

1/98

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



DFS Deutsche Flugsicherung



Liebe Kolleginnen und Kollegen,

haben Sie sich nicht schon einmal gefragt, welche interessanten Projekte sich hinter solch kryptischen Kürzeln wie z.B. A-SMGCS, ATIV oder VADS verstecken? Der Bereich Entwicklung und Erprobung, SE, beschäftigt sich genau mit solchen Dingen, die noch nicht ihren festen Platz im Alltagsgeschäft der DFS eingenommen haben.

Gerade in unserer schnellebigen Zeit und einer prosperierenden Branche wie dem Luftverkehr ist es erforderlich, durch permanenten Know-How Erwerb sowie Weiter- und Neuentwicklungen der Flugsicherungssysteme die konzeptionelle und technologische Basis für die Flugsicherung der Zukunft zu schaffen.

Ich freue mich, Ihnen hier die erste Ausgabe von SE im Fokus vorstellen zu können. Das Magazin soll Ihnen, vor allem den Lesern in den Niederlassungen und Regionen sowie in den verschiedenen Bereichen der Hauptverwaltung, einen Einblick in den Bereich SE und seine Arbeitsschwerpunkte geben.

SE im Fokus entstand auch aus dem Wunsch heraus, regelmäßig aus den Projekten bei SE zu berichten. Ähnlich wie beim Fachkolloquium, das der Bereich SE zweiwöchentlich veranstaltet, soll diese Publikation die Lücke füllen zwischen den eher allgemeinverständlich gehaltenen transmission Beiträgen und der oft sehr ins technische Detail gehenden projektspezifischen Literatur.

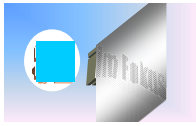
Wir sehen bei SE einen rasanten Entwicklungsschub und eine deutlich spürbare Motivation, die Früchte unserer Arbeit besser zu vermarkten. Neben der Präsenz im Internet – zu erreichen über die DFS-Homepage (Kompass, dann Research and Development) – ist SE im Fokus eine weitere Maßnahme zur verbesserten innerbetrieblichen Kommunikation mit dem Bereich Entwicklung und Erprobung.

Alle hier abgedruckten Berichte sind unter <http://www.se.dfs.de/reports/fokus.html> im Internet abrufbar. Die DFS ist damit auch für Interessenten aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen erreichbar. Für die Zukunft haben wir damit einen weiteren Schritt zur verstärkten Information der Fachöffentlichkeit zurückgelegt.

Als Berichte des Bereichs SE ist SE im Fokus ein Produkt, das sich ständig weiterentwickeln soll, so wie der Bereich SE selbst auch. Feedback und Anregungen zu SE im Fokus aus dem Kreise der Leser sind hochwillkommen und sollen im Rahmen unserer Möglichkeiten bei künftigen Ausgaben berücksichtigt werden.

Ich wünsche Ihnen und Ihren Familien ein gesegnetes Weihnachtsfest und einen erfolgreichen Start ins neue Jahr und verbleibe bis zum Erscheinen der nächsten Ausgabe von SE im Fokus, Ihr

Klaus Platz, Leiter SE



Inhalt

Editorial	1
Steffen Marquard, SET Mode S Datalink Infrastruktur erweitert	3
Oliver Reitenbach, SET NEAN - Das Nordeuropäische ADS-B-Netzwerk	5
Thomas Bierwagen, SES Zukünftige Flugplandatenverarbeitung bei der DFS	9
Jens Konopka und Ralph Rudolph, SEK Bericht vom Internationalen Wirbelschleppen Meeting in Ottawa	13
Impressum	17



Mode S Datalink Infrastruktur erweitert

Steffen Marquard, SET

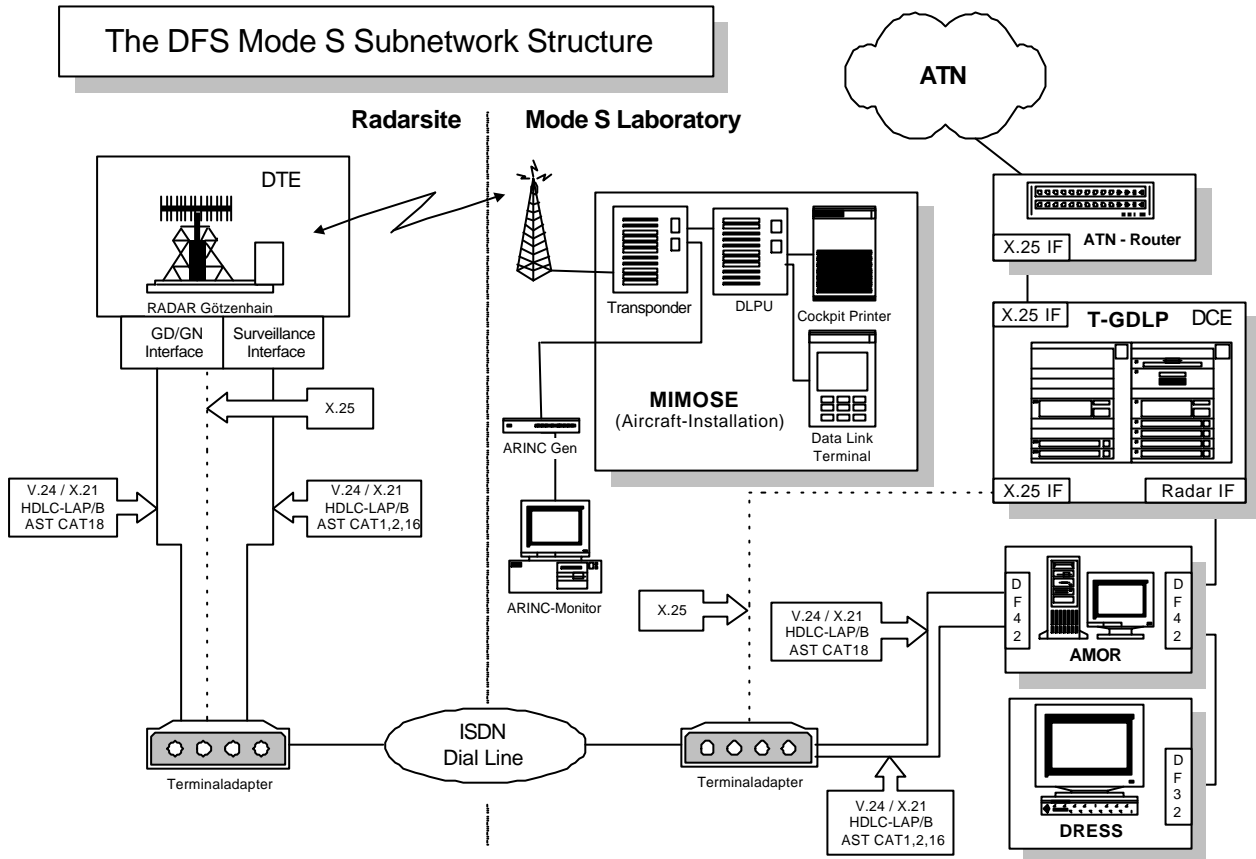


Abbildung 1: Test- und Auswertumgebung Mode S

Im Rahmen des Mode S Erprobungsprogramms der DFS¹ wird die notwendige Testumgebung für Erprobungen mit der Mode S Radaranlage Götzenhain realisiert (siehe Abbildung 1). Ein Bestandteil dieser Umgebung ist ein "intelligenter" Test-Transponder. Mit diesem System ist es möglich, den Einfluß der Bordkomponente auf die Fähigkeiten des Bodensystems zu analysieren. Zusätzlich werden Hinweise auf die Performance des Gesamtsystems erwartet, in der das Bordgerät bisher immer das schwächste Glied darstellte. Die Einschränkungen waren dabei bisher abhängig vom Gerätetyp und variierten durchaus auch innerhalb der Serien eines Herstellers.

¹ Konzept für ein Mode S Erprobungsprogramm, DFS Version 1.1, 07. Juli 1995

Für die geplanten Untersuchungen ist ein Testsystem notwendig, welches die Einspeisung von Borddaten, die Überwachung aller ein- und ausgehenden Signale und der Transponderfunktionen ermöglicht. Ebenso soll dieses System möglichst schnell an Transponder unterschiedlichster Hersteller anpaßbar sein. Realisiert wurde diese Funktionalität mit dem "Multifunktionellen Transponder-Testsystem für Mode S Erprobungen - MIMOSE". MIMOSE wurde bei SET entwickelt, gebaut und schrittweise erweitert. Dieses Testsystem wird im Gegensatz zu den im REMP gelieferten CPMEs nicht fest installiert im Nahfeld der Anlage betrieben, sondern in einem Laborraum mit weiteren externen Komponenten installiert und ist auch mobil einsetzbar. Mit diesem System ist es möglich,



die Bordausrüstung eines Flugzeuges zu simulieren, um Überwachungs- und Datalink-Erprobungen möglichst realistisch durchführen zu können. Zudem besteht die Möglichkeit, Fehlverhalten oder Abweichungen der spezifizierten Parameter von Transpondern und/oder der Avionik nachzubilden. Damit ist es möglich, Auswirkungen von Fehlverhalten eines einzelnen Systems auf andere, z.B. Radar, ACAS, und im SSR-Gesamtsystem zu untersuchen. Zusätzlich bietet MIMOSE die Möglichkeit zur Demonstration einer zukünftigen Bordumgebung mit „echten“ Bordgeräten.

Das MIMOSE System wird für Untersuchungen in den nachfolgenden Bereichen eingesetzt:

- Monitoring und Analyse des Abfrageverhaltens der Mode S Radaranlage(n),
- Analyse und Simulation von gegenwärtig verwendetem und zukünftigem Bordequipment,
- Simulation von Transponderfehlverhalten unter Laborbedingungen und im realen Umfeld,
- Test von Applikationen mit Mode S Transpondern unterschiedlicher Hersteller, Qualität und Kommunikationsfähigkeit.

Nach der im Dezember 1997 abgeschlossenen Erweiterung des MIMOSE-Systems um Datalink Bordkomponenten wie DLPU (Datalink Processing Unit), Datalink Terminal und Cockpit Printer, wird 1998 mit der Untersuchung der Kommunikationskomponente von Mode S begonnen. Im einzelnen werden dann sukzessive erfolgen:

- DLPU / ADLP (Aircraft Datalink Processor) Tests,
- Datalink Tests,
- Tests mit externen Datenquellen,
- Monitoring der Übertragungskette innerhalb des Mode S Subnetzwerkes, von der Schnittstelle zu Datenquellen und -senken an Bord bis zum Interface für Prozesse zur Radardatenbearbeitung,

- Kapazitätsanalyse für das Mode S Subnetzwerk.

Die genannten Nutzungsmöglichkeiten können, auf Grund der Flexibilität des Systems, entsprechend neuer Anforderungen erweitert werden.

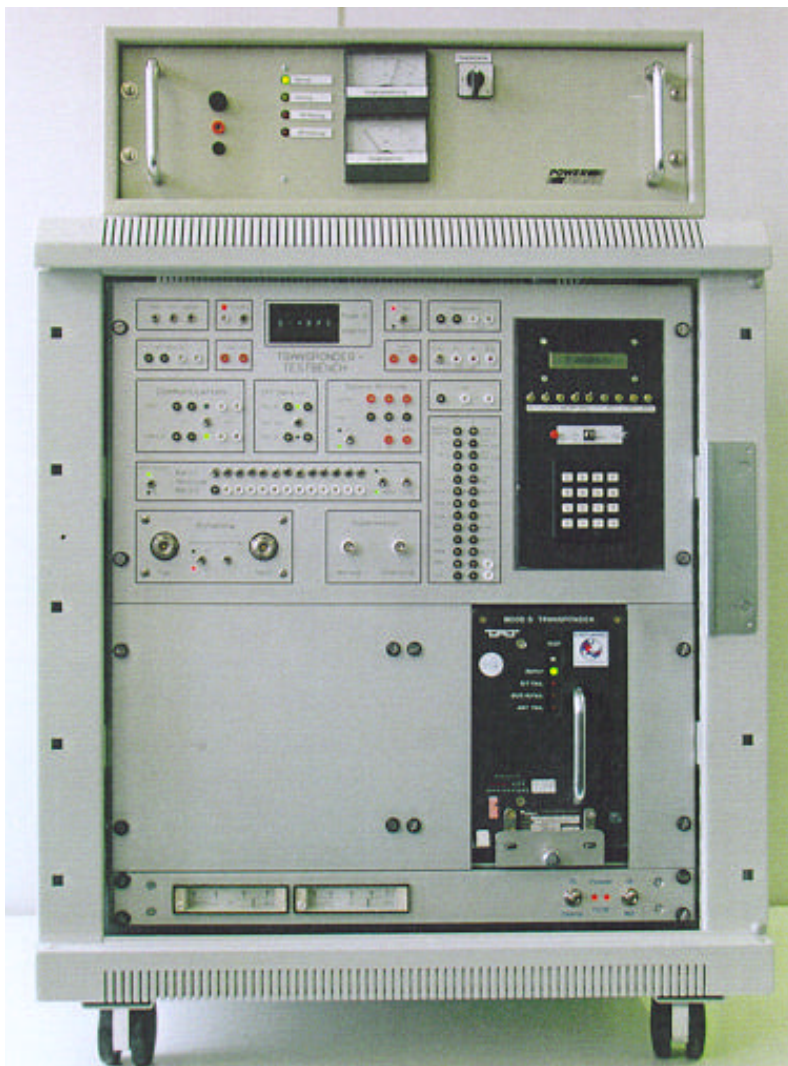
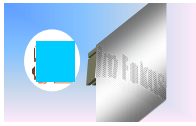


Abbildung 2: MIMOSE

Detaillierte Informationen zum Aufbau von MIMOSE können der technischen Dokumentation und der Bedienungsanleitung zum System entnommen werden.



NEAN – Das Nordeuropäische ADS-B-Netzwerk

Oliver Reitenbach, SET

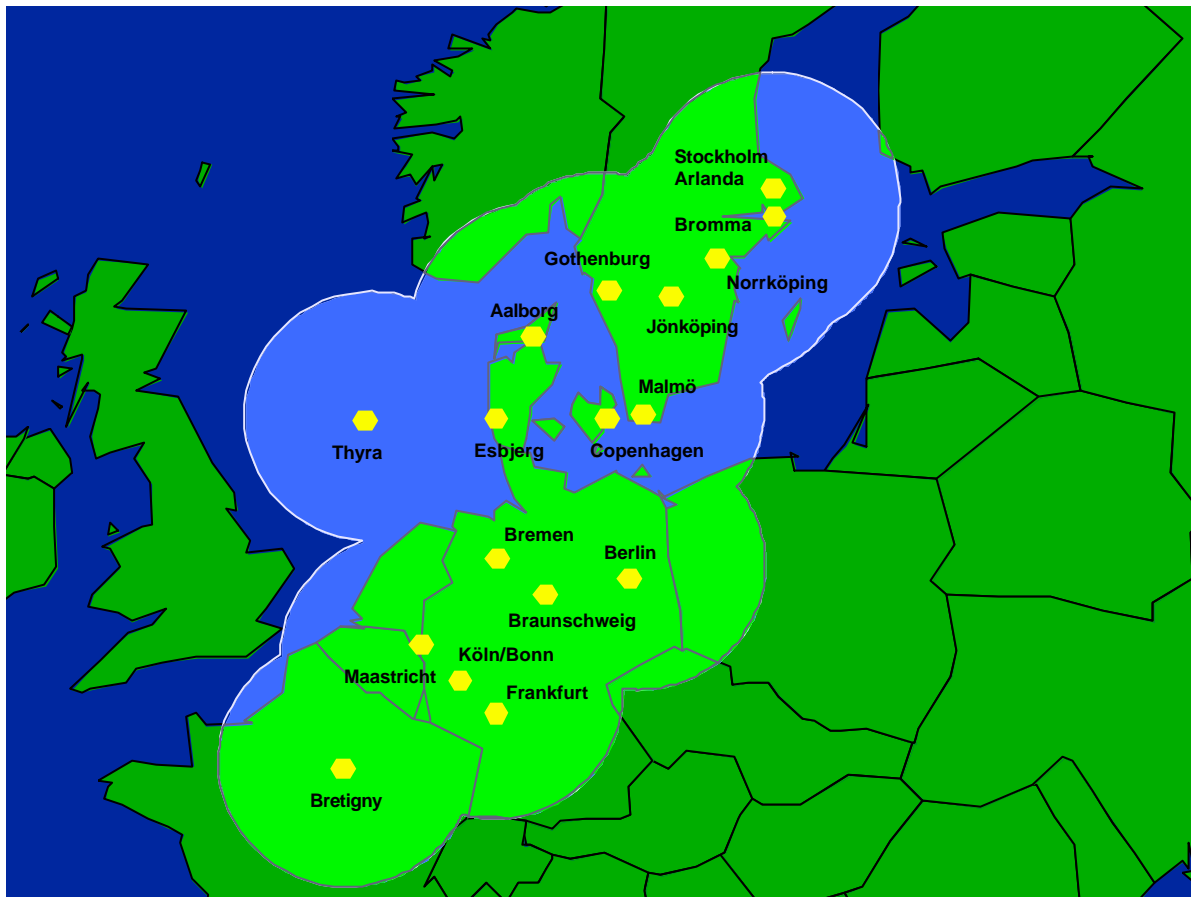


Abbildung 1: NEAN-Versorgungsgebiet

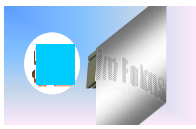
Für die Entwicklung und Demonstration neuer Technologien zur Luftraum-Überwachung und zur Datenkommunikation wurde im Januar 1996 das Projekt NEAN gestartet. Ziel des Projekts ist der Aufbau und die Erprobung eines Boden-Netzwerks mit STDMA-Basisstationen in Deutschland, Schweden und Dänemark.

Heute, 2 ½ Jahre nach Projektstart, ist der Aufbau des Experimental-Netzwerks abgeschlossen. Die Erprobungsphase, die nun begonnen hat, soll Erkenntnisse über die Einsatzmöglichkeiten der neuen Technologie bringen.

Parallel hierzu ist das Experimental-System Basis für Projekte, die auf der NEAN-Infra-

struktur aufbauend weitere Anwendungsmöglichkeiten für diese Technologie untersuchen.

Dieser Artikel soll als Einführung die neue Technologie und die damit verbundenen Projekte vorstellen. Gleichzeitig soll er Anfang einer Serie von Artikeln sein, die sich mit den Themen ADS-B, STDMA und den damit verbundenen Projekten beschäftigen.



ADS-B · Automatic Dependent Surveillance - Broadcast

ADS-B stellt ein neues Konzept zur Überwachung des Luftraums dar. Flugzeuge übertragen ihre aktuelle Position, die in der Regel durch ein satellitengestütztes Positionsbestimmungssystem (GNSS) bestimmt wird, über einen Datenübertragungskanal. Diese Positionsmeldungen werden sowohl von anderen Flugzeugen, die sich in der Nähe befinden, als auch von Bodenstationen empfangen. Die von anderen Flugzeugen empfangenen Positionsmeldungen können auf einem Anzeigegerät im Flugzeug dargestellt werden. Auf diesem Wege erhält jeder Teilnehmer einen Überblick über die Verkehrssituation in seiner Umgebung.

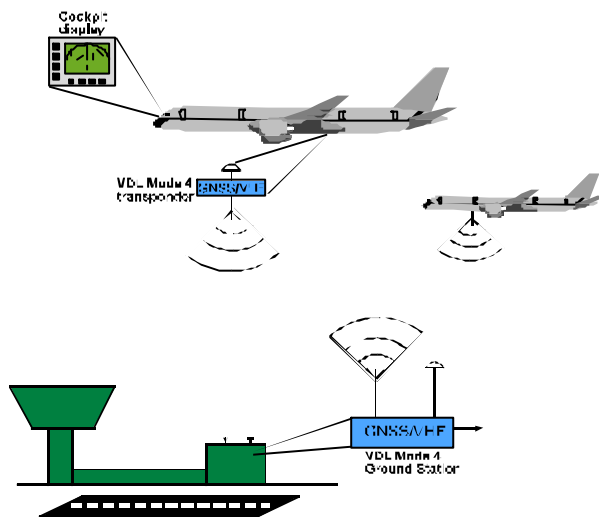


Abbildung 2: Verbreitung von Positionsmeldungen an alle Teilnehmer (ADS-B)

Neben Positionsmeldungen können weitere Daten, zum Beispiel das Rufzeichen des Flugzeuges, über den Übertragungskanal verbreitet werden (Datalink).

STDMA · Self Organizing Time Division Multiple Access

Mit Hilfe des STDMA-Kanalzugriffsverfahrens soll ein Datenübertragungskanal zur Übertragung von ADS-B und weiteren Daten eingerichtet werden.

STDMA ist eine Erweiterung des TDMA-Kanalzugriffsverfahrens (Time Division Multiple Access). Beim TDMA-Verfahren bekommt jeder Teilnehmer, der Daten auf dem Übertragungskanal senden möchte, von einer Master-Station (in der Regel einer Bodenstation) einen Zeitschlitz zugewiesen, in dem er seine Daten senden darf. Durch die feste Zuweisung von Zeitschlitzen wird eine Datenkollision mehrerer Teilnehmer verhindert. Das Verfahren setzt das Vorhandensein einer Master-Station voraus, die sich im Empfangs- und Sendebereich aller Teilnehmer befinden muß.

Beim STDMA-Zugriffsverfahren ist keine Master-Station nötig. Ein Teilnehmer, der Daten auf dem Übertragungskanal senden möchte, muß sich für die Übertragung einen Zeitschlitz reservieren. Dies geschieht durch Aussenden einer Reservierungsmeldung, die in einem Zeitschlitz gesendet wird, für die der Teilnehmer keine Reservierung einer anderen Station empfangen hat. Vor der Aussendung einer Reservierungsmeldung ist es aus diesem Grunde nötig, für einige Zeit in den Übertragungskanal „hineinzuhören“. Wurde ein Zeitschlitz reserviert, kann der Teilnehmer seine Daten in diesem Zeitschlitz aussenden. Im Anschluß an die Aussendung der Daten hat der Teilnehmer die Möglichkeit, im gleichen Zeitschlitz eine Reservierung für einen weiteren Zeitschlitz auszusenden. Dadurch wird sowohl eine ökonomische Nutzung der Zeitschlitz, als auch die schnelle Aussendung längerer Meldungen ermöglicht.

STDMA soll derzeit im AMCP (Aeronautical Mobile Communication Panel) als „VDL Mode 4“ (VHF Datalink Mode 4) standardisiert werden.



NEAN · North European ADS-B-Network

NEAN verbindet 15 STDMA-Bodenstationen in Deutschland, Dänemark und Schweden. In Deutschland sind 5 dieser Bodenstationen aufgebaut:

- Flughafen Frankfurt/Main
- Flughafen Berlin-Tempelhof
Flughafen Bremen
- Flughafen Köln/Bonn
- DLR Braunschweig

Die Bodenstationen sind über X.25-Verbindungen im PSN-Netz (packet switching network) der DFS miteinander verbunden. Über diese Netzwerkverbindungen werden die von den Bodenstationen empfangenen Daten zum „National Server“ nach Langen weitergeleitet. Dieser stellt die Daten aller Teilnehmer, die sich im Versorgungsgebiet von NEAN befinden, zur Verfügung.

Auch die NEAN-Partnerländern haben National Server installiert, in denen die Daten aus diesen Ländern konzentriert werden. Zwischen den National Servern bestehen Netzwerkverbindungen, um den Datenaustausch zu ermöglichen. Somit ist ein Zugriff auf die Daten im gesamten Versorgungsgebiet möglich.



Abbildung 4: Cockpit-Display MMI 5000

Sechs Flugzeuge vom Typ Boeing 747-200 der Lufthansa sowie zwei Metroliner der Fluggesellschaft OLT (Ostfriesischen Lufttransport GmbH, Emden) sind mit NEAN-Transpondern und Cockpit-Display ausgeres-

tattet. Darüberhinaus sind acht Fahrzeuge an den Flughäfen, sowie weitere Flugzeuge und Fahrzeuge in Schweden und Dänemark mit NEAN-Transponder ausgestattet.

Abbildung 4 zeigt das Cockpit-Displaysystem MMI 5000. Neben weiteren Informationen kann auf diesem System die Luftlage in der Umgebung des Flugzeugs dargestellt werden. Nach der Landung ist eine Rollwegführung mit

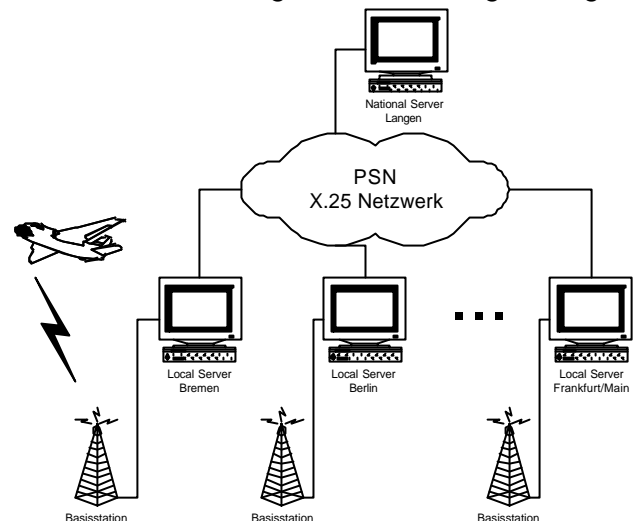


Abbildung 3: NEAN, Prinzipdarstellung

Darstellung der Flughafenkarte möglich. Diese Anwendungen beruhen auf der Aussendung von Positionsmeldungen (ADS-B).

Durch die Möglichkeit des Datalink zwischen Bodenstation und Flugzeug oder zwischen 2 Flugzeugen ergeben sich weitere Anwendungen. So wird das Displaysystem im Projekt NEAP zur Darstellung der ATIS-Meldung im Cockpit benutzt. Dazu später mehr.



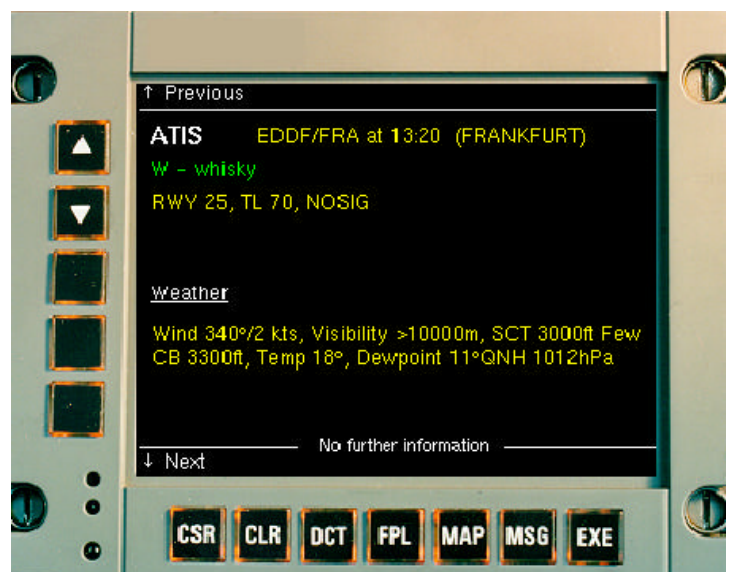
NEAP · North European CNS/ATM Application Project

Inhalt des Projektes NEAP ist die Entwicklung und Demonstration von Datalink- und ADS-B - Anwendungen, aufbauend auf der durch NEAN bereitgestellten Infrastruktur. Projektstart war September 1997, im Dezember 1998 wird das Projekt beendet sein. Die DFS untersucht innerhalb von NEAP 2 Anwendungen:

ATIS

Die ATIS-Meldung (Wettermeldung für Piloten) empfängt der Pilot zur Zeit über einen ATIS-Funkkanal als „gesprochene Meldung“, die er mittels Funkgerät abhören kann.

Diese ATIS-Meldung, die als Textmeldung vom Deutschen Wetterdienst (DWD) über das Wetter-Informationssystem (WIAS) übermittelt wird, soll unter Nutzung des NEAN Boden-Flugzeug-Datalinks zum Flugzeug übermittelt werden. Die empfangene ATIS-Meldung soll auf dem Cockpit-Display dargestellt werden. Der Pilot kann aus mehreren ATIS-Meldungen, die von den großen Verkehrsflughäfen übermittelt werden, am Cockpit-Display die benötigte auswählen.



Enhanced Surveillance

Über den von NEAN bereitgestellten Datalink werden verschiedene Flugzeug-Parameter, die vom Flugzeug-Bussystem (ARINC 429) abgenommen werden, als nicht-adressierte Meldung (broadcast) periodisch im Abstand von einigen Sekunden gesendet.

Die Daten können von den Systemen anderer Teilnehmer oder von Bodensystemen aufgenommen und dort weiterverarbeitet werden. Durch die zusätzlich zur Verfügung gestellten Daten ist unter Umständen eine Verbesserung der bestehenden Flugsicherungssysteme möglich.

Aircraft parameter
24 bit ICAO address
SSR Mode 3A
Magnetic Heading
Roll Angle
Flight Level (barometric)
Rate of Turn (Track Angle Rate)
Ground Speed
Wind speed
Wind direction true



Zukünftige Flugplandatenverarbeitung bei der DFS

Mitarbeit im Projekt *Very Advanced Flight Plan Data Processing Operational Requirements Implementation Project VAFORIT*

Thomas Bierwagen, SES

Was ist überhaupt das Projekt *VAFORIT*?

Die Konferenz der europäischen Verkehrsmi-
nister (*ECAC*) hat vor einiger Zeit beschlos-
sen, daß die Flugplandatenverarbeitung der
einzelnen Flugsicherungszentralen und die
Kommunikation im Flugplandatenbereich zwi-
schen den verschiedenen Flugsicherungs-
zentralen in Europa verbessert werden soll.
Dazu wurde der *ECAC Reference Level Very
Advanced (VA)* definiert. Dort ist vorgesehen,
daß neue Funktionalität sowohl im Bereich der
Datenverarbeitung und Präsentation als auch
der Kommunikation eingeführt wird. Die Ein-
führung dieser neuen Funktionalität soll bis
zum Dezember 2001 erfolgt sein.

Da die Flugplandatenverarbeitung der DFS im
neuen Betriebssystem P1 die Anforderungen
an diese Funktionalität nur zum Teil erfüllt,
muß hier ein Upgrade erfolgen. Damit ist die
Aufgabe des Projektes *VAFORIT* definiert: es
soll dieses Upgrade termingerecht in mindes-
tens einer Kontrollzentrale und danach suk-
zessive auch in allen weiteren Kontrollzentra-
len der DFS durchführen. Dabei sind im We-
sentlichen zunächst vier Funktionen zu nen-
nen, die eingeführt werden müssen:

- 4-dimensional Trajectory
- System Coordination (Sysco) Level I
- Conformance Monitoring
- Medium Term Conflict Alert

Die pure Flugplandatenverarbeitung ist aber
nur ein Teil der Aufgabenstellung. Denn die
beste, präziseste Datenverarbeitung hilft nicht
viel, wenn diese Daten – z.B. im Bereich des
Conformance Monitoring oder des Medium
Term Conflict Alert – nicht auch den Opera-
teuren, also den Fluglotsen zur Anzeige ge-
bracht werden. Daher hat das Projekt
VAFORIT auch die Aufgabe, die Präsentation
der Daten und die Interaktion mit dem System
neu zu gestalten. Dabei soll gleichzeitig eine
papierstreifenlose Kontrolle eingeführt wer-
den, wie sie in der Forschungswelt (z.B. bei

den Arbeiten zu *ODID* und *PHARE*) bereits
lange vorliegen.

Welche Aktivitäten entwickelt der Bereich Entwicklung und Erprobung zusammen mit dem Projekt *VAFORIT*?

Entsprechend der Aufgabenstellung unterteilt
sich das Projekt *VAFORIT* in zwei Hauptar-
beitsgebiete (siehe auch Abbildung 1):

- Evaluation des *VAFORIT* Prototypen
- Gestaltung eines neuen VA HMI (HMI
Pathfinding)

Die Evaluation des *VAFORIT* Prototypen fin-
det statt, sobald die zu beauftragende Firma
einen ersten Prototypen (exklusive einem
HMI) zur Verfügung stellen kann. Zu diesem
Zeitpunkt stellt der Bereich Entwicklung und
Erprobung die Infrastruktur zur Verfügung, um
einen Großteil der Flugsicherungswelt, mit der
ein derartiges Datenverarbeitungssystem in
Verbindung steht, zu simulieren. Dies sind
z.B. Verbindungen zu Flugplätzen (Integrierte
Tower Systeme), zur Centralized Flow Mana-
gement Unit (*CFMU*), zu benachbarten Kon-
trollzentralen, zu militärischen Dienststellen,
zum Wetterdienst oder zum Lage- und Infor-
mationszentrum der DFS (*LIZ*). So soll in
umfangreichen Simulationen der Prototyp
getestet werden. Verbesserungswünsche, die
sich aus diesen Tests ergeben, sollen doku-
mentiert werden und in die Entwicklung des
zweiten Prototypen einfließen. Dieser wird
nach Fertigstellung ebenfalls in der von SE
bereitgestellten Evaluierungsumgebung ge-
testet werden. Falls die Tests des zweiten
Prototypen erfolgreich verlaufen, soll dieser
dann mit dem aktuellen Release des P1-
Systems zusammengeführt und in einer Zent-
rale eingerüstet werden. Die Entscheidung, in
welcher Zentrale das erste *VAFORIT* System
stehen wird, ist dabei noch offen.

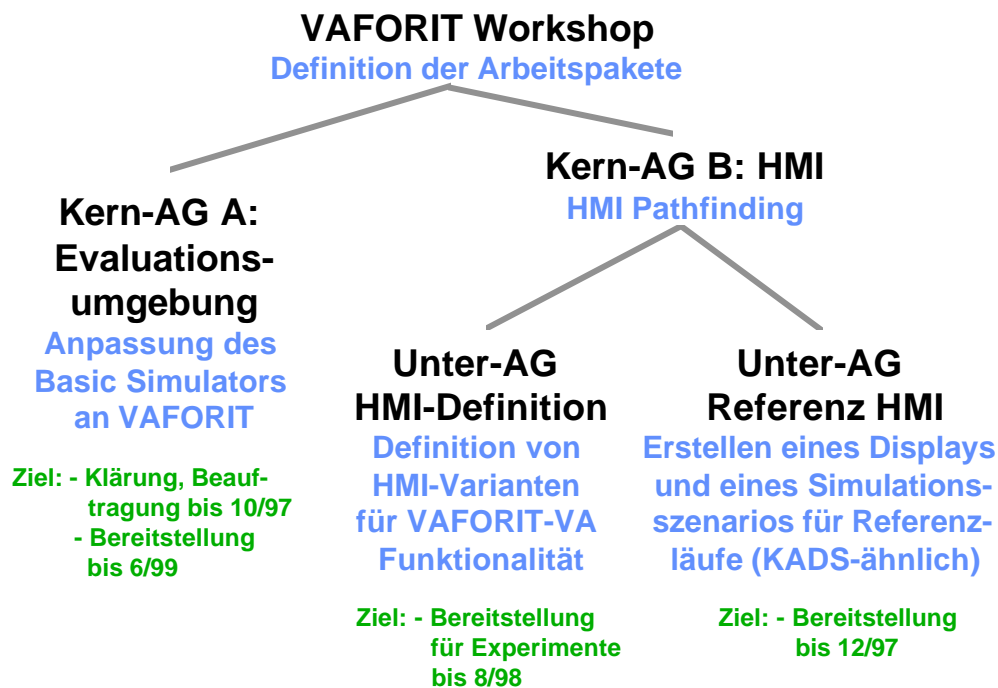


Abbildung 1: Struktur der VAFORIT Arbeiten bei SE

Für die Gestaltung eines neuen HMI wurde der Begriff des HMI Pathfinding eingeführt. Ziel dieses Pathfinding ist es, die Anforderungen an ein solches HMI frühzeitig – also vor Beauftragung – DFS-intern möglichst klar zu definieren und in Simulationen zu testen.

Dazu wurde die Kern-Arbeitsgruppe HMI Pathfinding gegründet. Sie hat die Aufgabe, das neue Mensch-Maschine-Interface (HMI) für das System *VAFORIT* unter operationellen Gesichtspunkten zu spezifizieren. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde ein mehrstufiger Prozeß definiert. Im Rahmen dieses Prozesses wurden zunächst die Anforderungen an ein solches HMI niedergelegt (vgl. Schrammek, 1997). Die weiteren Schritte sehen die Implementierung dieser Anforderungen in eine lauffähige Applikation innerhalb eines funktionstüchtigen Simulationssystems, umfangreiche Simulationen mit dieser Applikation zur Nutzereinbindung, Verfeinerung und Verbesserung der Applikation und die Verschriftung

der so verfeinerten Anforderungen an ein HMI vor. Als Resultat dieser Vorentwicklung eines HMI entstehen konsolidierte Anforderungen, die zur Beauftragung des HMI dienen sollen.

Wie weit sind wir?

Seit Mitte 1997 konnte ein guter Arbeitsfortschritt erzielt werden. Im Bereich der Evaluation des *VAFORIT* Prototypen konnte die Definition der Evaluierungsumgebung gemeinsam mit dem Projektteam von *VAFORIT* fertiggestellt werden (vgl. Schweer & Willenbockel, 1998). Die im Bereich Entwicklung und Erprobung notwendigen technischen Anpassungen sind inzwischen ebenfalls definiert und werden im Projekt *Advanced Function Simulator (AFS)* umgesetzt. Derzeit ist vorgesehen, die Arbeiten an der Evaluierungsumgebung bis Mitte 1999 abzuschließen. Der erste *VAFORIT* Prototyp ist für Juli 2000 avisiert.

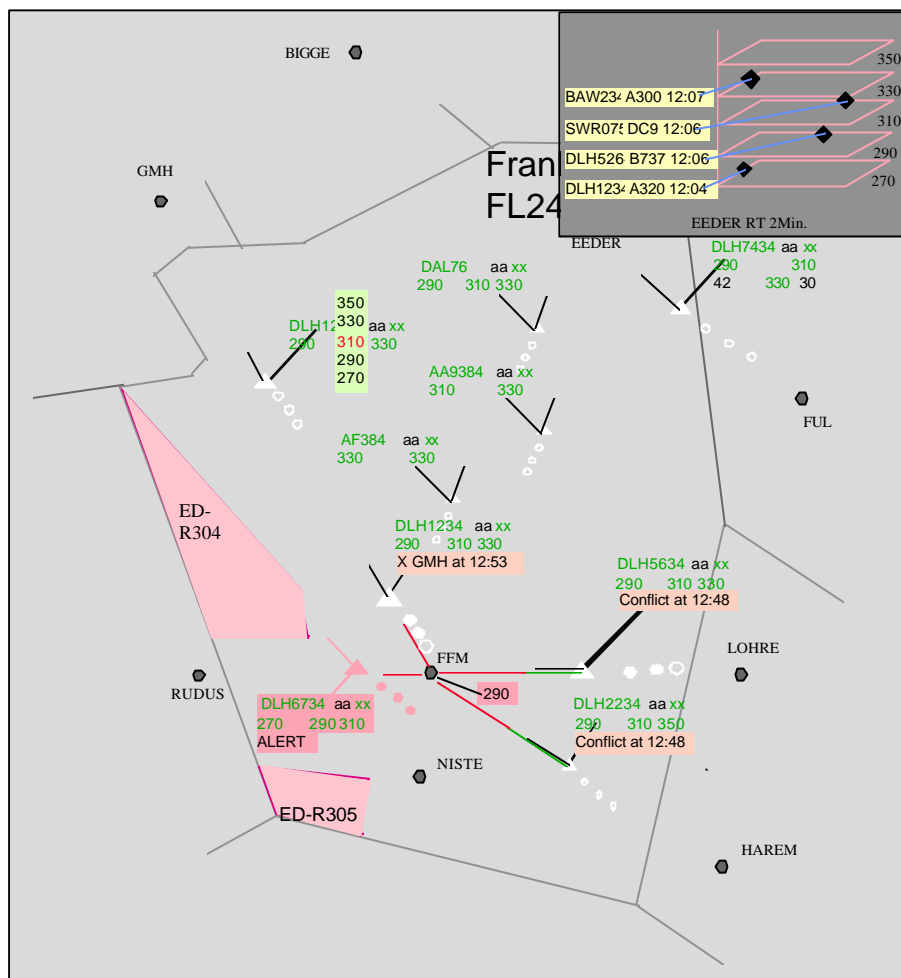
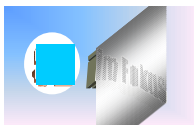


Abbildung 2: Beispiel eines zukünftigen papierstreifenlosen HMI (Schrammek, 1997)

Im Bereich der Gestaltung eines neuen VA HMI (HMI Pathfinding) sind die Anforderungen ebenfalls definiert (Schrammek, 1997). Als ein Beispiel für diese Anforderungen findet sich in Abbildung 2 eine Radarbildendarstellung, die prototypisch die im HMI enthaltenen Standardinformationen zusammenfaßt².

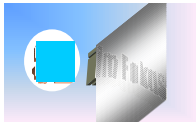
Derzeit wird ein lauffähiger und echtzeitfähiger Prototyp, der die Anforderungen erfüllt und in der Simulationsumgebung des Bereiches Entwicklung und Erprobung der DFS für umfangreiche Realzeitsimulationen eingesetzt

werden kann, in Abstimmung zwischen den beteiligten Bereichen realisiert. Der zu erstellende Prototyp wird als *Very Advanced Display Software (VADS Stufe 2)* bezeichnet. Bereits im Vorfeld wurde als Basis für diesen Prototypen ein HMI aufgebaut, das im Aussehen und in der Bedienung weitgehend dem *Karlsruhe Advanced Display System (VADS Stufe 1)* gleicht.

Wie geht es weiter?

Die skizzierten Arbeiten sowohl für die Evaluierungsumgebung als auch für das HMI Pathfinding schreiten derzeit voran. Erste Ergebnisse werden für Mitte des Jahres 1999 erwartet. Parallel dazu werden derzeit die Si-

² Diese Abbildung legt bewußt nicht Details wie Farbe, Schriftgröße, Schrifttyp etc. fest. Diese Festlegungen sollen während der Simulationen getroffen werden.



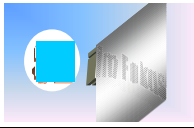
mulationen definiert, die im Frühsommer 1999 durchgeführt werden sollen.

Nach Abschluß des HMI Pathfinding werden möglicherweise weitergehende HMI Arbeiten definiert, da Aspekte wie Approach-Funktionalität oder Datalink bisher ausgeklammert bleiben.

Für das Programm *Joint Air Navigation Experiments (JANE)* und das Projekt *An ATM Validation Environment for Use Towards EATMS (AVENUE)* wird darüber hinaus versucht, die hier dargestellten Arbeiten im Rahmen des Projektes *VAFORIT* auch für *JANE* und *AVENUE* nutzbar zu machen, um den Aufwand gering zu halten. Damit würde die gesamte Infrastruktur des Bereiches Entwicklung und Erprobung der DFS zukunftsweisend vernetzt und zum Einsatz gebracht.

Literatur

- [1] Schrammek, K. (1997): *HMI Simulation – Description of the Simulation Requirements*. Offenbach/M.: DFS.
- [2] Schweer, Th. & Willenbockel, C. (1998): *VAFORIT Evolutionary Prototyping - Evaluation Environment Functional Requirements*. Version 1.3. Offenbach/M.: DFS.



Bericht vom Internationalen Wirbelschleppen Meeting in Ottawa

Jens Konopka, Ralph Rudolph, SEK

Vor gut einem Jahr fand in Ottawa eine internationale Konferenz zur Wirbelschleppenproblematik statt. Die DFS war durch Ralph Rudolph und Jens Konopka, beide aus dem Bereich Entwicklung und Erprobung sowie Hans-Peter Schmid vom Regionalbüro Mitte vertreten.

Die Tagung liegt nun zwar schon eine gewisse Zeit zurück, allerdings sind die meisten der dort vorgestellten Resultate auch heute noch gültig. Insbesondere wurde uns im Verlauf dieses Jahres in einer Reihe von Gesprächen mit Kollegen aus dem Ausland immer wieder bestätigt, daß die Wirbelschleppen-Aktivitäten der DFS international große Anerkennung finden und das WSWS als eines der fortgeschrittensten Systeme seiner Art erachtet wird.

Die Konferenz befaßte sich mit allen relevanten operationellen, wissenschaftlichen und technologischen Aspekten von Wirbelschleppen (engl. Wake Vortices, WV). Nach den obligatorischen Begrüßungen legte Syd Rennick, das WV-Problem aus der Sicht des Gastgebers Transport Canada dar. Er strich die Notwendigkeit eines einfachen Lotsenunterstützungssystems für die Staffelung hervor. Allerdings müsse auch geklärt werden, welche Reaktion eines nachfolgenden Flugzeugs auf eine Wirbelschleppe gerade noch so toleriert werden könne. In dieser Frage ist aber wohl mittelfristig keine Einigung auf breiter Basis zu erzielen, zumal diese Tolerierbarkeit wissenschaftlich derzeit nicht zu fassen ist.

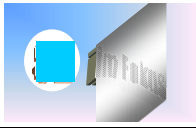
In den weiteren Vorträgen des ersten Tages standen operationelle und organisatorische Fragestellungen im Vordergrund. Als Anforderungen, die an ein System zur modifizierten Wirbelschleppen-Staffelung gestellt werden müssen, wurden herausgearbeitet: 1.) es muß ein zertifizierbares System für die operationelle Nutzung sein, 2.) die Sicherheit muß mindestens den derzeitigen Standards ent-

sprechen, 3.) es dürfen keine zusätzlichen Pilotenfertigkeiten oder Luftfahrzeugequipment erforderlich sein und schließlich soll 4.) eine Kapazitätssteigerung bei IMC erzielt werden, ohne daß damit eine Reduktion der Kapazität bei VMC einhergeht.

Von der Methodik her sind die verschiedenen WV-Systeme ähnlich: Ba-sierend auf meteorologischen Daten und evtl. die Verfolgung der WV wird eine Vorhersage über die WV-Dynamik gemacht, sowohl für den WV-Transport als auch für den WV-Zerfall. Daraus wird eine Prognose über die Nichtgefährdung bestimmter Sicherheitszonen abgeleitet.

An exponierter Stelle, als dritter Redner des Meetings, präsentierte Ralph Rudolph das Wirbelschleppen-Warnsystem, WSWS, der DFS. Der Vortrag stieß auf das einhellige Interesse der versammelten Zuhörerschaft, vor allem auch deshalb, weil das deutsche Wirbelschleppen-Projekt, was die operationellen Gesichtspunkte anbelangt, im internationalen Vergleich das am weitesten entwickelte Vorhaben ist.

Brad Perry stellte das NASA-Forschungsprogramm AVOSS (= Aircraft Vortex Spacing System) vor, das dynamische Staffelungskriterien zur Verfügung stellen und in 2000 als Demonstrationsmodell fertiggestellt sein soll. AVOSS greift auf die gesamte Bandbreite an Meßsensorik zurück und umfaßt nicht nur die Vorhersage der Nichtgefährdung von Start- und Landebahnen sondern auch die zeitliche und räumliche Verfolgung von Wirbelschleppen (Tracking) und die Aufzeichnung der Wirbelstärken. Perry hob jedoch auch hervor, daß Wirbelschleppen nur ein kapazitätsrelevanter Aspekt seien, daneben führten vor allem ungenaues Flugmanagement, Bahnbelegung und eine ungenaue Entfernungsmessung zu Kapazitätsbeschränkungen.



Als drittes System stellte schließlich Alexandre Corjon das französische SYAGE Projekt vor. Dieses System zur Windvorhersage am Flughafen Toulouse konzentriert sich derzeit noch auf die Situation bei Starts soll aber auch auf Landungen ausgedehnt werden.

George Greene (FAA) hob wie seine Vorredner hervor, daß die Vielzahl der Forschungsergebnisse baldmöglichst in operationell nutzbare Lösungen umgesetzt werden müssen; WV seien ein operationelles aber kein technisches Problem. Greene sagte aber auch, daß ein Wechsel der Separationsstandards auf der Grundlage von Daten erfolgen müsse. Die vorliegenden Daten seien jedoch nicht eindeutig, worauf wahrscheinlich auch die Schwierigkeiten bei der Definition einer Gefährdung beruhen.

Jim Vasatka (Boeing) berichtete über ein Government/Industry Team, das sich mit dem Wirbelschleppenproblem befaßt. Wie auch eine Reihe weiterer Redner betonte er, daß die Komplexität der Thematik eine internationale Kooperation erfordert. Zugleich bemängelte Vasatka den Rückzug der FAA aus den WV-Aktivitäten.

Als Vertreter einer Flughafenbetreibergesellschaft präsentierte Jim Crites die WV-Aktivitäten auf dem Dallas Fort Worth International Airport. Ähnlich wie bei dem DFS-Projekt in Frankfurt wird das WV-Problem nicht isoliert betrachtet. Neben AVOSS sind drei weitere Systeme auf DFW aufgebaut, um die Kapazität des Flughafens und die Genauigkeit, mit der der Verkehr abgewickelt wird, zu erhöhen. Dazu gehören CTAS/FAST als Tools zur Unterstützung der Lotsen zum Festlegen der Reihenfolge im Endanflug, das Integrated Terminal Weather System u.a. zur Detektion von Windscherungen, das AVOSS zur Festlegung der Staffelungsabstände und das Terminal Area Productivity System (TAPS), das die Nutzbarkeit der Landebahnen und Rollwege auch bei geringen Staffelungsabständen und bei schlechten Sichtbedingungen gewährleisten soll.

Abschließend erläuterte Vernon Rossow von NASA Ames, wie mit dem Global Positioning System (GPS) ein hochgenaues Abfliegen vorgegebener Trajektorien ermöglicht wird und sich damit optimale Bahnkorridore vor

allem aber auch gekrümmte Anflüge maßschneidern lassen. Als Nebeneffekt ließen sich äußerst präzise Windgeschwindigkeiten vermessen.

Der zweite Tag der Konferenz war mehr den Wissenschaftlern vorbehalten und umfaßte im wesentlichen Studien und Modelle zur Wirbelschleppendynamik. Leider muß man konstatieren, daß der wissenschaftliche Kenntnisstand nicht eindeutig ist. Es gibt keine allgemein anerkannte Wirbelschleppentheorie „derived from first principles“. Das Spektrum an Modellen, die zur theoretischen Beschreibung von WV herangezogen werden, reicht von relativ einfachen phänomenologischen Modellen bis hin zu numerisch aufwendigen 3D-Höchstleistungssimulationen. Die Bedingungen, unter denen die diversen Rechnungen vorgenommen wurden, unterscheiden sich zum Teil stark und sind daher nur eingeschränkt vergleichbar. Aus Sicht der DFS ist dies zwar nicht befriedigend, betrifft aber das WSWS nicht direkt, da hier die Wirbelschleppendynamik auf rein empirischen Untersuchungen und Windmessungen basiert und damit implizit alle für Frankfurt relevanten Aspekte berücksichtigt.

Eine interessante Entwicklung zeichnet sich jedoch beim Problem der nicht-sinkenden Wirbelschleppen ab. Aufsteigende bzw. auf gleicher Höhe verbleibende WV im Gleitpfad stellen derzeit das wesentliche Hindernis vor einer operationellen Nutzung des WSWS dar. Auf dem Meeting sind übereinstimmend drei meteorologische Bedingungen identifiziert worden, die das Sinken der Wirbelschleppen verhindern können: Starke Schwerwinde, die Struktur des sog. Boundary Layer und konvektive Wetterlagen.

Sergei, Andrei und Alexandre Berlotserkovsky stellten ihr Vortex Forecast System vor, das sie in Zusammenarbeit mit Transport Canada realisiert haben. Ähnlich wie das DFS-WSWS macht das VFS eine Vorhersage, ob und wo auf einem bestimmten Start/Landebahnsystem eine Gefährdung durch Wirbelschleppen eines vorausfliegenden Flugzeugs auftritt. Unter operationellen Gesichtspunkten erscheint der prognostizierte Kapazitätsgewinn von 25% Prozent allerdings als zu optimistisch. Daneben haben



diese Wissenschaftler eine Reihe von Simulationen von tatsächlich stattgefundenen und hypothetischen Unfällen verursacht durch WV durchgeführt und anschaulich visualisiert.

Fred Proctor von NASA Langley unterstrich die Rolle des Boundary Layers für aufsteigende Wirbelschleppen, zumal hier starke tageszeitliche Schwankungen zu beobachten sind. Er quantifizierte die Untergrenze von Scherwindgeschwindigkeiten, ab der aufsteigende B-747 Wirbelschleppen zu erwarten sind, mit 3-4 m/s. Proctor zeigte, daß Luv- bzw. Lee-Wirbel abhängig von der Krümmung des Windprofils $u(z)$ aufsteigen. Allerdings deuten seine 3D-LES Rechnungen (Large Eddy Simulations) darauf hin, daß Wirbel u.U. einen anderen Zerfallsmechanismus besitzen als bisher angenommen.

Der Vortrag von Alexandre Corjon (CERFACS) beschäftigte sich ebenfalls mit dem Zerfall von Wirbelschleppen, wobei der Einfluß von Turbulenz effektiv mittels ringförmiger Wirbel um den Primärwirbel simuliert wird. Der Zerfall eines Einzelwirbel geht hierbei wesentlich langsamer vonstatten als der realistischere (Zer)Fall eines Wirbelpaares. Corjon berichtete außerdem über das European Wake Net, an dem eine ganze Reihe renommierter Forschungsinstitute partizipieren.

Thomas Gerz (DLR, Oberpfaffenhofen) demonstrierte anhand von Messungen mit Forschungsflugzeugen, wie ungenau die meteorologische Standardinstrumentierung der Luftfahrzeuge arbeitet. Mithin ist es fraglich, ob der Datenlink vom Flugzeug zum WSWS tatsächlich zu einer signifikanten Verbesserung der Datenlage führt. Das DLR hat ein eigenständiges WV-Projekt begonnen, es umfaßt Simulationen von Wirbelschleppen, das Nowcasting des Wetters und das Tracking der WV mittels eines Lidar. In seiner äußerst interessanten Präsentation erläuterte Gerz, daß die NO-Konzentration im Wirbelkern maximal ist, woraus sich evtl. ein neuer, alternativer Ansatz zur Messung von Wirbeln ergibt.

Gregoire Winckelmans präsentierte ein weiteres Modell zur Beschreibung der Wirbeldynamik. Er kritisierte die Methode der Spiegelwirbel zur Modellierung des Bodeneffektes. Als

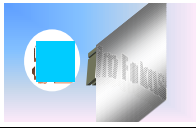
Alternative Beschreibung dissipativer Prozesse implementierte er in seinem ComputermodeLL einen Austausch von Wirbelstärke zwischen zwei benachbarten bzw. überlappenden Wirbeln. Die maßgebliche Viskosität, kann orts- und zeitabhängig gewählt werden. Dabei zeigt sich, daß der Wirbelzerfall stark von der Viskosität abhängt. Winckelmans erklärte ähnlich wie Proctor, daß Querwinde nicht nur die laterale Bewegung des Wirbels sondern auch seine vertikale Dynamik sowie seinen Zerfall beeinflussen, und zwar für Luv- und Leewirbel in unterschiedlicher Weise.

Jim Hallock vom DOT Volpe Centre referierte über die wohl umfangreichste Wirbelschleppen-Datensammlung weltweit. Dabei wurde deutlich, daß 85-90% aller Unfälle verursacht durch WV bei Landungen passieren. Auf Grundlage von über 100.000 Starts und Landungen berechnete er die Verweilwahrscheinlichkeit von Wirbeln im Sicherheitskorridor einer Bahn. Nach 80 s beträgt sie noch 6-7% bei Landungen und ca. 10% bei Starts. Empirisch kristallisierte sich ein gaußförmiges Verhalten für die Verweilwahrscheinlichkeit und Verlagerungslänge heraus.

Der dritte und letzte Tag der Konferenz drehte sich schließlich um den Themenkreis Wetter-sensorik und Vorhersage.

David Burnham von Scientific & Engineering Solutions analysierte die Leistungsparameter von bodengestützten WV-Sensoren. Dabei schnitt der gepulste Lidar am besten ab, obgleich dieses System sich noch im Forschungsstadium befindet und nicht unbemannt betrieben werden kann. Die räumliche Überdeckung, die Ortsauflösung und die Qualität der gemessenen Geschwindigkeitsprofile sprechen deutlich für diese Technologie. Zudem besteht auch die Hoffnung, daß in Bälde auch unbemannt arbeitende Lidars seitens der Industrie angeboten werden können.

Rick Heinrichs vom MIT berichtete über einen Wirbelschleppendatensatz, bei dem Wirbeldynamik und -zerfall mit den vorherrschenden meteorologischen Parametern korreliert wurden. Die vermessenen Wirbel wurden aktiv mit einem 20 W CO₂-Laser verfolgt. Für den operationellen Betrieb reicht die Genauigkeit des Instruments mit einer Wirbel-detektionswahrscheinlichkeit von max. 90% und einer



Versagenswahrscheinlichkeit beim Tracking von bis zu 40% derzeit allerdings nicht aus.

Tim Dasey, ebenfalls MIT, stellte ein ehrgeiziges Programm zur Vorhersage des Horizontalwindprofils über einen langen Zeitraum 0.5-3 Stunden und mit einer hohen vertikalen Auflösung vor. Das System soll helfen, vor abrupten Windänderungen zu warnen, wie sie besonders bei Dämmerung auftreten können. Auch hier kann leider noch keine definitive Aussage zur operationellen Verwendung gemacht werden, da derzeit verschiedene Sensoren noch variierende Winddaten liefern.

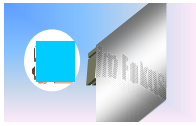
Julie Turner vom UK Meteorological Office erläuterte das von Europäischen Kommission (DG XIII – Telematik) finanzierte Incident Reporting System ETWIRL. Es konzentriert sich auf europäische Flughäfen mit absehbaren Kapazitätsproblemen und dient dem Aufbau einer fundierteren Datenbasis von Vorfällen, die auf WV zurückzuführen sind. Dabei sollen Informationen sowohl über die äußeren (Wetter)bedingungen aber auch die Stafflungsabstände aufgezeichnet werden. Leider konnte Turner keinen überzeugenden Nachweis zur Wahrung der Vertraulichkeit der Daten erbringen, so daß eine Beteiligung von deutscher Seite kurzfristig nicht zu realisieren ist.

Ein weiteres Windvorhersageprojekt, COBEL, wurde von Peter Zwack von der Universität Quebec vorgestellt. Dabei wird eine 6-Stunden Vorhersage des Windes und der Turbulenten Kinetischen Energie (TKE) in einer 3 km hohen Luftsäule gemacht. Zwack konnte überzeugend darlegen, daß die 1-Stunden Vorhersage der Entwicklung des Boundary Layers auch bis in solche Höhen gelingt, deren Winddaten nicht in die Vorher-

sage miteingehen. Ferner unterzog er die Datenaufnahme einer kritischen Analyse: Aufgenommen werden sollten möglichst nur solche Daten, die zu einer guten Vorhersagekraft führen, aber mit möglichst geringen Kosten zu bekommen sind.

Ed Spitzer stellte schließlich SOCRATES (= Sensor for Optically Characterizing Ring Eddy Atmospheric Turbulence Emanating Sound) vor. Dieses ebenfalls auf Lasertechnologie basierende neuartige Sensorsystem mißt die Variabilität des Brechungsindex der Luft und kann daraus die von WV ausgehenden Schallwellen deduzieren. Ein Testaufbau ist bereits auf JFK installiert und wird im April kommenden Jahres die ersten Ergebnisse liefern.

Wirbelschleppen stellen ein Problem dar, das an allen größeren Flughäfen von Bedeutung ist. Dies gilt vor allem vor dem Hintergrund einer rasant wachsenden Nachfrage nach zusätzlichen Kapazitäten. Das Wirbelschleppen-Warnsystem der DFS braucht den internationalen Vergleich nicht zu scheuen. In vielen Aspekten ist es Vorreiter. So ist es weltweit das einzige System, für das eine Risikostudie durchgeführt wurde und das alle Komponenten beinhaltet, die für eine operationelle Nutzung notwendig sind.



Impressum:

Herausgeber: Bereich Entwicklung und Erprobung, SE
DFS Deutsche Flugsicherung GmbH

Redaktion: Thomas Bierwagen,
Dr. Jens Konopka,
Oliver Reitenbach

SE im Fokus erscheint vierteljährlich.



Aus: Sidney Harris
„Wenn Einstein recht hat“,
Birkhäuser, Berlin 1997