

Forschungsbericht DLR FB 2009-02

Aviator 2030 - Fähigkeitsrelevante Aspekte zukünftiger ATM-Systeme aus Sicht beruflicher Experten

Teil 1 Konzeptentwicklung

Carmen Bruder
Hinnerk Eißfeldt
Jürgen Hörmann
Lisa Jörn
Claudia Stern
Uwe Teegen
Oliver Zierke

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.
Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin
Hamburg

74 Seiten
7 Bilder
6 Tabellen
31 Literaturstellen



DLR

**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.**

in der Helmholtz-Gemeinschaft

Aviator 2030
Fähigkeitsrelevante Aspekte zukünftiger ATM-Systeme
aus Sicht beruflicher Experten

Teil 1 Konzeptentwicklung



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.
Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin, Luft- und
Raumfahrtpsychologie
Sportallee 54a, 22335 Hamburg

Hamburg, 5. Januar 2009

Institutsleiter:
Prof. Dr. med. Rupert Gerzer

Abteilungsleiter:
Dr. phil. Peter Maschke

Autoren:
Dr.-Ing. Carmen Bruder
Dr. phil. Hinnerk Eißfeldt
Dr. phil. Jürgen Hörmann
Dr. med. Claudia Stern
Dipl.-Ing. Uwe Teegen
Dr. phil. Oliver Zierke

Zusammenfassung

Der Bericht gibt einen Überblick über die abgeschlossene Konzeptentwicklung des DLR-Projektes Aviator 2030. In Aviator 2030 wird ein Zukunftskonzept ATM aus Sicht der beruflichen Experten entwickelt und an gekoppelten Simulationsanlagen erprobt. Zukünftige Fähigkeitsanforderungen an operationelle Luftfahrtberufe werden so frühzeitig bestimmt und ermöglichen eine rechtzeitige Anpassung von Auswahlverfahren. Kapitel 1 gibt eine Übersicht über Zukunftsentwürfe von ATM, unsere Erfahrungen mit Blickbewegungsmessung und verfügbare Low-Fidelity Simulationen. Anschließend werden die Ergebnisse von Zukunftswerkshops vorgestellt, in denen Fluglotsen und Piloten Zukunftsszenarien entworfen haben (Kapitel 2). Der Bericht schließt mit einem Kapitel zur Auswahl geeigneter Zukunftsszenarien und deren Validierung.

Abstract

This report gives a summary of concept development of the DLR project Aviator 2030. Based on domain experts' point of view, Aviator 2030 develops future scenarios of ATM. Key aspects of these scenarios will be tested with human operators in low-fidelity simulations which combine on-board and ATC systems. Thus, potential changes in ability requirements for pilots and air traffic controllers are identified and allow for timely adjustment of selection profiles. The first chapter is an overview about future concepts in ATM, experiences with measurement of eye movements and existing low-fidelity simulators. Afterwards, the results of future workshops with pilots and air traffic controllers are reported, in which future ATM scenarios were developed. The report finishes with a chapter about selection and validation of capable future scenarios.

Inhaltsverzeichnis

1	Forschungs- und Entwicklungsstand.....	7
1.1	Darstellung dokumentierter Zukunftsentwürfe ATM.....	7
1.1.1	CAATS.....	8
1.1.2	C-ATM	9
1.1.3	ConOps.....	10
1.1.4	ERASMUS	11
1.1.5	IFATS.....	13
1.1.6	NGATS	14
1.1.7	PHARE.....	16
1.1.8	SESAR	17
1.2	Erfahrungen zur Leistungsmessung mit Blickverfolgungssystemen	19
1.3	Bewertungskategorien für zukünftige Überwachungsaufgaben.....	20
1.3.1	Bewertungsverfahren.....	20
1.3.2	Hintergrundmaterial	23
1.4	Sichtung verfügbarer Low-Fidelity Simulationen	25
1.4.1	Cockpit-seitige Simulationsprogramme	25
1.4.2	Flugverkehrs-Simulationsprogramme.....	27
2	Workshops mit Luftfahrtoperatoren.....	28
2.1	Konzeption der Workshops	28
2.2	Ergebnisse des Zukunftswshops mit Fluglotsen.....	29
2.2.1	Kritikphase der Fluglotsen	29
2.2.2	Fantasiephase der Fluglotsen.....	32
2.2.3	Verwirklichungsphase der Fluglotsen.....	33
2.3	Ergebnisse des Zukunftswshops mit Piloten.....	35
2.3.1	Kritikphase der Piloten	35
2.3.2	Fantasiephase der Piloten.....	36
2.3.3	Verwirklichungsphase der Piloten.....	38
2.4	Konzeption eines gemeinsamen Workshops	40
2.5	Ergebnisse des gemeinsamen Workshops	42
2.5.1	Projektphase.....	43
2.5.2	Simulationsphase.....	44
2.5.3	Einschätzung der Anforderungen.....	44
3	Auswahl von Zukunftsszenarien und Validierung.....	46
3.1	Reanalyse von dokumentierten Vorkommnissen.....	47
3.2	Überprüfung der medizinischen Anforderungen.....	51
3.3	Überprüfung bestehender Blickbewegungsdaten (z.B. MOSES).....	53
4	Literatur.....	55
	Anhang A.....	58
	Anhang B.....	65

„Auf dem Weg in ihr drittes Zeitalter wird die Luftfahrt immer neue technische Innovationen brauchen. Nicht nur am Himmel, sondern vor allem am Boden“ (Wittig, 2005). Diese unter dem Leitthema ‚Vision 2020‘ getroffene Aussage soll im Projekt Aviator 2030 aus Sicht der Luftfahrtpsychologie im DLR um mögliche Innovationen im Bereich der Humanfaktoren erweitert werden. Bezüglich der Ausformung zukünftiger ATM Systeme bestehen derzeit unterschiedliche Konzepte und Interessenlagen. Allen Entwürfen gemeinsam ist der Anspruch, die erwarteten Verkehrszuwächse durch technologisch orientierte Lösungen zu ermöglichen. Entwicklungen der technischen Systeme und der organisatorischen Strukturen sind dabei zentrale Herausforderungen des 21. Jahrhunderts.

Was ist auf dem Bereich des Human Operators zu erwarten? Werden die klassischen Luftfahrtberufe Pilot und Fluglotse sich stärker als in der Vergangenheit verändern, werden ihre Arbeitsbereiche sich einander angleichen? Oder wird, vielleicht eher wahrscheinlich, ein neues Tätigkeitsbild, der ‚Aviator‘ entstehen? Es wird ein Zukunftskonzept ATM aus Sicht der beruflichen Experten entwickelt und an gekoppelten Simulationsanlagen erprobt. Zukünftige Fähigkeitsanforderungen an operationelle Luftfahrtberufe werden frühzeitig bestimmt: Für die Hauptkunden der Eignungsuntersuchungen bei ME PS ist die rechtzeitige Anpassung von Auswahlverfahren essentiell um langfristig über die richtigen Mitarbeiter zu verfügen.

In einer ersten Projektphase (HAP1) wurden ein Überblick zum Kenntnisstand, ein Zukunftskonzept aus Sicht derzeitiger Luftfahrtoperatoren und die Validierung dieses Zukunftskonzepts durchgeführt. Aus diesem Zukunftskonzept werden Zukunftsszenarien abgeleitet, die anschließend in Simulationsstudien mit Operatoren getestet werden. Dafür wird eine Simulationsumgebung entwickelt, in der die Veränderungen seitens der Flugführung und Flugsicherung kombiniert untersucht werden können. Auf diesem Wege werden potentielle Veränderungen der Anforderungen an Aviatoren identifiziert. Dieses bildet die Grundlage für die Anpassung der Auswahlprofile und –verfahren (Abbildung 1: Phasen von Aviator 2030).

Der Bericht beginnt mit einer Übersicht über den Forschungs- und Entwicklungsstand (Kapitel 1). Es folgt eine Ergebnisdarstellung der Workshops jeweils mit erfahrenen Fluglotsen und Piloten, bei denen Zielvorstellungen entwickelt und in einem gemeinsamen Workshop integriert wurden (Kapitel 2). Darauf aufbauend wurden einzelne Zukunftsszenarien ausgewählt, die durch eine Reanalyse dokumentierter besonderer Vorkommnisse validiert wurden (Kapitel 3).

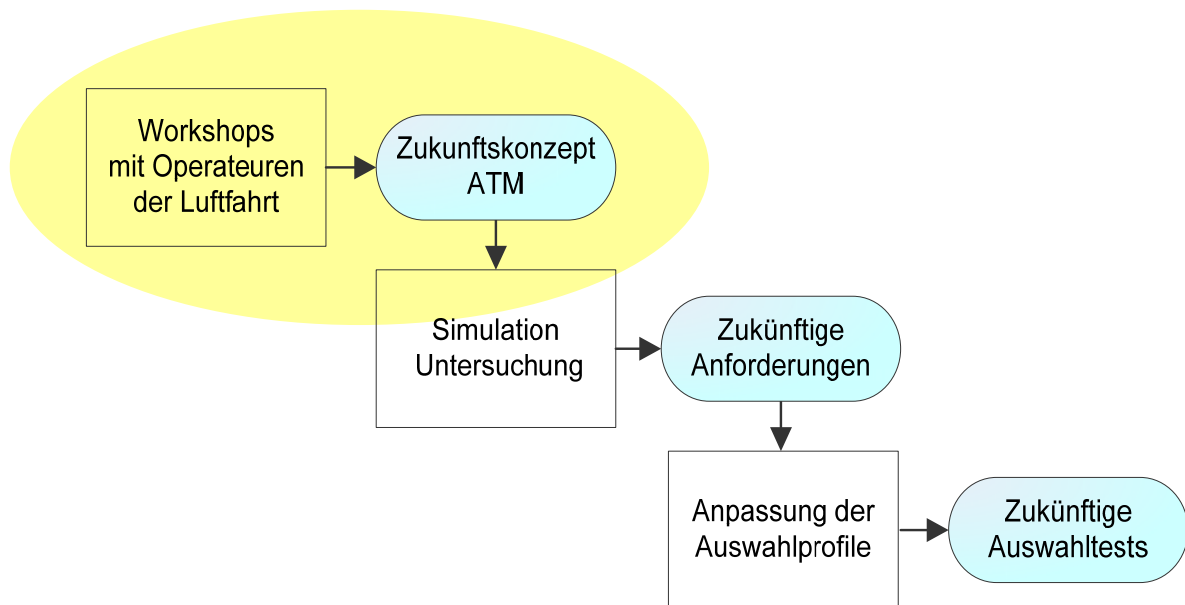


Abbildung 1: Phasen von Aviator 2030

1 Forschungs- und Entwicklungsstand

In einer umfangreichen Recherche werden bestehende Zukunftsentwürfe für das Luftverkehrsmanagement gesammelt und im Abschnitt 1.1 zusammengefasst. Für die Untersuchung der Zukunftsszenarien in Simulationsstudien waren Kenntnisse zu geeigneten Blickanalysesystemen und –parametern notwendig, die im folgenden Abschnitt 1.2 dargestellt werden. Die für die Untersuchung zukünftiger Überwachungsaufgaben nötigen Bewertungskategorien werden im Abschnitt 1.3 aufgezeigt. Das Kapitel endet mit einer Sichtung verfügbarer *Low-Fidelity* Simulationen als Grundlage der geplanten Simulationsstudien (Abschnitt 1.3.2).

Hinsichtlich eines Vergleichs bestehender diagnostischer Anforderungen von Piloten und Fluglotsen wird auf die Erkenntnisse des DLR-Projektes zur Entwicklung des MMTP zurückgegriffen. Außerdem wurde im Rahmen des integrierten Workshops ein Vergleich zwischen derzeitigen und zukünftigen Anforderungen an das Luftfahrtpersonal durchgeführt. Die Ergebnisse werden in Abschnitt 2.6 dargestellt.

1.1 Darstellung dokumentierter Zukunftsentwürfe ATM

Die Einschätzung zukünftiger ATM-Konzepte erfordert die Kenntnis aktueller Entwürfe. Es folgen Kurzdarstellungen zentraler Zukunftsentwürfe: CAATS (Cooperative Approach to Air Traffic Services), C-ATM (Cooperative Air Traffic

Management), *ConOps* (Zukunftskonzept von EUROCONTROL für 2011), *ERASMUS* (En Route Air Traffic Soft Management Ultimate System), *IFATS* (Innovative Future Air Transport System), *NGATS* (Next Generation Air Transportation System), *PHARE* (Programme for Harmonised ATM Research in EUROCONTROL) und *SESAR* (Single European Sky ATM Research).

1.1.1 CAATS: Cooperative Approach to Air Traffic Services

CAATS und CAATS II sind Projekte im 6. EU Rahmenprogramm, die von ISDEFE (Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España) in Spanien koordiniert werden. In CAATS arbeiten Projektpartner staatlicher und wirtschaftlicher Organisationen zusammen, so z.B. EUROCONTROL (European Organisation for the Safety of Air Navigation - Experimental Centre), INECO (Ingeniería y Economía del Transporte S.A.), NATS (en Route), NLR (Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium), RC-AUEB (Athens University of Economics and Business Transportation Systems and Logistics Laboratory), TUD (Technische Universität Dresden, Institut für Luftfahrt), DFS (Deutsche Flugsicherung GmbH) und BOEING (Boeing Research & Technology Center). Eine vollständige Übersicht befindet sich auf der Projektwebseite: <http://www.caats.isdefe.es/>. CAATS (2004-2006) und CAATS-II (2006-2008) sind nahezu abgeschlossen.

In CAATS wurden auf Grundlage offener Workshops die Prozesse von 14 FP6 ATM-Projekte in den Bereichen *Safety*, *Human Factors*, *Validation*, *Business* und *Environment* auditiert. Die Ergebnisse wurden in Empfehlungen für die Durchführung von Projekten, sog. *Best Practice Manuals* festgehalten. Das Hauptziel der Arbeit ist die koordinierte Konsolidierung und Verbreitung von Erkenntnissen aus europäischen ATM Projekten. In CAATS geht es nicht um die Erfindung neuer Zukunfts-Technologien oder Verkehrskonzepte sondern darum, wie Operabilität, Durchführbarkeit, Verträglichkeit und Akzeptanz neuer ATM-Verfahren nachgewiesen werden kann. CAATS konzentrierte sich insbesondere auf die Bereiche „Safety“, „Human Factors“ und „Validation“, die in CAATS II durch „Business“ und „Environment“ ergänzt wurden. Die Integration von Forschungsergebnissen mit dem Ziel eines „Single European Sky“ erfolgt auf Grundlage abgestimmter Verfahrensstandards. Grundlage ist das Konzeptmanual „European Operational Concept Validation Manual“ (E-OCVM) der Eurocontrol. Explizites Ziel ist die Harmonisierung von Forschungsmethodologien für ATM in Europa, wobei cockpit-seitige Forschungsprojekte nicht explizit berücksichtigt werden. Das Vorgehen bestand darin, aus verfügbaren Projektdokumenten, Regelwerken und Standards gängige Vorgehensweisen und Lösungswege abzuleiten. Diese wurden verglichen und in öffentlichen Workshops gewichtet, um

generelle Durchführungsempfehlungen zu extrahieren. Erfolgreich erprobte Lösungswege, die sich der Erreichung von Kernzielen in auditierten Modellprojekten als dienlich erwiesen haben, wurden als verbindliche Leitlinien festgehalten. Daraus wurden dann sogenannte „Cases“ generiert, standardisierte Vorgehensvorschriften für die verbindliche Klärung einer bestimmten Fragestellung (z.B. Business-Case, Safety-Case).

1.1.2 C-ATM: Cooperative Air Traffic Management

C-ATM war ein Forschungsprojekt der EU-Kommission im Bereich ATM. Es zielte auf die Ausarbeitung eines operationalen Konzepts ab, welches 2012 eingeführt werden sollte. Im Projekt waren folgende Organisationen beteiligt: *AIRBUS* (France), *AENA* (Entidad Publica Empresarial Aeropuertos Espanoles y Navegación Aérea), *TATM* (Thales ATM), *SELEX Sistemi Integrati*, *BAES* (BAE SYSTEMS Avionics limited), *DFS* (Deutsche Flugsicherung GmbH), *DLH* (Deutsche Lufthansa AG), *DLR* (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.), *DSNA* (Direction des Services de la Navigation Aérienne), *ERC* (The European Organisation for the Safety of Air Navigation), *INDRA Sistemas*, *INECO* (Ingeniera y Economia del Transporte), *ISDEFE* (Ingeniera de Sistemas para Ja Defensa del Espana), *LFV Luftfartsverket* (Swedish Civil Aviation Administration), *NLR* (Stichting Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium), *Conorzio SICTA*, *SOFREAVIA* (Société Française d'Etudes et de Realisations d'Equipements Aéronautiques), *Thales Avionics S.A.*, *NATS En Route Ltd*, *LVNL* (Air Traffic Control The Netherlands), *Alitalia S.p.a.* und *ENAV S.p.a.*.

C-ATM war ursprünglich als 5-jähriges Projekt geplant und zielte auf Erprobungen in operationeller Umgebung ab. Durchgeführt wurde nur Phase 1 („initial activities“), deren Ergebnisse als wichtiger Input für die Definitions-Phase von SESAR dienen sollten. Phase 2 und 3 wurden durch SESAR (siehe Abschnitt 1.1.8) überflüssig. C-ATM Phase 1 wurde im März 2006 nach 21 Monaten abgeschlossen.

C-ATM arbeitet weitgehend mit den bestehenden Konzepten von Piloten und Fluglotsen. Es werden keine eigenen neuen Systeme entwickelt, sondern verschiedene Systeme aus anderen Projekten integriert. So soll die Arbeit beider Berufsgruppen vereinfacht und effizienter gemacht werden, um erhöhtes Verkehrsaufkommen im Luftraum zu ermöglichen. Die Berufsbilder Fluglotse und Pilot bleiben bestehen, lediglich die Aufgaben verändern sich. Beide Berufsgruppen

verändern ihre Rollen und Perspektiven weg von einem taktischen hin zu einem strategisch geregelten System (Layered Planning), das dem Gesamtnetzwerk und den Geschäftszielen der Luftraumnutzer nutzen soll.

Zentrale Elemente des technischen Ansatzes sind Network Operations Plan, 4D-Plan, Dynamische Sektorisierung, SWIM (System Wide Information Management), Data Link und ASAS (Airborne Separation Assistance System):

- *Network Operations Plan* ist ein Datenspeicher für verknüpfte strategische und ergänzende taktische Pläne, die Nachfrage und Kapazität abdecken sowie Einschränkungen und vordefinierte Lösungen zu häufigen Vorkommnissen und Störsituationen enthalten.
- Ein *4D-Plan* liegt von jeder Route vor.
- Bei der *dynamischen Sektorisierung* erfolgt die Sektorkonfiguration abhängig vom vorhergesagten Verkehrsfluss.
- Durch *SWIM* werden alle Interessenvertreter in das ATM System integriert und tauschen die benötigten Daten aus.
- Mittels *Data Link* werden 4D-Pläne, Pre-Departure Trajektorien und 4D-Umplanungen übermittelt, nur zeitkritischen Klärungen erfolgen über Funk.
- Mit *ASAS* ausgestattete Luftfahrzeuge überwachen die Separation zum umgebenden Verkehr autonom und halten diese auch ein.

1.1.3 ConOps: Concept of Operations von EUROCONTROL für 2011+

ConOps (Concept of Operations) ist wesentlicher Input für das OATA-Projekt (Overall ATM/CNS Target Architecture) von EUROCONTROL, wobei CNS für *Communication, Navigation and Surveillance* steht. Autoren von ConOps sind Ian Ramsay, Jose Varela und Alessandro Prister. ConOps ist auf der höchsten Integrationsebene innerhalb der EUROCONTROL angesiedelt.

Das Projekt befindet sich gerade in Phase 3 (von 4); der Zeithorizont für die Verwirklichung ist 2011. In ConOps werden Prozessen, Funktionen, Akteuren, ihrer Rollen und Verantwortlichkeiten identifiziert. Für das Gesamtsystem ATM wird mit der Perspektive *gate-to-gate* die Interaktionen und der Informationsfluss detailliert beschrieben. Die Beschreibung erfolgt in Form von *use-cases*. ConOps ist realitätsnah, da nur bereits vorhandene Systeme „verwendet“ werden. Alle heute bekannten Systemkomponenten wie militärischer Luftraum, Gepäckverladung, allgemeine Fliegerei usw. werden bedacht.

Die Rollenverteilung zwischen Piloten und Fluglotsen bleibt weitestgehend erhalten. Seitens der Piloten ergeben sich folgende Veränderungen: Der Flugplan wird ggf. als 4D-Trajektorie durchgeführt, die Kommunikation erfolgt mit ATC via Data Link und die sie haben die Verantwortung für die visuelle Separation im Endanflug. Seitens der Fluglotsen wird ein Multi-Sektor-Planer (MSP) den Planungslotsen ersetzen. Der Planungshorizont wird 20 min betragen. Der MSP arbeitet computerunterstützt und informiert den Executive Controller, der mit dem Piloten R/T oder Data Link kommuniziert.

Zentrale Elemente des technischen Ansatzes sind: *4-D-Trajektorien*, *Data-Link*, *Satellitengestützte Navigation (P-RNAV)*, *New FDPS*, *SYSCO*, *A-SMGCS* und *AMAN / DMAN*:

- *4-D-Trajektorien* sorgen für eine Planung der Trajektorie von gate-to-gate.
- *Data-Link* (CASCADE, Link 2000+) verdrängt den Sprechfunk, z. B. Freigabe von taxiways und Anmeldung im Sektor. Außerdem stehen Flight Plan Consistency (FLIPCY) und Graphical Trajectory Coordination (GRECO) zur Verfügung.
- Die Navigation erfolgt satellitengestützt. Mit *P-RNAV* (Precision Radio Navigation) führt Eurocontrol ein einheitliches Verfahren zur wegpunktbasierten Navigationsführung im Nahverkehrsbereich von Flugplätzen (Terminal Area) ein.
- *New FDPS* (Flight Data Processing System) ermöglicht die flexible Nutzung des Luftraums, die 4-D-Trajektorienbestimmung und eine automatisierte Konflikterkennung (MTCD).
- *SYSCO* (System Supported Coordination) koordiniert die Bildschirme benachbarter Lotsen.
- Es werden *A-SMGCS* (Advanced Surface Movement Guidance and Control System) und *AMAN/DMAN* (Arrival/Departure Management System) integriert.

1.1.4 ERASMUS: En Route Air Traffic Soft Management Ultimate System

ERASMUS ist ein Projekt der europäischen Union und gehört zum europäischen FP 6 (DG TREN) *Innovative Air Traffic Management Research Programm*. Beteiligte Institute sind EUROCONTROL (Experimental Centre, France), ETH-IfA (University of Zurich, Institut für Automatik), Honeywell (USA), University of Linköping (Sweden), SICTA (Sistemi Innovativi per il Controllo del Traffico Aereo, Italy) und DSNA/DGAC (Direction des Services de la Navigation Aérienne, France). ERASMUS wurde am 11.05.2006 gestartet und hat eine Laufzeit von 3 Jahren. Es baut auf dem Vorgängerprojekt ERATO auf und ist auf 2020 ausgerichtet.

ERASMUS zielt darauf ab, eine innovative Lösung für ATM vorzuschlagen, mit der die Herausforderungen der Zukunft, eine Steigerung der Effizienz und Sicherheit des europäischen Luftverkehrs erreicht werden können. Die bisherigen Flugsicherungssysteme sollen verstärkt automatisiert werden, die Organisation und der Aufbau des Flugverkehrs (Sektoreneinteilung) sollen aber beibehalten werden. Durch moderate Automatisierung soll der Fluglotse bei seiner Tätigkeit unterstützt werden. Die *Situational Awareness (SA)* des Fluglotsen soll dabei aufrechterhalten werden, damit jederzeit seitens des Fluglotsen ohne Neuorientierung in den Luftverkehr eingegriffen werden kann.

Es ist angedacht, die Verantwortlichkeiten vom Boden in die Luft zu verlagern, wobei das klassische Aufgabengebiet des Fluglotsen erhalten bleibt (Beratung und Kontrolle). Ebenso greift der Fluglotse in Notsituationen ein. Entscheidungen werden jedoch verstärkt in Koordination mit dem Piloten getroffen. Cockpit-seitig sind ein komplexeres FMS vorgesehen, was zu erhöhten Anforderungen in der Überwachung seitens des Piloten führt.

Zentrale Elemente des technischen Ansatzes sind eine *Doppel-Analyse* des Luftraums, *Subliminary Control*, *ATC-Autopilot* und *MTCD* (Enhanced Medium Term Conflict Detection):

- Bei der *Doppel-Analyse* des Luftraums werden auf PC-Basis zwei Sichtweisen ein und derselben Luftraumsituation erfasst und integriert: die des menschlichen Operateurs und die einer technischen Rechneranalyse. Das Ergebnis der Analyse wird dem Fluglotsen vorgegeben, dieser entscheidet, welche Probleme der Rechner und welche er selbst löst.
- Durch *Subliminal Control* werden kleinere Anpassungen („minor adjustments“) der Sink- und Steigrate sowie Geschwindigkeit von einem ATM-Automationssystem vorgenommen, ohne dass der Fluglotse hierbei seine Situation Awareness verliert, bzw. sich neu orientieren muss. Diese minor adjustments sollen bereits im Vorwege Konflikte gar nicht erst entstehen lassen. In Gefahrensituationen kann sich der Fluglotse sofort wieder einschalten, da die Luftfahrzeuge grundsätzlich noch immer das ausführen, was von ihm vorgegeben wurde. Dadurch soll dem FL mehr Zeit für die verbleibenden Konflikte bleiben.
- Ein ATC-Autopilot soll - ähnlich einem FMS - die reine Rechenarbeit bei der Analyse der Situation (auf Basis rein technischer Gegebenheiten sowie auf Basis eines kognitiven Modells des Fluglotsen) übernehmen, jedoch die Entscheidungskompetenz verbleibt beim Fluglotsen.

- Der Fluglotse wird durch ein MTCD (Enhanced Medium Term Conflict Detection) unterstützt, welches via Data Link aktuelle Flugdaten und –informationen zwischen Fliegern austauscht und so Konflikte zwischen Luftfahrzeugen identifiziert.

1.1.5 IFATS: Innovative Future Air Transport System

IFATS ist ein Projekt der europäischen Union und gehört zum europäischen FP 6 Programm, Bereich *Aeronautics and Space* (key action: *Improving aircraft safety and security*). Teilnehmende Institute sind ONERA (Office National d'Etudes et de Recherche Aérospatiales, France), EADS (Defence and Security Systems SA, France), Israel Aircraft Industries (Israel), Thales Communications SA (France), Alenia (Aeronautica S.p.A, Italy), Erdyn Consultants (France), DLR (Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt e.V., Germany), DSNA (Direction des Services de la Navigation Aérienne, France), ScpA (Centro Italiano Ricerche Aerospaziali, Italy), University of Patras (Greece) und Technion-Israel (Institute of Technology, Israel). IFATS endete 2007 mit einer Ergebnisvorstellung in Paris. Eine Neuauflage ist derzeit nicht vorgesehen.

IFATS entwickelte ein globales Konzept, welches auf einem planetary scale-Ansatz beruht, d. h. alle möglichen Luftfahrzeuge mit einzubeziehen (inkl. UAV). Ergebnis ist ein theoretisches Papier einschließlich einer Machbarkeitsanalyse. Ziel war eine größtmögliche Automatisierung, d.h. die technischen Systeme ersetzen weitestgehend den Mensch mit seinen bisherigen Aufgaben (Pilot, Fluglotse). Die Kommunikation erfolgt größtenteils über Data Link. In Notfallsituationen kann vom Boden aus eingegriffen werden. Es besteht ein hohes Maß an strategischer Planung. Hinsichtlich der Aufgabenverteilung ergeben sich dadurch einige Veränderungen: Für den Fluglotsen sind die klassischen Aufgabengebiete der Beratung und Kontrolle nicht mehr vorgesehen. Vielmehr geht der Trend in Richtung Systemüberwachung. Cockpit-seitig ist eine vollständige Automatisierung vorgesehen, so dass die Flugzeuge autonom fliegen. Eventuell überwacht noch ein Pilot an Bord die Systeme. Ein neues Tätigkeitsfeld ist vorgesehen: ein Operateur überwacht die Planung sowie den Informationsaustausch am Boden.

Zentrale Elemente sind *Network centric architecture*, *4d-Contract*, *Bubbles*, *Tubes*:

- *Network centric architecture* ist ein weltweites Netz von Kommunikations- und Datenübertragungsverbindungen zum kontinuierlichen Austausch von Informationen sowie lokale Netzwerke in der Luft (Erfassung der aktuellen Situation in einem begrenzten Flugsektor, z.B. Wetter; Unterstützung in Notfällen). Die Sektor-Organisation wird aufgelöst.

- Der *4d-Contract* (4d: 4-dimensional: Höhe, Position, Zeit) stellt eine vorausberechnete Passage für ein Luftfahrzeug dar. Jedes LFZ benötigt einen 4dC. Diese werden vom Air Transport System Management (operative Zentrale) generiert nach Anfrage durch Airline bzw. Flugzeughalter. Halten sich alle LFZ an ihre 4dC, wird ein konfliktfreies fliegen garantiert.
- *Bubbles* sind Sicherheitsbereiche um ein LFZ herum. Dieser Sicherheitsbereich ermöglicht in begrenztem Maße eine Variation von Flugparametern (Geschwindigkeit, Höhe, Position)
- *Tubes* sind für ein LFZ vordefinierte 4-dimensionale Flugroute.

1.1.6 NGATS: Next Generation Air Transportation System (NextGen)

Autor von NGATS ist die U.S. Regierung vertreten durch: Department of Transportation, White House Office of Science and Technology, Department of Homeland Security, Department of Defense, Department of Commerce, Federal Aviation Administration und die NASA. Die Arbeit der öffentlichen und privaten Interessenvertreter wird vom „Joint Planning and Development Office“ (JPDO) koordiniert und integriert. Die Arbeit des JPDO wird durch das Senior Policy Committee unter Leitung des „Secretary of Transportation“ beaufsichtigt.

2006 hat die JPDO zwei zentrale Dokumente erstellt: *Operational Improvements Roadmap* (OI Roadmap) und 2007 eine überarbeitete Fassung des *NGATS Concept of Operation* (CONOPS). Die *CONOPS* beschreiben die Hauptfaktoren, die die operationellen Abläufe eines vollständigen Flugs beeinflussen. Die *CONOPS* werden daraufhin laufend aktualisiert. Das JPDO hat das gesamte Vorhaben in acht Schwerpunktaktivitäten¹ aufgeteilt, die in der Verantwortung der *Integrated Product Teams* (IPT) liegen. 2007 wird die *Enterprise Architecture* veröffentlicht, die eine Serie von Entwürfen enthält, die die einzelnen Funktionalitäten und deren Interaktion genauer beschreiben. Darauf aufbauend werden die Konsequenzen für die Akteure im künftigen Luftfahrtsystem deutlicher. 2007 begann die beschleunigte Entwicklung von *ADS-B* (Automatic Dependent Surveillance – Broadcast) und *SWIM* (System-wide Information Management), 2007-2025 ist die

¹ 1. Develop Airport Infrastructure to Meet Future Demand. 2. Establish an Effective Security System without Limiting Mobility or Civil Liberties. 3. Establish an Agile Air Traffic System. 4. Establish User-specific Situational Awareness. 5. Establish a Comprehensive Proactive Safety Management Approach. 6. Environmental Protection that Allows Sustained Economic Growth. 7. Develop a System-wide Capability to Reduce Weather Impacts. 8. Harmonize Equipage and Operations Globally“

schrittweise Einführung der acht Schwerpunktaktivitäten geplant. Ab 2020 soll *ADS-B* für bestimmte Lufträume vorgeschrieben und 2025 soll *NGATS* voll umgesetzt sein.

Die *NGATS CONOPS* sollen einen umfassenden integrierten Überblick über die Operationen im Lufttransportsystem der nächsten Generation liefern einschließlich einer Übergangsphase vom heutigen System. Harmonisierung und Interoperabilität von Ausrüstung, Verfahren und Standards stellen den Schlüssel für die Integrität des Systems dar. Im *NGATS* werden eine Reihe von Akteuren des zukünftigen ATM beschrieben: *ANSP-Personal* (Air Navigation Service Provider), Operationszentrale der Luftfahrzeuge, Betreiber (Flug-/Verkehrsplaner) und Piloten im Luftfahrzeug und am Boden. Nicht mit gerechnet wird an dieser Stelle das gesamte Bodenpersonal für die Abfertigung an den Flughäfen.

Die einzelnen Rollenbeschreibungen der menschlichen Akteure in *NGATS* sind abstrakt, da Verfahren und Gerätschaften erst entwickelt werden. Die Verantwortung für Entscheidungsprozesse bezüglich des Luftverkehrs soll zwischen den Beteiligten gleich verteilt werden. Längerfristigen strategischen Planungen von Verkehrsflüssen wird der Vorzug gegenüber kurzfristigen taktischen Entscheidungen bezüglich einzelner Luftfahrzeuge gegeben. Der dazu benötigte stärkere Informationsaustausch aller Beteiligten wird durch *SWIM möglich*. In Fragen der Kapazität und des Verkehrsflussmanagements arbeitet *ANSP-Personal* stärker mit den Verkehrs-/Flugplanern zusammen. Die Luftfahrzeug-Besatzung spielt eine größere Rolle in taktischen Fragen der Verkehrsführung (z.B. Selbst-Separierung). Durch neue Technologien z.B. fortgeschrittene automatische Entscheidungshilfen werden alle Akteure in der Zusammenarbeit unterstützt.

Das *ANSP-Personal* ist bei *TBOs* (Trajectory-based Operation) für das Capacity Management (inkl. Sektorplanung), Flow Contingency Management, Trajectory Management und Separation Management zuständig. Die Flugverkehrskontrolle (ähnlich Flugführung) im klassischen Sinne existiert nur noch für Flüge außerhalb der *TBO-Lufträumen*. Bei Gerätefehlern erfüllen sie Backup-Funktionen (z.B. Eliminierung von Rest-Konflikten). Die Piloten (Single, Multiple und Remote) kontrollieren einen einzelnen Flug, sind am Trajectory- und Separation Management beteiligt. Sie übernehmen zukünftig mehr Verantwortung beim taktischen Flug-Management (z.B. Selbst-Separierung, sofern delegiert vom *ANSP*). Computergestützte Entscheidungshilfen unterstützen sie dabei (z.B. integrierte 3D-Video-Informationen mit Verkehrs-, Gelände- und Wetterinformationen). Bei Gerätefehlern erfüllen sie Backup-Funktionen. Die Verkehrs-/Flugplaner arbeiten

mit dem ANSP Personal zusammen. Es besteht C-ATM in den Bereichen Capacity Management, Traffic Flow Management und Trajectory Management. Sie sind für die interne Planung zuständig, um Flugpläne und Trajektorien flexibel zwischen Flotten und Flugzeugen zu optimieren.

Zentrale Elemente des technischen Ansatzes sind:

- SWIM – System-Wide Information Management.
- ADS-B – Automatic Dependent Surveillance-Broadcast.
- CDTI - Cockpit Display of Traffic Information.
- CSA – Advanced Cockpit Situation Display.
- NEO – Network-Enabled Operations.
- NEWIS – Network Enabled Weather Information Sharing.
- TBO – Trajectory-Based Operation.
- C-TFM – Collaborative Traffic-Flow Management.

1.1.7 PHARE: Programme for Harmonised ATM Research in EUROCONTROL

Das Programm zur Harmonisierung der ATM-Forschung bei Eurocontrol war ein gemeinschaftliches Forschungsprojekt, welches europaweit die Forschungsprojekte im Bereich ATM integrierte. Projektpartner waren: *EUROCONTROL* Agency, *CENA* (Centre d'études de la navigation aérienne), *STNA* (Service technique de la navigation aérienne), *NLR* (Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium), *RLD* (Rijksluchtvaartdienst), *LVNL* (Luchtverkeersleiding Nederland), *DLR* (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt), *DFS* (Deutsche Flugsicherung GmbH), *UK CAA* (Civil Aviation Authority), *NATS* (National Air Traffic Services) und *DERA* (Defence Evaluation and Research Agency).

PHARE startete 1989 und wurde 1999 abgeschlossen. Im Abschlussbericht wurde geschlussfolgert: "The large real-time simulations performed demonstrated, but did not prove the PHARE operational concept of a known trajectory environment using exchange of ground and 4D FMS information over datalink. Due to the limitations of real-time simulations in the number of exercises and lack of exception-handling ability, it cannot be stated that PHARE has proven in quantitative terms that airspace capacity could be increased. However, where the operational procedures and working methods were adapted to make full use of the tools, it was shown that the concept is feasible in an environment with twice the amount of traffic of today, with acceptable controller workload." (PHARE final report, S. 49).

PHARE arbeitete weitgehend mit den bestehenden Konzepten von Piloten und Fluglotsen. Entwickelt wurden verschiedene Systeme, die die Arbeit beider Berufsgruppen vereinfachen und effizienter machen sollen, um erhöhtes Verkehrsaufkommen im Luftraum zu ermöglichen. Teile des Konzepts wurden bereits implementiert (z.B. Arrival Manager). Die einzelnen Bausteine lassen sich sowohl in dem bestehenden System, als auch in anderen Konzepten von Luftfahrtoperatoren verwenden. Die Berufsbilder Fluglotse und Pilot bleiben bestehen, lediglich die Aufgaben verändern sich.

Zentrale Elemente des technischen Ansatzes sind *AHMI* (Airborne Human Machine Interface), *GHMI* (Ground Human Machine Interface), *4D-Trajektorien* und *PATs* (PHARE Advanced Tools):

- AHMI sind erweiterte Navigation Displays (NDs), die entwickelt wurden, um Piloten die graphische Konstruktion und Modifikation von lateralen und vertikalen Profilen zu vereinfachen.
- Mit GHMI wurden Spezifizierungen für die nächste Generation von ATC-Arbeitspositionen entwickelt. GHMI arbeitet mit Funktionen wie Farben, Fenstern und graphischen Manipulationen von Objekten. Vieles davon wurde mittlerweile in andere Programme übernommen.
- Es werden 4D-Trajektorien verwendet, die die Route jedes Flugzeugs örtlich und zeitlich (4D) exakt beschreiben und es erlauben, jeden einzelnen Flugabschnitt strategisch zu planen. Konflikte im Luftraum können so besser erkannt und vermieden werden.
- Mit PATs wurden weitere Tools integriert: Trajectory Predictor, Multi Sector Planner & Tactical Load Smoother, Arrival Manager, Departure Manager, Conflict Solving Assistance, Cooperative Tools, Flight Path Monitor, Negotiation Manager und Problem Solver.

1.1.8 SESAR: Single European Sky ATM Research

In SESAR arbeiten erstmalig unter Steuerung von Eurocontrol alle großen Interessengruppen der europäischen Luftfahrt mit. Das SESAR Consortium setzt sich zusammen aus: Airspace Users, Air Navigation Service Providers (ANSPs), Airport Operators und Zulieferindustrie (europäisch und nicht europäisch). Akteure von SESAR sind: AEA (Association of European Airlines), ADP (Aéroports de Paris), AENA (Aeropuertos Espanoles y Navegacion Aérea), AIRBUS, Air France, Air Traffic Alliance E.I.G / G.I.E, Amsterdam Airport SCHIPHOL, Austro Control GmbH, BAA (UK airport group), BAE Systems, DFS (Deutsche Flugsicherung GmbH), Deutsche Lufthansa AG, DSNA (Direction des Services de Navigation Aérienne), EADS, ENAV,

ERA (European Regions Airline Association), FRAPORT, IAOPA (International Council of Aircraft Owner and Pilot Association), IATA (International Air Transport Association), Iberia, INDRA, KLM, LfV (Luftfartsverket), LVNL (Air Traffic Control The Netherlands), Munich International Airport, NATS (National Air Traffic Services), NAV Portugal, SELEX Sistemi Integrati, THALES ATM, THALES AVIONICS. Assoziierte Partner sind Sicherheitsbehörden, militärische Organisationen, Interessenverbände (Piloten, Fluglotsen und Ingenieure) und Forschungszentren, wie z. B. ATC EUC, Boeing, CAA UK, ECA, ETF, EURAMID, IFATCA, IFATSEA, Honeywell, Rockwell-Collins, Dassault (representing EBAA). Research Centres: AENA, DFS, DLR, DSN, INECO, ISDEFE, NLR, SICTA, SOFREA VIA.

SESAR stellt ein europaweites Programm dar, welches den Luftverkehr in ganz Europa vereinheitlicht, integriert und synchronisiert. In der Definitionsphase (2005–2008) wurde ein europäischer Masterplan erarbeitet, der, basierend auf den zu erwartenden, zukünftigen Anforderungen des Luftverkehrs, die Maßnahmen definierte, die zur Erreichung der Ziele unternommen werden müssen. Die Entwicklungsphase (2008–2013) beinhaltet alle notwendigen Aktivitäten, um die Einführung des in der Definitionsphase entwickelten Masterplans vorzubereiten. Dazu gehören beispielsweise detaillierte Aktionspläne sowie alle notwendigen gesetzgeberischen Maßnahmen. Für die Umsetzungsphase (2014–2020) haben sich die Luftverkehrspartner verpflichtet, die zuvor beschlossenen Maßnahmen gemeinsam zu koordinieren, zu managen und in die Wirklichkeit umzusetzen.

Die Rolle des menschlichen Akteurs im System wird auch in stark automatisierter Umgebung als sehr wichtig angesehen. Menschliche Operateure werden als die flexible und kreative Instanz gesehen, die in der Lage ist unvorhergesehene Ereignisse (und die wird es immer geben) zu managen. Von einer längerfristigen Perspektive aus gesehen (2020) wird das europäische Luftverkehrsmanagement ein mensch-zentriertes System bleiben. Der Beitrag des Menschen ist und bleibt der bedeutendste Faktor hinsichtlich der Leistung des ATM. Gleichzeitig besteht aber kein Zweifel, dass sich die Rollenverteilung und die Arbeitsstrukturen durch ein steigendes Maß an Automatisierung ändern werden. Daraus werden auch große Veränderungen und Herausforderungen für die menschlichen Akteure erwartet. Für die Fluglotsen ergeben sich folgende Aufgaben: Sie bleiben aktive Teilnehmer bei strategischen und taktischen Maßnahmen. Unter bestimmten Umständen (bestimmte Separation-/Spacing Aufgaben) können Aufgaben an den Piloten übergeben werden. Piloten haben die ultimative Verantwortung für die Sicherheit des Flugzeuges. Fluglotsen und Piloten werden durch eine Vielzahl erweiterter

Automatisierungsfunktionen unterstützt. Für beide Berufsgruppen geht der Trend in Richtung Systemüberwachung und *exception handling*.

Zentrale Elemente des technischen Ansatzes sind Business Trajectory, From tactical to strategic ATM, SWIM und En-Route-to-En-Route statt Gate-to-Gate Ansatz:

- Die *Business Trajectory* (BT) ist aus der Perspektive eines Luftraumnutzers (z.B. Airline oder Militär) die beste Gesamtlösung für einen Flug, z. B. minimale Flugzeit oder möglichst geringe Kosten. Bei der Durchführung müssen die Sicherheit gewährleistet sein und Aspekte des Umweltschutzes in Betracht berücksichtigt werden. Grundlage für die BT ist eine 4D- Trajektorie, der dann noch zusätzliche Informationen über die wichtigen BT-Eigenschaften des Fluges hinzugefügt werden.
- Es wird eine Veränderung von taktischem hin zu strategischem ATM geben. Das bedeutet, die ATM-Philosophie *management by tactical intervention* wird mehr und mehr durch den strategisch ausgerichteten Ansatz *management by planning and tactical intervention by exception* ersetzt.
- Ein Element ist SWIM zum systemweiten Informationsmanagement und kollaborativer Entscheidungsfindung.
- Es wird einen Wechsel von *En-Route-to-En-Route-* zum *Gate-to-Gate-*Ansatz geben, so dass zusätzlich die Prozesse am Boden und Flughafen Berücksichtigung finden. Nur so können Folgeverspätungen reduziert werden.

1.2 Erfahrungen zur Leistungsmessung mit Blickverfolgungssystemen

Für das Projekt „Aviator 2030“ wird ein berührungsloses Blickverfolgungssystem gefordert, um Rückwirkungen auf den Probanden zu verhindern. Erfahrungen aus dem DLR-Projekt MOSES (Lorenz, Biella, Schmerwitz & Többen, 2004; Lorenz et al. 2007) mit einem Gerät der Firma Senso Motoric Instruments GmbH (SMI) haben gezeigt, dass ein kopfgetragenes System für ungefähr 30min getragen werden kann. Für Aviator sind jedoch längere Experimente angedacht. Zudem wird ein System benötigt, welches ermöglicht ein Blickfeld zu untersuchen, das über die Größe eines einzelnen PC-Monitors hinausgeht. Dies erlaubt eine flexible Gestaltung möglicher Zukunftsszenarien, insbesondere eine Cockpitsimulation mit drei Monitoren.

Weltweit gibt es zwei führende Anbieter berührungsloser Blickverfolgungssysteme, die Firma Smart Eye AB mit Sitz in Schweden und die in Australien ansässige Firma Seeing Machines mit Vertrieb in Frankreich. Smart Eye bietet ein

Blickverfolgungssystem unter dem Namen Smart Eye Pro an, Seeing Machines nennt ihr System faceLAB. Mitglieder des Projektteams haben an Demonstrationen beider Systeme teilgenommen.

Der Preis für das Basissystem ist bei beiden Firmen vergleichbar. Smart Eye bietet jedoch die Option an eine dritte Kamera hinzuzukaufen, die es dem Projekt von vorneherein erlauben würde einen weiten Blickbereich zu untersuchen. Dies ist aus technischen Gründen bei faceLAB nicht möglich. Smart Eye Pro arbeitet mit bis zu sechs Kameras. Ein großes Blickfeld ist sehr wichtig, wenn Versuche im Fahr- oder Flugsimulator durchgeführt werden, da der Proband dort weite Kopfbewegungen durchführt. Durch seine Erweiterungsmöglichkeit erweist sich Smart Eye Pro als deutlich flexibler einsetzbar als faceLAB. FaceLAB wird bereits im Institut für Verkehrssystemtechnik in Braunschweig eingesetzt. Erfahrungen haben gezeigt, dass es zu sehr großen Datenausfällen kommt. Auch die Genauigkeit liegt weit unter den Angaben des Herstellers.

Bei einem Vergleich beider Systeme, überzeugt Smart Eye Pro technisch durch das bessere Grundkonzept, das bis zu sechs Kameras erlaubt. Im Bereich der Kundenbetreuung kann man von Smart Eye eine bessere Betreuung als durch Seeing Machines erwarten. Letztendlich befinden sich die berührungslosen Blickverfolgungssysteme noch in der Entwicklung. Deshalb wurden im DLR-Projekt Aviator 2030 verschiedene Blickverfolgungssysteme getestet und verglichen.

1.3 Bewertungskategorien für zukünftige Überwachungsaufgaben

Die folgende Zusammenstellung listet Verfahren (Abschnitt 1.3.1) und Hintergrundmaterial (Abschnitt 1.3.2) zur Bewertung von Überwachungsaufgaben in zukünftigen ATM Systemen, die bereits erfolgreich im Bereich der Luftfahrt eingesetzt, vorwiegend im angloamerikanischen Raum.

1.3.1 Bewertungsverfahren

Einsetzbare Verfahren sind CARS (Controller Acceptance Rating Scale), ATWIT (Air Traffic Workload Input Technique), SWAT (Subjective Workload Assessment Technique) und F-JAS (Fleishman Job Analysis Survey). Sie werden im Folgenden genauer dargestellt.

CARS: Controller Acceptance Rating Scale

CARS ist ein Verfahren, mit dem Operateure ihre Einschätzung bestimmter Aufgaben oder Systeme standardisiert abgeben können. Das Verfahren ist ursprünglich als Cooper- Harper-Scale für Piloten entwickelt worden und liegt inzwischen für Fluglotsen vor (Lee & Davis 1996).

CARS wurde zur Evaluation verschiedener Systeme eingesetzt (Sollenberger, McAnulty & Kerns 2003; Lee, Kerns, Bone & Nickelson, 2001), wie z. B. für pFAST (passive Final Approach Spacing Tool), URET (User Request Evaluation Tool, MITRE) und VDL3 (Very High Frequency Digital Link Mode3 System, FAA)

Die Autoren geben eine sehr gute Beurteilerübereinstimmung an (Intraklassenkorrelation bei .74 - .81). Die multiplen Korrelationen mit dem NASA TLX (Hart & Staveland, 1988), einem etablierten Verfahren in der Beanspruchungsmessung liegen bei $R^2 = .36$ ($p < .01$), was eine ausreichende Validität von CARS darstellt. CARS erwies sich zudem als sensitiv für experimentelle Veränderungen operativer Bedingungen.

SWAT: Subjective Workload Assessment Technique

SWAT ist eine subjektive Beanspruchungsmessmethode, bei der Operateure bzw. Versuchsteilnehmer die Beanspruchung einer Aufgabe nach den Dimensionen „Belastung durch Zeitdruck“ (time load), „Belastung durch geistige Anstrengung“ (mental effort load) und „Psychische Belastung“ (psychological load) bewerten (Reid, Bressler & Potter, 1989). Jede der drei Dimensionen besteht aus einer dreistufigen Kategorienskala, wobei jede Stufe in Form einer verbalen Beschreibung vorliegt.

Bei der Anwendung von SWAT werden zwei Phasen unterschieden: Die Skalenentwicklungs- und die Einstufungsphase. In der Skalenentwicklungsphase ordnet der Versuchsteilnehmer einmalig alle Kombinationen aus Stufen und Dimensionen in aufsteigender Rangfolge an. Erst dann erfolgt die Einstufungsphase, in der er für die drei SWAT-Dimensionen seine Einschätzung abgibt. Diese Phase ist wiederholt durchführbar. Für die Gesamtbeanspruchung werden die drei Einzelratings anhand der Skalenwerte aus der Skalenentwicklungsphase kombiniert.

Die SWAT-Dimensionen wurden von der Beanspruchungsdefinition von Sheridan & Simpson (1979) abgeleitet. Eine deutsche Version (einschließlich der Instruktion) liegt von Schick, Teegen, Uckermann & Hann (1989) vor. SWAT wurde bereits in

einem Projekt der EU zu Konsequenzen der Automation eingesetzt (Eißfeldt, Deuchert & Bierwagen, 1999). Einen umfassenden Überblick zu SWAT geben Pfendler, Pitrella & Wiegand (1995).

ATWIT: Air Traffic Workload Input Technique

ATWIT wurde in Anlehnung an POSWAT (Pilots Objective/Subjective Workload Analysis Technique) von Stein (1985) entwickelt. ATWIT ist ein Verfahren, welches die subjektive Beanspruchung von Fluglotsen erfasst. Die Messung erfolgt *in-flight*. Dadurch werden Gedächtniseffekte vermieden. Durch mehrfache Messungen können Veränderungen der Beanspruchung ermittelt werden. Zudem hat ATWIT den Vorteil, dass die Messung keinen signifikanten Effekt auf die Leistung der Fluglotsen hat (sofern ein kurzes Training zum Verfahren voraus geht).

Die Operateure schätzen auf einer 10-stufigen Ratingskala jede Minute ihren Workload ein. ATWIT kann sowohl papierbasiert als auch elektronisch durchgeführt werden. Die elektronische Version wird mit einem speziellen Eingabegerät durchgeführt, dem so genannten WAK (Workload Assessment Keypad).

Stein (1985) konnte zeigen, dass ATWIT eine hohe Validität aufweist, sowohl zu anderen Beanspruchungsverfahren und zur Einschätzung externer Beobachter. ATWIT wurde in unzähligen Studien der FAA eingesetzt (u. a. Leighbody, Beck & Amato, 1992; Porterfield, 1997). Leighbody et. al. (1992) zeigten, dass ATWIT direkt mit der Aufgabenschwierigkeit zusammenhängt. Porterfield (1997) konnte in seiner Evaluationsstudie nachweisen, dass ATWIT mit der Kommunikationsdauer von Fluglotsen korreliert.

F-JAS: Fleishman Job Analysis Survey

Der F-JAS ist ein Verfahren zur standardisierten Erfassung von Anforderungen, die Aufgaben und Tätigkeiten an Personen stellen. F-JAS 1 wurde von Fleishman 1992 veröffentlicht und besteht aus 72 Skalen, die in sechs Fähigkeitsbereiche unterteilt sind. Neben kognitiven, psychomotorischen, physischen und sensorischen Skalen umfasst der F-JAS 1 auch Skalen aus dem Bereich Wissen & Fertigkeiten und wenige interaktive & soziale Skalen. 1996 veröffentlichte Fleishman den F-JAS 2, der mit ergänzenden sozialen und interaktiven Skalen aufwartet. Jede Skala besteht aus einer Definition der Skala, einer Abgrenzung zu anderen F-JAS-Skalen und einer siebenstufigen Ratingskala, deren Endpunkte durch eine Definitionen beschrieben sind. In der Skala werden drei Verhaltensanker gegeben, die

bestimmten Ausprägungen der Skala zugeordnet sind. Abbildung 2 veranschaulicht den Aufbau einer F-JAS-Skala.

Ergänzend stellt das Handbuch von Fleishman & Reilly 1992 mit einem umfangreichen Teil zum theoretischen Hintergrund und einer Übersicht geeigneter Testverfahren eine hilfreiche Ergänzung bereit. Für jede Skala werden neben der Definition Berufe angegeben, für die hohe Anforderungen an die jeweilige Tätigkeit besonders typisch sind. Der F-JAS wurde für die Anforderungsanalyse bei Piloten (Goeters, Maschke & Eißfeldt, 2004.) und Fluglotsen (Heintz, 1998) eingesetzt, so dass entsprechende Anforderungsprofile vorliegen.

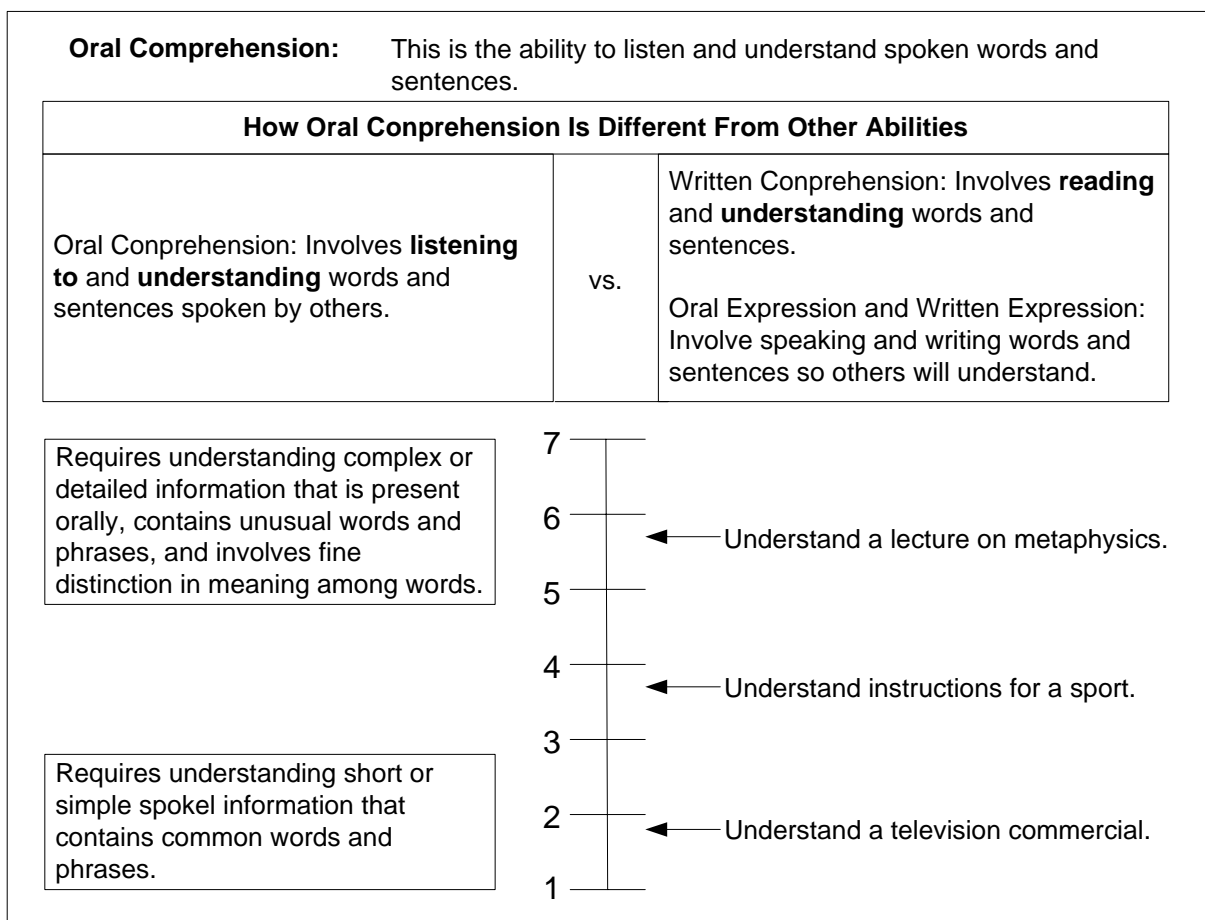


Abbildung 2: Beispielskala aus dem F-JAS, Part 1 (Fleishman, 1992)

1.3.2 Hintergrundmaterial

Als Hintergrundmaterial können der HFDS (Human Factors Design Standard) und die ATCS-PMD (Air Traffic Control Specialist Performance Measurement Database) herangezogen werden.

HFDS: Human Factors Design Standard

Bei der FAA (Federal Aviation Administration) wurde der HFDS (Ahlstrom & Kudrick, 2007) entwickelt. HFDS stellt eine Sammlung von HF-Kriterien dar, an der sich bei der Gestaltung von technischen Systemen (insbesondere im Luftfahrtbereich) orientiert werden kann. In 15 Kapiteln sind für alle Teilbereiche der Mensch-Maschine-Schnittstelle Standards und Richtlinien zusammengestellt, so z. B.: Automation, Wartung, Drucker, Bedien- und Anzeigenelemente, Warnmeldungen und auditive Signale, Arbeitsplatzgestaltung, Systemsicherheit, Anthropometrie und Dokumentation.

HFDS kann in manchen Bereichen aber auch als Hintergrundmaterial bei der Erarbeitung von Bewertungskategorien eingesetzt werden. Zwar verstehen sich die aufgelisteten Kriterien als Designkriterien, sie sind in der Regel aber genauso auch als Bewertungskriterien interpretierbar.

ATCS-PMD: Air Traffic Control Specialist Performance Measurement Database

Bei der FAA wurde ebenfalls die ATCS-Performance Measurement Database (Hadley, Guttman & Stringer, 1999) entwickelt, die eine Zusammenstellung von Methoden und Techniken für die HF-Forschung im Bereich ATC bereit stellt. Die Datenbank gibt einen systematischen Überblick zu Verfahren zur Erfassung der Systemsicherheit und Systemleistung. Im Rahmen der Systementwicklung sind solche Messungen notwendig, um den Entwicklungsbedarf zu identifizieren.

ATCS-PMD bietet dem Forscher über eine standardisierte Datenbank einen systematischen Zugang zu ausgewählten Verfahren mit Referenzen und zusätzlichen Informationen an, aus denen er passend zu seiner Fragestellung frei wählen kann. Dadurch werden die Reliabilität von Ergebnissen erhöht und Vergleiche von Ergebnissen aus unterschiedlichen Studien möglich.

ATCS-PMD bietet einen hervorragenden Überblick über bisher in der US-amerikanischen Luftfahrtforschung eingesetzte Verfahren und kann so im Aviator-Projekt als Informationsquelle zu weiteren einsetzbaren Verfahren herangezogen werden.

1.4 Sichtung verfügbarer Low-Fidelity Simulationen

Voraussetzung für die Untersuchung der Zukunftsszenarien ist eine Simulationsumgebung, in der die Arbeitsplätze von Piloten und Fluglotsen abgebildet sind. Außerdem müssen beide Arbeitsplätze miteinander verbunden sein, um beide Seiten in Interaktion miteinander zu untersuchen. In einem ersten Schritt wurden cockpit-seitige und FVK-Simulationen gesichtet. Bei der Entscheidung für eine Simulationsumgebung wurden die Anpassbarkeit an die Zukunftsszenarien, die Kosten und der Entwicklungsaufwand und die Verknüpfbarkeit überprüft.

1.4.1 Cockpit-seitige Simulationsprogramme

Zur Vorbereitung des HAP 2 (*Bereitstellung einer Simulationsumgebung*), die es gestattet den Cockpit-arbeitsplatz mit dem Lotsenarbeitsplatz zu verbinden, wurden cockpitseitig folgende Simulationsprogramme geprüft: *Microsoft Flightsimulator 2004*, *Microsoft Flightsimulator X*, *X-Plane 8 (Flugsimulator)*.

Für die angestrebten Untersuchungsziele war es wichtig, Simulationssoftware zu finden, mit der Flüge möglichst realitätsnah durchgeführt werden können. D.h., die Programmierung des Flight Management Systems muss realistisch und gut dokumentiert sein, ebenso die Autopilotfunktionen. Da sich im Verlaufe des Projekts abzeichnete, dass die Selbstseparierung von Luftfahrzeugen im oberen Luftraum ein mögliches Experimentalszenario sein könnte, sollten auch TCAS-Funktionen (traffic collision avoidance system) möglichst umfassend simulierbar sein. Eine der TCAS-Funktionen ist die Darstellung des umgebenden Verkehrs auf dem Navigation Display.

Zur Informationssuche und Entscheidungshilfe wurden folgende Quellen herangezogen: die Fachzeitschrift FS Magazin, Deutsche Flugsimulator Konferenz 2007, Gespräche mit aktiven Linien-Piloten, Beratung durch einen Flugsimulationsexperten. Eine erste Entscheidung musste zwischen Microsoft FS und X-Plane getroffen werden. Die Stärke von X-Plane besteht in der realistischen Modellierung der aerodynamischen Flugeigenschaften eines Flugzeugs. Es zeigten sich hingegen Schwächen in der Bedienerfreundlichkeit. Darüber hinaus ist durch die geringe Verbreitung des Programms die Auswahl an professionellen Add-Ons für die jeweiligen Flugzeugmuster deutlich eingeschränkt. Die Wahl fiel daher auf einen der MS-FS. Die aktuelle Version des Microsoft Flightsimulator, MS-FS X, zeichnet sich im Vergleich zur Vorgängerversion MS-FS 2004 durch eine realistischere Darstellung der Umgebung und eine bessere Darstellung der

Flugzeugzelle aus. Weiterhin gibt es zusätzliche Standardmuster der Fly-by-Wire-Generation. Die verbesserte Darstellung der Umgebung geht mit höheren Systemanforderungen einher. Der FS X ist für einen 64-Bit-Rechner mit entsprechendem Betriebssystem (Vista) ausgelegt. Systemanforderungen sind: 64-Bit-Mainboard, CPU > 3 GHz, PCI-Express-Grafikkarte, DDR-2-RAM.

Die Installation von FS X auf einem leistungsstarken den o. g. Anforderungen entsprechenden Rechner ergab beim Probelauf mit einem Zusatzprogramm eine Framerate von lediglich 11 bis 15, d.h. 11 bis 15 Bilder pro Sekunde. Das bedeutet ein ruckeliges Bild und ist unbefriedigend. Daher wurde als Betriebssystem Windows XP gewählt und als FS der MS-FS 2004. Beide sind deutlich ressourcenfreundlicher als Windows Vista und FS X. Die Kombination Windows XP und MS-FS 2004 führten zu einer Frame-Rate von 45-60 im Drei-Monitor-Betrieb mit Zusatzprogramm, was ein ruckelfreies Bild liefert.

Neben den Simulationsprogrammen wurden folgende Zusatzprogramme (Add-Ons) für spezielle Flugzeugmuster auf ihre Eignung für Aviator-Experimente getestet: B767-300 von Flight One, B747-400 von PMDG und B737-800/900 von PMDG. Alle drei Programme gestatten die Darstellung des umgebenden Verkehrs auf dem ND über die TCAS-Funktion. Die FMS sind über die MCDU programmierbar, so dass eine realistische Flugdurchführung mit den verfügbaren Autopilotensystemen möglich ist. Da die B737-800/900 das technisch neueste der drei Modelle ist, ist dieses Add-On derzeit der Favorit. Ein lang erwartetes Add-On für den Airbus A-320 von Airliner-XP ist leider immer noch nicht auf dem Markt. Andere A-320-Add-Ons etwa der Firma Wilco haben negative Kritiken bezüglich der Systemtiefe bekommen (FS-Magazin) und wurden daher nicht eigens getestet.

Zur Erweiterung der Funktionen des MS-FS 2004 scheint folgendes Zusatzprogramm nützlich zu sein: Advanced Flight Simulator Data (AFSD). Dieses Programm dient der Aufzeichnung von FS-Parametern. Der Programmierer (Hervé Sors) hat sich grundsätzlich dazu bereit erklärt, unsere Wünsche an die Variablenauswahl in eine neue Programmversion einzubeziehen. Das Zusatzprogramm Virtual Data Link System wurde ebenfalls geprüft. Dieses System stellt nur die Kommunikation zwischen Cockpit und Airline Ground Operation dar, nicht aber mit der Flugsicherung. Für eine integrierte Untersuchung bord- und bodenseitiger Zukunftsszenarien galt es jedoch, eine geeignete FVK-Simulation zu finden.

1.4.2 Flugverkehrs-Simulationsprogramme

Anfangs wurde geprüft, ob die Nutzung einer virtuellen Luftverkehrssimulation in Betracht kommt. Es wurde VATSIM (Virtual Air Traffic Simulation Network) als größte und älteste Online-Flugsimulation analysiert. VATSIM stellt eine möglichst realistische Umgebung eines weltweiten, virtuellen Luftraums dar. Virtuelle Piloten und Fluglotsen können über verschiedene Simulationsprogramme miteinander kooperieren. VATSIM und andere Online-Flugsimulationen kommen für den Einsatz bei Aviator 2030 nicht in Betracht, da sie nicht flexibel an die Zukunftsszenarien angepasst werden können.

Die ATC-Simulationssoftware eDep wurde bei einem Besuch bei Eurocontrol in Bretigny (EEC) auf Verwendbarkeit untersucht, die entsprechenden Kontakte bis zu einer Angebotsabgabe durch das betreuende Softwarehaus wurden aufgebaut. Gleichzeitig wurden der Kontakt zu *DM Aviation Limited*, dem Anbieter einer alternativen ATC Simulationen (LondonControl) ausgebaut.

EDep (Early Demonstration and Evaluation Plattform) ist eine Simulation der Flugverkehrskontrolle (Air Traffic Control), die von der Firma Graffika im Auftrag des EEC (Eurocontrol Experimental Center) entwickelt wurde. EDep stellt eine sehr komplexe Programmfamilie mit vielen Funktionen bereit. Jedoch existiert bisher keine Schnittstelle zu Flugsimulatoren, so dass die Verknüpfbarkeit mit einem cockpit-seitigen Arbeitsplatz nicht möglich ist. Es wurde ein Angebot der Firma Graffika zur Verknüpfung von eDep mit MS FS eingeholt. Dieses wurde als inhaltlich interessant aber die Projektmittel übersteigend verworfen.

Alternativ existiert die Flugverkehrssimulation London Control. Diese Simulation ermöglicht den Zugriff auf reale Flugplandaten. Die Eingabegeräte richten sich nach dem Stand der Forschung. Der Sprechfunk ist realitätsnah realisiert, wobei die Spracherkennung einen gewissen Trainingsaufwand bedarf. Eine Kommunikationsschnittstelle mit MS-FS ist mit vertretbarem Aufwand realisierbar. Zudem besteht ein direkter Kontakt zum Entwickler, der interessiert an der Entwicklung dieser Schnittstelle ist. Für London Control spricht auch, dass die Informationsdarstellung an die nötige Auflösung für die Erfassung von Blickdaten angepasst werden kann. Nachteilig ist, dass eine Logfile-Ausgabe noch erstellt werden müsste. Außerdem bietet London Control bietet mit German Radar eine Simulation des deutschen Luftraums an.

Aufgrund der kostengünstigen Schnittstelle mit Microsoft Flight Simulator (Verknüpfbarkeit) und der Anpassbarkeit der Darstellung an die Blickbewegungsdaten wurde sich für die Anschaffung von German Radar entschieden. Zurzeit wird an der Verknüpfung von German Radar mit MS FS gearbeitet; in ersten Tests konnten beide Simulationen erfolgreich verknüpft werden. Ausgangspunkt der Simulationsszenarien und Untersuchungen waren Workshops mit Luftfahrtoperatoren, die im Folgenden vorgestellt werden.

2 Workshops mit Luftfahrtoperatoren

Bei der klassischen Systementwicklung wird häufig ein technikzentrierter Ansatz gewählt, bei dem die Bedürfnisse und Besonderheiten der Nutzer wenig berücksichtigt werden. Nicht selten kommt es bei der Systembenutzung zu Schwierigkeiten, weil ergonomische, organisatorische, soziale und politische Aspekte unberücksichtigt blieben. Die Einbeziehung der zukünftigen Nutzer in die sollte deshalb ein Bestandteil der Systementwicklung sein (Gulliksen, 2000; Kautz, 1996; Nielsen, 1993).

2.1 Konzeption der Workshops

Zukunftswerkstatt ist eine geeignete Methode, um Domainexperten und zukünftige Nutzer in frühen Phasen der Entwicklung einzubeziehen. Diese Gruppenmethode wurde von Jungk & Müllert in den 1970er Jahren entwickelt (Dauscher, 2006; Jungk & Müllert, 1987) und ist geeignet, in Gruppen neue Ideen und Lösungen für soziale, organisationale und technologische Probleme zu generieren. Jede Zukunftswerkstatt beginnt mit einer Vorbereitungsphase (0), in der das Thema, die Methode und der Zeitplan vorgestellt wird. In der darauffolgenden Kritikphase (1) wird das Thema von den Teilnehmern analysiert. In der Fantasiephase (2) erarbeiten sie fantastische Vorstellungen, die sie in der abschließenden Verwirklichungsphase (3) auf ihre Umsetzbarkeit prüfen.

Es wurden Zukunftswerkstätten mit erfahrenen Fluglotsen und Piloten durchgeführt, um deren Erwartungen an ihre zukünftigen Aufgaben, Rollen und Verantwortlichkeiten zu erfahren (Bruder, Jörn & Eißfeldt, 2008). An einem ersten zweitägigen Workshop nahmen neun Fluglotsen der DFS (Deutsche Flugsicherung GmbH) und an einem zweiten zehn Piloten der DLH (Deutsche Lufthansa AG) teil. Beide Workshops wurden in der gleichen Art und Weise durchgeführt. Abbildung 3 gibt eine Übersicht über die Phasen der durchgeführten Zukunftswerkstätten und der Ergebnisse der jeweiligen Phase.

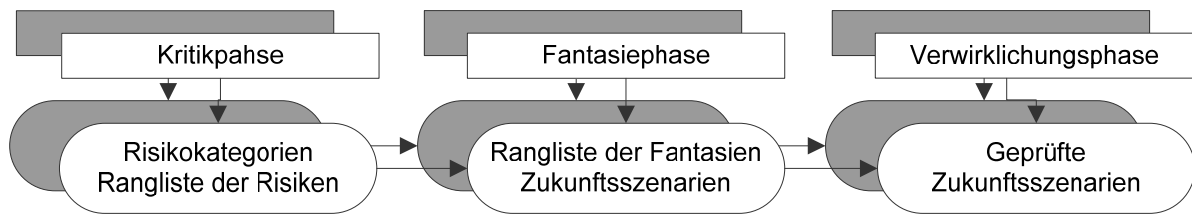


Abbildung 3: Phasen von Zukunftswerkstätten

In einem ersten Schritt wurden die Teilnehmer gebeten, sich vorzustellen, wie ihre Arbeit und die technischen Systeme in 20 Jahren sein sollten bzw. auch, wie sie nicht sein sollten. Auf Basis ihrer Erfahrungen sammelten die Teilnehmer kritische Aspekte zukünftiger Entwicklungen. Sie leiteten daraus Wunschvorstellungen in Form von Zukunftsszenarien ab und prüften diese im Hinblick auf ihre Realisierbarkeit.

2.2 Ergebnisse des Zukunftswerkshops mit Fluglotsen

Es folgt nun eine Zusammenfassung der Ergebnisse des Zukunftswerkshops, der am 12.-14. November 2007 in Bad Schwalbach stattgefunden hat. Die Teilnehmer waren neun, erfahrene Fluglotsen der DFS, die an unterschiedlichen Standorten und in verschiedenen Aufgabenbereichen (Tower, Approach, Enroute) arbeiten. Die Workshops wurden von zwei Mitgliedern des Aviator-Projektes moderiert. Beide waren geschult in der Methode der Zukunftswerkstatt.

Nach einer Vorstellungsrunde zu Beginn des Workshops wurden den Teilnehmern Informationen zum allgemeinen Anliegen des Aviator-Projektes, zu der "Vision 2020" für die Europäische Luftfahrt und zum operativen Konzept für den SES (SESAR CONOPS) gegeben. Der Informationsteil endete mit einer Einführung zur Methode der Zukunftswerkshops.

2.2.1 Kritikphase der Fluglotsen

Danach startete die Kritikphase. Eine der Leitfragen dabei war, wie ein Luftverkehrssystem aussehen müsste, in dem Fluglotsen und Piloten nicht arbeiten könnten. Es wurden Kritikpunkte gesammelt, sortiert und anschließend gewichtet.

Die folgende Liste gibt die in Kritikclustern sortierten Kritikpunkte wieder:

- *4-Augenprinzip*: Lotse bzw. Pilot arbeitet alleine und nicht im Zwei-Mann-Team. Reduzierung des Personals wegen fortschreitender Technisierung bringt Probleme bei Ausfällen und Sondersituationen.

- *Technik & Infrastruktur:* Ausstattung der LFZ und der Technik (Radar- / R/T-Technik, Papierstreifen) ist veraltet. Mit dem heutigen System (Darstellung SDD, HMI und Flughafeninfrastruktur) ist 50% mehr Verkehr nicht zu bewältigen. Die Sicherheit wird als Hindernis gesehen. Die Schnittstellen zwischen ATC-Verfahren stellen eine Gefahr dar.
- *Rollen Bord/Boden:* Eine einseitige Verschiebung von Kompetenzen zum Piloten oder Lotsen ist nicht möglich und mit dem heutigen Personal (Einstellung) nicht umsetzbar. Der Pilot entscheidet nach Interesse. Die Umschaltung, Überwachung und aktive Kontrolle ist problematisch. Der Kompetenzerhalt der Piloten und Lotsen ist in Gefahr.
- *Entwicklungsgüter:* Es werden unreife Systeme trotz Bedenken in Betrieb genommen. Extraaufgaben zur „Systembefriedigung“ erhöhen den Arbeitsaufwand. ATM-Systeme werden am „grünen Tisch“ entwickelt.
- *Informationsaustausch:* Es fehlt der (gedankliche) Austausch von Pilot und Lote, so dass jede Menge fehlerhafte Kommunikation entsteht, weil nur noch über HMI kommuniziert wird. Redundante Systeme in LFZ und am Boden sind zu teuer. Steuerungsautonomie der LFZ ist nicht handhabbar.
- *Human Factors:* Die Arbeitszufriedenheit sinkt.
- *Zielkonflikte* bestehen zwischen Umwelt und Kapazitätsausschöpfung sowie zwischen Kostensenkung und Sicherheit.
- *Externe Faktoren:* Die Abstimmung aller Verkehrssysteme (auch Bahn) gestaltet sich schwierig. Nationale Interessen und Gesetze sind nicht aufeinander angepasst. UAVs oder „unkontrolliertem“ Luftraum stoßen auf geringe Akzeptanz der den Passagieren.

Abschließend fand eine schriftliche Abfrage der persönlichen „Top Five“-Kritikpunkte statt.

Tabelle 1 gibt eine Übersicht der wichtigsten Kritikpunkte. Die größte Gefahr wird in der Verletzung des 4-Augenprinzips gesehen, so dass Lotse alleine für einen bestimmten Luftraumbereich zuständig ist.

Tabelle 1: Top-Ten der Kritikpunkte aus dem Zukunftsworkshop der Fluglotsen

Top-Five-Kritikpunkt	Rang
Lotse als Einzelkämpfer	1
Inbetriebnahme unreifer Systeme	2
Sondersituation von autonomen Systemen nicht handhabbar	3
Einseitige Verschiebung von Kompetenzen	4
Schnittstellen zwischen ATC-Verfahren	5
Veraltete Technik	
Nationale Interessen behindern SES	7
Umschaltung und Überwachung bei flexibler Rollenverteilung	8
Arbeitszufriedenheit	
Kostensenkung vs. Sicherheit	

2.3 *Fantasiephase der Fluglotsen*

Durch positives Umformulieren wurden aus den Kritikpunkten in der anschließenden Fantasiephase Wunschvorstellungen für die Zukunft abgeleitet. Die Wunschvorstellungen sollten ein zukünftiges Luftverkehrssystem zur Abarbeitung der Vision 2020 beschreiben, in dem der Fluglotse auch nach der Pensionierung noch weiterarbeiten will bzw. freiwillig Überstunden machen würde. In der folgenden Liste sind die Wunschvorstellungen aufgeführt:

- *4-Augenprinzip*: Vom 4-Augenprinzip wird nur abgewichen, wenn Operateur zustimmt und Systemunterstützung gewährleistet ist.
- *Technische Systeme*: Bord- und bodenseitige Ausstattung ist auf der Höhe der Zeit. Die grafischen Oberflächen aller Bediensysteme sind auf Bedienbarkeit optimiert. Ideal wäre ein ATC-System, so dass Schnittstellen entfallen.
- *Rollen Bord/Boden*: Rollen sind jederzeit beidseitig und können flexibel zugewiesen werden.
- *Entwicklungsgüter*: Vollständig entwickelte Systeme werden nach ausgiebigen Tests eingeführt, so dass sie von Anfang an problemlos arbeiten.
- *Informationsaustausch*: Optimaler Informationsaustausch ist immer sichergestellt und die Systeme am Boden und in der Luft verfügen über die gleichen, vollständigen Planungsmöglichkeiten.
- *Human Factors: Wunsch*: Beruf des Fluglotsen soll Traumberuf bleiben.
- *Zielkonflikte*: Alle Ziele bedingen einander.
- *Externe Faktoren*: Alles harmonisiert.

In Kleingruppen wurden Zukunftsvisionen erarbeitet. Der Arbeitsauftrag war, einen optimalen Arbeitstag 2030 zu beschreiben. Eine vollständige Beschreibung der vier fantastischen Ideen finden sie im Anhang A1. In vier Kleingruppen wurden folgende Themen bearbeitet:

- *GAZPROMO-MAT*: Es wurde ein System zur europaweiten Flugplanung entworfen.
- *Geisterflugzeuge*: In einem Zeitungsartikel wird die Zukunftsvision von remote-gesteuerten Luftfahrzeugen thematisiert.
- *ATC-United*: Die Arbeit im virtuellen Kontrollcenter und dessen Ausstattung wird bearbeitet.
- *Gut Kaden, ATC City*: Es wurde die Vision einer gemeinsamen Lebenswelt für Fluglotsen beleuchtet.

Abschließend fand eine schriftliche Abfrage der persönlichen „Top Five“-Fantasiepunkte statt. Tabelle 2 gibt eine Übersicht der wichtigsten Fantasiepunkte. Die wichtigsten Wünsche der Fluglotsen betreffen die Verhandlung der Trajektorie, den flexiblen Einsatz des Personals und die Berücksichtigung des Workloads bei der Einsatzplanung.

Tabelle 2: Top-Ten der Fantasien aus dem Zukunftsworkshop der Fluglotsen

Top-Five-Fantasie	Rang
Wunsch-Trajektorie fliegbar und verhandelbar zwischen Bord und Boden	1
Personaleinsatz ist flexibel	2
Workload berücksichtigt: nach Tagesform oder altersangepasst	3
Sicherheit wichtiger als Zielvereinbarungen	4
Unsichtbare Schnittstellen zwischen den Systemen	5
Systeme vor der Inbetriebnahme fertig	6
LFZ-Hersteller entwickeln ATC-Systeme mit	7
Staffelungsverantwortung flexibel zw. Bord / Boden	8
vollständige Redundanz / Backup-System alternierend	9
Virtual Control Center	10

2.3.1 Verwirklichungsphase der Fluglotsen

In der Verwirklichungsphase bewerteten die Fluglotsen drei ausgewählte Zukunftsvisionen in ihrer Umsetzbarkeit und überlegten sich Umsetzungsschritte, Arbeitsplatzgestaltung und Hindernisse bei der Verwirklichung. Folgenden drei Themen wurden bearbeitet (siehe Anhang A2):

- Personal ist nicht der Flaschenhals
- Bodenseitige Ausstattung
- Rollenverteilung Pilot / Fluglotse

Personal ist nicht der Flaschenhals

Umsetzungsschritte:	Arbeitsplatz:	Hindernisse
<ul style="list-style-type: none"> • Mehr Personal / Personal universell einsetzbar • Koordination dynamischer Anfragen bidirektional • Individueller Bereitschaftsdienst / Rufbereitschaft 	<ul style="list-style-type: none"> • Zusätzlicher Arbeitsplatz: short term tactical staff coordinator (SHOTSCO) • SHOTSCO hat Zahlen über traffic + complexity + WX und verfügbare Lotsen • Handwerkzeug sind moderne Kommunikationsmittel (SMS, Pager) • Kompetenzen: Dienst anordnen und Verkehrssteuerung vorschlagen 	<ul style="list-style-type: none"> • Tarifrecht (Ruhe- / Boardzeiten, AZG), • Kosten (mehr Personal zu teuer), Lösung: dynamischer Einsatz spart Kosten, • mehr Personal kann mehr Verkehr sicher bearbeiten • Überhang erfüllt zusätzliche Aufgaben • Universelle Einsetzbarkeit bedarf Zeit für Umsetzung

Bodenseitige Ausstattung

Umsetzungsschritte:	Arbeitsplatz:	Hindernisse
<ul style="list-style-type: none"> • Abgeschlossene Inseln im Kontrollraum (Klimazone, Lärm, Beleuchtung) • Europaweiter Ausbau von Datalink (abhängig vom Höhenband) • Ausstattung mit Kopfhörern 	<ul style="list-style-type: none"> • Einsatz von Videobrillen • Systemeingaben reduzieren (Ergonomie) • Hochtechnisierte Arbeitsplätze (Automation) • Sinnesanregung und HMI sind optimiert (komplexe Vorgänge überwachen) 	<ul style="list-style-type: none"> • Widerstand der Lotsen • Defizite bei Umsetzung, weil Lotsen nicht einbezogen • Investitionen und technische Freigaben • Langsame Gesetzgebung

Rollenverteilung Pilot / Fluglotse

Umsetzungsschritte:	Arbeitsplatz:	Hindernisse
<ul style="list-style-type: none"> • Ein-Mann-Cockpit • Lotse hat alle erforderlichen Daten • Pilot hat Radardaten von Bodenkontrolle • Einweisung gegenseitig: Lotse kann fliegen und Pilot kontrollieren 	<ul style="list-style-type: none"> • Virtueller Autopilot • Pilot und Mechaniker als Support verfügbar (Callcenter oder Kontrollzentrale) • Satellitengestützte, gesicherte Steuerung • Avionik-/Cockpit-Daten am Boden abrufbar 	<ul style="list-style-type: none"> • Datensicherheit • Verbindungssicherheit • Neue Rollen müssen angenommen werden • Transitionsphase

2.4 Ergebnisse des Zukunftsworkshops mit Piloten

Es folgt nun eine Zusammenfassung der Ergebnisse des Zukunftsworkshops, der am 03.-05. Dezember 2007 in Bad Schwalbach stattgefunden hat. Die Teilnehmer waren zehn, erfahrene Piloten der DLH und Cityline mit umfangreichen Spezialkenntnissen, die auf unterschiedlichen Flotten und in verschiedenen Aufgabenbereichen (Kurz- und Langstrecke) arbeiten.

Die Workshops wurden von denselben Moderatoren durchgeführt, die bereits den Workshop mit den Fluglotsen begleiteten. Wie im Workshop mit den Fluglotsen, gab es zu Beginn einen umfangreichen Informationsteil.

2.4.1 Kritikphase der Piloten

Danach startete die Kritikphase, in der die Piloten danach gefragt wurden, wie ein Luftverkehrssystem aussehen müsste, in dem Piloten und Fluglotsen nicht arbeiten könnten. Es wurden Kritikpunkte gesammelt, sortiert und anschließend gewichtet.

Die folgende Liste gibt die in Kritikclustern sortierten Kritikpunkte wieder:

- *Ein-Mann-Cockpit*: Unbemannte und Ein-Mann-Cockpits (UAV) sind Risiken.
- *Systemflexibilität*: Unflexible Systeme, die nicht evolutionsfähig sind und starre Luftstraßen und normaler Traffic-Flow bei Winter-OPs erschweren die Arbeit.
- *Rollen Bord/Boden*: Die Kompetenzen zwischen ATC und Cockpit sind unklar. Die Flugnavigation ist fremdbestimmt, d .h. der Pilot ist entmündigt.
- *Workload*: Es herrscht keine Workload-Balance und unnötige Komplexität. Die Transitzeiten werden zu stark reduziert und die Lebensarbeitszeit erhöht.
- *Informationsaustausch*: Es herrscht sprachfreier Informationsaustausch vor, so dass sich die Kommunikation auf einen Kanal beschränkt. Andererseits kann es auch zu einer Überlastung des Sprachkanals kommen. Die Kommunikation im Cockpit dagegen ist unzureichend.
- *Human Factors*: Es herrschen keine allgemeinen Ergonomiestandards, so dass jedes Flugzeug spezifisch ist. Das Human Interface Design ist inadäquat.
- *Systemsicherheit*: Die menschliche oder technische Redundanz nimmt ab, so dass es zur subjektiven und objektiven Sicherheitsbeeinträchtigung kommt.
- *Berufsbild*: Sozialstatus ist gefährdet, das Niveau von Auswahl, Training und Tätigkeit sinkt.
- *Externe Faktoren*: Der Luftraum ist in zu kleine & zu viele ATC-Units aufgeteilt. Ausnahmen für einzelne Staaten erschweren die Standardisierung. Die gesellschaftliche Akzeptanz sinkt.

Abschließend fand eine schriftliche Abfrage der persönlichen „Top Five“-Kritikpunkte statt. Eine Übersicht der wichtigsten Kritikpunkte wird in Tabelle 3 gegeben. Die größte Gefahr wird in einer fremdbestimmten Flugnavigation gesehen, durch die die Piloten entmündigt werden.

Tabelle 3: Top-Ten der Kritikpunkte aus dem Zukunftsworkshop der Fluglotsen

Top-Five-Kritikpunkt	Rang
Entmündigung / fremdbestimmte Flugnavigation	1
Niveau der Ausbildung	2
Pilot als Einzelkämpfer / Ein-Mann-Cockpit	3
Unflexible Systeme	4
Mangelnde Redundanz (menschlich und technisch)	5
Workload-Balance / Transitzeiten	6
HMI / Human Interface inadäquat	7
Schlechte Standardisierung	8
Autonomes, unbemanntes Cockpit	9
Kommunikation - nicht sprachbasiert	10

2.4.2 Fantasiephase der Piloten

Durch positives Umformulieren wurden aus den Kritikpunkten in der anschließenden Fantasiephase Wunschvorstellungen für die Zukunft abgeleitet. Die Wunschvorstellungen sollten ein zukünftiges Luftverkehrssystem zur Abarbeitung der Vision 2020 beschreiben, in dem der Pilot auch nach der Pensionierung noch weiterarbeiten will bzw. freiwillig Überstunden machen würde. In der folgenden Liste sind die Wunschvorstellungen aufgeführt:

- *Ein-Mann-Cockpit:* Zwei-Mann-Cockpit wird als *industries' best practice* angesehen
- *Systemflexibilität:* Prozesse und Systeme bieten tatsächlich und strategisch Flexibilität. Pilot kann Flugprofil auswählen, bekommt *directs* angeboten und hat Anzeigen für den Traffic / taxi flow und das Satellitenwetter live im Cockpit.
- *Rollen Bord/Boden:* Es gibt klare, akzeptierte Rollen mit taktischem Entscheidungsschwerpunkt im Cockpit. Die ATC gibt dem Piloten durch mehrere Alternativen Entscheidungsspielräume und es herrscht ein partnerschaftliches Verhältnis aller beteiligter Systeme und Menschen.
- *Workload:* Durch adäquate Datenkommunikation, -eingabe und Informationsdarstellung -ist die Workload angemessen, so dass weder Unter-

noch Überforderung entsteht. Trotz Automatisierung bleibt die fliegerische Kompetenz erhalten.

- *Informationsaustausch*: Die Kommunikation erfolgt adäquat, flexibel und unmissverständlich. Der Pilot kann zwischen Kommunikationsarten wählen und bei Bedarf die ATC direkt ansprechen. Eingabe- und Anzeigetools für Datenkommunikation unterstützen ihn dabei.
- *Human Factors*: Das System ist an den Menschen angepasst, durchschaubar und instinktiv richtig bedienbar. In „normal-Ops“ gibt es wenige, intuitive Funktionen, jedoch bei Bedarf auch weitergehende. Die Systeme sind auf allen Flugzeugmustern standardisiert. Der Cockpit-Lärmpegel ist reduziert, das Cockpit optimal klimatisiert.
- *Systemsicherheit*: Durch menschliche und technische Redundanz ist die Sicherheit erhöht. Die Cockpit-Ergonomie ist auf heutige menschliche Körpermaße angepasst. Die Sicherheit wächst schneller als Verkehrsaufkommen.
- *Berufsbild*: Das Berufsbild bleibt mit einer hochwertiger Ausbildung angesehen. Die Ausbildung wird kontinuierlich an Erkenntnisse und Bedürfnisse angepasst.
- *Externe Faktoren*: Entscheidungen von Politik und Wirtschaft werden sachorientiert mit dem Ziel „Single Sky“ getroffen.

Es fand eine schriftliche Abfrage der persönlichen „Top Five“- Fantasiepunkte statt. Tabelle 4 gibt eine Übersicht der wichtigsten Fantasiepunkte. Die wichtigsten Wünsche der Piloten betreffen die Qualität der Ausbildung, die Rollenverteilung zwischen Pilot und Fluglotse und die Systemergonomie.

Tabelle 4: Top-Ten der Fantasien aus dem Zukunftsworkshop der Fluglotsen

Top-Five-Fantasie	Rang
Hochwertige Ausbildung, kont. Aufgabenanalyse	1
Klare, akzeptierte Rollenverteilung Bord - Boden	2
Intuitiv bedienbare Systeme / Ergonomie	3
Kommunikation und Informationsaufbereitung adäquat und flexibel	4
Free Flight	5
Systematische Anpassung an den Menschen	6
Prozesse und Systeme bieten Flexibilität	7
Erkenntnisse transparent: neue Empfehlungen und <i>procedures</i>	8
Berufsbild und Training	9
Kompetente internationale Entscheidungsgremien	10

In Kleingruppen wurden fantastische Ideen erarbeitet. Der Arbeitsauftrag war, einen fantastischen Arbeitstag 2030 zu beschreiben. Eine vollständige Beschreibung der drei fantastischen Ideen finden sie im Anhang A3. In drei Kleingruppen wurden folgende Themen bearbeitet:

- *Training der Zukunft*: Es wurde ein Trainingskonzept entworfen, welches praxisnäher und ganzheitlicher ist als die derzeitige Ausbildung.
- *Flug 2030 mit optimaler Informations- und Systemunterstützung*: Es wurden die Flugplanung und -durchführung mit Abläufen und technischen Unterstützungssystemen vorgestellt.
- *Präsentation von HAL 2020 – europaweites ATC-System*: Es wurde ein System zur europaweiten Flugplanung entworfen.

2.4.3 Verwirklichungsphase der Piloten

In der Verwirklichungsphase bewerteten die Piloten die Umsetzbarkeit von vier ausgewählten Ideen und überlegten sich Umsetzungsschritte, Arbeitsplatzgestaltung und Hindernisse bei der Verwirklichung. Die folgenden vier Themen bearbeiteten die Teilnehmer (siehe Anhang A4):

- Rollenverteilung Pilot / Fluglotse
- EASA-Gremium
- Verkehrssystem 2030 – eine Entwicklungsvision
- Training der Zukunft – Aviation Systems Management

Rollenverteilung Pilot / Fluglotse

Umsetzungsschritte:	Arbeitsplatz:	Hindernisse
<ul style="list-style-type: none"> • Gesamtverantwortung für alle taktischen Entscheidungen im Cockpit • da Pilot rechtlich verantwortlich, juristisch unumgänglich, 	<ul style="list-style-type: none"> • Zusätzliche Aufgaben (z. B. Separation) im Cockpit • Weniger sprachliche Kommunikation • Entlastung der ATC (mehr traffic pro Sektor möglich) • Daten-Redundanz mit ATC 	<ul style="list-style-type: none"> • Interessenkonflikt Pilot und Lotse • Nationale Interessen • Konflikt rechtzeitig ausgetragen, erst danach Konzept und Systemdesign möglich

EASA-Gremium

Umsetzungsschritte:	Hindernisse
<ul style="list-style-type: none"> • Gremium aus Staatssekretären, ATC, Militär, AFSBW, IATA, AOPA • Ausstattung mit Macht, Kompetenz und Finanzen • Vorgaben: SES, eine Flugsicherung, Vernetzung, eine Sprache • Beschluss: Ratifizierung – Druck durch Geld! 	<ul style="list-style-type: none"> • Einheitliche ATC / Pilot Standards • Weniger Steuerung – mehr Kontrolle • Mehr strategische – weniger taktische Entscheidung • Problembezogener Kontakt

Verkehrssystem 2030 – eine Entwicklungsvision

Umsetzungsschritte:	Arbeitsplatz:	Hindernisse
<ul style="list-style-type: none"> • Bausteine als Projekte vorhanden • Definition einer Vision • Partizipation aller Interessengruppen • Gesteuerte Evolution anstatt Revolution 	<ul style="list-style-type: none"> • umfangreichen Analysen zu Anforderungen, Richtlinien • Entwicklungsfahrplan mit iterativer Verbesserung und Lösungssondierung • Ziel: eine verträgliche Gesamtlösung 	<ul style="list-style-type: none"> • Kosten-> Businessplan mit mehr Benefits als Risks • Konsensfähigkeit-> Konkurrenten sachlich überzeugen • Politischer Wille -> separates Referat

Training der Zukunft – Aviation Systems Management

Umsetzungsschritte:	Arbeitsplatz:	Hindernisse
<ul style="list-style-type: none"> • Differenzierte Auswahl • Aviation Basic Studies für alle Luftfahrtberufe • Spezialisierung (Lotse / Pilot) und Fachabschluss • Optionale Zusatzausbildung (Bachelor/Master) 	<ul style="list-style-type: none"> • Breiteres Einsatzspektrum für Piloten und Lotsen • Qualifikationserhöhung und anerkannter Beruf • Networking, Synergien, Internationalisierung • Dozententätigkeit nach Ausbildung möglich 	<ul style="list-style-type: none"> • Kosten-> Lösung: staatlich – betrieblich (sponsorship) • Akzeptanz bei Berufsverbänden (Zwei-Klassen-Gesellschaft) • Zeitfaktor-> Lösung: flexible Modullösungen • Studienkapazität

2.5 Ergebnisintegration und Konzeption eines gemeinsamen Workshops

Nach einer ausführlichen Aufarbeitung und Dokumentation der beiden Zukunftswerkshops wurden die Ergebnisse integrativ diskutiert. Ziel dieser integrativen Betrachtung war die Ableitung von Vorgehen und Inhalt eines dritten Workshops mit Teilnehmern beider Zukunftswerkshops.

Als erstes wurden die Gefahren und Wünsche der Fluglotsen und Piloten gemeinsam betrachtet. Beide Gruppen nannten Kritikpunkte bzw. Wunschvorstellungen zu denselben Themenbereichen. Insgesamt stellen diese Ergebnisse eine sehr gute Basis für einen gemeinsamen Workshop dar. Themenbereiche, die von beiden Gruppen bearbeitet wurden, waren:

- *Ein-Mann-Cockpit bzw. 4-Augenprinzip:* Beide Berufsgruppen sehen die Gefahr, dass Zwei-Mann-Teams abgeschafft werden, so dass zunehmend nur noch ein Pilot bzw. Fluglotse für ein Flugzeug bzw. einen Sektor zuständig ist. Beide Gruppen wünschen sich, dass das 4-Augenprinzip beibehalten wird.
- *Technische Systeme bzw. Systemflexibilität:* Sie sehen eine Gefahr, die von veralteten und unflexiblen technischen Systemen ausgeht, mit denen der zukünftige Verkehr nicht zu bewältigen ist. Beide Berufsgruppen wünschen sich, dass die bord- und bodenseitige Ausstattung auf der Höhe der Zeit ist und an die Aufgaben und Benutzer angepasst ist.
- *Rollen Bord/Boden:* Beide Berufsgruppen befürchten, dass sich die Kompetenzen einseitig verschieben bzw. nicht transparent sind. Beide wünschen sich ein partnerschaftliches Verhältnis und wollen die Kompetenzen auf beiden Seiten erhalten.
- *Informationsaustausch:* Es wird von Fluglotsen und von Piloten befürchtet, dass die Kommunikation zwischen Bord und Boden nur noch sprachfrei über HMI stattfindet, was einen gedanklichen Austausch unmöglich machen würde. Für beide Gruppen muss der Informationsaustausch adäquat und unmissverständlich sein, d. h. am Bord und Boden liegen die gleichen Informationen vor und über Sprache und HMI in Kontakt treten.
- *Human Factors:* Die Piloten sehen eine Gefahr durch inadäquate HMI und Interfacegestaltung. Sie sehen die Lösung daran, die technischen Systeme an den Menschen anzupassen und zwischen Basisfunktionen und optionalen Zusatzfunktionen zu differenzieren. Die Fluglotsen befürchten, dass die Arbeitszufriedenheit sinken könnte und wünschen sich, dass Fluglotse ein Traumberuf bleibt.

- *Externe Faktoren:* Es werden die fortschreitende Zersplitterung der Sektoren, nationale Interessen und die gesellschaftliche Akzeptanz von UAVs thematisiert. Ziel sollte es sein, dass alles harmoniert, da Entscheidungen von Politik und Wirtschaft sachorientiert mit dem Ziel „Single Sky“ getroffen werden.

Zusätzlich dazu benannten die Piloten Kritikpunkte und Wünsche zu den Themen Workload-Balance, Systemsicherheit und Berufsbild. Die Fluglotsen thematisieren Zielkonflikte und die Entwicklungsprozesse für technische Systeme. Weiterhin wurden in der Fantasie- und Verwirklichungsphase von beiden Berufsgruppen Konkurrenzkonzepte für die strategische Planung und taktische Durchführung des Luftverkehrs entworfen. Teilweise kontrovers sind die Zukunftsszenarien der Fluglotsen und Piloten, die sich explizit mit der Rollenverteilung zwischen Pilot und Fluglotse beschäftigten (Tabelle 5).

Tabelle 5: Vergleich der vorgeschlagenen Rollenverteilung von Piloten und Lotsen

Vorschlag der Fluglotsen	Vorschlag der Piloten
<ul style="list-style-type: none"> • Ein-Mann-Cockpit • Lotse hat alle erforderlichen Daten • Pilot hat Radardaten von Bodenkontrolle in seinem Bereich • Einweisung gegenseitig: Lotse kann fliegen und Pilot kontrollieren 	<ul style="list-style-type: none"> • Gesamtverantwortung im Cockpit • für alle flugrelevanten, taktischen Entscheidungen • Juristisch unumgänglich, da Pilot rechtlich verantwortlich

Dagegen wurden in beiden Gruppen jeweils Prozesse, Verantwortlichkeiten und technische Komponenten beschrieben, die durchaus miteinander vereinbar sind:

- *Europaweites ATC-System:* Mit GAZPROM-O-MAT und HAL 2030 entwarfen Piloten und Fluglotsen ein europaweites Planungssystem, welches Trajektorien plant und koordiniert.
- *Systemunterstützung / Flugdurchführung:* Mit den fantastischen Ideen „Geisterflugzeuge“ und „Flug 2030 mit optimaler Systemunterstützung“ wurde die taktische Durchführung eines Langstreckenfluges thematisiert.

Im Zukunftsworkshop der Piloten wurde sowohl in der Fantasie- als auch in der Verwirklichungsphase ein Zukunftsszenario für Ausbildung und Training in der Luftfahrt thematisiert, welches für beide Berufsgruppen einen integrativen Ansatz vorschlägt. Zwar bearbeiteten die Fluglotsen das Thema Training nicht explizit, jedoch wurde es im Zusammenhang mit anderen Themen angesprochen. So wurde im Zusammenhang mit den Themen Rollenverteilung und taktische

Flugdurchführung gefordert, dass Fluglotsen und Piloten über überlappende Kompetenzen verfügen müssen und einen ähnlichen Wissens- und Informationsstand haben sollten. Dies verdeutlicht die Relevanz des Themas für beide Gruppen.

Mit dem integrativen Workshop wurde das Ziel verfolgt, beide Berufsgruppen gemeinsam an den zentralen Themen: Flugplanung, Flugdurchführung und Training arbeiten zu lassen. Zusätzlich dazu sollten konkrete Ideen für die Simulation von Zukunftsszenarien gesammelt werden. Es wurde ein integrativer Workshop durchgeführt (Abbildung 4). Der Workshop begann mit einer Informationsphase, in der die Ziele des Workshops und die Zusammenführung der beiden Zukunftsworkshops stattfanden. Es folgte dann eine umfangreiche Projektphase, in der die Teilnehmer in gemischten Teams verschiedene Zukunftskonzepte bearbeiteten. Anschließend schätzten die Teilnehmer ein, welche Veränderungen sich aus den Zukunftskonzepten im Hinblick auf die Anforderungen an Luftfahrtoperateure ergeben. Abschließend wurden in einer Simulationsphase Ideen für die Simulation der Zukunftsszenarien im Plenum gesammelt.

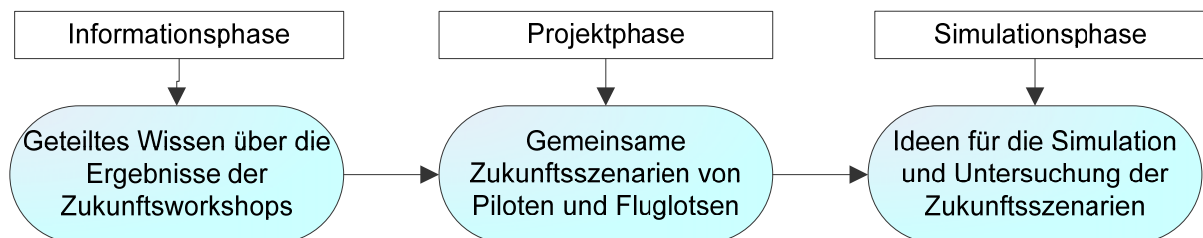


Abbildung 4: Phasen des integrativen Workshops mit Piloten und Fluglotsen

2.6 Ergebnisse des gemeinsamen Workshops mit Fluglotsen und Piloten

Es folgt nun eine Zusammenfassung der Ergebnisse des integrativen Workshops, der am 10.-12. März 2008 in Bad Schwalbach stattgefunden hat (siehe auch Bruder et al., 2008). Es nahmen acht Piloten und sieben Fluglotsen teil; die vier übrigen Teilnehmer nahmen aus gesundheitlichen Gründen nicht teil oder konnten die Teilnahme nicht mit ihrem Dienstplan vereinbaren. Die Workshops wurden von zwei Mitgliedern des Aviator-Projektes und einer erfahrenen Moderatorin durchgeführt.

Nach einer Vorstellungsrunde zu Beginn des Workshops wurden den Teilnehmern Informationen zum Ziel des Workshops gegeben. Ein umfangreicher Teil der

Informationsphase bestand darin, den Teilnehmern in Form eines Postervortrags mit anschließender Diskussion einen Überblick über die Ergebnisse der beiden Zukunftswerkshops zu geben. Anhand von Videomaterial wurden den Teilnehmern einzelne Zukunftsszenarien genauer in Erinnerung gerufen. Schon im Vorfeld waren die Teilnehmer gespannt auf den Austausch mit der anderen Berufsgruppe und freuten sich auf den gemeinsamen Workshops. Die Atmosphäre war während des gesamten Workshops sehr gut: Alle Teilnehmer arbeiteten konstruktiv und gerne zusammen.

Die Ergebnisdarstellung beginnt mit der Vorstellung der gemeinsamen Zukunftsszenarien. Es folgt dann eine Übersicht der gesammelten Ideen für die Simulation und Untersuchung der Zukunftsszenarien. Abschließend wird kurz vorgestellt, wie die Veränderungen von Anforderungen an Luftfahrtoperatoren erfasst wurden.

2.6.1 Projektphase

Gemischte Kleingruppen aus Fluglotsen und Piloten erarbeiteten gemeinsam Zukunftsszenarien. Im Anhang A5 befindet sich eine vollständige Darstellung der Zukunftsszenarien. Die Zukunftsszenarien sollten die Rollenverteilung, die Aufgaben, die Kommunikation und die Automatisierungserwartung beschreiben. Folgende Zukunftsszenarien wurden bearbeitet:

- *Verhandlung der Trajektorie (Flugplanung)*: Die Entwicklung der Flugplanung mit 4D-Trajektorie wird in zwei Schritten vollzogen. Bis 2015 wird ein System entwickelt, welches die Trajektorien von FL 100 bis FL 100 koordiniert. Bis 2030 gibt es ein System, welches die 4D-Trajektorien von *gate-to-gate* plant und koordiniert.
- *Durchführung eines Kurzstreckenflugs*: Es wurde ein Flug von der Planung bis zur Landung durchgedacht. Wesentliche Elemente waren die optimale Trajektorie, die Kommunikation via Datalink und Sprachkanal sowie die Aufgabenteilung zwischen den Operateuren.
- *Durchführung eines Langstreckenflugs*: Die Gruppe erarbeitete ein Szenario, bei dem besonders auf die automatische Frequenzvergabe, *silent positive control*, Datalink, Non-Standard-Vorgehen und das Waschstraßenprinzip eingegangen wurde.
- *Trainingskonzept für Aviatoren*: Die Aviator-Akademie integriert die Ausbildung von Fluglotsen und Piloten und beinhaltet praktische und theoretische Module sowohl für die *ab-initio*- und *ready-entry*-Ausbildung als auch Weiterbildungsmodule für aktive Aviatoren.

2.6.2 Simulationsphase

Nach einer kurzen Einführung zum Projektplan von Aviator 2030 sammelten die Teilnehmer im Plenum Ideen für die Simulation der Zukunftsszenarien. Tabelle 6 stellt in einer schematischen Übersicht die Ergebnisse der Simulationsphase dar.

Zum einen sammelten die Teilnehmer Ideen zur Simulation der strategischen Flugplanung (insbesondere zu Prozessen und zur Visualisierung der Trajektorie) und zum anderen der taktischen Durchführung von Flügen (insbesondere zu Aufgaben, Zusammenarbeit und Monitoring). Den Simulationsszenarien liegen verschiedene psychologische Fragestellungen zugrunde: Vigilanz aufrecht erhalten, Informationen aufnehmen, Aufmerksamkeit zuwenden, Änderungen entdecken und Informationen kommunizieren.

Besonders häufig genannt wurde der Bedarf nach Simulation und Untersuchung von Aspekten der Vigilanz und Aufmerksamkeit bei der Überwachung automatisierter Prozesse und Systeme. Ebenfalls war der Wandel von sprachbasierter Kommunikation zwischen den Operateuren hin zum elektronischen Informationsaustausch ein Schwerpunkt.

Tabelle 6: Gesammelten Ideen zur Simulation der Zukunftsszenarien*

	Flugplanung		Flugdurchführung		
	Prozesse	Visualisierung	Aufgaben	Zusammenarbeit	Überwachung
Vigilanz				★	★★
Informationsaufnahme	★	★	★		★
Aufmerksamkeit (geteilt, selektiv)				★	★★
Entdeckung (von Änderungen)				★	★
Kommunikation (der Operateure)			★★	★★★	

*Die Anzahl der Sterne gibt die Anzahl der Nennungen an.

2.6.3 Einschätzung der Anforderungen

Abschließend wurden die Teilnehmer des integrierten Workshops um eine Einschätzung gebeten, wie sich die Anforderungen an Fähigkeiten und Fertigkeiten der Luftfahrtoperateure durch die Zukunftsszenarien verändern. Um einen stärker standardisierten Eindruck von den Anforderungen zu erhalten, wurde die

Fleishman Job Analysis Scale (F-JAS; Fleishman, 1992) angewendet. Wie bereits in Abschnitt 1.3.2 näher beschrieben, stellt der F-JAS eine umfassende Zusammenstellung relativ unabhängiger Anforderungsdimensionen von Fähigkeiten und Fertigkeiten dar. Die Teilnehmer bewerten für jede Anforderungsdimension schriftlich, welche Bedeutung diese für eine bestimmte Tätigkeit hat.

Im Workshop beurteilten die Teilnehmer die F-JAS-Anforderungen in Zwei-Mann-Teams, bestehend aus einem Fluglotsen und einem Piloten. Dadurch wurde der Austausch zwischen den Berufsgruppen hinsichtlich des Verständnisses der Anforderungen und Zukunftsszenarien gefördert. Jeder Teilnehmer bewertete für seine Berufsgruppe, wie sich seine Tätigkeit durch eine Umsetzung der Zukunftsszenarien im zukünftigen ATM verändern würde.

Im Projekt Aviator 2030 wurde eine spezielle Version des F-JAS verwendet, bei der zu jeder Anforderungsdimension Anker gegeben wurden, welche den Kenntnisstand zu Anforderungen der derzeitigen Tätigkeit von Fluglotsen und Piloten wiedergeben. Die Anker wurden den Untersuchungen von Piloten der Deutsche Lufthansa AG (Goeters, Maschke & Eißfeldt, 2004) und Fluglotsen der Deutsche Flugsicherung GmbH (Heintz, 1998) entnommen. Durch diese Herangehensweise wird es möglich, zukünftige im Bezug auf derzeitige Anforderungen zu beschreiben.

Die Auswertung ist noch nicht vollständig abgeschlossen. Generell wird deutlich, dass die Teilnehmer bei über der Hälfte der kognitiven Anforderungen keine bedeutsamen Veränderungen voraus sehen. Ansonsten werden gleichermaßen Zu- und Abnahmen der zukünftigen im Vergleich zu den jetzigen Anforderungen erwartet, wobei die Einschätzungen bei beiden Berufsgruppen meistens in die gleiche Richtung deuten. In einigen Fällen gehen die Einschätzungen jedoch in die entgegen gesetzte Richtung. Beispielsweise ergeben sich in der Anforderungsdimension *Räumliche Orientierung* große Unterschiede in den Erwartungen von Fluglotsen und Piloten. Bei der *Selektiven Aufmerksamkeit* wird hingegen eine Annäherung der Anforderungen im zukünftigen ATM-System erwartet wird.

3 Auswahl von Zukunftsszenarien und deren Validierung

In den drei Workshops entwickelten die Teilnehmer erfolgreich Zukunftsszenarien: Sie antizipierten die zukünftige Aufgabenverteilung, die technischen Systeme und Prozesse. Die Teilnehmer arbeiten konstruktiv zusammen und hatten Freude daran, sich über ihre Erwartungen an die Zukunft miteinander auszutauschen. Dies gilt besonders für den integrierten Workshop, bei dem Fluglotsen und Piloten zusammen teilnahmen.

Die Workshops gaben auch Einblicke in die Kontroversen und Widersprüche, die es noch zu lösen gilt, bevor SES erfolgreich umgesetzt werden kann. Im integrierten Workshop wurde deutlich, dass die Aufgabenverteilung, Zusammenarbeit und Überwachung in einem hoch-automatisierten Arbeitssystem eine große Herausforderung für das zukünftige ATM darstellt. Hochautomatisierte Arbeitssysteme sollten daher im Hinblick auf die Anforderungen an die Operateure untersucht werden.

Es gilt nun einer nächsten Projektphase, ausgewählte Zukunftsszenarien zu simulieren und in Studien zu untersuchen. Die Simulationsstudien sollten dabei folgenden Kriterien genügen:

- Sich aus den Workshop-Ergebnissen ableiten,
- Realitätsnahe Fragestellungen adressieren,
- Probandencharakteristika berücksichtigen,
- die Zusammenarbeit von Operateuren untersuchen,
- Für die Erhebung von Blickbewegungen geeignet sein,
- Leicht umsetzbar sein und
- Eine *low fidelity*-Simulation darstellen.

Für die Auswahl und Konzeption der Simulationsszenarien wurde eine Überprüfung der Zukunftsszenarien anhand weiterer Informationsquellen vorgenommen. Folgende Validierungsschritte wurden unternommen und werden in den folgenden Abschnitten vorgestellt: eine Reanalyse dokumentierter Vorkommnisse (3.1), eine Überprüfung der medizinischen Anforderungen (3.2) und Schlussfolgerungen aus bestehenden Blickbewegungsdaten (3.3).

Ergänzend war eine Sammlung und Reanalyse von Alltagsprotokollen geplant. Dafür wurden die Workshop-Teilnehmern gebeten, die erarbeiteten Vorschläge in der Realität zu überprüfen. Begegneten ihnen im Alltag Ideen aus dem Workshop, so sollten sie diese aufschreiben und an die Moderatoren des Workshops schicken.

Bis zum Zeitpunkt der Berichtsabfassung war der Rücklauf zu gering, um eine Auswertung vorzunehmen. Ursache könnte sein, dass im stressigen Arbeitsalltag keine Zeit und Muße für solche Gedanken bleibt.

3.1 Reanalyse von dokumentierten Vorkommnissen

Zu einer ersten Überprüfung der erarbeiteten Konzepte eines zukünftigen Luftverkehrssystems wurde eine Reihe von Validierungsschritten durchgeführt. Laut Projektplan sollten erstens Alltagsprotokolle der gegenwärtigen Tätigkeit daraufhin ausgewertet werden, welche Veränderungen sich unter dem Zukunftsentwurf ergäben. Zweitens sollten „dokumentierte kritische Vorkommnisse erfasst und dahingehend analysiert werden, ob sie unter dem Zukunftskonzept anders verlaufen wären“ (Projektplan Aviator 2030, S. 20). Das ausgewählte Zukunftskonzept bezieht sich in erster Linie auf neue Formen der Zusammenarbeit zwischen Akteuren am Boden und im Cockpit, die durch geänderte Verfahren (z.B. Selbst-Separierung, 4D-Trajektorienplanung) und neu eingeführte Technologien (z.B. AMAN/DMAN, ADS-B) betroffen sein werden.

Zunächst wurden die Sicherheitsabteilungen der Deutschen Lufthansa und der Deutschen Flugsicherung befragt. Die Fragestellung lautete, an welchen Stellen sind Problemfelder für die sichere Flugdurchführung absehbar, die mit der Rollenverteilung Bord-Boden (ATC) bzw. mit künftig sich verändernden Aufgaben in der Zusammenarbeit von Cockpit und Flugsicherung zu tun haben. Die Interviewpartner benannten zunächst fünf Problemfelder:

- Regionale Infrastrukturunterschiede
- TCAS – Staffelungsunterschreitungen
- „ATC-Hetze“, z.B. späte Sinkflugfreigaben
- Slot-Problematik am Boden
- Missverständnisse in der Kommunikation und dadurch z.B. Vorfeld-Schäden

Zur weiteren Untersuchung der Fragestellung wurde eine AVIATOR-Datenbank angelegt, in der zurzeit 50 internationale Vorkommnisse erfasst sind. Es wurden Vorkommnisse ausgewählt, in denen die Sicherheit des Flugbetriebs durch die Effizienz oder Ineffizienz der Zusammenarbeit beeinflusst wurde. Die Abbildungen 5 und 6 geben eine Übersicht, um welche Art von Vorkommnissen es sich handelt und in welchen Flugphasen sich am häufigsten die Probleme ereignet haben.

Die häufigsten Ereigniskategorien sind *Runway Incursions* und *Near Misses* (Staffelungsunterschreitungen), gefolgt von Kollisionen am Boden (z.B. beim

Rollen), Landeunfällen und Navigationsproblemen am Boden. In Abbildung 6 sind die Flugphasen dargestellt, in denen sich die beiden häufigsten Vorkommnisse ereignet haben.

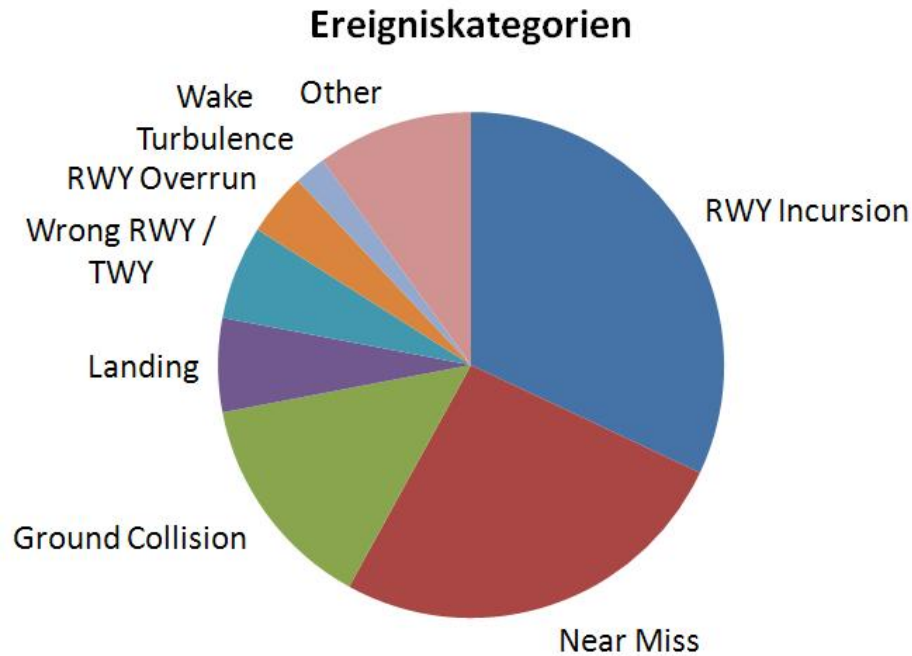


Abbildung 5: Häufigkeiten von fliegerischen Vorkommnissen, welche die Zusammenarbeit zwischen Cockpit und Boden betreffen

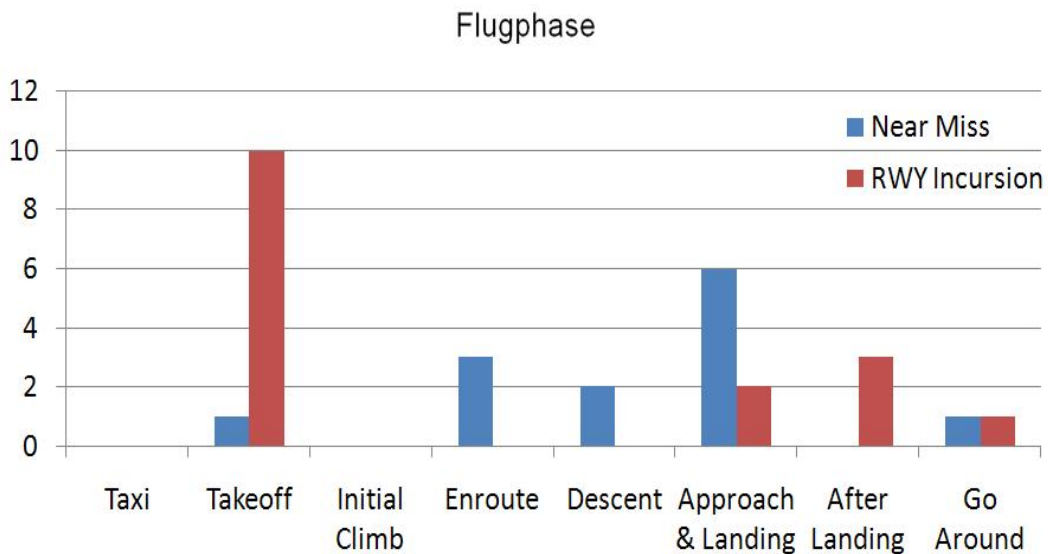


Abbildung 6: Flugphasen der beiden häufigsten Ereigniskategorien

Diese ersten Analysen deuten darauf hin, dass die Mehrzahl der Probleme wahrscheinlich eher auf den Flughäfen stattfindet, d.h. während des Rollens, des Startvorgangs oder während und nach der Landung. Legt das Zukunftsszenario mehr Gewicht auf die Reiseflugphase, dann wäre die Einhaltung der Separierungsminima (*Near Misses*) ein möglicher Schwerpunkt.

Eine breitere Datenbasis konnte dankenswerter Weise durch den Kontakt zum Luftfahrtbundesamt (LBA) hergestellt werden. Zusammen mit dem LBA wurden 933 Vorkommnisse im gewerbsmäßigen Luftverkehr aus den Jahren 2004 bis 2006 ausgewertet, die mit ECCAIRS (*European Coordination Centre for Accident and Incident Reporting System*) erfasst wurden. Die Vorkommnisse wurden in ECCAIRS sehr differenziert kategorisiert, wie in Abbildung 7 dargestellt.

Da die ECCAIRS-Daten nicht danach gefiltert wurden, ob sie die Zusammenarbeit von Piloten und Fluglotsen betreffen, finden sich in Abbildung 7 eine Reihe von Ereigniskategorien, die für das AVIATOR-Projekt nicht dieselbe Relevanz haben (z.B. technische Fehler). Die mit einem Oval gekennzeichneten Häufigkeiten beziehen sich im weitesten Sinne auf das Problemfeld Aufgabenverteilung zwischen Bord und Boden. Diese Analyse bestätigt die besondere Brisanz der Kategorie *Near Misses*, die auch bereits in den DLR-internen Analysen identifiziert wurde (vgl. Abbildung 5). Eine neue Kategorie, die zuvor nicht dermaßen prägnant erschien, sind Wettereinflüsse und Turbulenzen. Sie ist hier mit markiert worden, weil sich negative Einflüsse auf den Flugverkehr durch extreme Wetterbedingungen oder Wirbelschleppen durch einen vollständigeren Informationsaustausch zwischen Bord und Boden reduzieren ließen. Die Kategorie ATM/CNS geht auf den Ausfall der Flugverkehrskontrolle z.B. durch technische Fehler zurück.

Fasst man die Ergebnisse der anfänglichen Befragung und der beiden statistischen Auswertungen zusammen, so ergibt sich in der Schnittmenge die höchste Priorität in Bezug auf die Gewährleistung von Separierungsminima (*Near Misses*). In Bezug auf *Runway Incursions* sind bereits zahlreiche internationale Bemühungen zur Einführung neuer Verfahren (Rollwegkennzeichnung, *Stopp-Bars*, *AMASS*) und Technologien (*Airport Moving Maps*, *Surface Movement Guidance System*) im Gange, die wahrscheinlich in den nächsten Jahren eine deutliche Wirkung zeigen werden. Die beitragenden Faktoren für *Near Misses* sind dagegen so vielfältig und unvorhersehbar, dass insbesondere wegen der zunehmenden Verkehrsdichte und trotz neuer Technologien sowie besserer Vorausplanung ein bleibender Risikofaktor gesehen wird.

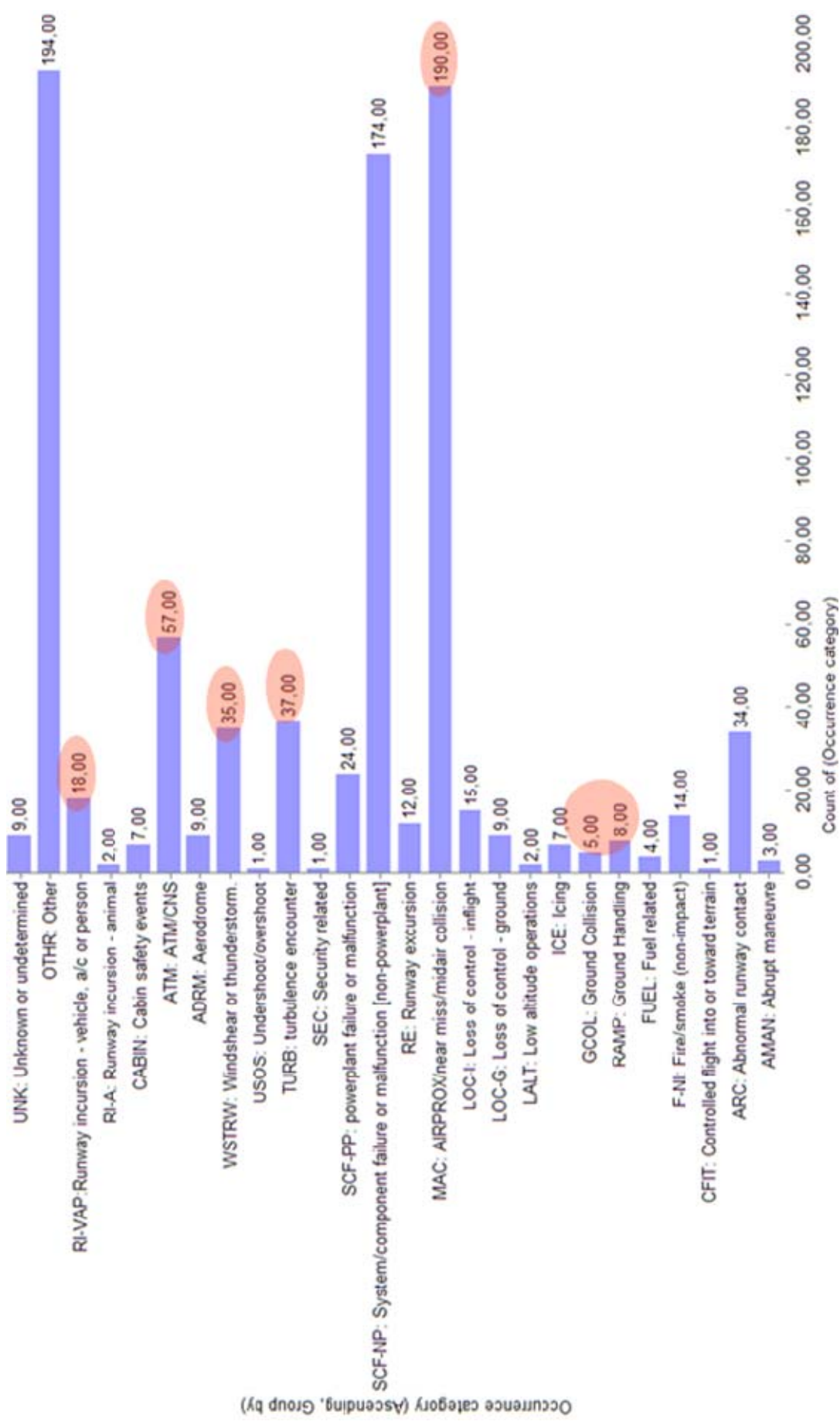


Abbildung 7: Häufigkeiten von 933 Vorkommnissen, dem Luftfahrtbundesamt zwischen 2004 und 2006 gemeldet

Ein abschließendes Beispiel soll das Gesagte unterstreichen: *“Mushrooms cause second mid-air emergency for Ryanair jet : A Ryanair holiday jet was forced to make an emergency landing after a jar of mushroom soup leaked from an overhead locker onto a passenger causing a freak allergic reaction... The latest Ryanair incident happened as a Boeing 737-800 jet was passing over German airspace on its way from the Hungarian capital to Dublin on Monday night. A man was said to have complained of a swollen neck after the liquid dripped onto him from luggage above. The pilot and crew took the decision to divert immediately to Frankfurt-Hahn airport where emergency services were on stand-by to treat him.”* (Flight Safety Information vom 28. August 2008. S. 182)

3.2 Überprüfung der medizinischen Anforderungen

Die zurzeit in Deutschland geltenden Tauglichkeitsrichtlinien für Fluglotsen geben vor, dass ein Fluglotse eine Sehschärfe von 0,7 auf jedem Auge haben muss, unkorrigiert oder korrigiert. Mit beiden Augen zusammen muss die Sehschärfe 1,0 betragen. Da nicht spezifiziert wird, auf welche Entfernung sich diese Angaben beziehen ist davon auszugehen, dass es sich sowohl um die Nah- als auch um die Fernsehschärfe handelt. Flugloten der DFS müssen farbnormal sehen, binokular zur Deckung kommen und keine Gesichtsfeldeinschränkungen aufweisen. Es wird auch das Stereosehen geprüft, wobei kein Bereich angegeben wird, der zur Untauglichkeit führt. Ein Zustand nach Augenoperationen führt zur Untauglichkeit.

Die neuen europäischen Tauglichkeitsanforderungen, lehnen sich sehr stark an die europäischen Tauglichkeitsanforderungen für Berufspiloten an. Sie schreiben vor, dass die Fernsehschärfe auch 0,7 auf jedem Auge und 1,0 mit beiden Augen zusammen betragen soll. In der Nähe soll eine Schrift, die einer Sehschärfe von 0,7 entspricht, gelesen werden können, d.h. binokular und nicht mehr monokular. Die Anforderungen an das Farbsehen sind etwas reduziert worden: Jetzt muss nur noch der Ishihara-Test bestanden werden. Wird dieser nicht bestanden, so muss der Lotse farbnormal sein. Es bestehen keine Anforderungen an das Stereosehen, jedoch an das Binokularsehen: Es muss nur mit beiden Augen gleichzeitig gesehen werden. Außerdem bestehen nach wie vor Anforderungen an die Refraktion: Ein Refraktionsfehler von mehr als +5,0 Dioptrien und mehr als -6,0 Dioptrien macht untauglich, ebenso wie ein Zustand nach Operationen.

Speziell das Sehen in der Nähe und der Entfernung zum Bildschirm stellt für das Flugverkehrkontrollpersonal eine hohe Anforderung bei der täglichen Arbeit dar. Verschiedene Lichtverhältnisse, Kontraste und Spiegelungen nehmen zusätzlich Einfluss auf die Sehqualität. Immer mehr Informationen werden zukünftig auf

kleinem Bildschirmraum dargeboten. Im Bereich des Fliegens werden zukünftig sehr viele Informationen einzeln auf Head-up Displays dargeboten und müssen vom Piloten sicher identifiziert werden. Daher ist es ausgesprochen wichtig, dass das Flugverkehrskontrollpersonal und die Piloten in der Lage sind, Zeichen gut und sicher zu erkennen.

Personen mit Mikrostrabismus oder erhöhtem, (latentem) Schielwinkel, sowie Anisometropien (Brechkraftunterschied zwischen beiden Augen) haben häufig Amblyopien (Schwachsichtigkeiten), die durchaus auch nur mäßig ausgeprägt sein können. Personen mit Amblyopien haben in ca. 90% Problemen bei der Erkennung und Trennung von eng nebeneinander stehenden Zeichen (Haase, Masshiah, Hohmann & Schulz). Klinisch können Patienten mit diesen Schwierigkeiten eine Sehschärfenminderung bei Testung mit Reihenzeichen von 1,0 auf 0,2 aufweisen. Dies würde eine deutliche Reduktion der Erkennbarkeit von Daten auf einem Radarschirm darstellen.

Aus diesem Grunde wäre es sinnvoll zu überprüfen, ob Personen mit visuellen Trennungsschwierigkeiten bei simulierten Aufgaben im Berufsfeld der Piloten und des Flugverkehrskontrollpersonal größere Schwierigkeiten haben, als eine entsprechende Vergleichsgruppe. In der Simulation sollten eng nebeneinander stehende Zeichen erkannt werden, der Abstand zwischen den Zeichen und die Größe variiert werden und geprüft werden, ob dies einen Einfluss auf die Erkennbarkeit hat.

Ein weiteres wichtiges Kriterium ist das der dynamischen Sehschärfe. Zwar wurde bereits die Wichtigkeit für die Berufsgruppe der Piloten erkannt, aber aufgrund der Schwierigkeit der Prüfungsmethoden bisher nicht weiter erforscht. Bisher wird lediglich die statische Sehschärfe überprüft, das heißt einzelne, feststehende Zeichen. Bei Aufgaben der Flugführung und Luftverkehrskontrolle treten bewegte Stimuli auf. Die dynamische Sehschärfe beschreibt die Fähigkeit die Details eines Objektes zu erfassen während es zu einer relativen Bewegung zwischen dem Ziel und dem Beobachter kommt. Es existieren nur wenige Tests, um eine dynamische Sehschärfe zu testen. Dabei hat sich gezeigt, dass diejenigen Tests sich in der Reproduzierbarkeit am Besten eignen, die das Testobjekt im Gegensatz zum Probanden bewegen lassen. Es bestehen bereits Erfahrungen mit der Testung durch einen sich bewegenden Landoltring, bei dem die Öffnung des Landoltringes erkannt werden muss. Es ist sinnvoll zu überprüfen, ob diejenigen, die eine reduzierte dynamische Sehschärfe aufweisen auch Schwierigkeiten haben, sich bewegende Stimuli in der Simulation zu erfassen.

Es wird daher geschlussfolgert, dass ergänzend zu den psychologischen Anforderungen die Fähigkeit der Trennung von Zeichen in der Nähe und die dynamische Sehschärfe bestimmt werden sollten. Zusätzlich sollten einige ophthalmologische Daten erfasst werden, die wichtig für eine Simulation mit Bestimmung der Pupillenweite sind, d.h. Kenntnis über eine eventuell vorliegende Hyperopie, Akkommodationsfähigkeit, Konvergenzfähigkeit, Stereo-Tests (Lang, Titmus, TNO), Maddox-Wing und Nahvisus.

3.3 Überprüfung bestehender Blickbewegungsdaten (z.B. MOSES)

Im DLR-internen Projekt MOSES (Mehr Operationelle Sicherheit durch Erhöhtes Situationsbewusstsein), für das im Zeitraum 2001 bis 2004 im Flugsimulator des Instituts für Flugführung unter Mitarbeit des Instituts für Flugmedizin und externer Partner Landeanflüge auf den Flughafen Zürich durchzuführen waren, wurden erstmalig im DLR systematisch Daten der Blickbewegung der Versuchspiloten erhoben (Lorenz et al., 2004; 2007). Insgesamt nahmen 49 Airline-Piloten an diesen Versuchen teil. Jeweils acht verschiedene Szenarien, die sich hinsichtlich der Anflugrichtung, der genutzten automatischen Systeme, der Wetterbedingungen und der Tageszeit unterschieden, wurden von den Piloten abgeflogen. Die Gesamtzahl der erfassten Anflüge betrug 430, von denen 32 vorzeitig durch Abbruch – im Fall, dass der Pilot einen 'Go Around' beabsichtigte – oder durch einen 'Unfall' beim Aufsetzen des Flugzeugs endeten. Gerade diese Fälle, die in der Auswertung für das MOSES-Projekt nur eine untergeordnete Rolle spielen konnten, erschienen im Hinblick auf das Projekt AVIATOR 2030 von besonderer Bedeutung, da zu vermuten war, dass Defizite in der Wahrnehmung des Flug- und Systemzustandes mit einer Änderung des Blickbewegungsverhaltens einhergehen und daher unmittelbar mit dem abrupten Abbruch der Simulation in Beziehung gesetzt werden können.

Diese Hypothese konnte wegen der unterschiedlichen Versuchsbedingungen und der daraus resultierenden geringen Anzahl vergleichbarer Anflüge jedoch nicht verifiziert werden. Die Betrachtung und Analyse einzelner Fälle legt aber nach wie vor den Schluss nahe, dass der Pilot den erforderlichen Überblick verliert, sofern er sich auf eine untergeordnete Aufgabe konzentriert, wie etwa die exakte Einhaltung des Gleitpfad-Signals oder der exakten Einhaltung von vorgegebenen Höhen. Der Nachweis einer Änderung im Blickbewegungsverhalten erfordert daher die Definition anderer Maßzahlen für die Kennzeichnung des Blickbewegungsverhaltens, als sie im Projekt MOSES ermittelt wurden. Weiterhin

muss natürlich beachtet werden, dass Wahrnehmungsdefizite nicht zwingend mit einer Änderung des Blickbewegungsverhaltens einhergehen müssen.

Da es sich bei den betrachteten Fällen um wirkliche Einzelfälle handelt, besteht zudem die Möglichkeit, dass der jeweilige Versuchspilot mit der Dynamik der Simulation, die dem DLR-Forschungsflugzeug ATTAS entspricht, Schwierigkeiten hatte. Für diese Annahme spricht, dass die Mehrzahl der Anflüge manuell geflogen werden mussten, sodass Bedingungen, die außerhalb des Erfahrungsbereichs des Versuchspiloten liegen, eine besondere Bedeutung erhalten können.

Beim Blickbewegungsverhalten handelt es sich um ein individuell orientiertes Verhalten, da Blickbewegung im Cockpit gegenwärtig nicht systematisch trainiert wird. Gerade für neuartige Systeme, neue Aufgaben und Prozeduren im Cockpit ist die Erfassung einer Referenz erforderlich, zu der die im Versuch ermittelten Daten in Beziehung gesetzt werden müssen. Insbesondere diesen Anteil kann die Auswertung der MOSES-Projektdaten nicht leisten, denn diese Daten beziehen sich auf einen konventionellen, bereits heute üblichen Ablauf eines Landeanflugs, der den Anforderungen des AVIATOR 2030-Projekts nur sehr begrenzt gerecht wird. Natürlich wird ein Beobachter oder Trainer im Cockpit auf besondere Blickziele hinweisen, zur automatischen Auswertung von Blickbewegungen ist jedoch ein Maßzahlensystem erforderlich, das Änderungen im Verhalten auf eine solche Referenz bezieht und durch die Differenzen identifiziert.

4 Literatur

- Ahlstrom, V. & Longo, K. (2003). Human Factors Design Standard (DOT/FAA/CT-03/05). Atlantic City International Airport: Federal Aviation Administration, William J. Hughes Technical Center.
- Ahlstrom, V. & Kudrick B. (2007). Human Factors Criteria for Displays: A Human Factors Design Standard Update of Chapter 5 (DOT/FAA/TC-07/11). Atlantic City International Airport: Federal Aviation Administration, William J. Hughes Technical Center.
- Bruder, C., Jörn, L. & Eißfeldt, H. (2008). Aviator 2030 - When pilots and air traffic controllers discuss their future. Proceedings of the 28th EAAP Conference from 27 - 31 October 2008 in Valencia, Spain.
- Cresswell, J.W. (1994). Research design: Qualitative and quantitative approaches. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Dauscher, U. (2006). Moderationsmethode und Zukunftswerkstatt (3. Auflage). Augsburg: Ziel-Verlag.
- Eißfeldt, H., Deuchert, I. & Bierwagen, T. (1999). Ability requirements for future ATM systems comprising data link - A simulation study using an EATCHIP III-based platform. DLR-Forschungsbericht 1999-15.
- Fleishman, E. A. (1992). Rating scale booklet: F-JAS: Fleishman job analysis survey. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Fleishman, E. A. (1996). Rating scale booklet: F-JAS (Part 2): Social/Interpersonal Abilities. Potomac, MD: Management Research Institute.
- Fleishman, E. A., & Reilly, M. E. (1992). *Handbook of human abilities: Definitions, measurements, and job task requirements*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Goeters, K.-M., Maschke, P. & Eißfeldt, H. (2004). Ability requirements in core aviation profession. Job analyses of airline pilots and air traffic controllers. In K.-M. Goeters (Ed.), *Aviation psychology: Practice and research* (pp. 99-119). Aldershot: Ashgate.
- Gulliksen, J. (2000). *Bringing in the Social Perspective: User Centred Design*. Stockholm, Sweden: CID.
- Hadley, G. A., Guttman, J. A., & Stringer, P. G. (1999). Air traffic control specialist performance measurement database (DOT/FAA/CT-TN99/17). Atlantic City International Airport: Federal Aviation Administration, William J. Hughes Technical Center.

- Hart, S. & Staveland, L. (1988): Development of NASA-TLX (Task Load Index) - Results of empirical and theoretical research. In P. Hancock & N. Meshkati (Hrsg.): Human mental workload. Amsterdam: North Holland B.V. 139-183.
- Haase, W.M., Mashiah, A., Hohmann, E. Schulz (1985): Quantitative Measurement of the Crowding Phenomen in Amblyopia - A New Test. Tel Aviv: Acta Strabologica.
- Heintz, A. (1998). Anforderungsanalysen in der Flugverkehrskontrolle: Ein Vergleich verschiedener Arbeitspositionen. DLR-Forschungsbericht 98-18. Köln: DLR
- Jungk, R. and Muellert, N. (1987). Future workshops: How to create desirable futures. London: Institute for Social Inventions.
- Kautz, K. (1996). User Participation and Participatory Design: Topics in Computing Education. Human-Computer Interaction, 11 (33), 267-284.
- Lee, K.K., and Davis, T.J. (1996). Development of the Final Approach Spacing Tool (FAST): A Cooperative Controller-Engineer Design Approach. Control Engineering Practice, 4(8).
- Lee, K., Kerns, K., Bone, R., & Nickelson, M. (2001). Development and validation of the controller acceptance rating scale (CARS): Results of empirical research. In the Proceedings of the 41h USMEurope Air Traffic Management R&D Seminar, Santa Fe, NM, December 3-7.
- Lorenz, B. , Biella, M., Schmerwitz, S. , Többen, H.: (2004). Verlässlichkeit der Interaktion zwischen Pilot und Assistenzsystem: Erfahrungen mit seltenen kritischen Ereignissen in Simulationsszenarien. DGLR-Bericht 2004-03, S. 271-294. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt.
- Lorenz, B., Biella, M., Teegen, U., Stelling, D., Wenzel, J., Jakobi, J. et al. (2007). Performance, situation awareness, and visual scanning of pilot receiving onboard taxi navigation supporting during simulated airport surface operation. Human Factors and Aerospace Safety, 6, 135-154.
- Nielsen, J. (1993). Usability engineering. Boston: AP Professional.
- Pfendler, C., Pitrella, F. D. & Wiegand, D. (1995). Messung der Beanspruchung bei der Systembewertung. Bericht (Nr. 115) der Forschungsgesellschaft für Angewandte Naturwissenschaften (FGAN).
- Reid, G. B., Bressler, J. R. & Potter, S. S. (1989). SWAT: A User's Guide (AAMRLTR-89-023). Armstrong Aerospace Medical Research Laboratory, Ohio.
- Schick, F. V., Teegen, U., Uckermann, R. & Hann, R. L. (1989). Validation of the Subjective Workload Assessment Technique in a Simulated Flight Task. DFVLR-Forschungsbericht 89-01.
- Sheridan, T. B. & Simpson, R. W. (1979). Toward the definition and measurement of the mental workload of transport pilots. FTL Report R79-4. Cambridge, MA: MIT Flight Transportation Laboratory.

- Sollenberger, R. L., McAnulty, D. M., & Kerns, K. (2003). The effect of voice communications latency in high density, communications-intensive airspace (DOT/FAA/CT-TN03/04). Atlantic City International Airport: Federal Aviation Administration, William J. Hughes Technical Center.
- Stein, E. S. (1985). Air traffic controller workload: An examination of workload probe (DOT/FAA/CT-TN84/24). Atlantic City International Airport: Federal Aviation Administration, William J. Hughes Technical Center.
- Leighbody, G., Beck, J., & Amato, T. (1992). An operational evaluation of air traffic controller workload in a simulated en route environment. 37th annual Air Traffic Control Association conference proceedings (pp. 122–130). Arlington, VA: Air Traffic Control Association.
- Porterfield, D. H. (1997). Evaluating Controller Communication Time as a Measure of Workload. *International Journal of Aviation Psychology*, 7 (2), 171 – 182.

Anhang A: Zusammenfassung der Zukunftsworkshops

Um den Teilnehmern des integrativen Workshops eine Zusammenfassung der Ergebnisse der beiden Zukunftsworkshops zu geben, wurden Poster angefertigt, die in diesem Anhang zu finden sind.

A1. Poster zum Ablauf der Zukunftsworkshops



Ergebnisse der Future Workshops im Projekt Aviator 2030

Vorgehen und Auswertung

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Abt. Luft- und Raumfahrtpsychologie, Hamburg



Workshops bei Aviator 2030 – was bisher geschah:

Future Workshops mit erfahrenen Operateuren der Luftfahrt zur Erarbeitung von Konzepten zum Luftverkehrssystem der Zukunft

Jeweils zweitägige Workshops mit 9 Fluglotsen der DFS bzw. 10 Piloten der DLH:

- Projekt vorstellen, Future Workshop einführen
- Kritik und Wünsche sammeln, strukturieren und gewichten
- Phantastische Ideen entwickeln und vorstellen
- Phantastische Idee realistisch ausarbeiten und präsentieren



Future Workshops – was ist das?

Problemlöseverfahren in Gruppen zur zielgerichteten Erarbeitung von Problemfeldern und Lösungsansätzen für zukunftsweisende Anliegen

Drei-Phasen-Modell:

- Kritische Aufarbeitung des Problems
- Entwicklung des Wunsch-Zustandes
- Wunsch-Zustand durch konkrete Forderungen untermauern



Phase des Workshops	Ergebnis	Auswertung
Kritikpunkte sammeln	Flip Charts mit gruppierten Kritikpunkten	Liste der Kritikpunkte
Kritikpunkte strukturieren		
Kritikpunkte gewichten	Top Five – Bögen	Prioritäten
Ideen sammeln	Video und Flip Charts zu phantastischen Ideen	Beschreibung der Ideen
Ideen präsentieren		
Ideen auswählen	Top Five – Bögen	Prioritäten
Realisierung erarbeiten	Video und Flip Charts realistische Ausarbeitung	Beschreibung der Ansätze
Realisierung vorstellen		

A2. Poster zur Kritikphase der Fluglotsen



Ergebnisse der Future Workshops im Projekt Aviator 2030

Kritik und Wünsche der Fluglotsen

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Abt. Luft- und Raumfahrtpsychologie, Hamburg



Rollen Bord/Boden
Gefahr für 2030: einseitige Verschiebung von Kompetenzen zum Piloten oder Lotsen; mit heutigem Personal (Einstellung) nicht umsetzbar; Umschaltung, Überwachung und aktive Kontrolle problematisch; Kompetenzerhalt der Piloten und Lotsen
Wunsch: Rollen sind jederzeit beidseitig und flexibel zuweisbar.

Informationsaustausch
Gefahr für 2030: fehlender (gedanklicher) Austausch von Pilot und Lotse; fehlerhafte Kommunikation, falls nur noch über HMI; Steuerungsautonomie von LFZ nicht handhabbar
Wunsch: Optimaler Informationsaustausch ist immer sichergestellt und Systeme an Bord und Boden verfügen über die gleichen, vollständigen Planungsmöglichkeiten.

Externe Faktoren
Gefahr für 2030: Abstimmung aller Verkehrssysteme (auch Bahn), nationale Interessen und nicht angepasste Gesetze, geringe Akzeptanz bei Passagieren von UAVs oder „unkontrolliertem“ Luftraum
Wunsch: Alles harmoniert.

Gefahr / Kritik	Rang
Lotse als Einzelkämpfer	1
Inbetriebnahme unreifer Systeme	2
Sondersituation von autonomen Systemen nicht handhabbar	3
Einseitige Verschiebung von Kompetenzen	4
Schnittstellen zwischen ATC-Verfahren	5
Veraltete Technik	
Nationale Interessen behindern SES	6
Umschaltung und Überwachung bei flexibler Rollenverteilung	7
Arbeitszufriedenheit	
Kostensenkung vs. Sicherheit	

Zwei-Mann-Team
Gefahr für 2030: Lotse bzw. Pilot arbeitet alleine und nicht im Zwei-Mann-Team
Wunsch: Vom 4-Augenprinzip nur abweichen, wenn Operateur zustimmt und Systemunterstützung gewährleistet ist.

Human Factors
Gefahr für 2030: fehlende Arbeitszufriedenheit
Wunsch: Beruf des Fluglotsen soll Traumberuf bleiben.

Zielkonflikte
Gefahr für 2030: Umweltverträglichkeit vs. Ausschöpfung der Kapazität; Kosten vs. Sicherheit
Wunsch: Alle Ziele bedingen einander.

Technische Systeme
Gefahr für 2030: veraltete Ausstattung; mit heutigen System ist 50% mehr Verkehr nicht zu bewältigen; Sicherheit als Hindernis
Wunsch: Bord- und bodenseitige Ausstattung ist auf der Höhe der Zeit und die grafischen Oberflächen aller Bediensysteme sind auf Bedienbarkeit optimiert. Ideal wäre ein einheitliches ATC-System, so dass Schnittstellen entfallen.

Entwicklung neuer Systeme
Gefahr für 2030: unreife Systeme trotz Bedenken in Betrieb genommen; Extraaufgaben zur „Systembefriedigung“ erhöhen Arbeitsaufwand; Entwicklung von ATM-Systemen am „grünen Tisch“
Wunsch: Vollständig entwickelte Systeme werden nach ausgiebigen Tests implementiert und eingeführt, so dass sie von Anfang an problemlos arbeiten.

A3. Poster zur Kritikphase der Piloten



Ergebnisse der Future Workshops im Projekt Aviator 2030

Kritik und Wünsche der Piloten

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Abt. Luft- und Raumfahrtpsychologie, Hamburg



Rollen Bord / Boden

Gefahr: unklare Kompetenzen von ATC und Cockpit, Entmündigung durch fremdbestimmte Flugnavigation

Wunsch: Es gibt klare, akzeptierte Rollen. Die ATC gibt dem Piloten durch mehrere Alternativen Entscheidungsspielräume, es herrscht ein partnerschaftliches Verhältnis aller beteiligten Systeme und Menschen.

Informationsaustausch

Gefahr für 2030: sprachfreier Informationsaustausch; Kommunikation beschränkt sich auf einen Kanal; unzureichende Kommunikation im Cockpit

Wunsch: Die Kommunikation erfolgt adäquat, flexibel und unmissverständlich. Wahl zwischen mehreren Kommunikationsarten. Pilot kann bei Bedarf / Emergency die ATC direkt ansprechen.

Externe Faktoren

Gefahr für 2030: zu viele kleine ATC-Units; hohe Kosten; nationale Interessen; Akzeptanz

Wunsch: Entscheidungen von Politik und Wirtschaft werden sachorientiert mit dem Ziel „Single Sky“ getroffen.

Gefahr / Kritik	Rang
Entmündigung / fremdbestimmte Flugnavigation	1
Niveau der Ausbildung	2
Pilot als Einzelkämpfer / Ein-Mann-Cockpit	3
Unflexible Systeme	4
Systemsicherheit / Mangelnde Redundanz (menschlich und technisch)	5
Workload-Balance / Transitzeiten	6
HMI / Human Interface inadäquat	7
Schlechte Standardisierung	8

Zwei-Mann-Team

Gefahr für 2030: Single oder UAV; unbemanntes Cockpit oder Ein-Mann-Cockpit
Wunsch: Zwei-Mann-Cockpit wird als best industries' practice angesehen.

Human Factors

Gefahr für 2030: Inadäquates Human Interface Design

Wunsch: Das System ist an Menschen angepasst und instinktiv richtig bedienbar. In „normal-Ops“ gibt es wenige, intuitive Funktionen, bei Bedarf weitergehende.

Berufsbild:

Gefahr für 2030: Status gefährdet; Niveau von Auswahl, Training und Tätigkeit nimmt ab
Wunsch: Berufsbild bleibt angesehen, Ausbildung wird kontinuierlich an Erkenntnisse und Bedürfnisse angepasst.

Systemflexibilität:

Gefahr für 2030: starre Airways; unflexible Systeme; nicht evolutionsfähig; traffic flow bei Winter-OPs

Wunsch: Prozesse und Systeme bieten tatsächlich und strategisch Flexibilität, Pilot kann Flugprofil auswählen, bekommt directs angeboten und hat Anzeigen für den traffic und taxi flow und das Satellitenwetter live im Cockpit.

Workload

Gefahr für 2030: Workload – Balance; unnötige Komplexität; Erhöhung der Lebensarbeitszeit; zu starke Reduzierung der Transitzeiten

Wunsch: Durch adäquates Design angemessener Workload. Anpassung von Dateneingabe und Informationsdarstellung. Trotz Automatisierung bleibt die fliegerische Kompetenz erhalten.

A4. Poster zur Phantasiephase der Fluglotsen



DLR

Ergebnisse der Future Workshops im Projekt Aviator 2030

Zukunftsideen der Fluglotsen

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Abt. Luft- und Raumfahrtpsychologie, Hamburg



**Aviator
2030**

GAZPROM-O-MAT

T-24h Flugplan + 4D-Trajektorie werden übertragen

- Operateur prüft Trajektorie auf Systemkomformität
- Formale Korrektur durch Airline Operator

T-5h Trajektorie wird aktualisiert und übertragen

- Trajektorie wird von Planern abgeglichen
- zur Problemlösung geändert bzw. Lösungsvorschläge an Exekutive

T Trajektorie wird an Luftfahrzeug übertragen und abgeflogen

- Exekutive sorgt für Umsetzung
- Trajektorie wird dynamisch angepasst



Gut Kaden, ATC City

- Wohnpark für Lotsen
- Ideale Infrastruktur mit Schwimmbad, Golfplatz, Wellness, Bibliothek, ...
- 24-h Catering am Board
- Flexibler Dienstbeginn
- Berücksichtigung persönlicher Termine
- Für Sondersituationen wird Personal vorgehalten
- hochpräziser Vorhersage des Personalbedarfs
- Pausen nach Belastung
- Arbeitsplätze intuitiv, und individualisiert
- Persönliche Klimazonen
- Qualifikation der Lotsen überall gleich
- Spezialisten für alle Spezialgebiete

Wunsch

Wunsch	Rang
Wunsch-Trajektorie fliegar und verhandelbar zwischen Bord und Boden	1
Personaleinsatz ist flexibel	2
Workload berücksichtigt: nach Tagesform oder altersangepasst	3
Sicherheit wichtiger als Zielvereinbarungen	4
Unsichtbare Schnittstellen zwischen den Systemen	5
Systeme vor der Inbetriebnahme fertig	6
LFZ-Hersteller entwickeln ATC-Systeme mit	7
Staffelungsverantwortung flexibel zw. Bord / Boden	8
vollständige Redundanz / Backup-System alternierend	9
Virtual Control Center	10

Geisterflugzeuge

- Geisterflugzeug A560 startete von Geisterhand
- Treibstoffverbrauch und Flugzeit verringert
- Satellitengestützte Steuerung erlaubt Koordination vom Boden aus
- Pilot überwacht im Reiseflug
- In Not- und Sonderfällen Kontrolle vom Boden möglich
- Lotse steuert zu den Einflugpunkten des automatischen Landesystems
- Waschstraßensystem bei vollautomatischer Landung

ATC-United – Arbeit im virtuellen Kontrollcenter (Ausstattung)

Wir bieten:

- Virtuelles Kontrollcenter
- Freie Arbeitsplatzwahl weltweit
- Radarbildführung über Augensteuerung
- Wireless Communication über Gehirndatenlink
- Biometrische Erfassung der Belastung und rechtzeitige Ablösung über Pager
- Lebensarbeitszeitkonto
- 4-Augenprinzip über SATCDM

Wir erwarten:

- Belastbare Persönlichkeit
- Weltbürger im Sinne der UN-Gesetze
- Flexibilität bei der Arbeitsplatzgestaltung
- Erfolgreiche Teilnahme bei DLR-Auswahl
- Fremdsprachenkenntnisse nicht erforderlich, da automatischer Übersetzer
- Teamfähigkeit, um die reichliche Freizeit mit den Kollegen sinnvoll zu gestalten
- Hauptwohnsitz Liechtenstein (Steuerersparnis)

A5. Poster zur Phantasiephase der Piloten



Ergebnisse der Future Workshops im Projekt Aviator 2030

Zukunftsideen der Piloten

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Abt. Luft- und Raumfahrtpsychologie, Hamburg



Präsentation von HAL 2020 – europaweites ATC-System

- Europaweit Free Flight und nur ein ATC-Rechnersystem (HAL 2020)
- Airline stellt Anfrage an HAL 2020
- HAL 2020 bietet der Airline - koordiniert für den Luftverkehr in Europa - Route-Bundles an
- Route-Bundles: 4-D-Trajektorie, d.h. laterales und vertikales Profil mit Zeitslots
- HAL2020 kreiert mehrere 100 Route-Bundles, die von der Airline gefiltert werden
- Konkrete Routen 1h vor Abflug anhand von Vorgaben der Airline kreiert: Garantie von Abflugzeit (+/- 15 min) und Parking Slots, Einbeziehung von WX und Turbulenzdaten
- Crew wählt in der Dispatch-Phase aus den gefilterten Routen die priorisierte Route aus
- HAL 2020 mit Systemen des Flugzeugs verbunden: automatischer Abgleich der Informationen
- bei operativ Änderungen (Zeit nicht haltbar z. B generiert HAL 2020 neue Routen

Flug 2030 mit optimaler Systemunterstützung

- Online Briefing der Piloten mit Laptop vor dem Flug (alle Informationen zum Flug online verfügbar)
- Cabin-Briefing mittels der Online-Daten am Flatscreen (grafische Visualisierung der Routen)
- Cockpit-Preparation: Docking Station für kontinuierlichen Systemabgleich zwischen Online Daten und FMS sowie mit ATC
- Start-Up / Taxi mit Kommunikation über Data Link (Voice als Backup); Visualisierung von Rollwegen, Umgebungsverkehr und Startfreigaben
- Kooperativ-taktischer Steuerung mit ATC, Anzeigen der Sektoren, Vorschläge alternativer Routen etc.
- Anflug weitestgehend im free flight: ATC staffelt, Staffelung über Navigations-Display sichtbar
- Taxi-Route und -Freigabe im Nav-Display angezeigt, einschließlich der Gates und des Umgebungsverkehr
- Automatischer Flugabschluss mit Übertragung der Flugdaten online ins zentrale System

Wunsch	Rang
hochwertige Ausbildung, kont. Aufgabenanalyse	1
Klare, akzeptierte Rollenverteilung Bord - Boden	2
Intuitiv bedienbare Systeme / Ergonomie	3
Kommunikation- und Informationsaufbereitung adäquat, flexibel und unmissverständlich	4
Free Flight	5
Systematische Anpassung an den Menschen	6
Prozesse und Systeme bieten Flexibilität	7
Erkenntnisse werden schnell transparent: neue Empfehlungen und procedures	8
Berufsbild und Training	9
Kompetente internationale Entscheidungsgremien	10

Training der Zukunft

- Neue Lehransätze: vom Ganzen ins Detail
- Fokus auf Persönlichkeitsentwicklung und praxisorientiert
- Trainingsinhalte basieren und werden aktualisiert anhand von Aufgabenanalysen (task analysis)
- Ablauf des Trainings:
 1. Taktile Eingewöhnung im 3D-Raum (1-mot VFR; Upset)
 2. Theorie (praxisnah, breit, Persönlichkeitsentwicklung) und Anwendung der Basissysteme (Hands on- und Part-task Training), gegen Ende actual flight training
 3. Systemanwendung und operationales Training sowie persönliches Auftreten
 4. Inhaltsbezogenes recurrent training fördert permanenten Reifungsprozess

A6. Poster zur Verwirklichungsphase der Fluglotsen



Ergebnisse der Future Workshops im Projekt Aviator 2030

Realistische Umsetzung der Ideen bei den Lotsen

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Abt. Luft- und Raumfahrtpsychologie, Hamburg



Rollenverteilung Pilot / Lotse		
Umsetzungsschritte	Arbeitsplatz	Hindernisse
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ein-Mann-Cockpit ➤ Lotse hat alle erforderlichen Daten ➤ Pilot hat Radardaten von Bodenkontrolle in seinem Bereich ➤ Einweisung gegenseitig: Lotse kann fliegen und Pilot kontrollieren 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Virtueller Autopilot ➤ Pilot und Flugzeugmechaniker als Support verfügbar (Callcenter oder Kontrollzentrale) ➤ Gesicherte satellitengestützte Steuerung ➤ Avionik-/Cockpit-Daten jederzeit am Boden abrufbar 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Datensicherheit ➤ Verbindungssicherheit ➤ Neue Rollen müssen angenommen werden ➤ Transitionphase

Bodenseitige Ausstattung		
Umsetzungsschritte	Arbeitsplatz	Hindernisse
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Abgeschlossene Inseln im Kontrollraum (Klimazone, Beleuchtung, Lärm, Reflektionen, Stühle) ➤ Ausbau Datalink (europaweit und abhängig vom Höhenband) ➤ Ausstattung mit Kopfhörern 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Einsatz von Videobrillen ➤ Reduzierung von Systemeingaben / Ergonomie ➤ Automation / Arbeitsplätze hochtechnisiert ➤ Sinnesanregung und HMI optimiert, um komplexe Vorgänge zu überwachen 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Widerstand der Lotsen ➤ Defizite bei Umsetzung der Anforderungen, weil Lotsen nicht einbezogen werden ➤ Investitionen und technische Freigaben ➤ Langsame Gesetzgebung ➤ Systemoberflächen schließen Bedienfehler aus

Personal ist nicht der Flaschenhals		
Umsetzungsschritte	Arbeitsplatz	Hindernisse
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mehr Personal / Personal universell einsetzbar ➤ Koordination dynamischer Anfragen bidirektional ➤ Individueller Bereitschaftsdienst / Rufbereitschaft 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Zusätzlicher Arbeitsplatz: short term tactical staff coordinator (SHOTSCO) ➤ SHOTSCO hat Zahlen über traffic + complexity + WX und verfügbare Lotsen ➤ Handwerkzeug sind moderne Kommunikations-mittel (SMS, Pager) ➤ Kompetenzen: Dienst anordnen und Verkehrssteuerung vorschlagen 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tarifrecht (Ruhe- / Boardzeiten, AZG), Lösung: mehr Geben von beiden Seiten ➤ Kosten (mehr Personal zu teuer), Lösung: dynamischer Einsatz spart Kosten, <ul style="list-style-type: none"> ➤ mehr Personal kann mehr Traffic sicher bearbeiten ➤ Überhang kann zusätzliche Aufgaben erfüllen ➤ Universelle Einsetzbarkeit bedarf Zeit für Umsetzung

A7. Poster zur Verwirklichungsphase der Piloten



Ergebnisse der Future Workshops im Projekt Aviator 2030

Realistische Umsetzung der Ideen bei den Piloten

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Abt. Luft- und Raumfahrtpsychologie, Hamburg



Rollenverteilung Pilot / Lotse

Umsetzungsschritte	Arbeitsplatz	Hindernisse
➤ Gesamtverantwortung im Cockpit	➤ Zusätzliche Aufgaben (z. B. Separation) im Cockpit	➤ Interessenkonflikt Cockpit und Lotse
➤ für alle flugrelevanten, taktischen Entscheidungen	➤ Weniger sprachliche Kommunikation	➤ Nationale Interessen (Luftraumhoheit)
➤ Juristisch unumgänglich, da Pilot rechtlich verantwortlich	➤ Entlastung der ATC (mehr traffic pro Sektor möglich)	➤ Konflikt muss rechtzeitig ausgetragen werden
	➤ ATC-Redundanz auf gleicher Datenbasis	➤ Danach Konzept/Systemdesign im Detail möglich

Verkehrssystem 2030 – eine Entwicklungsvision

Umsetzungsschritte	Arbeitsplatz	Hindernisse
➤ Bausteine als Projekte vorhanden	➤ umfangreichen Analysen zu Anforderungen, Richtlinien	➤ Kosten -> Businessplan mit mehr Benefits als Risks
➤ Definition einer Vision	➤ Entwicklungsfahrplan mit iterativer Verbesserung und Aussortierung von Lösungen	➤ Konsensfähigkeit -> Konkurrenten sachlich überzeugen
➤ Partizipation aller Interessengruppen	➤ Ziel: eine verträgliche Gesamtlösung	➤ Politischer Wille -> separates Referat
➤ Gesteuerte Evolution anstatt Revolution		

EASA-Gremium

Umsetzungsschritte	Arbeitsplatz
➤ Gremium aus Staatssekretären, ATC, Militär, AFSBW, IATA, AOPA	➤ Einheitliche ATC / Pilot Standards
➤ Ausstattung mit Macht, Kompetenz und Finanzen	➤ Weniger Steuerung – mehr Kontrolle
➤ Vorgaben: SES, eine Flugsicherung, Vernetzung, eine Sprache	➤ Mehr strategische – weniger taktische Entscheidung
➤ Beschluss: Ratifizierung – Druck durch Geld!	➤ Problembezogener Kontakt

Training der Zukunft – Aviation Systems Management

Umsetzungsschritte	Arbeitsplatz	Hindernisse
➤ Differenzierte Auswahl	➤ Erweitertes Einsatzspektrum für Piloten und Lotsen	➤ Kosten – Lösung: staatlich – betrieblich (sponsorship)
➤ Aviation Basic Studies für alle Luftfahrtberufe	➤ Qualifikationserhöhung und anerkannter Beruf	➤ Akzeptanz bei Berufsverbänden (Zwei-Klassen-Gesellschaft)
➤ Spezialisierung (Lotse / Pilot) und Fachabschluss	➤ Networking, Synergien und Internationalisierung	➤ Zeitfaktor – Lösung: flexible Modullösungen
➤ Optionale Zusatzausbildung (Bachelor/Master)	➤ Dozententätigkeit nach Ausbildung möglich	➤ Studienkapazität (Fernschulung, intern, Anerkennung)

Anhang B: Zukunftsszenarien des integrierten Workshops

Die auf den Workshops erarbeiteten Ideen und Zukunftsentwürfe waren unterschiedlicher Art. Die Gruppenpräsentationen wurden mit Einverständnis der Teilnehmer per Video dokumentiert. Um die Komplexität der Ideen darzustellen, werden in diesem Anhang die Präsentationen und die anschließende Diskussion zusammenfassend beschrieben.

B1. Planung der 4D-Trajektorie (Flugplanung)

Die Entwicklungen hin zur 4D-Trajektorie werden sich in zwei Schritten vollziehen: in einem ersten Schritt bis 2015 werden Flüge mittels 4D-Trajektorien von FL 100 bis FL 100 abgewickelt und ab 2030 erfolgt dann die 4D-Trajektorie von gate to gate.

Erster Schritt bis 2015

Im gemeinsamen Gespräch wurde klar, dass die cockpitseitig übermittelten Daten an die Flugsicherung für eine Trajektorienplanung nicht ausreichen. Daher wird ein erster Schritt sein, ein cockpitseitiges Flugplanformat zu entwickeln, welches in die Planungstools der Flugsicherung eingegeben werden kann.

Etwa zwei Stunden vor Flugbeginn gibt der Pilot seine geplante Route als Anfrage an die Flugsicherung. Diese enthält folgende Informationen:

- Feste laterale Route
- EOBT, STA, FL
- unterlegt durch FMS Daten (WP, PA, TAS)

Es wird daraus eine 4D-Trajektorie von FL 100 bis FL100 vom Flugplanungstool der Flugsicherung berechnet. Dem Piloten wird eine 4D-Trajektorie von FL 100 bis FL 100 direkt ans FMS übermittelt. Dieser Datensatz enthält auch die TTOT und die RTA.

Bisher war die EOBT Ausgangspunkt der Flugplanung. Eigentlich ist jedoch die STA entscheidend, da eine pünktliche Ankunftszeit Voraussetzung für die Einhaltung von Umlaufzeiten ist. Daher wird in Zukunft die Trajektorie anhand der STA geplant und die TTOT wird daraus berechnet. Die TTOT wird mit einem Spielraum von 5 min nach vorne und nach hinten offen kalkuliert. Dagegen ist die RTA relativ genau festgelegt (max. +/- 2 min). Dies ist auch gegenwärtig schon genau planbar, da Wetterinformationen in die Geschwindigkeitsberechnung einbezogen werden und leichte Verzögerungen des Zeitplans wieder aufholbar sind und umgekehrt.

Die Flugsicherung weist auch Geschwindigkeiten über Wegpunkten an, die in der 4D-Trajektorie enthalten sind. Die Separation findet durch die Fluglotsen statt, wobei die Kapazitätsplanung der Sektoren durch Rechner berechnet wird.

Zweiter Schritt bis 2030

Hinsichtlich des zweiten Entwicklungsschritts bleibt vieles ähnlich. Die Flugverläufe werden viel genauer und variabler geplant. Die Flugplanung beginnt damit, dass der Operateur (z. B. der Pilot) folgende Daten an das Flugplanungssystem übermittelt:

- City-Pair
- Aircraft type und Crosswind
- EOBT und STA
- Optimales FL

Die STA hat die höchste Priorität bei der Vergabe der 4D-Trajektorie. Die 4D-Trajektorie erfolgt von gate-to-gate. Um das einzuhalten, gibt es –ähnlich wie die bekannten Hinderniskarten- Lärmkarten um die Flughäfen herum, die ein variables Herumnavigieren um die lärmgeschützten Areale ermöglichen. In die Planung werden diese geschützten Areale einberechnet, wobei im Gegensatz zur derzeitigen An- und Abflugplanung eine größere Streuung der Routen möglich wird.

Ebenfalls wird ein optimales FL an den Rechner übermittelt. Dieser ermittelt dann die 4D-Trajektorie, die von gate-to-gate geht, das heißt von push back bis on box. Dadurch wird auch der Airport-Operator in die Planung einbezogen. Dieser muss dann die Daten zur Planung in der benötigten Genauigkeit zur Verfügung haben.

Der Beginn der Planung ist im Vergleich zum ersten Planungsschritt variable und abhängig davon, ob ein Lang- oder Kurzstreckenflug geplant wird. Die Staffelung (Separation) erfolgt durch das Flugplanungstool. In der Zukunft wird die Planung so genau sein, dass der Aufenthaltsort der Flugzeuge sekundengenau bestimmt wird.

Es stellt sich die Frage, welche Aufgaben der Fluglotse 2030 inne hat? Wenn die 4D-Trajektorie sekundengenau berechnet werden kann, dann müssen die Nutzer dies auch so genau umsetzen. Es wird jedoch auch beim System 2030 zu Störungen im System kommen, so dass die Planung nicht genau eingehalten werden kann. Um die betroffenen Flieger kümmert sich der Lotse und veranlasst eine Anpassung der 4D-Trajektorie an die veränderten Bedingungen. Ansonsten

überwacht der Lotse seinen Luftraum, wobei er dabei durch ein Überwachungssystem unterstützt wird. Kommt es zu Abweichungen von der geplanten 4D-Trajektorie, erhält der zuständige Fluglotse eine Non-Compliance-Meldung, auf die er dann taktisch reagieren muss. Abweichungen können auftreten, wenn sich Wetterlagen verändern, medizinische Notfälle geschehen oder sich militärische Sektoren verändern. Dann sucht der Fluglotse – unterstützt durch das Flugplanungstool – nach alternativen 4D-Trajektorien. Von kurzfristigen Anweisungen wird abgesehen, da dies Kettenreaktionen verursachen könnte, so dass die 4D-Trajektorien anderer Flieger gefährdet wären.

Im Emergency-Fall muss über intelligente Strategien nachgedacht werden, die zu einem schnellen und sicheren Umgang mit dem *emergency* führen, jedoch gleichzeitig die Trajektorienplanung der anderen Flieger so wenig wie möglich beeinflusst.

Zusammenfassend wird der Fluglotse weniger taktisch und mehr strategisch arbeiten. Eine seiner Aufgaben wird es sein, die massiven Verkehrsströme zu bestimmten Zielen und Zeiten zu planen. Wenn beispielsweise einen Pulk von Flugzeugen ähnliche Teilrouten haben, dann ist es sinnvoll, diese in Form von Verkehrsströmen zu koordinieren. Diese täglichen Verkehrsströme müssen geplant und optimiert werden. Weiterhin greift der Fluglotse bei *contingencies* ein. Beispielsweise können sich militärische Lufträume flexibel ändern oder es gibt *priorities*, so dass der Lotse taktisch arbeiten muss.

Für Flieger in einem solchen Pulk sind kleinere Separationen umsetzbar. Beispielsweise können diese Flieger auf einem Track fliegen, wobei sie im Abstand von 5 nm lateral gestaffelt sind. Die Staffelung erfolgt durch die Flieger, der Fluglotse weist dem Piloten nur an, wer hinter wem fliegen soll. Problematisch wird es sein, sich kreuzende Verkehrsströme von der Höhe her zu koordinieren. Das bisherige Konzept unterschiedlicher Flugflächen für kreuzenden Verkehr kann nicht ohne eine andere Lösung abgeschafft werden, die garantiert, dass es keine Konflikte zwischen sich kreuzenden Fliegern gibt.

B2. Flugdurchführung Kurzstrecke HAL-O-MAT²⁰³⁰

Wichtige Voraussetzung für die Flugdurchführung der Zukunft ist ein kontinuierlicher Informationsfluss zwischen den beteiligten Partnern mit einer dynamischen Anpassung an den aktuellsten Kenntnisstand. Derzeit haben die einzelnen Partner nur Informationshäppchen, deren Hintergrund und

Zusammenhang ihnen unbekannt ist und die oft nicht auf dem aktuellen Stand sind. Daran krankt das derzeitige System.

HAL-O-MAT soll diese Lücke schließen und die Informationen der beteiligten Partner zusammenführen und daraus einen optimalen Flugplan erstellen, wobei die Planung immer an aktuelle Änderungen angepasst wird.

Ein klassischer Flug beginnt mit einer Anfrage eines optimalen Flugplans der Airline an die Flugsicherung. Diese Anfrage (*optimum request*) enthält neben den Informationen zu Start und Ziel sowie gewünschter Start- und Ankunftszeit auch die Präferenz bzgl. Zeit, Kraftstoff und Route. Ausgehend von der gewünschten Ankunftszeit berechnet HAL-O-MAT die Trajektorie. Dabei geht er so vor, dass er einen bestimmten Punkt am Zielflughafen definiert, von dem aus in Verrechnung mit den benötigten Zeiten am Flughafen Route, Geschwindigkeit und Startzeit (EOBT) werden.

Im Cockpit steht eine Grafik zum Verkehrsfluss an Start- und später auch am Zielflughafen zur Verfügung, so dass der Pilot seine Abflugzeit darauf abstimmen kann.

Die Kommunikation erfolgt im Normalfall (*standard*) elektronisch über Datalink und nur in besonderen Situationen (*non-standard*) über Sprachkanal.

Die Aufgabenteilung bleibt erhalten. Von der Airline / Cockpit kommen die Wünsche und ATC plant die Route, so dass der sichere Verkehrsfluss gewährleistet ist. ATC ist demnach für die Gesamtplanung des Verkehrs zuständig. HAL-O-MAT sammelt alle Anfragen und Informationen der beteiligten Partner und gibt dann die für alle beste Lösung heraus.

Kommt es während des Flugs zu einem *crew routing request*, beispielsweise eine veränderte Ankunftszeit am Entry point zur Landung, so gibt der Fluglotse dieses in HAL-O-MAT ein. Dieser berechnet eine alternative Lösung und gibt sie an den Piloten weiter. HAL-O-MAT hat damit wieder eine andere Route / Zeitfenster frei, welches durch andere Flieger gefüllt werden kann.

HAL-O-MAT ermöglicht es, typische Fehlerquellen zu reduzieren. Beispielsweise gibt es derzeit das Problem, dass der Fluglotse nicht weiß, ob der Pilot eine Anweisung zu einer Änderung tatsächlich auch umsetzt. Kommt beispielsweise ein *level request*, den der Fluglotse auch anweist, so erhält er bisher keine Information,

ob der Pilot selbigen tatsächlich eindreht. Eine Lösung wäre, dass der Fluglotse informiert wird, sobald eine Anweisung umgesetzt wurde. Eine andere Alternative wäre, dass ein elektronisch übermittelter Vorschlag der Flugsicherung sofort im FMS-System umgesetzt wird, sofern er vom Piloten akzeptiert / bestätigt wurde.

Eine weitere typische Fehlerquelle sind Funkfrequenzwechsel, bei denen sechsstellige Ziffernfolgen eingegeben werden müssen, was oft zu fehlerhaften Eingaben führt. Eine Möglichkeit bestünde darin, dies über Datalink zu realisieren oder einfache Kürzel zu verwenden. Weiterhin ist vorgesehen, den Lotsen bei der Rollführung zu unterstützen, indem ihm Rollwege und Umgebungsverkehr angezeigt werden, wobei die Rollfreigaben integriert sind.

Da sensitive Daten, wie beispielsweise Routen etc. ausgetauscht werden, ist absolute Vertraulichkeit und Sicherheit des HAL-O-MAT wichtig. Diese Daten dürfen keineswegs an Dritte weitergegeben werden.

Der von Piloten gewünschte *idle power descent* (d.h. das Gleitfliegen bis zur Landung zum Sparen von Treibstoff) ist möglich, wenn der Pilot dem HAL-O-MAT die *optimum-track-mile* bekannt gibt. Auf Grundlage dieser und in Koordination mit dem anderen Verkehr berechnet dann HAL-O-MAT die Anflugtrajektorie. Dies ist insofern auch für Wirtschaft und Politik von Vorteil, da Geld und Emissionen eingespart werden.

Zu guter letzt wurde noch angemerkt, dass Flieger mit alten Systemen nicht von HAL-O-MAT berücksichtigt werden können und daher die übrig bleibenden Trajektorien zugewiesen bekommen. Irgendwann werden dann alle beteiligten Partner mit der neuen Technik ausgestattet sein.

B3. Flugdurchführung eines Langstreckenflugs

In einem ersten Abschnitt wurden grundsätzliche Entscheidungen hinsichtlich Rollenverständnis, Aufgaben und Automatisierungserwartungen besprochen. Aufbauend darauf erfolgte dann die Beschreibung einer Flugdurchführung. Es wurde auf das Rollenverständnis und die Aufgabenverteilung, weniger auf technische Aspekte fokussiert.

Rollenverständnis, Aufgaben, Kommunikation und Automatisierung

Der Lotse ist wie bisher für die sichere und effiziente Abwicklung des Flugverkehrs zuständig. Der Pilot hat die Verantwortung für die Sicherheit von Flugzeug, Crew und Passagieren. Die Lotsen haben daher die Interaktionskontrolle, da sie die

reibungslose strategische Durchführung des gesamten Luftverkehrs überwachen. So kennt der Lotse Bedingungen, die der Pilot noch nicht weiß, weil er noch nicht dort angekommen ist. Die Piloten dagegen sind für die taktische Durchführung eines individuellen Flugs zuständig. Der Pilot kann daher auf spezifische Ereignisse, wie Defekt am Flugzeug oder bestimmte Wetterlagen reagieren.

Die Kommunikation wird in Standardsituation größtenteils mittels Datalink stattfinden. Jedoch wird RT (Radio-Telefonie) erhalten bleiben, da sie als Backup in No-Standard-Situationen unabdingbar ist. Ergänzend zur herkömmlichen Kommunikation wird ein Datenaustausch zu Luftlage sowie Wetter geben, so dass Transparenz zwischen Bord und Boden bzgl. Verkehrs- und Wetterlage herrscht. Durch eine bessere Transparenz für den Piloten zur Verkehrssituation um sein Flugzeug herum kann er Entscheidungen des Lotsen zu Routenänderungen besser nachvollziehen und Selbststaffelung delegiert werden. Auch eine verstärkte Kommunikation der LFZ untereinander zur Herstellung aller am Luftverkehr beteiligten Partner ist vorstellbar. Die Funkfrequenz wird in Zukunft vom Start bis zur Landung automatisch reingedreht, so dass diese Kommunikation wegfällt.

Für die Automation von Aufgaben wurde gefordert, dass grundsätzlich Maß und Ziel entscheidend sein sollten. Automatisierung sollte sinnvoll eingesetzt werden, aber nicht dazuführen, dass sich „kaputt optimiert und automatisiert wird“, so dass der Mensch sinnlos wegrationalisiert wird. Auf Lotsenseite wird eine bessere Vorhersage von Staffellungsunterschreitungen (STU prediction) gewünscht. Auf Piloten- und Lotsenseite muss jedoch darauf geachtet werden, dass Fertigkeiten erhalten bleiben (wie beispielsweise die fliegerische Kompetenz), dass Automatisierungsfolgen, wie Monotonie und Verlust des Situationsbewusstseins vermieden werden. Vielmehr muss sichergestellt werden, dass Piloten wie auch Lotsen teilweise auch ohne (Voll-)Automation das Flugzeug fliegen bzw. den Verkehr kontrollieren.

Zusätzliche Unterstützungsfunktion für den Lotsen sollte eine Übermittlung der Prioritäten des Piloten hinsichtlich Zeit, Treibstoff und Route sein. Der Pilot wünscht sich eine frühzeitige Übermittlung der zu erwartenden Restriktionen, wie Wetterlagen oder emergencies am Zielflughafen, um sich darauf einstellen zu können. Weiterhin wird ein Luftraumlagebild gewünscht, so dass sich der Pilot in die Umgebungssituation einfinden kann. Dies erhöht die Sicherheit erhöht wird und ein Verständnis für die Entscheidungen des Lotsen entsteht.

Beschreibung eines Langstreckenflugs von Karakas nach Köln

Der Flug beginnt mit einem automatischen Frequenz-tuning, so dass im Flugverlauf die Funkfrequenzen automatisch eingedreht werden. Der *request start-up* und *request taxi* sowie die *clearance* für beides erfolgt über Datalink. Bei der Übertragung der *taxi clearance* wird zugleich auch die Rollroute zum Navigationsdisplay im Cockpit übertragen. Über eine Ampelanzeige wird dem Piloten der Rollweg visualisiert. *Non-standards*, *requests* und *clearance* für *line-up* bzw. *take-off* erfolgen über Sprechfunk, da der Pilot immer für alle Flieger sofort die Anfragen und Freigaben hören kann.

Ist der Flieger abgehoben, dann bestimmt das Prinzip „silent positive control“ die weitere Kommunikation zwischen Pilot und Lotse. Sofern der Pilot die geplante Trajektorie abfliegt, erfolgt keine sprachliche Kommunikation. Vielmehr wird ihm „silent positive control“ angezeigt, was bedeutet, dass er identifiziert ist und aktiv durch den Lotsen kontrolliert wird. Diese aktive Kontrolle bekommt er jedoch nur im Ausnahmefall zu spüren.

So erfolgt über Spanien die Anfrage des Lotsen nach einem *Re-routing*. Dafür erhält der Pilot über Datalink mehrere alternative Routen angeboten, von denen er sich eine aussucht, die dann vom Lotsen angewiesen und vom Piloten umgesetzt wird. Dies ist möglich, weil das *Re-Routing* mit einem zeitlichen Vorlauf von einer $\frac{3}{4}$ Stunde erfolgte.

Kurze Zeit später bittet der Pilot um eine Sinkflugfreigabe, da Probleme mit der *Air Condition* auftreten. Dies geschieht über Sprechfunk, da es ein No-Standard ist. Ebenso benutzt der Lotse den Sprechfunk, um den Piloten anzuweisen, die Route kurzfristig zu ändern, da ein *airborne (actual security flight)* einen *STU-alert* auslöst, der ein sofortiges Ausweichen erfordert. Der Pilot reagiert, indem er manuell reagiert. Durch das Luftraumlagebild im Cockpit kann der Pilot nachvollziehen, was in seiner Umgebung passiert.

Der Anflug erfolgt nach dem Waschstraßenprinzip, d.h. der *traffic* wird auf einen *track* gebracht. Es kann eine Delegation der Staffelung an die Piloten erfolgen (wer folgt wem), so dass eine große Verkehrsdichte erreicht werden kann.

Beim Endanflug wird von „silent positive control“ zum RT-Modus (Sprechfunk-Modus) gewechselt, damit der Pilot den Umgebungsverkehr mithören kann. So bekommt er sofort mit, wenn ein Fehler hinsichtlich des *line-up* auftritt, was nicht

gut zu visualisieren wäre. Der Landeanflug wird manuell geflogen, um die Kompetenz zu erhalten.

Die Navigation am Boden wird über das Navigationsdisplay unterstützt, durch welches dem Piloten mit der Lande- oder Rollerlaubnis die Rollroute bis zum Gate angezeigt wird.

B4. Training 2030 – die Ausbildung der Aviatoren 2030

In der Konsequenz sollte die Ausbildung von Piloten und Lotsen in Zukunft stärker verzahnt werden. Dies führt zu einer besseren Zusammenarbeit, Informationsaustausch und Verständnis für „die andere Seite“. Das Verfahren beginnt mit der Rekrutierung von Trainees als Aviatoren, wobei noch nicht bekannt ist, ob aus ihm ein Pilot oder Lotse wird.

Beschreibung der Akademie der Zukunft

Es folgt dann das Komplettpaket für Aviatoren, welches aus einem *ab initio*- und einem *ready entry*- Zweig besteht. Für eine Ausbildung „von Anfang an“ wird mit einem Basisstudium begonnen, welches aus Recht, Wetter, Navigation, Human Factors, Luftfahrt-Englisch, Flugsicherungs- und Flugzeugtechnik sowie einem Basismodul in Simulatoren endet.

Danach folgt eine gemeinsame praktische Ausbildung, die mit einem Basisrating als Lotse und Pilot für alle endet. Anhand der Leistung dort wird die Entscheidung getroffen, ob eine weitere Ausbildung zum Piloten oder Lotsen stattfindet. Andere Aviator-Gruppen, wie Techniker oder Manager können auch einzelne Module belegen. Es folgt dann die praktische Ausbildung zum Piloten, die mit Type-Rating endet bzw. das Lotsentraining mit einer Ausbildung an Simulatoren mit realitätsnahem Verkehr.

Im *ready entry*- Zweig sollen Trainingsmodule sowohl getrennt als auch gemeinsam stattfindet, wie z. B. im Joint-Programm. So gibt es ATC-Tests, Line check und Stundennachweise, aber auch gemeinsame Trainings in komplexen Simulatoren, in denen Piloten und Lotsen gemeinsam lernen. Ziel ist es immer, einen Einblick in den Bereich des anderen zu erlangen bzw. aufzufrischen. Technisch kann *life traffic* verwendet werden, der über ein Medium oder Datalink in einem Simulator eingespeist wird. Eine entsprechende Software erkennt den Verkehr und kann ihn entsprechend abspielen. Durch angeschlossene Flugsimulatoren kann der *life traffic* noch realistischer gestaltet werden und gemeinsam Verfahren trainiert werden.

Ready entry- Bewerber von anderen Firmen (z.B. Lotsen von anderen Centern oder Piloten eines anderen Flugzeugtyps) können je nach Absprache eine Auswahl bestimmter Module an der Akademie absolvieren.

Für eine solche Akademie spricht, dass die Rekrutierung 2030 schwerer werden wird, da der Markt leergefegt sein wird. Um Synergien zu erzielen, kann eine Ausbildung attraktiv sein, bei der sich die Bewerber nicht von Anfang an festlegen. Außerdem gibt es einen weiteren Vorteil: Lehrer, die heutzutage rar sind und oft nicht gut ausgelastet sind, können sowohl Piloten als auch Lotsen trainieren, wodurch Synergieeffekte entstehen.

Die Vision der Zukunft ist, dass es wenige Anbieter geben wird, so dass Piloten wie Lotsen angestellte der Aviator-Firma sein werden.

Diskussion

Diese Akademie hätte Universitätscharakter, wobei ein Rating erst nach einem Basisstudium erfolgt. Ein solches frei zugängliches Studium zum *aviation operator* oder *manager* hat jedoch ein paar Pferdefüße: erfolgt die Auswahl erst nach einer Ausbildung, so werden Ausbildungskosten erzeugt, die für eine gewissen Zahl nicht erfolgreich enden. Müssen die Schüler die Ausbildung bezahlen, so würde sich dieses negativ auf die Attraktivität des Berufes auswirken. Müsste das Unternehmen die Ausbildung vorfinanzieren, so würden zusätzliche Kosten entstehen, weil nicht alle Schüler die Auswahl bestehen. Des Weiteren ist die Schnittmenge zwischen Piloten- und Lotsenauswahl kleiner als angenommen.

Daher ist eine Rekrutierung bzw. Eingangsvoraussetzungen (NC) wichtig, damit nicht jeder, der viel verdienen will und den Job interessant findet das teure Studium absolviert, obwohl Eignung unklar ist. Im Anschluss an die Basisausbildung kann dann ein Spezialrating zum Piloten oder Lotsen stattfinden. Weiterhin ist kritisch, ob eine solche Akademie die Qualität und das Wissen vermitteln würde, was die einzelne Firma (DLH) verlangt. Daher müsste die Firma Einfluss auf die Ausbildung haben können. Es wird dazu kritisch angemerkt, dass viel zu sehr in der Gegenwart diskutiert wird. Die Akademie ist jedoch eine Vision der Zukunft, wo alles anders sein soll. 2030 gibt es nur noch Aviatoren und es gibt Aviatoranforderungen, die geprüft werden. Wie das nachher in der Firma weiter geht und ob die Firmeneignung vorhanden ist, wurde nicht thematisiert.

Es wurde die Frage gestellt, ob eine solche Ausbildung für attraktive Luftfahrt-Firmen, wie die DLH erwünscht ist. Die Attraktivität der DLH ist doch, dass die

Ausbildung 2 Jahre dauert (also kurz ist) und danach sicher ein gut bezahlter Job wartet. Es wird befürchtet, dass durch die Ausbildung in der Akademie die Ausbildung sicher verlängert. Eine Ausbildung dagegen ohne Firmenbezug und sichere Anstellung bei einer Firma wäre unattraktiv. Es wird angemerkt, dass in Zukunft (2030) nur noch weniger Anbieter existieren werden, so dass es keine Kategorien wie DFS- und DLH mehr geben wird.

Dagegen wird gehalten, dass die Schnittmenge „Basisstudium“ wahrscheinlich in einem halben Jahr absolviert werden kann. Eine Auswahl danach würde die Prognosequalität verbessern, da die Auswahl nicht nur auf einer Woche beruht, sondern auf Erfahrungen mit dem Auszubildenden über ein halbes Jahr.

Zentrale Fragen für die Zukunft sollten sein, wie in 20 Jahren genug Leute rekrutiert werden können und wie eine qualitativ hochwertige Ausbildung aussehen soll. Es werden Leute gesucht, die zwar an ihre Company gebunden sind, jedoch auch keine Fachidioten sind. Dafür ist es notwendig, sie auch allgemein auszubilden, damit sie repräsentieren können und nicht nur Systemoperateure sind, die Flugzeuge lenken. Für diesen Anspruch ist das Basisstudium mit seinen gemeinsamen Modulen gut. Natürlich soll die gemeinsame Ausbildung nicht mit dem Basisstudium enden, sondern auch im ready entry- Bereich weitergehen.

Die Finanzierung bzw. Rekrutierung kann über verschiedene Schienen stattfinden. Einerseits können Firmen ihre Trainees auswählen, die sie dann über ein Stipendium die Ausbildung finanzieren bzw. Teile des Ausbildungsprogramms (z. B. das Basisstudium) der Akademie nutzen und ihre Trainees dahin schicken. Jedoch kann die Akademie auch offen sein für Personen, die sich die Ausbildung selbst finanzieren, um danach zu versuchen, bei einer Firma zu landen.