

Entwicklung und Evaluierung einer bordseitigen Benutzungsoberfläche für Data- Link-Kommunikation zwischen Piloten und Fluglotsen⁺

THOMAS MÜLLER¹, HANS-GERHARD GIESA¹ & GEERD ANDERS²

Technische Universität Berlin,

¹Institut für Arbeitswissenschaften, ²Institut für Luft- und Raumfahrt

Data Link, User Interface, Usability-Studie, Flugsimulator, Multi Purpose Control and Display Unit (MCDU), Navigation Display (ND), iterative Gestaltung, Air Traffic Management, Flugsicherung

1. Einführung und Überblick

Für den Zeitraum bis zum Jahr 2015 wird eine Verdoppelung der Flugbewegungen im Zuständigkeitsbereich der Europäischen Flugsicherung erwartet (Eurocontrol 1999, S. 4). Zur Bewältigung des Verkehrsaufkommens wird in diesem Zeitraum der Aufbau eines neu organisierten Luftverkehrsmangements (Air Traffic Management; ATM) angestrebt, welches die erforderlichen Kapazitätserhöhungen bei gleichzeitiger Steigerung der Sicherheit und verbesserter Wirtschaftlichkeit erreichen soll (Eurocontrol 1998). Einen Engpaß stellt die begrenzte Überwachungskapazität der Fluglotsen dar, die bei gegebenen Sicherheitsstandards nur eine begrenzte Zahl von Luftfahrzeugen kontrollieren können. Bislang wurden Kapazitätssteigerungen durch Verkleinerung der Radarsektoren erreicht, was jedoch dazu führt, daß der Planungshorizont immer kürzer und der Abstimmungsaufwand mit Nachbarsektoren immer größer wird. Weitere Kapazitätssteigerungen durch Verkleinerung von Radarsektoren

⁺ Gefördert im Rahmen der DFG-Forschergruppe „Mensch-Maschine-Interaktion in kooperativen Systemen der Flugsicherung und Flugführung“, Teilprojekt „Bewertung der Verlässlichkeit bordseitiger Flugführung in einem kooperativen Air Traffic Management“.

Der Beitrag ist eine überarbeitete und erweiterte Fassung eines Vortrags beim „4. Workshop Cockpit“, 24.-25.02.99, TU Darmstadt.

erscheint nicht mehr sinnvoll, so daß für die Zukunft eine computergestützte Multi-Sektor-Planung angestrebt wird. Eine solche Planung erfordert ständig aktualisierte Daten über momentane und zukünftige Flugbewegungen, was einen leistungsfähigen Datenaustausch zwischen Luftfahrzeugen und Einrichtungen der Flugsicherung am Boden erforderlich macht. Hierfür ist eine digitale Datenverbindung (Data-Link) vorgesehen, über die auch die Kommunikation zwischen Piloten und Fluglotsen abgewickelt werden kann, die heute über Sprechfunk erfolgt (Eurocontrol 1998; Kinchin; Skinner & Houalla 1998).

Diese Elemente finden sich auch in einem an der TU Berlin entwickelten Air Traffic Management Konzept (Abbildung 1) wieder: Der Multi-Sektor-Planer optimiert - unterstützt durch intelligente Planungssysteme - den Verkehrsfluß für mehrere Radar-sektoren. Für die Kommunikation mit den Sektorlotsen und vor allem mit den Luftfahrzeugen steht ihm ein digitaler Data-Link zur Verfügung. Ferner sieht das Konzept vor, daß auch die Kommunikation zwischen Sektorlotsen und Cockpit - zumindest für einen Teil der Luftfahrzeuge - per Data-Link abgewickelt wird. Dies erfordert sowohl boden- als auch bordseitig neue Schnittstellen für die Kommunikation, wobei der Sprechfunk zukünftig nur noch in Notfällen eingesetzt werden soll.

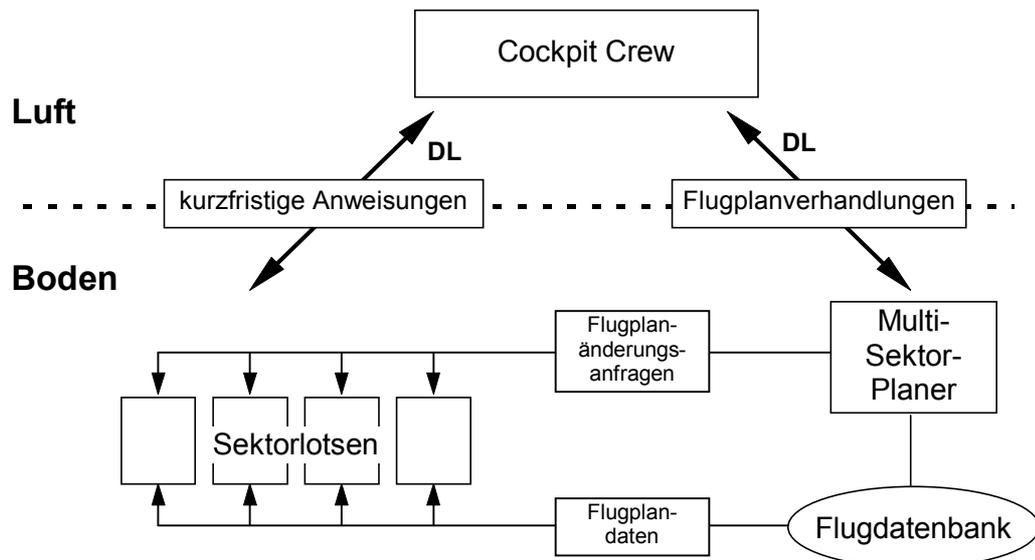


Abbildung 1: Elemente des Air Traffic Management Konzepts

In der Bord-Boden Kommunikation wird unterschieden zwischen kurzfristigen Anweisungen und Flugplanverhandlungen. Die *kurzfristigen Anweisungen* dienen im wesentlichen dazu, bei kurz bevorstehenden Konflikten zwischen Luftfahrzeugen schnell eingreifen zu können, indem ein oder mehrere Luftfahrzeuge angewiesen werden, Flugparameter (wie z. B. Höhe, Geschwindigkeit oder Richtung) zu ändern. Vereinfacht gesagt, handelt es sich um vom Lotsen gesteuerte Ausweichmanöver innerhalb seines Kontrollsektors. Die Veränderung bei diesen kurzfristigen Anweisungen betreffen in erster Linie das Kommunikationsmedium: Sprechfunk wird durch eine Kommunikation über Tastatur und Bildschirm ersetzt. *Flugplanverhandlungen* dagegen beziehen sich auf einen längeren Zeithorizont (ca. 30 min) und betreffen mehrere Radar-sektoren. Die vorher genannten „Ausweichmanöver“ sollen damit weitgehend vermieden werden. Für diese Flugplanverhandlungen, die typi-

scherweise mehrere zukünftige Wegpunkte einschließlich Höhen und Geschwindigkeitsprofil betreffen (i.a. der Austausch computergenerierter Flugbahnen) und nur über eine digitale Übertragung sinnvoll abzuwickeln sind, haben in den gegenwärtigen Abläufen keine direkte Entsprechung.

Das Projekt „Bewertung der Verlässlichkeit bordseitiger Flugführung in einem kooperativen Air Traffic Management“ untersucht verschiedene Einsatzvarianten von Data-Link und möglicher Schnittstellen im Cockpit. Die Zielgröße *Verlässlichkeit* hebt ab auf die anforderungsgerechte Zielerreichung des gesamten Mensch-Maschine-Systems hinsichtlich technischer Funktionalität, Sicherheit, Wirtschaftlichkeit usw. Kennzeichen einer hohen Verlässlichkeit sind u.a. hinreichende Eingriffsmöglichkeiten, Autorität und Kompetenz der Crew sowie Lernförderlichkeit (Giesa & Timpe 1997). In diesem Kontext sind die Gebrauchstauglichkeit und Nutzungsfreundlichkeit der Kommunikationsschnittstellen sowie eine geeignete Gestaltung der zur Nutzung erforderlichen Prozeduren eine notwendige (wenn auch keinesfalls hinreichende) Bedingung der Verlässlichkeit des Gesamtsystems. Auf diese Aspekte der *bordseitigen* Kommunikationsschnittstellen für Data-Link konzentriert sich die vorliegende Untersuchung. Ein weiteres Teilprojekt befaßt sich mit den bodenseitigen Abläufen und Schnittstellen (siehe dazu den Beitrag von Hausß, Stark & Eyferth in MMI-Interaktiv 03/99).

2. Problemstellung

Für die experimentelle Untersuchung des oben skizzierten ATM-Konzepts ist die Entwicklung geeigneter Schnittstellen erforderlich. Grundlage bildet ein Experimentalsystem, das längerfristige Flugplanverhandlungen und die Übertragung von kurzfristigen Flugsicherungsanweisungen sowie bordseitige Anfragen mittels Data-Link ermöglicht. Das auf der Scientific Research Facility (SRF) des A330/A340 Full Flight Simulators des Zentrums für Flugsimulation Berlin (ZFB) entwickelte System umfaßt Veränderungen der Anzeigen der Multi-purpose Control and Display Unit (MCDU) und des Navigation Displays (ND) (Abbildung 2).

Handlungsleitend bei der Gestaltung ist die Idee eines evolutionären oder iterativen Entwicklungsprozesses: Die zukünftigen Nutzer werden möglichst früh mit einer vorläufigen Version des Systems konfrontiert, so daß Probleme und Änderungswünsche schon im Entwicklungsprozeß und damit in weiteren Prototypen berücksichtigt werden können. Dabei wird eine hohe Zahl von Iterationsschleifen mit entsprechend kleinen Iterationsschritten angestrebt, um (im Sinne der Projektziele) falsche Entwicklungsgradienten sofort erkennen zu können. In mehreren Studien mit über 20 erfahrenen Verkehrspiloten wurde das System von den potentiellen Nutzern beurteilt und darauf aufbauend sukzessive weiterentwickelt.

Da die zentrale Fragestellung des Projekts sich auf die Entwicklung und experimentelle Erprobung eines ATM-Konzepts bezieht, ist die Entwicklung einer Data-Link-Kommunikationsschnittstelle vorrangig ein Mittel zum Zweck. Besonderer Wert wird daher auf die schnelle Erlernbarkeit der Handhabung und der damit verbundenen Prozeduren gelegt. Entsprechend ist eine enge Anlehnung an das bestehende Cockpit-Konzept des Airbus, insbesondere an die Syntax der existierenden MCDU-

Seiten angestrebt. Es wird also bewußt eine „konservative“ Gestaltung der Data-Link-Kommunikationsschnittstelle verfolgt.

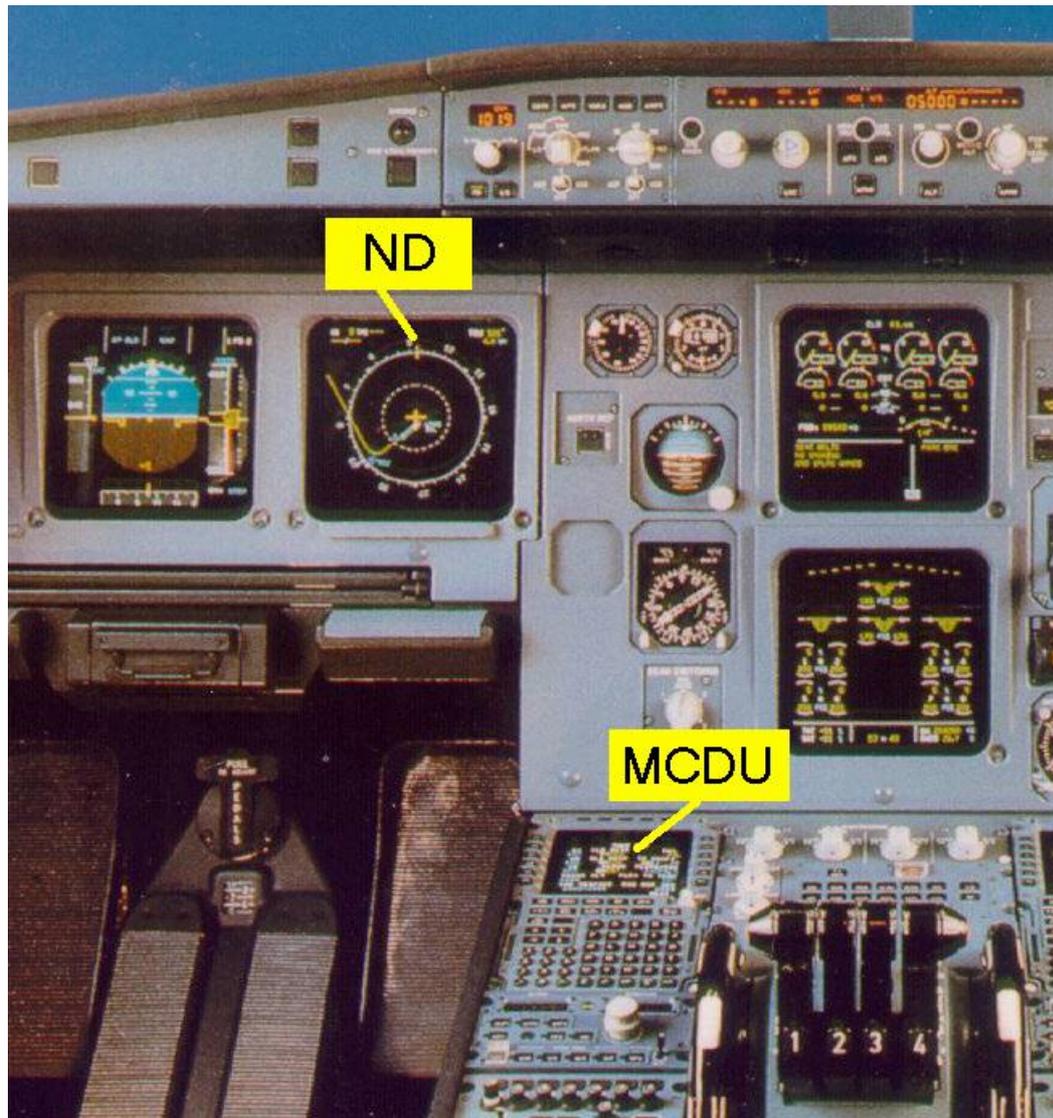


Abbildung 2: Navigation Display (ND) und Multi-purpose Control and Display Unit (MCDU) im Cockpit des Airbus A340 (Bild: Airbus Industries)

3. Experimentalsystem

3.1 Iterative Gestaltung

Im Sinne der oben genannten Prämissen wurden als Ausgangspunkt der iterativen Gestaltung neuer MCDU-Seiten für die Data-Link-Kommunikation bereits bestehende Seiten mit ähnlichen Funktionen gewählt. Zur Verdeutlichung zwei Beispiele:

3.1.1 Beispiel 1: Startseite für Flugplanverhandlungen (Flight Plan Negotiation)

Wie in Abbildung 3 dargestellt, bildete die vorhandene Seite 'SEC INDEX' für die Bearbeitung des Secondary Flight Plans den Ausgangspunkt für die Entwicklung der

Startseite zur Flugplanverhandlung. In mehreren Schritten wurden die Menüpunkte an den veränderten Zweck angepaßt, neue Menüpunkte hinzugefügt und schließlich durch graphische Mittel die Seite übersichtlicher gegliedert.



Abbildung 3: Entwicklungsschritte der Startseite für Flugplanverhandlungen

3.1.2 Beispiel 2: Darstellung eines Flugplanvorschlags des Multi-Sektor-Planers

Grundlage zur Anzeige des zu verhandelnden Flugplans bildet auch hier die bereits vorhandene Darstellung des Secondary Flight Plans (Abbildung 4). Zusätzlich dargestellt werden die Unterschiede gegenüber dem aktiven Flugplan hinsichtlich Flugdauer, Strecke und Treibstoffverbrauch. Der ursprüngliche Entwurf (Abbildung 4, links unten), der eine neue Zeile „SAVINGS“ aufweist, in der die Einsparungen angezeigt werden, d.h. positive Werte für Einsparungen an Zeit, Strecke oder Treibstoff und negative Werte für Mehraufwand, wurde von den Piloten nicht akzeptiert, so daß eine alternative Anzeige „DELTA“ (Abbildung 4, rechts) eingeführt wurde mit umgekehrter Vorzeichenlogik, d.h. negative Werte stellen hier eine Einsparung dar.

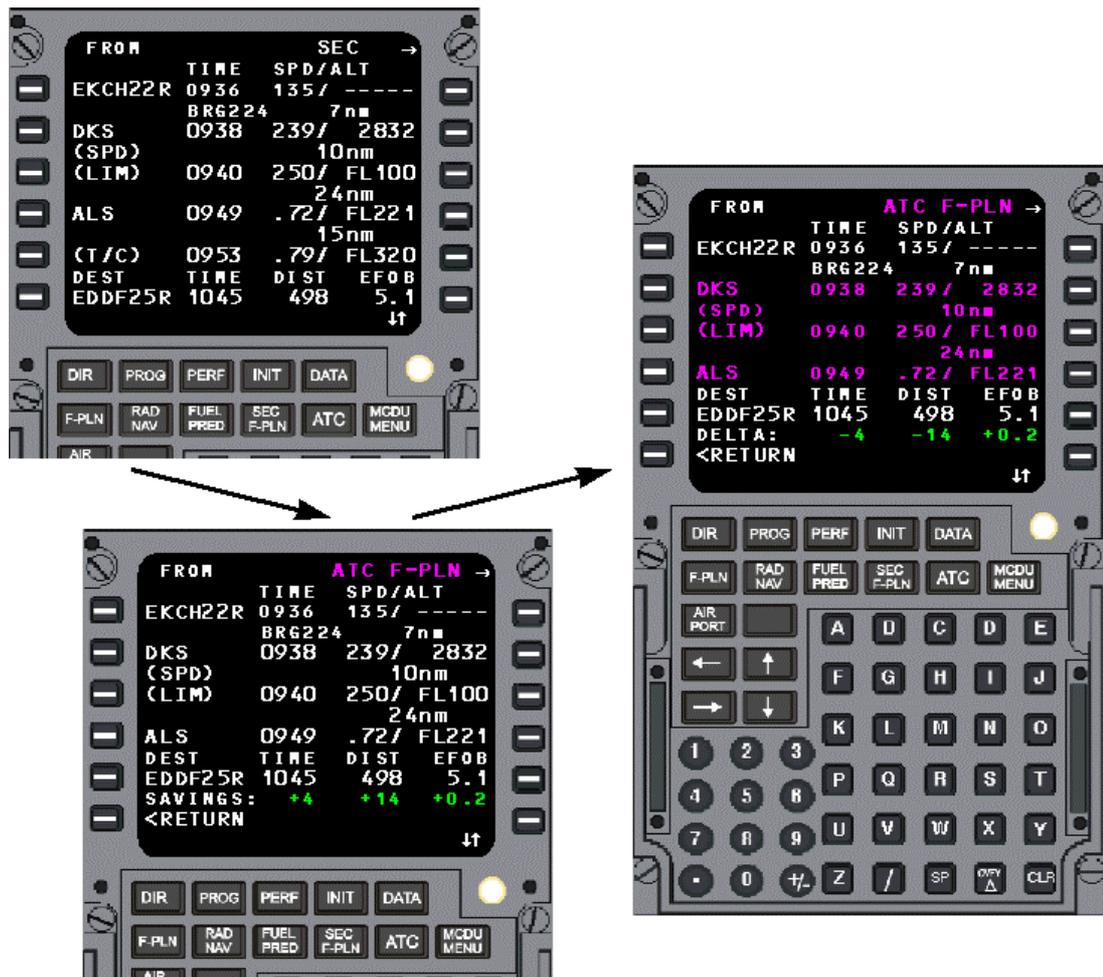


Abbildung 4: Darstellung eines Flugplanvorschlags des Multi-Sektor-Planers

3.2 Flugplanverhandlungen

Der Ablauf einer Flugplanverhandlung, die vom Multi-Sektor-Planer begonnen wird (bodeninitiierte Flugplanverhandlung) ist in Abbildung 5 angedeutet: Im oberen Teil des umgestalteten ND erscheint – begleitet von einem akustischen Signal – der Hinweis, daß ein neuer Flugplan („Constraint List“) vom Multi-Sektor-Planer empfangen wurde (Abbildung 5, links oben). Ein Logo in der linken oberen Ecke verweist darauf, daß weitere Informationen auf der MCDU dargestellt werden. Nach Aufruf über die neu implementierte „ATC“-Taste erscheint auf dem Display der MCDU (Abbildung 5, links unten) die gleiche Meldung noch einmal verbunden mit dem Hinweis, daß für den weiteren Ablauf die Seite für Flugplanverhandlungen anzuwählen ist. Dort wird über die Anwahl des Menüpunktes „INSERT“ (Abbildung 5, rechts oben) der Flugplan angezeigt. Nach Rückkehr auf die Verhandlungsseite kann der neue Flugplan über die Menüpunkte „ACTIVATE“ oder „REJECT“ aktiviert bzw. zurückgewiesen werden (Abbildung 5, rechts unten).



Abbildung 5: Ablauf einer bodeninitiierten Flugplanverhandlung (Endfassung)

Ein etwas anderer Ablauf ergibt sich bei einer bordinitiierten Flugplanverhandlung (Abbildung 6). Es kann davon ausgegangen werden, daß an Bord typischerweise kein grundlegend neuer Flugplan erarbeitet wird, sondern eine Variation des aktiven Flugplans gewünscht wird. Das Procedere beginnt mit dem Kopieren des aktiven Flugplans („COPY ACTV F-PLN“) auf der Flight Plan Negotiation Page. Es wird eine Kopie des aktiven Flugplans erstellt, in der Änderungen vorgenommen werden können. Die jeweiligen Konsequenzen für Flugdauer, Streckenlänge und Treibstoffverbrauch wird in der „DELTA“-Zeile angezeigt. Hat die Crew ihren Entwurf abgeschlossen, wird er an den Multi-Sektor-Planer gesandt (Menüpunkt „SEND“). Es erscheint die Mitteilung „NEGOTIATION IN PROGRESS“ und schließlich die positive oder negative Entscheidung des Multi-Sektor-Planers über den vorgeschlagenen Flugplan. Wird der Flugplan genehmigt, so kann er über den Menüpunkt „ACTIVATE“ aktiviert werden und ersetzt den bisherigen aktiven Flugplan.



Abbildung 6: Ablauf einer bordinitiierten Flugplanverhandlung (Endfassung)

3.3 Kurzfristige Anweisungen

Kurzfristige Anweisungen der Sektorlotsen, die typischerweise Geschwindigkeit, Richtung (Heading) oder Flughöhe (Flightlevel) betreffen, werden ebenfalls per Data-Link abgewickelt. Die in der Regel kurzen Anweisungen erscheinen gleichlautend im oberen Teil des modifizierten ND sowie auf der MCDU. Der Crew stehen die Optionen „VERIFY MSG“, „UNABLE“ und „WILCO“ zur Verfügung. Nach Wahl des Menüpunktes „WILCO“ („I will comply“) erscheint „SEND“. Nach dem Übertragen wechselt die Farbe der vorher in gelb angezeigte Meldung (im Beispiel in Abbildung 7: „TURN RIGHT HDG 230“) zu grün und schließlich verschwindet der Text nach einigen Sekunden.

Kann die Anweisung nicht befolgt werden, d.h. der Pilot wählt die Option „UNABLE“, so erscheint ein Auswahlmenü (Abbildung 8, rechts oben), welches mehrere Ablehnungsgründe anbietet (Notfall, Wetter, Leistung, Verkehr sowie freie Texteingabe). Bestehen Zweifel an der Richtigkeit der Anweisung, kann mittels „VERIFY MSG“ der Lotse veranlaßt werden, seine Anweisung zu überprüfen und zu bestätigen bzw. zu revidieren.



Abbildung 7: Ablauf bei Akzeptieren einer kurzfristigen Anweisung

4. Methodik

4.1 Usability-Studien

4.1.1 Studie 1: Flugplanverhandlungen per Data-Link

Die erste Studie bezieht sich auf die Flugplanverhandlungen per Data Link, insbesondere die Gestaltung der Hinweiszeile im Navigation Display, die entsprechenden Seiten der MCDU sowie die erforderlichen Prozeduren. Nach einer Einführung in das System und dem Briefing für die Flugmission im Simulator finden mit jeder Crew zwei ca. 1-stündige Flüge von Frankfurt nach Glasgow mit dem A340 Simulator des Zentrums für Flugsimulation Berlin (ZFB) statt. Für den 2. Flug tauschen die Piloten die Rollen als Pilot-Flying (PF) und Pilot-Non-Flying (PNF). Versuchspersonen sind 13 Verkehrspiloten verschiedener Airlines. An den Simulatorflug schließt sich die Beantwortung eines Fragebogens sowie ein Interview an. Der Fragebogen umfaßt Fragen zur Gestaltung der einzelnen Komponenten (ND, MCDU), dem Gesamtsystem, den Crew-Prozeduren sowie zur Einstellung zu Data-Link im allgemeinen. Konkrete Gestaltungshinweise ergaben sich vor allem aus den Interviews.

Bereits nach zwei Crews konnten in einem ersten Iterationsschritt einige Defizite in den neu gestalteten Data-Link Seiten identifiziert werden und entsprechende Ver-

besserungen vorgenommen werden, die den Seitenaufbau und die Terminologie betreffen. Beispielsweise wurde das den Piloten in diesem Kontext nicht geläufige Wort *Trajectory* durch *Flight Plan* ersetzt. Wie schon beschrieben, wurde auch die Anzeige der Konsequenzen einer Flugplanänderung auf Flugzeit und Treibstoff grundlegend überarbeitet (Terminologie, Vorzeichen; Abbildung 4).



Abbildung 8: Ablauf bei Ablehnung einer kurzfristigen Anweisung

Nach weiteren 5 Versuchspersonen wurden – in einem zweiten Iterationsschritt – erneut Überarbeitungen vorgenommen, die allerdings von geringerem Umfang waren und vor allem die graphische Gestaltung der betreffenden MCDU-Seiten anbelangten. Diese wurden in der 3. Phase den Versuchspersonen vorgestellt.

4.1.2 Studie 2: Kurzfristige Anweisungen per Data-Link

Die zweite Studie verwendet ein Simulationsszenario eines Fluges München - Salzburg - München. Flugplanverhandlungen finden in diesem Szenario nicht statt, dafür werden sämtliche Flugsicherungsanweisungen über Data-Link abgewickelt, d.h. es findet kein Funksprechverkehr mit dem Boden mehr statt.

4.2 Versuchspersonen

Die Tabelle 1 zeigt, wie sich die Versuchspersonenkollektive der beiden Studien zusammensetzen. Es handelt sich durchweg um Berufspiloten mit mehrjähriger Flug-

erfahrung. An der ersten Studie nehmen Piloten verschiedener Flugzeugtypen teil, an der zweiten ausschließlich Piloten mit Airbus Type-Rating.

Tabelle 1: Zusammensetzung der Versuchspersonenkollektive der beiden Usability-Studien

	Studie I	Studie II
Alter	28 ... 35,9 ... 50	27 ... 37,8 ... 53
Geschlecht		
männlich	13	9
weiblich	-	-
Jahre als Berufspilot	4 ... 11,0 ... 28	7 ... 14,5 ... 32
derz. Flugzeugtyp		
Airbus	7	9
andere	6	-
Flugstunden auf akt. Typ	6 ... 1810 ... 7000	1000 ... 1990 ... 4500
Flugstunden insges.	1300 ... 6250 ... 15000	3300 ... 6940 ... 15600

5. Ergebnisse

Die schriftliche Befragung der Versuchspersonen umfaßt neben demographischen Angaben und Angaben zur Flugerfahrung Fragen zur Realisation einzelner Komponenten (MCDU, ND), den Crew-Prozeduren, dem Gesamtsystem und Data-Link allgemein. Die folgenden Ausführungen beschränken sich zunächst auf die Angaben zum Gesamtsystem und die allgemeine Einstellung zu Data-Link.

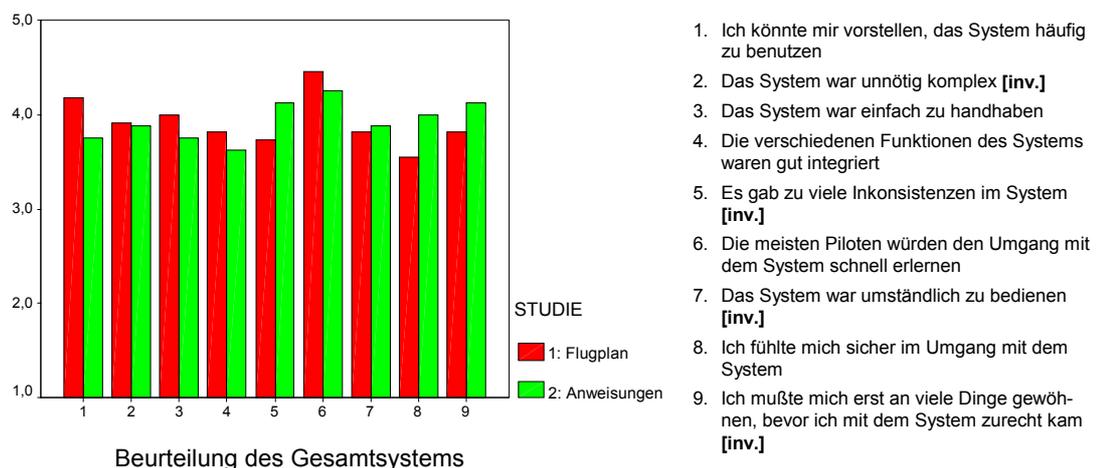
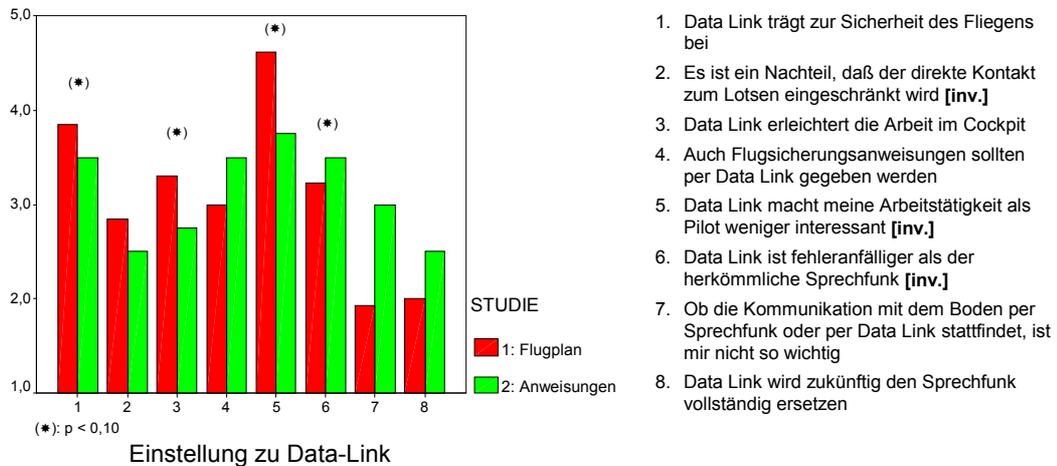


Abbildung 9: Mittlere Beurteilung des Gesamtsystems in den beiden Usability-Studien

In Abbildung 9 sind die Befragungsergebnisse zum Gesamtsystem dargestellt. Die entsprechenden Items des Fragebogens orientieren sich an einer von Brooke (1996) vorgeschlagenen 'System Usability Scale'. Die mittleren Beurteilungen in der ersten und zweiten Studie unterscheiden sich nur geringfügig und erreichen überwiegend einen mittleren Score von nahezu 4 auf der 5-stufigen Skala, wobei alle Skalen in der

Abbildung so gepolt sind, daß 5 der bestmöglichen Beurteilung entspricht. Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß der Prototyp von den Piloten überwiegend positiv aufgenommen wurde.



1. Data Link trägt zur Sicherheit des Fliegens bei
2. Es ist ein Nachteil, daß der direkte Kontakt zum Lotsen eingeschränkt wird [inv.]
3. Data Link erleichtert die Arbeit im Cockpit
4. Auch Flugsicherungsanweisungen sollten per Data Link gegeben werden
5. Data Link macht meine Arbeitstätigkeit als Pilot weniger interessant [inv.]
6. Data Link ist fehleranfälliger als der herkömmliche Sprechfunk [inv.]
7. Ob die Kommunikation mit dem Boden per Sprechfunk oder per Data Link stattfindet, ist mir nicht so wichtig
8. Data Link wird zukünftig den Sprechfunk vollständig ersetzen

Abbildung 10: Einstellung der Versuchsteilnehmer zu Data-Link

Ein etwas anderes Bild ergibt sich bei der Beurteilung von Data-Link im allgemeinen (Abbildung 10). Die Beurteilung ist insgesamt differenzierter und weniger positiv. Offenbar wird die Beurteilung von Data-Link durch die Erfahrung mit den experimentellen Prototypen beeinflusst. Zwischen Studie 1 und 2 lassen sich Unterschiede teilweise statistisch absichern, allerdings nur auf dem 10 % Niveau. Betrachtet man beispielsweise die Antworten auf Frage 5: „Data Link macht meine Arbeitstätigkeit als Pilot weniger interessant“, so wird das von den Teilnehmern der ersten Studie weitgehend abgelehnt (Die Skala ist invertiert!), bei den Teilnehmern der 2. Studie ist das Ergebnis weniger deutlich. Für die Teilnehmer der ersten Studie kommt durch Data-Link (soweit sie es im Versuch kennenlernen) eine neue Aufgabe hinzu, nämlich die Flugplanverhandlungen, der Rest bleibt unverändert. Für die Teilnehmer der zweiten Studie dagegen entfällt ein Element, nämlich der Sprechfunkverkehr mit Bodenstellen, der durch die unpersönlichere Data-Link-Kommunikation ersetzt wird. Konsequenterweise können sich die Teilnehmer der 2. Studie tendenziell auch eher vorstellen, daß Data-Link den Sprechfunk einmal völlig ersetzten wird (Frage 8).

Zur Beantwortung der Frage, ob das iterative Vorgehen in der ersten Studie zu einer erkennbaren Verbesserung in der Beurteilung durch die Piloten geführt hat, wurden die Daten eingehender analysiert (Abbildung 11). Die Ergebnisse der insgesamt 25 Fragen wurden zunächst mit einer Faktorenanalyse zusammengefaßt. Eine 3-Faktoren-Lösung (Tabelle 2) ließ sich wie folgt interpretieren:

Faktor 1: Handhabung des Prototypen

Faktor 2: Einstellung zu Data-Link

Faktor 3: Prozeduren und Sicherheit

Tabelle 2: Rotierte Komponentenmatrix (Varimax-Rotation, Faktorladungen >0,50 hervorgehoben)

Frage bzw. Statement	F 1	F 2	F 3
Das System war einfach zu handhaben.	.88	-.11	-.13
Ich fühlte mich sicher im Umgang mit dem System.	.82	.07	-.02
Wie beurteilen Sie die Eingabemöglichkeiten zur Flugplanverhandlung auf der MCDU?	.81	-.20	-.10
Das System war umständlich zu bedienen. [inv.]	.79	-.12	.19
Wie beurteilen Sie die Darstellung der Flugpläne auf dem MCDU-Display?	.72	-.24	.43
Das System war unnötig komplex. [inv.]	.68	.25	.23
Ich mußte mich erst an viele Dinge gewöhnen, bevor ich mit dem System zurecht kam. [inv.]	.67	.45	.13
Die meisten Piloten würden den Umgang mit dem System schnell erlernen.	.61	-.34	-.14
Ich könnte mir vorstellen, das System häufig zu benutzen.	.24	.09	-.12
Data Link wird zukünftig den Sprechfunk vollständig ersetzen.	-.24	.82	.13
Es ist ein Nachteil, daß der direkte Kontakt zum Lotsen eingeschränkt wird [inv.]	-.39	.79	-.07
Data Link ist fehleranfälliger als der herkömmliche Sprechfunk. [inv.]	.25	.75	-.35
Auch Flugsicherungsanweisungen sollten per Data Link gegeben werden.	-.23	.73	.25
Es gab zu viele Inkonsistenzen im System. [inv.]	.47	.71	-.02
Data Link macht meine Arbeitstätigkeit als Pilot weniger interessant. [inv.]	.10	.69	-.33
Wie beurteilen Sie die Darstellung des Flugplans auf dem Navigations-Display?	.23	.61	.05
Die verschiedenen Funktionen des Systems waren gut integriert.	.45	.52	-.09
Data Link erleichtert die Arbeit im Cockpit.	-.20	.51	.04
Wie beurteilen Sie die Einbindung der Flugplanverhandlung in das bestehende CCC?	.10	-.06	.90
Data Link trägt zur Sicherheit des Fliegens bei.	-.24	-.01	-.89
Wie beurteilen Sie die Korrekturmöglichkeiten auf der MCDU bei der Flugplanverhandlung?	.05	.21	.83
Wie beurteilen Sie die Darstellung der Mitteilungen auf dem Navigations-Display?	-.45	-.17	.61
Wie beurteilen Sie die vorgegebene Crew-Prozedur zur Flugplanverhandlung?	-.43	-.14	.56
Wie beurteilen Sie die Einbindung der Data-Link-Seiten in die MCDU-Seiten-Struktur?	.25	.04	-.54
Ob die Kommunikation mit dem Boden per Sprechfunk oder per Data Link stattfindet, ist mir nicht so wichtig.	-.20	-.04	-.54

Ein Einfluß der drei Iterationsstufen auf Faktor 1, also die Handhabung, ließ sich nicht nachweisen, allerdings auf Faktor 2, also die Einstellung zu Data-Link. Unterstellt man, daß der Prototyp über die drei Iterationstufen tatsächlich verbessert wurde, so läßt sich folgende Hypothese ableiten: Die erfahrenen Piloten kommen auch mit suboptimalen Systemen zurecht und beurteilen diese, soweit sie ihre Aufgaben damit erfüllen können auch weitgehend positiv. Angesichts guter Gestaltungen wird aber ihre Einstellung zu Data-Link i.a. positiv beeinflusst.

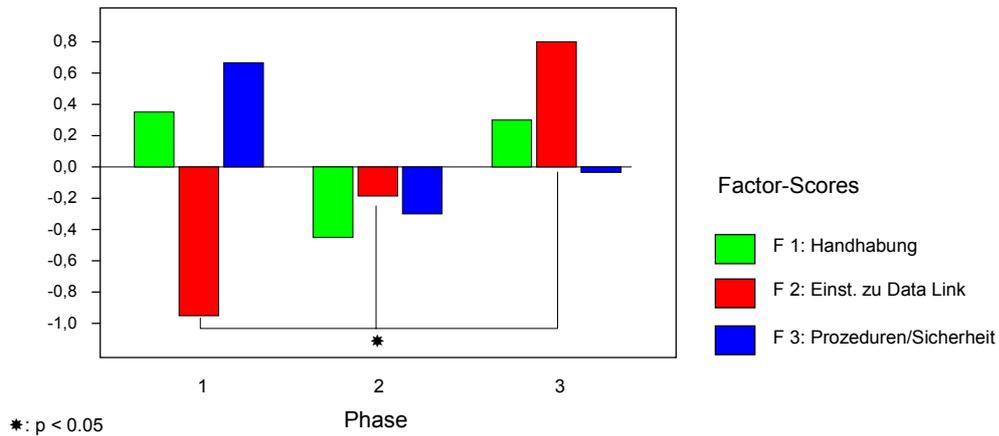


Abbildung 11: Einfluß der drei Versuchsphasen von Studie 1 auf die drei Faktoren der Beurteilung des Systems

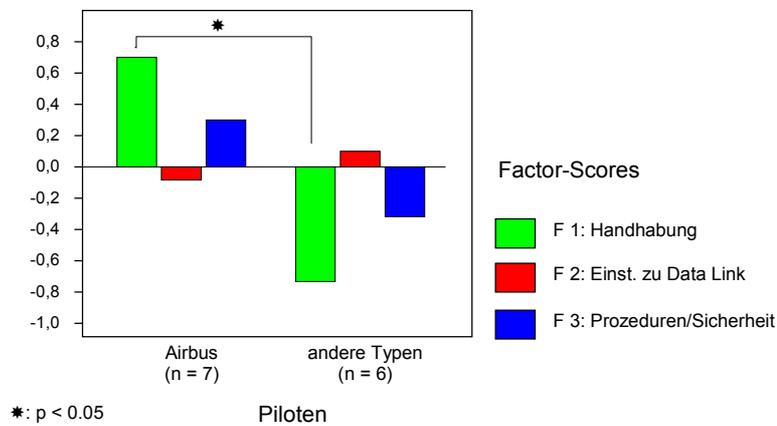


Abbildung 12: Einfluß des (normalerweise geflogenen) Flugzeugtyps auf die Faktoren der Systembeurteilung (nur Studie 1)

Da sich das Versuchspersonen-Sample der ersten Studie aus Piloten zusammensetzte, die auch auf verschiedenen Flugzeug-Typen fliegen, wurde kontrolliert, ob sich daraus ein Unterschied in der Beurteilung ergibt. Abbildung 12 zeigt, daß sich ein Unterschied zwischen Airbus-Piloten und Piloten andere Flugzeugtypen, hinsichtlich der Beurteilung der Handhabung ergibt: Airbus-Piloten beurteilen die Lösung signifikant besser. Bezüglich der Beurteilung von Data-Link im allgemeinen ergibt sich jedoch kein signifikanter Unterschied. Dies spricht zum einen dafür, daß sich der hier verfolgte Gestaltungsansatz gut in die „Airbus-Philosophie“ einfügt, wie auch von den Piloten im Interview betont wurde, andererseits, daß eine allgemeingültige, typenübergreifende Gestaltung von Data-Link-Schnittstellen problematisch ist.

6. Diskussion und Ausblick

Es konnte gezeigt werden, daß unter weitgehender Beibehaltung der Hardwarekomponenten eines A340-Cockpits eine grundsätzlich funktionsfähige Schnittstelle für die Data-Link-Kommunikation aufgebaut werden kann, die bei Berufspiloten auf hohe Akzeptanz stößt und deren Funktionalität schnell erlernbar ist. Die Vorgehensweise der iterativen Gestaltung mit frühzeitiger Einbindung der Nutzer und Umset-

zung von Verbesserungen in mehreren Stufen hat sich dabei bewährt. Der Vorteil der engen Orientierung am Status-Quo, also der „Cockpit-Philosophie“ eines Herstellers, in diesem Fall Airbus, und die in diesem Sinne „konservative“ Gestaltungslösung mit dem Vorteil schneller Erlernbarkeit, wird erkaufte durch den Nachteil, daß Piloten anderer Typen mit der Handhabung eher Probleme haben und sie signifikant schlechter beurteilen.

Weitere Versuchsreihen im Laufe des Jahres 1999 haben den realitätsnahen (Simulator-) Einsatz des Gesamtsystems, also Flugplanverhandlungen und kurzfristige Anweisungen per Data-Link unter Anwendung vorgegebener Crew-Prozeduren bei längeren Flugmissionen zum Gegenstand. Im Mittelpunkt steht dabei der Reiseflug (Cruise). Untersuchungen zu Eignung und Akzeptanz von Data-Link als Kommunikationsmedium und der dazugehörigen Kommunikationsschnittstellen für weitere Flugphasen wird längerfristig angestrebt.

7. Literatur

- Brooke, J. (1996). SUS: a 'quick and dirty' usability scale. In: P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdemeester & I. L. McClelland (Hrsg.), *Usability Evaluation in Industry* (S. 189 - 194). London: Taylor & Francis.
- Eurocontrol (1998). *ATM Strategy for 2000+; Volume 1*. Brüssel: Eurocontrol.
- Eurocontrol (1999). *European Air Traffic Control Harmonisation and Integration Programme (EATCHIP): Operational Concept Document (OCD)* (FCO.ET1.ST07.DEL01; Edition 1.1; 4 January 1999). Brüssel: Eurocontrol.
- Giesa, H.-G. & Timpe, K.-P. (1997). Ein konzeptioneller Ansatz zur Untersuchung der Verlässlichkeit in einem kooperativen Air Traffic Management (ATM). In: K.-P. Gärtner (Hrsg.), *Menschliche Zuverlässigkeit, Beanspruchung und benutzerzentrierte Automatisierung*. (DGLR-Bericht 97-02) (S. 41 - 52). Bonn: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt.
- Hauß, Y.; Stark, N. & Eyferth, K. (1999). Auswirkungen von Multi-Sektor-Planung auf die Lotsen der Streckenflugkontrolle. *MMI-Interaktiv 03/99*. [= http://www.mmi-interaktiv.de/ausgaben/03_99/hauss.pdf]
- Kinchin, B. E.; Skinner G. R. & Houalla, M. (1998). *EATCHIP Overall Cost-Benefit Scoping Study* (Version 1.3; 8/13/98). Appendix C: Technical Scenarios - The situation in 1997, planned Changes for 2005, and the planned situation in 2020. London: Icon International Services [= <http://www.eurocontrol.be/projects/eatchip/cba/studies/scope/scopapp-02.html>].