



2/00

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



DFS Deutsche Flugsicherung

Inhalt

Dr. Matthias Poppe, SEI

**Vorschlag zu einer integrierten Validierungsplattform für ein
„Layered Planning“ oder
Warum TORCH mehr Fragen aufgeworfen als beantwortet hat** 2

Dr. Thomas Bierwagen / Jürgen Vielhauer, SES

**Integration von Spracherkennung in die Mensch-Maschine-Interaktion am
Fluglotsenarbeitsplatz** 6

Wolfgang Wissler, SES / Stefan Stanzel, SET

AVENUE: Sprachkopplung Langen – Bretigny realisiert 15

Carmen Geißler, SEP

Advanced Function Simulator – Das neue Piloteninterface 16

Impressum 19

Vorschlag zu einer integrierten Validierungsplattform für ein „Layered Planning“

Warum TORCH mehr Fragen aufgeworfen als beantwortet hat

Dr. Matthias Poppe, SEI

Das Ziel des EU-Projektes TORCH¹ ist die Definition und erste Bewertung eines Air Traffic Management (ATM) Konzeptes, das in Europa ab ca. 2005 implementierbar ist. Der vorliegende Konzeptvorschlag [1] stellt das Layered Planning als wesentlichen Optimierungsansatz in Bezug auf Reduzierung von Verspätungen und Nutzung bzw. Schaffung von ATM-Kapazitäten in den Vordergrund. Der Vorschlag beruht auf Ideen aus dem EUROCONTROL Operational Concept Document [2] und dem CATMAC Konzept [3] der BFS.

Was ist denn Layered Planning ?

Ziel des Layered Planning ist eine Reduzierung der Verkehrskomplexität in dem zu kontrollierenden Luftraum (nennen wir diesen der Einfachheit halber Sektor). Bei einer geringeren Komplexität soll es der verantwortlichen Person (nennen wir diesen Radarlotsen) ermöglicht werden, eine höhere Anzahl von Luftfahrzeugen pro Zeiteinheit sicher durch den Sektor zu führen.

Die Stufen des Layered Planning sind in Abbildung 1 dargestellt. Im prätaktischen Bereich (ca. 2 bis 1 Tag vor dem Flugereignis) erfolgt ein zentrales Air Traffic Flow Management (ATFM), welches auf den Daten und Algorithmen der Central Flow Management Unit (CFMU) beruht. TORCH schlägt hier Verbesserungen insbesondere der Eingangsdaten vor, z.B. sollten Flugpläne genauere Profile oder auch Präferenzen der Aircraft Operator (AO) enthalten. Auf der Kapazitätsseite sollte nicht mehr mit starren Sektorka-

pazitäten (declared sector capacity = vom Wachleiter festgelegter Eckwert nach persönlicher Einschätzung), sondern mit variablen Bandbreiten, bezogen auf ein Center, gearbeitet werden. Ausgangsgröße ist der Daily Operational Plan (DOP), der für den nächsten Tag alle ATM-relevanten Informationen enthält.

Im taktischen Bereich (einige Stunden vor dem Flugereignis) wird auf Grundlage des DOP und der kurzfristigen „Störgrößen“ wie z.B. General Aviation Flüge eine Centerplanung durchgeführt, die die für diesen Verkehrsfluss optimale Sektor- bzw. Multisektorkonfiguration aus einer Reihe möglicher Konfigurationen heraus ermittelt.

Diese Sektorisierung und die Verkehrsflüsse sind die Eingangsgrößen für die (Multi-) Sektorplanung (MSP), die gemäß der gewählten Option für den MSP eine Feinoptimierung vornimmt.

Die letzte Planungsstufe umfasst den Bereich wenige Minuten vor dem Flug- oder Konflikt ereignis. Hier wird keine weitere Optimierung vorgenommen, sondern es wird primär die Staffe lung sichergestellt. Jede dieser Planungsstufen erlaubt eine Rückmeldung an die nächsthöhere Stufe, um durch dieses „Performance Monitoring“ im Sinne eines lokalen Regelkreises weitere Optimierung der Strategie zu ermöglichen.

Welche Werkzeuge benötige ich dazu ?

Alle Planungsstufen benötigen Werkzeuge zur Aufbereitung und Entscheidungsunterstützung für den Verantwortlichen. Abbildung 2 zeigt die benötigten Systeme, eingebettet in den zeitlichen Planungshorizont auf der vertikalen Achse und den geographischen Wirkungshorizont auf der horizontalen Achse.

Für die Centerplanung werden ein Traffic Load Analyser (TLA) und ein Workload Predictor (WLP) gebraucht, um im Zeitbereich von mindestens 2 Stunden vor dem Flugereignis Aussagen in Bezug auf Verkehrsflüsse, Sektorisierung und die damit verbundene Komplexität des Verkehrs bzw. Arbeitsbelastung zu treffen.

¹ Technical, EcOnomical and OpeRational Assessment of an ATM Concept AchIEvable from the Year 2005: Task des 4. Rahmenprogramms, Projektdauer Januar 1999 bis Oktober 2000, Projektleitung SEI, Matrixarbeit FPE, FNO und FDC; FNO Zeitstelle mit Towerlotsen Berlin besetzt (Raimund Weidemann). Projektkoordinator war ISDEFE, Hauptpartner AENA, EEC, DFS und AIRSYS ATM.

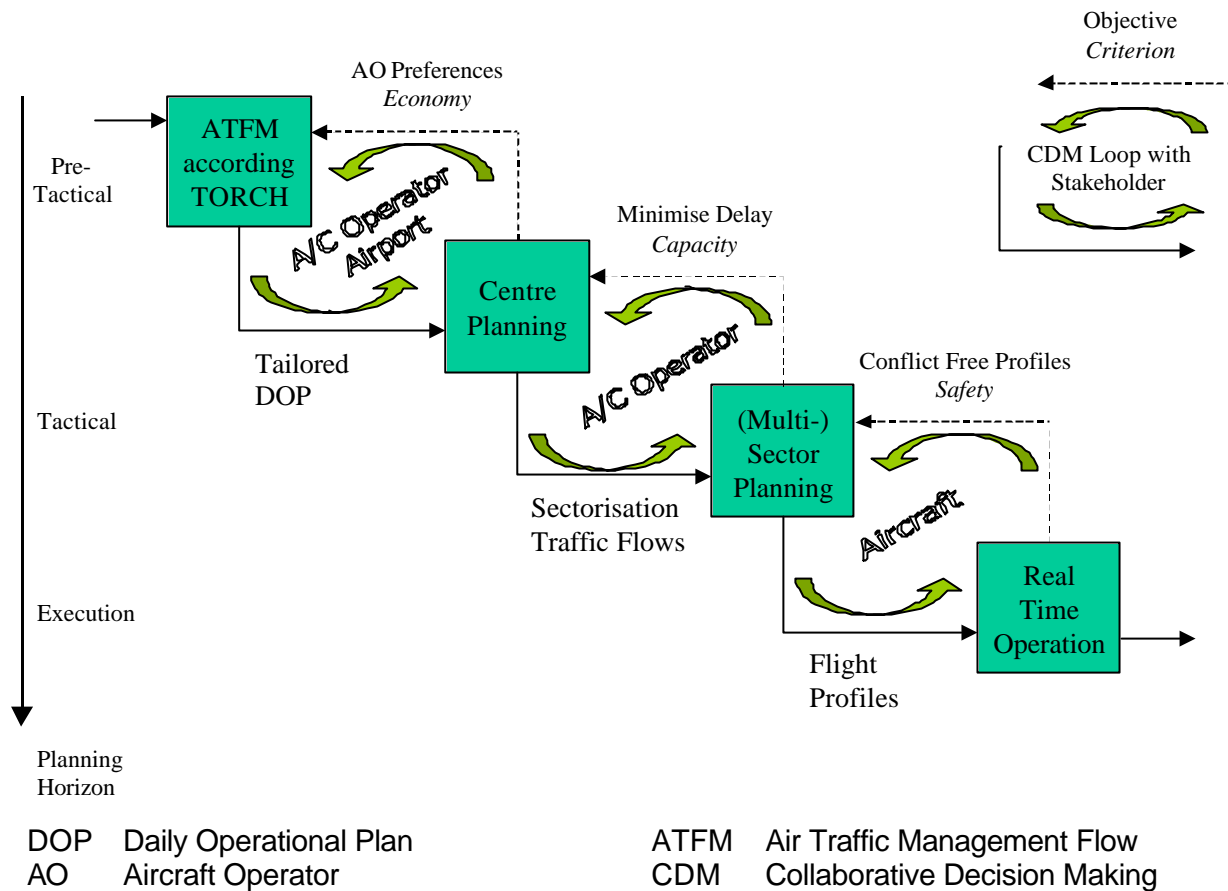


Abbildung 1: Kaskadenmodell Layered Planning

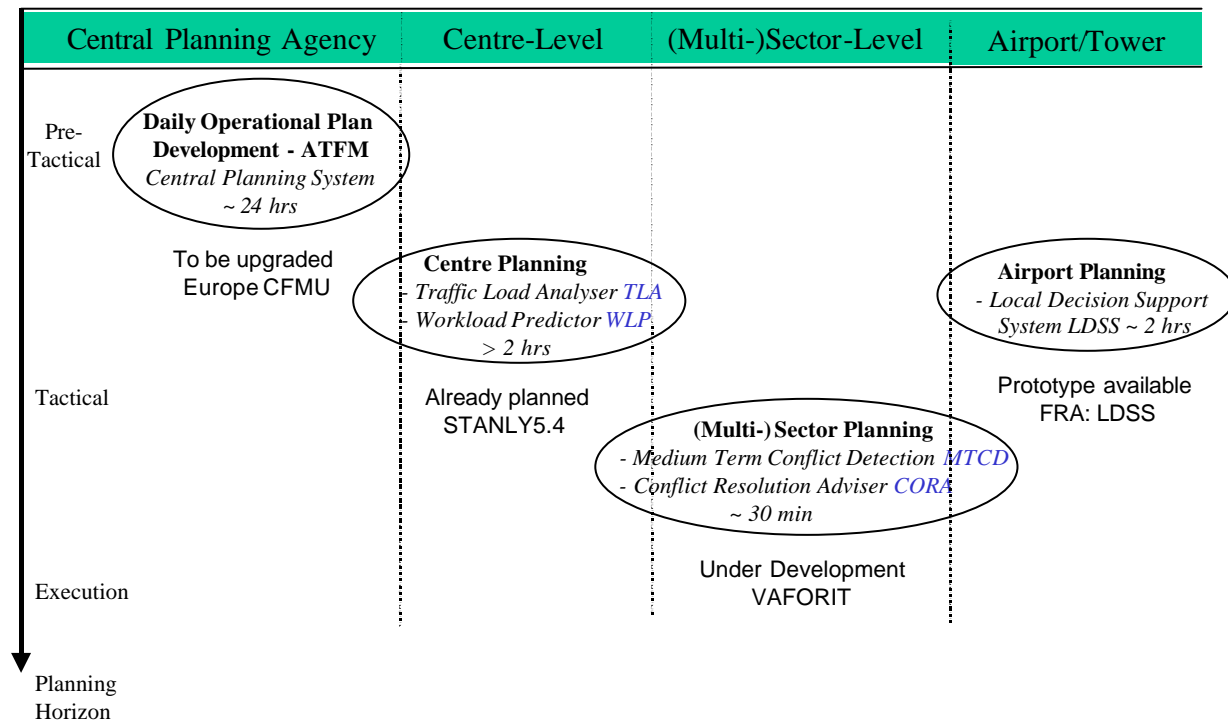


Abbildung 2: Werkzeuge Layered Planning

Für die kurzfristige Sektorplanung im Zeitbereich von ca. 30 Minuten werden ein Medium Term Conflict Detection (MTCD) Tool und ein Conflict Resolution Adviser (CORA) die Planungslotsen bzw. den Radarlotsen unterstützen. Im Flughafen- und Towerbereich sind Systeme wie das Local Decision Support System für Frankfurt als gemeinsame Daten- und Planungsgrundlage erforderlich.

Interessant ist, dass alle Werkzeuge entweder schon als Prototyp verfügbar, in der Entwicklung oder konkret in den DFS-Planungen für operative Systeme sind. Wie aber sollen diese Systeme zusammenarbeiten? Gibt es schon ein integriertes Nutzungskonzept? Oder ein Validierungskonzept? Und die dafür notwendige Validierungsplattform?

Vorschlag einer integrierten Validierungsplattform

Ein Vorschlag einer Validierungsplattform für das Layered Planning ist in Abbildung 3 dargestellt. Eine Kombination verschiedener Simulations- oder Modellierungstools konstituiert die Plattform. Der Output einer Stufe ist gleichzeitig Input für

die nächste Stufe, wobei externe Eingangsgrößen im Sinne von „Störgrößen“ interferieren. In ein ATFM-Modell gemäß den in TORCH spezifizierten Funktionen gehen sowohl die Anforderungen (Flugpläne mit Präferenzen), Kapazitäten (z.B. Bandbreiten für Center) und sonstige Randbedingungen (z.B. Lufträume, Wetter) ein. Ausgangsgröße ist ein detaillierter Plan (Daily Operational Plan DOP), der zusammen mit externen nicht geplanten Ereignissen (z.B. General Aviation Flüge) als Input für das Center-Planning Modell dient. Dort wird mit dem Traffic Load Analyser und Workload Predictor die für diesen DOP optimale Sektor- und Luftraumstruktur ausgewählt. Diese dient zusammen mit den Verkehrsströmen als Eingangsgröße für die (Multi-) Sektorplanung mit dem MTCD. Jetzt befinden wir uns auf einem Realzeitsimulator, wobei in der letzten Stufe der Validierung der Verkehr durch den Luftraum geleitet wird. Unterstützendes (Planungs-) Werkzeug ist das CORA.

Mehr Fragen als Antworten

Eine mehrstufige Validierung mit Kopplung vieler Simulationstools erfordert eine komplexe Umge-

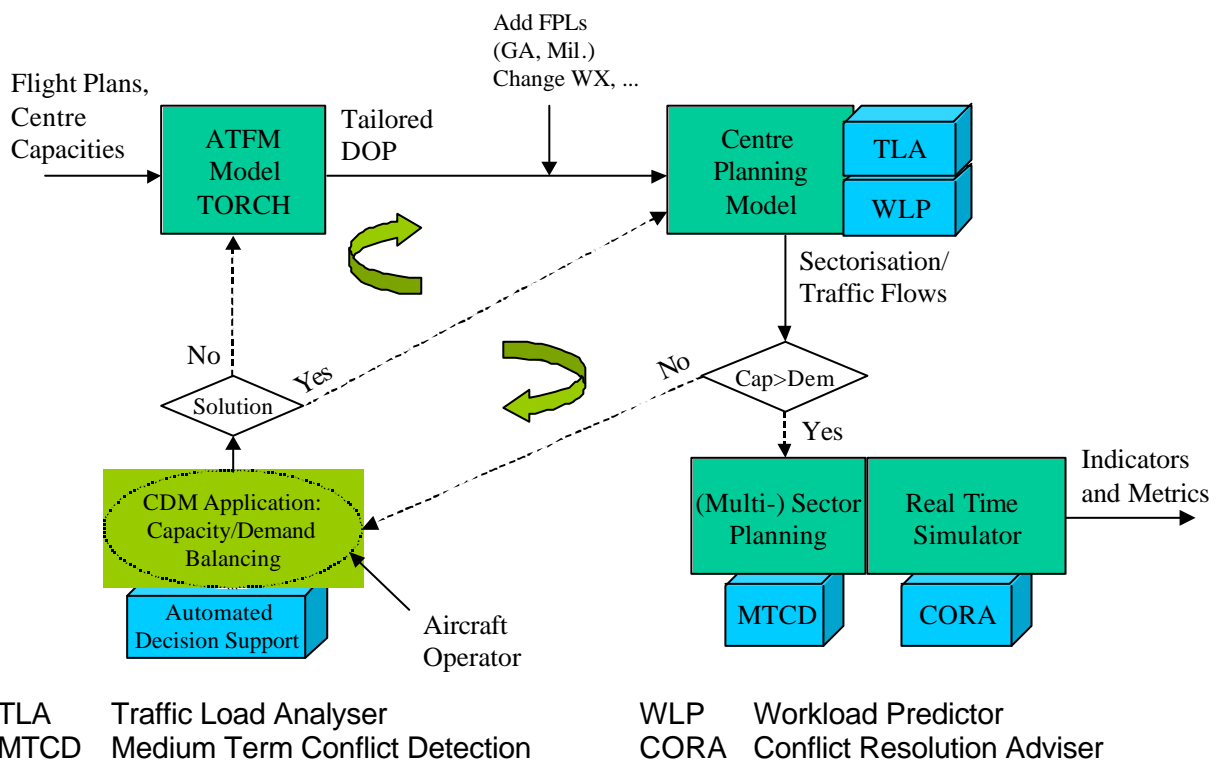


Abbildung 3: Vorschlag einer Validierungsplattform

bung und wirft viele Fragen auf, auf die wir heute keine Antworten geben können (warum eigentlich, haben wir falsche Vorstellungen von der Zukunft?). Es folgt eine Liste einiger wichtiger Fragen, die keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt.

- Was ist meine Referenz? Der heutige Planungsablauf oder stand-alone Realzeitsimulationen ohne den Planungsaspekt?
- Wie wird heute an der Flow Management Position gearbeitet? Wie und wann werden Slots bei der CFMU beantragt? Wieweit stimmt die heutige Planung dann mit der Realität überein?
- Gibt es in der DFS ein Konzept, wie mit Traffic Load Analyser (TLA) und Workload Predictor (WLP) gearbeitet werden soll? Falls nicht, wer entwickelt wann dieses Konzept? Auf welcher Grundlage? Wo kommen die Anforderungen her?
- Wie soll mit einem MTCD gearbeitet werden? Welche der zahlreichen Optionen wähle ich für Multi-Sektorplanung?
- Wie arbeite ich zukünftig mit CORA? Habe ich Radarlotsen und Koordinator?
- Kann ein DOP auf einem Schnellzeitsimulator (TAAM) durchgerechnet und simuliert werden?
- Wie kann ich TLA und WLP simulieren? Mit Schnellzeitsimulationen? Mit der Supervisor-Arbeitsposition am Realzeitsimulator?
- Wie stelle ich sicher, dass der Output der vorigen Stufe auch als Input in die nächste Simulationsstufe ohne „Verluste“ einfließt?
- Arbeitet schon jemand an einem Nutzungskonzept für das Layered Planning? Welche Rolle spielt dabei Data Link? Und welche Rolle spielt dabei Sicherheit?

Mögen täten wir schon wollen, ...

aber dürfen haben wir uns nicht getraut. Wollen und können wir im CDC F&E solch eine Herausforderung annehmen? Passt das in unsere „Strategie“? Gibt es hierfür ein geeignetes Rahmenprogramm? Meiner Meinung nach bietet der hier kurz skizzierte Ansatz ein hohes (Kapazi-

täts-) Potential, aber auch ein hohes Risiko. Nur im Zusammenspiel mit anderen Fachbereichen ließe sich eine Validierung durchführen.

Als nächste Schritte sind die Vorstellung dieser Idee im FK1-Kreis und ein DFS-interner Expertenworkshop geplant, um von dritter Seite eine Rückmeldung über das Potential und die Möglichkeiten einer Validierung dieses integrierten Ansatzes zu erhalten.

Wer ist mutig und macht mit?

- [1] Proposed TORCH Operational Concept for Validation, Final Report, Version 1.0, Nov. 2000
- [2] Operational Concept Document OCD, EUROCONTROL, Issue 1.1, January 1999
- [3] Co-operative Air Traffic Management Concept CATMAC, BFS, May 1990

Integration von Spracherkennung in die Mensch-Maschine-Interaktion am Fluglotsenarbeitsplatz

Dr. Thomas Bierwagen, SES
Jürgen Vielhauer, SES

Einleitung

Bereits seit etwa 25 Jahren ist auch in der deutschen Flugsicherung die Computerunterstützung nicht mehr wegzudenken. Dabei stellt das gelungene Zusammenspiel von Automation und menschlicher Kompetenz die Grundlage für die heute bewältigten enormen Verkehrsaufkommen dar.

Initiiert durch die Konferenz der europäischen Verkehrsminister (ECAC), wird in einem nächsten Automatisierungsschritt in etwa 4-6 Jahren auch in der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS) das letzte manuelle Element, der Papierkontrollstreifen, durch eine elektronische Darstellung dieser Flugverlaufsdaten ersetzt werden. Damit einher geht ein Wandel in den Arbeitsinhalten am Fluglotsenarbeitsplatz: weg von sektorbasierter, kurzfristiger Kontrolle hin zum großräumigeren Luftverkehrsmanagement. Ansätze für die Entwicklung einer Bedienoberfläche für diese Systemgeneration wurden dem Fachausschuss Anthropotechnik auf der Tagung in Bremen 1998 vom Autor vorgetragen (Bierwagen, 1998).

Grundvoraussetzung für das Gelingen dieses Automatisierungsschrittes ist die absolute Aktualität der im System verfügbaren Daten über die Intention der Luftfahrzeuge. Das bedeutet, dass alle Kontrollanweisungen des Fluglotsen nicht nur an die Luftfahrzeuge zu übermitteln, sondern gleichzeitig auch in das System einzugeben sind. Um diese Interaktion mit dem System so einfach wie möglich zu gestalten, wird im Corporate Development Center Forschung & Entwicklung (CDC F&E) der DFS bereits seit mehreren Jahren an Spracherkennungssystemen gearbeitet. Seit 1994 wurden insgesamt vier verschiedene Prototypen entwickelt und intensiven Tests unterzogen. Dabei konnten die Satzerkennungsraten von anfänglich 52% auf heute fast 96% gesteigert werden.

Spracherkennungsarbeiten bei der DFS

Spätestens seitdem große Firmen Spracherkennungssysteme in handelsübliche PCs integrieren, hat sich gezeigt, dass die Technologie der Spracherkennung ein enormes Potenzial zur Unterstützung der Mensch-Maschine-Interaktion besitzt. Analog zum gesamten Computermarkt hat sich dabei auch diese Technologie in den letzten 5 Jahren rasant weiterentwickelt. Der Durchbruch gelang mit der Trigramm-Technik, die die Spracherkennung sowohl im Bereich von Office Anwendungen als auch mit Spezialwortschätzen zum Erfolg führte. Bei dieser Technik wird nicht nach "sinnvollen" Inhalten sondern lediglich nach einer Auftretenswahrscheinlichkeit von drei aufeinanderfolgenden Wörtern - den Trigrammen - gesucht. Das Trigramm mit der größten Auftretenswahrscheinlichkeit wird vom System "erkannt". Gleichzeitig wird die Suche um ein Wort versetzt fortgeführt.

Um sich diese technische Entwicklung für die Mensch-Maschine-Interaktion zu Nutze zu machen, beschäftigt sich die DFS in ihrem CDC Forschung & Entwicklung bereits seit einigen Jahren mit der Technologie der Spracherkennung. Ziel war es dabei von Beginn an, eine prototypische Anwendung zu entwickeln, die den Fluglotsen bei der Eingabe von Flugplandaten als einem der beiden wichtigen Datenarten in der Flugsicherung² unterstützen. Dazu ist je nach Ansatz eine Wort- oder Satzerkennungsrate notwendig, die in etwa komplementär zur Fehlerrate in der heutigen Sprechfunkkommunikation ist. Das bedeutet, dass eine Erkennungsrate von etwa 98-99% erreicht werden muss. Allgemein

² Die Flugsicherung baut im Wesentlichen auf zwei verschiedene Datenarten auf: Die Flugplandaten liefern die geplanten Flugverläufe und weisen eine Aktualität von etwa 10 Minuten bis 8 Stunden auf. Die Radardaten zeigen die aktuelle Luftraumsituation mit einer Aktualität von etwa 5-15 Sekunden.

gelten unter Experten Erkennungsraten ab etwa 95% als hinreichend, um erste Applikationen in ein experimentelles oder betriebliches Testverfahren zu integrieren.

Als sinnvoller Weg zur Integration von Spracherkennung werden bei der DFS zwei Schritte gesehen:

- In einem ersten Schritt wird nur das Funkrufzeichen - also nur ein Wort - aus dem Sprechfunk heraus automatisch erkannt. Damit kann automatisiert die richtige Eingabeseite gefunden werden. Daraus ergibt sich eine optimierte Bedienung der Eingabe sowie eine erhebliche Reduzierung des Eingabeaufwandes.
- Im zweiten Schritt werden ganze Anweisungen oder Anweisungssequenzen aus dem Sprechfunk heraus erkannt. So wird die gesamte Eingabe in das System automatisiert durchgeführt und nur noch zur Kontrolle dem Benutzer dargestellt.

Marktanalysen

In einer ersten Marktanalyse, die im Jahr 1994 durchgeführt wurde (Bürvenich, 1994), wurden insgesamt 31 Systeme identifiziert, die zu dieser Zeit als Produkte am Markt verfügbar waren. Davon wurden 8 Systeme ausgewählt und einer genaueren Analyse unterzogen. Auf Grund der definierten Anforderungen ergab sich schnell, dass keines der untersuchten Systeme für einen Einsatz in der Flugsicherungsumwelt geeignet war.

Eine zweite Marktanalyse im Jahr 1995 (Media-Tec, 1995) betrachtete insgesamt 38 Systeme. Auch hier lag der Schwerpunkt, wie schon im Vorjahr, bei den für Flugsicherungszwecke ungeeigneten Telefonanwendungen. Aus diesem Grund kamen nur etwa 6 Systeme für die DFS in Frage. Diese wurden näher analysiert und klassifiziert. Zwei Produkte wurden als geeignet für die Erstellung eines Prototypen bewertet. Gleichzeitig wurde aber festgestellt, dass die geforderten

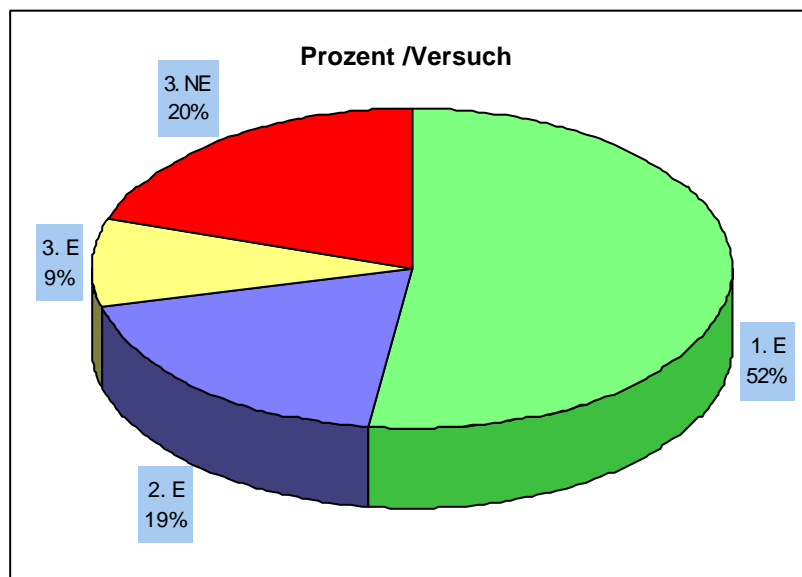


Abbildung 1: Erkennungsrate über alle Versuchsteilnehmer (Untersuchung Berlin, 1997)

Um diese Schritte zu realisieren, wurden seit 1994 zwei Marktanalysen durchgeführt und darauf aufbauend insgesamt vier Prototypen entwickelt und getestet. Die Aktivitäten konzentrierten sich insbesondere in den Jahren 1996 und 1999.

Erkennungsraten voraussichtlich mit keinem der Systeme bereits zu realisieren sein würden.

Erstellung und Test eines ersten Prototypen

Seit Anfang der 90er Jahre wird bei der DFS an allen Standorten ein PC-basiertes, dezentrales Simulationssystem für Flugsicherungssimulationen (DESIM) betrieben. Dieses System wird für die Simulation von Luftraumveränderungen und zum dezentralen Training eingesetzt. Da das System DFS-weit verfügbar ist, wurde es als Basis für ein prototypisches Spracherkennungssystem ausgewählt. In Zusammenarbeit mit dem Lieferanten dieses Systems entstand so ein Prototyp mit einer Spracherkennungskarte eines amerikanischen Herstellers, der aus den folgenden Komponenten besteht:

- DESIM (FS-Simulator)
- PE500 (Spracherkennungssystem)
- VORAS (Schnittstelle zwischen DESIM und PE500)

samt nahmen an der Untersuchung 32 Fluglotsen der DFS teil.

In der Auswertung zeigte sich, dass die Technologie der Spracherkennung prinzipiell bei den Versuchsteilnehmern auf eine hohe Akzeptanz stößt. Gleichzeitig äußerten die Fluglotsen aber auch massive Kritik an der bestehenden Erkennungsleistung des Systems. Gemittelt über alle Versuche ergab sich eine Erkennungsrate im ersten Versuch von nur 52% (siehe Abbildung 1). Selbst nach drei Versuchen waren noch immer 20% der Anweisungen nicht erkannt. Betrachtet man die Verteilung über die unterschiedlichen vorgegebenen Anweisungen, so zeigt sich ein sehr heterogenes Bild. Der oberste Balkenteil in Abbildung 2 gibt den nicht erkannten Anteil pro Anweisung wieder.

Lessons Learned

Die Ergebnisse der Untersuchung legen die

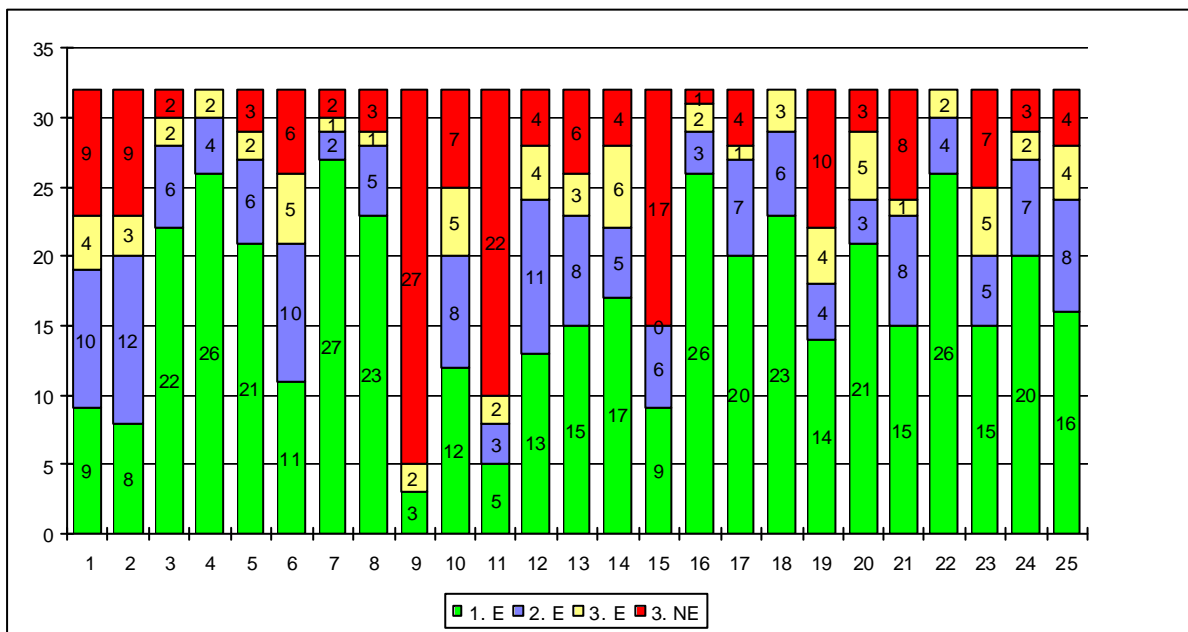


Abbildung 2: Verteilung der Erkennung über die 25 vorgegebenen Anweisungen (Untersuchung Berlin, 1997)

Nach umfangreichen Labortests wurde das System zur betrieblichen Erprobung im Sommer 1997 für zwei Monate in der Regionalkontrollstelle Berlin der DFS getestet. Im Rahmen dieses Tests fanden eine subjektive und eine objektive Bewertung der Spracherkennung statt. Insgesamt

Vermutung nahe, dass bei bestimmten Phrasen die Erkennung offensichtlich an Merkmalen des Sprechermodells scheitert. Betrachtet man z.B. Anweisung Nr. 11 (siehe Abbildung 2), so zeigt sich, dass mit den Wegpunkten BODLA und RENKI zwei spezifisch deutsch gesprochene Worte von einem amerikanischen Spracherken-

nungssystem zu erkennen sind. Dieser Erkennungsprozess scheint häufig zu scheitern.

Ähnliche Erfahrungen wurden auch von anderen Flugsicherungsorganisationen (z.B. in Dänemark) berichtet. Daraus ergibt sich der Schluss, dass für einen Erfolg nicht nur Vokabular und Syntax, sondern auch das Sprechermodell an die spezifische Situation anzupassen sind.

Aktuelle Ergebnisse zur Spracherkennung

Ausgehend von der 1997 durchgeführten Untersuchung und aufbauend auf die dort gesammelten Erfahrungen wurden 1999 zwei weitere Prototypen erstellt und experimentell bewertet. Dabei wurden zur eindeutigen Verifizierung der im letzten Abschnitt ausgeführten Schlussfolgerung zwei unterschiedliche Ansätze verfolgt. In einem Prototypen wurde allein durch Erstellung eines Sprachraumes für Luftfahrtenglisch - also einer Vokabular- und Syntaxanpassung - eine Stand-Alone-Applikation erzeugt. In einem zweiten Prototypen wurde zusätzlich das Sprechermodell, das aus den akustischen Signalen Phoneme erkennt, auf deutsche Sprecher angepasst. Auf den dritten möglichen Weg einer dynamischen, situations-adaptiven Anpassung des Wortschatzes (Schäfer, in Druck) wurde aus Gründen des dafür erforderlichen Aufwandes verzichtet.

Für beide Prototypen wurden handelsübliche Produkte verwendet:

- Für die Vokabular- und Syntaxanpassung das Produkt ViaVoice der Firma IBM
- Für die zusätzliche Anpassung des Sprechermodells das Spracherkennungssystem HARK der Firma BBN

Beide Prototypen wurden mit identischen Verfahren überprüft und bewertet.

Prototyp ohne Veränderung des Sprechermodells

Das Produkt IBM ViaVoice ist ein Spracherkennungssystem, das ohne eigene Hardware nur mit einer handelsüblichen Soundkarte arbeitet und weitgehend benutzeradaptiv ist. Das System arbeitet sprecherabhängig mit Fließtext. Es ist ursprünglich als Diktiersystem konzipiert, um Text in ein Textverarbeitungsprogramm einzugeben. Zur Erkennung sind Regeln über zulässige Sätze in Form von Matrizen mit Wortübergangswahrscheinlichkeiten abgelegt. Die Aussprache der wichtigsten Worte und Wortformen ist in einem Vokabular spezifiziert.

Um das System in Form eines Prototypen für Tests zur Verfügung zu stellen, wurden folgende Schritte durchgeführt:

- Erstellung des Sprachraums "Luftfahrtenglisch" auf Basis der *Aeronautical Information Publication* (AIP) (Vokabular und Syntax)

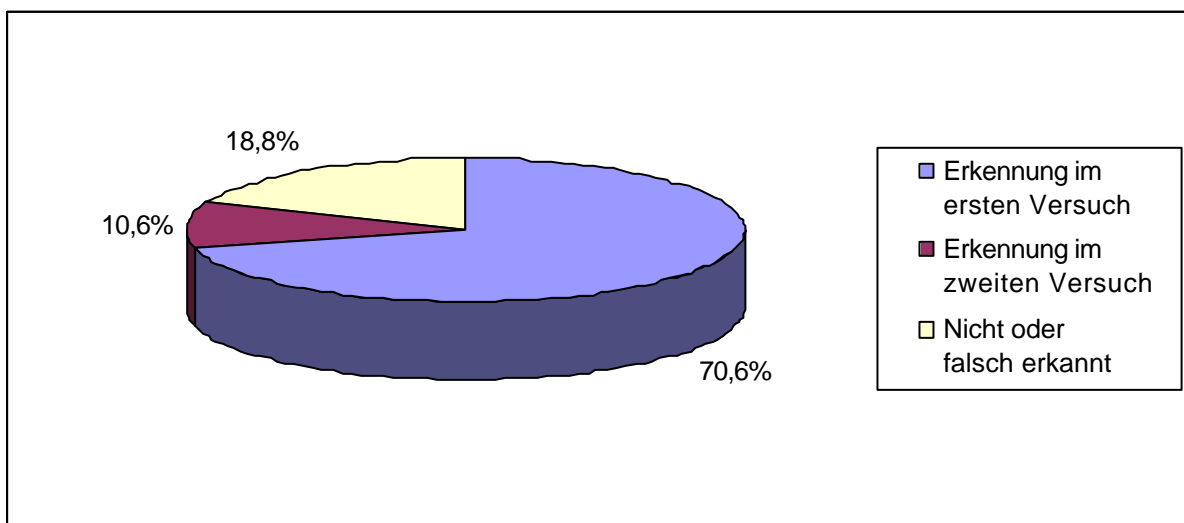


Abbildung 3: Erkennungsrate über alle Versuchsteilnehmer (Untersuchung IBM ViaVoice Braunschweig, 1999)

- Implementierung einer Basisanwendung zur Analyse gesprochener Flugsicherungsanweisungen zur Erkennung des gesprochenen Satzes und dessen Ausgabe am Bildschirm sowie Protokollierung in einem Datenfile
- Erstellung einer Liste von Beispielanweisungen
- Experimentelle Überprüfung des Sprachraums und der Leistungsfähigkeit des Spracherkennungssystems.

In der Untersuchung wurden insgesamt 70 Beispielsätze verwendet. 49 dieser Beispielsätze enthielten dabei eine vollständige Flugsicherungsanweisung (z.B. eine Flughöhenänderung), 21 weitere Sätze enthielten zwei kombinierte Anweisungen (z.B. eine Flughöhenänderung und eine Flugrichtungsänderung). Die Sätze wurden am Bildschirm vorgegeben, von den Versuchsteilnehmern abgelesen, gesprochen und vom System erkannt und protokolliert. Insgesamt nahmen 8 Personen an den Versuchen teil, sieben davon männlich und eine weiblich. Alle Versuchsperso-

nen waren erfahren in der Durchführung von Flugfunk.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen deutlich, dass sich die Technologie der Spracherkennung zwischen 1997 und 1999 zwar weiterentwickelt hat, die geforderten Erkennungsleistungen aber bei weitem nicht erreicht werden. Über alle Versuchsteilnehmer ergibt sich eine Erkennungsrate im ersten Versuch von 70,6% (siehe Abbildung 3). Der Anteil der nicht oder falsch erkannten Anweisungen ist etwa identisch zu der Berliner Untersuchung, wobei in diesem Fall nur zwei statt drei Versuchen gewertet wurden. Teilt man die Erkennungsrate nach Sätzen mit einer oder zwei Flugsicherungsanweisungen auf, so ändert sich das Bild (siehe Abbildung 4). Wurden bei Sätzen mit einer Flugsicherungsanweisung 74,6% richtig erkannt, lag diese Quote bei Sätzen mit zwei Anweisungen bei 62,2%.

Die Studie kommt letztlich zu dem Schluss, dass die folgenden Schritte zur Erhöhung der Erkennungsrate notwendig sind:

- Statische Reduktion des Umfangs der Syntax

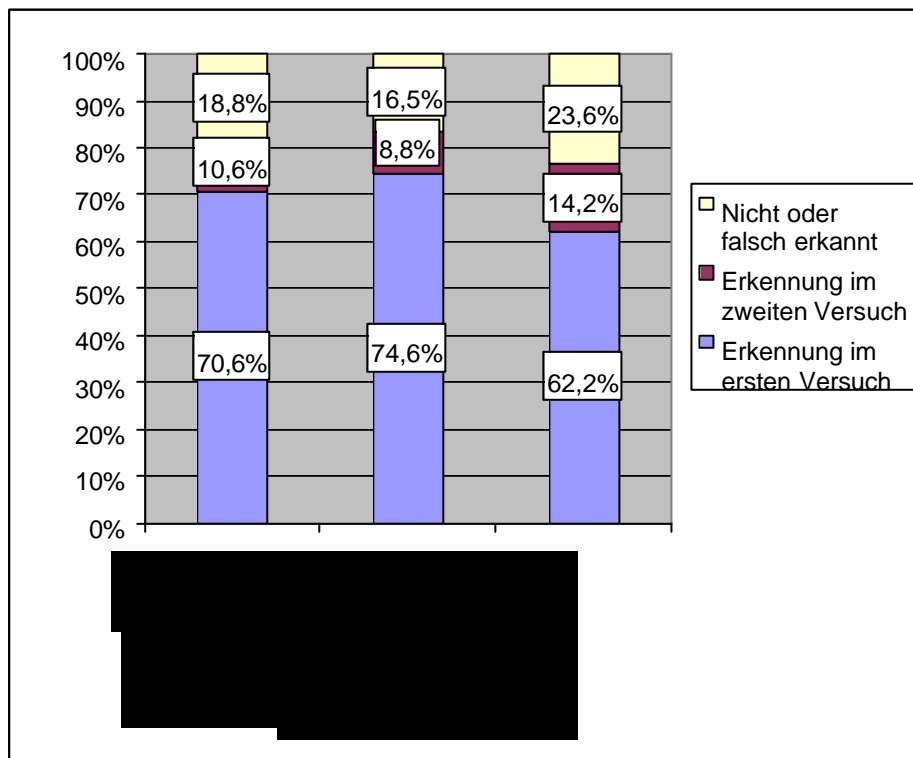


Abbildung 4: Erkennungsrate nach Anweisungszahl (Untersuchung IBM ViaVoice Braunschweig, 1999)

durch Einschränkung in Wortschatz und Parameterbereich der einzelnen Anweisungen

- Implementierung einer Push-To-Talk Funktionalität durch den Hersteller des Spracherkennungssystems³
- Erstellung eines Sprechermodells deutscher Sprecher, insbesondere der Wörter im ATC-Vokabular (Funkrufzeichen, Navigationspunkte)

Damit deutet diese Untersuchung bereits an, dass der zweite gewählte Ansatz - also die zusätzliche Anpassung auch des Sprechermodells - der Erfolgversprechendere ist.

Prototyp mit Veränderung des Sprechermodells

Während das PC-basierte Produkt IBM ViaVoice entsprechend der zugehörigen Produktbeschreibung auf die zu erkennenden Flugsicherungsanweisungen vorbereitet wurde, ist das Workstation-basierte System ATVoice unter Verwendung des BBN Spracherkennungssystems HARK

zusätzlich durch Hinterlegung von 21 Sprachmustern auf die Erkennung von deutschen Sprachmerkmalen eingestellt worden. Die Vorgehensweise der Untersuchung ist dabei weitgehend identisch zur Untersuchung des Produktes IBM ViaVoice.

Auch das Produkt ATVoice ist ein handelsübliches Spracherkennungssystem, das ohne eigene Hardware nur mit einer Soundkarte arbeitet und weitgehend benutzeradaptiv ist. Das System arbeitet sprecherunabhängig mit Fließtext.

Um das System in Form eines Prototypen für Tests zur Verfügung zu stellen, wurden folgende Schritte durchgeführt:

- Erstellung eines neuen Sprechermodells anhand von 21 Sprachmustern deutscher Sprecher mit Flugfunkerfahrung
- Erstellung des Sprachraums "Luftfahrtenglisch" auf Basis der *Aeronautical Information Publication (AIP)* (Vokabular und Syntax)
- Implementierung einer Basisanwendung zur Analyse gesprochener Flugsicherungsanweisungen zur Erkennung des gesproche-

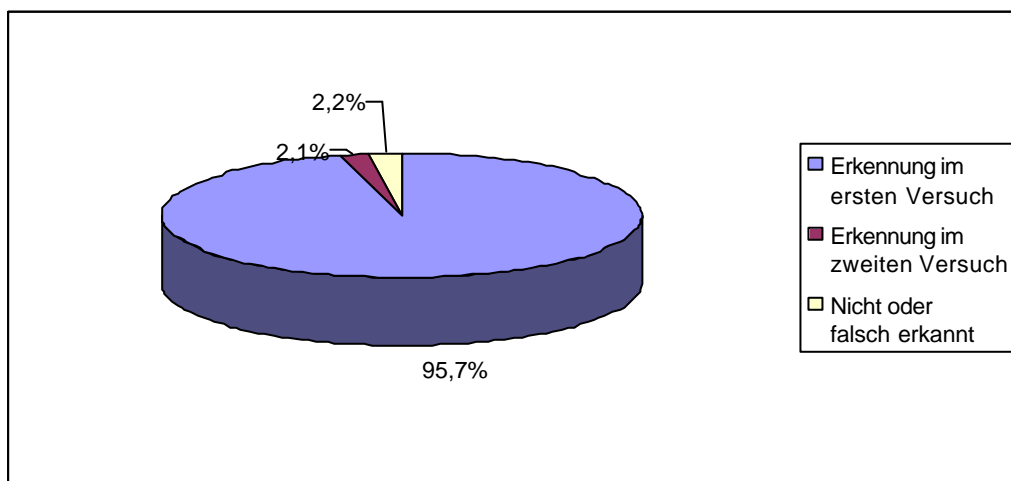


Abbildung 5: Erkennungsrate über alle Versuchsteilnehmer (Untersuchung ATVoice Langen, 1999)

³ Fehlerhafte Erkennungen ergaben sich teilweise, weil das Spracherkennungssystem keine Information darüber hatte, ob gerade eine Anweisung an einen Piloten gegeben wurde oder z.B. ein Gespräch mit einem Kollegen stattfand. Diese Information steht am Mikrofon zur Verfügung und sollte zum Spracherkennungssystem weitergeleitet werden.

nen Satzes und dessen Ausgabe am Bildschirm sowie Protokollierung in einem Datenfile

- Erstellung einer Liste von Beispielanweisungen

- Experimentelle Überprüfung des Sprachraums und der Leistungsfähigkeit des Spracherkennungssystems.

An der abschließenden Untersuchung nahmen insgesamt 14 Testpersonen (11 männliche, 3 weibliche) teil. Dabei ist es wichtig anzumerken, dass keine der Testpersonen bei der vorherigen Aufzeichnung der Sprachmuster involviert war. In der Untersuchung wurden insgesamt 100 Beispielsätze verwendet. Auch hier war das Verhältnis der Sätze mit einer bzw. zwei Flugsicherungsanweisungen 70:30. Die Sätze wurden am

chen Sprechern, so ergeben sich nur geringe Unterschiede (siehe Abbildung 6). Die Erkennungsrate der männlichen Sprecher im ersten Versuch liegt mit 96,3% nur geringfügig über der der weiblichen Sprecher mit 93,7%.

Bemerkenswert ist, dass ein Versuchsteilnehmer die maximale Erkennungsrate von 100% realisieren konnte. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass Funkrufzeichen annähernd vollständig richtig erkannt wurden (1398 von 1400 oder 99,86%). Diejenigen Anweisungsteile, die auch nach zweimaliger Wiederholung nicht richtig er-

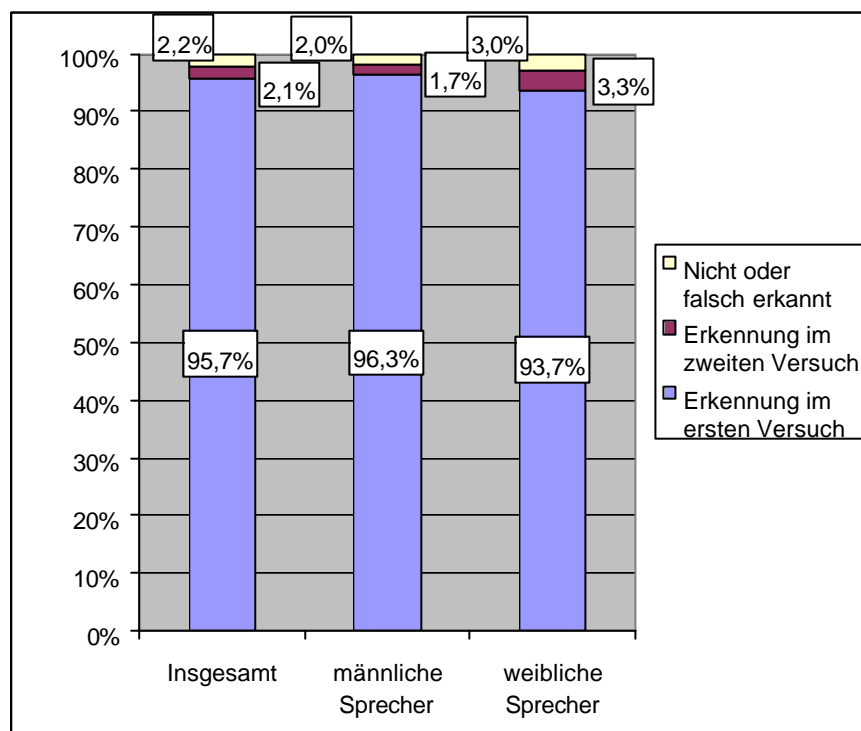


Abbildung 6: Erkennungsrate nach Sprechern (Untersuchung ATVoice Langen, 1999)

Bildschirm vorgegeben, von den Versuchsteilnehmern abgelesen, gesprochen und vom System erkannt und protokolliert.

Abbildung 5 zeigt die Ergebnisse der Untersuchung: im ersten Versuch ergab sich eine Erkennungsrate über alle Versuchsteilnehmer von 95,7%. Damit konnte dieses Spracherkennungssystem auf Anhieb die Anforderung von mindestens 95% Erkennungsrate erfüllen. Die Quote der nicht erkannten Anweisungen liegt bei erstaunlich geringen 2,2%. Betrachtet man die Erkennungsrate aufgeteilt nach männlichen und weiblichen

Sprechern, sind fast ausschließlich Namen deutscher Navigationsanlagen. Damit sind diese Nicht-Erkennungen vermutlich auf noch immer existierende Mängel im Sprechermodell zurückzuführen.

Integration in die Mensch-Maschine-Schnittstelle

Nach dem erfreulichen Ergebnis der experimentellen Überprüfung des zweiten Prototypen liegt die Entscheidung nahe, diesen Stand-Alone-Prototypen in die Flugsicherungs-Simulationswelt

der DFS zu integrieren. Diese Arbeiten wurden im Januar 2000 begonnen und im August 2000 erfolgreich abgeschlossen.

Zur Umsetzung waren zwei wesentliche Hürden zu überwinden. Zunächst musste der Sprechfunkkanal, über den derzeit in der Regel die Kommunikation zwischen Fluglotse und Pilot (bzw. in der Simulationswelt Pseudo-Pilot) stattfindet, neben der konventionellen Übertragung vom Fluglotsen zum Piloten ebenfalls in das Spracherkennungssystem geleitet werden. Dies wurde mit Hilfe einer analogen Weiche realisiert.

Als zweiter Schritt wurde eine Schnittstelle zwischen dem Spracherkenner und weiteren Applikationen geschaffen. Über diese Schnittstelle können die erkannten Sätze anderen Anwendungen zur Verfügung gestellt werden.

Das DFS-eigene Experimentaldisplay - die *Very Advanced Display Software VADS* -, die diese Daten integriert, besteht im Bereich der Mensch-Maschine-Schnittstelle im Wesentlichen aus drei Komponenten:

- Dem Radarbild: hier wird die aktuelle Luftlage anhand der Radardaten, angereichert mit Teilen der Flugplandaten, dargestellt
- Main Data Window: dieses tabellarische Display bildet die Oberfläche zur grafisch-interaktiven Manipulation der vollständigen Flugplandaten
- Electronic Data Display: dieses berührungssensitive Display bildet die Oberfläche für haptisch-interaktive Manipulation der vollständigen Flugplandaten

Eine umfangreiche Beschreibung der Display Software findet sich in Bierwagen (1998).

Da die verschiedenen Prozesse innerhalb der Display Software über einen Event-Mechanismus miteinander kommunizieren, musste nun lediglich ein weiterer Prozess geschaffen werden, der die Schnittstelle zum Spracherkennungssystem überwacht und aus vom Spracherkennungssystem erkannten Sätzen entsprechende Events generiert, die innerhalb der Display Software weiterverarbeitet werden können. Dieses objektorientierte Prinzip ist so einfach wie faszinierend zugleich: ein Prozess fragt nicht danach, ob z.B. ein Event "Auswahl eines Funkrufzeichens" vom Treiber des Touch Input Devices (also durch

haptische Interaktion) oder vom Spracherkennungssystem (also durch auditive Interaktion) entstanden ist. Im Ergebnis wird in beiden Fällen ein identischer Mechanismus ausgelöst, der die weitere Eingabe der Daten erlaubt.

Damit steht ein leistungsfähiges Spracherkennungssystem in einer umfangreichen Realzeitsimulationsumgebung für Flugsicherungsanwendungen erstmalig vollständig integriert zur Verfügung. Erste freie Tests haben inzwischen die Ergebnisse der Untersuchungen aus dem Vorjahr mit dem Stand-Alone-Prototypen qualitativ bestätigt.

Ausblick

Im nächsten Schritt sollen nun die systematischen Tests der vorhergehenden Untersuchungen an dem integrierten System nachvollzogen werden. Anschliessend wird der weitere Ausbau in Richtung der Vernetzung der verschiedenen Prozesse und Applikationen fortgesetzt.

Zum Beispiel liegt es nahe, auch den Pseudo-Piloten Arbeitsplatz - also den Arbeitsplatz, an dem ein Systemoperator die Sprechfunkanweisungen z.B. zum Sinken oder Steigen eines Luftfahrzeuges in der Simulation in Systemkommandos umsetzt - mit diesem Spracherkennungssystem zu versehen und so die Arbeit am Pseudo-Piloten Arbeitsplatz wesentlich zu vereinfachen.

Weiter ist die Verbesserung der Erkennungsleistung und eine noch stärkere Integration der Systeme geplant. Außerdem soll die Implementierung insbesondere für Testzwecke im Trainingsbereich und zur Demonstration der technischen Möglichkeiten genutzt werden.

Damit ist es nach einer relativ langen Anlaufperiode in den Jahren 1994 bis 1998 in letztlich erstaunlich kurzer Zeit gelungen, die Mensch-Maschine-Schnittstelle am Fluglotsenarbeitsplatz hin zu einer multimodalen Eingabeschnittstelle zu erweitern, die offen ist für zukunftsweisende Konzepte im Sinne der sicheren und effizienten Steuerung des Luftverkehrs in Deutschland.

Literatur

Bierwagen, T. (1998): Konzeption zur Gestaltung des zukünftigen Flugsicherungsbetriebssystems der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH. In: Gärtner, K.-P. (Hrsg.): Anthropotechnik gestern - heute - morgen. 40. Fachausschußsitzung Anthropotechnik der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt am 20. und 21. Oktober 1998 in Bremen. Bonn: DGLR.

Bürvenich, Dieter (1994): Zwischenbericht über die Erprobung von Systemen zur Spracherkennung. DFS-interner Bericht. Offenbach: DFS Media-Tec GmbH (Hrsg.) (1995): Für die DFS geeignete Spracherkennungssysteme. DFS-interner Bericht. Konstanz: Media-Tec .

Schäfer, D. (in Druck): "Context-Sensitive Speech Recognition in the Air Traffic Control Simulation"; Dissertation an der Universität der Bundeswehr München, Neubiberg.

Schäfer, D. (1999): Anpassung des Produkts IBM ViaVoice für die Flugsicherungssimulation. DLR-IB, 112-1999/50. Köln: DLR

Vielhauer, J. (1999): Spracherkennung: Ergebnis des Abnahmetests ATVoice 07.- 09.12.1999. DFS-interner Bericht. Offenbach: DFS.

Vielhauer, J. (1997): Validierung des Spracherkennungssystems PE500, angeschlossen an einen DESIM-Arbeitsplatz. DFS-interner Bericht. Offenbach: DFS

(aus: Gärtner, K.-P. (Hrsg.), 2000: *Multimodale Interaktion im Bereich der Fahrzeug- und Prozessführung*. 42. Fachausschusssitzung der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt am 24. und 25. Oktober 2000 in München. Bonn: DGLR)

AVENUE

Sprachkopplung Langen – Bretigny realisiert

Wolfgang Wissler, SES
Stefan Stanzel, SET

Wie in „SE im Fokus“, Ausgabe 01/99, berichtet, wird im Rahmen des von der Europäischen Kommission geförderten Projektes AVENUE eine Validierungsplattform am EEC (Eurocontrol Experimental Center) in Bretigny realisiert, wobei eine Anbindung der DFS Simulationseinrichtung AFS (Advanced Function Simulator) erfolgen soll. Als Teilaufgabe dieses Projektes soll eine Sprachdatenkopplung zwischen den beiden Simulationsumgebungen hergestellt werden. In diesem Beitrag soll insbesondere auf die Sprachkopplung eingegangen werden, die aus zwei simulierten Radioverbindungen und 3 direkten Telefonverbindungen zwischen den lokalen Sprachkommunikationssystemen besteht.

Die technische Herausforderung war die Kopplung eines auf VoIP (Voice over Internet Protocol) Technologie basierenden Sprachsystems AudioLAN am EEC (AVENUE Plattform) mit dem ATC Sprachvermittlungssystem DENRO bei der DFS (AFS). Zur Realisierung beschaffte und konfigurierte der Bereich Forschung und Entwicklung der DFS ein lokales AudioLAN Versuchssystem. Der passende Gateway AudioLAN/DENRO wurde bei der Firma CAM beauf-

tragt. Am 05.12.2000 wurde der erste simulierte Funkverkehr zwischen der AVENUE Plattform in Bretigny und dem AFS in Langen erfolgreich mit guter Audioqualität durchgeführt. Somit ist ein erster technischer Schritt für eine simulierte Sprechfunkverbindung zwischen Paris und Langen geschaffen. Simulierte Flugziele können von einem französischen Simulationspiloten auf Anweisung eines deutschen Fluglotsen gesteuert werden. Der nächste Schritt wird die Herstellung der projektierten Telefonverbindung sein.

Im Rahmen der Projektarbeit konnte der Bereich Forschung und Entwicklung praktische Erfahrung im Umgang mit VoIP Systemen und entsprechenden Kopplungen sammeln. Das angeschaffte VoIP System AudioLAN steht darüber hinaus für weitere Tests zur Verfügung. Auch die AudioLAN/DENRO Gateway Entwicklung kann als ein kleiner Schritt in die digitale Zukunft angesehen werden. Als nächster Schritt werden, in Zusammenarbeit mit dem Bereich Telekommunikation, mögliche Anwendungen im operationellen Umfeld untersucht und eventuell erste Feldversuche unternommen.

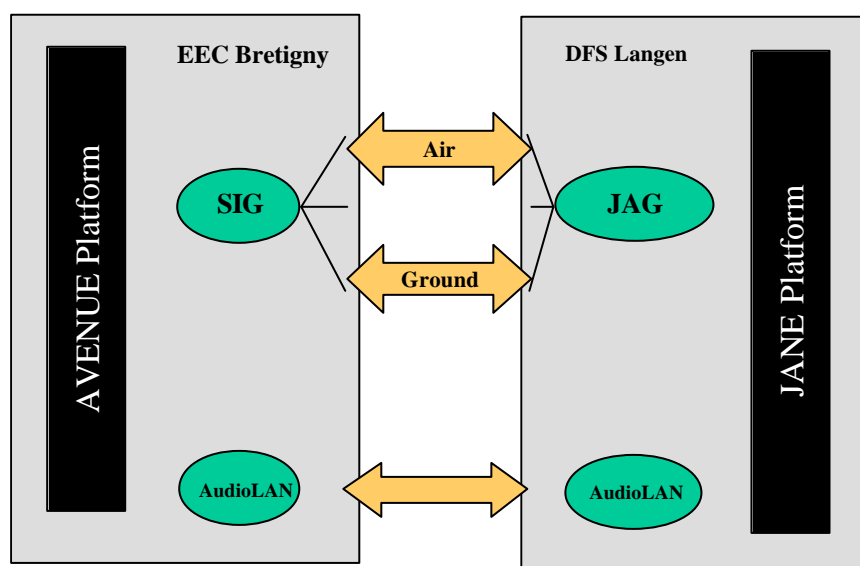


Abbildung 1: AVENUE / JANE Kommunikationsverbindungen

Advanced Function Simulator

Das neue Piloten Interface

Carmen Geißler, SEP

Für jede Simulation am Advanced Function Simulator (AFS) werden Simulationspiloten benötigt, die die Flugzeuge nach Anweisungen der Controller steuern. Dafür steht dem „Piloten“ eine Bedienoberfläche zur Verfügung, die ihm die Steuerung der Flugzeuge ermöglicht und auch alle relevanten Daten des Fliegers zur Verfügung stellt.

Da der Pilot gleichzeitig 10 bis 15 Flieger steuern muss, benötigt er eine übersichtliche Darstellung der fliegerbezogenen Daten und eine einfache Benutzerführung zum Absetzen der Kommandos.

Motivation

Im bisher eingesetzten HMI (Human Machine Interface) am AFS wird dem Piloten eine Liste aller aktiven Flieger, die über das Callsign identi-

fiziert werden, dargestellt. Bei Auswahl eines bestimmten Callsigns werden Informationen in verschiedenen scrollbaren Fenstern dargestellt. Kommandoeingaben können in einer Befehlszeile über die Tastatur eingegeben werden.

Da die bisher eingesetzte Darstellung für den Piloten nicht die notwendige Übersicht bietet und nur der geübte Nutzer die Umsetzung der Kommandos schnell durchführen kann, kam Anfang diesen Jahres die Idee auf, das Piloten-Interface neu zu gestalten.

Ziel war es, sowohl die Daten für mehrere aktive Flieger gleichzeitig und übersichtlich darzustellen als auch die Kommandoingabe so einfach und intuitiv wie möglich zu gestalten. Die Eingabe eines Kommandos sollte sowohl über Tastatur als auch über Mauseingaben möglich sein.

Die Neuentwicklung der Piloten Position sollte

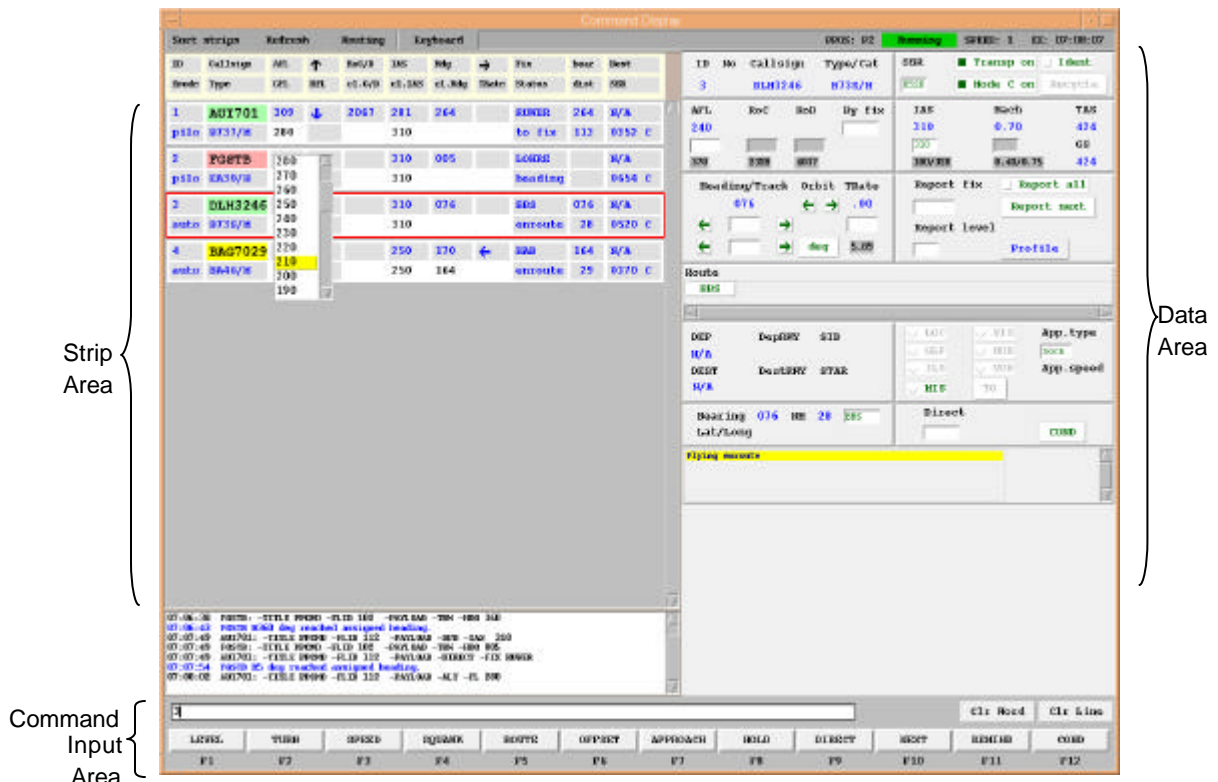


Abbildung 1: Command Display

auch zu mehr Flexibilität für zukünftige Prototyparbeiten, wie z.B. die Integration von DataLink und ATVoice, führen.

Implementierung

Diese Punkte wurden bei der Entwicklung des neuen Piloten HMIs berücksichtigt.

Das Command Display ist in drei Bereiche aufgeteilt: Strip Area, Data Area und Command-Input-Area.

In der Strip Area werden die aktiven Flieger mit den wichtigsten Daten eines Flugzeuges in Form von Streifen angezeigt. Dazu gehören unter anderem die aktuellen Werte der Flughöhe, Head-

ing, Speed und nächstes Fix sowie die neu zugewiesenen Werte.

Bei Auswahl eines Fliegers werden weitere Daten wie z.B. die Route, Squawk und Ground Speed/True Airspeed in der Data Area angezeigt.

Die Kommandos können durch Eingabe in der Kommandozeile direkt über die Tastatur oder mit Hilfe der Funktionstasten (F1-F12) eingegeben werden. Die Eingabe in die Kommandozeile über Tastatur ermöglicht ein schnelles Arbeiten, setzt aber voraus, dass der Pilot die Abkürzungen der Befehle genau kennt. Über die Funktionstasten werden genau diese Befehle erzeugt und in die Kommandozeile geschrieben. Zur Zeit werden zwei verschiedene Belegungen der Funktionstasten angeboten, die jeden noch so umfangrei-

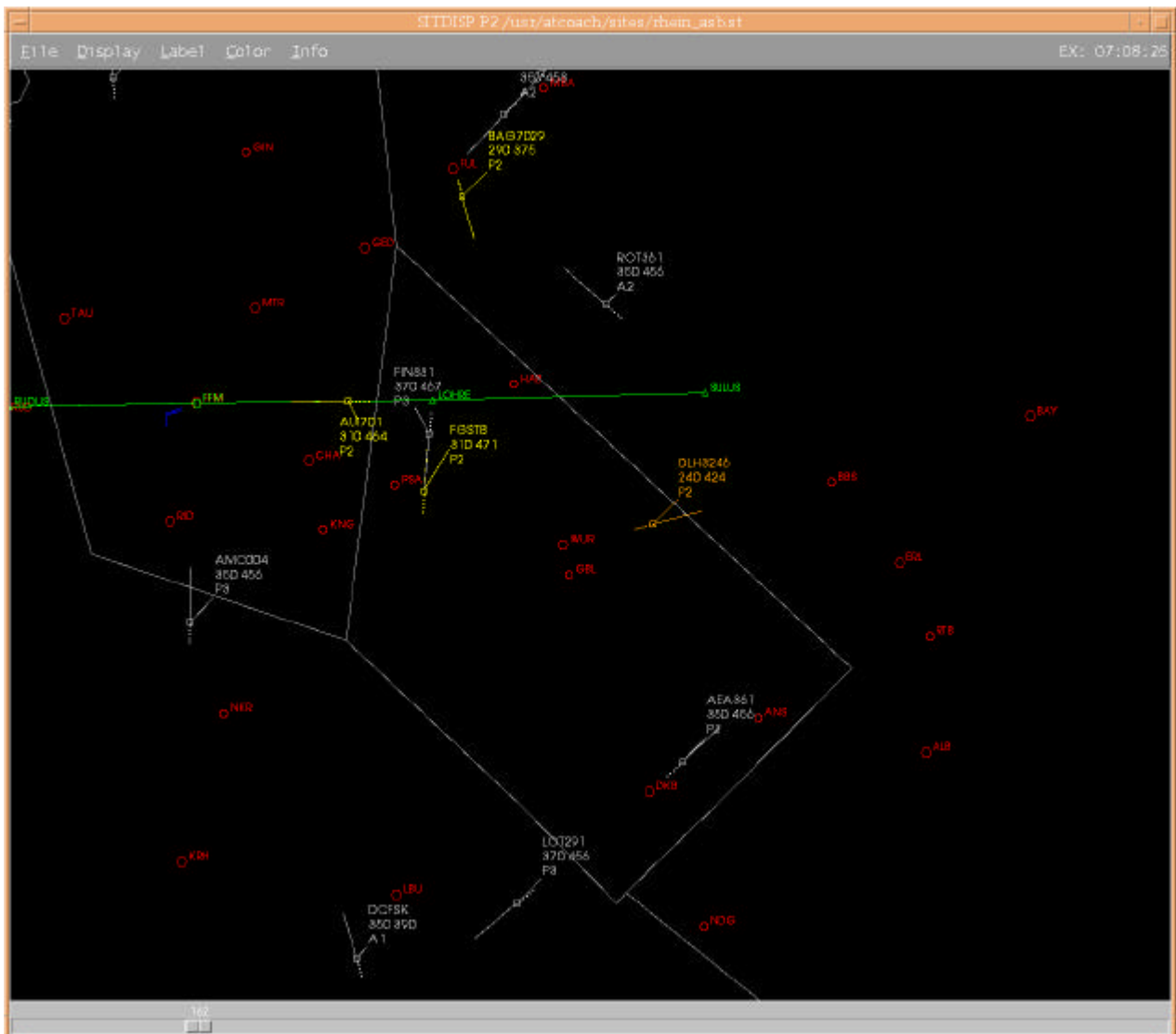


Abbildung 2: Situation Display

chen Befehl durch wenige Tastendrucke erzeugen.

Die wichtigsten Kommandos lassen sich auch mit der Maus eingeben. So erscheinen bei bestimmten Feldern (Felder mit weißer Hintergrundfarbe) sowohl in der Strip Area als auch in der Data Area nach Mausclick Popup-Menüs, die verschiedene Werte zur Auswahl anbieten. Damit wird auch dem ungeübten Nutzer die Möglichkeit geboten intuitiv und unkompliziert Kommandos abzusetzen.

Eine weitere Idee zur Verbesserung des Piloten HMI liegt in der Darstellung des Luftverkehrs am sogenannten Situation Display. Dabei standen folgende Aspekte im Vordergrund:

- Unterschiedliche farbliche Darstellung der Flieger bezogen auf die Zugehörigkeit zum Piloten und Interaktion mit dem Command Display durch farbliche Kennzeichnung des selektierten Fliegers.
- Einblendung der Route mit Angaben der Waypoints für einen bestimmten Flieger.
- Individuelle Ein-/Ausblendung von geographischen Daten. Dazu gehören unter anderem Sektorgrenzen, Waypoints, Airways und Runways.

Bei der Neuentwicklung der Piloten Position wurden auch Änderungen am Softwaredesign vorgenommen und die Datenhaltung von der Datendarstellung abgekoppelt. Der Simulator gibt die Daten der Flieger an einen Daten-Server weiter. Mit diesem Daten-Server können sich verschiedene Applikationen, wie beispielsweise das Command Display und das Situation Display verbinden und die gewünschten Daten anfordern. Durch diese Trennung wurde eine große Flexibilität für Änderungen und Erweiterungen an den Bedienoberflächen und für zukünftige Prototyparbeiten erreicht.

Anwendung

Die Arbeiten am Command Display wurden in Zusammenarbeit mit EUROCONTROL (Brüssel) durchgeführt. EUROCONTROL betreibt dieses HMI in der eigenen Simulationsumgebung. Im Rahmen der DutchMil-Ausbildung am AFS von Oktober bis Dezember 2000 wurde dieses Piloten-Interface bereits mit Erfolg bei der DFS eingesetzt. Es wird auch für zukünftige Data-Link-Validierungen benötigt.



Impressum:

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

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