei der Erstellung der Verkehrsszenarien des Weiteren der Anteil an Vertikalbewegungen in den zu simulierenden Sektoren berücksichtigt.

Ausgehend von diesen Verkehrstagen sollte ursprünglich eine Fortschreibung der Verkehrszahlen auf Basis der von Eurocontrol veröffentlichten STATFOR Zahlen für die Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 2004-2010 stattfinden. Als Basis für die weitere Berechnung wurden die Verkehrszahlen von STATFOR für das

lediglich die Flugplan Komponente in Form eines FlipCoF Flight Plan Message Handlers (FPMH) realisiert. Für die Facility Maastricht wurde im Adjacent Bereich ein VADS Arbeitsplatz zu Koordinationszwecken eingerichtet.

2.2.3.2 Verkehr

Als Basis für die Generierung von Verkehrsszenarien dienten verschiedene Verkehrsaufzeichnungen des Lage- und Informationszentrums (LIZ) der DFS. Ausgewählt wurden folgende Verkehrstage:

Verkehrstage	Begründung
30.9.2003	Verkehrstag aus dem Vorjahr zum Zeitpunkt der Ist-Aufnahme in Karlsruhe ¹
7.10.2003	Verkehrstag aus dem Vorjahr zum Zeitpunkt der Ist-Aufnahme in Karlsruhe
11.12.2003	Verkehrstag, der zur Generierung von Verkehrsszenarien bei der Untersuchung zum Konzept des Multi-Sektor-Planers (MSP) diene
März 2004, 15.05 – 15.07.2004	Dieser Zeitraum enthält den Verkehrstag (18.06) mit dem meisten Verkehr bundesweit in der ersten Jahreshälfte 2004

¹: Die Verwendung des im realen Betrieb beobachteten Verkehrs in der Untersuchung war aus zeitlichen Gründen nicht möglich. Daher wurde unter der Annahme eines ähnlichen Verkehrsbildes als bestmögliche Lösung der Ansatz gewählt, dass Verkehr zu diesen Zeiten, aber aus dem Vorjahr, als Basis für Verkehrsszenarien dient.

Jahr 2004 zugrunde gelegt. Dabei ergab sich für das Jahr 2007 eine minimale Steigerungsrate von 7% und für das Jahr 2010 eine maximale Steigerungsrate von 28% des Verkehrs bezogen auf das Jahr 2004.

Bei den ersten Simulationen der Untersuchung zum heutigen Verkehr in KW45 und KW46 2004 zeigte sich allerdings, dass der oben erwähnte „Trainee-Abschlag“ von 30% zu groß war. Daher wurde kurzfristig die Verkehrsmenge für die Simulationen der Untersuchung zum heutigen Verkehr erhöht. Basierend auf dem für die Untersuchung definierten 100%-Niveau wurden die Stufen 115%, 130%, 145% und 160% realisiert. Für diese Stufen gab es jeweils drei unterschiedliche Verkehrsszenarien, so dass während der laufenden Simulationskampagne jedes Verkehrsszenario pro Team nur einmal zum Einsatz kam. Zusätzlich wurde einmalig ein Verkehrsszenario der Stufe 180% bearbeitet. Die Länge der Untersuchungsszenarien betrug jeweils 75 Minuten. Die Trainingsszenarien hatten dagegen eine Länge von 60 Minuten.

2.2.3.3 Arbeitsplätze

Im Simulationsaufbau ist zwischen verschiedenen Arbeitsplätzen zu unterscheiden. Die gemessenen Arbeitsplätze sind jeweils:

- Frankfurt Top Executive (FFMT E)
- Frankfurt Top Planner (FFMT P)
- Frankfurt High Executive (FFMH E)
- Frankfurt High Planner (FFMH P)
- Nattenheim Top Executive (NTMT E)
- Nattenheim Top Planner (NTMT P)
- Nattenheim High Executive (NTMH E)
- Nattenheim High Planner (NTMH P)

Hinzu kommen vier Arbeitsplätze für Simulationspiloten (Frankfurt Top, Frankfurt High, Nattenheim Top, Nattenheim High) und drei Adjacent Sektoren (2 VAFORIT interne Adjacent Sektoren, 1 externer Adjacent Sektor). Eine Supervisor Position zur Steuerung der Simulation und eine FDA Position im VAFORIT zur Korrektur fehlerhafter Flugpläne und Meldungen rundeten den Aufbau ab.

Für die Simulationen mit dem ATM System KARLDAP ist ein nahezu identischer Aufbau vorgesehen.

2.2.3.4 Teilnehmer

An der Untersuchung nehmen 16 FVK Trainees aus den Kursen FVK 153 und FVK 154 als Versuchspersonen teil. Diese teilen sich auf zwei Gruppen zu 8 Personen auf. Die FVK Trainees haben keine Einsatzberechtigungen. Sie werden gemäß Sitzplan auf den unterschiedlichen Arbeitsplätzen eingesetzt.

An der Zusatzuntersuchung nehmen acht FVK Mitarbeiter der Niederlassung Karlsruhe teil. Diese haben Einsatzberechtigungen in den simulierten Sektoren und werden gemäß ihrer Einsatzberechtigung in der Simulation eingesetzt.

2.2.4 Untersuchungsplan

Im Untersuchungsplan ist festgelegt, welche Faktoren als Variation von außen in die Simulation hinein gegeben werden (unabhängige Variablen) und welche Faktoren in der Untersuchung gemessen werden. Daraus ergibt sich eine Ablaufplanung, die wiederum Grundlage der anschließenden Zeitplanung und Sitzplanung ist. Weiter werden die Messungen und Befragungen und die zugehörigen Auswertemethoden spezifiziert.

2.2.4.1 Unabhängige Variablen

Als unabhängige Variable wird in der Untersuchung die Verkehrsmenge verwendet. Die Verkehrsmenge ist – bedingt durch die Situation der Versuchsteilnehmer – um etwa 30% des Spitzenniveaus reduziert (siehe Abschnitt 2.2.3.2). Die Verkehrsmenge wird in folgenden Ausprägungen verwendet:

- Heutige Situation:
 - Verkehr 2004, 80% (04B_70)
 - Verkehr 2004, 100% (04B_100)
- Zukünftige Situation:
 - Verkehr 2007, Low Growth Scenario, (07_L, 115%)
 - Verkehr 2007, High Growth Scenario, (07_H, 130%)
 - Verkehr 2010, Low Growth Scenario, (10_L, 145%)
 - Verkehr 2010, High Growth Scenario, (10_H, 160%)

Die unterschiedlichen Ausprägungen werden in mehreren Messwiederholungen verwendet. Für die geplante Untersuchung ergibt sich das unten gezeigte Untersuchungsschema.

Insgesamt werden in jeder Bedingung 6 Simulationsruns durchgeführt. Dabei werden je 3 Runs von einer Untersuchungsgruppe absolviert. Hinzu kommt ein Run mit 180% Verkehrslast, der aber nicht für die Erhebung des Kapazitätssteigerungspotenzials eingesetzt wird.

Daneben wird eine Anzahl von Trainingsszenarien verwendet. Diese sind wie folgt ausgeprägt:

- Verkehr 2004, 50% (04T_50)
- Verkehr 2004, 70% (04T_70)
- Verkehr 2004, 100% (04T_100)

Der Verkehr in den Trainingsruns wird am Anfang bewusst niedrig gehalten, um die Untersuchungsteilnehmer mit dem System und dem Luftraum vertraut zu machen.

2.2.4.2 Abhängige Variablen

Die während der Simulation erhobenen abhängigen Variablen lassen sich in zwei Kategorien unterteilen:

1. objektive Variablen, dazu zählen:

- Anzahl der Luftfahrzeuge im Sektor
- Anteil des Vertikalverkehrs im Sektor
- Minimale Distanz von Luftfahrzeugpaaren im Sektor
- Mittlere Distanz der Luftfahrzeuge in einem Sektor
- Anzahl der Sprechfunkkontakte
- Mittlere Dauer der Sprechfunkkontakte
- Anzahl der Piloteneingaben pro Sektor
- Anzahl der Piloteneingaben pro Luftfahrzeug
- Erfassung der Arbeitsabläufe durch Tätigkeitsanalyse

2. subjektive Variablen, dazu zählen:

- Messung des Workloads mittel NASA-Task Load Index, während und nach dem Run,
- Erfassung der Situational Awareness mittels Fragebogen,
- Erfassung des Teamverhaltens mittels Fragebogen,
- Befragung der beteiligten Lotsen mittels Interview und Fragebogen zu Sicherheitsaspekten, Vertrauen in das System und Bedienung.

2.2.4.3 Ablaufplan

Aus den gegebenen Randbedingungen ergibt sich der Untersuchungsablauf. Dieser sieht bei-

	Verkehrsszenario					
	2004		2007		2010	
	80% Verkehrslast	100% Verkehrslast	115% Verkehrslast	130% Verkehrslast	145% Verkehrslast	160% Verkehrslast
KARLDAP	6 Runs	6 Runs	6 Runs	6 Runs	6 Runs	6 Runs
P1/VAFORIT	6 Runs	6 Runs	6 Runs	6 Runs	6 Runs	6 Runs
Gesamt	12 Runs	12 Runs	12 Runs	12 Runs	12 Runs	12 Runs

spielhaft für die P1/VAFORIT Simulationen wie folgt aus:

Training

Tag 1 (T)	Tag 2 (T)	Tag 3 (T)	Tag 4 (T)	Tag 5 (T)
Theorie	04T_50	04T_50	04T_100	04T_100
Theorie	Theorie	Theorie	04T_100	04T_100
Theorie	04T_50	04T_70	04T_70	04B_100
Theorie	04T_50	04T_70	04T_100	

Untersuchung heutige Situation:

Tag 1 (T)	Tag 2 (M)	Tag 3 (M)
Theorie	04B_80	04B_100
04T_70	04B_100	04B_80
04T_100	04B_80	04B_100
04T_100		

Untersuchung zukünftige Situation:

Tag 1 (T)	Tag 2 (M)	Tag 3 (M)	Tag 4 (M)	Tag 5 (M)
Theorie	07_H	07_L	10_H	10_L
04T_100	07_L	07_H	10_H	10_H
04T_100	10_L	07_H	10_L	10_+
07_L				

2.2.4.4 Datenerhebung

Um das Kapazitätssteigerungspotenzial von P1/VAFORIT bestimmen zu können, werden verschiedene Messungen sowohl während der P1/VAFORIT Simulation als auch während der Simulationen des Systems KARLDAP vorgenommen.

Bei den abhängigen Variablen wurden sowohl die objektiven als auch die subjektiven Variablen genannt, die erhoben werden. Die Erhebung der

objektiven Daten geschieht über eine Auswertung der im Simulator aufgezeichneten Daten.

Bei der Erhebung der subjektiven Daten werden sowohl Fragebogen als auch Interviews eingesetzt.

Des Weiteren wird für beide Systeme eine Ist-Aufnahme durchgeführt. Diese Ist-Aufnahme wird dann mit der für das System KARLDAP durchgeführten Ist-Aufnahme verglichen. So können die unterschiedlichen Arbeitsweisen mit den beiden Systemen verglichen werden. Mit Hilfe dieser Analyse können die in den beiden Systemen erzielten Ergebnisse zielgenauer interpretiert werden.

3 Projektstatus

Das Projekt befindet sich derzeit in der Realisierungsphase. Der Projektantrag 3 wurde am 17.8.2004 vom Leitungsteam des Geschäftsbereich Center genehmigt.

Im September und Oktober 2004 fand die Ist-Aufnahme im laufenden Betrieb in der Niederlassung Karlsruhe statt. In diesem Zeitraum fanden insgesamt 34 Beobachtungen der in der Simulation verwendeten Sektoren statt. Dabei wurden jeweils sowohl die Radar- als auch die Koordinator-Position beobachtet.

Im Oktober 2004 (KW43, 44) wurde für beide Teams mit FVK Trainees das Training auf das P1/VAFORIT System durchgeführt. Am Ende des Trainings wurde in einem Checkout der Trainingsstand überprüft. Alle 16 Teilnehmer beider Teams wurden für die weitere Simulation zugelassen. Im November fanden für beide Teams wechselweise die Simulationen zum heutigen Verkehr (KW45, 46) und zum zukünftigen Verkehr (KW47, 48) statt. Im Anschluss daran absolvierte das Team aus erfahrenen Karlsruher Lotsen (Team 3) das gesamte Programm (KW49-51). Alle P1/VAFORIT Simulationen fanden in Langen im Forschungszentrum statt.

Die Simulationen mit dem KARLDAP System sind für den April und Mai 2005 in Karlsruhe geplant.

4 Ergebnisse

Noch liegen keine Ergebnisse aus den Simulationen und aus der Ist-Aufnahme im laufenden Betrieb vor. Auswertungen der ersten Simulati-

onskampagne mit dem P1/VAFORIT System werden voraussichtlich im Februar 2005 zur Verfügung stehen. Diese werden aber nur eine geringe Aussagekraft haben, da sie noch keinen Vergleich mit dem derzeit in Betrieb befindlichen ATM System KARLDAP zulassen. Erst der Abschlussbericht, der für Juli 2005 geplant ist, wird einen Vergleich beider Systeme zulassen.

Erste stichprobenartige Auswertungen von Einzeldaten zeigen allerdings, dass die Untersuchungsmethodik insgesamt funktioniert.

5 Zusammenfassung

In einer umfangreichen empirischen Untersuchung nähert sich die DFS im Vorfeld einer System Einführung im Projekt ADAM der Frage, welche Kapazitätseffekte sich durch die Einführung eines neuen ATM Systems ergeben. Dabei geht es nicht nur um die konkrete Frage nach der Einführung des P1/VAFORIT Systems in der Niederlassung Karlsruhe, sondern darüber hinaus auch um die Etablierung und erstmalige Anwendung einer allgemein gültigen Methodik, die Antworten auf derartige Fragestellungen zulässt.

In umfangreichen Realzeitsimulationen, verbunden mit einer groß angelegten Beobachtungsstudie, wird über eine Fülle von aufgezeichneten Daten die Grundlage für entsprechende Schlüsse auf das Kapazitätssteigerungspotenzial des P1/VAFORIT Systems am Standort Karlsruhe gelegt. Als Versuchsteilnehmer werden sowohl relativ unerfahrene Trainees im Berechtigungserwerb als auch erfahrene Lotsen der Niederlassung Karlsruhe eingesetzt. Beide Gruppen von Versuchspersonen durchlaufen dabei das identische Experimentalprogramm. So ist die Vergleichbarkeit der erhobenen Daten sichergestellt.

Mit der Etablierung dieser Methodik beschreitet die DFS auch im europäischen Umfeld Neuland. Gerade im Kontext der europäischen Single-Sky-Initiative und Überlegungen zur Zertifizierung von ATM Systemen vor Inbetriebnahme gewinnt das Projekt ADAM eine ganz neue Bedeutung.

Abkürzungen

ADAM	Advanced Display Assessment and Validation Measurements
ATM	Air Traffic Management
DFS	DFS Deutsche Flugsicherung GmbH
EATMP	European Air Traffic Management Programme
ECAC	European Civil Aviation Conference
FDA	Flight Data Assistent
FPMH	Flight Plan Message Handler
FVK	Flugverkehrskontrolldienst
KW	Kalenderwoche
LIZ	Lage- und Informationszentrum
MSP	Multi Sektor Planer
OJT	On the Job Training
OLDI	On-line Data Interchange
STATFOR	Statistical Forecast
TID	Touch Input Device
VADS	Very Advanced Display Software

Planungslotse wird zum „Multi-sector-planner“ Realzeitsimulation zur Untersuchung zukünftiger Arbeitsverfahren

Stephan Herr (TEA), Michael Teichmann (CC/F)

Einleitung

Wenn VAFORIT Ende 2006 in Betrieb geht, stehen den Lotsen in Karlsruhe eine Fülle neuer Systemfunktionalitäten zur Verfügung. Mit dem neuen System wird die Entlastung der Lotsen von Routinetätigkeiten als Voraussetzung für höhere Produktivität und Kapazität angestrebt.

Der Einsatz neuer Systeme allein – ohne die gleichzeitige Veränderung von Arbeitsweisen und Verfahren – bewirkt jedoch noch keine Entlastung. Wie sehen also die neuen Verfahren und Arbeitsweisen aus, mit denen das neue System in Karlsruhe optimal genutzt werden kann?

Diese Frage wurde im Bereich TE in Zusammenarbeit mit Karlsruher Lotsen im Rahmen einer vierwöchigen Realzeitsimulation untersucht.

Das Konzept

Vor der Durchführung einer Realzeitsimulation zur Untersuchung zukünftiger Betriebsverfahren muss zunächst ein Konzept entwickelt werden, das die angestrebte Arbeitsweise, sowie die Verteilung der Aufgaben beschreibt. Dieses Konzept wurde in Zusammenarbeit zwischen TE und der Karlsruher Arbeitsgruppe „VIP 2005+“ entwickelt (siehe auch TE im Fokus Nr. 01/2003: „Zukünftige Arbeitsabläufe im UAC Karlsruhe mit VAFORIT ...“).

Das Konzept strebt in einem ersten Schritt im Wesentlichen eine Reduktion der Arbeitsbelastung an der Position des Planungsloten durch den Einsatz automatischer Koordination sowie der Funktionalität MTCD an. Durch diese Entlastung wird es dem Planungsloten ermöglicht, seine Aufgaben für mehr als einen Sektor durchzuführen. Dadurch wird er zum „Multi-sector-planner“.

Durch diese Maßnahme kann eine Produktivitätssteigerung erreicht werden. Kapazitätssteigerungen sind durch den Einsatz des zusätzlichen Personals zu Verkehrsspitzenzeiten auf weiteren Sektoren denkbar.

In weiteren Schritten des Konzepts wird darüber hinaus durch die Einbindung weiterer Systemfunktionalitäten u.a. die Entlastung des Radarloten angestrebt.

Simulationsdurchführung

Der im vorigen Abschnitt beschriebene erste Schritt des „Multi-sector-planner“ Konzepts war Gegenstand der vierwöchigen Realzeitsimulation am Forschungssimulator „Advanced Function Simulator“ (AFS). Zwei Teams bestehend aus je acht Karlsruher Lotsen untersuchten im Februar und März 2004 die Praxistauglichkeit des „Multi-sector-planners“ (MSP) und der neuen Verfahren in mehreren Konfigurationen und Verkehrsszenarien. Zum Einsatz kam ein im Bereich Forschung und Entwicklung erstelltes prototypisches System, das an das VAFORIT System soweit als möglich angelehnt wurde.

In jedem Simulationsdurchlauf wurden jeweils vier Sektoren des Karlsruher oberen Luftraums simuliert, für die Daten erfasst wurden. Die umliegenden Sektoren und die benachbarten Kontrollzentralen wurden zu sog. „Feed“-Sektoren zusammengefasst, um die Interaktionen mit den simulierten Sektoren realitätsnah abbilden zu können.

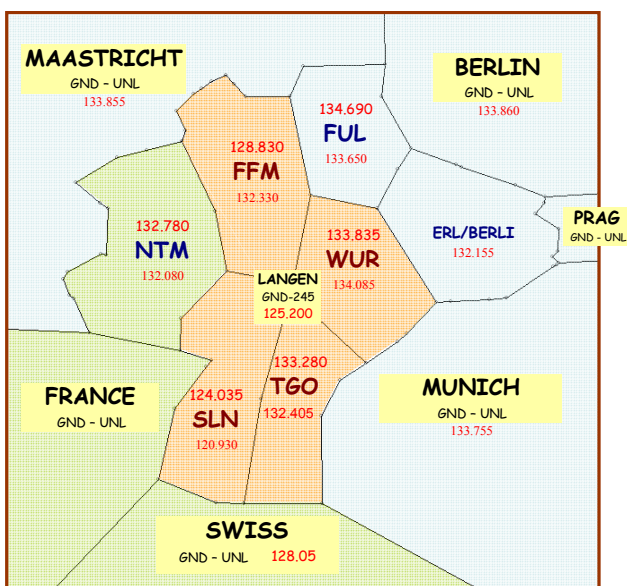


Abb. 1: Darstellung der simulierten Sektoren in der Karlsruher UIR

Um die Auswirkungen von Veränderungen einzelner Parameter möglichst umfassend untersuchen zu können, wurde ein schrittweiser Ansatz von der heutigen Arbeitsweise mit Papierstreifen hin zur streifenlosen Kontrolle mit MSP und reduzierter Koordination gewählt. Aufgrund der Begrenzung der möglichen Simulationstage wurden die Auswirkungen durch die Systemfunktionalität MTCB bisher noch nicht untersucht. Folgende Konfigurationen waren Gegenstand der Simulation:

- Referenzkonfiguration:**
Arbeitsweise wie heute mit Radar- und Planungslotse und Papierstreifen.
- Streifenlose Kontrolle:**
Radar- und Planungslotse arbeiten mit elektronischen Flugdaten; gegenüber heute reduzierte Koordination (keine Zeitrevisionen, keine „Release“ Koordination und reduzierte Koordination bei vertikaler Übergabe) durch geänderte Verfahren.
- Streifenlose Kontrolle mit MSP ohne weiter reduzierte verbale Koordination:**
Je zwei Sektoren werden mit einem MSP und zwei Radarlotsen bearbeitet; Koordinationsverfahren wie in Konfiguration 2 (d.h. Änderungen der Übergabebedingungen mit Einheiten außerhalb der zwei Sektoren erfolgen weiterhin verbal).

- Streifenlose Kontrolle mit MSP mit weiter reduzierter verbaler Koordination:**
Die Koordination bis zu einem bestimmten Zeitparameter (in der Simulation 5 min) vor Erreichen der jeweiligen Übergabebedingung wird durch die Eingabe in das System ohne zusätzliche Koordination per Telefon durchgeführt; sonst wie Konfiguration 3.

Jede dieser Konfigurationen wurde vertikal (je zwei simulierte Sektoren übereinander) und lateral (je zwei simulierte Sektoren nebeneinander) simuliert. Die Karlsruher Lotsen wurden entsprechend ihrer Lizenzierung (EBG) eingesetzt und waren deshalb vollständig mit der zu erwartenden Verkehrszusammensetzung vertraut. Die folgende Abbildung zeigt die vertikale und die laterale Sektorzusammensetzung:

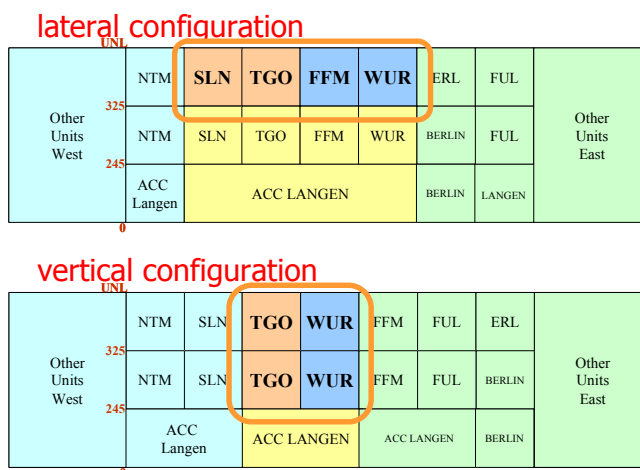


Abb. 2: Laterale und vertikale Anordnung der simulierten Sektoren

Experimentaldesign

Um die Simulationsdurchläufe im Hinblick auf die Auswirkung der Systemfunktionalitäten und der neuen Arbeitsweisen beurteilen zu können, wurden sowohl objektive Daten durch den Mitschnitt von Ereignissen während der Simulation, als auch subjektive Daten durch Befragung der beteiligten Lotsen erfasst. Die objektiven Daten umfassten folgende Werte:

- Anzahl der Luftfahrzeuge in den Sektoren
- Anzahl der Vertikalbewegungen
- Verweildauer in den Sektoren
- Anzahl und Art der Kontrollfreigaben

- Anzahl und Dauer der Koordinationsgespräche

Die Erfahrungen der Lotsen mit den neuen Arbeitsweisen wurden durch verschiedene Fragebögen und strukturierte Interviews nach den einzelnen Simulationsdurchläufen erfasst. Diese subjektiven Daten wurden im wesentlichen unter folgenden Gesichtspunkten erhoben:

- Arbeitsbelastung (z.B. durch den Einsatz des sog. NASA TLX Fragebogens)
- Planbarkeit des Verkehrs
- Situationsbewusstsein, Überblick über den Verkehr
- Gefühlte Sicherheit und Effizienz der Verkehrsabwicklung
- Rückmeldungen über einzelne neue Verfahren

Jede der vier beschriebenen Konfigurationen wurde vertikal und lateral anhand von jeweils zwei Verkehrsszenarien mit zwei voneinander unabhängigen Lotsengruppen durchlaufen.

Aufgrund dieser begrenzten Anzahl der zur Verfügung stehenden Simulationsdurchläufe waren keine statistisch belastbaren Auswertungen der erhobenen Daten möglich. Lediglich Trends konnten aufgezeigt werden.

Ergebnisse

Für die erfolgreiche Einführung des MSP ist die Reduktion der verbalen Koordination von entscheidender Bedeutung – nur wenn der Planungslotse in ausreichender Weise von seinen bisherigen Aufgaben entlastet wird, kann er seine Aufgaben für mehr als einen Sektor durchführen. Die Auswertung der entsprechenden Daten zeigt eine Reduktion der verbalen Koordination um ca. ein Drittel zwischen den Konfigurationen 1 (Referenzkonfiguration) und 2 (streifenlose Kontrolle mit Radar- und Planungslotse). Diese Verringerung ist im wesentlichen auf den Wegfall von sog. „Release“ Koordination und die reduzierte Koordination bei vertikaler Übergabe zurückzuführen (außerdem mussten keine Zeitrevisionen mehr erteilt werden). Im Vergleich zwischen der Referenzkonfiguration und streifenloser Kontrolle mit MSP und weiter reduzierter verbaler Koordination (Konfiguration 4) wurde eine Reduktion der verbalen Koordination um ca. 50% erreicht,

d.h. der MSP koordiniert nur noch halb so viel für seinen Zuständigkeitsbereich von zwei Sektoren verglichen mit dem Planungslotse für einen Sektor. Die eingeführten Arbeitsverfahren versprechen also eine ausreichende Entlastung des Planungslotse, um die Einführung des MSP möglich zu machen.

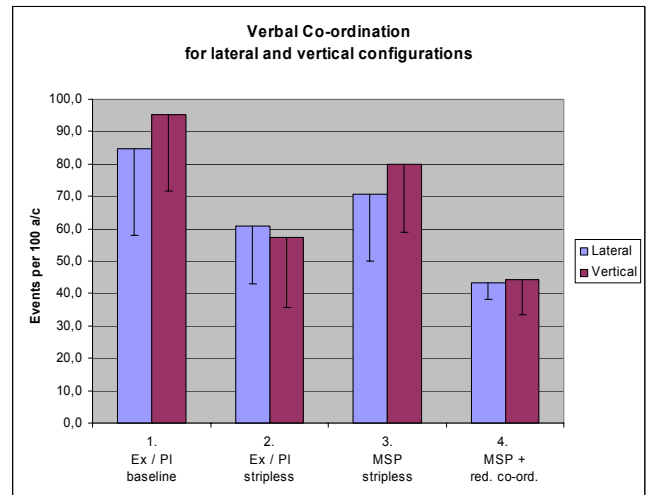


Abb. 3: Verbales Koordinationsaufkommen für die unterschiedlichen Konfigurationen normiert auf die Anzahl der Luftfahrzeuge

Die Reduktion der verbalen Koordination allein ist jedoch noch keine hinreichende Bedingung für die mögliche Einführung des MSP. Um die Sicherheit in ausreichendem Maße gewährleisten zu können, muss der Lotse zu jeder Zeit den Überblick über die Verkehrssituation besitzen, also über das entsprechende Situationsbewusstsein verfügen. Die erhobenen subjektiven Daten deuten auf ein reduziertes gemeinsames Situationsbewusstsein der Lotsen hin. Interessanterweise wurde die Reduktion in unterschiedlichen Bereichen des Situationsbewusstseins gesehen. Während die Radarlotsen nur noch den Überblick über den aktuellen Verkehr (also den Verkehr im oder kurz vor dem eigenen Sektor) besaßen, verfügten die Planungslotse und MSPs lediglich über das Situationsbewusstsein des zukünftigen Verkehrs (Verkehr, der für den eigenen Zuständigkeitsbereich geplant ist).

Die bisher übliche sehr individuelle Interaktion zwischen Radar- und Planungslotse wird also aufgrund des geringeren Bewusstseins für die Situation des jeweils anderen nicht mehr in dem Maße möglich sein wie bisher. Dieses Ergebnis ist für die Konfigurationen mit MSP nicht überraschend, es trat jedoch auch in Konfiguration 2 (streifenlose Kontrolle mit Radar- und Planungs-

lotse) auf. Mit dem verringerten gemeinsamen Situationsbewusstsein reduziert sich auch die Redundanz in der Überwachung des aktuellen Verkehrs. In weiteren Simulationen muss daher untersucht werden, ob geplante Systemfunktionalitäten wie z.B. „Conformance Monitoring“ diese reduzierte Redundanz in ausreichender Weise ersetzen können.

Die Aussagen der Fragebögen sowie der Interviews am Ende der Simulationsdurchläufe deuten darauf hin, dass teilweise weniger effiziente Flugprofile verglichen mit der Referenzkonfiguration gewährleistet werden konnten. Diese Aussagen konnten jedoch durch objektive Daten nicht bestätigt werden. Weder bei der Anzahl der Freigaben noch bei der durchschnittlichen Verweildauer im Sektor konnte ein Zuwachs verzeichnet werden. Daher ist davon auszugehen, dass zwar einzelnen Luftfahrzeugen ein geringerer Service geboten werden konnte, die Auswirkung auf die Effizienz des Gesamtsystems jedoch nicht sichtbar wurde.

Die neuen Arbeitsverfahren, die schrittweise zu den einzelnen simulierten Konfigurationen eingeführt wurden, erhielten eine überwiegend positive Bewertung seitens der Karlsruher Lotsen. Speziell unter hoher Verkehrsbelastung äußerten jedoch einige MSPs, Probleme mit der Identifikation aller potentiell zu einem Konflikt führenden Situationen zu haben. Diese Aussage kann als Indikator für die Einführung eines MTCD gewertet werden, da diese Systemfunktionalität speziell im Planungsbereich die frühzeitige Erkennung von Konfliktsituationen mit geringerem Aufwand als bisher ermöglichen soll.

Zusammenfassung und weiteres Vorgehen

Angesichts der im vorigen Kapitel vorgestellten Ergebnisse kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass der Einsatz des MSPs (im Sinne des beschriebenen ersten Schrittes des MSP-Konzepts) auch bei hohem Verkehrsaufkommen möglich ist, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

1. Es existiert eine klar und präzise definierte Aufgabenverteilung zwischen dem MSP und dem Radarlotsen, welche den Umfang der bisher üblichen sehr individuellen Interaktion reduziert.
2. Trotz des verringerten gemeinsamen Situationsbewusstseins zwischen den beiden Lotsen-

rollen kann die Redundanz der Überwachung des aktuellen Verkehrs durch geeignete Systemfunktionalitäten sichergestellt werden. In einer weiteren Realzeitsimulation ist daher zu überprüfen, ob und wie Systemfunktionalitäten wie z.B. „Conformance Monitoring“ genutzt werden können, um dieses Ziel zu erreichen.

3. Da die MSPs sich während dieser Simulation nicht in allen Fällen in der Lage sahen, alle potentiell zu einem Konflikt führenden Situationen für den zukünftigen Verkehr zu identifizieren, ist in einer weiteren Simulation zu untersuchen, ob und wie dieses Problem durch den Einsatz der Systemfunktionalität MTCD adressiert werden kann.

Als weiterer wichtiger Faktor für die Entwicklung des Verkehrssystems konnte die stärker standardisierte Bearbeitung von Luftfahrzeugen identifiziert werden. Durch einen höheren Standardisierungsgrad wird sowohl der Einsatz von Systemfunktionalitäten, als auch eine präzise Aufgabenbeschreibung und -verteilung erleichtert. Somit kann auch eine Verbesserung der Vorhersagbarkeit der zu erwartenden Arbeitsbelastung erzielt werden.

Zusammenfassend sind im Rückblick auf den vierwöchigen Simulationszeitraum die positiven Aussagen in Bezug auf den Realitätsgrad der Simulation sowie die Verfügbarkeit des prototypischen Systems hervorzuheben. Diese Verfügbarkeit muss bei einer Simulation mit dem Ziel der Bewertung von Arbeitsabläufen natürlich viel höher sein als beispielsweise bei einer technischen Demonstration.

Aufgrund des schrittweisen Ansatzes – von der heutigen Situation zu neuen Arbeitsweisen – können die Ergebnisse dieser Simulation vielfältig verwendet werden. So können z.B. nicht nur weitere MSP-Simulationen mit „Conformance Monitoring“ und MTCD auf dieser Basis durchgeführt werden, sondern auch Weiterentwicklungen in andere Richtungen (z.B. Nutzung von CPDLC bei gleichzeitiger Beibehaltung der bisherigen Aufteilung in Radar- und Planungslotse) können von den Ergebnissen dieser Realzeitsimulation profitieren.

Referenzen

[1] Concept Multi-sector-planner – a stepwise approach towards the successful implementation of VAFORIT; Version 1.0, 12. November 2003

[2] Fachkolloquium zum Konzept "Multi-sector-planner"; Folienvortrag, Version 1.0, 02. Juni 2003

[3] Analysis report of real time simulation „Multi-sector-planner“; Version 0.3, 22. November 2004

[4] Fachkolloquium zu den Ergebnissen der "Multi-sector-planner" Realzeitsimulationen; Folienvortrag, Version 1.0, 22. November 2004

Alle Dokumente können bei Interesse von den Autoren bezogen werden. Sie sind auch im TE-internen Laufwerk zu finden unter:

G:\telexchange\projekte\msp-simulationen\abschlussbericht

Glossar

Aktueller Verkehr (Def.)	Verkehr im oder kurz vor dem eigenen Sektor oder Zuständigkeitsbereich
AFS	Advanced function simulator, Forschungssimulator des Bereichs TE
Conformance Monitoring	Systemfunktionalität zur Überwachung des Flugverlaufs. Bei Abweichung vom geplanten oder freigegebenen Flugverlauf erhält der Lotse wenn erforderlich eine Warnung oder einen Alarm.
CPDLC	Controller Pilot Data Link Communication
Feed – Sektor	An die simulierten Sektoren angrenzendes Gebiet. Von den entsprechenden Arbeitspositionen aus werden alle notwendigen Interaktionen (z.B. Koordination und Systemeingaben) mit den simulierten Sektoren durchgeführt, um einen möglichst hohen Realitätsgrad zu erreichen.
MSP	Multi-sector-planner; im ersten Schritt des MSP-Konzepts Planungslotse, der seine Aufgaben für mehr als einen Sektor durchführt.
MTCD	Medium-term-conflict-detection; Systemfunktionalität zur frühzeitigen Erkennung potentieller Konfliktsituationen; geplant mit Einführung von VAFORIT.
NASA TLX	Nasa Task Load Index – standardisierter Fragebogen zur Erfassung der Arbeitsbelastung
„Release“-Koordination	Bisher notwendige verbale Koordination, wenn einem Luftfahrzeug eine Freigabe erteilt werden soll, obwohl es sich noch in einem anderen Sektor befindet.
VIP2005+	Karlsruher Arbeitsgruppe zur Entwicklung von Arbeitsweisen und Verfahren mit VAFORIT
Zeitrevision	Bisher notwendige verbale Koordination, wenn ein Luftfahrzeug von der geplanten Einflugzeit in einen Sektor um mehr als eine bestimmte Zeiteinheit abweicht.
Zukünftiger Verkehr (Def.)	Verkehr, der für den eigenen Sektor oder Zuständigkeitsbereich innerhalb eines bestimmten Zeitberiechs geplant ist.

VADS – Flexibler Lotsen-Arbeitsplatz und neue Funktionalität für den Forschungssimulator

Holger Oestreich (TEI), Dr. Ulf Jasper (TEI), Dr. Andreas Herber (TEA)

Einleitung

Der Realzeitsimulator des Bereichs Forschung und Entwicklung der DFS (AFS, Advanced Function Simulator) basiert im Kern auf dem Produkt ATCoach der Firma UFA. Inzwischen wurden seitens des F&E-Bereichs „Informationstechnologie“ (TEI) eine Reihe von Erweiterungen dieses Systems entwickelt, insbesondere im Flugplanverarbeitungssystem und Bereich der Piloten- und der Lotsenschnittstellen. Und gerade letzteres System, VADS (Very Advanced Display System), ist **das** Modul am AFS, das sowohl erweiterte Funktionalität (z.B. Trajektorienberechnung oder MTCD) für den Forschungssimulator, als auch eine prototypische, leicht anpassbare Benutzerschnittstelle zur Verfügung stellt.

Für das Programm VAFORIT sind hier zwei unterschiedliche Fälle zu unterscheiden:

- Einerseits wird der AFS genutzt, um das VAFORIT-System mit allen benötigten externen Eingangsdaten zu versorgen (wie z.B. Radardaten, Flugplandaten, Koordinationsdaten mit externen Zentralen), um die für Simulationen notwendige Dateneingabe auf Pilotenseite als auch bei benachbarten Flugsicherungszentralen zu ermöglichen, und um Sprechfunkverbindungen zu allen beteiligten Partnern (benachbarte Zentralen, Luftfahrzeuge) zur Verfügung zu haben;
- Andererseits können mit dem AFS prototypische Untersuchungen, bei denen insbesondere HMI-Design, aber auch implementierte Funktionalität deutlich schneller (und kostengünstiger) angepasst werden können, ohne unmittelbare (und damit auch verzögernde) Auswirkungen auf das VAFORIT-Programm zu haben. Beispiele sind Untersuchungen zu geänderten Arbeitsweisen durch einen Multi-Sektor-Planer oder auch durch Data Link.

Sich daraus ergebende Herausforderung war, dass folgende neue Funktionalitäten im AFS implementiert und nutzerfreundlich (d.h. VAFORIT-nahe) bedienbar sein müssen:

- Für den Fall „AFS als Stimulator von VAFORIT“: Simulation aller zu VAFORIT benachbarten Zentralen und Handhabung der von diesen verwendeten, unterschiedlichen OLDI-Protokolle, sowie Anzeige der vom VAFORIT-System eingegangener Koordinationsmeldungen und Eingabemöglichkeit von Antworten;
- Für den Fall „AFS als VAFORIT-naher Prototyp“ muss eine (kontinuierliche) 4D-Trajektorienberechnung realisiert werden, mit der z.B. Übergabehöhen und -zeiten bestimmt werden können, area of interest (AoI) und area of responsibility (AoR) müssen definiert sein, um den jeweiligen Flugplanstatus (assumed, advanced etc.) festzulegen. Außerdem muss die Eingabe von Directs und Heading sowie freigegebenen (CFL) bzw. koordinierten (NFL, XFL) Höhen ins System möglich sein, mit denen wiederum eine Aktualisierung der Trajektorie erfolgen kann.

Beide Anforderungen können mit dem Forschungssimulator durch VADS erfüllt werden.

Funktionalität und Architektur von VADS

VADS unterteilt sich in zwei große Teile:

- VADS-DPS (VADS Data Processing System) ist der Teil von VADS, der für die Datenhaltung, Datenverarbeitung und für die Kommunikation mit externen Systemen zuständig ist.
- Jade (Java Display Environment) ist die Benutzeroberfläche des Systems. Es beinhaltet alles was mit Grafik und Interaktionsschnittstellen zum Benutzer zu tun hat.

VADS-DPS

Das VADS-DPS wurde in C++ programmiert und verwendet die frei verfügbare Bibliothek nützlicher Systemroutinen ACE™ (ADAPTIVE Communication Environment). Durch ACE ist das VADS-DPS plattformunabhängig und läuft so auf DEC-, SUN- und Linux-Maschinen. Es werden

zur Entwicklung der freie GNU-Compiler und weitere freie GNU-Tools verwendet.

Die Datenhaltung im VADS-DPS erfolgt mit Hilfe einer generischen Baumstruktur. Der Datenbaum ist die zentrale Datenbank des Systems. Auf ihn kann von allen Teilkomponenten zugegriffen werden.

Jedes Datum in diesem Datenbaum ist durch seinen Pfad eindeutig identifizierbar. Damit kann mit Hilfe des Pfades auf jedes Datum im Baum zugegriffen werden. Auf das Callsign eines Fliegers mit der Track-Id 104 kann zum Beispiel durch den Pfad "Flightlist*Flight[104]*Callsign" zugegriffen werden (s. Abb. 1).

Die Funktionalitäten sind im VADS-DPS in einzelne Module, den so genannten Tasks, gekapselt. Diese Tasks sind voneinander unabhängig und können separat konfiguriert werden.

Es gibt zwei Kategorien von Tasks: Schnittstellen-Tasks und Datengeneratoren-Tasks.

- Schnittstellen-Tasks kommunizieren mit externen Systemen. Die empfangenen Daten werden durch diese Tasks in das interne Format konvertiert und im Datenbaum abgelegt, bzw. Daten aus dem Datenbaum werden in exter-

nes Format konvertiert und gesendet. Beispiele für Schnittstellen sind die OLDI Schnittstelle zu einem anderen FDPS, die Schnittstelle zum DataLink Server und die Schnittstelle zum ATCoach.

- Datengeneratoren-Tasks erzeugen aufgrund von Berechnungen neue Daten. Auch diese Daten werden im Datenbaum abgelegt und damit dem gesamten System zur Verfügung gestellt. Beispiele für Datengeneratoren Tasks sind Trajektorienberechnung und Konfliktberechnung (MTCD).

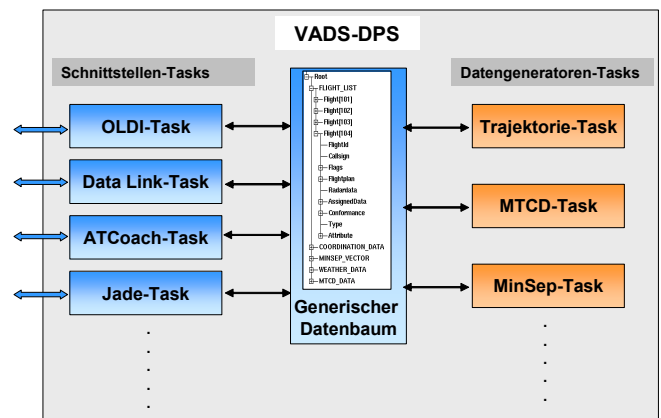


Abb. 2: Beispiele für Task-Module im VADS-DPS

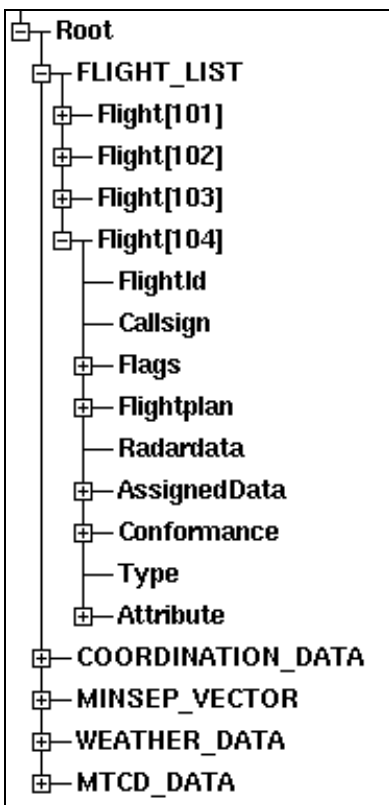


Abb. 1: Generischer Datenbaum in VADS

Jeder Task, der Daten benötigt, also die Schnittstellen-Tasks zur Kommunikation mit (DPS-) externen Systemen und die Datengeneratoren-Tasks zur Berechnung neuer Daten, greift über einen Update-Mechanismus (Observer Software-Design-Pattern) mit Hilfe des Pfades auf die Daten zu. Dieser Update-Mechanismus beinhaltet, dass ein Task, nachdem er „Interesse“ an einem Datum angemeldet hat, über Events darüber informiert wird, wenn das entsprechende Datum erzeugt, geändert oder gelöscht wird. Ein Datengeneratoren-Task kann daraufhin zum Beispiel mit einer Neuberechnung reagieren.

Ein Beispiel: Der Task, der mögliche Konflikte zwischen Flugzielen berechnet, hat sich auf die Trajektorien aller Flugziele angemeldet. Ändert sich die Trajektorie eines Flugziels, zum Beispiel durch eine Freigabe des Lotsen, oder wird eine neue Trajektorie erzeugt, weil ein neues Flugziel ins System kommt, wird der Task über diese Änderung durch ein Event informiert. Daraufhin führt der Task eine neue Berechnung der Konflikte durch. Durch die neue Trajektorie könnten die Berechnung neue Konflikte ergeben. Diese neu-

en Konflikte werden im Datenbaum abgelegt und stehen damit anderen Funktionalitäten zur Verfügung. Zum Beispiel der Benutzeroberfläche für die Anzeige oder einem eventuell vorhandenen Conflict-Resolution-Task.

Das VADS-DPS kann grundsätzlich aus einer beliebigen Anzahl von Prozessen bestehen, wobei jeder Prozess mit einer beliebigen Anzahl von Tasks konfiguriert werden kann.

- Die Prozesse können auf eine beliebige Anzahl von Rechnern verteilt werden. Die Anzahl der Prozesse und deren Verteilung auf die Rechner hängen von der benötigten Funktionalität und damit von den benötigten Tasks und der benötigten Performance zusammen. Diese Verteilung erfolgt mittels eines selbst entwickelten Tools, mit dem die Prozesse (s. Abb. 3, links) per „drag-and-drop“ auf die vorhandenen Rechner bzw. deren Ausgabe auf die einzelnen Displays (rechts) verteilt werden können.
- Jeder Prozess läuft auf einem separaten Rechner. Reicht die Performance eines einzelnen Rechners für den Prozess nicht aus, kann die Aufteilung „Tasks zu Prozessen“ verändert werden (s. Abb. 4): *Beispiel. Ein zweiter FDPS-Prozess wird allein mit einem der rechenintensiven Tasks (z.B. MTCD) konfiguriert;*

dieser zweite FDPS-Prozess wird dann auf einem separaten Rechner gestartet. Damit laufen die MTCD-Berechnung und die Berechnung der Trajektorien auf separaten Rechnern.



Abb. 4: Bedieneroberfläche des VADS Konfigurationstools (Taskzuordnung)

Jade

Unter dem Namen Jade sind verschiedene, zum Teil eigenständige, Programme zusammengefasst, die in engem Verhältnis zum Radar-Display in VADS stehen. Zu diesen Programmen zählen unter anderem

- Radar-Display (Air-Situation-Window ASW): Es ermöglicht unter anderem das Anzeigen von Flugzielen, Darstellung und Veränderung von Trajektorien oder die Verkettungen von Flugzielen (->"Delegation marks" bei „Sequen-

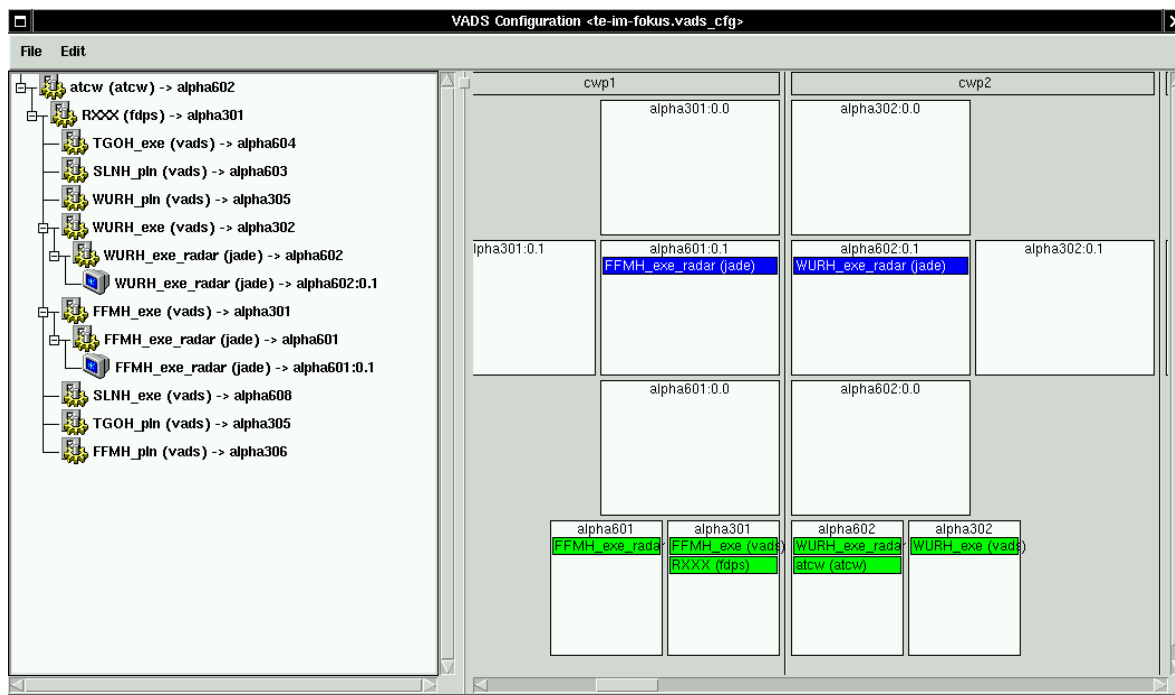


Abb. 3: Bedieneroberfläche des VADS Konfigurationstools (Prozesszuordnung)

cing und Merging“, s. Fokus 1/04). Es ist gleichzeitig möglich, Karten unterschiedlicher Formate (ATCoach, RADGIS-B) anzuzeigen, siehe unten.

- Darstellung elektronischer Flugstreifen ("Main Data Window") mit Interaktionsmöglichkeiten, siehe unten.
- Automatische Darstellung von NASA-TLX Fragebögen und on-line Bearbeitung zur Erfassung von subjektiven Messdaten ("Task-Load-Index")
- Werkzeug zur Aufzeichnung von Live-Radar-Daten als Text-Datei (CSV-Format).

Jade-Komponenten werden ständig weiterentwickelt, wobei neben den speziellen Projektanforderungen die folgenden Design-Ziele zu erreichen sind:

- Konfigurierbarkeit – alle wesentlichen Interaktions- und Gestaltungs-komponenten sind konfigurierbar. Farben und Schriften von Menüs, Labeln, Flugstreifen usw. lassen sich genauso leicht ändern wie die Darstellung von Hintergrund-Karten und die Gestaltung von Labeln und Flugstreifen. Alle Parameter sind in einer einfachen Konfigurationsdatei abgelegt, die wahlweise mit einem Text-Editor oder einem speziellen Jade-eigenen grafischen Konfigurations-Editor angepasst werden kann.
- Erweiterbarkeit – Jade ist darauf angelegt, ständig um neue Komponenten erweitert zu werden, ohne dabei bestehende Funktionalität ändern zu müssen. Jedes Modul lässt sich per Konfiguration oder interaktiv zur Laufzeit ein- bzw. ausschalten.
- Portabilität – alle Jade-Komponenten laufen auf (fast) allen Plattformen (DEC/OSF, Sun/Solaris, Intel/Linux, Intel/Windows). Jade wird in Java entwickelt, wobei außer dem Software-Development-Kit in der Version 1.3 lediglich die frei (unter der GNU Public License) verfügbaren Bibliotheken gnu-regexp, log4j und java-getopt verwendet werden. Die eigentlichen Benutzeroberflächen sind in Swing implementiert. Jade läuft also auf jeder Plattform, die von Java unterstützt wird.
- Leistungsfähigkeit und Stabilität – obwohl Jade "nur" eine prototypische Anwendung darstellt, wird Wert auf Zuverlässigkeit und Stabilität gelegt. Dies wird durch Javas Speicherverwal-

tung und Ausnahmenbehandlung (exception handling) erleichtert. Gleichzeitig soll Jade den Performance-Anforderungen im Simulator-Umfeld gerecht werden, was bisher auch gelungen ist -- entgegen der landläufigen Erwartung an Java-Programme.

Jade-VADS-DPS-Schnittstelle

Die Kommunikation zwischen Jade und VADS-DPS erfolgt über CORBA (s. Abb. 5). CORBA (Common Object Request Broker Architecture) ist ein internationaler Standard für die Kommunikation zwischen verschiedenen Prozessen und hat mit dem Projekt AVENUE auch Einzug in die ATM-Welt gehalten.

Auf der Seite des VADS-DPS ist diese Kommunikation mit Hilfe eines Schnittstellen-Tasks realisiert. Dieser verwendet die CORBA-Implementierung der (ebenfalls freeware) TAO-Bibliothek (The ACE ORB), die auf der im VADS-DPS verwendeten ACE-Bibliothek (s.o.) aufbaut. Der Jade-Schnittstellen-Task stellt dem Jade über CORBA den Update-Mechanismus zur Verfügung, so dass das die Benutzeroberfläche auf die gleiche Art und Weise auf die Daten zugreifen kann wie die Tasks. Sie meldet zum Beispiel „Interesse“ für die aktuelle Höhe eines Fliegers an und wird benachrichtigt, wenn sich die aktuelle Höhe des Fliegers ändert. Daraufhin kann sie das entsprechende Label aktualisieren.

Auf der Seite von Jade wird das im JDK (JAVA Development Kit) integrierte CORBA verwendet.

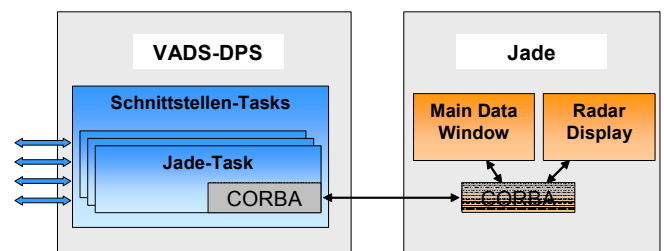


Abb. 5: JADE-VADS-DPS-Schnittstelle

Nutzen der Infrastruktur

Technologie alleine wäre nur Selbstzweck – erst wenn diese oben beschriebene, leistungsfähige Infrastruktur in aussagekräftigen Simulationen genutzt werden kann, und die gewonnenen Ergebnisse auch in DFS-Produkten genutzt werden können, entwickelt sie einen Nutzen für die eigene Firma.

Speziell für das Programm VAFORIT kommt der Realzeit-Simulator von TE (und damit auch VADS) in folgenden Aktivitäten zum Einsatz:

- VAFORIT-Optimierung am AFS
- Projekt ADAM (Advanced Display Assessment and Validation Measurements)
- Untersuchung von Arbeitsabläufe zum Multi-Sektor-Planner (MSP) und zu Data Link
- Bereitstellung eines SimSys-Systems für Karlsruhe

VATCAS Tracker-Evaluierung

Für all diese Vorhaben sind spezielle Anforderungen, sowohl bezüglich Funktionalität als auch bezüglich HMI, an den Simulator gestellt und umgesetzt worden. Eine nähere Beschreibung dieser Vorhaben erfolgt in den folgenden Artikeln dieser Ausgabe von „TE im Fokus“, Beispiele für das HMI finden sich im Folgenden. Die gezeigten Darstellungen wurden in den Simulationen zum „Multi-Sektor-Planner“ und bei der Data Link Demo mit Betriebspersonal aus Karlsruhe eingesetzt.

Das „Radardisplay“ von VADS

Das Air Situation Window (ASW) von VADS weist die in Abb. 6 ersichtlichen Merkmale auf:

- Durch farbige Darstellung von Label und Kopfsymbol wird der Status des jeweiligen Zieles unterschieden: Advanced (hellblau) werden Ziele vor dem Eintritt in den eigenen Sektor dargestellt. Assumed (weiß) sind Ziele unter eigener Kontrolle, und Concerned (ocker) sind Ziele, die bereits an den nächsten Sektor übergeben wurden. Sonderfall sind Ziele in der Transfer-Phase, die vom eigenen Sektor bereits weggeschickt, vom folgenden Sektor aber noch nicht angenommen worden sind (siehe Flug AZA473, advanced-transfer).
- Der Inhalt im Data Label variiert mit dem Status des Zieles, zeigt also z.B. (wie bei KLM1635, assumed) den nächsten Wegpunkt (TESGA) und den Exit flight level (XFL, 370) oder aber wie bei der AZA473 den aktuell kontrollierenden Sektor (=F2) und den Entry flight level (NFL, 370 climbing).
- Ein Rahmen um einen XFL- oder NFL-Wert, wie bei Flug BER1645 oder AZA473 zeigt an, dass die Zeit bis Sektorgrenze kleiner als ein gewählter Zeitparameter ist (dies kann dann bei den gewählten Arbeitsverfahren bzgl. Koordi-

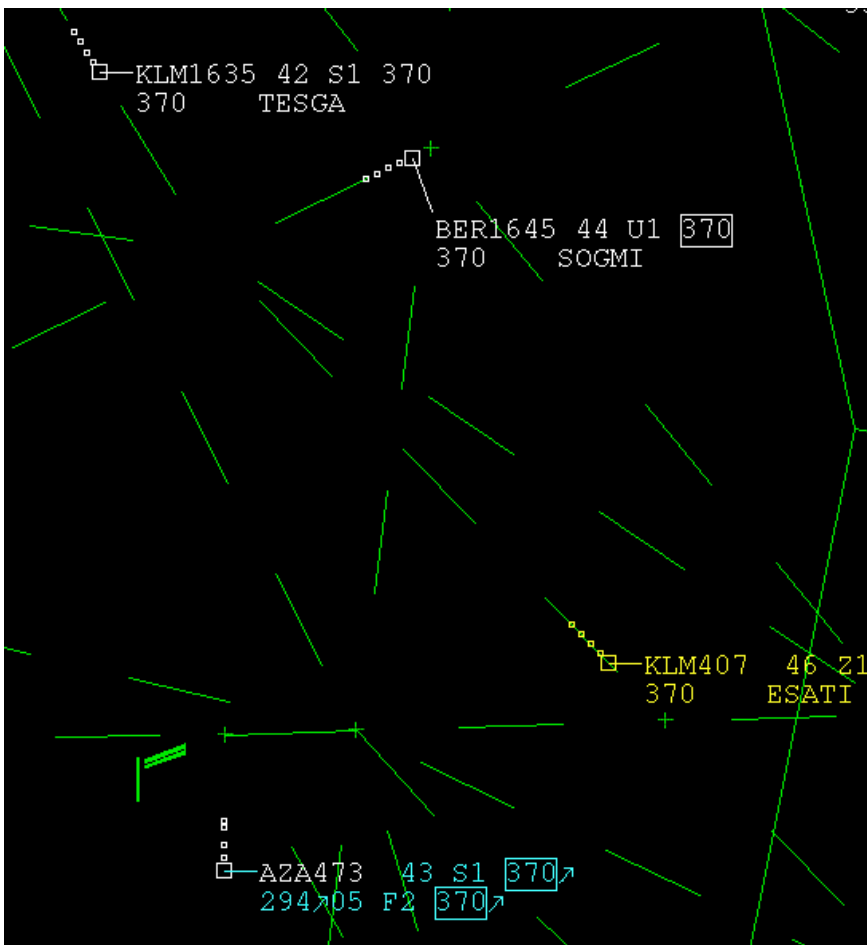


Abb. 6: Ausschnitt aus dem Air Situation Window mit verschiedenen Zielen (hier: Ziele alle ohne Data Link)

nation genutzt werden, z.B. zur Notwendigkeit einer telefonischen Koordination mit dem nächsten Sektor).

- Die Trajektorie mit Wegpunkten und Überflugzeiten sowie Ein- und Ausflugzeiten und –höhen für die durchflogenen Sektoren kann angezeigt werden (hier nicht gezeigt).
- Alle angezeigten Werte werden kontinuierlich aktualisiert, sofern sich die aktuellen Flugparameter oder Koordinationswerte ändern. Daher ist es zwingend erforderlich, dass jede Freigabe auch zu einer Systemeingabe führt.
- Die Ausrüstung mit Data Link bzw. die Möglichkeit, Freigaben auch via Data Link zu senden, wird mit einem ausgefüllten Dreieck vor dem Rufzeichen angezeigt (s. Abb. 7).



Abb. 7: Flugziel mit Data Link (CPDLC möglich)

- Ein Direct-Kommando kann über ein „Heading/Direct Menu“ gewählt werden (s. Abb. 8), das die nächsten Wegpunkte zur Auswahl anbietet; hierüber kann auch mittels des „Elastic Vector“ per Maus ein beliebiges Heading angewiesen werden.



Abb. 8: Heading /Direct menu

- Nicht zuletzt können Karten, Wegpunkte, Flughäfen etc. ein- bzw. ausgeblendet werden, die Darstellung gezoomt und verschoben werden sowie ein Höhenfilter verwendet werden.

Außerdem ist eine auf Radardaten basierte Abschätzung der minimalen Separation (Min-Sep) verfügbar.

- Der Lotse kann alle Freigaben für ein Flugzeug über dessen Label ins System eingeben, woraufhin eine Neuberechnung der Trajektorie erfolgt. Dies sind in einzelnen: cleared flight level, CFL (optional mit Rate), NFL bzw. XFL (optional „climbing“ oder „descending“), Speed, Direct und Heading, assume (nach initial call) und send (nach transfer call). Bei Data Link ausgerüsteten Flugzeugen kann dies wahlweise per Sprechfunk oder elektronisch geschehen. Abb. 9 zeigt exemplarisch das CFL menu:



Abb. 9: CFL menu (Flugzeug mit Data Link ausgerüstet)

Das „Main Data Window“ von VADS

In Anlehnung an die VAFORIT CWP wurde ein dediziertes Display, das Main Data Window, (MDW) für die Darstellung der elektronischen Flugstreifen gewählt. Zusätzlich zu den auch im Label vorhandenen Informationen werden hier u.a. Sektor-Einflugroute und –ausflugroute oder Übergabehöhen gezeigt. Streifen werden VSP (z.B. 8) Minuten vor Sektoreinflug dargestellt, also u.U. lange bevor das Flugziel im ASW sichtbar ist; deswegen wird auch vereinfacht der Weg durch den eigenen Sektor angezeigt. Die Streifen lassen sich nach einer Reihe von Variablen sortieren (z.B. Sektoreintrittszeit, Wegpunkte). Ein Beispiel für den Sektor Würzburg Upper mit 10 Flugstreifen (sortiert nach Sektor-Eintrittszeit) findet sich in Abb. 10:

- IBE3547, eine A320, ist bereits an den nächsten Sektor (T1 = Tango High) gesendet und dort angenommen worden (Status „concerned“)

+ 18:19	↘	KLM407	370	370	ESATI-DETEV	18:28 DEL EHAM
F1		B738		370	DINKU-AKANU	MU OLBA
+ 18:18	↘	HLX4302	370	370	LAU-HAB	18:29 DEL EDDV
U1		A321		370	DINKU-AKANU	MU LIRA
+ 18:17	↑	SAS616	340	340	TGO-HAREM	18:25 DEL LEBL
T1		MD87		340	LOHRE-ARNIX	U1 ESSA
+ 18:16	↘	KLM405	370^A	390	ESATI-DETEV	18:25 DEL EHAM
F1		B738		390	DINKU-AKANU	MU OJAI
+ 18:15	↑	JKK107	340	340	TGO-HAREM	18:23 DEL LEBL
T1		MD87		340	LOHRE-ARNIX	U1 ESSA
+ 18:13	→	BAW858	370	370	ESATI-LOHRE	18:19 DEL EGLL
F1		A319		350^v	LOHRE-SULUS	E1 LKPR
+ 18:11	↘	KLM403	370	370	ESATI-DETEV	18:20 DEL EHAM X
F1		B738		370	DINKU-AKANU	MU OSDI
- 18:11	↑	SAS688	340	340	TGO-HAREM	18:19 DEL LIMC
T1		MD87		340	LOHRE-ARNIX	U1 EKCH
0305 R340 N439 SEKTOREN: TGO WUR FUL						
KUDES ROMIR HEUSE LOKTA TGO/N0439F340 HAREM						
LOHRE ARNIX FUL MASEK KEMAD DEKEL HLZ						
+ 18:09	↑	DAN198	360	360	TGO-HAREM	18:17 DEL LIPZ X
T1		B735		<u>360</u>	LOHRE-ARNIX	U1 EKCH
+ 18:08	↘	IBE3547	330	330	KEGOS-LANGI	18:14 DEL EDDT
E1		A320		<u>330</u>	DKB-TGO	T1 LEMD

Abb. 10: Main Data Window von VADS (Beispiel: Sektor WUR Upper)

- DAN198 ist unter eigener Kontrolle (assumed) mit AFL=CFL=XFL=360. Der Sektoreintritt vom Sektor T1 (Tango Upper) fand um 18:09 zwischen TGO und HAREM statt, Sektorausritt nach U1 (Fulda Upper) wird um 18:17 zwischen LOHRE und ARNIX sein. Eine Änderung des XFL würde eine telefonische Koordination erfordern, da die Zeit bis zur Sektorgrenze kleiner als ein Parameter (5 Minuten) ist;
- Für Flug SAS688 ist über das „+“-Zeichen die erweiterte Streifendarstellung gewählt worden (z.B. durchflogene Sektoren, vollständige Route);
- KLM405 (aus dem Sektor F1 (Frankfurt Upper)) ist noch unter Kontrolle des upstream Sektors (Status = „advanced“) und wird ab 18:16 im eigenen Sektor sein;
- Neue Streifen und solche mit geänderten Werten werden eingerückt dargestellt, der geänderte Wert wird zusätzlich fett und umrahmt dargestellt (z.B. XFL bei BAW858 oder NFL bei KLM405); ein Mausklick links vom Streifen entfernt Einrückung und Markierung.
- Streifen können entfernt werden (Feld „DEL“) und mit Checkmarks gekennzeichnet werden (s. DAN198 und KLM403).
- Schließlich wird, wie hier allerdings nicht vorhanden, die Data Link Ausrüstung (in gleicher

Weise wie im Radarsdisplay) mit einem ausgefüllten Dreieck vor dem Rufzeichen angezeigt. Folgende Werte können analog zum ASW über Menüs geändert werden: CFL, NFL bzw. XFL und Flugzeug-Status (assume, send).

Zusammenfassung und Ausblick

Mit der DFS-eigenen Entwicklung VADS ist ein flexibles und hoch konfigurierbares Prototyping-Framework für den Forschungssimulator geschaffen worden, mit dem nicht nur HMI-Änderungen rasch durchgeführt werden können, sondern mit dem auch erweiterte Funktionen wie MTCD, Trajektorienberechnung oder Data Link-Fähigkeit geschaffen und angepasst werden können.

Dieses flexible Werkzeug konnte in einer Reihe von Projekten wie Gate-to-Gate, VODAL (Vor-entwicklung Data Link), NUP (NEAN Update Programme) und S&M (Sequencing and Merging) sowie die Arbeiten zum HMI Prototyping und zum Multi-Sector-Planner seine Stärken nachhaltig beweisen.

Es bietet damit für VAFORIT eine hervorragende Möglichkeit, eine an die Aufgabe angepasste Simulationsumgebung für das VAFORIT Testbett zu liefern (VAFORIT Optimierung) und darüber hinaus von späteren Nutzern gewünschte Erkenntnisse aus prototypischen Untersuchungen zur Nutzbarkeit neuer technischer Möglichkeiten in betriebsnahen Simulationen zu Teilaspekten (MSP, Data Link o.ä.) zu gewinnen.

Abkürzungen

ACE	ADAPTIVE Communication Environment, objektorientiertes Netzwerk-Toolkit
ACL	CPDLC-application: ATC Clearance
ACM	CPDLC-application: ATC Communication Management
Aoi	Area of Interest
AoR	Area of Responsibility
ATCoach	Produkt der Firma UFA (Kern des Forschungssimulators)
CFL	Cleared Flight Level
CORBA	Common Object Request Broker Architecture
CPDLC	Controller Pilot Data Link Communication
ETO	Estimated time over
HMI	Human Machine Interface
Jade	Java Display Environment
JDK	Java Development Kit
MDW	Main Data Window
MSP	Multi-Sector Planner
MTCD	Medium Term Conflict Detection
NFL	Entry Flight Level
OLDI	On-Line Data Interchange
ORB	Object Request Broker
TAO	The ACE ORB (Hochleistungs-CORBA-ORB mit Echtzeitperformance)
VADS	Very Advanced Display System
VADS-DPS	VADS Data Processing System
VAFORIT	Very Advanced Flight Operations Implementation
XFL	Exit Flight Level

VATCAS Tracker Evaluierung durch TE

Michael Grothe (CC/VPV), Dr. Roland Mallwitz (TEA), Wolfgang Wissler (TEH)

Einleitung und Hintergrund

Das VATCAS RDPS (Very Advanced Air Traffic Control Automation System Radar Data Processing System) ist die Komponente zur Verarbeitung der ankommenden Radardaten im Projekt VAFORIT (Very Advanced Flight Data Processing Operational Requirement Implementation). Zentrales Element ist der Multiradar-Tracker zur Spurbildung. Er berechnet im Zusammenspiel mit anderen Modulen eine aktuelle Luftlage.

Im Zuge der Abnahme des Release 1, Projekt VATCAS, hatte sich die DFS für eine unabhängige und DFS-interne Evaluierung der Radardaten Verarbeitungskomponente VA-RDPS, bzw. des Trackers entschieden. Zielsetzung dieser Evaluierung war sowohl die Ermittlung der Positionierungsgenauigkeit des Trackers, als auch die korrekte Funktionalität des VA-RDPS insgesamt.

Als Seiteneffekt der VA-RDPS/Tracker-Evaluierung sollten Probleme und Fehler entdeckt werden, die das VA-RDPS insgesamt betreffen. Dies dient als Ergänzung zu bereits durchgeführten Tests, z.B. im Rahmen von FAT, welche auf festgelegten Requirements basieren.

Der Bereich Forschung und Entwicklung TE wurde von CC/VPV mit der Evaluierung beauftragt. Eine gemeinsame Arbeitsgruppe von CC/VPV, SH/CV und TE begleitete und unterstützte diese technische Untersuchung.

Testumgebung: Versuchsaufbau und Szenarien

TE nutzte für die Evaluierung vorhandene technische Infrastruktur und Erfahrungen aus den Untersuchungen von Trackview, P1/ATCAS, DERD-X und Phoenix (vgl. /1/). Bei der Infrastruktur handelt es sich im Wesentlichen um einen Radarsimulator (AFS, Advanced Function Simulator), RDR/RDQC (Radar Data Recording/Radar Data Quality Control) und RAPS (Recording, Analysis, Playback and Simulation System for Radar Data). Zur Anzeige und visuellen Kontrolle der Ausgangsdaten wird inzwischen ein (modifiziertes) portables PHOENIX-System genutzt.

Zur statistischen Auswertung der Daten kam das bei TE zu Verfügung stehende SAS Tool (Statistic and Analyses Software) zum Einsatz. Abb. 1 gibt einen Überblick über die bei TE genutzte Testumgebung.

Reale Adaptionen bildeten Grundlage und Rahmenbedingungen in der Testumgebung für das VA-RDPS. Verschiedene Flugprofile, definiert in Anlehnung an reale Situationen, wurden mittels Radar-Szenarien nachgebildet

Die Mode S-Anlagen Neunkirchen und Frankfurt Süd waren auch in allen Untersuchungen mit simulierten Radardaten als Mode S-Anlagen nachgebildet. Gleichzeitig wurden die Radaranlagen Frankfurt Nord, Lüdenscheid, Pfälzerwald und Mittersberg als Monopuls-Sekundär-radaranlagen (MSSR) simuliert.

Als Basis für die Untersuchungen waren im Wesentlichen 3 Enroute und 1 Approach Szenario festgelegt. Die Szenarien bauen auf den in /1/ im Detail beschriebenen Flugverläufen auf. Abb. 2 fasst die Szenarien im Überblick zusammen:

- Das Approach Szenario 1 besteht aus parallelen Landeanflügen auf Frankfurt, Landerichtung 25 (aber auch 07), mit versetztem Flugverlauf.
- Enroute Szenario 2 „Turn“.
- Enroute Szenario 3 „Same direction“.
- Enroute Szenario 4 „Overtake“

Zusätzlich wurden für CC/VPV noch einige Kurz-szenarien erstellt, mit denen das Verhalten des RDPS speziell im Anflug bei dem Durchgang durch festgelegte Transitionshöhen untersucht wurde.

Die Umsetzung der definierten Szenarien erfolgte durch TE mit DFS-eigenen Tools. Der Einsatz simulierter Radardaten erfolgte vor dem Hintergrund genau definierter Eingangsdaten und der Möglichkeit der Auswertung der Ausgangsdaten (Tracks/Plots) des VA-RDPS, die zur Darstellung am Bildschirm der Lotsen (EVA, Sichtgeräte der Lotsen) gelangen.

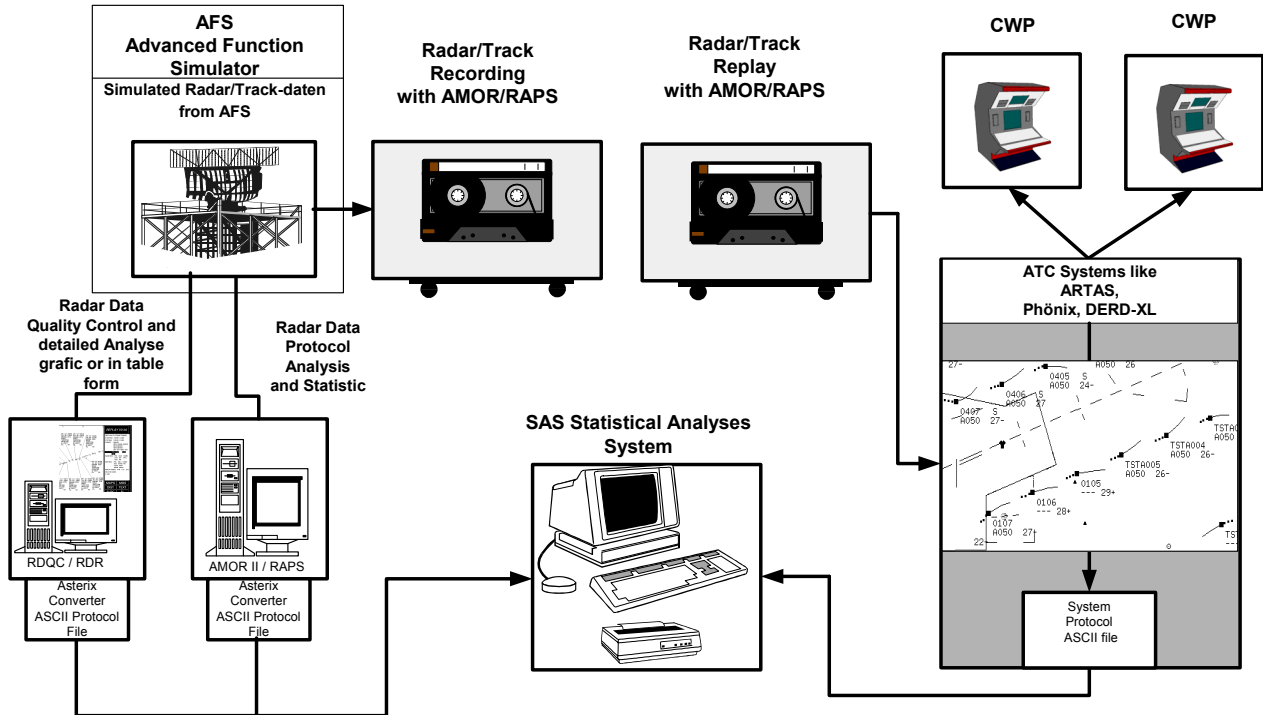


Abb. 1: TE Testumgebung für Trackerevaluierung

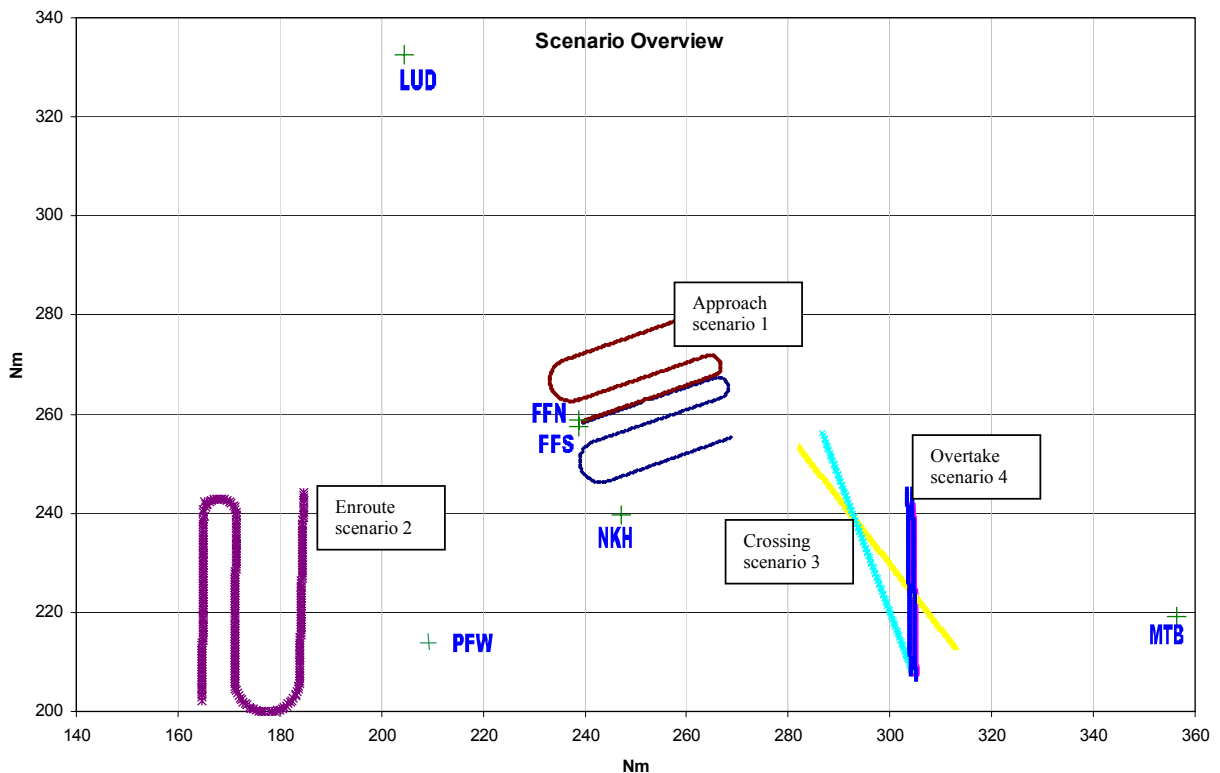


Abb. 2: Überblick über die wesentlichen genutzten Szenarien

Untersuchungsmethodik

Zunächst wurde jedes Szenario jeweils ohne jegliche Rausch- und Fehler-Parameter erzeugt und aufgezeichnet. Die aufgezeichneten Radardaten wurden als Referenzdaten in ein VATCAS RDPS eingespielt. VATCAS wurde bei jedem Run mit der Option zur Anlegung einer Protokolldatei gestartet. In der Protokolldatei werden der Plotinput, Plotoutput und Trackoutput festgehalten. Alle diese Daten stehen bei VAFORIT dem Display EVA zur Verfügung.

Die Evaluierung beschränkt sich auf den RDPS-Output. Für jedes angezeigte Ziel werden unter anderem Empfangszeit, berechnete Systemkoordinaten, dem Track zu Grunde liegende Radarmeldung und Transponder-Code festgehalten. Zusätzlich werden in der Protokolldatei Mode S-Features wie (normalerweise einzigartige) 24 Bit-Adresse des Flugzieles und Callsign protokolliert. Die Flugziele fliegen alle das gleiche Flugprofil und haben mindestens am Anfang des Flugverlaufes einen konstanten Zeitabstand zu dem vorausfliegenden Ziel.

Mit dem SAS-Tool wird nun aus der Protokolldatei eine Referenzspur berechnet. Dafür werden die von VATCAS berechneten Systemkoordinaten der Radarplotmeldungen zu Grunde gelegt.

In einem zweiten Schritt wird ein zum Referenzszenario passend aufgezeichnetes, verrauschtes und mit Fehlern behaftetes Szenario eingespielt. Verrauschungsgrad und Fehlerparameter wurden im Simulator bei der Aufnahme gemäß den getroffenen Vereinbarungen für die Szenarien festgelegt. Der Rauschparameter spiegelt Messergebnisse an Radaranlagen (geografische Gegebenheiten, Abstand des Flugziels zu den Radaranlagen, Flugrichtung, radial oder tangential zur Radaranlage), Transponderfehler und die Verzögerung durch Datenübertragung wieder und wird über die Standardabweichung gesteuert.

Zusätzlich spielen aber auch weitere zu untersuchende Fehler „aus dem täglichen Leben“ eine Rolle. So erfolgt im Szenario alle fünf Minuten ein Radarausfall einer Anlage für zwei Minuten. Dabei wird dann untersucht, wie zum Beispiel das Wechselspiel zwischen einer Mode S-Radaranlage mit Callsign-Informationen und einer herkömmlichen MSSR-Anlage mit nur Mode A-Transponder-Informationen im Tracker funktionieren. Auch wurden periodische Mode A/C- oder

Mode S-Ausfälle für jeweils 12 Sekunden vereinbart.

Ein wesentlicher Aspekt beim Einsatz simulierter Radardaten ist die Möglichkeit der wiederholten Wiedergabe, wodurch für das Gesamtsystem einheitliche und identische Eingangsbedingungen für die zu verarbeitenden Daten geschaffen werden. Zum einen ermöglicht dieses Vorgehen das Testen von Software-Änderungen und die Behebung erkannter Probleme, wie auch die Wiederholung von Tests, die aus anderen Gründen notwendig sind (z.B. inkorrekte Adaption). Zum anderen ist hierdurch ein Mechanismus gewährleistet, der das Erzeugen definierter Ereignisse erlaubt. Diese Rahmenbedingungen sind beim Einsatz von Live Radardaten nicht zu erreichen, da in diesem Fall viele Unbekannte und auch zusätzliche Fehlerquellen existieren.

Nach der Behebung von Fehlern, die während des ersten Laufes der VA-RDPS/Tracker-Evaluierung ermittelt wurden, und entsprechender Rückmeldung konnten die identischen Szenarien in einem erneuten Lauf abgespielt werden, um die Software-Änderungen auf Korrektheit zu überprüfen.

Durch die Bereitstellung immer der gleichen Daten, ähnlich wie bei einem Kassettenrekorder, wird die Vergleichbarkeit der einzelnen Fehler-szenarien gewährleistet. Dieses Vorgehen erlaubt einen unabhängigen und objektiven Vergleich von verschiedenen Trackerversionen, aber auch von unterschiedlichen Radartrackern.

Die Liste der Referenzen gibt Hinweise auf frühere Untersuchungen. Es muss allerdings berücksichtigt werden, dass frühere Untersuchungen (vor TEMPO) mit ähnlichen, aber nicht mit identischen Szenarien gearbeitet haben, so dass die Vergleichbarkeit mit früheren Ergebnissen eingeschränkt ist.

Auswertung

Flugzeugpositionen im Luftraum sollen möglichst wirklichkeitsgetreu (relativ und absolut) auf der CWP abgebildet werden. Eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass die tatsächliche Position dargestellt wird, erlaubt eine geringere und trotzdem sichere Staffelung. Kann dagegen das Vertrauen in die Positionsdarstellung nicht erreicht werden, müssen die Staffelungswerte erhöht werden. Die ICAO-Richtlinien zur Auflösung und Genauigkeit

der Darstellung spiegeln diese ATC Aspekte wieder.

Die Positionierung eines Zieles auf der CWP basiert auf der Radarmessung. Diese weist gewisse Ungenauigkeiten auf (Abb. 3), so dass der Darstellung der echten Zielposition eine Wahrscheinlichkeitsverteilung unterliegt.

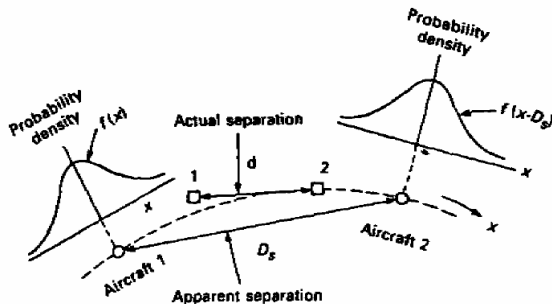


Abb. 3: Wahrscheinlichkeitsverteilung von Zielpositionen

Die DFS sieht vor, ungefähr 10 % des Staffelungs-„Budgets“ als Fehlertoleranz der Radardatenverarbeitung zu akzeptieren. Dies bedeutet für eine Separation von 5 NM, dass in der gesamten Radarkette (Sensoren und Datenverarbeitung) eine Genauigkeit von ungefähr 0,5 NM sichergestellt werden muss. Um die Wahrscheinlichkeitsverteilung der zur Datenverarbeitung gehörenden Ereignisse wiederzugeben, hat die DFS festgelegt, dass bei einer 5 NM Separation das Maß von 0,5 NM der Grenzwert für mindestens 99 % der Fälle sein muss, und dass der maximal zulässige Fehler 1 NM nicht überschreiten darf. Damit ergibt sich selbst bei maximaler, gegenläufiger Abweichung der errechneten von den wirklichen Positionen eine minimale Differenz von 3 NM.

Zur Auswertung der Positionierungsgenauigkeit wird mit SAS die Protokolldatei mit statistischen Mitteln analysiert. Die VATCAS Protokolldateien werden durch ein Übersetzungsprogramm in ASCII Format gewandelt. Grundlage sind die von VATCAS berechneten dargestellten Ziele, sogenannte Tracks, bestehend aus Systemkoordinaten und Zeitstempeln. Diese Trackdaten werden mit SAS in Bezug zu den vorher berechneten Referenzspuren gesetzt. Bei den Plots werden auch die von VATCAS umgerechneten Winkel- und Entfernungswerte der jeweiligen Radaranlage in Systemkoordinaten benutzt.

Berechnet werden auch der Mittelwert der Abweichung von der optimalen Position und die

Standardabweichung. Wie oben beschrieben sind aber der maximale Fehler der gesamten Auswertung und der 99%-Fehler die entscheidenden Größen. Dabei werden nur absolute Fehler in nautischen Meilen errechnet. Diese errechneten Abweichungen enthalten keine Richtungs- und Geschwindigkeitsinformationen mehr, wie sie üblicherweise für die Analyse der Leistungsfähigkeit eines Trackers genutzt werden. Untersuchungen haben aber ergeben, dass mit den von der DFS genutzten Kriterien (die allgemeiner Praxis in der Messtechnik folgen), mindestens genauso hohe Anforderungen gestellt werden, wie mit dem von Eurocontrol genutzten Set von unterschiedlichen Parametern.

Stellt man in einer Grafik die protokollierten Systemkoordinaten der optimalen Radarspur mit protokollierten verrauschten Trackdaten dar, ergibt sich ein optischer Überblick der räumlichen Verteilung. So wird ein Tracker immer die berechneten Kurvenwerte mehr außerhalb des eigentlichen Kurvenverlaufes legen. Die abgeleitete technisch mögliche Staffelung ergibt sich hierbei als Erfahrungswert aus dem maximalen Fehler. Will man zum Beispiel mit 5 nautische Meilen staffeln sollte der maximalen Fehler aus Sicherheitsgründen nicht über 0,5 nautische Meilen liegen. In der Auswertung kann man auch die Gesamtzahl aller untersuchten Meldungen und die Verteilung auf die einzelnen Radaranlagen ableiten.

Ergebnisse

Die VA-RDPS/Tracker-Evaluierung erfolgte in Bezug auf VA-RDPS insgesamt.

Ein wichtiges Untersuchungsergebnis war es, das Verhalten des Trackers bei dem zukünftigen Mischbetrieb von herkömmlichen MSSR-Radar und Elementary Mode S-Radar festzustellen. Dafür wurde im Wesentlichen auf Testszenarien aus früheren Untersuchungen wie z.B. für P1/ATCAS (Air Traffic Control Automation System) und Phoenix zurückgegriffen.

Generell erfüllte VATCAS RDPS die Kriterien für 3 NM Staffelung im Approach und 5 NM Staffelung En-route. In diesem Untersuchungsschritt wurden die Kriterien deutlich unterschritten, so dass aus technischer Sicht sogar geringere Staffelungswerte möglich gewesen wären. Allerdings zeigten sich einige Auffälligkeiten, z.B.

- in der Verarbeitung von Mode S Informationen (24-Bit Adresse, „Callsign used in flight“, 25 ft-Höhe);

- bei Trackbildung und Trackfortführung, die Auswirkungen mit unterschiedlicher Qualität auf die VATCAS RDPS Ausgaben hatten.

Die Tests wurden hauptsächlich geplant, um Mängel vor Ablauf der Garantie zu erkennen, die mit den Tests auf Anforderungsebene nicht erkannt werden können. Der erste Untersuchungsbericht wurde im Frühjahr 2004 an CC/VPV übergeben. Die Ergebnisse wurden an Raytheon weitergeleitet. Die Mängelliste wurde von Raytheon anerkannt und als Garantieleistung abgearbeitet.

Nach erfolgten Änderungen durch Raytheon, wurde im August 2004 eine Nachuntersuchung durchgeführt. Die Auswertung wurde Anfang Oktober 2004 fertig gestellt.

Die Fehler, die Anfang des Jahres erkannt wurden, sind weitgehend behoben. Allerdings ergaben sich neue Erkenntnisse in anderen Bereichen. Im Wesentlichen ähnelt das VATCAS RDPS im Verhalten jetzt dem P1/ATCAS RDPS.

Zusammenfassung

TE betreibt eine technische Infrastruktur, die an Kundenwünsche adaptiert werden kann. Mit simulierten Radarinformationen und Auswertemöglichkeiten können Trackingsysteme in ihrer Gesamtfunktionalität überprüft werden. Zusätzlich können Aussagen zur Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems abgegeben werden. Beides wurde mit der Evaluierung von VATCAS RDPS erfolgreich demonstriert.

Die Mischung von Approach und Enroute Test-szenarien mit eingebauten Schwierigkeiten aus der Radarpraxis erlaubt frühzeitig auf Probleme im komplexen System Tracker hinzuweisen.

/1/ TEMPO – Evaluierung eines Multiradar-Trackers durch TE, W. Wissler, TE im Fokus, 2/2002

/2/ Data Analysis in Offline Environment (DAFNE), C. Most, M. Slotty, TE im Fokus 2/1999

/3/ P1/ATCAS RDPS und FBS TrackView – Evaluierung der Trackingsysteme, Teil 1: P1/ATCAS RDPS; R. Mallwitz, W. Eggers, W. Fischer, M.M.Jacobovits, W. Rüter, Version 2.0, DFS 1999

/4/ P1/ATCAS RDPS und FBS TrackView – Evaluierung der Trackingsysteme, Teil 2:- FBS TracView; R. Mallwitz, W. Eggers, W. Fischer, M.M.Jacobovits, W. Rüter, Version 2.0, DFS 2003

/5/ Radarmindeststaffelung mit MSSR-Eingangsdaten – DERD X/XL und P1/ATCAS RDPS; R. Mallwitz, DFS 2000

/6/ TEMPO - Tracker Evaluierung on Multi Sensor Performance, PHOENIX Phase 1: Tracking mit MSSR Eingangsdaten, R. Mallwitz, Version 2.0, DFS 2003

/7/ TEMPO - Tracker Evaluierung on Multi Sensor Performance, PHOENIX Phase 2: Tracking mit MSSR und Mode S Eingangsdaten, R. Mallwitz, DFS 2002

/8/ Evaluation of VATCAS RDPS, Initial Evaluation, R. Mallwitz, DFS 2004

Leserbrief

Zum Artikel "Verbundvorhaben Kooperatives Air Traffic Management im Rahmen des 3. Luftfahrtforschungsprogramms" in Ausgabe 1/04 des F&E-Magazins "TE im Fokus" erreichte die Redaktion der folgende Kommentar der Fraport AG, den wir hier wiedergeben möchten:

Bezug nehmend auf diesen in der Ausgabe 1/04 erschienenen Artikel ist seitens der Fraport AG folgende Anmerkung hinzuzufügen:

Die beschriebene Zielsetzung des Vorhabens K-ATM, wonach es um "die Umsetzung der kooperativ erarbeiteten Planungsgrundlagen in die jeweiligen Handlungs- und Zuständigkeitsbereiche" geht, ist zum heutigen Zeitpunkt nur bedingt aktuell.

Aus Fraport-Sicht gilt dies für die prototypische Umsetzung eines kooperativen Anflugmanagers (AMAN) im Verantwortungsbereich der DFS.

Für das Abflugplanungssystem (DMAN) ist die Zielsetzung hingegen eine andere. Hier wird außerhalb des Betriebes im Rahmen einer Simulationsumgebung das Produkt darts zur Erforschung u.a. der AMAN/DMAN-Kopplung von der Firma delair zur Verfügung gestellt.

Die Beschaffung eines DMAN für den Flughafen Frankfurt/Main erfolgt durch die Fraport AG über eine bereits initiierte europaweite Ausschreibung.

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 (<http://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 © 2004 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.