



## **Workshop**

DGLR – Fachbereich  
T8 "Flugzeugbordsysteme"

DGLR – Fachausschuss  
S2.1 "Starrflügelsysteme"

## **Flugzeugkabine/Kabinensysteme – die nächsten Schritte**

Eine Veranstaltung unter der Schirmherrschaft der  
EADS Airbus GmbH

### **Tagungsband**

*Airbus Conference Center, Hamburg–Finkenwerder*

10./11. Mai 2001

DGLR-Bericht 2001 - 01  
ISBN 3-932182-15-4 (print)  
ISSN 0178-6326

CC BY-NC-SA 4.0

<https://doi.org/10.48441/4427.2725>

**Herausgeber / Editor**

Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME

**Herausgeber**

Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt  
- Lilienthal-Oberth e.V. (DGLR)  
Godesberger Allee 70, 53175 Bonn

Bonn, 2001

**DGLR – Fachbereich T8 "Flugzeugbordsysteme"**

Obmann: Dr.-Ing. Klaus-Dieter Kricke

**DGLR – Fachausschuss S2.1 "Starrflügelsysteme"**

Obmann: Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME

# INHALT

K.-D. Kricke, D. Scholz

## **Vorwort**

K. Heß

## **Die Kabine aus Sicht der Luftverkehrsgesellschaft**

M. Sperber

## **Die Kabine aus Sicht der Passagiere bei Turbulenzen und Notsituationen**

U. A. Weber

## **Anforderungen an einen Arbeitsplatz für Flugbegleiter**

A. Fuge, B. Höfer

## **Der kritische Pfad – Deboarding, Cleaning, Boarding – Bodenabfertigung aus der Sicht der Bodenverkehrsdienste der Hamburg Airport Gruppe**

J. Wenzel

## **Physiologische Randbedingungen für die Auslegung von Flugzeugkabinen**

N. Luks, M. Vejvoda, A. Samel, H. Maaß, J. Wenzel

## **Untersuchungen zur Beanspruchung des Kabinenpersonals auf einer transmeridianen Strecke**

A. Bauch

## **Ergonomie in der Flugzeugkabine – Passagierprozesse und manuelle Arbeitsabläufe**

J. Hehemann

## **Entwicklung von Flugzeugkabinen**

W. Granzeier

## **Flugzeugkabine Boeing B717-200**

A. Mauritz

## **Entscheidungsunterstützung für zukünftige Kabinensysteme**

A. Becker, F. Meller

## **Kundennutzen Flugzeugkabine – Identifikation von Potentialen zur Verbesserung der Kundenzufriedenheit**

M. Werner, M. Holzbock

## **Aeronautical Broadband Communications via Satellite**

J. Lemke

## **Betriebskostenberechnung für Kabinensysteme**

F.-H. Schoenenberg, C. Majunke

**Der Fluggastsitz – Schnittstelle zwischen Passagier (Kunde) und Flugzeug**

T. König, F. Schuster

**Gemeinsame Aspekte bei der Interior-Gestaltung von Schienenfahrzeugen  
und Flugzeugen**

## **ANHANG**

**Das Programm des Workshops**

**Der Tagungsband im WWW**

## VORWORT

Der vorliegende Tagungsband fasst die Beiträge des Workshops zum Thema **„Flugzeugkabine/Kabinensysteme – die nächsten Schritte“** zusammen.

Der Workshop wurde vom Fachausschuss S2.1 „Starrflügelsysteme“ zusammen mit dem Fachbereich T8 „Flugzeugbordsysteme“ unter der Schirmherrschaft der EADS Airbus GmbH am 10. und 11. Mai 2001 im *Airbus Conference Center* in Hamburg-Finkenwerder durchgeführt.

Die Flugzeugkabine, ihre Ausstattung und die zugehörigen Bordsysteme gewinnen zunehmend an Bedeutung für Flugzeughersteller, Ausrüstungsindustrie und Airlines. Insbesondere auf Langstreckenflügen steigen die Ansprüche der Passagiere bezüglich Komfort (Klima), Verpflegung/Service, Arbeitsmöglichkeiten und Unterhaltung oder Ruhe. Diese Situation wird durch eine immer größere Auslastung der Flugzeuge, durch immer engere Toleranzen in Flugplänen und Umläufen sowie durch behördliche Auflagen (Lärm, Verwendung umweltverträglicher Betriebsstoffe, medizinische Aspekte, etc.) verschärft.

Hieraus resultieren neue Anforderungen an Qualität und Leistung der Bordsysteme, steigender Energiebedarf und zunehmendes Gewicht für Ausrüstung und Verpflegung. Darüber hinaus sollen die Bordsysteme einerseits die Aufgaben des Bordpersonals, andererseits die Bodendienste (Turnaround) optimal unterstützen.

Eine Diskussion dieser Zusammenhänge wurde auf nationaler Ebene bisher kaum geführt. Ziel der Veranstaltung war es daher, die unterschiedlichen Aspekte und Anforderungen der Flugzeugkabine zu betrachten. Zur Sprache kamen Punkte wie:

- die Kabine als Reiseumfeld der Passagiere,
- die Kabine als Arbeitsplatz der Flugbegleiter,
- die Kabine aus Sicht der Luftverkehrsgesellschaften und Bodendienste.

Methoden und Vorgehensweisen zur Konzeptfindung und zum Entwurf von Flugzeugkabinen wurden behandelt. Weiterhin wurden moderne Kabinensystemtechnologien angesprochen und es wurde ein Blick auf deren Wirtschaftlichkeit geworfen.

Ziel der Veranstaltung war es weiterhin, über den Informationsaustausch ein gemeinsames Verständnis der Problematik zwischen Flugzeugherstellern, Ausrüstungsindustrie, Service Providern und Nutzern zu erreichen und durch Vorträge, Fachgespräche und Diskussionen in Arbeitsgruppen Lösungsmöglichkeiten aufzuzeigen.

Damit soll dieser DGLR-Workshop auf nationaler Ebene eine Initiative sein für eine Fortsetzung des Dialoges und für weitere Aktivitäten und dies über die Technologieprojekte hinaus.

Neben den Teilnehmern des Workshops soll der Tagungsband auch für andere Interessenten an diesem Thema eine nützliche Informationsquelle sein.

Fachbereich T8 „Flugzeugbordsysteme“  
K.-D. Kricke

Fachausschuss S2.1 „Starrflügelsysteme“  
D. Scholz

# Die Kabine aus Sicht der Luftverkehrsgesellschaft

## Karl Heß

### Deutsche Lufthansa AG FRA OY/T

### 60546 Frankfurt Flughafen

## 1. Überblick

„It is understood that the seat track location and overhead stowage facilities in the constant cross section portion of the aircraft fuselage will be suitable for ten-abrest seating in the economy section.“

Mit der zitierten Passage aus dem Kaufvertrag für die ersten Lufthansa 747-100, datiert vom 26. Okt. 1966, wurden wesentliche Anforderungen an die Kabine definiert, die z. T. bis heute Bedeutung haben.

In den folgenden Kapiteln wird auf die Entwicklung der wesentlichen Kabinenelemente

- Klassenmix
- Passagiersitze
- Entertainment/Kommunikation

im Laufe der zurückliegenden Jahre eingegangen sowie die wesentlichen Einflußfaktoren für Innovationen und Weiterentwicklungen auf dem Gebiet der Kabine aufgezeigt.

Die Kabine und Ihre Auslegung bewegt sich in einem Spannungsfeld der verschiedensten Anforderungen und Interessen aus den unterschiedlichen Bereichen einer Fluggesellschaft. In dem letzten Abschnitt wird hierauf eingegangen und an einem Beispiel der Ablauf einer Kabinenänderung dargestellt.

## 2. Entwicklung der Passagierkabine in Laufe der letzten 20 Jahre

### 2.1 Klassenmix und Sitzabstand

Ausgehend von einer Klassenaufteilung First und Economy Class in den siebziger Jahren mit der Bar im Upper Deck der 747 erfolgte im Laufe der achtziger Jahre eine erste weitgehende Diversifizierung mit Einführung der Business Class mit 8 Plätzen/Reihe:

Die Anzahl der Plätze/Reihe in der 747 wird von 9 auf 10 erhöht, die Bar wird durch (First bzw. Business Class) Sitzplätze ersetzt.

In den zurückliegenden 10 Jahren erfolgt eine schrittweise Erhöhung der Sitzabstände in First und Business Class, einhergehend mit einer Verringerung in M/CI. Es gibt eine Aufweitung des Spektrums in Richtung 2 bzw. 4 Klassen. Der Sitzabstand der Business Class erreicht z.T. das Niveau der F/CI von 1970 bzw. wird es demnächst überschreiten. Für die F/CI ist der „flache“ Sitz mit ca. 2 mtr. Liegefläche Standard, gesetzt durch die Einführung des Konzeptes durch BA in 1997. Für die C/CI ist ein ähnlicher Trend zu beachten.

Die folgende Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Entwicklungen der letzten 10 Jahre exemplarisch für 747-400:

Tabelle 1, Entwicklung Sitzabstände seit 1989

Jahr	F/CI		C/CI		M/CI		Summe Passagiere
	Sitze	Abstand/ Abrest	Sitze	Abstand/ Abrest	Sitze	Abstand/ Abrest	
1989	20	62/4	86	37/8	282	34/10	386
1991	20	62/4	75	40/7	292	32/10	387
1998	16	85/4	64	48/7	310	31/10	390
2003	16	85/4	??	??/??	??	31/10	??

**Ergebnis/Trend:**

**Bei insgesamt nahezu konstanter Passagierzahl ist eine deutliche prozentuale Verlagerung in die M/CI festzustellen.**

**2.2 Passagiersitze und Entertainment/Kommunikation**

Beginnend mit Einführung 747-400 ist ein Trend zu elektrisch verstellbaren Passagiersitzen in der F/CI festzustellen, mit der Einführung der „Premium Business“ ca. Mitte der neunziger Jahre bei verschiedenen Airlines auf die C/CI abstrahlend. Bzgl. Entertainment und Kommunikation war im Zeitraum 1970 – 1990 dieses beschränkt auf Musik und Leinwand. 1991/1992 wurden die ersten Systeme mit individuellem Monitor in F und C/CI flächendeckend installiert, gefolgt z. T. von der M/CI. Die neuesten Systeme ermöglichen die „Videothek am Sitz“ mit entsprechenden Festplatten-Servern. Ergänzt werden sie Systeme durch Stromversorgung für PC am Sitz. Die neuesten Entwicklungen auf dem Sektor Live TV und Internet stehen in den Startlöchern für flottenweite Anwendungen. Auf dem Sektor Live TV ist im Moment eine gewisse Konsolidierung des Marktes zu beobachten. Die folgende Tabelle 2 gibt einen Überblick über Features und Preise von typischen Sitzen und Entertainment-Systemen

Tabelle 2, Kosten für Sitze/Entertainment/Kommunikation

Jahr	F/CI Dbl Sitz	Antrieb	C/CI Dbl Sitz	Antrieb	M/CI Dbl	Entertainment	
						System	Preis/Passagier
1989	\$ 16.000	Elektr.	\$ 5.000	Mech.	\$ 4.000	Musik/ Leinwand	\$ 600
1991	\$ 16.000	Elektr.	\$ 10.000	Mech.	\$ 4.000	Kabel TV	\$ 3.500
1998	\$ 30.000	Elektr.	\$ 14.000	Mech.	\$ 4.000	Indiv. Videothek	\$ 10.000
2003	??	Elektr.	geschätzt \$ 35.000	Elektr.	??/??	Internet	

## Ergebnis/Trend:

**Steigende Preise für Hardware Sitz und Entertainment. Für F und C/CI gegenläufig mit verringerter Anzahl Passagierplätze Plätze in diesen Klassen. Drastischer Anstieg Kosten für Unterhaltung/Kommunikation, inbes. bei Einbeziehung M/CI.**

### 3. Einflußfaktoren für Innovationen und Weiterentwicklungen in der Kabine

Zurückblickend über die vergangenen Jahre lassen sich keine grundsätzlichen „Pacemaker“ für Innovation innerhalb der Kabine festmachen.

Erkennbar sind einige Muster, auf die im folgenden kurz eingegangen wird:

#### **Start up-Airline:**

Muß bekannt werden und Publicity erzeugen.

Beispiel Sky Blue (Ostküste USA) mit Live TV

#### **Servicekette/Kundenbindung**

GTE und AT&T mit (NATS) Telefonsystem in den USA

#### **Konkurrenzsituation an lokalem Markt, Image**

Virgin Atlantic mit Sitzen (Reynard) und Service

#### **Marktumfeld**

Entwicklung Sitzladefaktoren für Maßnahmen Earning Capacity oder ggf. mehr Raum für Premium Segment zur Differenzierung.

#### **Anpassung auf Nachfrageverhalten/Streckenstruktur**

Convertible Sitze mit Moveable Class Divider, variable C/CI

#### **Verändertes Kundenverhalten**

Verzicht auf F/CI, Einführung Premium Eco

Konzentration auf High Yield Bereich (Kann im Bereich F und C/CI liegen, landesspezifisch jedoch auch in M/CI)

#### **Änderungen im Konsumverhalten**

Weltweite Kommunikation/Erreichbarkeit. Hier jedoch Grenzen, z. T. wird nicht Erreichbarkeit als Positiv empfunden.

Aufgezeigte Grenzen mit eingestelltem TFTS Dienst in Europa

#### **Änderungen Reisegewohnheiten**

Verkürzte Checkin Zeiten führen zu Anwachsen des Handgepäcks in Größe/Volumen

#### **Einführung neuer Flugzeugmuster**

A340-600 mit Lower Deck Galley/Lavatories

#### **Standardisierung innerhalb von Allianzen bzw. durch Zusammenschlüsse**

Einheitliche Produktgestaltung, Nutzung von Synergien in der Beschaffung

(Dieser Punkt wird häufig genannt, gemeinsame Aktivitäten sind hier noch nicht in großem Maße zu beobachten. Eines der wenigen Bsp. ist die gemeinsame SR/AUA A330 Spec.

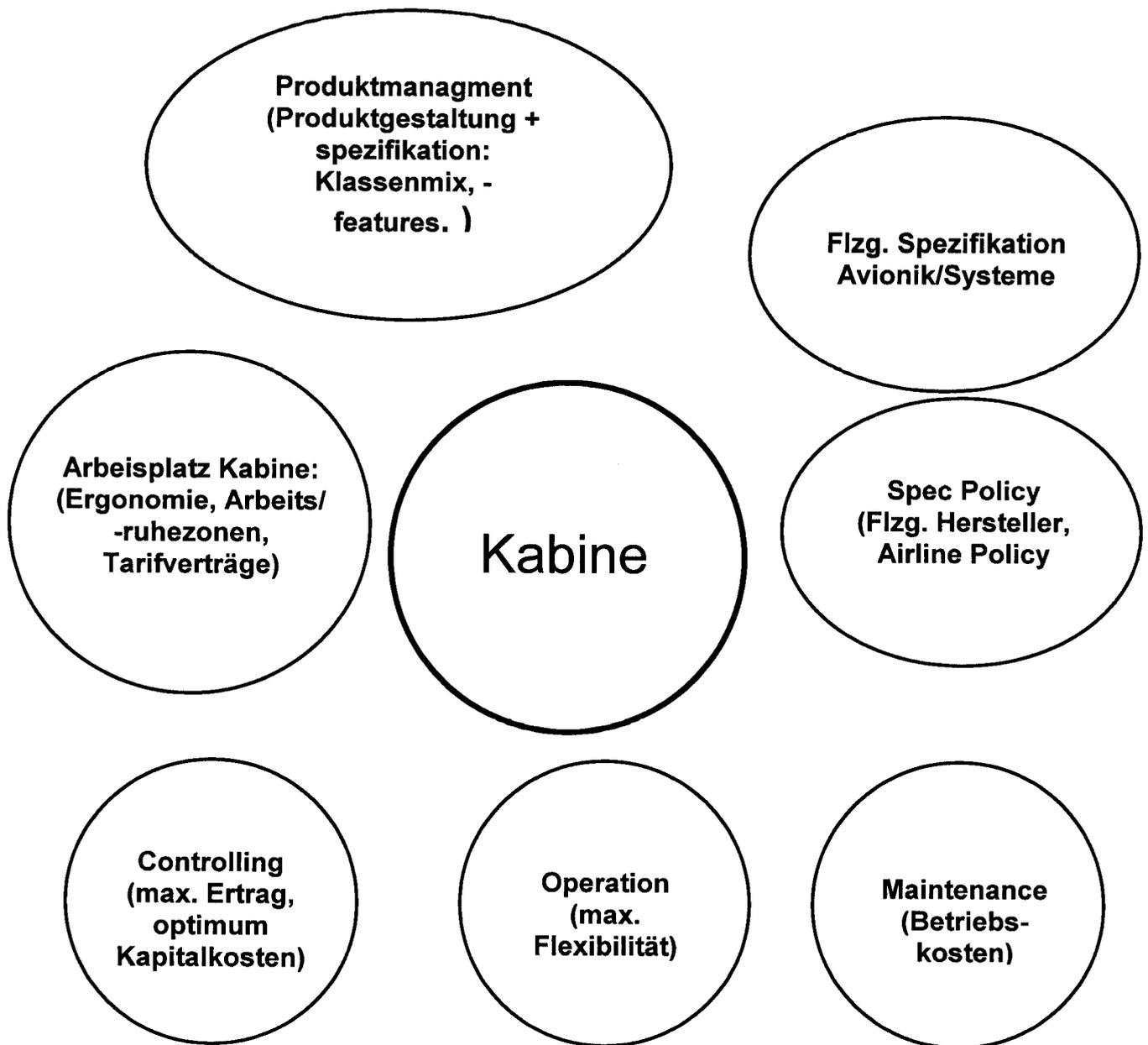
#### **Behördenforderungen**

16g Zulassung, Zulassung Elektronischer Geräte (PED)

#### 4. Kabinengestaltung innerhalb einer Fluggesellschaft

Abb. 1 verdeutlicht stark schematisch dargestellt die einzelnen Bereiche einer Fluggesellschaft, die bei der Definition der Kabine involviert sind. Nachstehend wird kurz auf die Rollenverteilung der einzelnen Bereiche eingegangen. Im folgenden Kapitel wird der zeitliche Ablauf an einem konkreten Beispiel skizziert.

Abb.1,  
Kabinengestaltung innerhalb einer Fluggesellschaft, betroffene Bereiche



## **Verteilung von Aufgaben/Rollen**

### **4.1 Produktmanagement**

Verantwortlich für die Spezifikation der gesamten Kabine, i.e.

- Klassenmix ( 2, 3, oder 4 Klassen), Sitzabstände
- Bordservice
- Galley/Lavatory/Stauschränke und Anzahl/Volumen je Passagier und Klasse
- Cabin Crewrest
- Passagiersitze
- Entertainment und Kommunikation

Als grobes zeitliches Raster für die Entwicklung neuer Kabinenprodukte wurde ein „Produktlebenszyklus“ definiert, d.h. eine kontinuierliche Überarbeitung und Weiterentwicklung der Kabine.

Anstöße zur Weiter- bzw. Neuentwicklung des Produktes ergeben sich

- aus dem Markt der Mitbewerber
- Einführung neuer Flugzeugmuster
- Neue Technologien (Internet/E-Mail, Passagiertelefon)
- Behördenforderungen wie z.B.:
  - 16g Retrofit Rule -> Sitze/Sitzabstände
  - max. Temperatur von Speisen -> Cooling Galley
  - Einführung von Kindersitzen -> Sondersitze
  - Richtlinien für PEDs -> Umsetzung

### **4.2 Kabinendienst**

Mitarbeit bei der Umsetzung der Produkthanforderungen aus dem Produktmanagement für den Flugbetrieb Kabine:

- Ergonomie/Arbeitssicherheit
- Staumöglichkeiten/Galleyvolumina (mit Catering)
- Gestaltung Arbeitsplatz mit Mindestanforderungen (Crewruhesitze, Crewrest, Purserstation)
- Abstimmung mit Tarifpartnern

### **4.3 Flugzeugspezifikation Avionik/Systeme**

Verantwortlich für die Gesamtspezifikation des Flugzeuges und somit für Milestones gegenüber Flzg. hersteller. (z.B. A340-600)

Mitarbeit in Standardisierungsgremien

Verantwortlich für BFE Beschaffung

#### 4.4 Controlling/Yield und Netz-Management

Ansätze für Wirtschaftlichkeitsrechnungen.

Optimierung Anzahl Sitzplätze im Klassenmix, Anzahl von physischen und Buchungsklassen. Prognosen für Entwicklung Nachfrage und Erträge

Bewertung Kraftstoffmehrverbrauch/Nutzlastverlust

Erreichen von Grenz- Sitzladefaktoren, Steuerbarkeit.

##### **Kapitalkosten:**

Optimierung Kapitalkosten/Abschreibungen

#### 4.5 Operation/Flugzeugeinsatz und -Steuerung

Flexible Steuerung der Flotte Kurz- und Langstrecke

Für die operationelle Steuerung einer Flotte stellt sich die Frage nach der Bildung von Teilflotten vs. einer flexiblen Kabine. Beispiele hierfür sind:

##### **Kurzstrecke:**

Trennung Business/Economy Class mittels Moveable Class Divider und Sitzen verstellbarer Geometrie von 5 auf 6 abreist.

##### **Langstrecke:**

Separate Teilflotten mit großer/kleiner Business Class vs. Wechsel von Sitzen.

Die unterschiedlichen, klassenbezogenen Erträge auf den unterschiedlichen Märkten führen zu unterschiedlichen Auslegungen der Klassen. Die operationelle

Umsetzung kann durch Bildung von Teilflotten (z.B.: United 747-400 Asien vs. Europa) bzw. durch den Aus/Einbau von Sitzen erfolgen, wodurch sich die Grenzen Business zu Economy Class flexibel anpassen lassen.

#### 4.6 Maintenance und Betriebskosten

Bewertung laufender Betriebs- und Wartungskosten sowie Qualitätsparameter wie z. B. Performance Garantien, Systemverfügbarkeiten, Wartung „on demand“ oder „scheduled“.

### 5. Kabinengestaltung am Beispiel

Erhöhung Earning Capacity A300/310

Prozeßschritt

- Studie Kabinenlayout, 05/2000  
+10 Passagiere bei Wegfall und Umbau von Bordküchen
- Untersuchung mit Catering/Kabinendienst zum Serviceablauf 09/2000  
Ergebnis: Reduzierte Max. C/CI wegen Stauvolumen
- Prüfung mit Netzmanagement, ob C/CI noch Nachfragegerecht,  
Ergebnis positiv
- Vorstellung Bordservice vor Mitarbeitervertretung
- Erstellung Vorlage für Genehmigung: 01/2001  
Umbaukosten (Lufthansa Technik)

Zuätzl. Erträge (Controlling/Netzmanagement)	
Kosten für Liegezeiten 1 Woche/Flzg.	
• Genehmigung der Maßnahmen	02/2001
• Beauftragung Lieferanten, regelmäßiger Review	
• Beginn Umrüstung	11/2001
• Abschluß	05/2002

Die gezeigte Prozeßdauer von 2 Jahren kann als typisch betrachtet werden. Bei der dargestellten Maßnahmen werden Küchen//Garderoben neu beschafft, ohne das neue Technologien zu entwickeln sind.

Für komplette Neuentwicklungen (Neue F oder C/CI Sitzgeneration mit Bau von Prototypen) ist eine Entwicklungszeit von 3 Jahren zu veranschlagen zzgl. Einrüstung.

## **6. Ausblick**

Zurückblickend ist über die letzten 20 Jahre eine Erhöhung von Komfort und Service in First und Business Class der Langstrecke zu erkennen, einhergehend mit drastisch ansteigenden Kosten je Sitzplatz. Ob dieser Terns sich fortsetzt, insbesondere mit der Einführung neuer Medien für Unterhaltung und Kommunikation, bleibt abzuwarten. In diesem Bereich haben die Kosten für Entertainmen/Kommunikation den Anschaffungspreis eines Economy Class Sitzes bereits weit hinter sich gelassen.

## Die Kabine aus Sicht der Passagiere bei Turbulenzen und Notsituationen

Martin Sperber  
TÜV Krafftahrt GmbH  
Geschäftsfeld Luftfahrttechnik  
Am Grauen Stein  
51105 Köln  
Tel. Nr.: 0221 806 1771  
e-mail: Sperber@de.tuv.com

Moderne Großraumflugzeuge haben heute einen hohen technischen Entwicklungsstand erreicht.

Die Anforderungen an ein modernes Großraumflugzeug sind in erster Linie: Wirtschaftlichkeit, Zuverlässigkeit, Sicherheit, Lufttüchtigkeit und Umweltverträglichkeit.

Trotzdem lassen sich Situationen wie z.B. Turbulenzen oder Startabbrüche bzw. Crashlandungen nicht ausschließen.

Stellvertretend für diese Art von Unfällen seien hier der Unfall einer Boeing 737-400 nahe Kegworth am 08.01.1989, sowie der Landeunfall einer A 320 am 14.09.1993 in Warschau genannt.

Bei Unfällen dieser Art werden höchste Anforderungen an die passive Sicherheit für die Fluggäste gestellt.

Passive Sicherheitselemente für Fluggäste sind in erster Linie die Rumpfstruktur, Sitze, Gurtrückhaltesysteme, Notausstiege, sowie **alle** Einbauten in der Fluggastkabine (Hatracks, Galley's u.s.w.).

Im Rahmen des Vortrages werden passive Sicherheitselemente in einer Flugzeugkabine an Hand der beiden Unfälle Kegworth und Warschau näher beschrieben.

### **Biomechanik**

Zur Beurteilung der passiven Sicherheit in Flugzeugkabinen spielen die biomechanischen Belastungsgrenzen des Menschen unter Berücksichtigung luftfahrtspezifischer Rahmenbedingungen eine entscheidende Rolle.

Es werden die Belastungsgrenzen des gesamten Körpers (Human Tolerance) behandelt, zu anderen die Belastungsgrenzen von Körpersegmenten (Injury Criteria) wie Kopf, Halswirbelsäule, Brust- und Lendenwirbelsäule, Brustkorb (Thorax), Abdomen (Bauchregion), Becken und untere sowie obere Extremitäten.

### **Weiter Themenschwerpunkte des Vortrages sind:**

- Sitzpositionen für die Notlandung (Brace-Position)
- Richtiges Anschnallen
- Transport von Kindern in Flugzeugen

# **ANFORDERUNGEN AN EINEN ARBEITSPLATZ FÜR FLUGBEGLEITER**

Urs A Weber  
SWISSAIR  
PO Box 1026  
CH – 5610 Wohlen  
Schweiz  
ursaweber@compuserve.com

Für den reisenden Passagier ist die Flugzeugkabine ein Raum mit viel Stühlen, wo man sehr bequem sitzen muß, eventuell auch liegen kann, dabei etwas Unterhaltung hat und zusätzlich noch gut essen und trinken kann! Im Flugzeug soll es auch Toiletten haben, eine großzügige Garderobe und besonders viel Raum für das Verstauen von Handgepäck!

Für die Flugbegleiter ist die Flugzeugkabine ein Arbeitsplatz, wo auf kleinstem Raum und unter erschwerten Bedingungen Sicherheit und Service unter einen Hut zu bringen ist. Das heißt, es müssen Getränke und feine Mahlzeiten professionell serviert werden. Leider müssen auch in dieser Kabine medizinische Zwischenfälle an Bord gelöst werden. Darüber hinaus ist zu erwähnen, daß es für die Besatzungen meistens keine Garderobe und zuwenig Möglichkeiten gibt, um das persönliche Crew Gepäck zu verstauen!

Zu diesem Arbeitsplatz sind folgende Schwerpunkte ein Thema:

## **Klimatische Bedingungen**

Passagiere und Flugbegleiter teilen sich die gleiche Atmosphäre. Jedoch mit dem Unterschied, daß die Flugbegleiter ihr Leben in diesem Umfeld exponieren und dabei körperlich sehr strenge Leistungen zu erbringen haben!

1948 brachte die Einführung von Flugzeugen mit Druckkabinen und 1958 begann die allgemeine Umstellung auf Flugzeuge mit Düsentriebwerken. Seit diesem Zeitpunkt kommt die Atemluft für die Kabine normalerweise von den Triebwerk - Kompressoren. Leider ist es bis heute nicht möglich, auf wirtschaftliche Art und Weise den für den Menschen angenehmen Feuchtigkeitsgehalt zu geben. Unter diesen klimatischen Bedingungen zu arbeiten ist zwar für den Menschen möglich, aber es sind keine komfortablen und schon gar nicht gesunde Bedingungen!

Ein wichtiger Punkt für uns Flugbegleiter ist dabei die Regulierung der Temperatur, nicht nur pro Abteil, sondern auch innerhalb eines Abteils und schön wäre dabei, wenn wir dies nach Anzahl Sitzreihen tun könnten.

## **Toiletten**

Dieses für den Passagierkomfort wichtige Abteil zählt ebenfalls zum Arbeitsplatz eines Flugbegleiters.

Dieser Ort braucht zwingend mehr Raum, denn sowohl dick als auch behinderte Leute erfahren Schwierigkeiten beim Benutzen der Toilette!

Für einige körperbehinderte Passagiere ist der Gebrauch der Toilette sogar unmöglich, weil der Raum einfach zu klein ist! Es braucht viel Platz, um diesen Passagier innerhalb der Toilette zu bewegen und zusätzlich benötigt es spezielle Griffe.

Da nach oder vor einem Service die Benützung der Toiletten meistens zu großer Stau - Kolonne führt, ist es zwingend, daß der Standort nicht neben einem Galley ist!

## **Galley / Bordküche**

Der Standort einer Bordküche in einer Flugzeugkabine ist meistens dort, wo die Eingangs- oder Service-Türen sind. Wie Sie ja auch sicherlich wissen, herrschen zwischen den Türen sehr große Temperatur-Schwankungen. Es wird sogar eiskalt! Da ja diese Bordküchen gleichzeitig auch als eine Art Aufenthaltsraum für Flugbegleiter sind ist es wünschenswert, daß man in diesem Raum auch die Temperatur entsprechend regulieren kann.

In einem Galley befinden sich Öfen, Servicewagen, Abfallcontainer, Kaffeemaschinen, Getränke sowie viele Essen, und dies alles auf engstem Raum. Hiermit möchte ich Sie noch darauf aufmerksam machen, daß es in einer Küche unabdingbar ist, ein gut funktionierendes Wasser- respektive Abwassersystem braucht.

Damit die Flugbegleiter all ihre Pflichten nach bestem Wissen und Gewissen ausführen können, braucht es in einem guten Galley unbedingt genügend Ablagefläche. Dabei soll auch in Betracht gezogen werden, daß eine Arbeitsfläche für stehende Arbeiten nicht höher als 100 cm und bei sitzenden Arbeiten die Höhe von 70 cm aufweisen muß.

## **Abfall**

Die Abfallbeseitigung ist ein immer größer werdendes Problem, insbesondere in großen Flugzeugkabinen, wo viele Passagiere sind, ist es nötig, den entsprechenden Platz dafür zu haben.

Sehr gut geeignet sind dafür entsprechende „Trash compactors“

### **Sitzkomfort**

Daß ein Flugbegleiter auf Flügen mit über acht Stunden Arbeitszeit auch eine wohlverdiente Pause haben darf und die Möglichkeit haben soll, eine Mahlzeit in Ruhe einzunehmen, wird leider von „airline executives“ heute immer noch nicht ernst genommen!

Es muß eine Möglichkeit vorhanden sein, wo eine Person mit Komfort (also einen bequemen Sitz mit einem festen Tisch) und mit Würde seine Mahlzeit einnehmen kann.

### **Ruhemöglichkeit**

Auf Flügen mit bis zu über 16 Stunden Arbeitszeit sind Ruhemöglichkeiten mit Betten für die Besatzung vorzusehen.

Dieser Ruheraum muß ausreichend mit Sauerstoff belüftet sein und an einem Ort im Rumpf des Flugzeuges fest installiert sein, wo möglichst keine Vibrationen spürbar und auch keine Geräusche zu hören sind!

Es soll auch ein Platz sein, wo die Privatsphäre eines Flugbegleiters respektiert wird.

Ich könnte mir durchaus vorstellen, daß solche Räume in Zukunft auch gemeinsam mit den Piloten benützt respektive geteilt werden!

### **„Senior Cabin Crew“**

Der Arbeitsplatz für den Senior Cabin Crew soll so gut ausgerüstet sein, daß er dort einen Bericht schreiben, jederzeit Daten abrufen und Emails verschicken kann.

Neue Flugzeuge sollen nicht nur in der Größe imponieren, sondern mit neuer Technologie in der Kabine.

Eine Herausforderung liegt darin, Flugzeuge mit Antennen und Server auszurüsten, daß Email und Intranetzugang an Bord ermöglicht wird.

High-Speed-Dienste sollen auch auf 10'000 Metern Alltag sein!

Mit wachsender Bandbreite ergeben sich auf diesem Gebiet viele Möglichkeiten, die über die Passagierbelustigung hinausgehen.

Zum Beispiel in punkto Telemedizin, wo man EKG's aus der Luft übertragen könnte, Videokonferenzen mit Ärzten würden möglich und somit die eine oder andere teure Notlandung verhindern helfen.

## **Zusammenfassung**

Eine Flugzeugkabine muß generell so entworfen und gestaltet sein, daß

- die Sicherheit wirksam ist
- wenig Geräusche hörbar sind
- keine Vibrationen spürbar sind
- eine sehr gute Beleuchtung vorhanden ist
- die klimatischen Bedingungen stimmen
- ein praktischer und angenehmer Arbeitsplatz für Flugbegleiter vorhanden ist

## **Zukunftsvision**

Als professioneller Flugbegleiter erlaube ich mir, einige Gedanken über die Zukunft unseres Arbeitsplatzes zu formulieren.

In einem Umfeld, das von Zahlen und Bilanzen regiert wird, ist es auch notwendig, die menschlichen Aspekte und Bedürfnisse am Arbeitsplatz zu berücksichtigen. Bedingt durch die rasante Entwicklung im Luftverkehr und den zunehmenden Konkurrenzdruck, ist es wichtiger denn je, einen optimalen Arbeitsplatz im Flugzeug zu haben. Dies auch im Interesse des Unternehmens, denn nur mit professionell arbeitenden Flugbegleitern ist Konkurrenzfähigkeit in Zukunft möglich.



# Der kritische Pfad

Deboarding, Cleaning, Boarding

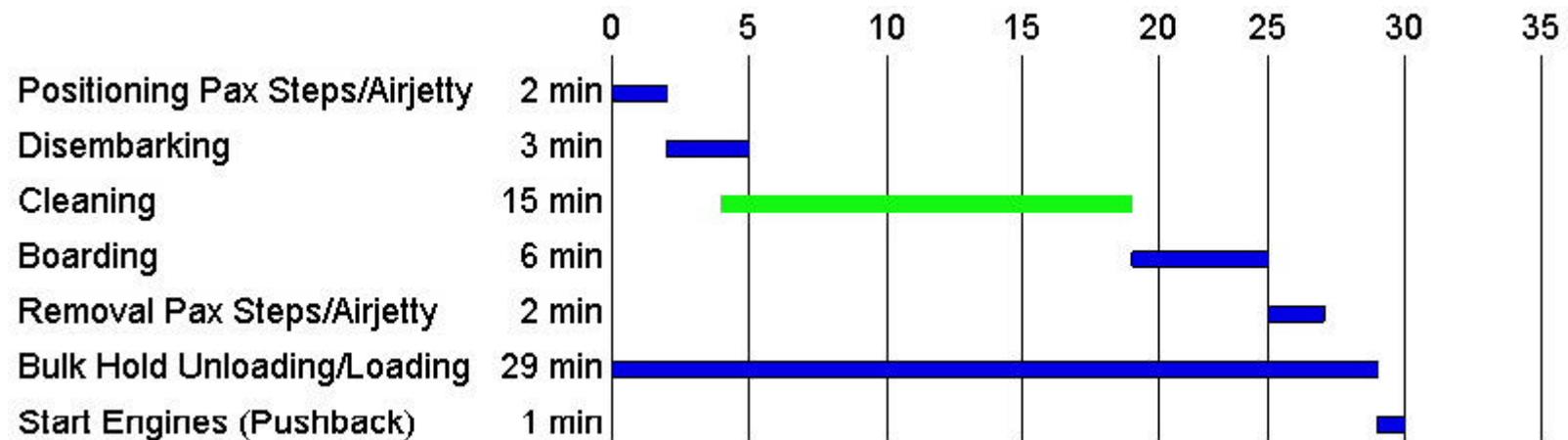
Bodenabfertigung aus der Sicht der  
Bodenverkehrsdienste der Hamburg Airport Gruppe



Definition des kritischen Pfades in der  
Flugzeugabfertigung gemäß IATA AHM 074:

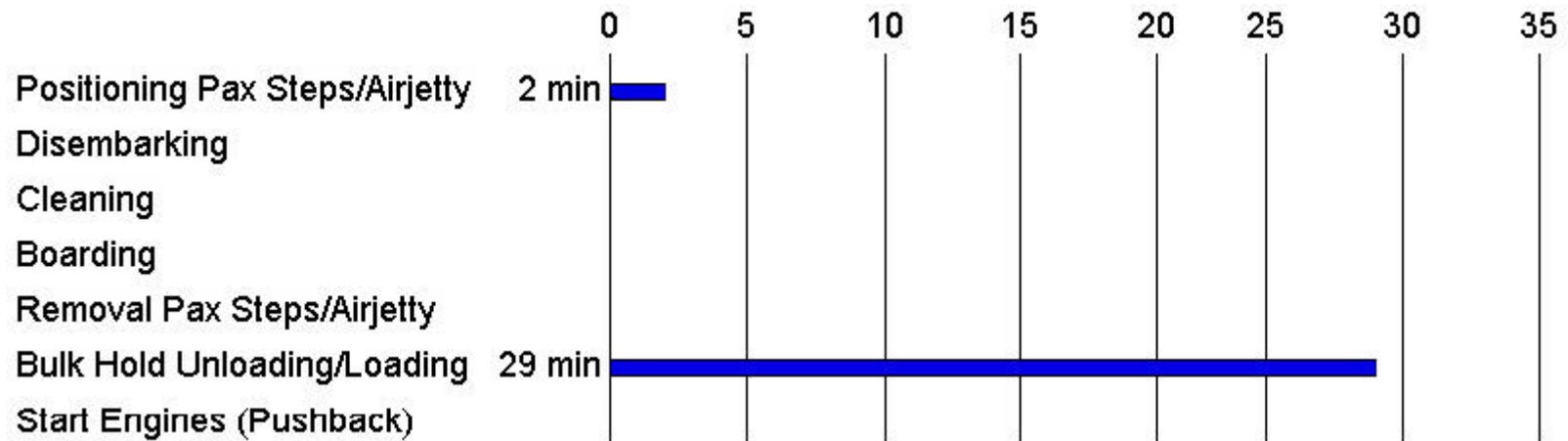
... In most cases, it consists in  
passengers' disembarkation, cabin  
cleaning and embarkation. ....

# Der Standardabfertigungsprozess einer B737-300 nach IATA AHM 074

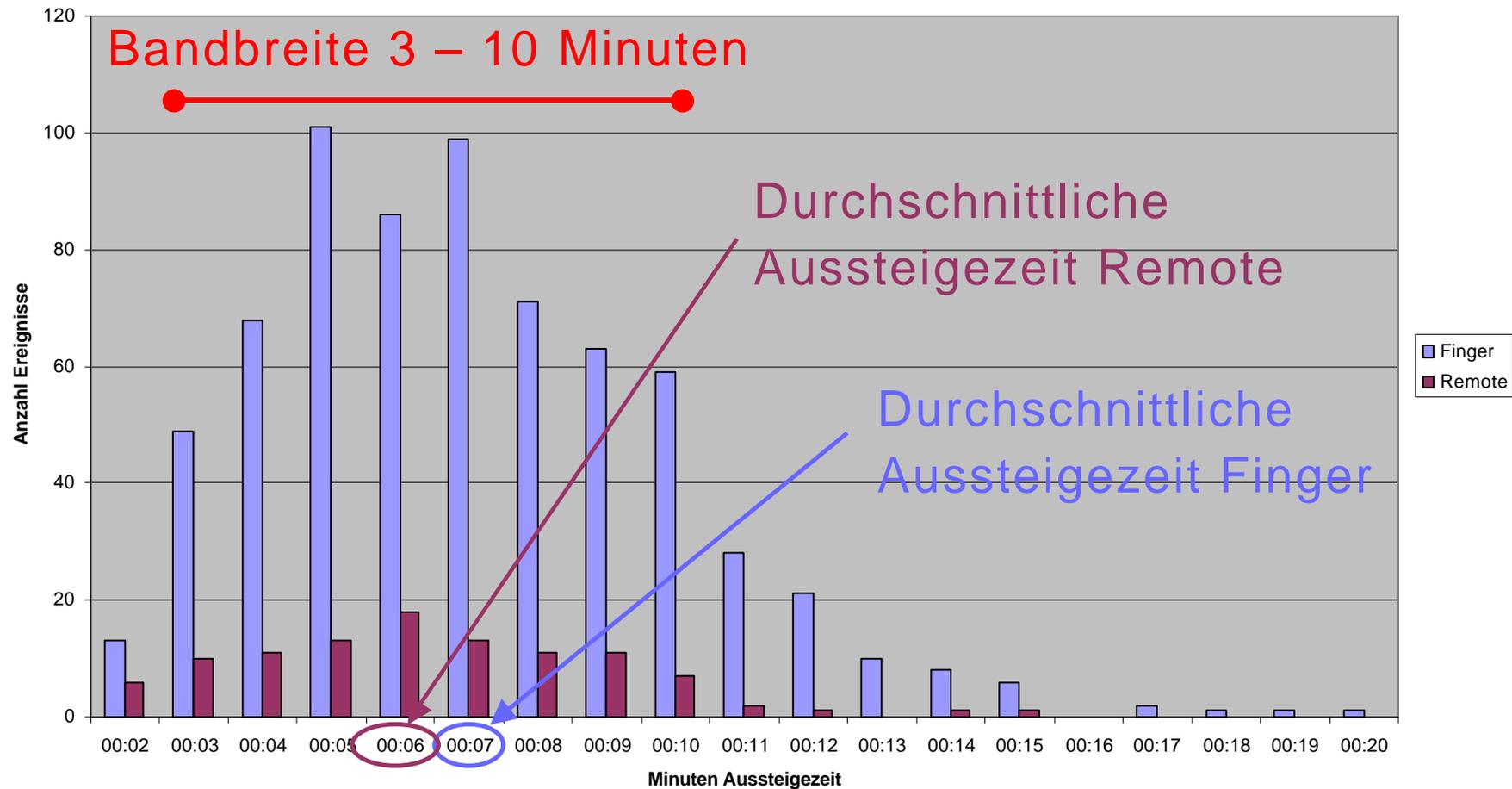


Welche Vorgänge im Rahmen des kritischen Pfads können direkt von den Bodenverkehrsdiensten beeinflusst werden?

# Die Realität



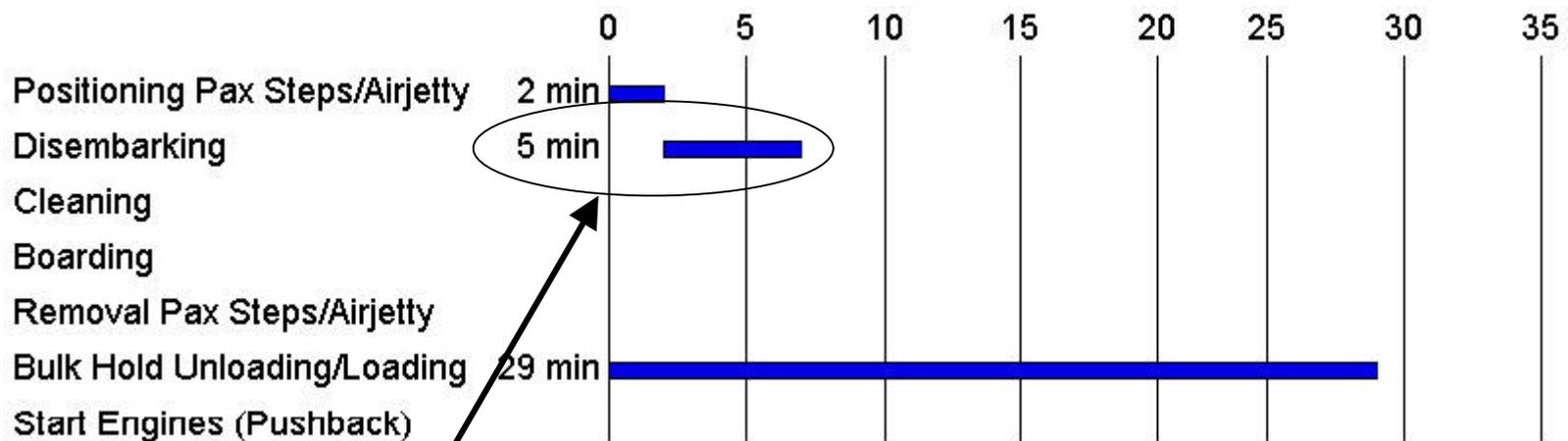
# Die durchschnittlichen Aussteigezeiten einer B7373 im Linienverkehr (1. Quartal 2001, 792 ausgewertete Ereignisse)



Welche Vorgänge im Rahmen des kritischen Pfads können direkt von den Bodenverkehrsdiensten beeinflusst werden?

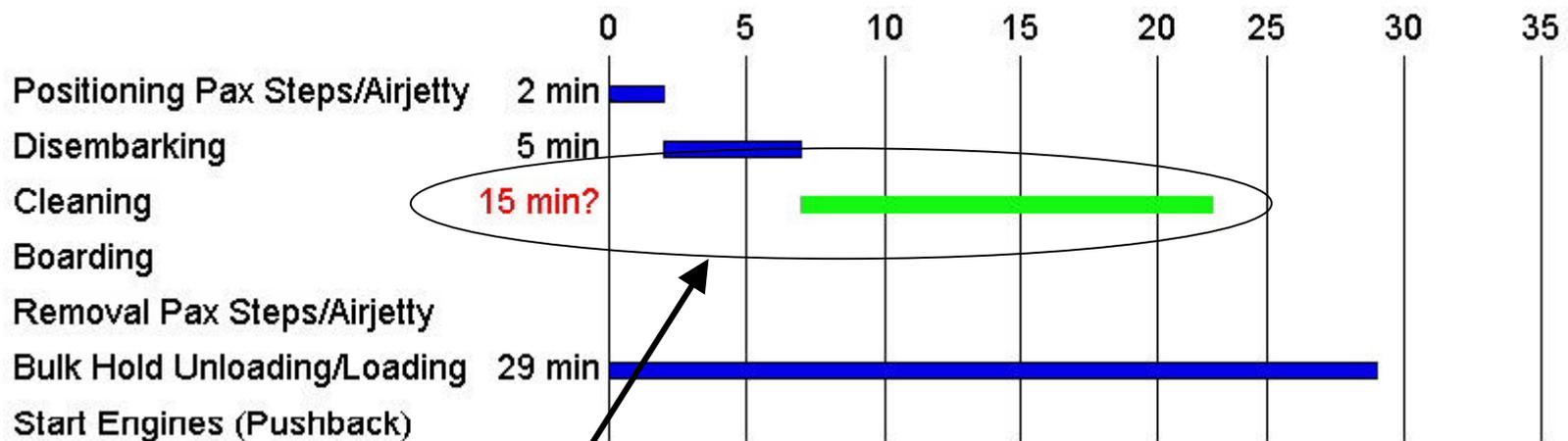
Aussteigevorgang	Nein, abhängig vom Passagier oder Passagierservice der Airline
------------------	----------------------------------------------------------------

# Die Realität



Der Aussteigevorgang ist durchschnittlich erst 7 Minuten nach On-Block beendet

# Die Realität



Die Reinigungszeit gemäß IATA AHM 074

Welche Vorgänge im Rahmen des kritischen Pfads können direkt von den Bodenverkehrsdiensten beeinflusst werden?

Aussteigevorgang

Nein, abhängig vom Passagier oder Passagierservice der Airline

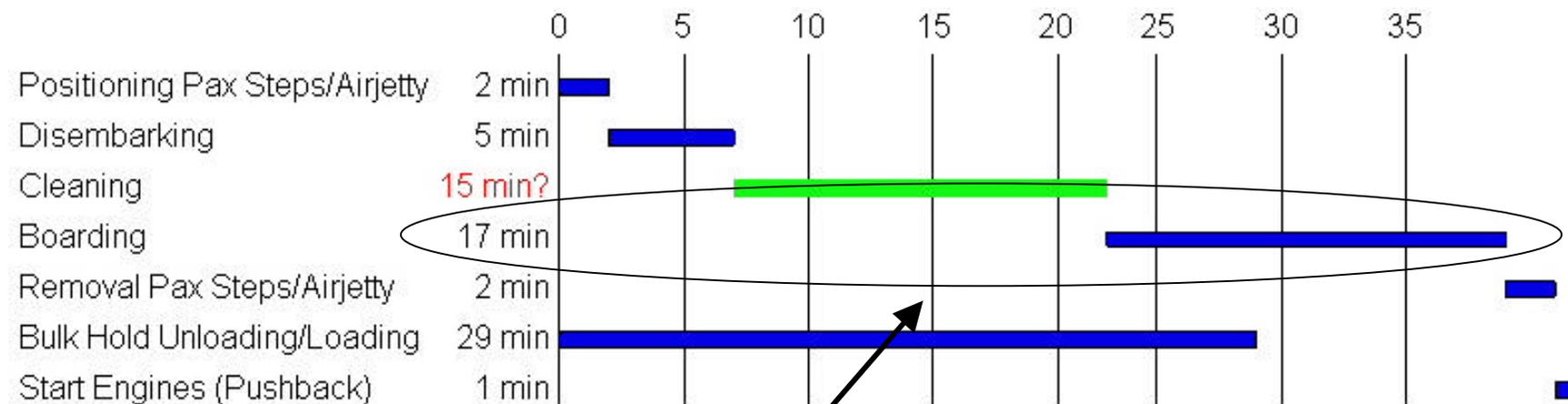
Cleaning

Ja!

Welche Vorgänge im Rahmen des kritischen Pfads können direkt von den Bodenverkehrsdiensten beeinflusst werden?

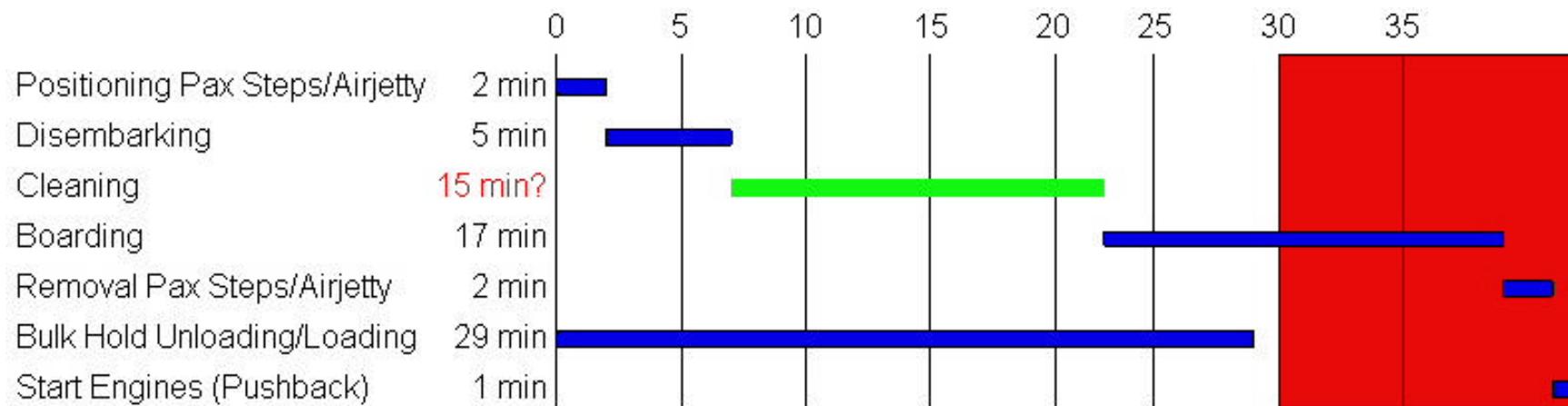
Aussteigevorgang	Nein, abhängig vom Passagier oder Passagierservice der Airline
Cleaning	Ja!
Einsteigevorgang	Nein, abhängig vom Passagier oder Passagierservice der Airline

# Die Realität



Um den Boardingvorgang für den Passagier bequem zu gestalten, sollte 20 Minuten vor Off-Block mit dem Einsteigen begonnen werden.

# Die Realität



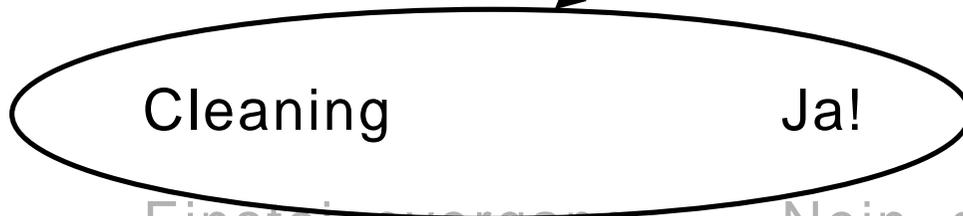
**Delaycode 35**  
**12 Minuten?**

Welche Vorgänge im Rahmen des kritischen Pfads können direkt von den Bodenverkehrs-  
diensten beeinflusst werden?

**Also konzentrieren wir uns auf**

Kabstergvorgang Nein, abhängig vom Passagier

oder Passagierservice der  
Airline



Einsteigevorgang

Nein, abhängig vom Passagier  
oder Passagierservice der  
Airline

Um komplette Transparenz über den Reinigungsprozess zu bekommen, wurde bei CATS investiert

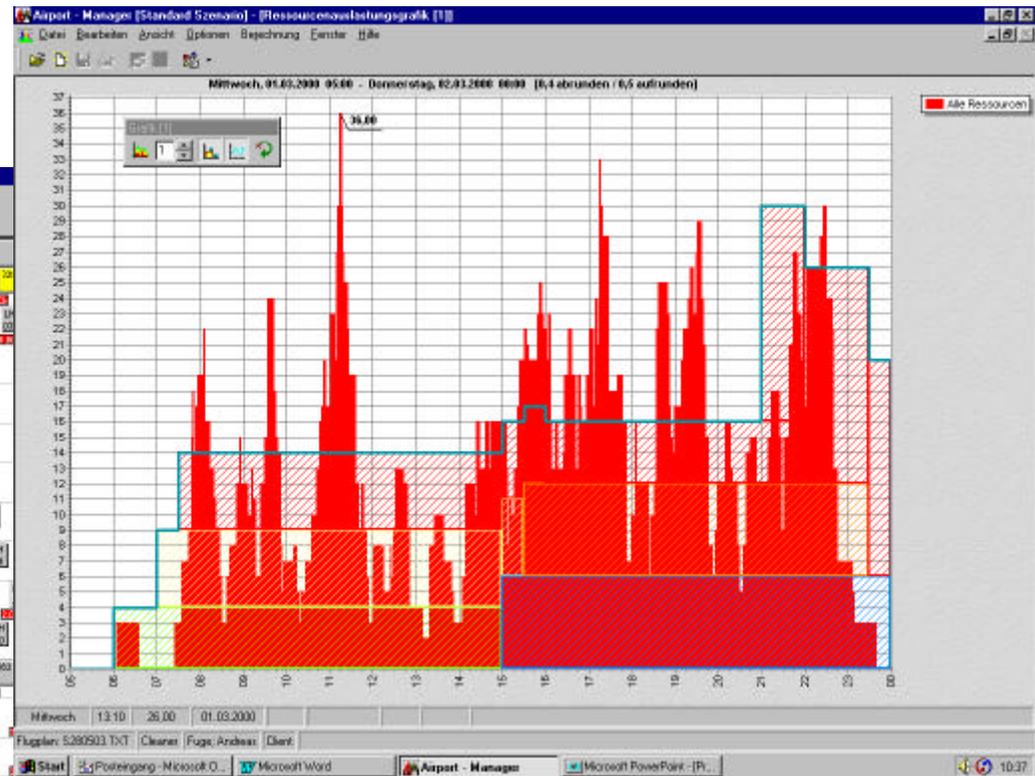
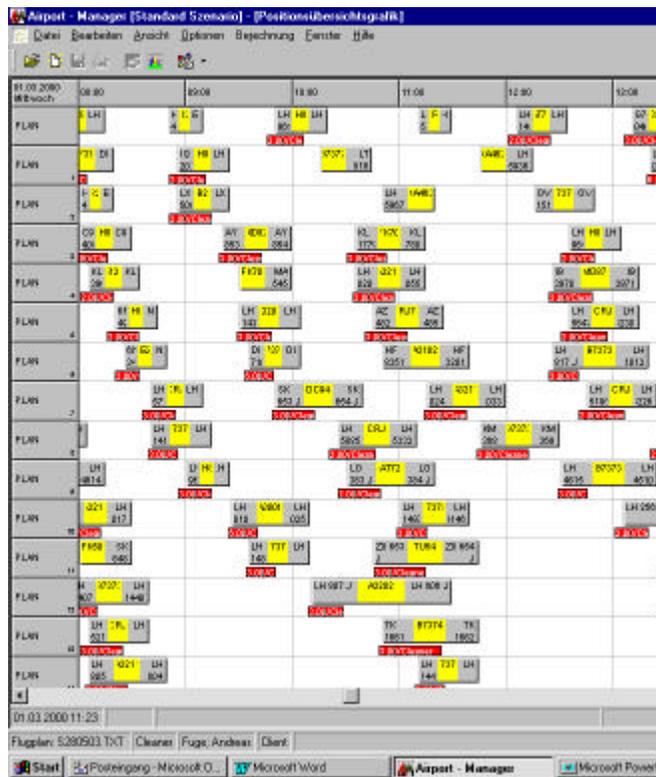
- in eine Datenbank mit jedem Reinigungsereignis mit Informationen für jede **Airline, Aircraft, Verkehrsart und Vorflughafen**
  - Mannminuten pro Ereignis
  - Aussteigezeiten



Um komplette Transparenz über den Reinigungsprozess zu bekommen, wurde bei CATS investiert

- in eine Datenbank mit jedem Reinigungsereignis mit Informationen für jede **Airline, Aircraft, Verkehrsart und Vorflughafen**
  - Mannminuten pro Ereignis
  - Aussteigezeiten
- ein Ressourcenplanungssystem

# Airport Manager



Um komplette Transparenz über den  
Reinigungsprozess zu bekommen, wurde bei  
CATS investiert

- in eine Datenbank mit jedem Reinigungsereignis mit Informationen für jede **Airline, Aircraft, Verkehrsart und Vorflughafen**
  - Mannminuten pro Ereignis
  - Aussteigezeiten
- ein Ressourcenplanungssystem
- ein Personalplanungssystem

# SP-Expert

SP-EXPERT - SPX\_D832 - [Cleaner 01.03.2000-31.03.2000 [Schreibgeschützt] [Cleaner]]

Datei Bearbeiten Stammdaten Ansicht Auswertungen Hilfe Einstellungen Fenster 2

Marz 2000	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	Soll	Ist	+/-	Mehr-	Mehr.	Urlaub	Krank	
Marz 2000	Mo	Di	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo				arbeit	Besitz		Tage
13, Biesler, Gunther	FD	FD	FD	F	F	FD	FD	FD	FD	F	F	FD	FD	FD	FD	F	F	FD	FD	FD	F	FD	FD	FD	FD	F	FD	184:00	179:30	-4:30	0:00	0:00	30,00	0,00	
1, Evezic, Branzen	F	Fl	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F	F	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F	F	F	F	F	F	F	S1	S1	S1	S1	170:30	170:30	0:00	0:00	0:00	30,00	0,00	
7, Osel Ewazno, Ring	S1	F	F	F	S2	F	F	F1	176:30	168:00	-8:30	0:00	0:00	30,00	1,00																				
11, Qadir, Abdul Hay	F2	F2	F2	F	F	F	F	F	S1	F	F	F	S2	157:30	134:30	-23:00	0:00	0:00	30,00	0,00															
9, Qadir, Kamble	S2	S2	S2	S2	F	F	F	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F	F2	162:30	140:30	-22:00	0:00	0:00	30,00	3,00													
10, Siesias, Dimitro	S2	S2	S2	S2	S2	F	F	F	Fl	F1	F1	F1	F1	F1	F	F2	166:00	110:00	-56:00	0:00	0:00	29,00	0,00												
3, Rharma, Ashok Sun	F	S1	S1	S1	S1	S1	S1	F	F	S2	F	F	F1	175:30	167:00	-8:30	0:00	0:00	30,00	0,00															
2, Kuvukias, Grigori	F	Fl	F1	F1	F1	F1	F1	F	F	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F	F	F	F	F	F	F	S1	S1	S1	S1	S1	170:30	170:30	0:00	0:00	0:00	31,00	0,00	
8, Korout, Slehedin	S1	F	F	F	F	S2	S2	S2	S2	S2	S2	F	F	F1	169:30	171:30	2:00	5:00	0:00	29,00	0,00														
Wist, Elvira	X	X	X	F	F	X	X	X	X	F	F	X	X	X	X	F	F	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	172:30	157:30	-15:00	0:00	0:00	34,00	0,00	
F1	Soll	6	6	7	7	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7								
F1	Ist	8	7	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	12	12	12	12	11	11	11	10	10	9	9	9	9	13842:30	14496:00	-1344:30	5:30	6:30	2630,00	15,00	
F2	Soll	6	6	7	5	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7								
F2	Ist	5	5	5	7	7	8	8	8	8	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11								
F2 TGS	Soll	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
F2 TGS	Ist	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
FD	Soll	6	6	6	0	0	7	7	7	7	0	0	7	7	7	7	0	0	7	7	7	7	0	0	7	0	0								
FD	Ist	9	10	10	0	0	6	6	6	6	0	0	4	4	4	4	0	0	5	5	5	5	0	0	0	0	5								

Start | Posteingang - Microsoft O... | Microsoft PowerPoint - Pr... | SP-EXPERT - SPX\_D... | 12:25

Um komplette Transparenz über den  
Reinigungsprozess zu bekommen, wurde bei  
CATS investiert

- in eine Datenbank mit jedem Reinigungsereignis mit Informationen für jede **Airline, Aircraft, Verkehrsart und Vorflughafen**
  - Mannminuten pro Ereignis
  - Aussteigezeiten
- ein Ressourcenplanungssystem
- ein Personalplanungssystem
- eine lebende ISO Zertifizierung



# CERTIFICATE

The TÜV CERT Certification Body  
of TÜV Saarland e.V.

certifies in accordance with TÜV CERT procedures that

## CATS

Cleaning and Aircraft Technical Services GmbH  
D-22335 Hamburg

has established and applies a quality system for

**CATS Aircraft Cleaning**  
**CATS Aircraft Maintenance**

An Audit was performed, Report No. B 500/99.

Proof has been furnished that the requirements according to

**DIN EN ISO 9001: 1994**

are fulfilled. The certificate is valid until **December 2002**.

Certificate Registration No. **71 100 9 131**.

Sub-certificates see enclosure (No. 71 100 9 131/1 - /2).



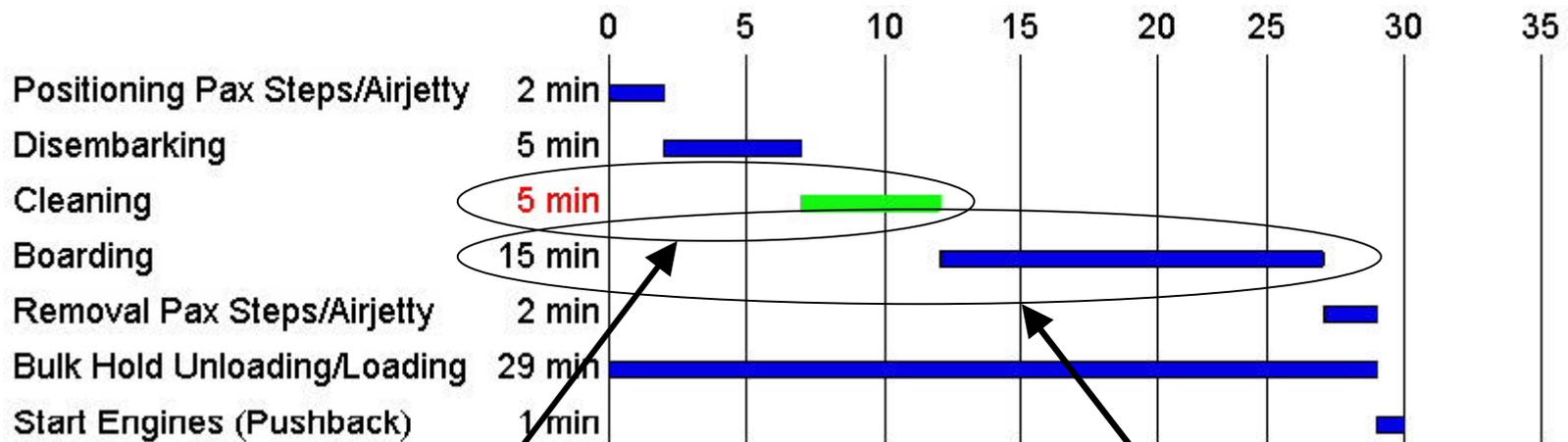
  
TÜV CERT Certification Body  
of TÜV Saarland e.V.

Sulzbach, 08.12.1999

## “Agreed Standards” als klare Spielregeln

- Realistische Zeitvorgaben

# Agreed Cleaning Standard (B7373 Innerdeutscher Linienflug)



Nur noch 5 Minuten  
Reinigungszeit

Boardingbeginn nur  
noch 18 Minuten vor Off  
Blocks

## “Agreed Standards” als klare Spielregeln

- Realistische Zeitvorgaben
- modifizierte Reinigungspakete

Um Zeit bei der Transitreinigung zu sparen wurde bei einzelnen Kunden auf folgendes verzichtet:

- Staubsaugen der Kabine. Das Staubsaugen der Kabine ist generell eines der zeitaufwendigsten Ereignisse im Rahmen der Transitreinigung
- Das Reinigen der Overhead Bins
- Das Reinigen der Galleys

## “Agreed Standards” als klare Spielregeln

- Realistische Zeitvorgaben
- modifizierte Reinigungspakete

oder andere Einflüsse auf den Turnaround  
Prozess

- der Inflight-Service

„'noch ein Stück Schokolade?“

Oder.....

## Andere Inflight Services die direkten Einfluss auf das Cleaning haben

- Einwegfeuchttücher
- Frische Brötchen zum selber belegen
- jegliche Art von Süßigkeiten, Nüssen oder ähnlichem nachträglich zum normalen Catering

## “Agreed Standards” als klare Spielregeln

- Realistische Zeitvorgaben
- modifizierte Reinigungspakete

## oder andere Einflüsse auf den Turnaround Prozeß

- der Inflight-Service
- andere Service-Aspekte die Zeit sparen können

Durch Nutzung von mehreren Ausgängen auf Remote-Positionen können Aus- und Einsteigevorgänge z.T. entscheidend verkürzt werden.

Eine weitere Möglichkeit den Einsteigevorgang zu beschleunigen ist das Free-Seating. Die Handgepäckproblematik beim Zonen-Boarding ist auf diese Weise ebenfalls ausgeschlossen.

Die wesentlichen Möglichkeiten für eine Reduzierung von Reinigungszeiten im Turnaround-Prozess liegen also bei der

- ✓ Reduzierung des Reinigungsvolumens
- ✓ Reduzierung des Inflight-Services
- ✓ Reduzierung des Passagierkomfort beim Ein- und Aussteigevorgang

Am Ende des Tages wird immer ein Kompromiss jeder einzelnen Airline aus Passagierservice und Umlaufoptimierung die Maßstäbe für die Bodenabfertigungsprozesse setzen.

# Physiologische Randbedingungen für die Auslegung von Flugzeugkabinen

J. Wenzel  
DLR-Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin,  
Linder Höhe, D-51147 Köln

## 1. Einführung

Die Atmosphäre der Erde bietet nur auf Meeresniveau und auch nicht in allen geografischen Lagen akzeptable Lebensbedingungen für den Menschen. Schon ab einer Höhe von 1000 – 1500 Meter über NN werden die ersten Einschränkungen der Leistungsfähigkeit erkennbar: Obwohl die Zusammensetzung der Atmosphäre gleich bleibt - sie enthält ca. 21% des für den Menschen lebenswichtigen Sauerstoffs – sinkt dessen Partialdruck mit abnehmendem atmosphärischen Druck ab, der Organismus wird nicht mehr ausreichend mit Sauerstoff versorgt. In den heute üblichen Reiseflughöhen von 40000 ft und mehr für den kommerziellen Passagiertransport wird der Druck so gering, dass ein Überleben des Menschen ohne besondere technische Hilfsmittel nicht möglich ist; bei Lösung des Problems mittels einer bedruckten Flugzeugkabine muss auch das durch die Insassen produzierte Kohlendioxid berücksichtigt werden. Neben dem äußeren Druck nimmt mit steigender Höhe auch die Temperatur kontinuierlich ab, sodass in Reiseflughöhe arktische Außentemperaturen herrschen, mit der Notwendigkeit, die Kabine entsprechend zu heizen; auch die Luftfeuchte muss in die zu regelnden Parameter einbezogen werden. Für Notfälle müssen Alternativsysteme vorgesehen werden.

## 2. Kabinenatmosphäre

Eine primäre Anforderung an die Flugzeugkabine besteht also in der Bereitstellung von geeigneten klimatischen Verhältnissen hinsichtlich Druck, Temperatur und Gaszusammensetzung; je größer die geforderte Ähnlichkeit zur (optimalen) natürlichen Umgebung des Menschen, desto höher der technische Aufwand. Bei der üblichen Auslegung der Kabine als offenes System steht zwar in unbegrenzter Menge Frischluft aus der umgebenden Atmosphäre zur Verfügung, aufgrund der äußeren Bedingungen kommt es aber zum Konflikt zwischen einzelnen klimatischen Parametern.

Unter heute gültigen Bestimmungen wird ein Kabinendruck entsprechend 8000 ft als ausreichend für eine zufriedenstellende Sauerstoffversorgung angesehen. Zwar werden einzelne Komponenten des mentalen Instrumentariums in diesem Bereich schon nachweisbar beeinträchtigt – dies ist natürlich besonders für die Cockpit-Crew von Bedeutung - , dennoch machen sich spürbare Beeinträchtigungen beim Gesunden nur unter stärkerer körperlicher Belastung bemerkbar. Einige Autoren weisen allerdings darauf hin, dass die heutige Passagier-Population einen nicht unerheblichen Anteil von älteren Menschen mit vorbestehenden Erkrankungen des Atem- und Kreislaufsystems aufweist, sodass hier schon innerhalb der Richtwerte mit Sauerstoffmangel-Problemen gerechnet werden muss.

Durch den Stoffwechsel des Menschen wird Sauerstoff aufgenommen und hauptsächlich Kohlendioxid als Abbauprodukt ausgeschieden, sodass in geschlossenen Systemen ohne Intervention allmählich der Sauerstoffgehalt sinken und der Kohlendioxidgehalt zunehmen würde. Noch bevor allerdings ein dadurch möglicher Sauerstoffmangel zum Tragen kommen könnte, würde der Anstieg des toxischen Kohlendioxids in der Atmosphäre zu schweren Ausfallerscheinungen führen.

Unter natürlichen Lebensbedingungen wird das Kohlendioxid von der photosynthetisch aktiven grünen Pflanzenwelt aufgenommen und wieder zu Sauerstoff umgewandelt. In Bauwerken wird durch genügend Frischluftzufuhr die Kohlendioxidkonzentration in erträglichen Grenzen gehalten.

Im Bereich der Arbeitsmedizin gilt ein Wert von 5000 ppm als unbedenklich, er darf pro Arbeitsschicht für dreimal eine Stunde auf 10000 ppm ansteigen. Da die Toxizität des Kohlendioxids durch den Partialdruck bestimmt wird, kann man diese Grenzwerte auch umgebungsdruckunabhängig als 5 bzw. 10 hPa ausdrücken. Über den engen arbeitsmedizinischen Kontext hinaus (5x8h pro Woche) haben sich 5 hPa als allgemein akzeptierter Grenzwert auch für den Dauer- und Langzeit-Aufenthalt des Menschen in geschlossenen Systemen etabliert (U-Boote, Tauchkammern, Raumfahrzeuge etc.). Über diese Nominalgrenzen hinaus werden im Raumfahrtbereich auch höhere Grenzwerte im Falle von Funktionseinschränkungen der Atemgasaufbereitung genannt (teilweise bis ca. 30 hPa), um Handlungs- und Überlebens-Perspektiven in Notfällen einschätzen zu können.

In geschlossenen (druckfesten) Systemen ist im Vergleich zur üblichen Gebäudetechnik auch die vollständige Durchlüftung des gesamten Innenraums problematisch; während in normalen Gebäuden durch die Vielzahl von Luftaustauschöffnungen eine praktisch laminare Gasführung gewährleistet ist, kommt es durch die technischen Beschränkungen für die Führung von Lüftungskanälen in begrenztem Raum bei vielfältigen Hindernissen häufig zu Inhomogenitäten in Form sogenannter "CO<sub>2</sub>-Nester", denen man nur durch extrem hohe Spülleistungen beikommen kann.

In der Gebäudetechnik wird mit deutlich niedrigeren Grenzwerten als 5000 ppm operiert, bei der Möglichkeit der Spülung mit praktisch unbegrenzten Frischluftreserven wird häufig ein Grenzwert von 1000 ppm als sinnvoll angesehen. Hierbei ist die Kohlendioxid-Konzentration wohl eher als Indikator für eine genügende Umwälzleistung der Klimaanlage zu sehen, durch die nicht nur das Kohlendioxid in den Räumen verdünnt wird, sondern auch die Ausdünstungen der Insassen (und des Bauwerks?)

Bei Aufbereitung der Atmosphäre der Flugzeugkabine durch Spülung mit Frischluft ist zu berücksichtigen, dass der Wasseranteil der äußeren Atmosphäre wegen der extrem niedrigen Temperaturen in Reiseflughöhe praktisch gleich Null ist. Bei hinreichender Ausspülung des Kohlendioxids wird gleichzeitig der Wasseranteil der Kabinenatmosphäre so weit abgesenkt, dass gesundheitliche Beeinträchtigungen der Passagiere auftreten können; typische Messwerte liegen bei relativen Feuchten von 5 – 15 % auf Langstreckenflügen. Im allgemeinen wird in geheizten Räumen eine relative Luftfeuchtigkeit von 40 – 45 % als angenehm empfunden, bei sehr viel niedrigeren Wasserdampfkonzentrationen kommt es zu Irritationen des Atemsystems. Neben Einhaltung von Druck, Temperatur, Sauerstoff- und Kohlendioxidgrenzen ist also auch die relative Feuchte der Atmosphäre ein wichtiger Parameter zum Wohlbefinden des Menschen.

Ein weiterer Faktor zum Wohlbefinden der Passagiere ist ein ausreichendes Platzangebot sowohl in Form von genügend Beinfreiheit am gebuchten Sitzplatz, aber auch die Möglichkeit, sich innerhalb des Flugzeugs zu bewegen, um insbesondere auf Langstreckenflügen die Nachteile und Gefahren länger dauernder Immobilisation zu vermeiden. Die Diskussion der letzten Monate um das "Economy-Class-Syndrom" hat deutlich gemacht, dass hier ein gewisser Nachholbedarf bei der Unterbringung der Passagiere besteht.

### **3. Plötzlicher Druckverlust in großen Höhen**

Alle bisher diskutierten Gesichtspunkte zur Bereitstellung einer klimatisch angenehmen Kabinenatmosphäre werden gegenstandslos, wenn es zum Integritätsverlust der Druckkabine kommt, sei es durch Strukturschwäche, innere oder äußere Gewalteinwirkung oder Versagen der Kontrollvorrichtungen. Durch den mehr oder weniger schnell erfolgenden Druckabfall kommt es primär zum Sauerstoffmangel der Insassen, zusätzlich muss bei sehr schnellem Druckabfall auch die Möglichkeit der Lungenverletzung beachtet werden, sowie die Problematik der Druckfallkrankheit, wenn eine schnellstmögliche Rückkehr zu annähernd normalen Druckverhältnissen nicht gegeben ist.

Am wichtigsten ist demnach die sofortige Versorgung der Flugzeuginsassen mit Notsauerstoff, im Falle der Cockpit-Crew mittels atmegesteuerter, druckbeaufschlagter Demand-Systeme aus einem Hochdruck-Vorrat, für Passagiere und Cabin-Crew mittels Constant-Flow-Einheiten, häufig ausgelegt in Form von autonomen chemischen Generatoren für einzelne Sitzgruppen. Daneben ist auch die Bevorratung des Sauerstoffs in tiefkalter flüssiger Form möglich, insbesondere bei sehr hohem Bedarf, oder die Anreicherung aus der Umgebungsluft durch On-Board-Oxygen-Generierung (OBOG) mittels Membran-Verfahren. Die beiden letzten Verfahren kommen insbesondere in militärischen Fluggeräten zum Einsatz, OBOG gilt als Stand der Technik, sobald in der Bedarfsanalyse der Platz- und Gewichtsbedarf der OBOG-Ausrüstung deutlich unterhalb des Aufwands für mitgeführte Sauerstoffreserven liegt.

Im kommerziellen Luftverkehr ist diese Konstellation normalerweise nicht gegeben, da in allen geografischen Lokationen (Hochgebirge!) in weniger als 30 min nach Druckverlust eine Rückkehr zu erträglichen Aussendrücken möglich ist. Allerdings ist in diesen Höhen der Treibstoffeinsatz sehr ineffektiv, sodass insbesondere für Grossflugzeuge bei Abwägung von erforderlichen Flugstrecken zur nächsten Ausweichlandebahn und dem Gewicht des erforderlichen Reservetreibstoffs auch der protrahierte Einsatz von Sauerstoff auf angehobener Flughöhe erwogen werden kann. Hierbei ist allerdings die Gefahr der Dekompressionskrankheit zu berücksichtigen, deren Symptome bei längerem Aufenthalt schon ab 13000 Fuß auftreten können.

Neben den diskutierten Gesichtspunkten für den Notbetrieb der Flugzeugkabine bei Verlust der Druckintegrität ist auch das Verhalten von Struktur und Rückhaltesystemen im Crash wichtig. Die Notfallvorkehrungen müssen neben der "Papier-Plausibilität" auch diversen Zulassungstests aus der Notfall-Praxis genügen.

### **4. Schlussfolgerungen**

Alle bisher genannten "nur" funktionalen Aspekte der Flugzeugkabine – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – sind nicht ausreichend für den kommerziellen Erfolg eines Flugzeuges. Der Passagier stellt vor allem auf Langstreckenflügen immer höhere Ansprüche an den Komfort des Luftfahrzeugs – was in aller Regel einen Verlust an "Packungsdichte" und damit Transporteffizienz aus Sicht des Operators bedeutet. Für die Zukunft wird die Lösung dieser scheinbar unvereinbaren Widersprüche eine entscheidende Voraussetzung für den Erfolg einer Konstruktion bedeuten – nur möglich unter Einbeziehung aller denkbaren Ausgangsbedingungen und gegebenenfalls Verlassen von traditionellen Ansätzen.

# Untersuchungen zur Beanspruchung des Kabinenpersonals auf einer transmeridianen Strecke

Luks N, Vejvoda M, Samel A, Maaß H, Wenzel J

**DLR-Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin  
Linder Höhe, 51147 Köln**

## 1. Hintergrund

Bisher wurden nur wenige Untersuchungen bei Flugbegleitern durchgeführt.

Ein typisches Einsatzmuster auf einer transmeridianen Langstrecke (Strecke FRA-SFO-FRA) ist:

➡ Hinflug: Tagflug

➡ Rückflug: Nachtflug

Die Diskussionen um Einsatz- und Ruhezeiten auf europäischer Ebene müssen einer Lösung zugeführt werden.

## 2. Fragestellungen

**Welche Belastungen/Beanspruchungen treten bei einem typischen Langstreckenflug über mehrere Zeitzonen auf?**

➔ Gibt es Veränderungen der zirkadianen Rhythmik ?

➔ Treten Schlafstörungen auf?

➔ Welche physiologischen Belastungen ergeben sich während der Flugeinsätze?

➔ Wie stark wird die Arbeitsbelastung und die Ermüdung während der Flugdienste eingeschätzt?

➔ Reichen die Erholungszeiten während der Flüge und nach dem Umlauf aus?

## 3. Ziele der Studie

➔ Erfassung flugmedizinischer Daten für einen typischen Arbeitseinsatz des Kabinenpersonals auf einer transmeridianen Langstrecke.

➔ Bewertung der Ergebnisse und Abgabe von Empfehlungen.

➔ Schaffung einer wissenschaftlichen Grundlage für sachgerechte Diskussionen zur Harmonisierung von Flugdienst- und Ruhezeiten des Kabinenpersonals auf europäischer Ebene.

## 4. Studienumfang

Auf 13 Umläufen FRA-SFO-FRA wurden 44 Flugbegleiterinnen im Alter von 24 bis 38 Jahre ( $31,3 \pm 4,0$  Jahre) untersucht, das beinhaltete

→ Kontrolluntersuchungen (3 Tage vor Beginn des Umlaufs)

→ Untersuchungen während der Flugeinsätze FRA-SFO und SFO-FRA

→ Untersuchungen während des Layovers

→ Untersuchungen nach Rückkehr zu Hause (3 Tage)

⇒ Gesamter zeitlicher Umfang: 9 Tage

## 5. Methodik und Studienablauf (tabellarisch zusammengefasst)

Tabelle 1

	FRA - SFO - FRA									
	Baseline			Hinflug	LAYOVER	Rückflug	Post - Flight			
	-3	-2	-1		L/O		1	2	3	
Aktivität (Arm)	20:00	kontinuierlich		kontinuierlich	kontinuierlich	kontinuierlich	kontinuierlich	kontinuierlich	Ende morgens	
EKG	20:00	kont.	20:00	kontinuierlich		kontinuierlich	opt.	Ende morgens		
Blutdruck	20:00	stündlich	20:00	stündlich		stündlich				
Rektaltemperatur	20:00	kont.	Ende morgens				Beginn zu Hause		Ende morgens	
Kortisol (Speichel)	20:00	stündlich	Ende morgens	stündlich	stündlich	stündlich	stündlich	stündlich	Ende morgens	
Fragebogen *	20:00	stündlich	Ende morgens	stündlich	stündlich	stündlich	stündlich	stündlich	Ende morgens	
NASA TLX **	Einweisung			stündlich		stündlich		Gewichtung		
Sleep Log	20:00			vor und nach jeder Schlafperiode						Ende morgens
Allgemeiner Fragebogen								zu Hause		

kont. = kontinuierlich

opt. = wenn möglich

\* Fragebogen blau: Müdigkeit, Schläfrigkeit, Anspannung, Alertness. Fragebogen rot: Ernährung, Stuhlgang

\*\* Fragebogen NASA TLX: Beanspruchung während der Flüge (geistige, körperliche, zeitliche Anforderungen etc.) retrospektiv

## 6. Angewandte Methoden zur Erfassung von

### 6.1. Zirkadianer Rhythmus:

- ☉ kontinuierliche Erfassung der Körpertemperatur
- ☉ Messung des Kortisols durch stündliche Speichelproben

### 6.2. Schlafen und Wachen:

- ☉ kontinuierliche Messung der physischen Aktivität
- ☉ regelmäßige Eintragungen in ein Sleep-Log

### 6.3. Belastung und Beanspruchung:

- regelmäßige Messung des Blutdrucks
- kontinuierliche Erfassung der Herzfrequenz

- regelmäßige Messung des Speichelkortisols
- regelmäßige Befragungen zur Arbeitsbelastung und Ermüdung



Bild 1: Blutdruckmessung und Ausfüllen eines Fragebogens während des Fluges

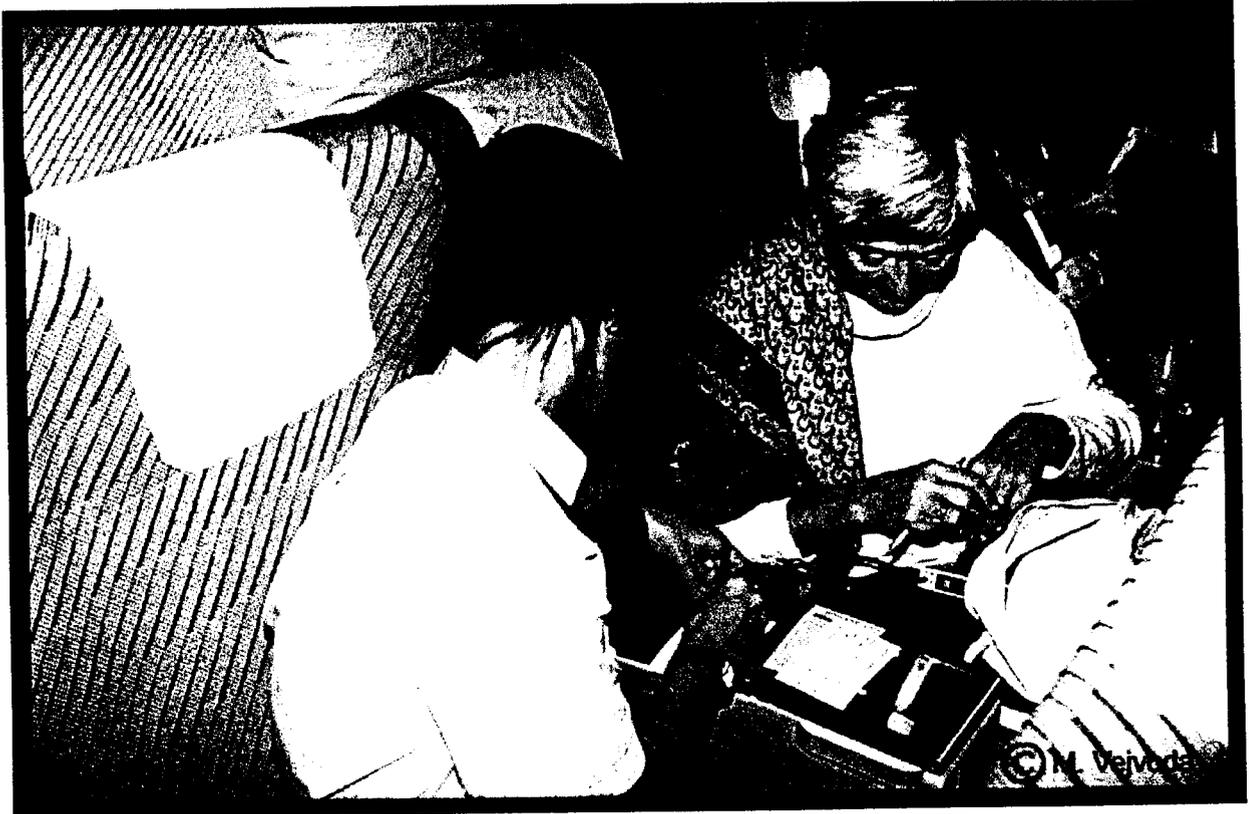


Bild 2: Ausfüllen der Fragebögen und Speicherung der Daten während des Fluges

## 7. Messwerte

### 7.1. Zirkadiane Rhythmik

- Es ist nur eine geringe (1 bis 2 Stunden) Verschiebung der zirkadianen Phase feststellbar
- Eine Verminderung der zirkadianen Amplitude ist sichtbar
- Es ist keine Veränderung bei den Tagesmittelwerten erkennbar
- ➔ Die Störungen der zirkadianen Rhythmik insgesamt sind eher gering zu bewerten.

### 7.2. Schlaf

- Man registriert eine signifikant verkürzte Schlafdauer in der Nacht vor dem Hinflug und ein signifikant erhöhtes Schlaf-Bedürfnis sowie eine signifikant verminderte Schlaf-Qualität.
- Die erste Layovernacht in San Francisco ist signifikant länger
- Die Schlafqualität in San Francisco ist signifikant vermindert

→ Es wird eine erhöhte Anzahl und längere Wachzeiten während der Layovernächte (4 Mal so lang wie zu Hause) registriert.

→ Positiv steht dem eine relativ schnelle Anpassung des Schlafverhaltens nach der Rückkehr gegenüber.

### 7.3. Ermüdung und Spannung

→ Es zeigten sich deutliche Unterschiede bei der Ermüdung zwischen Hin- und Rückflug

→ Die Ermüdung auf dem Hinflug ergab vergleichbare Werte zu denen des Cockpitpersonals

→ Auf dem Rückflug sind die Flugbegleiterinnen sehr viel müder als zu Hause bzw. auf dem Hinflug

→ In der Economy Class waren die meisten und höchsten signifikanten Werte bei der Ermüdung und bei der Spannung messbar.

### 7.4. Belastung und Beanspruchung

#### 7.4.1. Kortisol:

→ Es war keine Überbeanspruchung mit Hilfe von Kortisolmessungen nachweisbar

→ Es wurden keine Unterschiede zwischen den Kabinenklassen gefunden

#### 7.4.2. Blutdruck:

→ Der systolischer Blutdruck war am häufigsten bei der Economy Class signifikant erhöht

→ Der diastolischer Blutdruck war nur bei der Economy Class häufig signifikant erhöht

#### 7.4.3. EKG:

→ Es waren keine deutlichen Unterschiede zwischen dem Hin- und Rückflug messbar

→ Es waren Unterschiede zwischen den Flügen und den Basismessungen zu erkennen, besonders bei der Economy Class

→ Es konnte keine dauerhafte Überbelastung (2 Ausnahmen) während der Flüge nachgewiesen werden

→ Für die Belastung auf Grund des Kurvenverlaufs / der Häufigkeit / Höhe der signifikanten Veränderungen im Vergleich zu den Basismessungen ergibt sich für die :

First Class: eine mittelschwere  
Arbeitsbelastung

Business Class: eine mittelschwere bis  
schwere Arbeitsbelastung

Economy Class: eine schwere  
Arbeitsbelastung

#### 7.4.4. Arbeitsbelastung / Gesamtbelastung

→ Die Arbeitsbelastung liegt im Durchschnitt im mittleren Bereich

→ Die Arbeitsbelastung wird von allen Flugbegleiterinnen auf dem Rückflug höher eingeschätzt als auf dem Hinflug

→ In der Economy Class zeigen sich die höchsten Werte. Die Prozentanteile der hohen bis sehr hohen Arbeitsbelastung sind bei den Flugbegleiterinnen der Economy Class doppelt so hoch wie bei den anderen beiden Kabinenklassen

→ Die Gesamtbelastung ist bei der Business und Economy Class sehr ähnlich. Es empfinden in der

Busi/Eco: 65% den Hinflug und 82% den Rückflug als belastend bis sehr belastend

der First Class: 33% den Hinflug und 78% den Rückflug als belastend bis sehr belastend

## 8. Zusammenfassung

### 8.1. Rhythmik und Schlaf

8.1.1. Es findet nur eine geringe Veränderung der zirkadianen Rhythmik statt.

8.1.2. Das typisches Schlaf-Wach-Verhalten während des Umlaufs sieht folgendermaßen aus:

- eine verkürzte Nacht vor dem Hinflug
- eine längere erste Layovernacht
- Schlafstörungen mit häufigeren und längeren Wachzeiten während des Layovers
- aber relativ schnelle Anpassung des Schlafs nach der Rückkehr

### 8.2. Belastung und Beanspruchung

8.2.1. Im Vergleich der Kontrollmessungen zu den Flügen misst man

- deutlich erhöhte Werte bei Herzfrequenz und Blutdruck (insbesondere in der Economy Class),
- aber nicht beim Stresshormon Kortisol

8.2.2. Im Vergleich der Kontrollmessungen zu den Flügen findet man

→ deutlich erhöhte Werte bei Ermüdung, Schläfrigkeit und Spannung, aber eine

→ verringerte Wachheit (vor allem während des Rückflugs).

### 8.3. Vergleich von Hin- und Rückflug

8.3.1. Im Vergleich zum Hinflug (Tagflug) ergeben sich während des Rückflugs (Nachtflug)

→ erhöhte Werte bei der Ermüdung, der Schläfrigkeit und eine verringerte Wachheit

8.3.2. Im Vergleich zum Hinflug erkennt man während des Rückflugs

→ erhöhte Werte bei der Arbeitsbelastung aber

8.3.3. man misst keine deutlichen Unterschiede bei den akuten physiologischen Messwerten (EKG, Blutdruck) zwischen Hin- und Rückflug.

## 9. Empfehlungen

9.1. Angemessene Ruhezeiten nach einem Umlauf sollten auch zukünftig gewährleistet sein (2. DVO LuftBO, JAA-Harmonisierung).

9.2. Eine Layoverzeit von 48 Stunden ist eher angebracht als eine kürzere Dauer

- auf Grund der geringen Verschiebung der zirkadianen Rhythmik und um durch entsprechende Wahl der Schlafzeiten ausgeruht den Rückflug antreten zu können.

- 9.3. Die Ruhezeiten (Pausen) während der Flugdienste sollten konsequent zur Erholung (Schlaf) genutzt werden (vor allem während des Rückflugs).
- 9.4. Nach Nachtflügen sollten wegen des Schlafentzugs und entsprechend hoher Ermüdung längere Autofahrten vermieden werden.
- 9.5. Besseres Wissen um die physiologischen (z.B. Schlaf, zirkadiane Rhythmik) und psychischen (dienstliches Umfeld) Faktoren kann die Professionalität erhöhen.
- 9.6. Wegen der hohen Beanspruchung der Flugbegleiterinnen in der Economy Class sollte eine Verstärkung in diesem Bereich in Erwägung gezogen werden.
- 9.7. Die Ergebnisse dieser Studie sollten bei der Erörterung neuer Flugdienst- und Ruhezeiten-Regelungen auf europäischer Ebene berücksichtigt werden.
- 9.8. Cockpit-Crew und Cabin-Crew sollten bezüglich der europäischen Flugdienst- und Ruhezeiten-Regelungen gleich behandelt werden.

**Das Team der flugmedizinischen Untersucher bedankt sich bei allen Flugbegleiterinnen für das Engagement und die gute Zusammenarbeit.**

Ich bedanke mich bei allen beteiligten Mitarbeitern unseres Instituts.

### Flugphysiologie



# ERGONOMIE IN DER FLUGZEUGKABINE

## PASSAGIERPROZESSE UND MANUELLE ARBEITSABLÄUFE

A. Bauch

Lehrstuhl für Luftfahrttechnik, TU München

Boltzmannstr.15, 85747 Garching

### 1. MOTIVATION

Derzeit werden Flugzeuge mit technisch vollständig neuen Dimensionen (A380, Flying Wing, Sonic Cruiser) entwickelt. Dies führt die Entwicklung von Passagierkabinen einer neuen Generation mit sich, ausgestattet mit neuesten Technologien, neuen Sicherheitsstandards und größtmöglichem Komfort für den Passagier bei einem immer weiter ansteigenden Payloadfaktor. Ferner stellt die Kabine in der Akzeptanz der neuartigen Flugzeuge eine wesentliche Schlüsselrolle dar. Stimmt der erste technologische Eindruck und der Komfort in der Kabine, wird die Technologie des gesamten Flugzeuges höher eingeschätzt und die Akzeptanz gegenüber einem neuen Flugzeug steigt. Es ist also sehr wichtig eine ergonomisch optimal gestaltete Kabine zu entwickeln, die den Anforderungen des Menschen gerecht wird und zugleich maximale Sicherheit für den Menschen gewährleistet. Die Ergonomie muss überall dort berücksichtigt werden, wo der Mensch und die Technik aufeinandertreffen. Die Flugzeugkabine stellt nicht nur die verschiedenartigen Ansprüche und Bedürfnisse der Passagiere während der Flugreise bereit. Sie ist zugleich Arbeitsraum für die Crew, deren Anforderungen und Bedürfnisse ebenfalls zufriedengestellt werden müssen.

Welche physischen und psychischen Eigenschaften prägen den Passagier und die Crew von morgen? Wann, wo und zu welchem Zweck werden sich die Menschen in der Kabine aufhalten? Welche Arbeitsschritte werden bei neuartigen Galleyssystemen auf die Crew zukommen? Welcher Komfort im Bezug auf Inneneinrichtung, Kabinensysteme und Infrastruktur steht dem Passagier zur Verfügung? Solche und ähnliche ergonomische Fragestellungen stellen sich bereits in frühen Phasen der Entwicklung und immer dann, wenn die Anforderungen an die Technik neu definiert werden müssen.

### 2. EINFÜHRUNG

#### 2.1. Ergonomie

Ergonomie (aus dem griechischen ἔργον = Werk, Arbeit; νόμος = Regel, Gesetz, Regel) bezeichnet eine Wissenschaft die sich mit den physischen und psychischen Eigenschaften des Menschen und der wechselseitigen Anpassung zwischen dem Mensch und der Technik sowie den Umgebungsbedingungen beschäftigt.

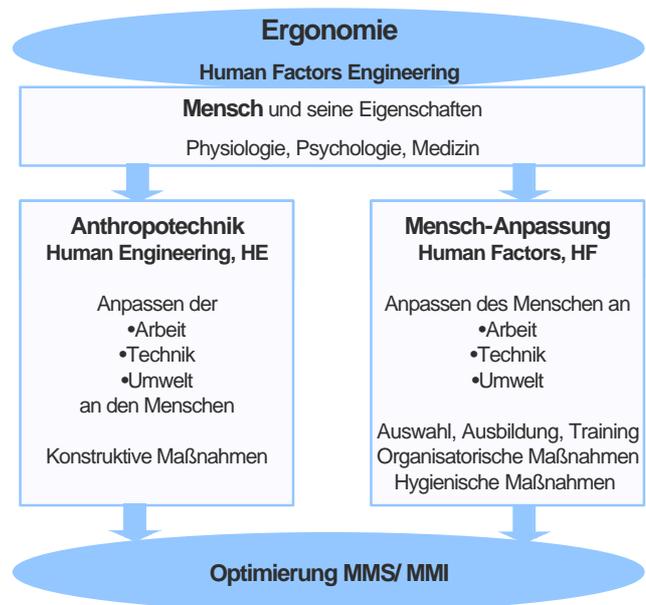


BILD 1. Aufgaben der Ergonomie [6]

Die Ergonomie (Human Factors Engineering) passt die technische Umgebung an den Menschen an (Anthropotechnik, Bild1) oder vice versa den Menschen an seine technische Umgebung (Mensch-Anpassung, Bild1). Ziel der Ergonomie ist die Optimierung des Gesamtsystems Mensch-Technik-Umwelt (MMS/ MMI - Mensch-Maschinen-Schnittstelle) bezüglich Leistung und Zuverlässigkeit bei minimaler Belastung des Menschen. Um dem Ziel gerecht zu werden eine humane Technik für den Menschen zu schaffen, muss die Ergonomie von allen Wissenschaften partizipieren und dieses Wissen koordinieren und zusammenführen (multidisziplinärer Charakter der Ergonomie, Bild2).



BILD 2. Der Multidisziplinäre Charakter von

## Ergonomie

Die Optimierung der Mensch-Kabinen/ Maschinen-Schnittstelle (MMS, MMI, Bild 3) bedeutet alle Teilsysteme und deren Verbindungen aufeinander abzustimmen. Basis jeder Optimierungsaufgabe ist die Analyse des zu konzipierenden oder beurteilenden Gesamtsystems nach einer ergonomischen Prüfliste (z.B. Prüfliste nach Rohmert). Aus der Analyse folgt die Modellierung des Gesamtsystems mit allen beteiligten Komponenten, Randbedingungen, Funktionsverteilungen und Wertigkeiten nach systemergonomischen Richtlinien.

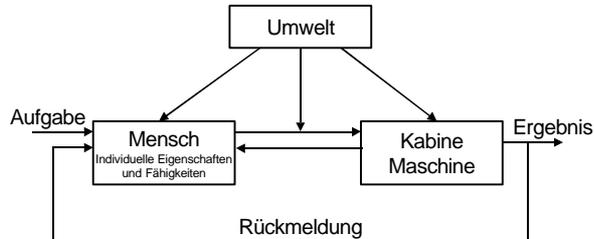


BILD 3. Vereinfachte Darstellung des Gesamtsystems Mensch-Kabine-Umwelt

Die Optimierung des Gesamtsystems Mensch-Maschine-Umwelt erfolgt anschließend nach den Kriterien

- Sicherheit (unter Berücksichtigung von Leistung, körperlichen und geistigen Einschränkungen und weiterer Limitationen)
- Effizienz
- Einfache Bedienbarkeit und kurze Einarbeitungsphase (Einfach zu lernen, um Fehler zu minimieren)

## 2.2. Der Mensch

Der Mensch, als das vollkommenste aller Teilsysteme muss im Mittelpunkt des Gesamtsystems stehen. Es gilt eine Technik zu schaffen, die vom Menschen ausgeht und für ihn gemacht ist. Das menschliche Verhalten ist durch die physiologischen, psychologischen und sozialen Umwelteinflüsse geprägt. Da das menschliche Verhalten mehrdimensional ist, müssen verschiedene Faktoren und Umweltbedingungen bei der Beschreibung und Erfassung berücksichtigt werden.

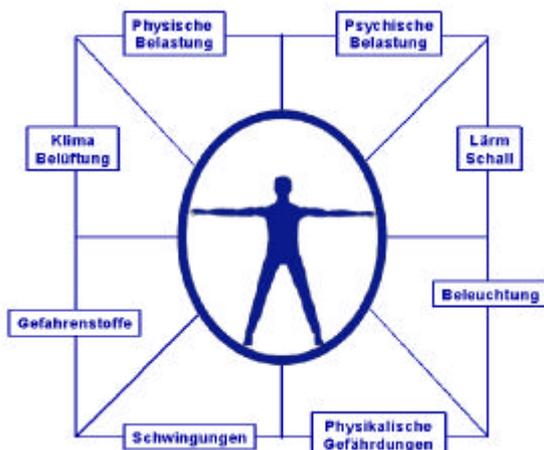


BILD 4. Einflussfaktoren auf den Menschen

In Bild 4 sind die Einflussfaktoren auf den Menschen zu sehen. Neben den wesentlichen Faktoren, physische und psychische Belastung, haben vor allem Klima, Lärm und Beleuchtung signifikanten Einfluss auf den Menschen, wobei der Mensch selbst den Einfluss spezifizieren kann. Gefahrenstoffe (chemisch und biologisch, Krankheitserreger, toxische Stoffe, Staub, Gase, Dämpfe), Physikalische Gefährdungen (Strom, elektromagnetische Felder, Strahlung), und Schwingung haben ebenfalls einen starken Einfluss auf den Menschen, werden von diesem aber im Normalfall nicht unmittelbar wahrgenommen.

### 2.2.1. Physiologie

Das Gerüst des menschlichen Körpers ist sein Bewegungsapparat. Er trägt und stützt ihn, hält ihn zusammen und gibt ihm seine Gestalt. Der passive Teil dieses Bewegungsapparates ist das Skelett bestehend aus Knochen, Knorpeln und Gelenken. Erst durch die Skelettmuskulatur wird der Bewegungsapparat aktiv. Bewirkt werden die Bewegungen des Skeletts durch die Kontraktion dieser Muskeln, die über Sehnen mit den Knochen verbunden sind. Zum Muskelsystem werden die Muskeln mit ihren Hilfseinrichtungen, den Sehnen, Bändern und Schleimbeuteln gerechnet. Neben der reinen Bewegungsfunktion dienen die Muskeln auch zum Zusammenhalt des Körpers. Die Gelenke können nicht allein durch Knochen und Knorpeln zusammengehalten werden, sondern es erfolgt immer ein Zusammenspiel von Gelenkknochen, Knorpeln, Bändern und Muskeln.

Die einzelnen Körperteile sind in sehr unterschiedlichem Ausmaß beweglich. Das Maß der Beweglichkeit ist neben der Art und Anzahl der beteiligten Muskeln auch abhängig von der Art des Gelenks. Man unterscheidet unterschiedliche Arten von Gelenken: unbewegliche Gelenke, schwach bewegliche Gelenke (z.B. zwischen den beiden vorderen Beckenknochen) und bewegliche Gelenke. Zusätzlich unterscheidet man verschiedene Typen beweglicher Gelenke. Ein Arm lässt sich z.B. im Schultergelenk (Kugelgelenk mit drei Freiheitsgraden) in alle Richtungen strecken, beim Kniegelenk dagegen ist die Bewegung wegen des Scharniergelenks auf eine Bewegungsebene (zwei Freiheitsgrade) beschränkt.

Jedes Gelenk hat also einen spezifischen Aktionsraum. Je näher sich die Auslenkung, entsprechend der Haltung bzw. Bewegung, den Grenzen dieses Aktionsraumes nähert, desto schwerer ist es für den Menschen diese Haltung aufrechtzuerhalten. Er muss dazu mehr Muskelkraft aufwenden. Jede Haltung und jede Bewegung, ob aktiv oder passiv, ist durch die Wirkung der Muskulatur dominiert. Zur Aufrechterhaltung einer bestimmten Körperhaltung müssen aktive Muskelkräfte aufgebracht werden. Zusätzlich treten infolge erzwungener Haltungen passive Muskelkräfte auf. Fällt ein an der Bewegung beteiligter Muskel aus, so ist das Aufrechterhalten einer Haltung aber auch der Einsatz von passiver Muskelarbeit mit Schmerzen verbunden. Von einem entspannten Zustand wird gesprochen, wenn alle Muskeln ein minimales Aktivitätsniveau haben. Dieser Zustand ist z.B. beim Schlafen in Seitenlage annähernd erreicht.



BILD 5. ANTHROPOS in NASA-Neutralhaltung

Eine wirklich entspannte, nicht eingeschränkte Haltung kann nur in Schwerelosigkeit erreicht werden (NASA-Neutralhaltung Bild 5). Alle Bemühungen, diese entspannte Haltung in der Schwerelosigkeit zu verlassen, führt zu Diskomfort und Ermüdung [5].

### 2.2.2. Anthropometrie

Die Anthropometrie, Körpermesskunde oder Menschenmesskunde beschäftigt sich mit der Erfassung, Anwendung und Auswertung der Körpermaße, der biomechanischen Daten und sämtlicher physiologischen Eigenschaften des Menschen, wie beispielsweise Greifräume (Funktionsmaße) und Sichtfelder. Das gewonnene Datenmaterial dient als Grundlage für den Entwickler, der mit dessen Hilfe Maschinen, im Speziellen die Passagierkabine, so gestaltet kann, dass für den Menschen bei deren Benutzung keine gesundheitlichen Schäden oder zu hohe Belastungen auftreten.

Das Datenmaterial wird durch eine anthropometrische Messung bei einer angemessenen Stichprobe gewonnen und statistisch ausgewertet. Als Datenblätter (DIN 33402, Handbuch der Ergonomie [7]) oder in einer ergonomischen Datenbank liegen sie differenziert für den Anwender bereit. Die Differenzierung der Daten erfolgt nach Geschlecht, Alter, Nationalität, Akzeleration und Perzentil. In der Anthropometrie ist es üblich, den Körpermaßen Perzentile zuzuordnen. Ein Perzentil gibt an, wie viel Prozent einer Messreihe ein Körpermaß unterschritten hat. Für die Konstruktionsarbeit wichtig ist unter anderem das 95. Perzentil (Bild 6), das heißt, bei 95% der vermessenen Personen ist das Körpermaß kleiner als das Angegebene.

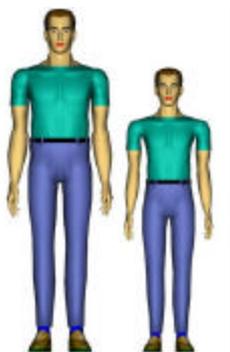


BILD 6. ANTHROPOS; 95. und 5. Perzentil

Die typifizierenden Parameter sind alle eindeutig messbar und lassen sich in ihrer Gewichtung präzise strukturieren.

### 2.2.3. Psychologie

Neben den typifizierenden Parametern sind vor allem die psychische Verfassung, die Erfahrungswerte und die Leistungsbereitschaft des Individuums ausschlaggebend. Der überwiegende Teil der psychologischen Parameter oder Eigenschaften, welche die mentale Verfassung und Erfahrungswerte beschreiben und so das individuellen Verhalten der Passagiere in Wechselwirkung mit der Typifizierung und der physischen Verfassung bestimmen, ist nicht präzise zu erfassen und statistisch auszuwerten. Nur einzelne Aspekte der Leistungsbereitschaft des Menschen sind erfassbar, und dann in ihrer Gewichtung strukturierbar. Typische Parameter sind Kondition, Trainingszustand und Mobilität, die sich in Grad einstufen lassen und teilweise auch in den ergonomischen Datensammlungen als Differenzierungsmerkmale auftreten.

Bei der Analyse des Kabinenumfelds für den Passagier sind zunächst Faktoren wie Wohlbefinden, Motivation und Stimmung maßgeblich. Diese müssen bei der Komfortanalyse berücksichtigt werden. Zusätzlich kommen Verhaltensstrukturen hinzu, die z.B. durch Stress, Panik, Angst oder Gruppenzugehörigkeit (sozialer Umwelteinfluss) entstehen. Auch diese treten in Wechselwirkung mit den zuvor spezifizierten Parametern auf und teilweise führen sie auch zu einer vollständigen Überlagerung der ursprünglichen Verhaltensstruktur. Diese Eigenschaften und Verhaltensstrukturen des Menschen müssen bei der ergonomische Analyse im Flugzeug in hohem Maße berücksichtigt werden. Das Fliegen an sich ändert den Menschen schon in seiner Verhaltensstrukturen, häufig treten Panik, Angst oder Stress bedingt durch die Flugreise auf. Besonders bei Untersuchungen bzgl. der Kabinensicherheit müssen Panikzustände, Stress- und Angstverhalten mit einbezogen werden. Bei Passagierprozessen und während einer Evakuierung ist die Gruppenzugehörigkeit ein maßgeblicher Faktor für das Verhalten der einzelnen Individuen.

Bei Untersuchungen von Arbeitsabläufen in der Kabine sind vor allem die Faktoren Stress, Vigilanz, Motivation, Bildungsgrad und Leistungsbereitschaft zu berücksichtigen. Diese Eigenschaften sind entscheidend für die Leistung des Arbeiters bei der Arbeit und somit für die effiziente und sichere der Arbeitserfüllung.

### 2.3. Anthropometrische Menschmodelle

Schon während der Konstruktionsarbeit, in einer sehr frühen Phasen des Entwicklungsprozesses, müssen die ergonomischen bzw. anthropometrischen Anforderungen berücksichtigt werden. Dazu wurden bisher Mensch-Modelle wie z.B. die Bosch-Jenik-Zeichenschablone oder Datentabellen verwendet. In der jetzigen Zeit wird mit 3D/CAD-Mensch-Modellen gearbeitet, Simulationswerkzeuge, mit deren Hilfe man den Menschen und seine natürlichen Haltungen und Bewegungen simulieren kann. Der Grund der Entwicklung dieses geometrisch und kinematisch genauen 3D-Modelles des Menschen ist die Ungenauigkeit der 2D-Schablonen. Diese sind in ihrer Ausmodulierung nur an der Körperhöhe orientiert und nehmen keine Rücksicht auf die unterschiedliche Morphologie bei gleicher Körperhöhe, wie z.B. Sitzriese und -zwerg. Weiter verlangen sie, wie auch das Arbeiten mit Perzentiltabellen, ein hohes Maß an Kenntnissen im Umgang mit Ihnen. All dies wird erleichtert durch das

Bereitstellen von anthropometrischen Menschmodellen wie ANTHROPOS, RAMSIS oder Jack.

Bei der Verwendung von Menschmodellen in der Konstruktion ist die Güte der Gestaltung in sehr hohem Maße von der Verwendung des zugrundeliegenden anthropometrischen Datenmaterials abhängig. Eine Voraussetzung für die Qualität des Datenmaterials ist die Genauigkeit der Messung und die Auswahl einer geeigneten Stichprobe, die eine vorgesehene Benutzergruppe hinsichtlich Geschlecht, Alter und sozialer Differenzierung repräsentieren soll.

Die Integration des Menschen in die virtuelle Welt (Bild 7) bzw. in die 3D/CAD-Umgebung (Bild 8) mittels eines anthropometrischen Menschmodells ermöglicht die Darstellung und Untersuchung kabinenspezifischer menschlicher Bewegungsabläufe und der Schnittstelle Mensch/ Maschine (Kabine) lange bevor die Flugzeugkabine real greifbar ist.



BILD 7. ANTHROPOS in DBView [1]



BILD 8. ANTHROPOS in 3D Studio MAX

Es wird dem Entwickler, der Airline und dem Anwender (Crew, Passagier, Arbeiter) nicht nur ein Blick in die Kabine von morgen ermöglicht. Kabinenlining, Bestuhlungskonfiguration, spezielle Bedienkonzepte, Wirkung von Licht und Texturen und Systemintegration können so zu einem sehr frühen Zeitpunkt hinsichtlich

ergonomischer Aspekte betrachtet, analysiert und optimiert werden. Lange bevor ein reales Mock-Up gebaut wird, kann mit der Computersimulation bereits festgestellt werden, ob Sitze, Overhead Bins, Bedienpanels, Sicherheitsgurte und andere Bauteile so aufgebaut und angeordnet sind, dass der Mensch alles erreichen und bedienen kann und genügend Freiraum hat, um sich ungehindert und ohne Kollision bewegen zu können. Es lassen sich verschiedene Bauteilanordnungen simulieren und so deren Wirkung und Einschränkungen auf den Menschen testen.

### 3. KABINENERGONOMIE

Die Flugzeugkabine stellt eine bedeutende ergonomische Herausforderung dar. Sie ist auf kleinstem Raum zugleich Reiseumfeld für den Passagier und Arbeitsumfeld für Crew und Arbeiter. Aufgabe der Kabinenergonomie ist die anwendergerechte Gestaltung der Kabine unter bestmöglichem Kosten-/ Nutzenverhältnis für Hersteller und Airline. Die Tätigkeit eines Ergonomien in der Flugzeugkabinenentwicklung setzt sich im wesentlichen aus drei Bereichen zusammen:

- 1) Reiseumfeld für den Passagier
- 2) Arbeitsumfeld für Crew und Arbeiter
- 3) Kabinensicherheit

Betrachtet man das Arbeitsumfeld Kabine so liegt der Fokus der ergonomischen Arbeit in der Optimierung der MMS, bei der Ergonomieanalyse im Bereich Reiseumfeld Kabine in der Auslegung der passagierspezifischen Funktionsmaße, der Analyse von Passagierprozessen und in der Auseinandersetzung mit der Maslow'schen Bedürfnispyramide bzw. ihre Fokussierung in der Komforthierarchie nach Bubb (Bild 10). Im Bereich Kabinensicherheit liegt das Hauptaugenmerk auf der Analyse und Optimierung des Evakuierungsprozesses für eine sicherheitsgerechte Entwicklung der beteiligten Kabinenkomponenten und Hilfsmittel.

Ziele der ergonomischen Analysen sind die Verifizierung und Optimierung der vorhandenen Kabinengeometrien, Kabinensysteme und der beteiligten Bewegungsabläufe des Menschen. Interessante Bewegungsabläufe in der Flugzeugkabine sind Passagierprozesse und manuelle Arbeitsabläufe aus den Bereichen Service, Kabinenreinigung und Wartung. Wichtige Aspekte sind Untersuchungen wie Haltungs-, Kraft-, und Komfortanalysen und die Darstellung von Freiräumen, Greifräumen, Erreichbarkeit und Sichtfeldern, sowie das Bewerten der MMS und der beteiligten Arbeitsabläufe hinsichtlich Leistung, Ermüdung und Erholungszeit.

Ergebnis der ergonomischen Analysen ist neben der Verifizierung und Optimierung verschiedener Kabinen- oder Bauteilgeometrien ein Konzept zur abgestimmten Gestaltung der Kabine hinsichtlich Komfort, Flugerlebnis und aktiver Sicherheit für den Passagier und hinsichtlich einer optimalen Arbeitsgestaltung für Crew und Wartungsarbeiter. Das Konzept beinhaltet Konstruktionsrichtlinien, Richtlinien zur Arbeitssystemgestaltung und Komfortrichtlinien die speziell auf die Kabine abgestimmt sind und den luftfahrttechnischen Gesetzesgrundlagen genügen.

### 3.1. Reiseumfeld Kabine

Im Mittelpunkt steht der Passagier mit seinen Wünschen, Bedürfnissen, Anforderungen, Ängsten und Komfortansprüchen (Bild 9).



BILD 9. Wünsche, Bedürfnisse und Anforderungen der Passagiere

Zusätzlich ist der Reisetyp entscheidend. Der Passagier tritt als entweder als Urlaubs- oder als Geschäftsreisender auf. Die Anforderungen dieser beiden Passagiergruppen sind unterschiedlich und müssen bei der Auslegung individueller Kabinenkomponenten berücksichtigt werden. Als Urlaubsreisender hat ein Passagier weniger Anforderungen an die Kabine, er hat viel Gepäck jedoch meist wenig Handgepäck, der Komfort könnte besser sein, aber der Flug wird als Teil des Urlaubabenteuers gesehen (geringe Anforderungen Selbstverwirklichung). Der Geschäftsreisende hingegen hat viel Handgepäck, hohe Komfort- und Serviceansprüche und fordert eine minimale Nicht-Arbeitszeit und hinreichende Kommunikationsmöglichkeiten an Bord (hohe Anforderungen Selbstverwirklichung).

#### 3.1.1. Zielgruppe Passagier

Für die Ergonomieuntersuchungen müssen Typen ausgewählt werden, welche die Zielgruppe Passagier hinreichend repräsentieren. Bei den Passagieren variieren die typifizierenden Daten für Eigenschaften, Bedürfnisse und Beanspruchung in extremer Weise. Eine Kabine muss so ausgelegt werden, dass sie für beide Geschlechter, alle Bevölkerungsgruppen und alle Altersstufen bei einer Akzeleration bis 2050 unter Berücksichtigung der Reisetyps ein optimales Umfeld für die Reise darstellt.

Eine Normierung im Bereich Passagier stellt entweder in einer Weise Ansprüche an die Kabine, die so nur schwer realisierbar sind, oder ein großer Anteil der Passagiere ist in mindestens einer Hinsicht überfordert. So ist nur für die Auslegung kabinenspezifischer Kenngrößen und sicherheitsrelevanter Bereiche (muss für alle nutzbar sein) eine Normierung sinnvoll. Für Bedienkonzepte und passagierbezogene Kabinenbauteile muss die Individualisierung groß geschrieben werden.

Für eine korrekte Definition der Zielgruppe müssen allgemeine und luftfahrtspezifische evolutionäre Aspekte berücksichtigt werden. Allgemein lässt sich feststellen,

dass die Passagiere immer älter werden und dass zunehmend Frauen und Kinder reisen. Zudem wird der Mensch an sich und somit auch der Passagier immer größer und fetter. Die Zunahme der Körpergröße kann man durch die Akzeleration berücksichtigen, nicht so die zunehmende Fettleibigkeit der Menschen. Diese ist noch nicht vollständig statistisch erfasst worden und so auch nicht anthropologisch absehbar. Hier können nur angenäherte Körpermassenverteilungen durch Variationen von Korpulenz und Proportionalität bei den Untersuchungen berücksichtigt werden. Aufgrund der zunehmenden Fettleibigkeit muss auch eine Erhöhung des Durchschnittsgewichtes (derzeit 78-80Kg) berücksichtigt werden.

Die Zielgruppe hinsichtlich der Optimierung kabinenspezifischer Kenngrößen und sicherheitsrelevanter Bereiche ist die gesamte Weltbevölkerung im Jahre 2010-50. Für die Analysen wird zur Untersuchung von inneren Maßen der deutsche Mann, 95. Perzentil, verwendet. Zur Untersuchung der äußeren Maße verwendet man die japanische Frau, 5. Perzentil. In einzelnen Bereichen, wie z.B. bei der Auslegung von Overhead Bins, können Untersuchungen mit zusätzlichen Typen nötig sein.

#### 3.1.2. Passagierspezifische Funktionsmaße

Wesentliche konstruktive Funktionsmaße für die ergonomisch richtige Auslegung von Flugzeugkabinen sind Sitzklassifikation und -Ausführung (Seat Pitch, Seat Abreast, etc.), Freiräume (Kopffreiraum, Ellenbogenfreiraum, etc.), Weiten (Gangbreite, Sitzbreite, etc.), Toiletten (Lage, Ausführung), Overhead Bin (Ausführung, Erreichbarkeit), PSU (Ausführung, Erreichbarkeit, Bedienbarkeit), Sicht und die Bedienung des In-Flight-Entertainments (Ausführung, Erreichbarkeit, Verständlichkeit). Die Funktionsmaße Freiräume, Seat Pitch und Weiten sind ebenso als grundlegende Komfortmaße zu verstehen, wobei max. Funktionsmaß = max. Komfort gilt.

Weitere Kenngrößen sind der Service in der Kabine, Licht-, Lärm- und Klimaverhältnisse und das Vorhandensein von Komfortaspekten in der Kabine (z.B. Sonnenblenden, Bar, Informationsterminal, Zeitschriftenablage, Sleepersitze, Unterhaltung, Telekommunikation usw.). Diese Kenngrößen werden überwiegend bei der Komfortanalyse berücksichtigt. Licht-, Lärm- und Klimaverhältnisse stellen die existenzielle Basis des Menschen dar und sind somit Grundlage jeglicher Untersuchung. Bei einem großen Teil der Untersuchungen die in Vorentwicklung und Entwicklung der Kabine durchgeführt werden müssen, werden für diese Faktoren kabinentypische Standardwerte angenommen.

#### 3.1.3. Passagierprozesse

Prinzipiell gesehen kann der Mensch als Passagier wie auch als Crew an Bord von Flugzeugen alle natürlichen aber auch aufgezwungene unnatürliche Bewegungen ausführen. Die Anzahl der Bewegungsmöglichkeiten an Bord ist unendlich. Keiner kann genau festlegen, wer sich genau wann und zu welchem Zweck, aber auch auf welche Weise bewegt. Es gibt jedoch einige Grundbewegungen, hierzu gehören sowohl normale Bewegungsabläufe wie Gehen, Laufen, Hinsetzen oder

das Greifen von Objekten als auch flugzeugspezifische Bewegungsabläufe wie das Öffnen von Overhead Bins oder das Aufklappen der Tablets die alle Menschen an Bord ähnlich oder mit dem gleichen Ziel ausführen.

Passagierprozesse stellen hier kabinenspezifische Bewegungsabläufe dar, die immer wieder auftreten, die von den meisten Passagieren an Bord ähnlich durchgeführt werden müssen und die erst aus dem Zusammenwirken vieler Passagieren entstehen. Jeder einzelne Passagier trägt mit seinem persönlichem Verhalten mehr oder weniger bewusst zum Ablauf des gesamten Passagierprozesses bei. Die wichtigsten Passagierprozesse sind Boarding und Deplaning. Auch ein Teil des Evakuierungsvorganges kann als Passagierprozess gesehen werden. Da die Evakuierung jedoch durch das optimale Zusammenspiel von Crew und Passagier dominiert wird, kann sie nicht auf einen reinen Passagierprozess reduziert werden.

Ziel der Untersuchungen von Boarding- und Deplaningprozessen ist die Optimierung des Passagierprozesses an sich (daraus folgt die Reduktion der TRT) sowie die Analyse und Optimierung von Neuentwicklungen im Bereich Kabine wie z.B. der Einsatz von Treppen, Treppenlifte, Lifte oder Klappsitzen. Die neue Bauteile können so hinsichtlich der Geometrien optimiert, und hinsichtlich ihres Nutzens und der Einsetzbarkeit verifiziert werden. Zusätzlich können durch eine anthropometrische Visualisierung inklusive der Simulation von Sichtfeldern neue Passagierleitsysteme, Orientierungshilfen, Beschilderungen (Art und Position) und Boardingprozeduren untersucht und optimal an den Passagier angepasst werden.

### 3.1.4. Komfort

Der Komfort (lat. Bequemlichkeit, Behaglichkeit) drückt das subjektive Empfinden des Menschen in einer bestimmten Situation aus, abhängig von den Eigenschaften, Fähigkeiten und Fertigkeiten des Einzelnen. Komfort ist ein nicht operational unmittelbar erfassbarer Begriff. Er muss aus einem theoretischen Zusammenhang heraus und aus einer Reihe beobachtbarer Ergebnisse erschlossen und interpretiert werden. Im Bereich des Haltungskomforts wird Komfort oft auch als Abwesenheit von Diskomfort beschrieben. Allgemein gilt diese Regel jedoch nicht und eine Reduktion von Diskomfort bedeutet nicht unmittelbar das Erzeugen von Komfort.

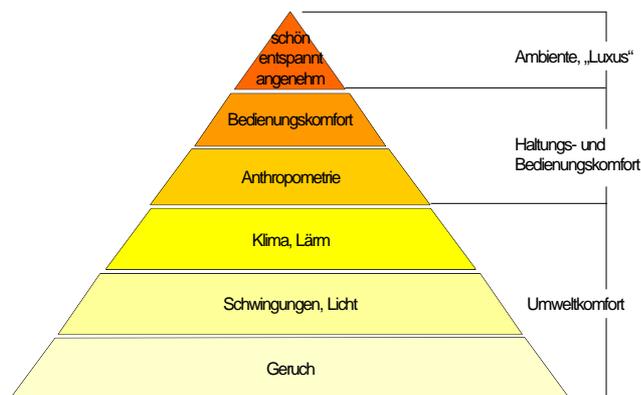


BILD 10. Komforthierarchie nach Bubb [3]

Der Komfort ist von der Art der Anforderung an den Menschen und von der Art, Höhe, Dauer und Zusammensetzung der Belastung abhängig. Die Belastung ist ein objektiver von der Person unabhängiger Parameter. Verschiedene Belastungsarten sind z.B. Sitzhaltung, Lärm, Lichtverhältnisse etc. Hinzu kommen dann die individuellen Eigenschaften, Fähigkeiten und Fertigkeiten des Menschen. Daraus folgend kann die Beanspruchung an den Menschen, also die subjektive Belastungsauswirkung auf ein Individuum, beschrieben werden. Den Komfort beschreibende Adjektive sind z.B. angenehm, komfortabel, gut, bequem und behaglich [2].

Bisher wird der Komfort in der Kabine durch den Komfortfaktor (=Kabinenbreite in cm/ Passagiere nebeneinander) definiert. Betrachtet man jedoch die Komplexität von Komfort, sieht man, das dieser Komfortfaktor für eine Bewertung nicht ausreichend ist. Für eine aussagekräftige Komfortwertung und um die Kabine an die Komfortbedürfnisse optimal anpassen zu können sind zeitgerechte innovative Konzepte und Bewertungsschemata notwendig.

Grundlage bildet eine Wertung der kabinenspezifischen Funktionsmaße durch den Passagier. Dabei ist die Bewertung des Komfortempfindens bzw. des Wohlbefindens stark abhängig von der subjektiven Verfassung des Passagiers. Hier spielt besonders die Situation "Flug" eine große Rolle. Das Komfortempfinden wird durch die veränderten Umgebungsbedingungen sowie persönliche flugbedingte Stresssituationen stark beeinflusst. Entsprechende der Komforthierarchie nach Bubb (Bild 10) müssen die einzelnen Faktoren, die den Komfort definieren, zusammengeführt werden und anhand einer Passagierbefragung gewertet werden. So entsteht eine individuelle Komfortwertung verschiedener Kabinenkonfigurationen aus der sich Richtlinien oder Bewertungsmaßstäbe für neue Kabinenkonfigurationen ermitteln lassen. Zusammen mit einer Wertung des Haltungskomforts aus ANTHROPOS (Anthropometrie) liefern die individuellen Faktoren eine Gesamtkomfortaussage für die Kabine und ermöglichen so eine Komfortwertung der Kabine in Vorentwicklung und Entwicklung, lange bevor sie real gebaut wird.

### 3.2. Arbeitsumfeld Kabine

Im Mittelpunkt der Analysen steht die korrekte, sichere und effiziente Abarbeitung der Arbeitsaufgabe. Das Arbeitsumfeld muss so gestaltet sein, dass der Mensch mit maximaler Leistung mit minimaler Belastung sein Arbeitsaufgabe absolvieren kann. Unter Arbeit wird im allgemeinen jede ausgeübte Tätigkeit zur Erreichung eines gesetzten Arbeitszieles verstanden. Aus ergonomischer Sicht versteht man unter Arbeit die Gesamtheit von Energieumsatz und Informationsverarbeitung um ein gesetztes Aufgabenziel zu erreichen. Leistung definiert sich ergonomischer Sicht aus dem Einsatz (Energieumsatz + Informationsverarbeitung) der innerhalb einer begrenzten Zeit zu dem gewünschten Aufgabenziel bzw. zu dem gewünschten Arbeitsergebnis führt.

Analysen im Bereich Arbeitsumfeld Kabine beschäftigen sich überwiegend mit dem Arbeitsgestaltung für Crew, Reinigungspersonal und Wartungsarbeiter (Anthropotechnik). Durchgeführt werden anthropometrische

Visualisierungen von Arbeitsvorgängen zur Analyse der Prozesse und als Basis für die nachfolgende Analyse der einzelnen aufgabenbezogenen MMS sowie des Gesamtsystems Arbeitsumfeld Kabine. Grundlage ist in eine präzise Untersuchung (Haltung- und Kraftanalyse) der einzelnen Arbeitsschritte und eine genaue Untersuchung der Interaktionen mit Arbeitsplatz und –mittel. Zusätzlich müssen virtuelle interaktive Analysen verschiedener Arbeitsabläufe in einem Mixed-Mock-Up durchgeführt werden um so die Arbeitssituation genau zu erfassen und die Reaktionen des Menschen auf seine Arbeitsaufgabe und seinen Arbeitsplatz sowie reale Bewegungsabläufe zu erhalten.

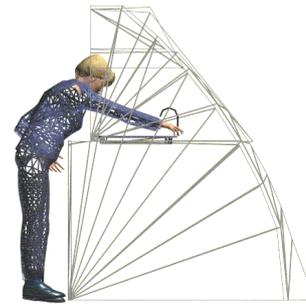


BILD 11. Analyse Arbeitsfläche (Höhe, Tiefe) Galley

Das gewonnene Datenmaterial kann sehr gut für Training und Schulung des Personals eingesetzt werden und Ergebnisse der Untersuchungen dienen für eine genaue Stellenbeschreibung und sind so hilfreich für eine gezielte Personalauswahl (Mensch-Anpassung).

### 3.2.1. Zielgruppe

Für die Ergonomieuntersuchungen müssen Typen ausgewählt werden, welche die Zielgruppe Crew, Reinigungspersonal bzw. Wartungsarbeiter hinreichend repräsentieren. Eine Kabine muss so ausgelegt werden, das sie für alle Arbeitsgruppen ein optimales Arbeitsumfeld darstellt.

Die Zielgruppe hinsichtlich der Bewertung der Interaktionen und zur Optimierung der Systemkomponenten ist eine ausgewählte Gruppe der Weltbevölkerung im Jahre 2010-50. Für die Untersuchungen im Crewbereich wird die deutsche Frau (50. und 95.Perzentil), die japanische Frau (5.Perzentil) und der deutsche Mann (50. und 95.Perzentil) untersucht. Sie repräsentieren die Zielgruppe Besatzung hinsichtlich der Verifizierung und der Bewertung der Systemkomponenten hinreichend. Für Untersuchungen im Bereich Wartung und Reinigung wird der japanische Mann 5. Perzentil und der deutsche Mann 50. und 95. Perzentil untersucht.

### 3.2.2. Analyse Arbeitsplatz

Untersucht werden typische luftfahrttechnische Arbeitsvorgänge aus der Flugvorbereitung (Catering, Cabin Cleaning) und dem In-Flight-Service. Zusätzlich erfolgt die Analyse und Optimierung sicherheitskritischer Bereiche und Arbeitsschritte sowie eine Analyse verschiedene Wartungsvorgänge (z.B. ein Luftfilterwechsel oder die Montage eines Sidewallpanels). Im einzelnen werden Arbeitsflächen, Arbeitstische, Konsolen, Sitze, Trolleys, Bedienelemente, Steuerarmaturen und Stellteile hinsichtlich ihrer Abmessungen, Erreichbarkeiten und funktionsbedingten Bedienkonzepte untersucht und optimiert (Beispiele siehe Bild 11/ 12). Zusätzlich erfolgen Sichtanalysen wie z.B. die Analyse der Sichtfelder aus Position CAS in die Kabine und die Analysen der verschiedenen, in der Kabine auftretenden, visuellen Anzeigen. Durchgeführt werden die Analysen auf Basis unterschiedlicher, den Aufgaben entsprechend ausgewählter, anthropometrischer Menschmodelle.



BILD 12. Gelenkmomente Arme beim Heben einer vollen Kaffeekanne in oberer Position

Arbeiten im Bereich In-Flight-Service beinhalten neben der Analyse der einzelnen beteiligten Arbeitsabläufe eine Analyse des Serviceprozesses. Ziel ist die Optimierung des Serviceprozesses und eine Verbesserung des Services für Crew und Passagiere. Im einzelnen bedeutet dies:

- Erhöhung der Effizienz des Serviceprozesses
- Höhere Servicequalität
- Höheren Grad an Kundenzufriedenheit
- Höherer Grad an Crewzufriedenheit
- Verbesserte Arbeitsbedingungen für die Crew

Wobei verbesserte Arbeitsbedingungen für die Crew einen höherer Grad an Crewzufriedenheit, und ein höherer Grad an Crewzufriedenheit einen höheren Grad an Kundenzufriedenheit resultieren. Zusammen mit einer höheren Servicequalität resultiert so eine Erhöhung der Effizienz des Serviceprozesses. Neben den herkömmlichen Prozeduren und Komponenten können auch neue Servicekonzepte und –Komponenten (Unterflurgalley, Trolleylift, neue Trolleykonzepte) hinsichtlich ihres Mehrwerts und der resultierenden Arbeitsabläufe untersucht werden.

### 3.3. Kabinensicherheit

Die Kabinensicherheit ist in der Entwicklung und im Betrieb eine Passagierflugzeuges von großer Bedeutung. Ziel ist es, Passagiere und Crew während des Aufenthalts an Bord vor allen für sie gefährlichen Einwirkungen zu schützen und im Notfall Sicherheit vor möglichen Gefahren und Bedrohungen zu schaffen.



BILD 13. Kabinensicherheit

Die Kabinensicherheit umfasst die Evakuierbarkeit, Brandsicherheit, und das Ditching- und Crashverhalten der Kabine, den optimalen Einsatz der beteiligten Hilfsmittel und die kabinenspezifischen Crewprozeduren (Bild 13). Durch die hohe Passagierdichte in der Kabine treten besondere Anforderungen an die notwendigen Schutz- und Sicherheitsmaßnahmen auf. Zusätzlich muss eine neue Qualität von Sicherheit für den Passagier angestrebt werden. Es reicht nicht aus nur den derzeitige Sicherheitsstandard bei Verkehrsflugzeugen zu gewährleisten, sondern es muss ein höherer Sicherheitslevel erreicht werden.

Der Einsatz von anthropometrischen Menschmodellen im Bereich Kabinensicherheit ermöglicht eine präzise ergonomische Analyse von Evakuierungslogistik, Evakuierungsprozess und der benötigten Hilfsmittel (Rutsche, Schwimmwesten, Gurte, etc.). Es werden Partiale Scale Tests auf Basis vorhergehender Tests oder einer entsprechenden Simulationssoftware simuliert bzw. visualisiert. Die Bewegungssimulation dient zur Optimierung des gesamten Evakuierungsprozesses (Abschnallen, Aufstehen, Gehen, Durchsteigen durch Notausgang, Rutschen, Weglaufen) und der beteiligten Bauteile (Rutsche, Chute, Tür, Notausgang, Schwimmweste und Bestuhlungskonfiguration). Ziel ist zunächst eine Reduktion der risikoreichen und teilweise gefährlichen Vorabtests. Die Ergebnisse stellen eine Unterstützung der Kabinenentwicklung aus Sicht der Evakuierbarkeit dar. Zusätzlich können die Ergebnisse als Unterstützung der Zertifizierung (90sec Evakuierungsnachweis) und zur Unterstützung des Crew- sowie Passagier-Trainings dienen (z.B. Darstellung der Schutzhaltung, Bild 14).



BILD 14. Schutzhaltung Passagier

#### 4. ZUSAMMENFASSUNG

Der Stellenwert der Ergonomie in der Kabinenentwicklung steigt zunehmend wobei die Teilgebiete Anthropotechnik und Mensch-Anpassung in unterschiedlichem Masse ausgeprägt sind. Der Mensch als Passagier, Crew und Arbeiter muss im Mittelpunkt der Kabinenentwicklung stehen, es gilt eine Technik zu schaffen, die vom Menschen ausgeht und für ihn gemacht ist. Dabei müssen vor allem die physischen und psychischen Eigenschaften und Verhaltensweisen des Menschen sowie typische flugbedingten Einflussfaktoren auf den Menschen berücksichtigt werden.

Eine gute Möglichkeit die Ergonomie schon früh in den Entwicklungsprozess zu integrieren ist der Einsatz anthropometrischer Menschmodelle integriert in die 3D/CAD oder Virtual Reality Umgebung. Sie ermöglichen es, die ergonomische bzw. anthropometrische Denkweise dem Entwickler (Ingenieur, Konstrukteur, Designer) näher zu bringen, und so eine Brücke zwischen Entwickler, Betreiber und Anwender (Passagier, Crew) zu schlagen.

Zusammen mit kabinenspezifischen Ergonomierichtlinien und anwenderspezifischen Know-how lässt sich mittels anthropometrischer Menschmodelle schon in der Vorentwicklung und Entwicklung das Reiseumfeld für den Passagier und das Arbeitsumfeld für Crew und Wartungsarbeiter optimieren. Beim Einsatz im Bereich Kabinensicherheit ermöglicht die präzise Analyse von Evakuierungslogistik, Evakuierungsprozess und der benötigten Hilfsmittel eine zielgerichtete Entwicklung im Hinblick auf einen neuen Sicherheitsstandard und ermöglicht eine Verringerung der risikoreichen und teilweise gefährlichen Vorabtests.

#### 5. ACKNOWLEDGEMENT

Die Arbeiten zu diesem Thema erfolgen im Rahmen des Projekts „Technologie und Integration von Passagiersystemen“ bei der EADS Airbus GmbH und werden vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert.

#### 6. LITERATUR

- [1] ANTHROPOS Dokumentation, Daimler Chrysler Forschung und Technik, VRCC, FT3/ EV, Ulm, 2000
- [2] Bauch, Anna Elisabeth, Untersuchung zum Komforteindruck ausgewählter Armhaltungen, Technische Universität München. Lehrstuhl für Ergonomie, 1998
- [3] Bubb, Heiner; Ergonomie und Verkehrssicherheit, GfA Konferenzbeiträge der Herbstkonferenz 2000, Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München, München, 2000
- [4] Burandt, Ulrich, Ergonomie für Design und Entwicklung, Dr. Otto Schmidt Verlag, Köln, 1978
- [5] Krist, Reanate, Modellierung des Sitzkomforts - Eine experimentelle Studie, Technische Universität München, Lehrstuhl für Ergonomie, 1994
- [6] Löhr, Reiner W., Ergonomie, Vogel-Verlag, Würzburg, 1976
- [7] Schmidtke, Heinz, Handbuch der Ergonomie, Band 1-4, Hrsg. Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung, Koblenz, Carl Hanser Verlag, München Wien, 1989



# *Entwicklung von Flugzeugkabinen*

*Joachim Hehemann  
Cabin Architecture Manager*

## *Content*

- **Cabin design principles**
- **Customer / passenger involvement**
- **Areas of concern**
  
- **Example:       A380 Cabin concept**
  - Main dimensions
  - Reference layout
  - Cabin Operation
    - Boarding / deplaning
    - Cabin servicing concept
    - Flexibility concept

## *Design principles*

- **All cabin items to be handled by passengers are subject to damage**
  - if they are not easy to handle,
  - if it is not evident how to handle them
  - and if they are not properly designed !
- **Weight constraints do not allow an aircraft cabin to be built as solid as home furniture. Replacement of damaged parts must be easy and quick, without removing adjacent parts or use of special tools.**
- **Safety aspects are a primary concern. The cabin must be designed in such a way, that the possibility of passenger and cabin crew injuries are limited to the greatest possible extent during normal operation and during emergency evacuation.**
- **An aircraft cabin is a workplace for the crew. An un-ergonomic environment may directly translate into low service quality.**

## — *Design principles*

- **Practicality (user- orientated)**
- **Safety (first)**
- **(low) Weight (sum of all elements)**
- **Durability (of parts) and tenacity (of alignment)**
- **Maintainability, repairability and exchangeability**
- **Flexibility in operation**
- **Comfort (visual, sensual, aural)**
- **Operational aspects (boarding time etc.)**
- **Handling qualities (stowage bins, systems etc.)**
- **Simple design**

## *Customer / passenger involvement*

- **The customer is playing an increased role in the cabin design**
- **The passenger opinion is important also for the manufacturer**
  - A380    Airbus Industrie First passenger survey 1998  
          Second passenger survey 1999

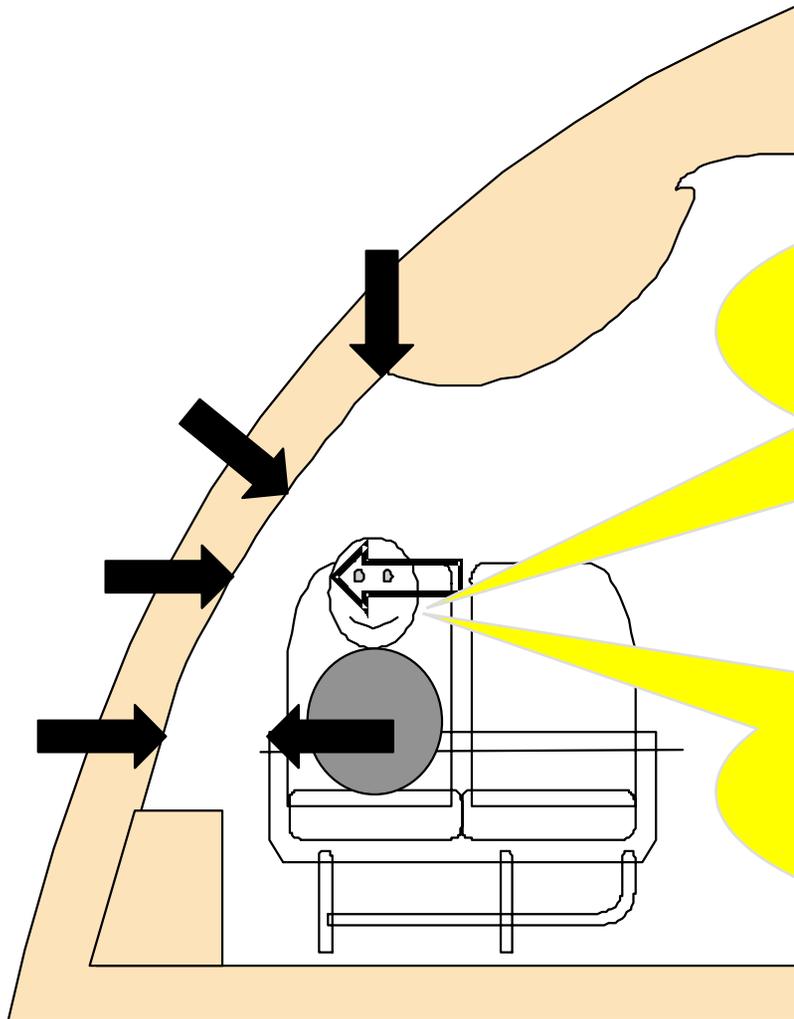
# — Airline involvement



- **20 major airlines** have been shaping the design of the A3XX / A380 for five years
- They represent **two thirds** of seats offered in aircraft with more than 400 seats
- They all operate 747-400s on a **wide range of mission types** : very short to very long haul, high comfort to high density layouts, in all passenger, combi or freighter configurations
- They are the core of the **global airline alliances** taking shape
- **Half of them** are based in the Asia-Pacific area
- Their **expertise** in their business is widely recognized

*Major 747-400 operators  
involved in A380 design since 1996*

— 1998 passenger research



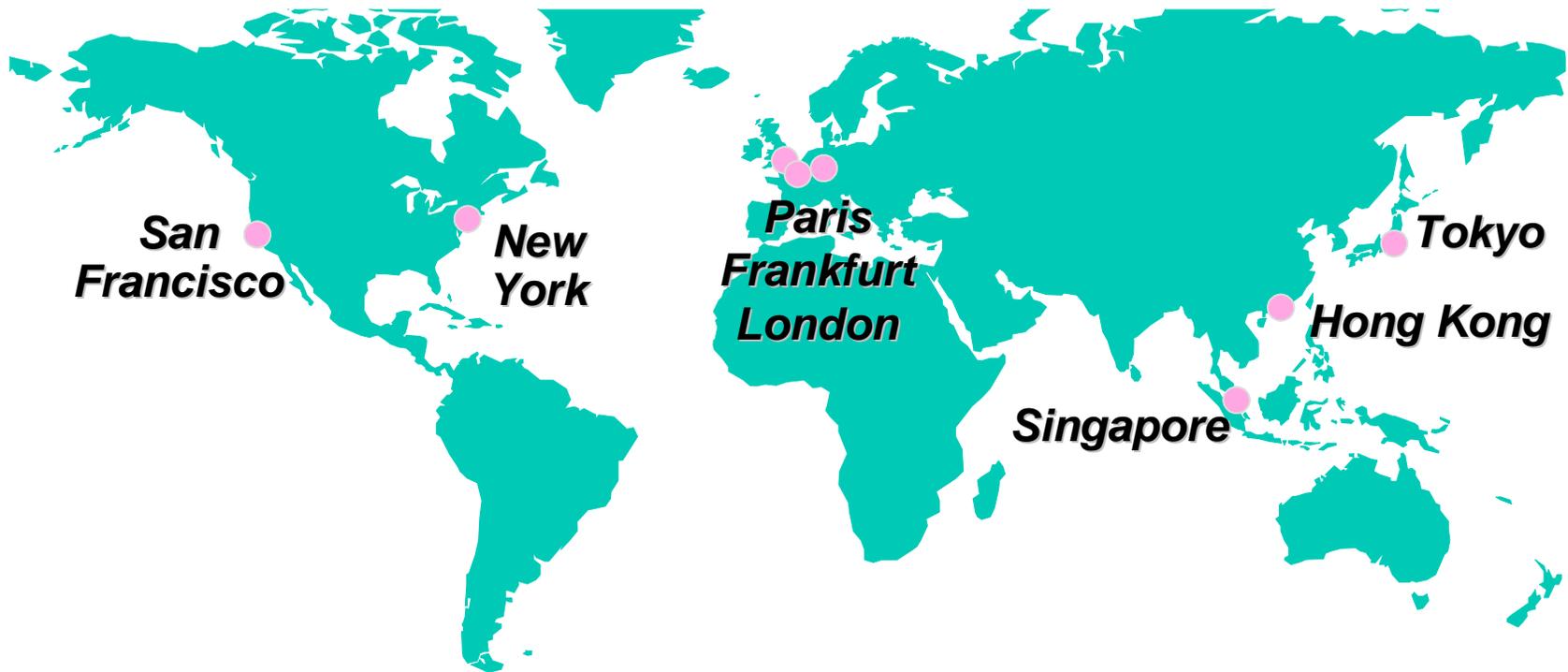
***How do I feel  
about sitting here ?***

***What influences  
the way I feel ?***

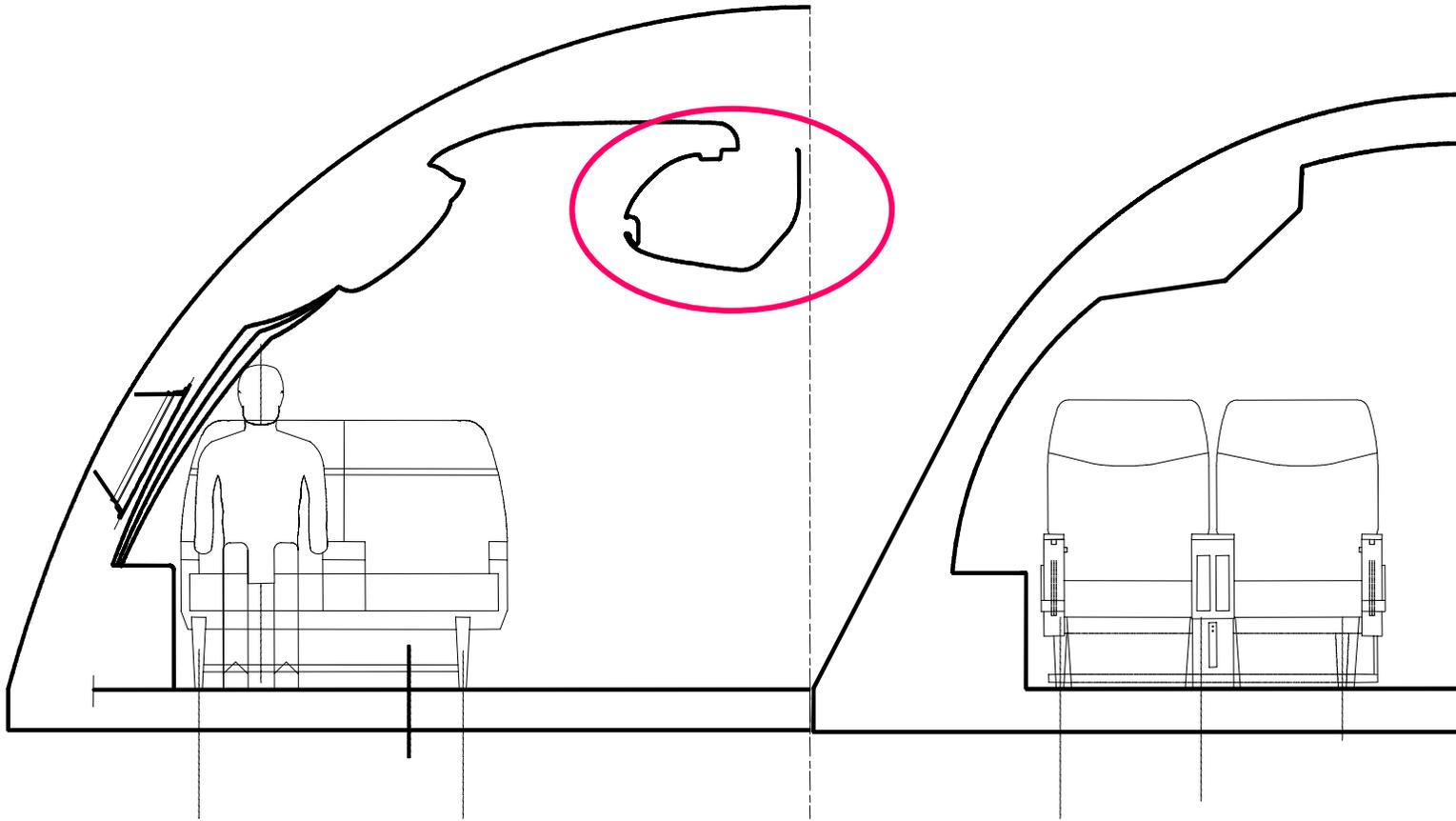
## *Scope of the project*

- **Fieldwork undertaken April - July 1998**
- **8 cities in 3 continents**
- **Some 1 200 people surveyed**
- **Frequent long-haul travelers**
- **First, Business and Economy**
- **2 000 man-hours of interviews**
- **200 hours of recorded material**
- **Key A380 airlines invited to observe subject to signed NDA**

# — *Fieldwork*



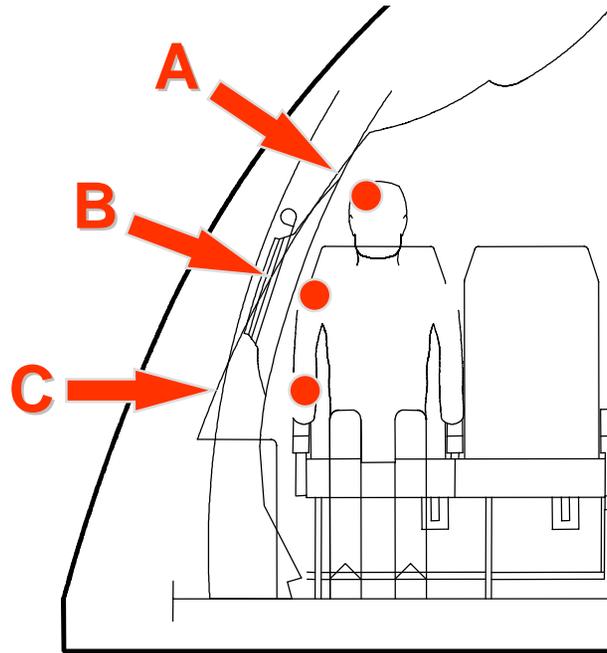
— *Upper deck mock-ups*



***A3XX variable geometry***

***747-400***

# Economy Class clearances

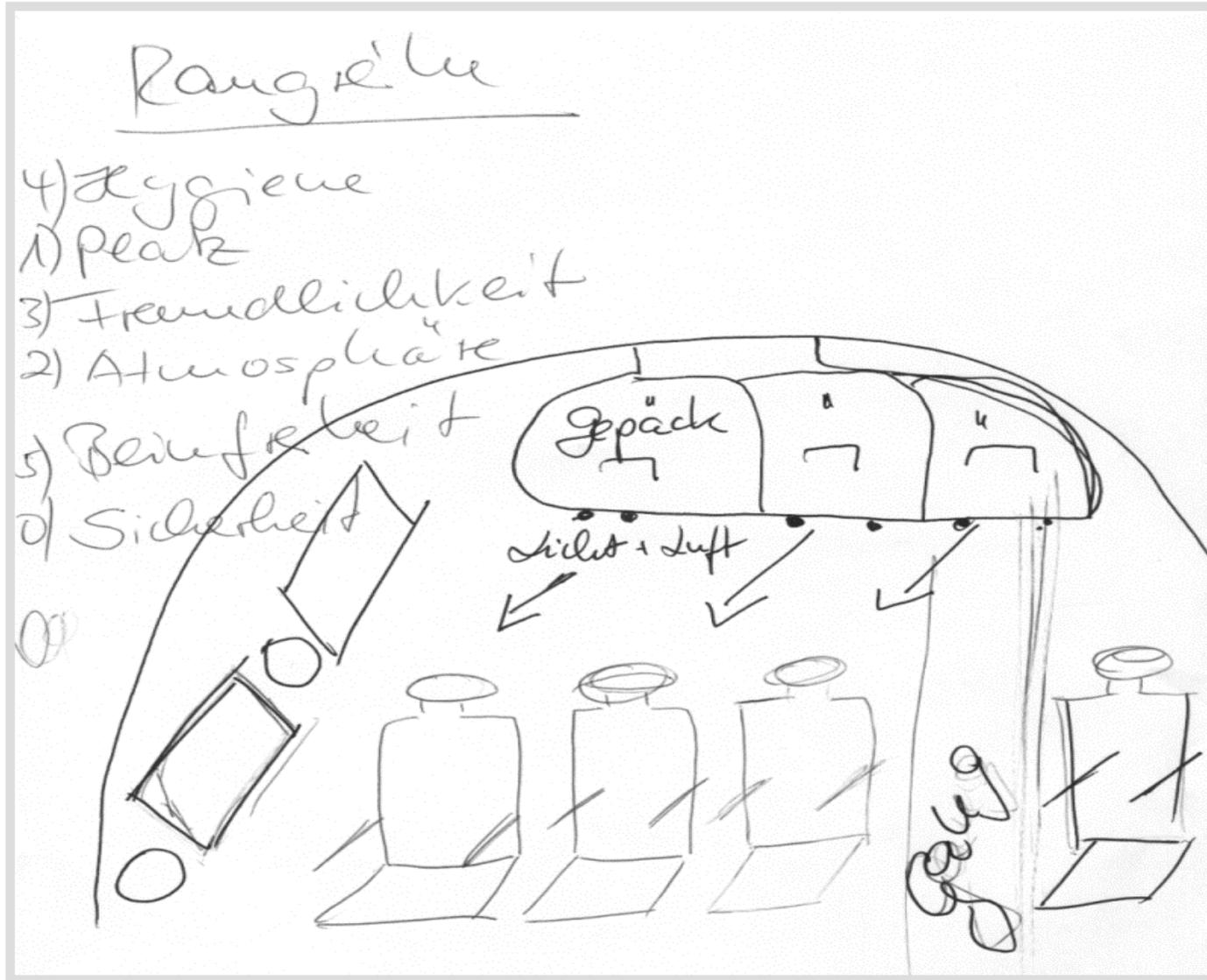


**'Andy', the 95%  
North American  
male (2010)**

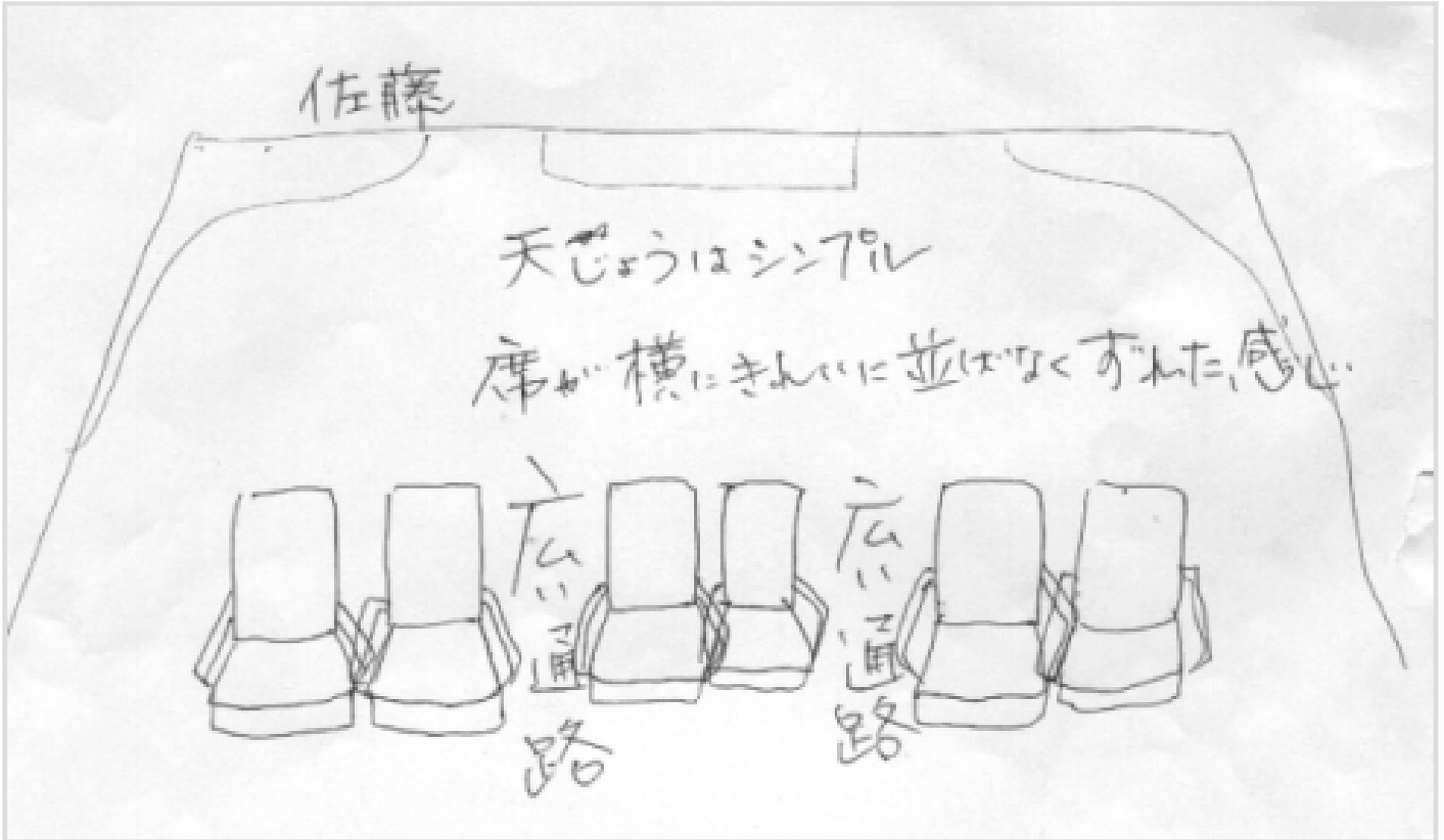
	<b>Tight</b>	<b>Middle</b>	<b>TLAR</b>		<b>Loose</b>
<b>A</b>	15	60	70	<b>Change !</b> →	110
<b>B</b>	96	127	40		165
<b>C</b>	n/a	n/a	20		n/a

**all dimensions in millimetres**

# — FEMALE ECONOMY - GERMANY



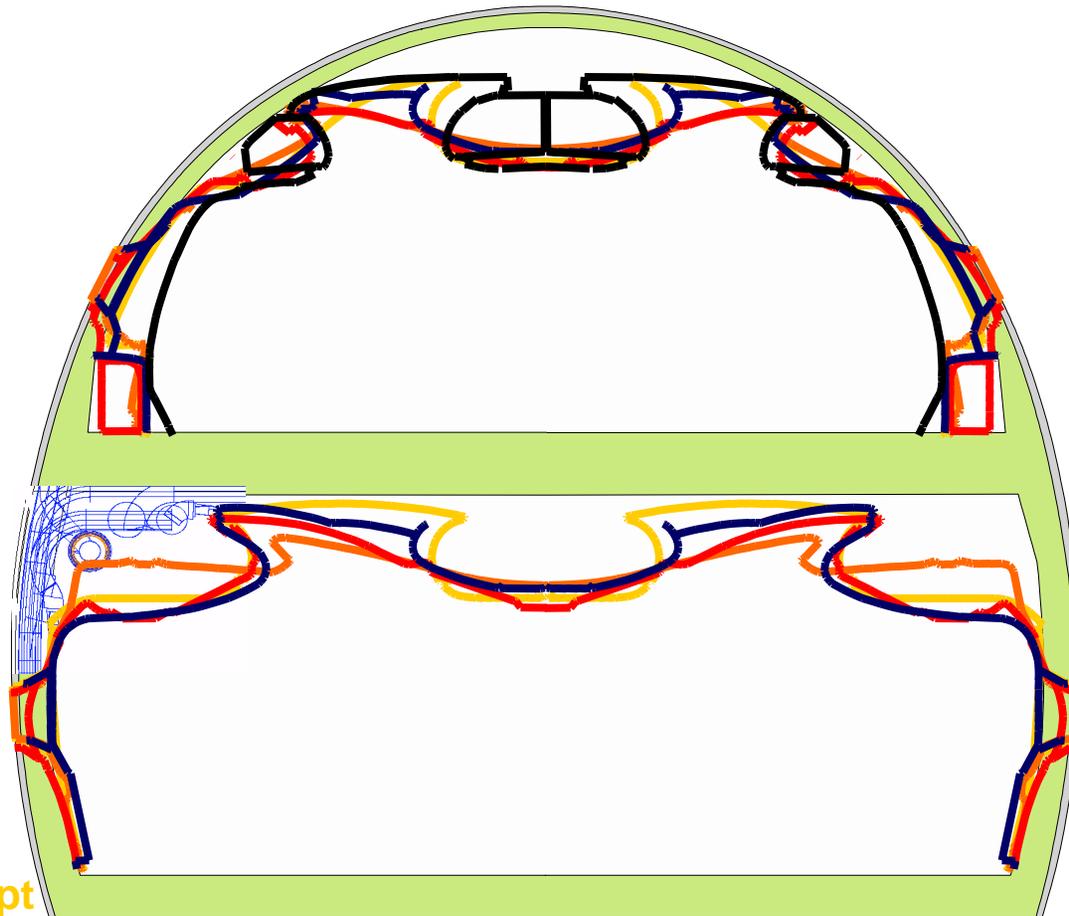
# FEMALE ECONOMY - JAPAN



# *Continuing cabin development*



# — Comparison



The Yellow Concept  
The Orange Concept  
The Red Concept  
The Blue Concept

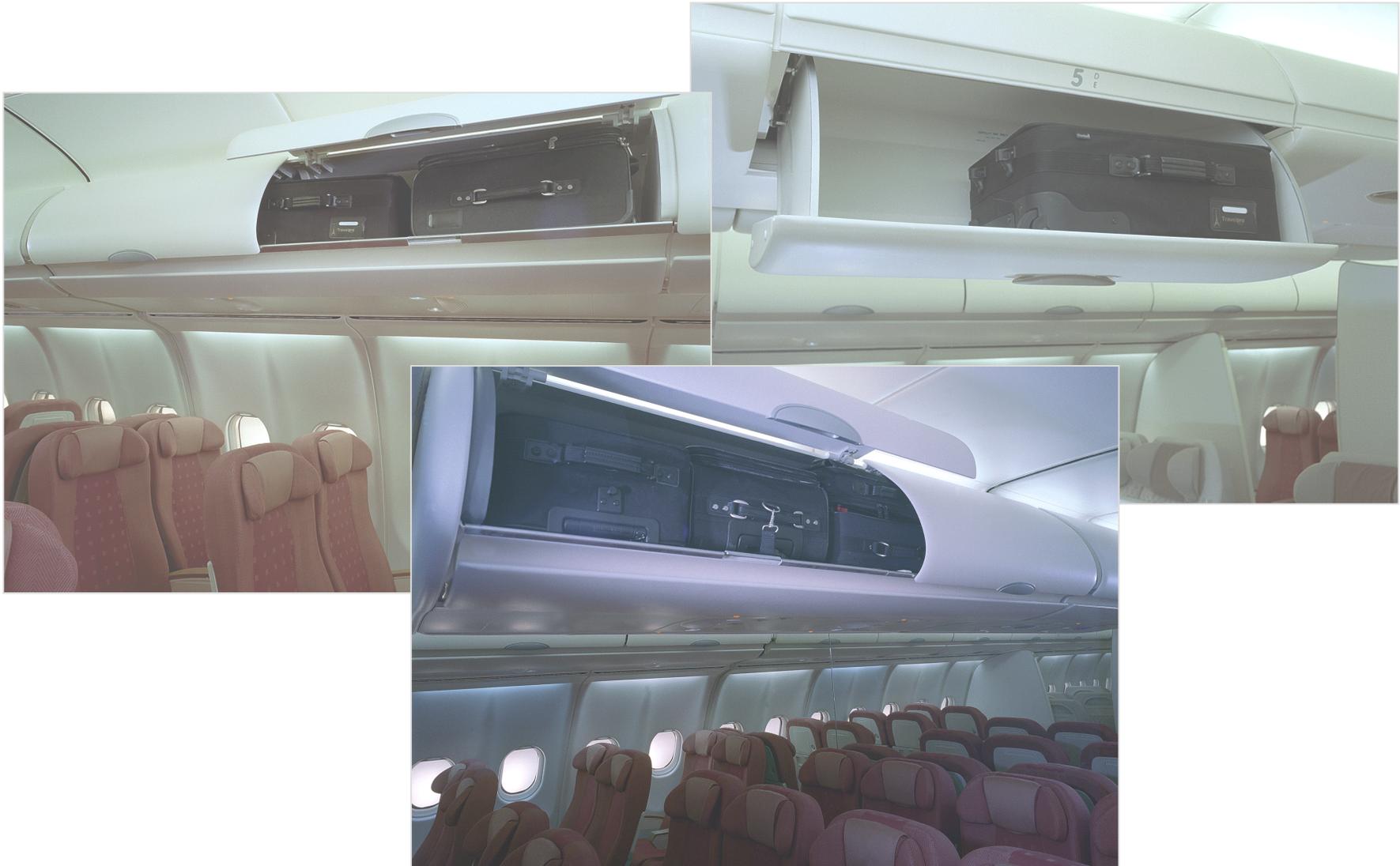
## *Areas of concern*

- **Luggage stowage**
- **Illumination**
- **Air Condition**
- **Seat spacing / comfort**
- **Entertainment Systems**

*The boarding experience - more space when most needed*



*Overhead stowages sized to stow  
“roll-aboard” luggage (L=24in)*



## Lighting

### Study Items

#### 1. Glass fibre optic RL

Specification under work, release for Vendor Selection planned for 02/00.  
Verification of eye safety in combination with extreme small light output diameters is outstanding . **NO PUBLISHED CONCLUSION AT 01/01**

#### 2. T5 fluorescent tubes

As no short length tube is available on the market, **this item is postponed to A3XX (frame pitch 25” instead of 21”, which makes 600mm tubes possible)**

#### 3. Lighting temperature adaption

No space for additional coloured fluorescent tubes available, but as alternative concept coloured piggy-bag LED-strips are under investigation.  
Performance still TBD. **Long-running “debate” with VIR and AIM**  
This feature would be an alternative to LLL only

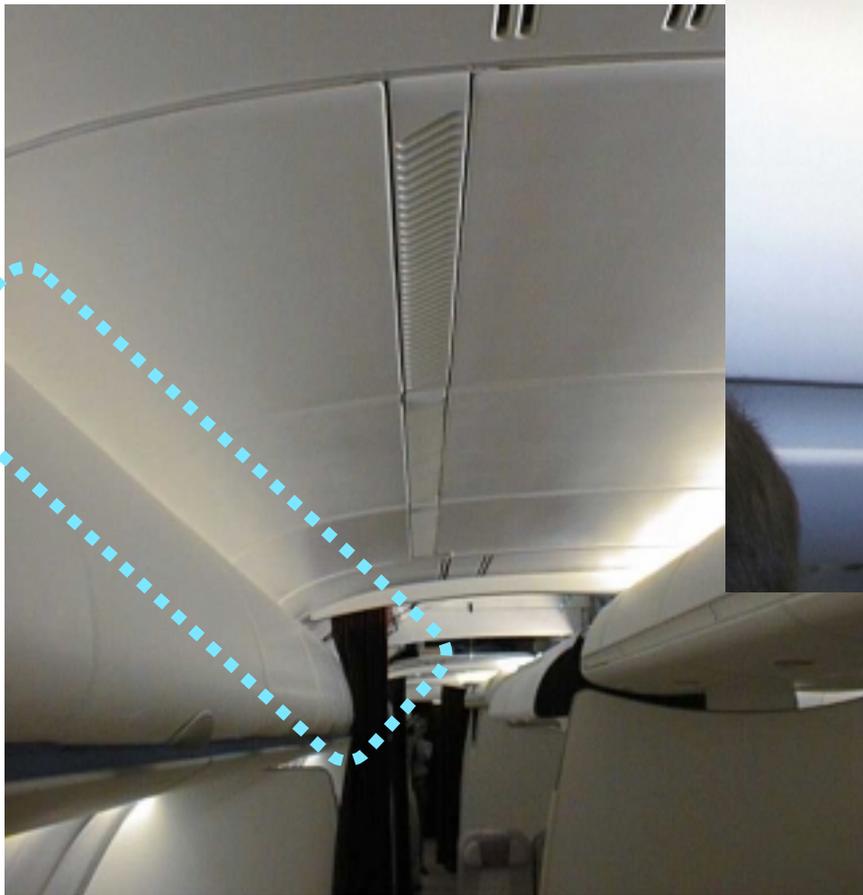
# *sidewall lighting*

26mm tri-phosphor →

current A340  
26mm



— *Something for nothing*



***“free illumination”***

— *Something for nothing*



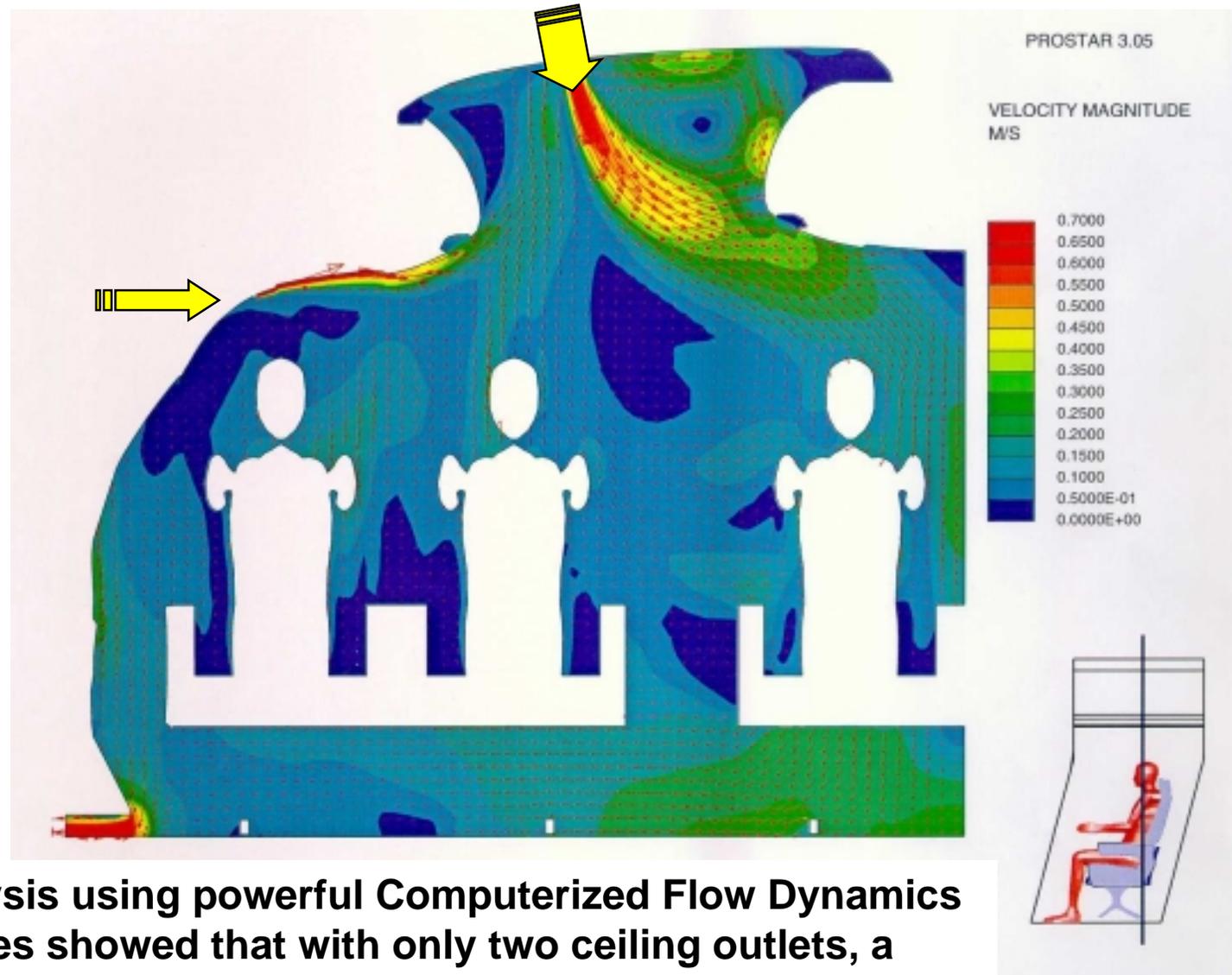
***“free illumination”***

**23**  
CENTER  
ABLE

*Is the lighting effective?*



## — Aircondition



Extensive analysis using powerful Computerized Flow Dynamics (CFD) techniques showed that with only two ceiling outlets, a comparable comfort level with the A340-300 was not achievable

*The aircraft cabin ...*



*... is strongly influenced by its contents*



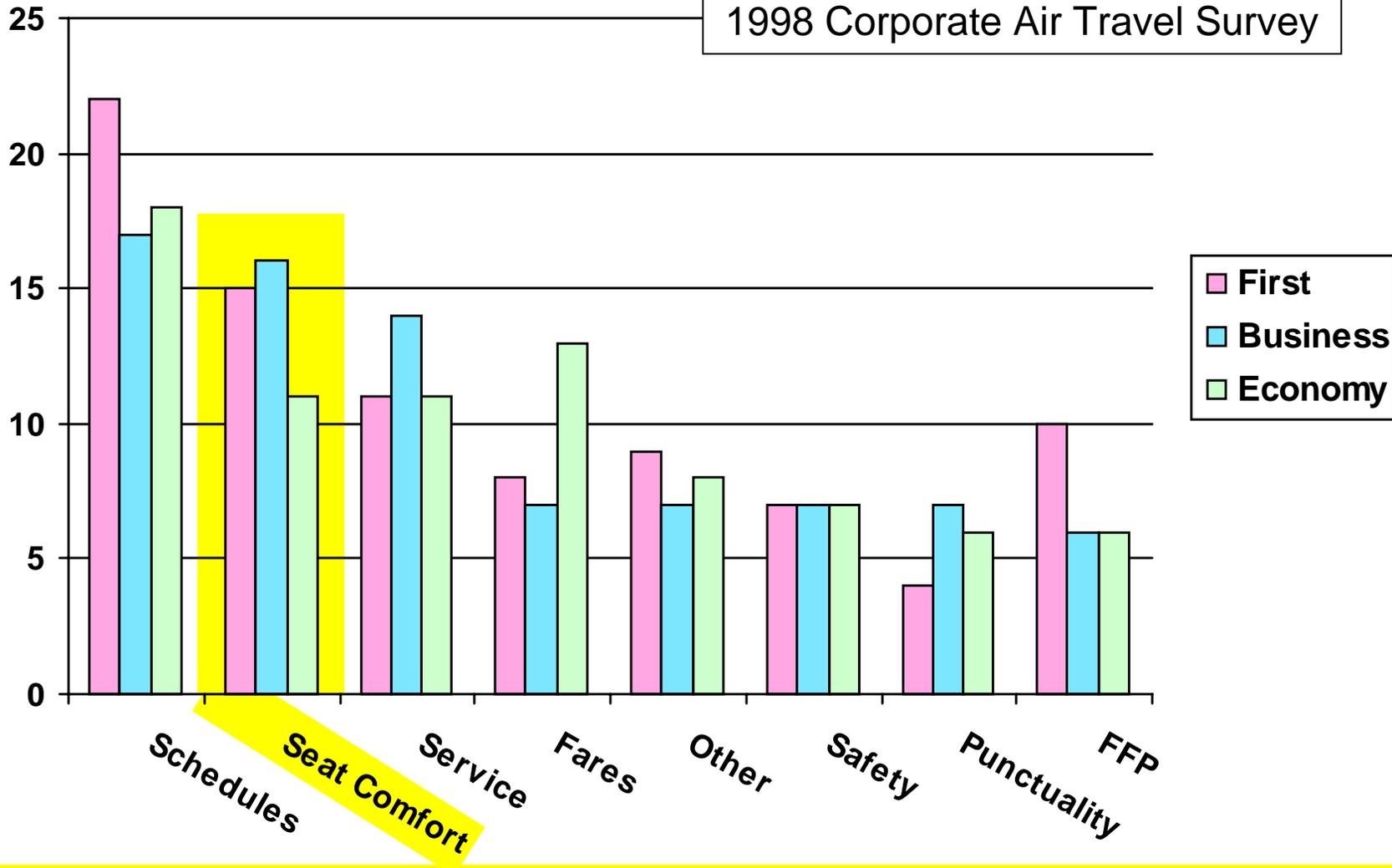


# Drivers for choice of airline

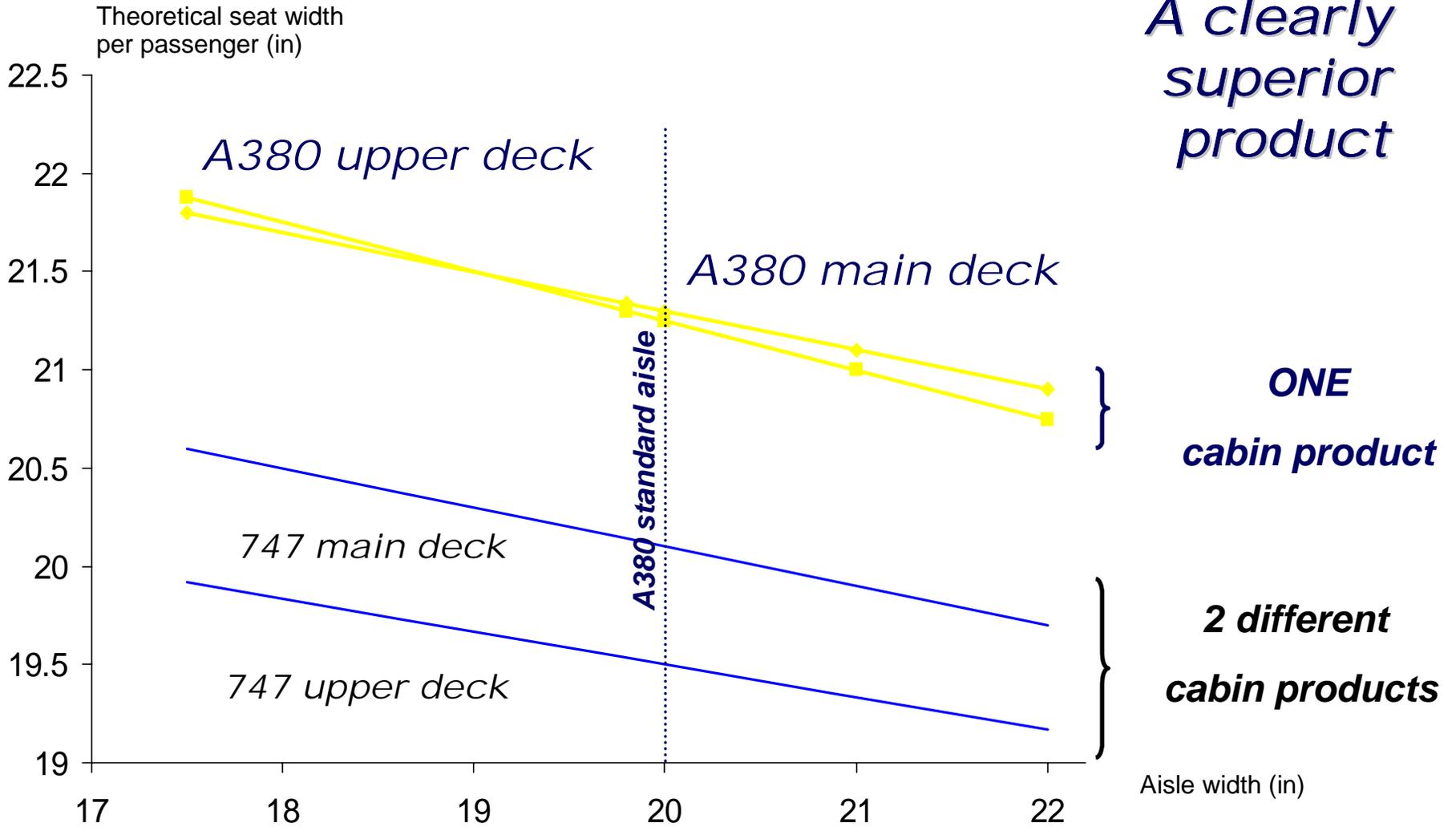
## Long-haul by class

%

1998 Corporate Air Travel Survey



# *Economy Class*



## *— Passenger's perspective in-flight*



## *CIDS/FAP*

Growing demand for greater number of zones



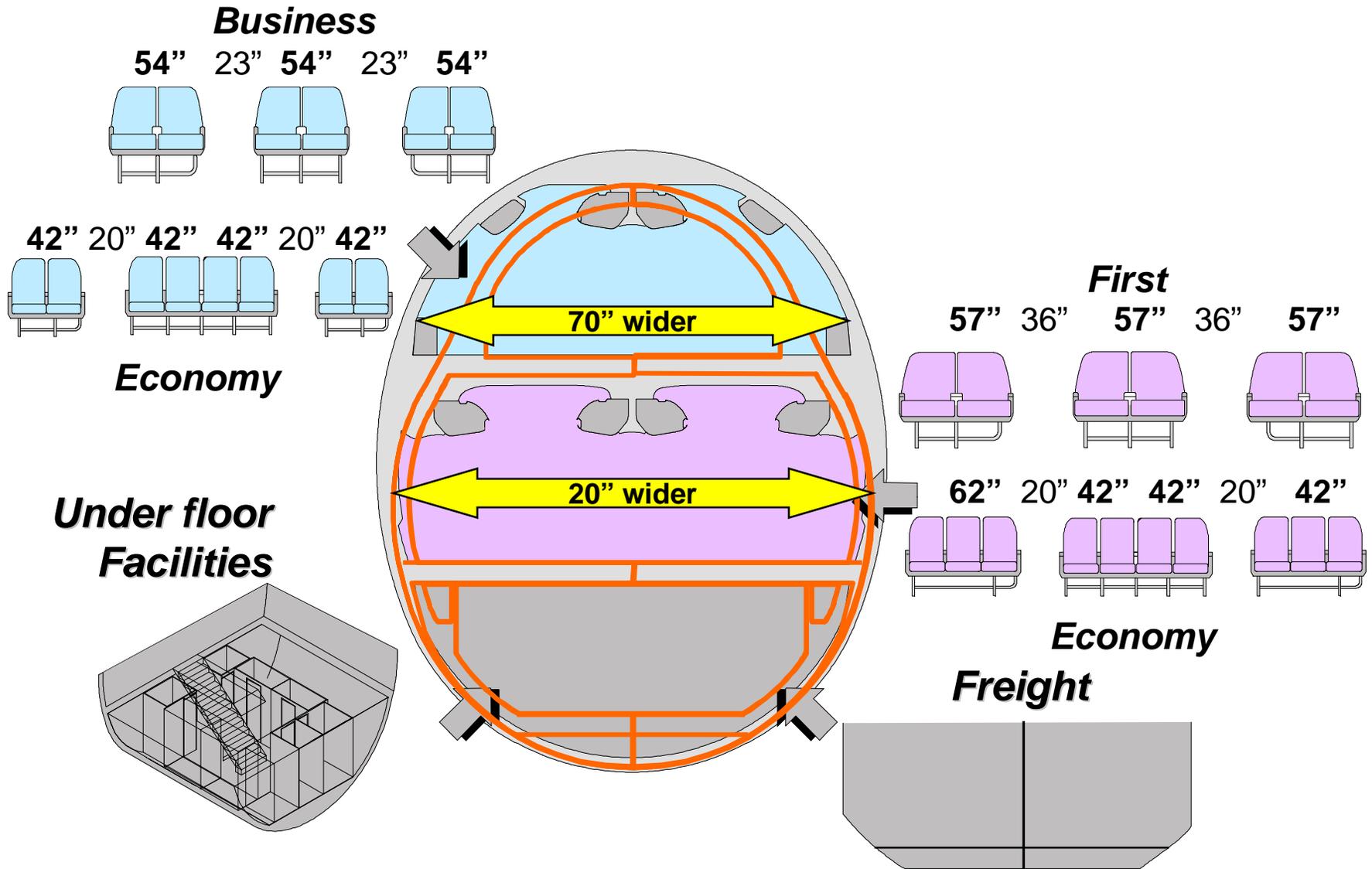
***Customisation***

**A380**

**Cabin Concept**



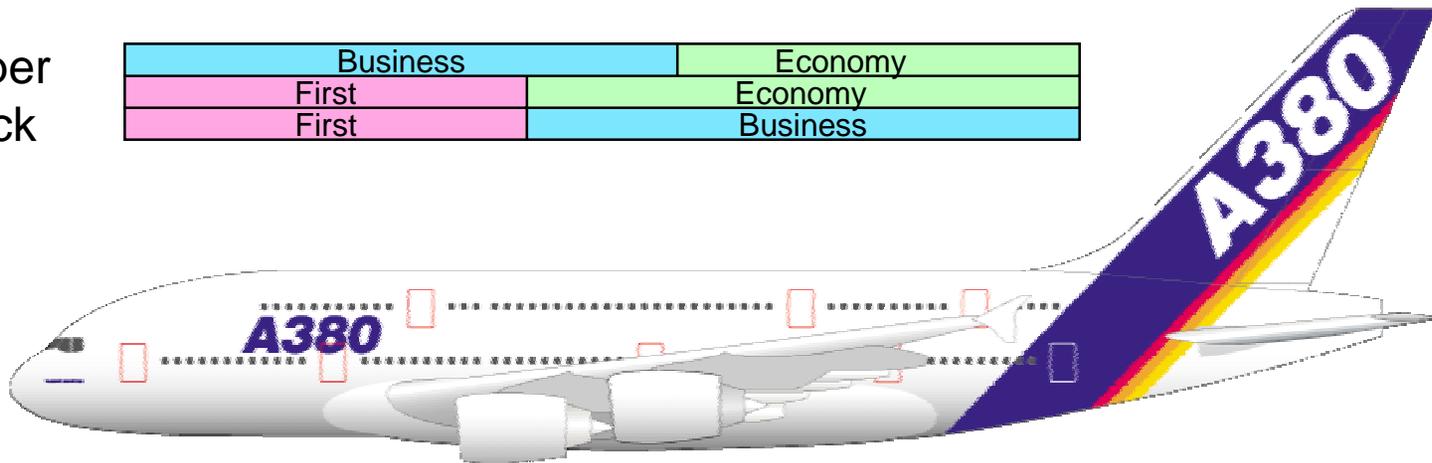
# A380 Cabin cross section



# A380 zone flexibility

Upper  
deck

Business	Economy
First	Economy
First	Business



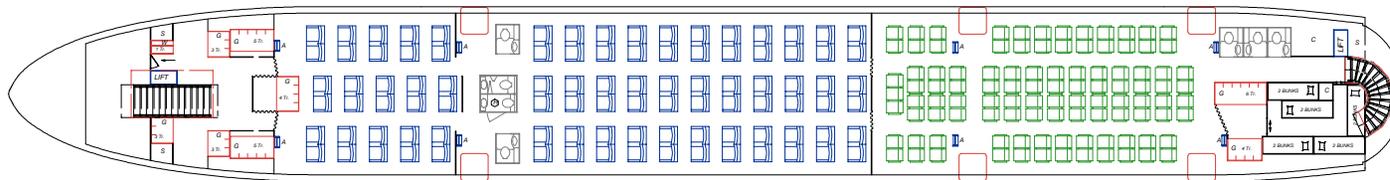
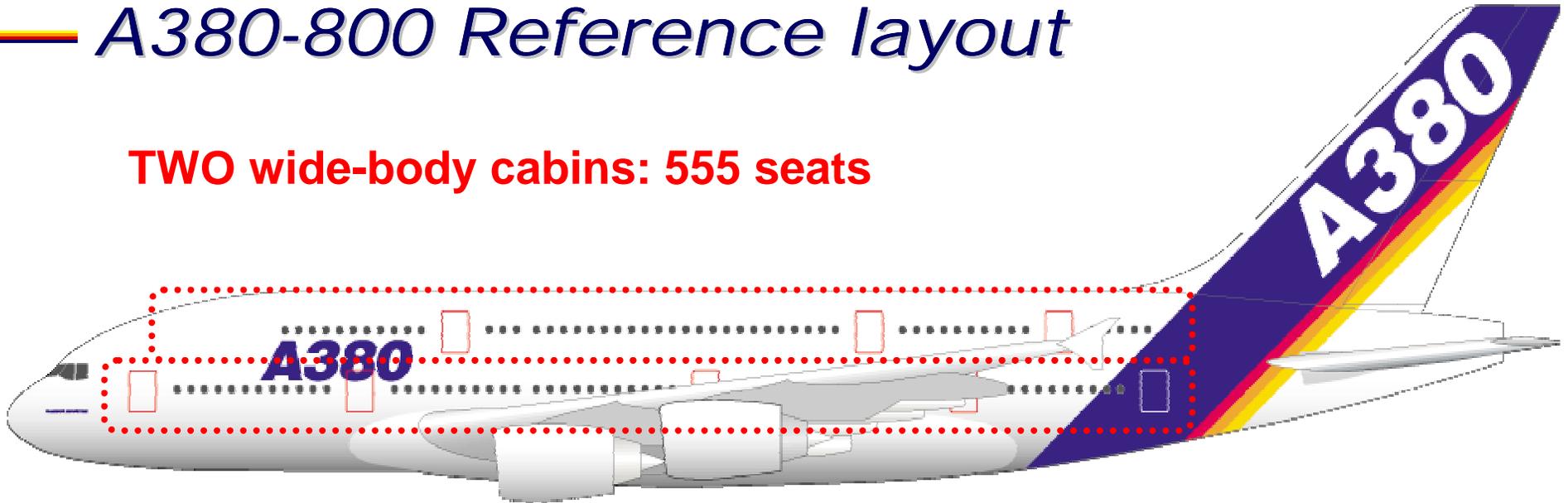
Main  
deck

First	Economy
Business	Economy
Economy	

*... the potential to develop solutions  
for all future market mixes*

# A380-800 Reference layout

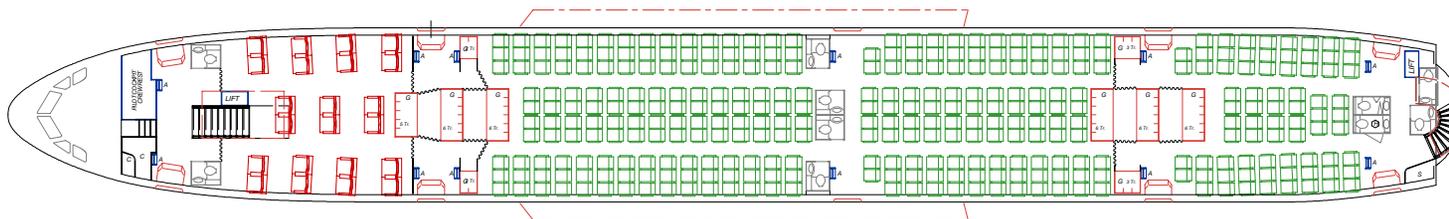
**TWO wide-body cabins: 555 seats**



**Upper deck**

**96 Business**

**103 Economy**



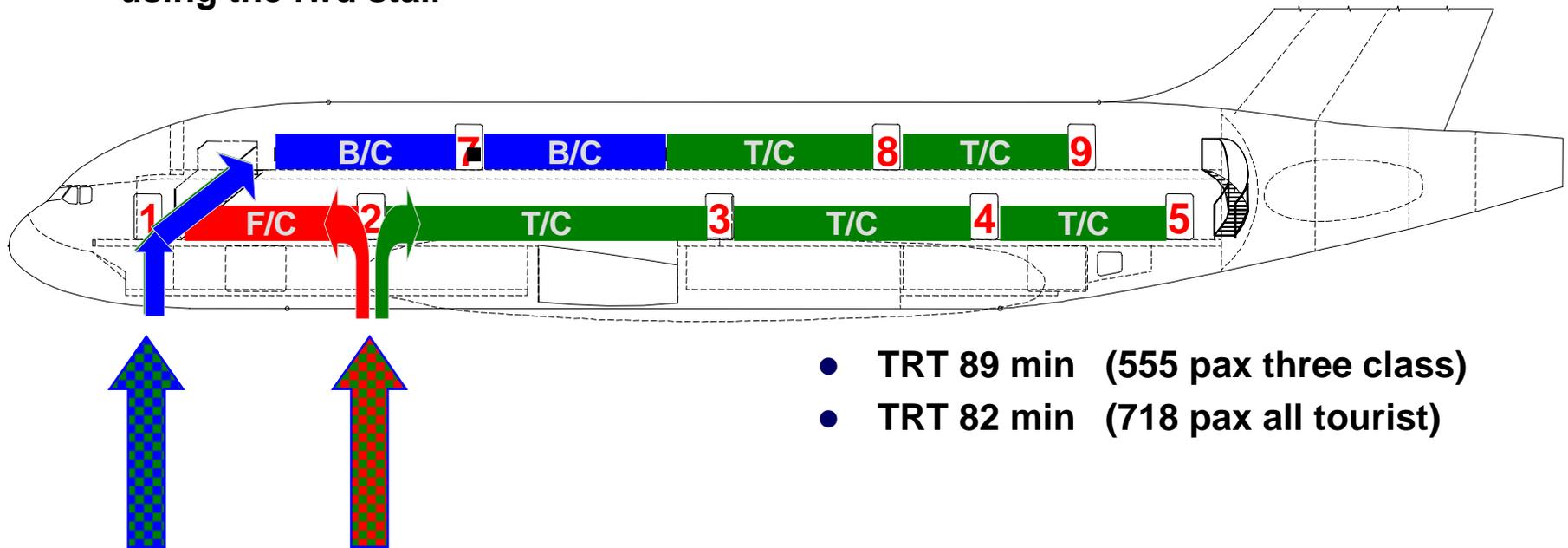
**Main deck**

**22 First**

**334 Economy**

# A380 Passenger boarding concept

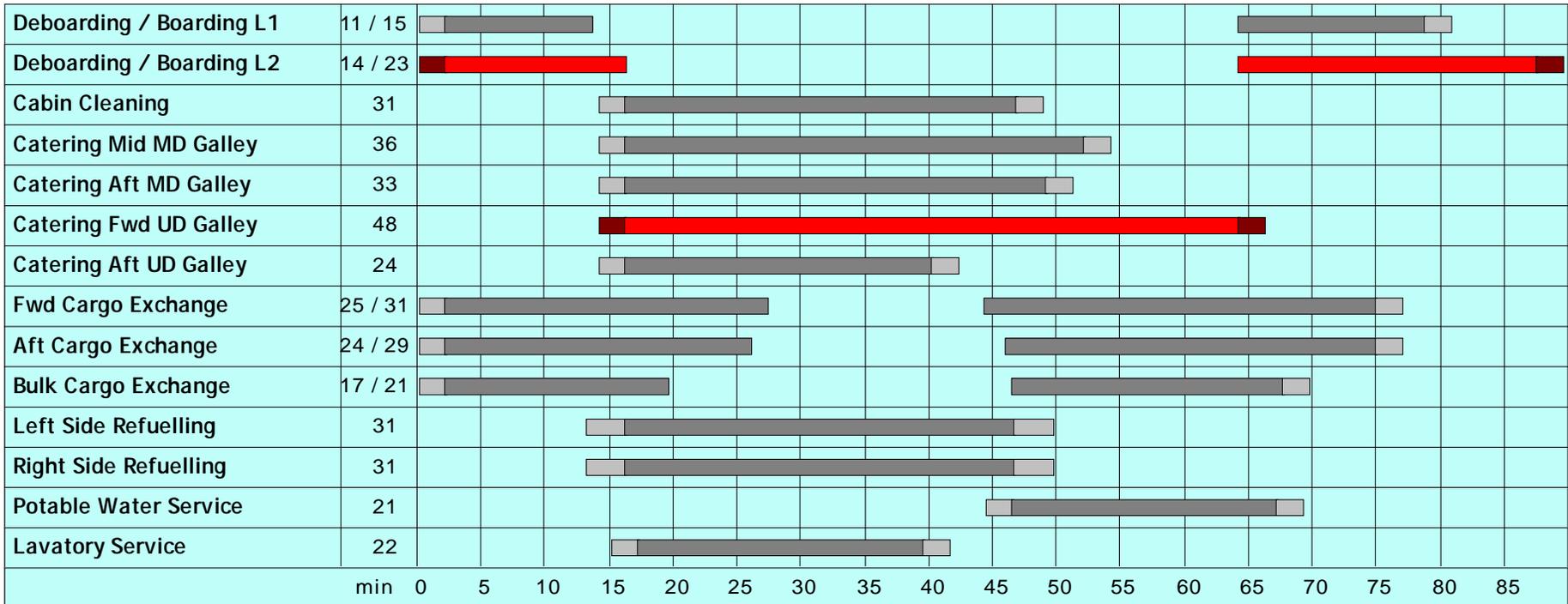
Upper deck boarding  
via door 1  
using the fwd stair



- TRT 89 min (555 pax three class)
- TRT 82 min (718 pax all tourist)

Main deck  
boarding  
via door 2

# — Ref. A3XX-100 Turn-round time (555 pax)



**Total Servicing Time = 89 min**

#### Passenger Boarding

Door L1: 205 Pass board at a rate of 14.0 pass/min  
Door L2: 350 Pass board at a rate of 15.0 pass/min

#### Passenger Deboarding

Door L1: 205 Pass deboard at a rate of 18.0 pass/min  
Door L2: 350 Pass deboard at a rate of 25.0 pass/min

#### Cabin Cleaning

Door L5: Cleaning with 12 cleaning agents

#### Catering Service

Mid Main Deck Galley at Door R2: 24 FSTE (at 1.5 min)  
Aft Main Deck Galley at Door L4: 22 FSTE (at 1.5 min)  
Fwd Upper Deck Galley at Door R1: 24 FSTE (at 2.0 min)  
Aft Upper Deck Galley at Door R5: 12 FSTE (at 2.0 min)

#### Aircraft Refuelling

Left Side Pressure Refuel Connector: 122000l at 4000 l/min  
Right Side Pressure Refuel Connector: 122000l at 4000 l/min

#### Cargo Unloading

Fwd Cargo Door: 18 HSC (at 1.4 min)  
Aft Cargo Door: 17 HSC (at 1.4 min)

#### Cargo Loading

Fwd Cargo Door: 18 HSC (at 1.7 min)  
Aft Cargo Door: 17 HSC (at 1.7 min)

#### Baggage/Bulk Cargo Unloading

Bulk Cargo Door: 2000 kg at 115.0 kg/min

#### Baggage/Bulk Cargo Loading

Bulk Cargo Door: 2000 kg at 95.0 kg/min

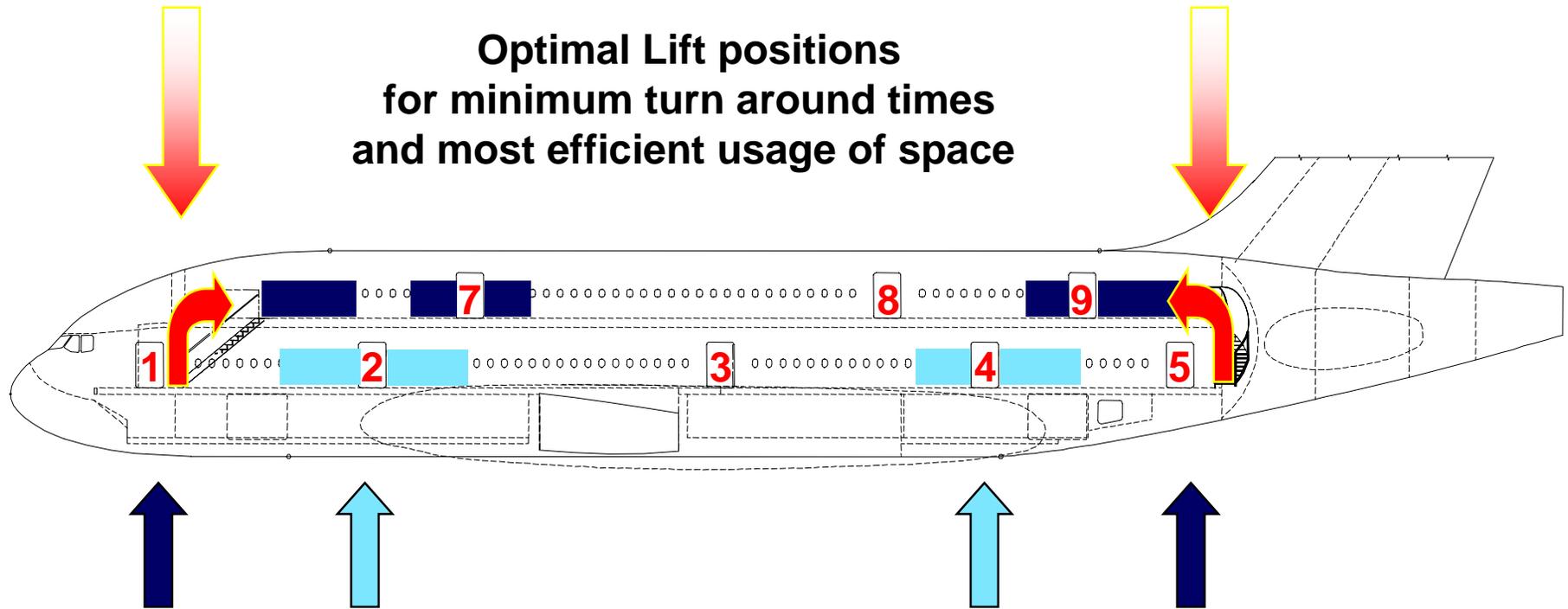
#### Lavatory Service

Waste Water Service Panel: 3000 l waste water at 143.0 l/min 54 l flush water at 38.0 l/min

#### Potable Water Service

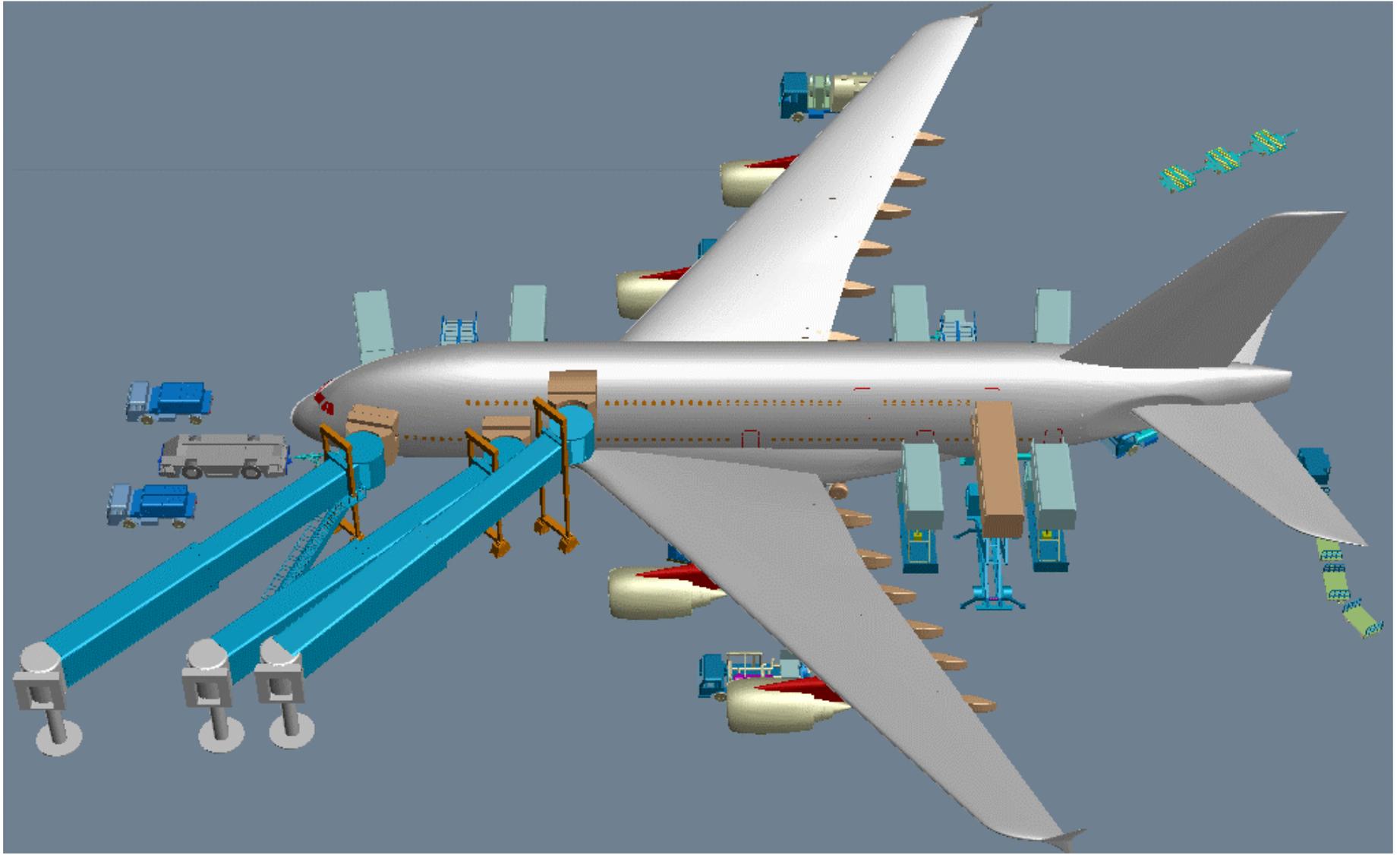
Potable Water Service Panel: 1800 l at 87.5 l/min

# *A380 Lift position / Service concept*

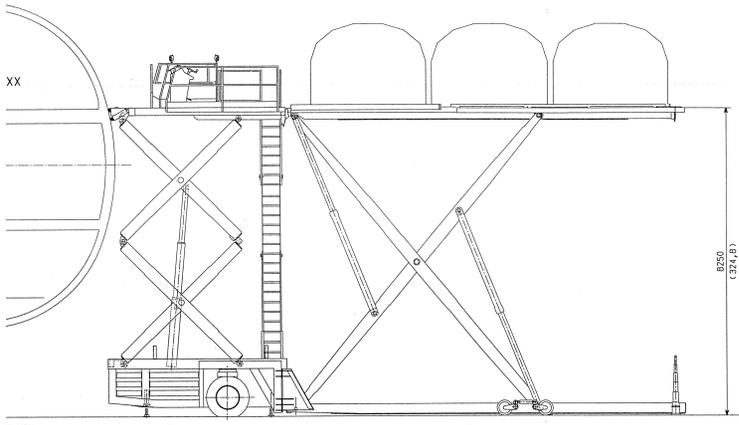
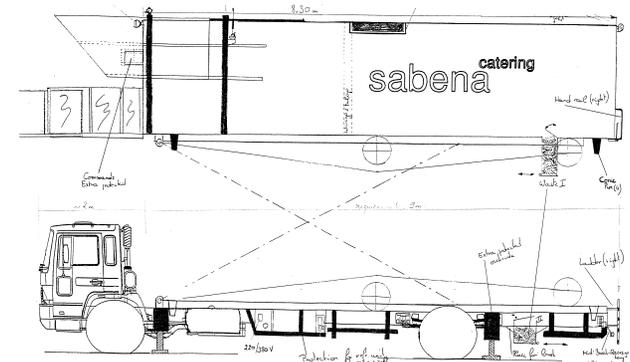


**Simultaneous servicing possible**

## A380 Ramp set up

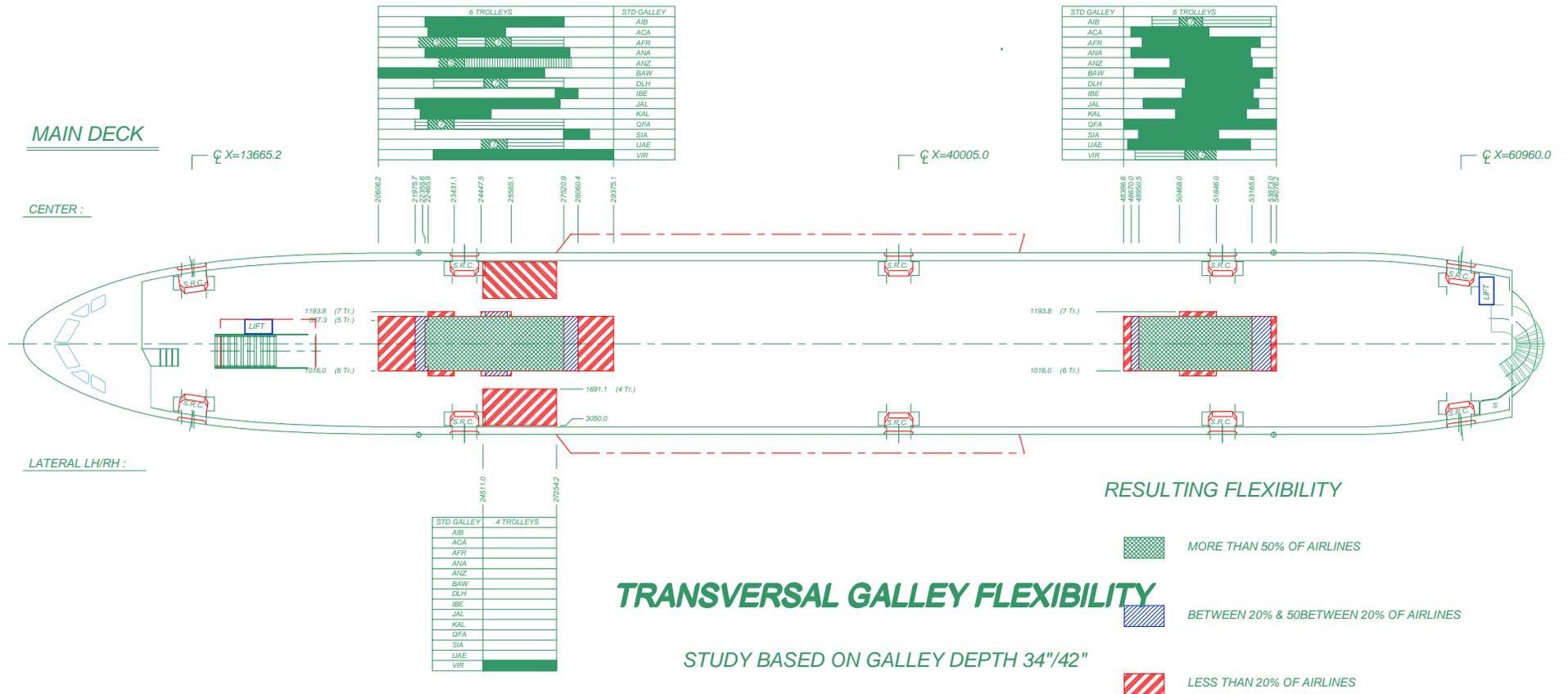


# Upper Deck servicing



*Solutions will exist to serve the A380 Upper Deck*

# Flexibility - Trans. Galleys on MD





# FLUGZEUGKABINE BOEING B 717-200

Prof. W. Granzeier  
IDS Industrial Design Studio Jork/Hamburg  
Große Seite 7  
21635 Jork

## 1. EINFÜHRUNG

In den überdurchschnittlich wachsenden Marktsegmenten der Kurzstreckenflugzeuge wird höchster Passagierkomfort, extreme Wirtschaftlichkeit, hohe Amortisation und ein zukunftsorientiertes Kabinenkonzept für den typischen Produktzyklus von 25 - 30 Jahren gefordert.

Die konkurrierenden Anbieter (AIRBUS FAIRCHILD-DORNIER, BOMBARDIER und EMBRAER und auch BOEING) bieten unterschiedliche Neuentwicklungen und auch verkürzte Ableitungen aus bewährten Produkten an.

Für den Kunden BOEING COMMERCIAL AIRPLANE in Long Beach, CA entwickelte IDS in Zusammenarbeit mit FISCHER FACC das Kabinendesign für das neue Kurzstrecken-Flugzeug BOEING B 717-200.

FISCHER FACC aus Ried/Österreich entwickelt und produziert als Risk-Sharing Partner die komplette Kabine für das Produkt 717, hervorgegangen aus der MD-95 von McDonnell Douglas.

In dem nachfolgenden Bericht werden wesentliche Aspekte dieser bisher beispiellosen Designentwicklung dargestellt:

- Auswahl des Designkonzeptes
- Komprimierte Entwicklung
- Test- und Auswahlverfahren für die Serienproduktion der Kabine



BILD 1. BOEING B 717-200

## 2. INDUSTRIAL DESIGN KONZEPT

Die Anpassung und Überarbeitung eines bewährten Produktes muß für den wichtigsten "Kunden", den Passagier, ein innovatives und akzeptables Ergebnis in bezug auf den Passagierkomfort und die Markenidentität des Herstellers erkennen lassen.

Durch die Analyse des Short Haul-Marktsegmentes, den Wünschen der Airlines und des Herstellers ergaben sich exakte Designziele, so z.B.:

### 2.1. Produktidentifikation

- Klare und eindeutige Kabinengestaltung
- Eindeutige und selbsterklärende Kabinenfunktionen und ergonomische Gebrauchsgüte
- Höchste Passagierakzeptanz
- Höchste Sicherheitsstandards in den Passagierfunktionen
- Gefühlsmäßig großzügiges Raumempfinden
- Airline Produktidentifikation

### 2.2. Visueller Eindruck und Raumempfinden

- Klare und eindeutige Bauteilstruktur und Oberflächengestaltung in der gesamten Kabine
- Visuell vergrößertes Raumempfinden und heller, freundlicher Kabineneindruck
- Gegenmaßnahmen zu dem bekannten "Röhren- oder Tunneleffekt"
- Reduzierung aller sichtbaren Fugenstrukturen, Bauteilbilder, Kanten, Ecken und Baugruppen
- Optimierte Lichtgestaltung zur Unterstützung der vorgenannten Ziele

### 2.3. Passagierkomfort

- Ergonomischer Höchststandard für alle MMS (Mensch-Maschine-Schnittstellen) unter Berücksichtigung des Größenwachstums in den nächsten 30 Jahren
- Klare und eindeutige Information durch Formen, Flächen, Farben und minimierte Produktgrafik in allen Bereichen
- Höchste Designqualität durch Betreuung der Entwicklung, Konstruktion und Produktion vom ersten Moment an
- Höchster Standard für Akustik und Klimaführung in der Kabine

- Optimale Passagierinformation mit zukünftig möglichen Dialog-Funktionen
- Berücksichtigung der Handicapped Passagiere, Kinder und Senioren

## 2.4. Weitere Forderungen an das Design

- Airline - Identifikation in der Kabine
- Optimaler Passagierservice für, u.a. auch für Behinderte, Kinder, und Senioren in der gesamten Kabine (z.B. Lavatories)
- Passagierfreundliche und einladende EXIT und Eingangsbereiche
- Zukünftige Kommunikationssysteme
- Behindertenfähige Toiletten
- Kinderrückhaltesysteme
- Größtmöglicher Stauraum für Gepäck
- Verminderte Reinigung und Instandhaltung
- Verlängerte Serviceintervalle
- Kürzeste Reparaturzeiten mit niedrigem Ausführungslevel



BILD 2. Designkonzept als Rendering in der ersten Entscheidungsphase

## 2.5. Kabinen- und Rumpfstruktur

- Berücksichtigung der vorhandenen MD 80/90 Rumpfstruktur mit vollständig modifizierten Systemen
- Cross Section und Montagepunkte/ Schnittstellen vorgegeben

## 2.6. Systemstruktur

- Integration aller Punkte und Schnittstellen zu Verkleidungsteilen/Baugruppen, Klima, Licht, Elektrik, PSU und Fensteranbindung



BILD 3. Ergonomisches Experimental Mock up als Grundlage für das Designkonzept

## 3. DESIGNKONZEPT

Aufgrund der Anforderungen, des Lastenheftes und der Ergebnisse der Grundlagenermittlung Ergonomie und Funktionen können nachfolgende Designkriterien genannt werden:

### 3.1. Kabine

- Optimales Raumempfinden und größtmögliches Stauvolumen
- Optimiertes Lichtdesign mit unterschiedlichen Farben und Temperaturen (warm/normal/kalt)
- Ästhetisch anspruchsvoller Kabineneindruck
- Bedienergonomie für alle Passagiergruppen (u.a. Behinderte, Senioren, Kinder, etc.)
- Wirksame Maßnahmen gegen den "Tunneleffekt"

### 3.2. Anforderungen für Airlines

- Reduktion der Bauteile und -gruppen (z.B. 3 Fenster- Window Panel)
- Vereinfachte Wartung und Reparatur (z.B. Separate Sonnenblende im Fensterpanel)
- Größtes Stauvolumen im Hatrackbereich mit optimiertem Passagierzugang
- zusätzliche Durchgriff-Halterung unterhalb der Hatrack-Tür
- Raum für zukünftige Kommunikationssysteme im PSU Bereich
- PSU Auslegung und Gestaltung nach neuesten Erkenntnissen

### 3.3. Anforderungen des Herstellers

- Kürzeste Zeiten für Montage, Wartung und Reparatur
- Reduzierung aller Bauteile und -Gruppen
- Kosteneffiziente Entwicklung und Produktion

## 4. DESIGN PROZESS

**Erstes Designkonzept** in Zusammenarbeit mit FACC für den weltweiten Wettbewerb zur ersten Entscheidungsphase.

**1. Präsentation und Auswahl** von drei potentiellen Risk-Sharing Partnern für die zweite Auswahlphase. Für die weitere Auswahl wird je ein 1:1 Cabin Mock up vorgeschlagen.

**2. Auswahlphase** Drei Risk Sharing Bewerber erstellen in drei Monaten je ein 1:1 Cabin Mock up. Die entscheidende Realisierung der Entwurfsphase wird in nur drei Monaten vom ersten Entwurf bis zur fertigen Innenraum-Oberfläche durchgeführt.



BILD 5. Designkonzept in Flugrichtung



BILD 6. Erstes Cabin Mock up

(IDS, FISCHER FACC und Modellbau Lühr, Hamburg führen die Aktion termingerecht durch und präsentieren das Mock up in Long Beach)

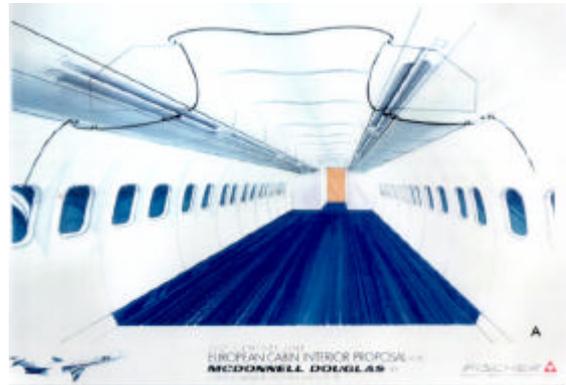


BILD 4. Designkonzept als Rendering in der ersten Auswahlentscheidung

## 5. AUSWAHLVERFAHREN, ERGONOMIE UND AKZEPTANZTEST

Innerhalb von 6 Wochen wurden alle 3 Mock ups intensivsten Tests, Auswahlverfahren und Akzeptanzbewertungen unterzogen.

### 5.1. Der Auswahl Prozess

Durch geeignete Frage- und Auswertestrategien wurden die Feed-back Ergebnisse erreicht. In den Mock ups wurden bis zu 900 Personen befragt. (Fluggäste und Nichtflieger / Bordpersonal / Airlinepersonal / Piloten / Behinderte Passagiere / Kinder / Senioren / etc.)

### 5.2. Gutachten und Testverfahren

Mit Unterstützung aller Airlines, Zulieferer, Vielflieger, Businesspassagiere, Boeing Experten und Spezialisten für Auswahlverfahren und psychologische Tests wurden gezielte Untersuchungen durchgeführt. In 40-50 Minuten Tests wurden über 100 Seiten Fragen / Wünsche / Forderungen / Ängste / und Kommentare erarbeitet.

### 5.3. Testergebnisse

Die ausführlichen Ergebnisse konnten die meisten Annahmen und Entwurfsergebnisse bestätigen und ein markt- und Akzeptanzfähiges Kabinendesign als Entscheidungsgrundlage unterstützen.

Die Ergebnisse, Auswertungen und die Feedback-Maßnahmen unterliegen dem vertraulichen Know How der kooperierenden Firmen.

Für die Weiterentwicklung und für zukünftige Erwartungen der Passagiere konnten interessante Kriterien ermittelt und verarbeitet werden.



BILD 7. Farb- und Lichttests im ersten Mock up

## 6. DETAILS AUS DEM DESIGNPROZESS

In dem typischen Produktzyklus von bis zu 30 Jahren kommen den wesentlichen Details in der Kabinengestaltung große Bedeutung zu.

Nachfolgend wird an dem Beispiel des PSU Systems die Designentwicklung knapp kommentiert:

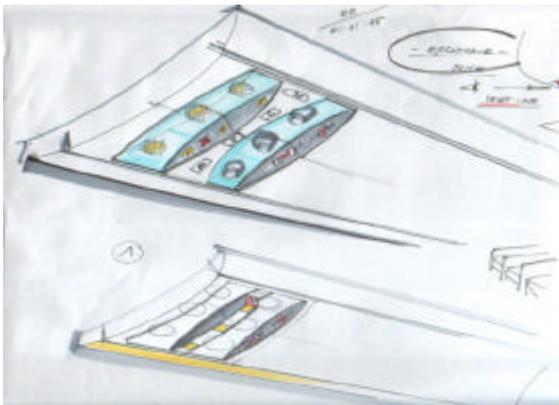


BILD 8. Entwurfsskizzen PSU Panel



BILD 9. Ergonomisches Experimentalmodell



BILD 10. Fertige Baugruppe mit Handrail Muster



BILD 11. PSU Panel in der Serieausführung

## 7. Produktpräsentation und Serienanlauf

Nach dem Erstflug im Sept. 1998 und der Marktpräsentation in Paris 1999 konnte eine große Resonanz und eine positive Reaktion auf die Kabinengestaltung vermerkt werden.



Bild 11: Erstflug B 717-200 im Sept. 1998



Bild 12: Präsentation B 717-200 in Paris 1999



Bild 13: Cabin Interior B 717-2



Bild 13: 717 Kabine in Flugrichtung



Bild 14: 717 Sales Mock up mit Handrail



## Weiterentwicklung in der 717 Kabine

Im Verlauf der Kabinengestaltung entstanden durch die Diskussionen auf den Airline Advisory Boards und durch ständige Gespräche angeregt, weitere Ideen und Vorschläge.

Zu den konkreten Projekten zählt auch die durch IDS initiierte Idee des kleinsten Handicapped Lavatory für alle Narrowbody Flugzeuge.

Diese Idee wurde mit den Hamburger Firmen Innovint und COMTAS Aerospace mit Unterstützung des Wirtschaftssenators entwickelt und als 1:1 Mock up vorgestellt.

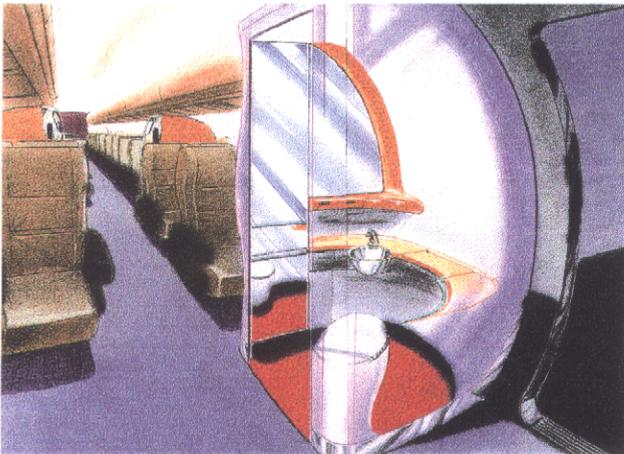


Bild 15: Designstudie Handicapped Lavatory

## 8. Designstudie LAV 97 für 717

Aufgrund der Erfahrungen und den Kommentaren der Airlines besteht großes Interesse an einer behindertengerechten Toilette für Narrowbody Flugzeuge.

Das vorliegende Konzept basiert auf den gleichen Abmessungen wie existierende Toiletten mit allerdings unzureichendem Benutzerkomfort.

Durch eine neue Anordnung, Systemkonzeption und Benutzerergonomie wird eine neue Raumanordnung möglich.

Durch innovative Bauteilstrukturen kann das Lavatorykonzept bei ca. 30% weniger Bauteilen für alle Narrowbody-Flugzeuge wie AIRBUS A 318/319/320/321 und BOEING 717-200/-100, 737 und 757, AVRO 85/100 und ähnliche Rumpfquerschnitte angewendet werden.

## 10. Zusammenfassung

Die koordinierte Forschung, Entwicklung und Gestaltung der beteiligten Firmen führte zu einer durch gründliche Tests optimierten B 717 Narrowbody-Innenraumgestaltung für die Anforderungen der nächsten Jahrzehnte.

Insbesondere die schwierige Ausgangslage eines vorhandenen, schmalen Rumpfquerschnittes erforderte innovative Lösungen für höchsten Passagierkomfort bei strenger Kostenreduktion und erhöhter Wirtschaftlichkeit.

Aufgrund der vorliegenden Testergebnisse und Marktreaktionen stellt der B 717 Interior Entwurf die optimale Basis für die Serienentwicklung und Produktion innerhalb des typischen ac/Produktzyklus der nächsten 2 Jahrzehnte dar.

Die Grundlagen und Erfahrungen bilden eine fundierte Grundlage für weitere Short-Haul Aircraft-Designkonzepte, z. B. für die Version 717-100.

Die Ergebnisse der vorliegenden Designentwicklung sind in den freige-

gebenen Bildern, Zeichnungen und Fotos

erkennbar und stellen eine neue Qualität für den zukünftigen Kabinenstandard im Short Haul Marktsegment dar.

Wir bedanken uns bei allen Kooperationspartnern für die Unterstützung:

Fischer ACC,  
Herr W.A. Stephan, Herr R. Machtlinger,  
Herr Filsegger

Hermann Lühr Modellbau, Hamburg,  
Herr Lühr, Herr Leonardt

Innovint Einrichtungen GmbH, Hamburg  
Herr U. Gröning  
COMTAS Aerospace, Hamburg  
Herr W. Lengen  
Firma HELLA, Lippstadt  
Langenthal Textilien  
Diehl, Nürnberg  
Elektronik  
Mankiewicz, Hamburg,  
Farben und Lackierung,  
Frau M. Weber, Herr W. Hinsch

Expectionally thanks to BOEING - Douglas  
Aircraft Company:

John Wolf  
Jim Phillips  
Rolf Sellge  
Norm Timares  
Tom Croslin  
Jack Wilschke  
Billie Hendrixson  
Irvin Jankovic

Bilder: BOEING, FACC, Verfasser  
Copyright: 4/2001 Prof. Werner Granzeier



# ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNG FÜR ZUKÜNFTIGE KABINENSYSTEME

A. Mauritz  
DaimlerChrysler  
Forschung und Technologie  
Luftfahrzeugkonzepte  
Goldsteinstraße 235, 60528 Frankfurt am Main  
Axel.mauritz@daimlerchrysler.com

## 1. ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNG – WARUM?

Der Entwurfsprozeß, besonders in den frühen Phasen der Konzepterstellung, reizt durch das hohe Mass an Freiheitsgraden, die dem Ingenieur viel Gestaltungsspielraum, beispielsweise für verschiedenste Kabinenkonzeptionen verheißten.

Egal ob, je nach Grundvorgabe und Teamgeist, ein eher konventioneller oder avantgardistischer Ansatz gewählt wird, ist man permanent gezwungen weitreichende Designentscheidungen zu treffen. Deren Auswirkungen auf Kosten, Produzierbarkeit, In-Service-Verhalten und Wartung, etc. sind zu diesem Zeitpunkt aufgrund der Komplexität des Gesamtsystems und der noch wenigen verfügbaren und oft unpräzisen Informationen, kaum zu überblicken, was im Zuge des Entwurfsprozesses zwangsweise zu einer Vielzahl von Iterationsschleifen führt.

Fazit dieser von jedem bereits gemachten Erfahrung ist, dass die schöpferische Freiheit am Beginn eines Entwurfsprozesses durchaus trügerisch ist und einer Menge von Einschränkungen unterliegt, die dem Einzelnen nur zum Teil aus seinem Erfahrungsschatz bekannt sein können. Logische Konsequenz daraus ist, dem Ingenieur beim treffen von Entwurfsentscheidungen durch diverse Tools und Methoden mit ganz unterschiedlichen Zielrichtungen, Unterstützung zukommen zu lassen. Gemeinsames Ziel aller Ansätze dazu ist es, das Gap zwischen dem Anspruch, die richtige Entscheidung zu treffen (right first time) und den dazu verfügbaren notwendigen Informationen, kleiner zu machen.

## 2. ANFORDERUNGEN AN ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNG

Um die Anforderungen an ein System zu identifizieren gibt es einen einfachen „dirty trick“, der bei dem System Entscheidungsunterstützung besonders gut funktioniert. Man sucht zuerst nach den Problemen des Systems, die oft einfacher zu benennen sind und leitet daraus die notwendigen Forderungen ab, um die Probleme beheben zu können.

### 2.1. Problem Entscheidungsgap

Als zentrales Problem des Systems „Entscheidungsunterstützung“ ist bereits das Entscheidungsgap, angesehen als Diskrepanz zwischen dem Anspruch, die richtige Entscheidung zu treffen und den dazu verfügbaren notwendigen Entscheidungsinformationen, benannt worden.

Dieses Entscheidungsgap kann daher letztlich als Informationsgap gesehen werden, wobei es verschiedene Facetten zu betrachten gibt.

#### 2.1.1. Informationsdefizit

Das Problem, was zunächst auf der Hand liegt, ist die begrenzte Menge an verfügbaren Fakten, die benötigt werden, um fachliche Aussagen über die Güte des Entwurfskonzeptes machen zu können. Um dieses Informationsdefizit zu verringern, werden Entwurfstools benötigt, die technische Daten des Entwurfskonzeptes ermitteln können, die Informationen über das Lifecycle-Verhalten generieren oder Kosteninformationen bereitstellen.

Auf diesem Gebiet sind bereits sehr viele Entwurfstools für die unterschiedlichsten Aufgaben verfügbar und die Werkzeuge werden mit steigender Rechnerleistung immer leistungsfähiger (z.B. FEM, CFD).

#### 2.1.2. Aktivierung vorhandenen Know-hows

Sehr oft und gerade mit steigender Firmengröße ist ein großer Teil der benötigten entscheidungsrelevanten Informationen oder das Wissen über die Erzeugung dieser Informationen zwar latent vorhanden, aber durch den aktuell zuständigen Mitarbeiter nicht – oder nur mühsam abrufbar. Als Forderung ergibt sich hier, Strukturen zu erzeugen, die dafür sorgen, dass Fachleute und Fachwissen durch den Informationsbedürftigen auffindbar und damit verfügbar gemacht werden.

Zu dieser Disziplin „Wissensmanagement“ sind schon seit längerer Zeit auf vielen Ebenen Aktivitäten im Gange, die nun in der Praxis zeigen müssen, welchen Beitrag sie zur Entscheidungsunterstützung leisten können.

### 2.1.3. Lückenhafter Kommunikationsprozess

Prinzipiell beginnt das Entscheidungsgap schon bei der Identifikation des Entscheidungsbedarfs. Zuerst muß systematisch zusammengetragen werden, welche Anforderungen an das zu entwerfende Konzept gestellt werden, um überhaupt den Bedarf an Entscheidungen zu manifestieren. Ist dies geschehen, müssen erst die Zuständigkeiten für die Entscheidungsfindung geklärt werden, bevor die zur Entscheidung relevanten Informationen, bzw. die Informationslücken identifiziert werden können.

Dieses beschriebene Vorgehen sollte weitgehend strukturiert ablaufen und basiert auf einem geordneten Kommunikationsprozess zwischen den beteiligten Mitarbeitern. Ist diese Kommunikation gestört kommt es zwangsläufig zu überflüssigen Iterationen durch fehlende Inputs, durch Mißverständnisse wegen ungleicher Informationsstände und zu Doppelarbeit aufgrund mangelnder Abstimmung.

### 2.1.4. Prozesseinbindung verfügbarer Tools zur Entscheidungsunterstützung

In den meisten Unternehmen existieren bereits diverse Unterstützungstools, die der Entscheidungsunterstützung dienen sollen und beispielsweise den Kommunikationsprozess unterstützen. An vielen Stellen haben einzelne Bereiche auf ihre Entscheidungsprobleme reagiert und sich entsprechende Werkzeuge zurecht gelegt. Diese Vorgehensweise ist nicht zu kritisieren, aber es mangelt dann meist an systematischer und methodischer Einbindung dieser Tools in die vielfach bereichsübergreifenden Prozesse. Folgen davon sind der nur sporadische Einsatz hilfreicher Werkzeuge, weil sie außerhalb der Gruppen kaum bekannt sind. Problematisch ist auch der hohe Eingabe- und Initialisierungsaufwand, wenn viele „Stand-Allone-Tools“ in einer Prozesskette existieren, die mit teilweise identischen Daten operieren. Aus Gründen der Transparenz und der immer notwendiger werdenden Prozess-Standardisierung müssen Tools zur Entscheidungsunterstützung in systematische und durchgängige Prozesse eingebunden werden, um ihren vollen Nutzen entfalten zu können.

## 2.2. Ansatzpunkte für Entscheidungsunterstützung

Nachdem im vorangegangenen Abschnitt die verschiedenen Anforderungen diskutiert worden sind, die allgemein an Entscheidungsunterstützung im Entwurfsprozess zu stellen sind, sollen konkrete Ansatzpunkte abgeleitet werden, die einen Beitrag zur Reduzierung des Entscheidungsgaps leisten können.

### 2.2.1. Schaffung einer Entscheidungsgrundlage

Es gibt keine Entscheidung ohne eine Entscheidungsgrundlage. Nur muß es das Ziel sein, diese Grundlage möglichst systematisch, transparent und fundiert zu gestalten. Dazu bedarf es eines Prozesses, der beginnend bei der Identifikation des Entscheidungsproblems, alle zu stellenden Anforderungen mittels Requirements Engineering [4] erfasst und letztlich so aufbereitet, dass sie als Entscheidungsgrundlage nutzbar sind. Dies wird durch die Aufstellung eines Bewertungsmodells [3] ermöglicht, dessen Ergebnis ein Maß für die Anforderungserfüllung des betrachteten Entwurfsgegenstandes ist, über den aktuell zu entscheiden ist. Auf Basis dieser Grundlage, lassen sich unter alternativen Konzepten die günstigsten Varianten auswählen oder vorteilhafte Eigenschaften und Defizite einzelner Varianten identifizieren.

### 2.2.2. Toolunterstützung und Einbindung in die vorhandenen IT-Strukturen

Wenn Bewertungsverfahren als Entscheidungsunterstützung im Entwurfsprozess genutzt werden sollen, dann ist der Einsatz von Bewertungstools sehr hilfreich, da sie, neben einer generellen Arbeitserleichterung, meist automatisch ein gewisses Maß an strukturiertem Vorgehen sicher stellen und auch der Dokumentation dienen. Weiterhin bietet sich so die Möglichkeit der Mehrfachnutzung von Ergebnissen, aber vor allem von großen Teilen der vorbereitenden Arbeitsschritte.

Ein großes Hemmnis beim Einsatz von Bewertungstools ist immer der bereits angesprochene hohe Aufwand bei der Initialisierung solcher Tools. Darunter ist der Aufbau des Bewertungssystems und die Beschaffung und Eingabe der bewertungsrelevanten Eingangsparameter zu verstehen. Daher wird die Möglichkeit der wiederholten Nutzbarkeit fast zwingend. Umfangreichere Bewertungsvorgänge für singuläre Entscheidungsprobleme haben vom Umfang dann meist Studiencharakter und werden nur für äußerst kritische Fragestellungen genutzt.

Will man daher die Möglichkeit der Wiederverwendung stärken, weiterhin den Aufwand der Dateneingabe drastisch reduzieren und schließlich die Integration von Entscheidungsunterstützung systematisch in den Entwurfsprozessen verankern, so drängt sich als Lösung eine Kopplung der Bewertungstools mit der Welt der Entwurfstools auf. Ziel ist die permanente Verfügbarkeit von Bewertungsmöglichkeiten für den Ingenieur. Nur eine direkte Anbindung erlaubt es, auf die im Entwurfssystem verfügbaren Konzeptdaten zuzugreifen, um so die sonst notwendige Dateneingabe zu minimieren, was die Akzeptanz zur Nutzung dieser Entscheidungsunterstützung weiter erhöht. Durch dieses Feedback, direkt im Entwicklungsloop kann somit die Konzeptqualität gesteigert werden, ohne den eigentlichen Entwurfsprozess zu verzögern.

Im Detail ergeben sich noch weitere interessante Perspektiven aus dieser Konstellation, auf die noch im Anwendungsbeispiel eingegangen werden soll.

### 2.2.3. Beschaffung technischer Informationen

Die Beschaffung notwendiger technischer Informationen, sowie Daten zu Lifecycle-Verhalten oder Kosten durch erweiterte Analyse- und Simulationsfähigkeiten oder Wissensmanagement, sollen hier nicht im Vordergrund stehen. Diese Beiträge müssen bei Bedarf durch weitere Werkzeuge zu Verfügung gestellt werden, die ebenfalls an die Entwurfsumgebung koppelbar sein sollten.

Auf die Generierung von technischen Information soll hier im weiteren nicht eingegangen werden. Generell sollen alle benötigten Informationen als durch das Entwurfssystem verfügbar angesehen werden.

## 3. DEMONSTRATIONSBEISPIEL: BEWERTUNGSANBINDUNG AN EIN KABINENAUSLEGUNGSTOOL

Wichtigster Punkt dieser Präsentation soll die Vorstellung eines Demonstrationsbeispiels sein, das einen großen Teil der dargelegten Ansätze zur Entscheidungsunterstützung umsetzt.

Innovative Kabinenkonzepte und Kabinenbewertung sind langjährige Arbeitsfelder der Forschungsgruppe Luftfahrzeugkonzepte und daher wurde auch dieser Rahmen gewählt, um Bewertung, auf Basis der Nutzwertanalyse, als Entscheidungsunterstützung eng an die Kabinenauslegung, auf Basis einer Entwurfsumgebung für Kabinenkonzepte, zu koppeln.

### 3.1. Grundvoraussetzungen für Bewertungsanbindung

Für die Kopplung eines Bewertungstools an eine Entwurfsumgebung muss diese natürlich einige Grundvoraussetzungen aufweisen.

In diesem Beispiel wird das „Inhouse“ Bewertungstool DCvalue eingesetzt, was je nach Aufstellung der Bewertungskriterien die Übergabe entsprechender Indikatorwerte erwartet, um eine Nutzenbewertung durchführen zu können. Diese Indikatorwerte müssen durch das Entwurfssystem zur Verfügung gestellt werden können, wobei dies auf unterschiedliche Arten zu realisieren ist. Auf jeden Fall aber müssen Entwurfsinformationen in einer parametrischen Form vorliegen, um sie übergeben zu können. Dies ist bei klassischen CAD-Systemen als Zentrum der Entwurfsumgebung nicht möglich. Aber modernere CAD-Systeme (z.B. CATIA V5) oder CAD-unabhängige Entwurfssysteme und der flächendeckende Einsatz von PDM-Systemen, ermöglichen in zunehmendem Mass die Verwaltung von parametrischen Daten, Attributen, etc..

### 3.2. Exemplarische Umsetzung der Anbindung

Als Kabinenentwurfsumgebung wurde PACELAB Cabin der Firma Pace gewählt, was über eine modulare Struktur verfügt, und damit die Anbindung beliebiger Erweiterungen ermöglicht. PACELAB Cabin wird von verschiedenen Arbeitsgruppen bei Airbus genutzt. Im Demonstrationsbeispiel wird die Durchführung einer Bewertung der Sitzraumqualität direkt aus dem Entwurfssystem heraus ausgeführt.

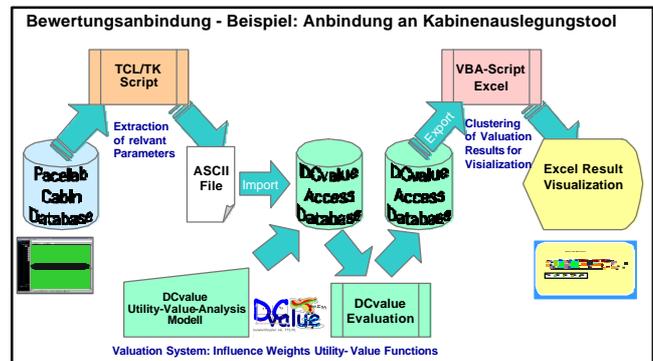


BILD 1. Datenfluß Auslegungstool-Bewertung

Bild 1 zeigt den Weg, der gewählt wurde, um die Anbindung zu realisieren. Bei PACELAB Cabin ist es möglich durch Programmierung eines TCL/TK Scriptes auf die Datenbank mit den parametrisch abgelegten Entwurfsdaten zuzugreifen, und diese Daten, wenn sie noch nicht exakt den benötigten Bewertungsindikatoren entsprechen, zu modifizieren. Beispielsweise sind die Positionen der Sitze nur sitzbankweise abgelegt, es werden jedoch Informationen über die Positionen der einzelnen Sitzplätze benötigt, und so können diese, unter Einbeziehung der Sitzbreite, nachträglich herausgerechnet werden.

Diese extrahierten Daten werden dann dem Bewertungstool DCvalue zugänglich gemacht, das für diesen Anwendungsfall automatisch startet und ein Bewertungsergebnis-File erzeugt. Das Ergebnis-File wird mit Hilfe eines VBA-Scripts und EXCEL visualisiert, indem die einzelnen Sitze im Layout entsprechend ihres erreichten Nutzwertes farbig codiert werden.

Bei einer industriellen Realisierung sollte dieser letzte Schritt allerdings als Feedback direkt im Entwurfssystem erfolgen.

### 3.3. Bewertungssystem Sitzraumqualität

Inhaltlich setzt sich das Bewertungssystem aus den im folgenden vorgestellten Indikatoren zusammen. Mit diesen Indikatoren als Input wird für jeden einzelnen Sitz im Flugzeug eine Bewertung in Form der erwähnten Nutzwertanalyse durchgeführt.

### 3.3.1. Sitzraumbreite

Die Sitzraumbreite ist die Breite der Raumes, der für den jeweiligen Passagier vorgesehen ist, also incl. der Breite, die durch z.B. Armlehnen, von der wirklichen Sitzfläche abgeht.

### 3.3.2. Ellenbogenfreiheit

Die Ellenbogenfreiheit ist ein Kriterium für den Bereich, der dem Passagier seitlich, über die Sitzraumbreite hinaus, zur Verfügung steht. Dieser Indikator geht qualitativ in Abhängigkeit von der Sitzposition( Gang/ Mitte/ Fenster) ein.

### 3.3.3. Armlehnenbreite

Die Armlehnenbreite wird als Kriterium vorgehalten aber nur mit einem Dummy-Wert versehen, da dies ein sitzspezifisches Kriterium ist, was selten in frühen Konzeptphasen bekannt ist.

### 3.3.4. Kopffreiheit

Die Kopffreiheit ist ein Indikator dafür, in wie weit der Bewegungsbereich des Kopfes des Passagiers im sitzen durch Kabinenelemente eingeschränkt wird.

### 3.3.5. Sitzraumtiefe

Die Sitzraumtiefe ( Seat Pitch) ist das Mass des für den Passagier verfügbaren Sitzraumes in Flugzeuglängsrichtung.

### 3.3.6. Fußraumtiefe

Die Fußraumtiefe ist ein Ergänzungskriterium zur Sitzraumtiefe, die in Reihe 1 oder hinter Classdividern zum tragen kommt

### 3.3.7. Stehhöhe

Die Stehhöhe ist der Abstand zwischen Fußboden und dem ersten feststellbaren Hindernis im Deckenbereich (meist Hatracks).

### 3.3.8. Stehtiefe

Die Stehtiefe ist der Abstand zwischen Rückenlehne des Vordersitzes und Sitzspiegelvorderkante des eigenen Sitzes. Nur in diesem Bereich ist gerades Stehen vom Beinbereich her möglich. (sitzabhängiges Kriterium!)

### 3.3.9. Breite des Fußbereichs

Die Breite des Fußbereichs ist ein Maß für mögliche seitliche Einschnürungen im Fußraum, z.B. durch die Seitenverkleidungen.

## 3.4. Bewertungsergebnis und Interpretationspotentiale

Wir bereits erwähnt, erhält man zunächst ein Bewertungsergebnis pro Sitz in farblich codierter Form, dargestellt im gerade bearbeiteten Kabinen-Layout. Dies ist eine sehr plastische Rückmeldung die auch von der Detailtiefe einen deutlichen Beitrag zur Entscheidungsunterstützung leisten kann.

Zunächst wird zwar nur das aggregierte Ergebnis dargestellt, aber auch die detaillierten Ergebnisse der einzelnen Indikatoren sind verfügbar und können zu Analysen herangezogen werden. So können einzelne Defizite ausgemacht werden, die letztlich die größten Potenziale für Verbesserungen bergen, oder es kann, besonders im Vergleich mehrerer Varianten, nach machbaren Kombinationen gesucht werden, die die bestbewerteten Einzellösungen integrieren.

Das vorgestellte Bewertungssystem der Sitzraumqualität ist in Bezug auf eine Gesamt-Kabinenbewertung eigentlich nur als ein Komfort-Teilziel zu sehen mit dem man bereits sehr tief in die Details der Kabine einsteigt.

Daher Sollte es ein Gesamt-Bewertungssystem „optimale Kabinenkonfiguration“ geben, dass alle Anforderungen an eine Kabine berücksichtigt, wie in Bild 2 dargestellt.

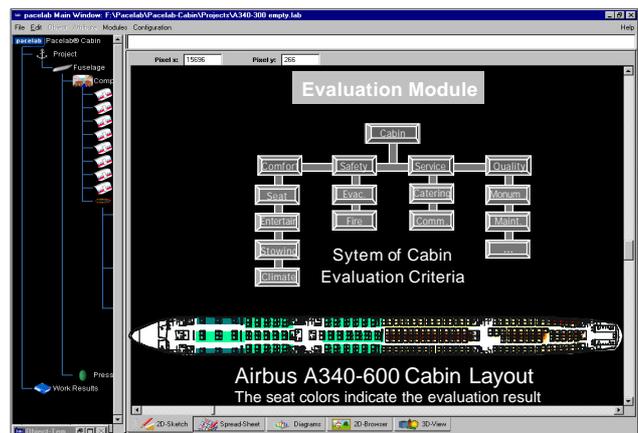


BILD 2. Bewertungsergebnis im Entwurfssystem

Es bietet sich nicht für jedes Bewertungskriterium an, die Bewertung auf Sitzplatzebene darzustellen. Dies ist aber nur eine Frage der Darstellungsform, die in der abgebildeten Form besonders aussagekräftig ist, im Prinzip aber frei wählbar ist.

## 4. BERÜCKSICHTIGUNG VON KOSTEN IN DER ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNG

Wirtschaftlichkeit ist für jedes neu erstellte Entwurfskonzept oberstes Gebot und fester Bestandteil der Top-Level-Requirements. Die Berücksichtigung von Kostenaspekten muss von Anfang an integraler Bestandteil des Entscheidungsunterstützungsprozesses sein, um frühzeitig Einfluß auf Konzeptionen nehmen zu können, die trotz technischer Leistungsfähigkeit den wirt-

schaftlichen Erfolg (aus Sicht des Produzenten und des späteren Betreibers) gefährden könnten.

#### 4.1. Einsatz von Werkzeugen zur Kostenbetrachtung

Von der Gruppe Luftfahrzeugkonzepte wird zur Modellierung der Kosten in frühen Konzeptphasen die Vorgehensweise des „Front Load Costing (FLC)“ eingesetzt [1], die darauf basiert, die erwarteten Kostenstrukturen unter Einbeziehung der vorhandenen Unsicherheiten abzubilden. Unter Verwendung probabilistischer Mathematik kommt sie zu Kostenergebnissen, deren mögliche Abweichung erstens quantifizierbar ist und sich zweitens diese Abweichung, aufgrund des sogenannten Verdichtungseffektes bei additiven Verknüpfungen, meist durchaus im einstelligen Prozentbereich halten lässt. Zur Anwendung steht das, ebenso wie die Methodik des FLC, maßgeblich von der Gruppe „Technisch-Wirtschaftliche Bewertung“ der DaimlerChrysler Forschung entwickelte Tool CAPE (Computer Aided Probabilistic Evaluation) zur Verfügung.

Sehr viel stärker fokussiert ist die Ausrichtung des Tools DOCsys, entwickelt durch Prof. Dr. Scholz von der FH Hamburg. DOCsys [2], das die Betriebskostenanteile einzelner Flugzeugsysteme bestimmt und damit einen aussagekräftigen Beitrag zur Kostentransparenz für die In-Service Phase liefert. Vertiefende Informationen dazu liefert der Vortrag „Betriebskostenberechnung für Kabinensysteme“ von Herrn Lemke.

### 5. ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNG DURCH INTEGRIERTE NUTZWERT-KOSTEN BETRACHTUNG

Die Prinzipdarstellung in BILD 3 macht deutlich, wo der Mehrwert der integrierten Nutzwert-Kosten Betrachtung für das Thema Entscheidungsunterstützung liegt.

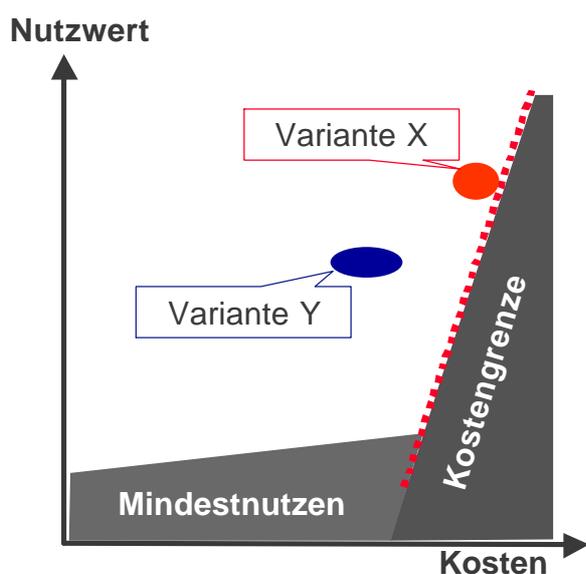


BILD 3. Nutzwert/ Kosten Portfolio-Darstellung

Lägen beide Bewertungsinformationen völlig separiert vor, so wäre die Entscheidungsgrundlage zwar gelegt (aus Sicht der Kosten Variante Y, aus Nutzsicht Variante X), aber gerade der wesentliche Informationsinhalt, nämlich die Erfassung des Spannungsfeldes zwischen diesen beiden wesentlichen Entscheidungsdimensionen wäre nicht veranschaulicht worden. So wird klar, dass unter dieser Entscheidungslage entweder die Prioritäten zwischen Kosten und Nutzen den Ausschlag geben, oder die Variante, den Vorzug bekommt, die noch weiteres Optimierungspotenzial aktivieren kann.

Die Varianten sind bewußt nicht als Punkte dargestellt, sondern als Punktwolke um auch hier die Nutzung unscharfer Informationen, um die es sich in den frühen Konzeptphasen sehr oft handelt (sowohl auf Kostenseite, als auch bei der erwarteten Anforderungserfüllung), deutlich zu machen. Gleichzeitig wird erkennbar, dass der transparente Umgang mit diesen Informationen ebenfalls als entscheidungsrelevanter Input begriffen werden sollte.

Die in Bild 3 angedeuteten Grenzen sind ebenfalls wichtige Entscheidungskriterien. Die Kostengrenze, hergeleitet aus dem Target – Costing, visualisiert die Grenze der wirtschaftlichen Vertretbarkeit des Konzeptes, und stellt damit ein Ausschlußkriterium oder zumindest ein Alarmsignal für zwingend nötige Nacharbeit dar. Ebenso die als „Mindestnutzen“ bezeichnete Grenze, bei deren Unterschreiten keinerlei Attraktivität des Konzeptes mehr gegeben ist.

Verfügt man über eine in diesem Vortrag skizzierte Prozess- und Toolkette, um Informationen für das eigene spezifische Entscheidungsproblem entsprechend aufzubereiten, so rücken die Klippen des Entscheidungsgaps, wie Eingang dargestellt, um ein deutliches Stück weiter zusammen und der Ingenieur hat deutlich bessere Möglichkeiten, konsistente Entscheidungen zu treffen.

#### 5.1. Konzeptbeeinflussung durch Requirements und Kosten.

Der Logik folgend, dass die Konzeptanforderungen, deren Erfüllungsgrad durch den Nutzwert abgebildet wird, und die Konzeptkosten die charakterisierenden Elemente eines Konzeptes sind, ist es erstrebenswert die Wechselwirkungen zwischen Requirements und Kosten zu identifizieren, um zu Ansatzpunkten der Konzeptoptimierung zu gelangen.

Neben den Aktivitäten zur Entscheidungsunterstützung, die Airbus zusammen mit der Forschungsgruppe Luftfahrzeugkonzepte unterhält, ist die Kopplung zwischen Requirements und Kosten ein zweites Forschungsthema, was in einem EADS-weiten Projekt aufgegriffen wird.

Ausgangspunkt ist der Ansatz, dem Entwurfsteam erweiterte Möglichkeiten an die Hand zu geben, wie Anforderungen und Kostenrahmen so aufeinander angepasst werden können, dass letztlich ein möglichst

ausgewogenes und machbares Konzept entsteht. Konkret soll aufgezeigt werden, welche Requirements für welche Kosten verantwortlich sind und ob es zielführender ist den Kostenaufwand zu akzeptieren, um ein Requirement besser zu erfüllen, oder ob eine mögliche Kostenreduktion eine nur unwesentlich reduzierte Erfüllung bestimmter Requirements verursacht und damit die bessere Lösung ist.

## 6. LITERATURVERZEICHNIS

- [1] T. NEFF; F. JANKOWSKI; W. VIRT; W. TREFZ; G. HERTEL; H.D. MATHES: Front Load Costing – Wirtschaftlich-technisches Controlling durch den Einsatz probabilistischer Produkt(kosten)modelle, Frankfurt: DC Forschung, 2000. In VDI-Berichte.
- [2] SCHOLZ, D.: DOCsys – A Method to Evaluate Aircraft Systems, Neu Wulmstorf: Applied Science, 1999
- [3] BREIING, A.; KNOSALA, R.: Bewerten technischer Systeme, Berlin: Springer Verlag, 1997
- [4] SOMMERVILLE, I.; SAWYER, P.: Requirements Engineering, GB-Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 1997

# KUNDENNUTZEN FLUGZEUGKABINE - IDENTIFIKATION VON POTENTIALEN ZUR VERBESSERUNG DER KUNDENZUFRIEDENHEIT

A. Becker  
DaimlerChrysler AG • FT4/G  
Berlin

F. Meller  
EADS Airbus GmbH  
Hamburg

## 1. ÜBERSICHT

Der Luftverkehr bleibt nach übereinstimmenden Marktanalysen auch in Zukunft eine Wachstumsbranche. Gleichzeitig führt eine zunehmende Konzentration bei den Fluggesellschaften wie auch bisher schon in der Luftfahrtindustrie zu einer sich drastisch verschärfenden Wettbewerbssituation. Die Flugzeugkabine entwickelt sich immer stärker zum wettbewerbsdifferenzierenden Faktor, und zwar nicht nur für die Fluggesellschaften sondern insbesondere auch für die Flugzeughersteller.

Um auch weiterhin im internationalen Wettbewerb erfolgreich bestehen zu können, bedarf es einer kontinuierlichen technologiebasierten Produktverbesserung einerseits zum Nutzen des Kunden, andererseits zur Steigerung von Effizienz und Produktivität bei der Industrie. Darüber hinaus ist eine gezielte, auf zukünftige Kundenanforderungen ausgerichtete Technologiestrategie notwendig, um die Potentiale zur Steigerung des Kundennutzens voll ausschöpfen zu können.

Das Projekt *Kundennutzen Flugzeugkabine* in Zusammenarbeit mit der DaimlerChrysler Forschung Gesellschaft und Technik sowie der Produktdefinition der EADS Airbus GmbH zielt auf eine detaillierte Analyse von Prozessen in einer Flugzeugkabine zum Zwecke der Identifizierung von solchen Potentialen. Grundlage dieses Projektes waren Empfehlungen aus mehreren Luftfahrtszenarien, die in der Vergangenheit erarbeitet wurden und traditionelle Formen der Airline- und Passagierbefragungen ergänzen. Im Weiteren wird dann ein methodischer Ansatz zur Quantifizierung des zu erwartenden Kundennutzens dargestellt.

## 2. PROJEKTHINTERGRUND UND -ZIEL

### 2.1 Rahmenbedingungen

Flugzeuge werden zwar generell nach wirtschaftlichen Kriterien gekauft, darüber hinaus können Komfortkriterien, insbesondere in dem sehr preisgetriebenen und transparenten Markt für Verkehrsflugzeuge, eine wichtige Rolle spielen. Der Wunsch des Passagiers nach mehr Komfort oder z. B. auch die Forderung der Airlines nach effektiveren Arbeitsprozessen und Kabinenflexibilität erfordert u. U. eine Investition des Flugzeugherstellers in Kabinenfeatures. Diese Entscheidungskriterien, die für Airlines beim Kauf eines Flugzeugs eine wichtige Rolle spielen, wurden ebenfalls beleuchtet

Es wird angenommen, daß die Airlines einen Teil der

Wünsche ihrer Passagiere berücksichtigen; es bestehen jedoch eine Reihe von Zielkonflikten zwischen den Anforderungen der Airlines (Cleaning, Safety, Catering u.a.) und den Wünschen der Passagiere (Komfort, Pünktlichkeit, Schnelligkeit u.a.). Dieses Dilemma von Kosten- vs. Kundenorientierung sollte im Rahmen des Projektes berücksichtigt werden.

Die Vergangenheit hat gezeigt, das Erkenntnisse im Rahmen von Passagierbefragungen nicht vorbehaltlos nutzbar sind. Der Passagier kann nicht nach seinen Wünschen in einer weit entfernten Zukunft befragt werden, da diese situationsabhängig sind.

### 2.2 Ziel des Projektes

Ziel des Projekts ist eine qualitative und szenariospezifische Analyse von Kabinen-Komponenten, die durch den Flugzeughersteller beeinflusst werden können. Sie dient der Identifizierung von Potentialen zur Steigerung des Kundennutzens. Das Spannungsfeld von Kostenorientierung der Airlines und Komfortansprüchen verschiedener Passagiergruppen soll berücksichtigt werden. Desweiteren soll ein Ansatz zur Quantifizierung des erwartbaren Kundennutzens erarbeitet werden.

### 2.3 Vorgehen und Inhalte

In einem ersten Schritt wurden relevante Passagiersegmente identifiziert und charakterisiert. Anschließend fand eine Analyse und Ergänzung von bereits bestehenden Luftverkehrs-Szenarien statt, vor deren Hintergrund Anforderungen an Kabinen-Komponenten klassifiziert wurden (Klassifizierung der Produkthanforderungen nach KANO). Einem Resümee der qualitativen Analyse folgt ein Ansatz zur Quantifizierung

## 3. DEFINITION VON KUNDENSEGMENTEN

Zwei Dilemmata kennzeichnen die Segmentierung der (direkten und indirekten) Kunden des Flugzeugherstellers.

### Dilemma 1:

Die Airlines kaufen zwar das Produkt „Flugzeug“, die Passagiere sind jedoch diejenigen, die letztendlich die Transport- oder andere Dienstleistungen, die mit diesem Produkt erbracht werden, bezahlen müssen. Es kann angenommen werden, daß die Airlines einen Teil der Wünsche ihrer Passagiere zu ihren eigenen machen; es bestehen jedoch eine Reihe von Zielkonflikten zwischen den Anforderungen der Airlines und Wünschen der Passagiere (Kostenorientierung vs. Kundenorientierung).

Neben der Erfüllung von Komfortaspekten existieren seitens der Fluggesellschaften Anforderungen an die Kabine bzgl. Cleaning, Groundhandling, Safety, Catering, Maintenance und Baggage Handling. Ist der Käufer des Flugzeugs eine Leasingfirma, so verlängert (und kompliziert) sich die Wertschöpfungskette dementsprechend.

#### Dilemma 2:

Bzgl. der Flugzeugkabine wird nur ein Teil der Kabinenelemente ausschließlich durch den Flugzeughersteller beeinflusst. Interessant sind hier Faktoren, die eine Investitionsentscheidung beim Hersteller (Entwicklungsthemen und möglicherweise die Vorbereitung neuer Technologien) sowie die Attraktivität einzelner Kabinenmerkmale für die Airline und/oder den Passagier betreffen.

Kabinenelemente, die vom Hersteller beeinflusst werden sind z.B. Rumpfquerschnitt, Stauraum, Fläche (oder Volumen) pro Sitz, Unterflur-Nutzung, Kabinenflexibilität, Klimazonen, Kabinen-Lärmpegel u.a.. Andere wesentliche Komponenten der Flugzeugkabine, wie z.B. Farbgestaltung, Sitzgestaltung, Entertainmentangebot u.a. werden durch die Fluggesellschaften bestimmt.

Für das Projekt *Kundennutzen Flugzeugkabine* mußten folgende Fragen beantwortet werden:

- Handelt es sich um einen Langstrecken- oder Kurzstreckenflug?
- Nutzt der Passagier ein Widebody- oder Narrowbody-Flugzeug?
- Hat der Passagier First-, Business- oder Economy-Class gebucht?
- War der Anlaß der Reise geschäftlich (Geschäftsreise) oder privat (Urlaubsreise oder Besuch)?
- Ist der Passagier Viel- oder Wenigflieger?

Weitere Aspekte, die z.B. regionale Ausprägungen (Europa, Nordamerika, Asien), die Altersstruktur oder andere demographische Indikatoren betreffen, wurden nicht in speziellen Passagiersegmenten, sondern in Szenarien als Zukunftsentwicklungen beschrieben und hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Flugzeugkabine reflektiert.

Vier zentrale Passagiersegmente wurden definiert:

- Segment 1:
- Langstrecke im Widebody
  - Economy Class
  - Wenigfliegender Urlaubsreisender
- Segment 2:
- Langstrecke im Widebody
  - Business Class
  - Vielfliegender Geschäftsreisender
- Segment 3:
- Kurz-/ Mittelstrecke im Single Aisle
  - Economy Class
  - Wenigfliegender VFR-Reisender
- Segment 4:
- Kurz-/ Mittelstrecke im Single Aisle
  - Business Class
  - Vielfliegender Geschäftsreisender

## 4. ANALYSE VON LUFTVERKEHRSSZENARIOEN

Erfolgreich Entscheidungen zu treffen, heißt Handlungsfolgen vorwegzudenken. Dies wird um so wichtiger und zugleich schwieriger, je weiter diese Folgen reichen und je unabsehbarer das Umfeld ist, in dem sich die Entscheidungen bewähren müssen. Die Unabsehbarkeit zukünftiger Umfeldentwicklungen hat gerade in den letzten Jahren stark zugenommen.

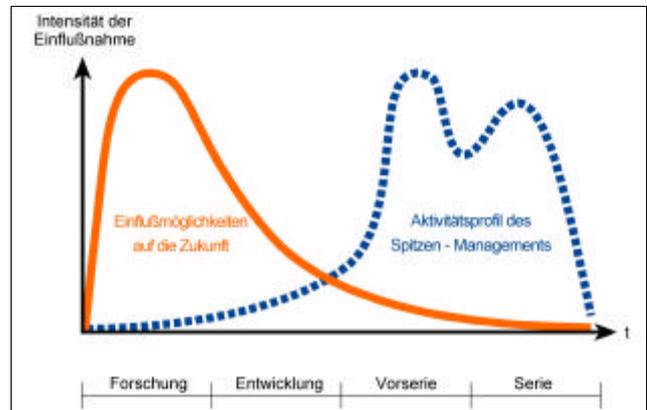


BILD 1. Einflussnahme auf die Produktgestaltung

Auch der Flugzeughersteller muß Entscheidungen für langfristige Investitionen treffen (z.B. für Entwicklungsthemen wie die Vorbereitung neuer Technologien), deren Richtigkeit bzw. deren Erfolg oder Mißerfolg er erst nach einigen Jahren messen kann. Die Entscheidung muß sich für den gesamten Produktlebenszyklus eines Flugzeuges, der mehr als 40 Jahre beträgt, bewähren.

Das Projekt *Kundennutzen Flugzeugkabine* beschäftigt sich insbesondere mit den Kabinen-Komponenten, die durch den Flugzeughersteller bestimmt und beeinflusst werden. Eine Investitionsentscheidung zur Modifikation vieler dieser Komponenten bedeutet eine grundlegende Veränderung des Produktes „Flugzeug“ und hat damit weitreichende Folgen für die gesamte Produktpalette sowie für die Positionierung des Herstellers im Luftverkehrsmarkt und determiniert letztendlich die gesamtwirtschaftliche Situation des Unternehmens.

Szenarien haben sich als besonders hilfreiches Instrumentarium erwiesen, um frühzeitig Zukunftsunsicherheit und Komplexität in ganzheitlicher und systematischer Art und Weise zu bearbeiten.

### 4.1 Szenarien

Nicht die Frage *Welches Flugzeug ist das technisch beste?*, sondern *Welches Flugzeug bewährt sich langfristig in seinem relevanten Marktumfeld?* entscheidet über den Markterfolg eines Flugzeugtyps.

Ziel dieses Schrittes war es, die Ergebnisse vergangener Szenario-Projekte, z. B.:

- 1992 Tupolev-Dasa-Szenarien
- 1994/95 Luftverkehr 2015
- 1995/96 FA-X Regional-Szenarien

- 1996/97 Bodenabfertigung 2010/15
- 1997/98 Next Aircraft
- 1999 Flight Unlimited 2015

zu analysieren, um die wesentlichen Kernaussagen in drei alternativen Szenarien für den weltweiten Luftverkehr bis zum Jahr 2015 zusammenzuführen.

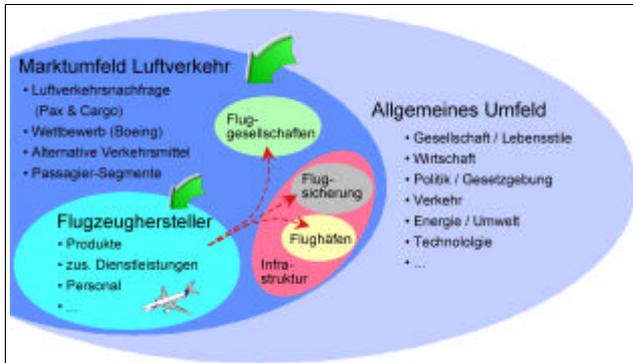


BILD 2. Umfeldbereiche des Luftverkehrs

Dabei wurden Umfeldfaktoren, die sich in der allen Szenarien als „stabil“ erweisen, werden als sog. Prämissen formuliert, während eher ungewisse Umfeldfaktoren als Variablen behandelt. Weitere wichtige Informationen - z.B. über die Entwicklung bestimmter Passagiersegmente - wurden ergänzt, um ein vollständiges Bild für das Projekt *Kundennutzen Flugzeugkabine* zu erhalten. Nur so war es möglich, zukünftige Anforderungen des Passagiers und der Airlines an die Flugzeugkabine abzuleiten und zu bewerten.

#### 4.2 Kabinenrelevante Kernaussagen des Trend-Szenarios

Das Trend-Szenario stand bei der Ableitung und Bewertung von Anforderungen im Vordergrund, während die beiden Alternativ-Szenarien zur Abschätzung der Robustheit der Ergebnisse herangezogen wurden. wichtige Kernaussagen des Trend-Szenarios waren:

- Fliegen ist Konsumgut, steigender Anteil von „Erstfliegern“ und „Durchschnittsreisenden“.
- Abnehmender Anteil von Business-Passagieren auf Kurz-/ Mittelstrecke; etwa gleichbleibend Langstrecke.
- Intensive Kundenorientierung der Airlines mit unterschiedlichen Schwerpunkten (Komfort, Rundum-Service, Meilenprogramme, schnelle und häufige Verbindungen).
- Gleichbleibender Servicestandard in der Kabine auf technisch höherem Niveau.
- Gleichbleibende Kabinenkomfort-Anforderungen der Airlines bzgl. Hatrack-Volumen und Gangbreite; Hatrackvolumenanforderung der Passagiere tendenziell zunehmend.
- Zunehmende Anforderungen bzgl. Kabinenflexibilität seitens der Airlines.
- Höhere Anforderungen an einen reduzierten Kabinenlärmpegel und eine verbesserte Klimazonenregelung insbes. auf Langstrecke und in der Business Class.
- Steigende Sicherheitsanforderungen / Zulassungsbestimmungen für Verkehrsflugzeuge.
- Hohe Bedeutung kurzer Turn-around-Zeiten auf Kurz-

/Mittelstrecke.

- Allianzen beherrschen insbes. auf Langstrecken das Marktgeschehen.
- Flugzeugkauf durch Airlines erfolgt überwiegend nach rationalen, wirtschaftlichen Gesichtspunkten.

### 5. ANFORDERUNGEN AN KABINEN-KOMPONENTEN

#### 5.1 Ermittlung von Anforderungen

Um zu einer Auswahl von Kabinen-Komponenten zu kommen, die im Verlauf des Projektes detailliert auf ihren Beitrag zur Erhöhung des Kundennutzens untersucht werden sollten, wurden 4 Schritte durchgeführt.

- 1) Zunächst wurden 37 Kabinen-Komponenten identifiziert, die für den Projektfokus relevant erschienen.
- 2) Mit Hilfe einer Prozesse-Komponenten-Matrix wurde untersucht, welche Tätigkeiten Passagiere und Kabinenpersonal während des Fluges durchführen und mit welchen der 37 identifizierten Kabinen-Komponenten sie dabei in Interaktion stehen.
- 3) Auf dieser Basis wurde eine Liste mit Anforderungen erstellt, die Passagiere und Airlines an Kabinen-Komponenten stellen. Eine Differenzierung hinsichtlich der definierten Passagier-Segmente wurde an dieser Stelle nicht durchgeführt, da die Auflistung als Diskussionsgrundlage zur Identifizierung von Problemfeldern und zur Reduzierung der Kabinen-Komponenten verstanden wurde.
- 4) Abschließend wurden 8 zentrale Kabinen-Komponenten ausgewählt, um sie mit Hilfe des sog. KANO-Modells zu klassifizieren. Dabei spielten sowohl die Anzahl der Prozesse-Komponenten-Interaktionen als auch die Qualität der identifizierten Anforderungen eine zentrale Rolle.

#### 5.2 Klassifizierung von Produktanforderungen nach KANO

Kundenzufriedenheit wird zunehmend zur zentralen Steuerungsgröße von Unternehmensstrategien, denn ein hoher Zufriedenheitsgrad ist ein wichtiger Indikator für die Zukunftssicherung eines Unternehmens. Konsequentes Bemühen um Zufriedenheit des Kunden bedeutet, zu verstehen und zu antizipieren, was Kunden sich in der Zukunft von den Produkten des Unternehmens erhoffen, aber nicht unbedingt erwarten. Es geht darum, den Kunden zu begeistern - mit Produkt-Leistungsmerkmalen, die beim Kunden eine besonders positive Resonanz hervorrufen und den Kunden überraschen.

Definition von Kundenzufriedenheit:

Kundenzufriedenheit wird als Resultat der Unterschiede zwischen den Erwartungen des Kunden über die wünschenswerten Leistungen eines Produkts und der wahrgenommenen Produktqualität, die das Unternehmen bietet, definiert.

Übertrifft die wahrgenommene Produktqualität die Erwartungen an das Produkt, entsteht Kundenzufriedenheit. Werden die Erwartungen enttäuscht,

entsteht Unzufriedenheit, und werden die Erwartungen insgesamt lediglich erfüllt, entsteht ein „neutrales“ Gefühl.

Klassifizierung von Produkthanforderungen nach KANO:

### 1. Basisanforderungen:

Mußkriterien für ein Produkt; Nichterfüllung führt zu extremer Unzufriedenheit; werden vom Kunden vorausgesetzt, als selbstverständlich betrachtet und daher nicht explizit verlangt.

### 2. Leistungsanforderungen:

Kundenzufriedenheit verhält sich proportional zum Erfüllungsgrad: je höher der Erfüllungsgrad der Produkthanforderung durch den Kunden, desto höher die Zufriedenheit; werden vom Kunden ausdrücklich verlangt (Wettbewerbsvorteil).

### 3. Begeisterungsanforderungen (USP):

Produktkriterien, die nicht erwartet und dementsprechend auch nicht ausdrücklich verlangt werden; eine Erfüllung dieser Produkthanforderungen führt zu einer überproportionalen Kundenzufriedenheit („Unique Selling Points“ (USP)).

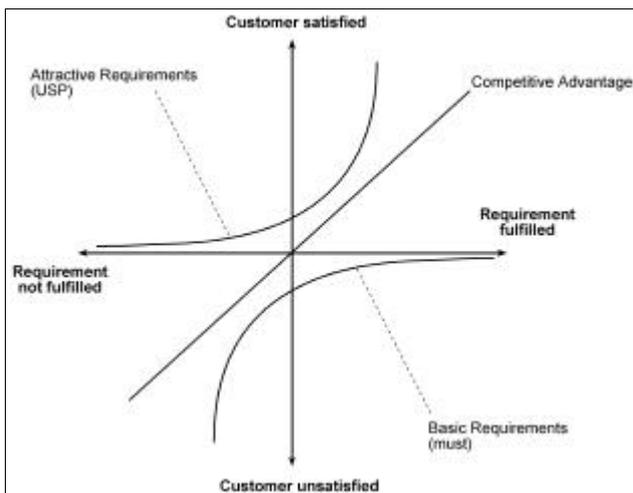


BILD 3. Klassifizierung von Produkthanforderungen nach KANO

Vorteile der Klassifizierung nach KANO:

- Ermittlung der Wichtigkeit der einzelnen Produktmerkmale für die Kundenzufriedenheit, besseres Verständnis der Produkthanforderungen insgesamt;
- Ableitung von Prioritäten für die Produktentwicklung im Hinblick auf Identifikation bzw. Verbesserung der Qualität der Begeisterungsanforderungen;
- Entscheidungshilfe bei Zielkonflikten zur Ressourcenallokation durch Hinweise auf die zu bevorzugenden Produkteigenschaften im Sinne der Kundenzufriedenheit;
- Möglichkeit der Detaillierung der Nutzenerwartungen des Kunden im Hinblick auf unterschiedliche Markt- bzw. Kundensegmente;

- Erarbeitung von potentiellen produktbezogenen Wettbewerbsdifferenzierungen im Kontext der Identifikation von Begeisterungsanforderungen.

## 6. ERGEBNISSE DER ANALYSE

### 6.1 Qualitative Analyse

Für jede Kabinen-Komponente wurden die wichtigsten Anforderungen der Passagiere und Airlines nach der KANO-Methode eingeschätzt. Dabei wurde bei den Passagieren zwischen den vier definierten Segmenten unterschieden. Die Einschätzung wurde zunächst für die Gegenwart durchgeführt. In einem weiterführenden Schritt wurde bzgl. des Trend-Szenarios das technische Potential sowie die mögliche Veränderung der Kundenanforderungen an eine Komponente untersucht.

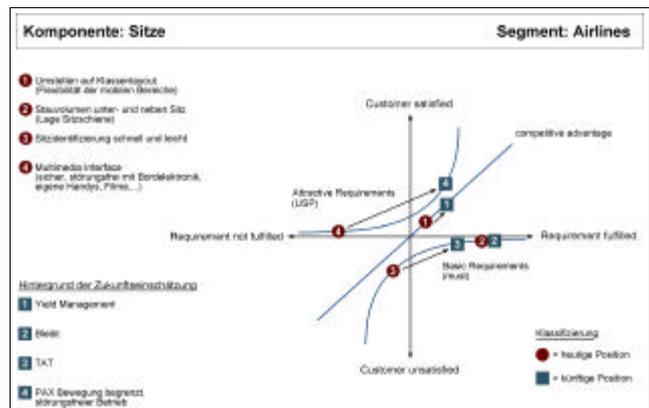


BILD 4. Beispiel für die Klassifizierung von Anforderungen an Kabinen-Komponenten aus Airlinesicht

Anforderungen der Airlines:

Basisanforderungen der Airlines an die Kabine und zukünftige Entwicklungsschwerpunkte für die Hersteller:

- Verbesserte Sitzidentifizierung
- Hatracks: Schutz vor herausfallenden Gegenständen; „Fail safe“ Funktion
- Fenster: Kratzfestigkeit und einfachere Wartung
- Kommunikationsräume (spez. auf Langstrecken): Wartungsfreundlichkeit, geringes Gewicht
- Galleys: Wartungsfreundlichkeit und Zuverlässigkeit
- Toiletten: Ausfallsicherheit
- Klima: zonenbezogene Regulierung, Zuverlässigkeit, geringes Systemgewicht
- Ride Quality (subjektives Empfinden): reduzierter Lärmpegel und verbesserte Akustik für Ansagen (Sicherheitsaspekte)

Leistungsanforderungen und damit einen Konkurrenzvorteil erwarten sich die Airlines aus folgenden Verbesserungen:

- Kabinendesign: mehr Sitze pro Fläche, Sicherheitsaspekte, schnelleres Boarding, ungehinderter Service
- Schnelles Umstellen der Sitze auf unterschiedliche Layouts
- Gute Erreichbarkeit der Hatracks (Arbeits erleichterung des Kabinenpersonals).

- Variable Nutzung der Kommunikationsräume
- Verbessertes Arbeitsumfeld in der Galley bei reduziertem Gewicht
- Wartungsarmes und energie-effizientes Klimasystem
- Ride Quality: turbulenz- und vibrationsfreier Flug

Begeisterungsanforderungen und damit Unique Selling Points (USP) ergeben sich für den Hersteller aus der Sicht der Airlines durch:

- Installationen für Multimedia Anwendungen
- Vermarktbarkeit von Kommunikationsräumen auf Langstrecken
- Energie-effizientes Cateringsystem
- Repositionierbarkeit und einfache Reinigung von Toiletten

Anforderungen der Passagiere:

Passagiere erwarten als Basisanforderung:

- Sitze: verbesserte Identifizierung mit multimedia Interface
- Hatrack: Schutz vor herausfallenden Gegenständen, Zuordnung zum Sitz, Kopffreiheit
- Kratz- und beschlagfreie Fenster, verbesserte Isolierung
- Kommunikationsraum (auf Langstrecken) von Kabine getrennt
- Geräuscharmes Cateringsystem
- Toiletten: verbesserte Hygiene, geräuscharm, übersichtliche Bedienelemente
- Klima: zugluftfrei, geräuscharm, gleichmäßige Temperaturverteilung
- Ride Quality: (siehe Airlines)

Einen Wettbewerbsvorteil erreichen Airlines bei den Passagieren durch:

- Ungehinderte Passagierflüsse und variable Kabinenzoneneinteilung
- Erhöhtes Stauvolumen am Sitz
- Großes Hatrackvolumen mit verbesserter Erreichbarkeit
- Leichte Fenster-Verdunkelung
- Cateringsystem mit Möglichkeit zum Self-Service (spez. auf Kurz-/Mittelstrecken)
- Klima: angenehmer Geruch und einfache Bedienbarkeit
- Ride Quality: (siehe Airlines)

Leistungsanforderungen von Passagieren (Unique Selling Points):

- Große und viele Fenster
- Kommunikationsräume: Ausstattungsgüte, Nutzungsflexibilität, Serviceangebot
- Cateringsystem: individuelle Servicezeiten, Self-Service (Spez. auf Langstrecken)
- Verbesserte Bewegungsfreiheit in den Toiletten

Die Anforderungen einer Fluggesellschaft an eine Kabine können den Erwartungen der Passagiere zuwiderlaufen und damit Zielkonflikte herbeiführen. So z.B. in den Bereichen

- Design Layout (Gänge, Sitze, Zonen)
- Hatrack (Spez. Volumen)
- Fenster (Anzahl und Größe)
- Galleys (Positionierung und Funktion)

Die Erkenntnisse aus der KANO-Analyse spannen

handlungsleitende Korridore auf. Für die zentralen Kabinen-Komponenten können je nach Anforderungstyp die potentiellen Lösungen, die Dringlichkeit des Handelns sowie potentielle Konflikte zwischen Passagier- und Airlineanforderung und Implikationen für andere Komponenten diskutiert werden.

Für einen Flugzeughersteller ergibt sich grundsätzlich immer dann Handlungsbedarf, wenn Anforderungen von Passagieren oder Airlines durch die Produkteigenschaft einer Kabinen-Komponente bisher nicht bzw. nicht ausreichend erfüllt worden sind. Es muß abgewogen werden, ob das eigene *Tun* oder *Nicht(s) Tun* die Marktposition stärkt oder schwächt und dementsprechend zu einem Wettbewerbsvor- oder -nachteil führen kann oder ob die eigene Position davon unberührt bleibt.

## 6.2 Schritte zur Quantifizierung

Eine quantitative Einschätzung des Kundennutzens im Hinblick auf eine bestimmte Kabinen-Komponente ist dann möglich, wenn eine konkrete Ausgestaltung des Veränderungspotentials gegenüber dem Ist-Zustand definiert wird, was den Rahmen des hier beschriebenen Projektes jedoch vom Umfang her weit übersteigt. Im folgenden werden daher Schritte zur Quantifizierung kurz umrissen.

Für eine Quantifizierung des Kundennutzens müssen also konkrete technische Lösungen inklusive Kostenschätzungen erarbeitet werden, welche die identifizierten Anforderungen an die Kabinen-Komponenten bestmöglich erfüllen.

Darüber hinaus bedarf es der Entwicklung von Bewertungskriterien, mit deren Hilfe alternative konstruktive Lösungen einer vergleichenden Bewertung unterzogen werden können. Andererseits ist es für eine zuverlässige Schätzung des Kundennutzens gegenüber den auftretenden (Mehr-)Kosten unerlässlich, die (Sub-) Systemebene einzelner Komponenten als alleinigen Bezugspunkt zu verlassen und darüber hinaus die "höhere" Systemebene Gesamtkabine bzw. Flugzeug zu adressieren. Dieser Zusammenhang sollte durch Aufnahme entsprechender Kriterien in die Kriterienliste berücksichtigt werden.

Wenn man akzeptiert, daß die Erfüllung einer Anforderung und die damit verbundene Erhöhung der Kundenzufriedenheit wegen der Komplexität der qualitativen Fragestellung lediglich als Schätzungen darstellbar ist, dann stellt ein Chancen-Risiken-Tableau mit integrierter Nutzwertanalyse einen geeigneten Ansatz zu einer weiterführenden Quantifizierung dar.

Für die Durchführung der Analyse sind folgende Schritte durchzuführen:

- 1) Beschreibung der ausgewählten Komponenten in ihrer derzeitigen technischen Realisierung,
- 2) Beschreibung der Neuerung/Verbesserung der Komponenten in ihrer konstruktiven Ausgestaltung,
- 3) Beschreibung der Chancen/Risiken, die mit der Neuerung/Verbesserung verbunden sind,

- 4) Erstellung einer Kriterienliste als Grundlage für eine vergleichende Bewertung der verschiedenen technischen Lösungen,
- 5) Durchführen der Bewertung als Grundlage einer Maßnahmenempfehlung.

Aufbauend auf den Ergebnissen dieser Bewertung können dann in bezug auf einige (oder alle) Komponenten kausale Begründungsketten aufgebaut werden, die jeweils erläutern, welche Konsequenzen es nach sich zöge, wenn man als Hersteller den entworfenen Verbesserungsvorschlägen bzw. Empfehlungen folgt - oder eben nicht. An dieser Stelle sollten dann auch die bisher erarbeiteten Daten eingearbeitet werden, wie z.B. Szenario-Fit, Unternehmensziele, Unternehmensstrategien, Markttendenzen, u.a.

## 7 ZUSAMMENFASSUNG

Ziel des Projekts Kundennutzen Flugzeugkabine ist eine Analyse von Prozessen, die in einer Flugzeugkabine ablaufen, zum Zwecke der Identifizierung von Potentialen zur Steigerung des Kundennutzens. Des weiteren soll ein methodischer Ansatz zur Quantifizierung des zu erwartenden Kundennutzens erarbeitet werden.

Grundlage dieses Projekts waren Empfehlungen aus mehreren Luftverkehrsszenarien, die in der Vergangenheit von der DaimlerChrysler Aerospace Airbus mit Unterstützung der DaimlerChrysler Society and Technology Research Group (FT4/G) erstellt wurden. Dieser Ansatz ergänzt die traditionelle Form von Airline- und Passagierbefragungen, denen nur eine sehr kurzfristige Gültigkeit zugeordnet wird.

Danach kommt der Kabine im Konkurrenzkampf zwischen den Airlines erhöhte Bedeutung zu. Für den Hersteller würde das u.U. eine wesentliche Aufstockung des kabinenrelevanten F&E-Aufwandes erforderlich machen.

Kundennutzen kann sowohl für eine Airline ermittelt werden, als auch für den Endnutzer, d.h. den Passagier. Die Attraktivität von Kabinenkomponenten ist unterschiedlich, je nachdem ob es sich um Geschäfts-Urlaubs-, Kurz- oder Langstreckenflüge handelt.

Zukünftige Produkthanforderungen werden unterschieden in

- 1) Basisanforderungen
- 2) Leistungsanforderungen (Wettbewerbsvorteil)
- 3) Begeisterungsanforderungen („Unique Selling Points“)

Unique Selling Points (USP) ergeben sich für den Hersteller aus der Sicht der Airlines:

- Installationen für Multimedia Anwendungen
- Vermarktbarkeit von Kommunikationsräumen auf Langstrecken
- Energie-effizientes Cateringsystem
- Repositionierbarkeit und einfache Reinigung von Toiletten

Unique Selling Points gegenüber Passagieren bestehen insbes. durch:

- Große und viele Fenster

- Kommunikationsräume: Ausstattungsgüte, Nutzungsflexibilität, Serviceangebot

Die Anforderungen einer Fluggesellschaft an eine Kabine können den Erwartungen der Passagiere zuwiderlaufen und damit Zielkonflikte herbeiführen. So z.B. in den Bereichen:

- Design Layout (Gänge, Sitze, Zonen)
- Hatrack (Spez. Volumen)
- Fenster (Anzahl und Größe)
- Galleys (Positionierung und Funktion)

Quantitative Analysen geben Aufschluß über mögliche Trade-offs zwischen Kosten und potentiellen Erlösen; dazu müssen Aussagen über konkrete technische Verbesserungsmöglichkeiten gegenüber dem Ist-Zustand gemacht werden. Als Methode zur Entscheidungsfindung wird ein Chancen-Risiken- Vergleich mit intergrierter Nutzwertanalyse empfohlen.

## 8. QUELLENANGABEN

DaimlerChrysler Aerospace Airbus, Technische Universität München LLT, DaimlerChrysler Forschung Gesellschaft und Technik: Flight Unlimited 2015 - Vermeidung operationeller Beschränkungen für zivile Großflugzeuge, TU München LT-TB 99/8, Garching 1999

Technische Universität München LLT, DaimlerChrysler Forschung Gesellschaft und Technik: Zukünftige Rahmenbedingungen für den Luftfrachtverkehr in Europa, LT-TB 98/1, TU München Garching 1999

Bailom, Franz; Hinterhuber, Hans H.; Matzler, Kurt; Sauerwein, Elmar: Sad Kano-Modell der Kundenzufriedenheit; in: Marketing ZFP, Heft 2/96

DaimlerChrysler Aerospace Airbus, DaimlerChrysler Forschung Gesellschaft und Technik: Next Aircraft, Projektbericht, Berlin 1998

DaimlerChrysler Aerospace, DaimlerChrysler Forschung Gesellschaft und Technik: Luftverkehr 2015, Projektberichte, Berlin 1996

Pätzold, Mark; Lukaschewski, Marc: Kundenbindungsinstrumente im Wettbewerb auf dem Luftverkehrsmarkt, Hausarbeit an der TU Berlin, Berlin 1998

Becker, Axel; List, Stefan: Die Zukunft gestalten mit Szenarien, in: Unternehmensplanung – Erfahrungsberichte aus der Praxis, Frankfurt 1997

# AERONAUTICAL BROADBAND COMMUNICATIONS VIA SATELLITE

M. Werner, M. Holzbock  
DLR Oberpfaffenhofen  
Institute of Communications and Navigation  
{Markus.Werner,Matthias.Holzbock}@dlr.de

## ABSTRACT

The paper discusses various aspects of aeronautical broadband satellite communications (AirCom). A range of applications and services is identified and categorized into the scenarios of in-flight entertainment, in-flight office, telemedicine, flight security, and flight logistics & maintenance. A number of operational and planned AirCom systems are presented. A structured overview of key issues and respective steps for the system design of an AirCom system is given.

It is intended to provide a generalized baseline for a systematic AirCom design process and reflect some recent, ongoing and planned R&D activities in the field. System aspects are discussed in detail, comprising for example constellation candidates, the aeronautical satellite transmission channel and various aspects of the aeronautical terminal. The paper concludes with an outlook on integrated system design methodology and on the envisaged development of an AirCom design tool (ADT).

## 1. INTRODUCTION

The demand for making air travelling more pleasant, secure and productive for passengers is one of the winning factors for airlines and aircraft industry. Design studies for airlines and first market entries of in-flight network companies show the necessity for high data rate communication services for airliners, with an obvious trend to Internet applications.

In an aeronautical scenario global (or at least multi-regional) coverage is essential for providing continuous service. Therefore satellite communication becomes indispensable, and together with the ever increasing data rate requirements of applications, aeronautical satellite communication meet an expansive market. According to analysts, the addressable market amounts to \$70 billion through the next ten years [1].

It can be clearly anticipated that any early-to-market entry will take an evolutionary approach extending currently existing systems and services, for instance by bundling some narrowband Inmarsat (GEO) or Globalstar (LEO) channels. Observing ongoing global R&D, test & demonstration, licensing and spectrum regulation activities in the field, one finds Boeing as a key player, with the *Connexion by Boeing™* system/service being the most obvious initiative.

However, as the envisaged satellite systems haven't simply been designed for broadband aeronautical communications, such approaches reveal several deficiencies and/or limitations if one aims at a future-proof

system solution in the longer term. For instance, two particularly striking deficiencies with GEO satellites are the coverage problems at higher latitudes (important near-polar long-haul flight routes!) and the extreme antenna steering requirements at lowest elevation angles (i.e., again at higher latitudes).

In the light of this, a coordinated effort of the satellite and aircraft industry together with relevant research institutes seems to be of strategic importance. In particular, aiming at a longer-term satellite system solution that is tailor-made for aeronautical broadband communications, we see an urgent need for basic research work that has to be driven by medium-term industry exploitation plans from the beginning. Parts of this research work are currently being started on a project basis. This paper intends to give an overview of some recent, ongoing and planned R&D activities in the field, with particular emphasis on selected system design issues.

## 2. MARKET, APPLICATIONS AND SERVICES

### 2.1 Market Issues

A central issue affecting the addressable market(s) is in how far the underlying business case combines separate market segments which are potentially closely related to the *aeronautical broadband satellite communications (AirCom)* segment in a narrow sense. For instance, a case could be made for a combined aeronautical communication/navigation system business case, or one that brings together AirCom with the extension of "classical" air traffic management (ATM) tasks, or maybe all three of them. Other possible combinations are with S-UMTS, S-DAB, maritime or land-mobile segments.

Lacking sufficient reliable information or data on such issues, we only consider the AirCom segment in a narrow sense throughout this paper. The following two subsections identify application categories and offered services which we think identify this segment.

Two key observations concerning the "geographic market" are (i) the pronounced asymmetry of market opportunities between northern and southern hemisphere (partly just a result of our earth's "continental layout"), and (ii) the fact that a significant share of the addressable market is at higher (northern) latitudes, especially with the important long-haul intercontinental flight routes between the European, North American and East Asian regions. Both observations are illustrated in [Figure 1](#), although its view is Europe-centric; the underlying flight route investigations have been performed within the European ACTS project ABATE and have been used for design and dimensioning studies of an aeronautical subsystem of the EuroSkyWay satellite communications system [2].

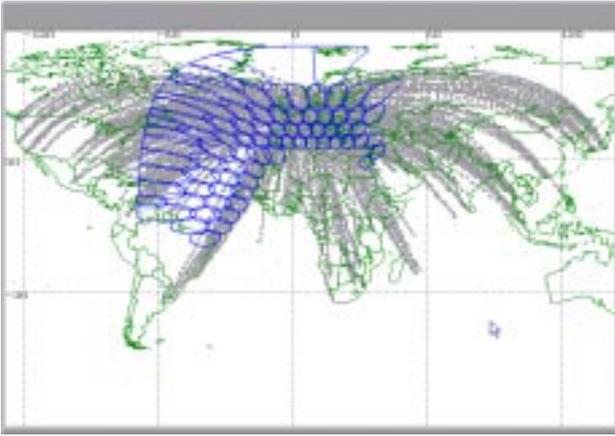


FIG 1. ABATE coverage and flight route density [2]

## 2.2 AirCom Application Categories

With respect to the aeronautical *communications* sector in the narrow sense as explained and dubbed *AirCom* above, and based on earlier investigations [3], we propose to subdivide the range of applications into the following five categories:

- infotainment,
- (in-flight) office,
- telemedicine,
- flight security,
- logistics & maintenance.

As for the infotainment category, today's in-flight entertainment (IFE) systems are in the majority characterized by one-way services like a limited number of pre-recorded movies or music channels, short screen "news" and rudimentary travel info, all together coming from an on-board storage medium and presented at a fixed time. In many cases, "interactivity" is limited to the freedom of selection between several channels and reaction on the offering by tuning in and out. Upcoming features like a suspend/resume function while viewing a video introduce first simple forms of interactivity, and are usually limited in access (e.g., first/business class). Anyway, compared to what modern users are getting acquainted to at home or while moving on ground, and especially taking into account the potential of and demand for all kind of Internet-based services with all their projections into the future, such type of IFE may be regarded as out-of-date. Currently, Internet access for www applications and email seems to be the most attractive and fashioned feature to be provided to aircraft passengers, but the list of services is manifold. Moreover, infotainment (making air travelling more pleasant) is only one of the driving applications for high data rate links to airliners.

Making air travelling more secure for the passengers brings about two other application scenarios: telemedicine and flight security. The attractiveness of telemedicine for airliners is twofold. The possibility to ensure e.g. a video link to a medical expert team on ground and transmit online various vital parameters of an injured passenger will give medical assistance far beyond today's first aid facilities. This may on the one hand attract passengers to airlines providing such a service and on the other hand reduce flight interruptions because of medical

emergencies. Bringing a patient of an in-flight emergency to the next airport lasts in adverse cases several hours and immediate medical expert help can save life. Moreover, flight interruptions are very expensive (about 100000 US\$ depending on the aircraft size) and are occurring due to medical emergencies about once a month at Lufthansa [4]. Also the age of aircraft travelers shifts to older people, so it is obvious why available services such as oral support and first aid instructions by a medical expert on ground are successfully used by more and more airlines. For this reason, plans for the A380, the new wide-body aircraft of Airbus, show a first aid separate cabin equipped with medical facilities going beyond the 'Doctors Kit' available today. Such a facility is substantially enhanced by powerful communication and data transmission capabilities and can then guarantee that emergencies are diagnosed by medical experts.

Video, audio and avionic data transmission may also be an issue to resolve or analyze aircraft disasters. Flight data, cabin and cockpit video can be sent to and stored for a certain time on ground. In case of aircraft disaster, these data can give helpful information for resolving hijacking by being 'live on board' or analyze aircraft failures faster and more precisely, before the 'black box' is found.

Focusing on one of the airlines most worthy assets - the business traveler - , the time being spent on board an aircraft has to be made more productive. Design studies show that airlines are thinking of a new kind of office class. Almost one half of aircraft passengers are business travelers. Over 70 percent of them is carrying a mobile computer and over 80 percent a mobile phone [5]. The aircraft office for this user group raises some other design and technical challenges. While Internet access for passengers being on a vacation trip has to be available on installed terminals - e.g. in seat, the business user on board wants to connect his own equipment to the communication network, and power for this equipment has to be provided. Although a standardized in-seat terminal would ease electromagnetic compatibility problems, the need for a private workspace supporting the connection of own equipment will prevail from the airline customers' view. This brings about the interesting question of applicable protocols. Mobile IP may provide not only the possibility of getting access with personal equipment to Internet and work on the familiar desktop, it could also serve to extend the "personal network", for instance a company's VPN, to everywhere in the sky.

Finally, also logistics and aircraft maintenance information, which is not observable to the passenger, but can reduce on-ground time and ease maintenance of the aircraft, should be mentioned as important application class. As an example, uploading the audio and video servers can replace difficult distribution services of bringing the changing entertainment programs on board. While in a first step a plain multicast transmission of these programs to selected airplanes can replace copying data on tapes, in the future one may also think of even more adaptive video and audio programming solutions with respect to the single customer. Finally, if the cabin crew or automated sensors recognize faulty equipment, maintenance personal on ground can prepare the repair and organize replacements parts in advance, based on detailed fault identification data being transmitted immediately.

TAB 1. Categorized AirCom services

Category	Services
Infotainment	www, email, live TV, gambling, phone, intelligent travel information
Office	email, www, phone, fax, video-conferencing, file transfer
Telemedicine	video conferencing, vital data transmission
Flight security	cabin survey, cockpit survey, flight recorder data transmission
Logistics & maintenance	video and audio server upload, aircraft maintenance data

### 2.3 AirCom Services

The five application categories entail a range of particular communication services which in turn drive related technical requirements. Table 1 assigns to each application category respective key services; obviously, some services fit into more than one category. Moreover, not all services will be permanently required. In case of an emergency or disaster, for instance, the shutdown of infotainment and office services for the benefit of telemedicine or flight security applications is acceptable. From a system design viewpoint, this immediately relaxes the worst case data rate demand of the aircraft communication system.

From the identification of relevant services it is a natural step in top-down system design to subsequently extract and specify the respective technical requirements. As a first approach in the considered AirCom scenario, Table 2 provides a classification into

- availability in terms of flight duration (long, medium, short haul flights),
- data rate requirements (system design oriented),
- delay, delay jitter, BER (user-oriented QoS),
- required protocols and data formats,

indicating some key service requirements in a qualitative manner. Identifying which services are (not) required with a certain flight duration category is particularly important for user/terminal capacity estimations and thus basic input information for the capacity dimensioning process, besides the usual data used there (number and location of users/terminals, activity, etc.). Besides that, this may also result in different aeronautical terminal types for long- and short-haul flights.

## 3. OPERATIONAL AND PLANNED SYSTEMS

In this section, we present a small collection of planned commercial systems/services for broadband satellite communications to airliners, and some currently operational systems or services that may be regarded as predecessors. Finally, we point at some trials or demonstration flights that have already been performed or announced by airline companies, featuring AirCom services and/or related technology.

### 3.1 Operational Systems and Services

#### *SITA AIRCOM-I*

SITA is a leading provider of global telecommunications and information solutions to the air transport industry [6]. Founded by member airlines in 1949, it now runs global integrated voice and data networks to serve airlines, aerospace companies, air-freight organizations, travel and global distribution companies, airport authorities and governmental organizations. Besides their VHF AIRCOM system based on hundreds of VHF ground stations worldwide, they operate the SATELLITE AIRCOM system providing voice/fax and data services mainly to long haul aircraft. With AIRCOM-I, this service offering is complemented for short and medium haul aircraft using new equipment reduced in size, weight and cost. The nearly global spot beam coverage is achieved using geostationary Inmarsat-3 satellites at 54°W, 15.5°W, 64°E, and 178°E. Both passenger communications and airline operational traffic are served. Among other equipment, a specific aircraft requirement is a 6dBi intermediate gain antenna.

Together with AirTV, a global media satellite service dedicated to the airline industry, SITA has recently entered into an agreement to jointly offer Internet and real-time TV and audio services over a four satellite broadband network (press release May 2000). The service should be available by the last quarter of 2002.

#### *Racal MCS-3000/6000*

Designed for the Inmarsat GEO satellite network, Racal Avionics together with Honeywell offer the MCS-3000/6000 multi-channel aeronautical satellite communications terminal [7]. It provides basically 2/5 voice/fax and 1 data channels and supports PC modem communications. For passengers, telephony, fax, PC data and value added services (such as flight, car rental, hotel reservation services, in-flight shopping) are supported, and for the cockpit crew, voice and data operational/administrative services are available.

“Airborne multimedia services” and “new terminals under development for high data rate aerosatcom” are mentioned as ongoing activities without further details [7].

TAB 2. Service requirements (-- to ++ increasing requirements)

service	flight duration category	bit rate	delay/jitter	BER	protocol / data format	remark
phone	all	--	++/++	o	GSM, ISDN	
fax	long	--			ISDN	
gambling	all				TCP/IP, mobile IP	
email	all	--	--		TCP/IP, mobile IP	
www	all	o	--		TCP/IP, mobile IP	
intelligent travel information	all	o	--		TCP/IP, mobile IP	special www service
file transfer	long		--		FTP, TCP, mobile IP	
vital data transmission	all	o	o			
cabin/cockpit survey	all		o			
flight recorder data	all		+			
maintenance data	all		--			
video-conferencing	long		++/++	o		
audio server upload	all		--	--	MP3	multicast
video server upload	long		--	--	MPEG	multicast
live TV	long		++	o	MPEG	broadcast

### 3.2 Planned Systems

#### *Connexion by Boeing™*

Boeing has recently unveiled plans to provide live TV/audio and real-time high-speed Internet (data) services to commercial airlines, business jets and government customers [1]. Rollout is foreseen to start on North American routes by 2001 and to be expanded to other global flight routes through 2005. Currently, Boeing is in negotiations with airlines, service and content providers on further steps in the introduction of this service. Two-way broadband connectivity shall be delivered directly to airline seats to provide passengers with personalized and secure access to the various forms of content via their own laptop. Initially, an asymmetric available bandwidth of 5 Mb/s receive and 1.5 Mb/s transmit per aircraft is envisaged. Customer airplanes will be equipped with a Boeing proprietary phased array receive and transmit antennas. Boeing claims that this antenna technology “provides dramatically faster data transmission capability than currently exists today”, besides the enhanced response to directional changes by electronic instead of mechanical steering. However, the initial design and development of the mentioned antenna has been carried out in 1986, and several critical issues concerning antenna technology and design will certainly have to be addressed in ongoing work. Some first investigations in this direction are presented in Section 4.6.

*Connexion by Boeing™* plans to lease multiple transponders of Loral’s geostationary Telstar satellite fleet providing C band and Ku band coverage not only over the continental United States, but also over Europe, Asia, South America, northern and South Africa. Given each of these regions, airplanes on most national or continental flights cruise at low to mid latitudes and thus the minimum elevation angle requirements between aircraft and GEO satellite seem to be moderate at a first glance. More severe challenges in terms of coverage and antenna steering angles, however, come along with some important intercontinental flights (e.g. US-Europe, Europe-East Asia, US-Asia) using routes at higher (northern) latitudes, and this huge market may be reason enough to

also think of non-geostationary alternatives in the longer term. Related issues are discussed in Section 4.4.

#### *Inmarsat I-4 / B-GAN*

With its fourth generation of satellites, the *Inmarsat I-4*, Inmarsat plans to build a *Broadband Global Area Network (B-GAN)* to be operational during 2004. According to announcements, plans are to deliver Internet and intranet content and solutions, video-on-demand, video conferencing, fax, email, voice and LAN access at speeds up to 432kbit/s virtually anywhere in the world via notebook or palm top computers [8]. Interoperability with the current I-3 satellite network is foreseen, thus allowing seamless migration to the new services.

#### *In Flight Network (IFN)*

Barely a year after the launch of this initiative it has recently (April 2001) been announced to be canceled “due to slower than anticipated market development” [9]. The venture failed to win a major customer, even for trials, and to attract support from Internet and telecommunications companies [9]. Nevertheless, we think it is worth summarizing some of its key drivers and goals, being more than just reminiscence of a particular ceased venture. Rather it should contribute with some interesting aspects related to satellite-based AirCom as a business sector in general.

In Flight Network had been formed as a joint venture by News Corporation and Rockwell Collins, aiming at a global in-flight entertainment system based on a broadband, Internet-like architecture to be deployed in phases starting late 2001. IFN’s business model was advertiser-oriented, providing a flexible framework for tailored delivery of advertisements via full-motion broadcast video channels or Web-based video spots or banner ads. A wide range of programming adaptation was foreseen, for instance with respect to flight duration, origin and destination, global or regional interest, and flight segments. The joint venture aimed at combining News Corporation’s interests in providing content with taking advantage of Rockwell Collins’ existing Integrated Information System (I2S) as an on-board computing and

software platform to base IFN development upon.

IFN content for passengers, as well as maintenance diagnostics and navigation and flight plan data would be exchanged via a low-power microwave airport gatelink system while the aircraft is on ground. Data with real-time requirements (weather info, news, email and Internet access) could be transferred via the satellite system, where IFN announced to use "proven, existing satellite communications facilities and digital broadcasting technology". At a first glance, this obviously meant use of geostationary satellites not only for broadcast services, but also for broadband Internet data in the forward link. However, IFN had also announced plans to cooperate with Globalstar and Qualcomm, carrying the respective return link over the global LEO system, and also using the Globalstar network as an independent two-way channel for email, Internet access and other applications with moderate data rate requirements. The main driver for this strategy was to avoid both, (i) long waiting times until deployment of new satellite networks and (ii) large investments in expensive new antennas.

### 3.3 Airline Trials and Demonstration

#### SAS

Scandinavian Airlines (SAS) is the first airline in the world to test wireless email and Internet for passengers onboard an aircraft. The test will begin during 2001. Referring to an SAS press release (01-01-24) SAS has signed an agreement with Telia and Seattle-based Tenzing Communications Inc. to test Tenzing's communications system for wireless Internet access onboard aircraft. SAS passengers will gain access to email and Internet via portable PC or Mac.

During the test, passengers will be able to send and receive email and have access to the Internet via an Internet server onboard the aircraft. A LAN (local area network) based on IEEE 802.11b technology, the first standard developed for wireless networks, will be installed in the cabin.

Passengers will gain access to the SAS website and other travel-related Internet portals. The onboard server is linked via Inmarsat satellites to a ground station when the aircraft is airborne and the content is transmitted and updated at regular intervals.

SAS is also working to find a solution so that passengers can gain access to their own company's email system behind a firewall. In the future, Tenzing also foresees being able to implement broadband connections onboard aircraft using advanced satellite technology.

#### *Lufthansa FlyNet*

At the end of the year 2000 Lufthansa was able to demonstrate successfully TV and fast Internet access on a private Airbus A340 equipped with an aeronautical terminal antenna of Boeing. The coverage restricted system was able to receive 400 TV channels and allowed online access.

Lufthansa's Chairman of the Executive Board Jürgen

Weber announced last November "... With an eye on customers, Lufthansa is developing 'services for mobile people': Under the 'FlyNet' label, it is set on becoming the first airline to lay on live TV and Internet access for passengers in the aircraft cabin...".

This enthusiastic statement was modified and more careful prognoses now state that it will take until 2005 to equip Lufthansa's complete long-haul fleet with the regarding technology provided that broadband satellite systems will come operational till this date.

Table 3 finally assembles the (available or planned) service profiles in keywords, mainly using the respective companies' announcements and news, and tries to classify them according to the application categories identified in Section 2. This gives a first impression that the infotainment sector gains a lot of interest, probably due to enormous market expectations. However, the office sector and the more customer-oriented elements of the airline logistics services start to catch up, whereas the remaining two sectors are certainly more driven by systematic planning, administration and international coordination under the dictate of much more critical "quality of service" requirements than infotainment and office applications. Sophisticated telemedicine will certainly become an on-board essential one day, but the development and service provision can of course not be driven by market competition and Internet hype alone.

TAB 3. Service profiles of available or planned systems/trials

	Infotainment	Office	Tele- medicine	Flight security	Logistics & maintenance
SITA AIRCOM-I (existing)	telephony fax modem (access to ground-based value-added services)  (planned:) email Internet access multi-channel live TV, video&audio			ground-to-air voice calling service	data (AOC&AAC) cabin and flight crew applications
Racal MCS- 3000/6000 (existing)	telephony fax modem (access to ground-based value-added services)				data (AOC&AAC)  cabin and flight crew applications
Connexion by Boeing™ (planned)	email www - <i>surfing</i> - <i>stock trades</i> - <i>reservations</i> live TV news&info intelligent travel info - <i>airport/flight maps</i> - <i>gate information</i> - <i>destination info (weather, reservations, etc.)</i> e-commerce - <i>shopping</i> - <i>duty-free</i>	email reports company news			crew info - <i>enhance operational efficiency on ground and in air</i>  carrier information - <i>travel planning</i> - <i>travel support</i> - <i>frequent flier mileage</i>
Inmarsat I-4/ B-GAN (planned)	voice&fax email www LAN access video-on-demand	B2B sector services intranet video conferencing			
In Flight Network (IFN) (planned earlier & canceled)	email www live TV recorded video recorded audio voice over IP	business channels in multiple languages			cabin and flight crew applications maintenance diagnostics navigation databases flight plan data passenger services
Lufthansa FlyNet	live TV www				
SAS (planned 2001)	wireless email and www				

## 4. SYSTEM DESIGN: KEY ISSUES

This section provides a structured overview of key issues and respective steps for the system design of an AirCom satellite communications system. The different issues are discussed at a different level of detail, reflecting the somewhat unbalanced depth of earlier and ongoing R&D work on the topic. However, it is not the only intention here to give a kind of R&D or project status report, but also to provide a generalized baseline for a systematic AirCom design process.

### 4.1 Market Entry Options and Business Case Implications

Different market entry options and reference business cases must be taken into account in an initial stage of AirCom system design.

Market entry options immediately drive technology and frequency band used. The evolutionary path leads via C/Ku band and existing GEO transponders, whereas the “revolutionary” path may target from the beginning at advanced Ka band technology and the design of a tailor-made, potentially non-GEO system.

Concerning the business case(s), it is very important to have a clear perspective early enough on how far the AirCom broadband communications market in a narrow sense will be targeted in combination with other potential market segments like navigation, air traffic management, etc.

### 4.2 Frequency Band and Spectrum Regulation

In order to satisfy increasing data rate requirement and to overcome restricted bandwidth availability at lower frequencies, broadband services have to operate more and more at higher frequency bands. Aeronautical channel characterization measurements have proven that frequencies up to Ka band and above are suitable for aeronautical communication systems [10]. In-flight multimedia service demonstrations at K/Ka band validated that technology is manageable and a system is operable at these frequencies [11]. On the other hand, in the short/medium term the way to future broadband AirCom will most likely lead via available transponders/systems and “cheaper” antenna technology, giving some preference to C and Ku bands.

Regarding possible frequencies for aircraft multimedia services in the mid- and long-term future, several questions arise. As a matter of fact, current FCC regulation on Ku band often explicitly phrases “mobile (excluding aeronautical) ...”. Consequently, current tests or trials using available Ku band antennas need a dedicated trial license. So what is the future of Ku band in this game? And in general, can the broad service spectrum as identified in Section 2 be properly covered by current allocation classifications (FSS, mobile, broadcast, etc.) at all, or is there a demand to look at dedicated allocation for satellite aircraft services? The fact that Boeing had representatives at WRC 2000 in Istanbul to work toward getting spectrum for data services to aircraft in flight [12] may be interpreted as strong interest in that

direction; at least it shows that such issues need to be addressed soon. This becomes even more delicate if one opens the broadband aircraft scenario not only to GEO satellites but also alternative constellation approaches in the longer term. Similar questions as with the narrowband big LEO/MEO systems may become important, like mobile vs. fixed and primary vs. secondary classification, band sharing, interference issues, link budgets, and global vs. regional harmonization.

### 4.3 Aircraft and Flight Characteristics

The major interest here is in (i) geometric/geographic aspects of single flights, in (ii) global/regional flight route statistics/data, and in (iii) geometric implications from aircraft body structure; (i) and (iii) are in combination important for all later design issues where relative geometric position and attitude (changes) of aircraft and satellite(s) play a role, like effective coverage, antenna pointing, and link shadowing, whereas (ii) provides essential input information for satellite spot beam antenna design and for capacity dimensioning.

#### 4.3.1 Flight Characterization

##### 4.3.1.1 Per Aircraft

For our purposes, relevant flight characteristics of a single aircraft fall in two categories: (i) identification of different generic flight phases over time, and (ii) description of aircraft position and attitude as a function of time. From both, typical worst-case situations (in terms of line-of-sight conditions to a satellite) can be extracted that are important for later design issues, such as constellation choice and terminal antenna design.

A “flight“ in generalized sense can be subdivided into the following flight phases:

- on-ground (standing)
- taxiway
- take-off
- ascending
- cruising
- course changes
- descending
- waiting loops
- landing

The position and orientation (or attitude) of the aircraft as a rigid body in three-dimensional space have a major impact on the view angles under which a satellite is seen from the aircraft. Being time-dependent, both must thus be thoroughly considered through all flight phases. It is obvious that worst-case situations (in terms of position/orientation in space) will encounter that have a significant impact

- on the satellite constellation design, mainly via the *minimum elevation angle*  $\epsilon_{\min}$  as key system parameter,
- on the design of the terminal antenna, mainly in terms of radiation characteristic, selected technology and PAT (pointing, acquisition & tracking),
- and on the location/placement of the terminal antenna(s) on the aircraft’s fuselage (which is of course in close relationship to [the last item](#)).

From the viewpoint of the aircraft (more precisely, from its center of mass or the antenna center, depending on the issue considered) any other point in space can be located at a *relative* position. Taking such an “aircraft-centric” view with the aircraft’s center defining the origin of a respective coordinate system, the “absolute” position of the aircraft (in a geocentric coordinate system, for instance) is no longer required for calculation of distance and view angle to other points in space. A unique description of the aircraft’s own orientation in space (attitude), however, is indispensable to properly define such a aircraft-centered coordinate system, and must particularly provide the “anchoring” with respect to the fundamental geocentric references, usually earth center and north directions.

A customary approach for attitude determination and control of both airplanes and satellites is the *roll-pitch-yaw (RPY)* convention, used by most of today’s IRS (inertial reference system). It defines roll, pitch and yaw axes of a rigid body as follows:

- $x^{\text{body}}$  = roll axis, positively forward (in flight direction)
- $y^{\text{body}}$  = pitch axis, positively to the right (w.r.t. flight direction)
- $z^{\text{body}}$  = yaw axis, positively downward (towards earth center)

The attitude of the body in space is then described by the corresponding angles, each defined positively clockwise around the respective axis:

- $\alpha$  = roll angle, positively right wing down, from the horizon, range  $-180^\circ \dots 180^\circ$
- $\beta$  = pitch angle, positively nose up, from the horizon, range  $-90^\circ \dots 90^\circ$
- $\gamma$  = yaw angle, positively eastwards, from the north direction, range  $-180^\circ \dots 180^\circ$

A formal vector geometric introduction of the related terminal-centered coordinate system proves to be helpful when the aircraft is only considered as an attitude-changing rigid body carrier for one or more mounted terminal antennas, and when detailed calculations of distances and antenna view angles towards the satellite(s) are performed [13].

#### 4.3.1.2 Global/Regional Flight Routes

Flight route statistics/data are relevant to get (series of) snapshots of airplane distribution in the service coverage area, which are essential input information for satellite antenna spot beam design and overall system capacity dimensioning. Usually, the latter will be based on some worst case situation extracted from the snapshots.

A simplified minimum set of data describing a global or regional flight scenario could be based on

- departure and destination airport locations,
- related departure and arrival times (either from exact time tables, or as a flight frequency model),
- a simple model for cruising speed (e.g., simply a constant speed derived from the flight distance divided by the flight duration, neglecting any influences from other flight phases),
- a simple model for geographic flight routes (e.g., each flight following a great circle between start and destination).

A more detailed investigation of related issues and review of available database material is required and envisaged in ongoing and future work.

#### 4.3.2 Aircraft Characteristics

Here we focus on some relevant characteristics of an aircraft’s rigid body geometry, inspired by its inherent impact on effective line-of-sight view conditions from a point on the fuselage surface where a potential antenna may be mounted. Figure 2 illustrates four potential positions A, B, C, D for an antenna mounted on the aircraft. At positions A - C the antenna would be mounted directly on top of the aircraft’s fuselage, whereas at position D it would be mounted at the top of the tail structure.

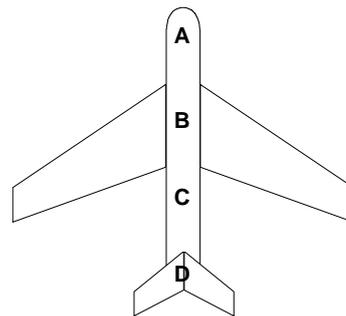


FIG 2. Potential antenna positions (top view)

Due to size and weight of mechanical antenna steering equipment position D is only possible with electronically steered antenna(s). In case of a tail-plane at the top of the tail structure, as typically encountered with some smaller or older airplanes, this could be mounted flat on the tail-plane. For larger modern airplanes with the tail-plane typically at the height of the fuselage, a flexible microstrip antenna adapting to the surface of the tail structure could be a solution. These are, however, issues for further detailed investigations, also taking into account potential pointing problems resulting from more pronounced vibrations of the tail structure as compared to the fuselage. In the current context it remains only important to notice that such an exposed antenna position inherently provides advantages from a line-of-sight blockage viewpoint.

For antenna positions A-C, shadowing through the tail structure may be severe. Table 4 summarizes the respective shadowing angles for various types of aircraft. More precisely, the maximum tail-plane elevation  $\varepsilon_{TP}$  and the maximum tail structure elevation  $\varepsilon_{TS}$  in degree are listed, both measured from the reference plane which is defined by the antenna center and the roll and pitch axis vectors of the aircraft. Values  $<0$  for  $\varepsilon_{TP}$  mean that the tail-plane of the respective aircraft is at the height of the (vertical center of) fuselage and thus below the reference plane (antenna on top of fuselage!).

TAB 4. Shadowing angles of airplane tail structures in degree

Antenna position	A		B		C	
	$\epsilon_{TP}$	$\epsilon_{TS}$	$\epsilon_{TP}$	$\epsilon_{TS}$	$\epsilon_{TP}$	$\epsilon_{TS}$
<i>Airbus</i>						
A340-200	<0	10	<0	15	<0	30
A340-300	<0	9	<0	14	<0	26
A320-200	<0	11	<0	18	<0	29
A321-100	<0	12	<0	15	<0	25
A310	<0	13	<0	20	<0	35
<i>Boeing</i>						
747-400	<0	9	<0	15	<0	
737-300	<0	12	<0	20	<0	30
737-400	<0	12	<0	19	<0	30
737-500	<0	13	<0	20	<0	30
<i>Dornier</i>						
328 turbo-prop	14	15	20	22	30	33
<i>Fairchild</i>						
Metro 23 turboprop	1	10	2	14	3	19
<i>Cessna</i>						
CitationJet	12	14	18	19	28	30
Citation S/II	4	15	7	21	8	34
Model 560	4	15	7	21	8	34
Citation V						
Citation VI	15	15	20	20	36	36

## 4.4 Satellite Constellation Issues

### 4.4.1 General Considerations

For the near-term future and any evolutionary approach towards aeronautical multimedia communications, a broadband network based on geostationary satellites seems to be the first option. At least predecessor systems and/or services are available today that are mainly based on the (Inmarsat) GEO satellite networks. Moreover, with the demise and/or the continued financial problems of some current narrowband non-GEO constellations, understandably there is some general discouragement in the satellite telecommunications community concerning the question of constellation alternatives.

However, a GEO solution for the purpose of future broadband communications to aircraft in flight does also exhibit a number of specific problems and drawbacks, so that a mid- or long-term system design should not be done without an unbiased and comprehensive study of all pros and cons.

With a LEO or MEO solution, in particular, potential system capacity limitations and latency for real-time communications could be reduced. On the other hand, besides system costs, especially networking complexity tends to increase while moving to lower orbits; satellite handover will become a major issue, and intersatellite links may be necessary at least for LEO constellations to provide connectivity over large ocean areas. In any case, a LEO or MEO constellation design for broadband aeronautical communications may differ significantly from the big LEO MSS case in dependence of the concrete

market segments, service profiles and other key requirements and constraints, so that it is worth being studied in more detail if a competitive non-GEO solution is feasible.

As already mentioned, the main critical issues in a GEO system are the coverage deficiencies at higher latitudes and the extreme antenna steering requirements at lowest elevation angles (i.e. again highest latitudes), and this in the light of the important near-polar flight routes in the northern hemisphere. With an appropriate non-GEO (LEO, MEO, or HEO) satellite constellation these problems could be avoided, and in particular coverage with clearly higher elevation angles could be realized in near-polar regions.

In the following, we will restrict to consider a MEO solution as the most promising alternative to a GEO system, mainly because it can be regarded as a somewhat reasonable trade-off between (i) coverage/elevation statistics provided, (ii) system complexity, costs and resource utilization (better than LEO), and (iii) moderate latency, acceptable also for real-time services (a significant drawback for HEO here).

### 4.4.2 Coverage Issues

The minimum elevation angle  $\epsilon_{\min}$ , one of the key parameter for satellite system design, is usually a parameter of earth-space geometry and related to terminal or user *positions* on earth only, but not to terminal or antenna *orientation*. The (nominal service) coverage area of a satellite is defined as the area containing all locations on earth from which the satellite is seen with an elevation angle larger than  $\epsilon_{\min}$  against the horizon. In the aeronautical communications scenario, however, it is important to consider *relative elevation angles* with respect to the *virtual horizon* of the attitude-changing aircraft, which is the plane defined by the roll and pitch axes of the aircraft body. Assuming an antenna mounted on top of the aircraft with its boresight direction parallel to the yaw axis, i.e. perpendicular to the virtual horizon, the relative elevation angle of a point in space can very easily be translated into the 90°-complementary *off-boresight* or *steering* angle of the antenna.

For further considerations, let us assume a phased-array antenna mounted on top of the aircraft's fuselage at position A, with a rotational-symmetric (around the yaw axis) radiation pattern and a 3dB-steering range of, say,  $\pm 70^\circ$ . This yields a minimum relative elevation of  $+20^\circ$ . In order to derive the effective (nominal) minimum elevation angle (from horizon) for satellite coverage under *permanent* line-of-sight conditions, in general a "worst-case overlay" of both body structure elevation angles and RPY attitude has to be considered for all flight phases where service shall be available. With the assumed antenna position A, however, any body structure blockage is outside the steering range of the antenna. Moreover, during the cruising flight phase for instance, pitch values are usually negligible with respect to standard roll angles of  $25^\circ$  during maneuvers. Thus the worst-case situation arises when the aircraft is at the edge of (nominal) coverage, its flight vector is orthogonal to the line between aircraft and satellite, and a maneuver requires rolling to the opposite side from satellite direction. Then the minimum relative elevation angle of  $20^\circ$  and the maximum

roll angle of  $25^\circ$  add positively up to a  $45^\circ$  requirement for the nominal minimum elevation angle of the system in order to guarantee permanent visibility. From Figure 3, finally, one gets an impressive confirmation of the earlier statement that a GEO system solution faces severe coverage problems at higher latitudes; with a  $45^\circ$  minimum elevation requirement, it can only cover locations up to approximately  $40^\circ$  latitude. Compared to that, a MEO approach does not yield so much smaller footprints, but with a reasonable constellation design, permanent coverage up to high latitudes can be achieved with a moderate number of satellites.

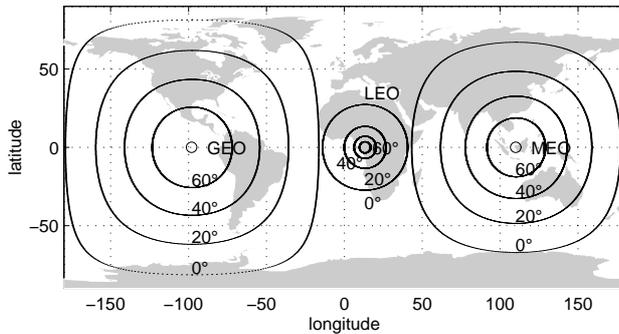


FIG 3. Coverage areas of satellites in different orbit types for several minimum elevation angles [17]

#### 4.5 Aeronautical Channel Implications

The aeronautical transmission channel is crucial for the design of high-quality services. Frequencies at Ku band, K/Ka band and above are likely to be used since spectrum at lower frequencies is too limited for multimedia applications. In earlier work [10] the aeronautical channel has been investigated in K band at 18.685 GHz using a steered Cassegrain antenna with a beamwidth of  $4.2^\circ$ .

During normal flight cruising the aeronautical channel has been reported to be fairly constant in power, with very small fading following a Ricean probability density function with very high values of the Rice factor  $c$  up to 34 dB. This behavior can be observed in all situations where the antenna is in line-of-sight with the satellite, i.e., the path is not obstructed by any obstacle. Shadowing or diffraction of the radio signal may occur on ground by buildings when the aircraft is at the terminal or on taxiway. During the flight the signal may suffer diffraction or shadowing from the aircraft structure (tail, wings) during maneuvers or when the aircraft is cruising at low elevation areas of the satellite (near-polar areas with a GEO, for example). Figure 4 shows a typical measured power series with fading up to 13 dB caused by the wings during a  $180^\circ$  turn with a roll angle of  $20^\circ$ .

The radio signal at millimeter wavelength is also subject to atmospheric attenuation due to vapor and oxygen. These effects can be calculated statistically using the absorption and rain models of the ITU [14,15]. The attenuation depends mainly on the flight altitude, the region, and the weather conditions. The effect of wet antenna radomes have not yet been addressed thoroughly in the literature.

Shadowing and diffraction in aeronautical multimedia services will cause the radio connection to drop since the

considered satellite systems will most likely not provide exhaustive link margins to compensate deep power fades. Thus the sources of shadowing have to be differentiated and appropriate countermeasures must be investigated.

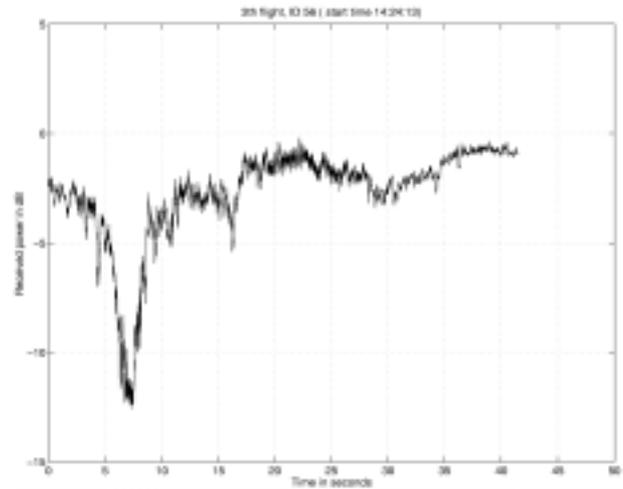


FIG 4. Shadowing of the signal due to airplane structure (wing)

#### 4.6 Antenna Design and Technology

For a first assessment of suitability of antenna type and technology issues, the key parameters will certainly be the data rate and steering angle (mainly elevation) requirements. The critical case in operation arises when the maximum rate has to be provided at lowest angles, thus at the edge of beam coverage with smallest antenna gain.

##### 4.6.1 Terminal Antenna

A detailed discussion of aeronautical terminal antenna design issues is given in [3]. To maintain the purpose of this paper to give an overall view, this section summarizes the crucial points.

Due to aerodynamic issues the outdoor part of the antenna design has to be minimal protuberant. For this reason, a minimized antenna size is advantageous, supported by the fact that the antenna size decreases for fixed gain at higher frequencies.

But concurring with this design issue, high data rates will require the use of high gain antennas with small beamwidths. To enable a continuous communication link, such antennas have to be pointed towards the satellite throughout all flight and on ground maneuvers of the aircraft.

As discussed previously an aircraft is a very agile, attitude changing vehicle. While in a land mobile scenario the angular change rates are the dominating factor for antenna beam agility design, in the aeronautical application the absolute values of the attitude angles are a technical challenge. In-cruise maneuvers lower (or increase) the virtual horizon of the aircraft by about 25 degrees, due to the aircraft's roll angle. This causes an additional reduction of the minimal elevation in e.g. North

Atlantic flight routes with communication to a GEO satellite, when the flight path is nearly orthogonal to the satellite's line of sight and the satellite is seen at low elevation. Therefore the antenna must provide full beam agility range.

Antenna beam agility is one of the most important technical issues for the realization of a broadband aeronautical communication link and has to be investigated taking into account aircraft's attitude changes, antenna technologies, antenna diversity and the optimal satellite constellation.

Electronically steered antennas lose antenna gain when the signal incident (line of sight) angle differs from antenna boresight and more than one antenna or a shaped antenna design is necessary. Mechanically steered antennas can cope larger agility ranges maintaining optimal antenna gain.

Non-GEO satellite constellations relax the minimal elevation and therefore the beam agility requirements for the antenna, but require more often satellite handover. If this handover has to be seamless, acquisition of and synchronization to the new satellite has to be made in very short time. Mechanically steered antenna hold in this matter the disadvantage of a finite beam velocity.

#### 4.6.2 Terminal antenna PAT considerations

Beam agility requirements and the resulting optimized antenna design is only one topic to be investigated for an aeronautical terminal. An other one is the pointing, acquisition and tracking (PAT) strategy for the antenna. Generally, PAT algorithms can be categorized in open loop or closed loop systems, or a combination of both strategies [16].

While open loop PAT calculates the angle between the satellite direction and the mobile terminal by the knowledge of the mobile's attitude and position and the satellite position, closed loop strategies analyze the received signal strength and feed it back to a controller.

Commercial airliners are equipped with highly precise IRS (Inertial Reference Systems) supported by GPS (Global Positioning System) data and attitude and position information is available on standardized interfaces (ARINC). In a GEO constellation, where the position of the satellite is fixed, the antenna pointing can be reduced to a simple matrix transformation, fed by this information and enhanced by some internal test or start-up calibration routines. Also a slow feedback of the received signal may be implemented, in order to compensate long term drifts, but for most avionic sensor systems even this feature can be abandoned. Pointing accuracy of about 0.1 degree and better can be reached [11].

More effort to the antenna pointing has to be spent in a non-GEO constellation. A pure open loop pointing like mentioned above needs a permanent update of the satellite positions. But even here the position information of the satellites can be made available or pre-calculated, for example GPS like, by transmitting actual satellite constellation information, which is analyzed by the terminal antenna PAT algorithm. Due to the fact that the aeronautical channel is suffering very rarely from fading

and shadowing effects, a more closed loop focused strategy can be realized. Moreover the use of intelligent antennas for those constellations will improve the variety of strategies and ease aeronautical PAT realization.

Pure open loop PAT reduces acquisition and tracking to one single calculation. Therefore new terminal antenna pointing angles for a satellite handover can be determined before the handover and no satellite acquisition phase is necessary.

#### 4.6.3 Doppler Shift

Another aspect of aeronautical terminal design varying from other mobile communication systems is Doppler shift, which is especially large because of the high aircraft speed and the high frequency bands to be used.

For example at Ka band and in a GEO constellation, the worst case (airliner flying in a jet stream directly towards or from the satellite) Doppler shift occurring is about 30 kHz and has to be managed by the frequency control of the aeronautical terminal [10]. For a non-GEO constellation, satellite velocity components have to be taken into consideration besides the aircraft's ones.

#### 4.6.4 Satellite Antenna

Classical passive multi-beam satellite antennas require high mechanical effort for pointing and isolation. New active focal array fed reflector (FAFR) have up to now only been implemented at high frequencies with a very limited number of spot beams. Thus, recent satellite antenna technologies restrict system design to a limited number of spot beams and available power.

Moreover new technologies like SDMA (spatial division multiple access) for optimizing the use of radio spectrum may be applicable in particular for aeronautical systems and are topic of further research.

### 4.7 Service Link Design and Budget

Link design of the most important service link includes in particular selection/specification of modulation, coding, and multiple access schemes as well as filter design. Given the respective service link design parameters and the design parameters (or requirement specification) of both terminal and satellite antenna, a link budget for the service link can be calculated. Typically, this will be an iterative process.

### 4.8 Network Architecture and Protocols

The design of the overall network architecture and related protocols obviously depends so closely on the addressed market, concrete application scenario, choice of constellation and key technology equipment, etc., that a systematic approach requires most of the other steps to be taken first. However, it is helpful to have a kind of rough understanding from the beginning what "network architecture" covers and what are issues of relevance here. Figure 5 provides some illustrative indications, and a respective (only top-level) discussion can be found in [3].

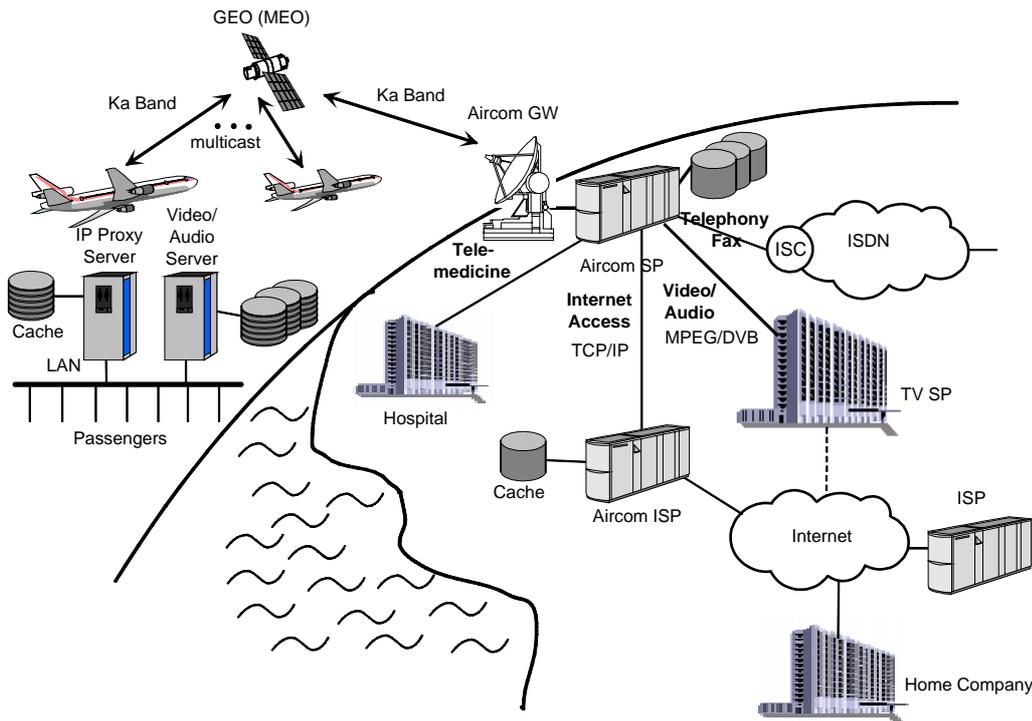


FIG 5. Network architecture and protocols

#### 4.9 On-board Network

Another question is the type of LAN used in the aircraft. Basic choices will include the option of one integrated (e.g., all-IP LAN) network vs. several tailored sub-networks for the various service and application categories. An integrated solution could be based on Gigabit Ethernet, as well as on wireless concepts such as Hyperlan II.

Any wireless solution simplifies potential cabin or seat reconfiguration, reduces weight of communication infrastructure, but introduces possible electromagnetic interference. Relevant specifications and guidelines must be taken into account.

Recent demonstrations by SAS (cf. Section 3.3) already included a wireless on-board LAN based on the IEEE 802.11b standard.

The on-board network options remain a topic for further in-depth study. From our current perspective, relevant issues include

- wireline vs. wireless infrastructure,
- candidate wireless LAN standards,
- radiated power of wireless solutions,
- electromagnetic compatibility issues.

#### 4.10 System Capacity Dimensioning

A last important aspect in AirCom system design is the capacity dimensioning process. Usually it requires a lot of

input information from various earlier design steps, such as market/terminal figures, service profile and service bit rate specifications, flight route statistics, satellite constellation, satellite spot beam antenna design, etc. Figure 6 provides an overview of the general iterative satellite system design process with the capacity dimensioning playing a key role. Starting from a solid experience in spot beam capacity dimensioning for multiservice GEO systems [17], extensions and adaptations of the methodologies and models used there to the AirCom scenario are envisaged as one key area in further research work. In particular, the adaptation of an earlier developed linear scalable multiservice traffic model, summarized in illustrative manner in Figure 7, should be interesting.

#### 4.11 Integrated System Design: Methodology and Tool

Mainly based on the train of thought through Section 4, it is envisaged to follow a systematic and integrated system design methodology in future work, capturing in particular all relevant interdependencies and possible design loops in a modular way.

A more formal specification of the system itself and the system design process is foreseen as a baseline for the development of a modular software tool for AirCom system design, the Matlab-based *AirCom design tool (ADT)*, integrating a number of already available modules.

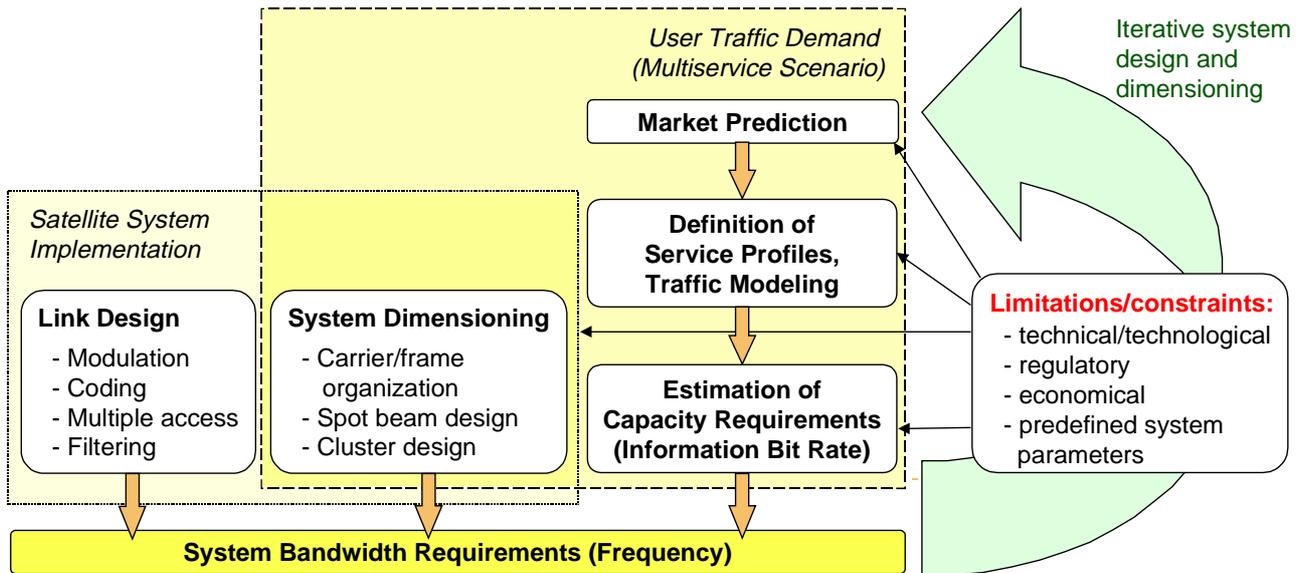


FIG 6. System dimensioning in the iterative system design process

D	SatT type	port. A	mobile A	port. B	mobile B	port. C	mobile C	port. D
1	Telephony, telefax	1	1	1	1	1	1	1
2	Video telephony	0	0	0	0	1	1	0
3	Video conference	0	0	0	0	1	1	0
4	Video surveillance	0	0	1	1	1	1	0
5	TV broadcasting	0	0	0	0	0	1	0
6	Audio broadcasting	0	1	0	1	0	1	0
7	Document broadcasting	1	0	1	1	1	1	0
8	Digital (vehicle) information broadcast		1	0	1	0	1	0
9	Videography		0	1	0	1	1	0
10	Database access for retrieval services	1	1	1	1	1	1	0
11	Computer interconnection				1	1	1	0
12	Document mail service (email, paging, short messaging)		0		1	1	1	1
13	File transfer	1	1	1	1	1	1	0

Terminal types  
 # users per terminal type and region

	SatT-A	SatT-B	SatT-C	SatT-D
<b>Portable</b>				
Case	Lap-top	Briefcase	Briefcase	Palm-top
Use	Individual	Individual	Individual	Individual
Mobility during operation	No	No	No	Personal
Uplink inform. rate (granularity)	16-128 Kbit/s (16 KBit/s)	16-512 Kbit/s (16 KBit/s)	16-2048 Kbit/s (16 KBit/s)	4-64 Kbit/s (4 KBit/s)
Downlink max. inform. rate	2.048 Mbit/s	2.048 Mbit/s	2.048 Mbit/s	64 Kbit/s
<b>Mobile</b>				
Mobile type	Car	Plane, Ship, Bus, Train, Truck	Plane, Ship, Bus, Train, Truck	
Use	Individual	Individual / Group	Group	
Mobility during operation	Yes	Yes	Yes	
Uplink inform. rate (granularity)	16-160 Kbit/s (16 KBit/s)	16-512 Kbit/s (16 KBit/s)	16-2048 Kbit/s (16 KBit/s)	
Downlink max. inform. rate	2.048 Mbit/s	2.048 Mbit/s	2.048 Mbit/s	

$$A(i) = \sum_s \sum_u \delta_{s,u} \cdot N_u(i) \cdot m_{BH,s,u} \cdot m_{MS,s,u} \cdot m_{SA,s,u} \cdot m_{GT,s,u} \cdot \lambda_s^* \cdot \frac{1}{\mu_s} \cdot R_s \cdot b_s$$

$A(i)$  = cumulative busy hour source traffic in region  $i$

service type  $s$ , user terminal  $u$

SatT ty	port. A	mobile A	port. B	mobile B	port. C	mobile C	port. D
Telephony, telefax	1	1	1	0.6	0.6	1	
Video telephony	0	0	0	0	0.3	0.3	0
Video conference	0	0	0	0	0.1	0.1	0
Video surveillance	0	0	1	1	1	1	0
TV broadcasting	0	0	0	0	0	0.5	0
Audio broadcasting	0	1	0	1	0	0.5	0

ID	Service/ Application	Mean holding time frequency	Mean holding time $1/\mu$	Data rates return link (from user) $R_r$	Data rates forward link (to user) $R_f$	Burstiness $b$
1	Telephony, Telefax	1/h	3 min	4; 64 kbps	4; 64 kbps	0.35
2	Video telephony	2/day	5 min	64+1150 kbps	64+1150 kbps	1.0
3	Video conference	1/day	60 min	64+1920 kbps	64+1920 kbps	.33/.35
4	Video surveillance	1/month	1 month	32 kbps	64+1920 kbps	0.33/1.0
5	TV broadcasting	-	-	-	-	-
6	Audio broadcasting	-	-	-	-	-
7	Document broad-	-	-	-	-	-

FIG 7. Components of the linear scalable multiservice traffic model for capacity dimensioning of broadband satellite systems.

## 5. CONCLUSIONS

We have discussed various aspects of aeronautical broadband satellite communications, dubbed AirCom. A range of applications and services has been identified and categorized into the scenarios of in-flight entertainment, in-flight office, telemedicine, flight security, and flight logistics & maintenance. A number of operational and planned AirCom systems have been presented. A structured overview of key issues and respective steps for the system design of an AirCom system has been given.

Future work will follow an integrated system design methodology and aims at the development of a dedicated software tool for AirCom design (ADT).

## REFERENCES

- [1] Connexion by Boeing™, Press Release, 27 April 2000.
- [2] M. Marinelli, R. Perez-Leal, M. Luglio, L. Zhang, A. Franchi, A. Jahn, "SECOMS and ABATE system architectures and relevant space segment," in *Proceedings 3rd ACTS Mobile Communications Summit*, pp. 659-665, 1998.
- [3] M. Holzbock, M. Werner, A. Jahn, E. Lutz, "Future broadband communications for airliners," in *Proceedings Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress 2000*, Leipzig, Germany, 10 pages (CD-ROM), Sept. 2000.
- [4] Lufthansa, personal communications, 2000.
- [5] <http://www.boeing.com>
- [6] <http://www.sita.com/>
- [7] <http://www.racal-research.com/satcom/>
- [8] <http://www.inmarsat.org>
- [9] <http://www.satnews.com>, issue 2 April 2001
- [10] M. Holzbock, A. Jahn, O. Gremillet, E. Lutz, "Aeronautical channel characterisation measurements at K Band," in *Proceedings 4<sup>th</sup> Ka Band Utilization Conference*, Venice, Italy, pp. 263-269, Nov. 1998.
- [11] M. Holzbock, E. Lutz, M. Connally, G. Losquadro, "Aeronautical multimedia service demonstration at K/Ka band," in *Proceedings 6<sup>th</sup> International Mobile Satellite Conference 1999 (IMSC '99)*, Ottawa, Canada, pp. 5-9, June 1999.
- [12] Communications Week International, 19 June 2000.
- [13] M. Werner, M. Holzbock, "AirCom issues", DLR internal project *AirCom – Aeronautical Broadband Satellite Communications*, Report ID *DLR-AIRCOM-WER/001/1.0*.
- [14] CCIR, *Technical Bases... on the Use of the Geostationary-Satellite Orbit and the Planning of the Space-Services Utilizing It*, CCIR, Geneva, 1984.
- [15] CCIR, *Handbook Satellite Communications, Fixed Satellite Service*, CCIR, International Telecommunication Union, Geneva, 1988.
- [16] M. Holzbock, O. Lücke, B. Oeste, "Mobility requirements of land mobile antennas for broadband satellited communication," in *Proceedings 4<sup>th</sup> European Workshop on Mobile/Personal SATCOMS (EMPS 2000)*, London, UK, pp. 34-43, September 2000
- [17] E. Lutz, M. Werner, A. Jahn: *Satellite Systems for Personal and Broadband Communications*, Springer-Verlag, London, 2000.

# BETRIEBSKOSTENBERECHNUNG FÜR KABINENSYSTEME

J. Lemke  
DaimlerChrysler AG, Forschung und Technologie  
Goldsteinstraße 235, 60528 Frankfurt am Main

## 1. EINLEITUNG

Die Berechnung der Betriebskosten (Direct Operating Cost, DOC) zur Bewertung im Flugzeugentwurf erfolgt traditionell mit Hilfe von etablierten DOC-Methoden für das ganze Flugzeug. Auf der Ebene einzelner Flugzeugsysteme wurden dagegen vor allem nicht monetäre Bewertungen durchgeführt. Im Rahmen der diesem Beitrag zugrundeliegenden Diplomarbeit „Betriebskostenberechnung für Kabinensysteme“, die im Auftrag der DaimlerChrysler AG / Forschung und Technologie in Zusammenarbeit mit der EADS Airbus GmbH erstellt wurde, untersucht Möglichkeiten der Berechnung von Betriebskosten. Untersuchungsgegenstand sind dabei solche Betriebskosten, die durch Kabinensysteme verursacht werden. Betriebskosten wurden beispielhaft für Passagiersitze berechnet. Dazu wurden die Sitze nach Economy-, Business- und First-Class-Sitzen gegliedert und für Kurz-, Mittel- und Langstreckenflugzeuge getrennt betrachtet. Weiterhin wurden Betriebskosten für verschiedene Unterhaltungssysteme ermittelt und ausgewertet. Zum Abschluss wurden in einer Betrachtung die ermittelten Betriebskosten von Unterhaltungssystemen mit dem Ticketpreis und der erforderlichen Passagierauslastung des Flugzeugs verknüpft.

### 1.1. Direkte Betriebskosten (Direct Operating Cost, DOC)

Es existieren DOC-Methoden von Flugzeugherstellern, Flugzeugbetreibern und Vereinigungen, z.B. Air Transport Association (ATA), National Aeronautics and Space Administration (NASA), American Airlines, Deutsche Lufthansa, Airbus Industrie, Boeing, Association of European Airlines, Fokker (nach [1]). So unterschiedlich die Methoden im einzelnen sind, berechnen sie alle die direkten Betriebskosten eines Flugzeugs aus verschiedenen Kostenelementen (nach [1]):

- Abschreibung (depreciation),
- Zinsen (interest),
- Versicherung (insurance),
- Kraftstoff (fuel),
- Wartung (maintenance),
- Besatzung (crew; Cockpit und Kabine),
- Gebühren (fees and charges; Flugsicherungs-, Lande-, Abfertigungsgebühren).

### 1.2. Die Methode DOCsys zur Berechnung von Betriebskosten von Flugzeugsystemen

Die Methode DOCsys wurde von D. Scholz in [2] dargestellt. Sie liegt als Programm „DOCSYS“ vor (BILD 1) und wurde bereits bei verschiedenen Bewertungen angewendet. Direkte Betriebskosten von Flugzeugsystemen werden von DOCsys pro Flugzeug und Jahr berechnet. Dabei werden von den Kostenfaktoren der konventionellen DOC-Methoden für das Gesamtflugzeug nur die benutzt, die das System beeinflusst. Hat eine Systemveränderung auch Auswirkungen auf andere Flugzeugsysteme, so müssen diese bei der Betrachtung der Betriebskosten mit herangezogen werden. Zusätzlich zu den Faktoren der konventionellen DOC-Methoden, bietet DOCsys die Möglichkeit, zwei weitere Kostenfaktoren zu betrachten, dieses sind:

- Kosten für die Ersatzteilbevorratung und
- Kosten für Abflugverspätungen und Flugabsagen.

Diese beiden Kostenfaktoren zählen nicht zu den direkten Betriebskosten, doch sie werden durch Flugzeugsysteme stark beeinflusst. TAB 1 vergleicht Kostenfaktoren konventioneller DOC-Methoden mit denen die von DOCSYS berücksichtigt werden.

TAB 1. Gegenüberstellung der Kostenfaktoren von DOCsys und von traditionellen DOC-Methoden

Kostenfaktoren traditioneller DOC-Methoden	Von DOCsys berücksichtigte Kostenfaktoren
Abschreibung Kraftstoff Wartung Zinsen Versicherung Cockpitbesatzung Kabinenbesatzung Landegebühren Flugsicherungsgebühren Abfertigungsgebühren	Abschreibung Kraftstoff Wartung       Ersatzteilbevorratung Abflugverspätungen und Flugabsagen

Kosten der Cockpit- und Kabinenbesatzung werden nicht von DOCsys berücksichtigt, da diese konstant bleiben, solange sich die Anzahl der Besatzung nicht aufgrund eines Systems ändert. Schulungskosten für Besatzung oder Wartungspersonal werden ebenso wie bei konventionellen DOC-Methoden nicht von DOCsys betrachtet ([2]).

Kosten für Versicherung eines Flugzeuges beruhen auf dem Preis für das gesamte Flugzeug. Versicherungskosten machen pro Flugzeug und Jahr durchschnittlich zwischen 0,5% und 3% des Flugzeugpreises aus und sind von den jeweiligen Versicherungspolices abhängig, daher werden sie bei der DOCsys-Methode vernachlässigt ([2]).

Kosten aus Lande-, Abfertigungs- und Flugsicherungsgebühren werden auf das Abfluggewicht erhoben. Geht man davon aus, dass durch jede Gewichtseinsparung die Nutzlast erhöht wird und man dadurch mehr Passagiere, Fracht oder Treibstoff befördert, so ändert sich somit das Abfluggewicht nicht.

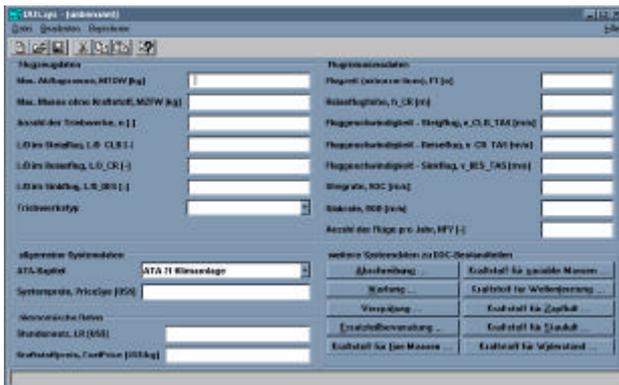


BILD 1. Benutzeroberfläche von "DOCsys"

Zur Berechnung der direkten Betriebskosten von Flugzeugsystemen mittels DOCsys sind diverse Eingangsparameter notwendig, welche die verschiedenen Kostenelemente unterschiedlich beeinflussen. Die Eingangsparameter können grob unterschieden werden in:

- systemspezifische Parameter, z.B. Systempreis, Systemmasse, elektrische Leistung, Wartungsstunden, Redundanzgrad,
- flugzeugspezifische Parameter, z.B. maximale Abflugmasse (MTOW), maximale Masse ohne Kraftstoff (MZFW),
- Flugmissionsdaten, z.B. Flugzeit, Reiseflughöhe,
- ökonomische Daten, z.B. Stundensatz, Kraftstoffpreis.

Während systemspezifische Parameter für jedes Flugzeugsystem getrennt betrachtet werden müssen, simulieren die anderen Parameter die Umgebung, in der das jeweilige System installiert ist. Flugzeugtypen, Flugmissionsdaten und ökonomische Modelle müssen einmal definiert werden und können dann für verschiedene Betrachtungen angewendet werden.

## 2. BETRIEBSKOSTENBERECHNUNG FÜR PASSAGIERSITZE

### 2.1. Allgemeine Hintergründe

Luffahrtsgesellschaften unterteilen Flugzeuge in mehrere Klassen, die durch unterschiedliche Ausstattung und unterschiedlichen Service gekennzeichnet sind. Am

einfachsten ausgeführt ist die sog. Economy-Class, darauf folgt die Business-Class und die First-Class. Viele Fluggesellschaften teilen die Klassen weiter auf (z.B. Premium-Economy-Class).

Entsprechend der Klasse sind (meistens) die Sitze beschaffen: Die einfachste Ausrüstung findet man in der Economy-Class, bei der die Sitzabstände und die Sitzfläche am kleinsten sind und in der Regel keine elektrische Verstellung vorhanden ist. Jedoch geht der Trend dahin, bereits hier die Sitze mit Bildschirmen auszustatten. In vielen Langstreckenflugzeugen ist dieses bereits Standard.

Um eine nähere Betrachtung über spezielle Sitzmodelle anzuschließen, ist eine genauere Datenbasis notwendig, die für diese Arbeit nicht vorhanden war. Dieses ist dadurch begründet, dass Passagiersitze sog. „Kundenkaufteile“ (buyers furnished equipment, BFE) sind bei denen der Flugzeughersteller nicht immer genaue systemspezifische Werte besitzt. Außerdem ist der Markt der Kabineneinrichtung umkämpft, daher waren Sitzhersteller nicht bereit, genauere Daten zu liefern.

In dieser Arbeit wurden Sitze betrachtet, die alle elementaren Bestandteile von Passagiersitzen enthalten. Dabei wurden die einzelnen Sitzgruppen (Einzel-, Doppel-, Dreier- und Vierersitzgruppe) auf einen einzelnen Sitzplatz reduziert, um die Menge der Eingangsparameter zu reduzieren, welche nicht im notwendigen Umfang für eine genauere Betrachtung vorlagen.

### 2.2. Betrachtung der Kostenelemente

#### 2.2.1. Kraftstoffkosten

Zur Berechnung der Kraftstoffkosten für Passagiersitze wurden die DOCsys-Berechnungskriterien Systemgewicht und elektr. Leistung berücksichtigt. Das Sitzgewicht wurde durch verschiedene Wiegunen von Sitzen ermittelt. Der elektrische Verbrauch bei Sitzen wurde anhand von Höchstwerten unter der Annahme von acht Verstellungen pro Stunde abgeschätzt. Sitze mit permanent betriebener Massagefunktion wurden nicht berücksichtigt. Bei der Berechnung der Kraftstoffkosten für die elektr. Leistung stellte sich heraus, dass diese für die betrachtete Anzahl an Schaltvorgängen vernachlässigbar sind.

#### 2.2.2. Abschreibung

Die Kosten für einzelne Sitze wurden aus verschiedenen Quellen ermittelt und daraus einen Trend abgeleitet. Es wurde ein Nutzungszeitraum von fünf Jahren mit einem Restwert von 10 % zugrundegelegt. Dabei wurde berücksichtigt, dass Sitze alle drei Jahre konstruktiv verändert werden, z.B. durch neue Polsterung, modifizierte Rückenlehnen oder Einbau von InSeatVideo. Um diese laufenden Modifikationen zu berücksichtigen, bildet die Annahme eines kompletten Sitzwechsels nach fünf Jahren eine gute Näherung. Zusätzlich wurde der Sitzbezug separat berücksichtigt. Die Nutzungszeit für diesen wurde deutlich geringer angesetzt, da die Bezüge

durch den optischen Eindruck zum Erscheinungsbild der Fluggesellschaft beitragen. Daher wurde eine Nutzungszeit von 1,5 Jahren ohne Restwert angesetzt.

### 2.2.3. Wartungskosten

Wartungskosten wurden als Komplettbetrag in US-\$ pro Flugstunde ermittelt. Dabei wurden Struktur, Polsterung und Tablett berücksichtigt. Es wurde davon ausgegangen, dass die Sitze in gleichen Intervallen gewartet werden, welche unter den durchschnittlichen ungeplanten Austauschintervallen (Mean Time Between Unscheduled Removals, *MTBUR*) liegen. Per Definition sind das z.T. indirekte Wartungskosten, da die Intervalle durch eine Fluggesellschaft definiert wurden. Sitzhersteller verkaufen ihre Sitze im allgemeinen als wartungsfrei, es werden jedoch normalerweise keine Garantien auf Wartungskosten und *MTBURs* gegeben. Es fallen jedoch häufig kleinere Reparaturen vor allem Fußstützen, Armlehnen, Tablett und andere bewegliche Teile an. Da diese Ausfälle vom Umgang des jeweiligen Passagiers abhängen können Sitzhersteller sie sicherlich nur schwer abschätzen, daher werden zusätzliche Wartungskosten von Fluggesellschaften akzeptiert. Da der Sitzbezug zum Erscheinungsbild beiträgt, zählt dessen Reinigung eher zu den indirekten Wartungskosten und ist von dem jeweiligen Bezugsstoff und der Farbe des Sitzes abhängig. Trotzdem wurden diese Kosten berücksichtigt, weil diese einen beträchtlichen Anteil an den Wartungskosten darstellen. Es wurde eine Reinigung alle 400 Flugstunden angenommen.

### 2.2.4. Kosten für Abflugverspätungen und Flugabsagen

Kosten für Abflugverspätungen und Flugabsagen werden statistisch ermittelt. DOCsys besitzt eine integrierte Datenbasis zur Abschätzung des Niveaus der Verzögerungs- bzw. Stornierungsrate, außerdem Gleichungen zur Bestimmung der Kosten. Die Kosten spielen bei Passagiersitzen jedoch eine untergeordnete Rolle. Solange der Flug nicht zu 100 % ausgelastet ist, wird ein defekter Sitz „geblockt“, um keine Abflugverspätung hinzunehmen. Eine Betrachtung von Verspätungsereignissen zeigte die Hauptursachen für Verspätungen: diese sind gelöste Schrauben und Bolzen, gebrochene Strukturteile oder defekte Gurte. Bei der Kostenermittlung wurden Verspätungen von bis zu 30 Minuten berücksichtigt.

### 2.2.5. Kosten für die Ersatzteilbevorratung

Da keine genaueren Daten von Sitzherstellern zu ermitteln waren, wurde vereinfacht ein kompletter Passagiersitz faktorisiert betrachtet und nicht auf die Summe der einzelnen Komponenten heruntergebrochen. Da einige Eingangsparameter für alle Sitze normiert wurden, bestimmt das Preisniveau des Sitzes auch die Kosten für die Ersatzteilbevorratung.

## 2.3. Auswertung der Ergebnisse

In BILD 2 sind die direkten Betriebskosten der einzelnen Sitztypen dargestellt, dabei fallen zunächst die hohen Kosten der First-Class-Sitze auf. Am geringsten sind die Kosten zwischen den Economy-Class-Sitzen in Kurz- und Mittelstrecke, was am geringfügig höheren Gewicht und identischen Abschreibungskosten liegt. Auf der Langstrecke verursacht die jährliche Nutzung erheblich höhere Kraftstoff- und Wartungskosten.

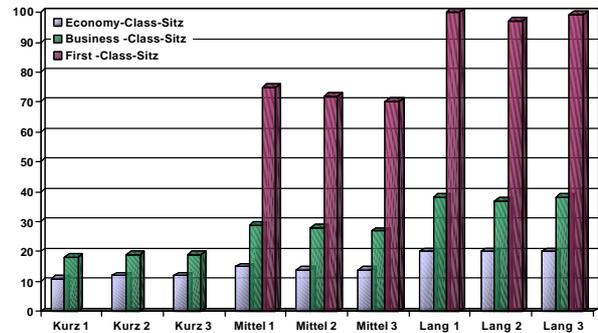


BILD 2. Direkte Betriebskosten von Passagiersitzen in verschiedenen Einsatzgebieten

Während in der Economy-Class die Wartungskosten im Vordergrund stehen und Kosten für Abflugverzögerungen und für die Ersatzteilbevorratung vernachlässigbar sind (BILD 3), gewinnen bei First- und Business-Class-Sitzen die Kraftstoffkosten an Bedeutung.

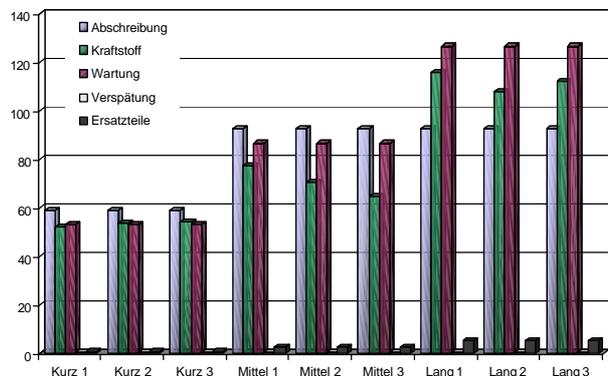


BILD 3. Kostenelemente Economy-Class-Sitze

In der Business-Class haben die Abschreibungskosten vor den Kraftstoff- und Wartungskosten den größten Anteil, was am erheblich gestiegenen Anschaffungspreis liegt. Kosten für Abflugverspätungen und Ersatzteilbevorratung sind auch hier zweitrangig (BILD 4).

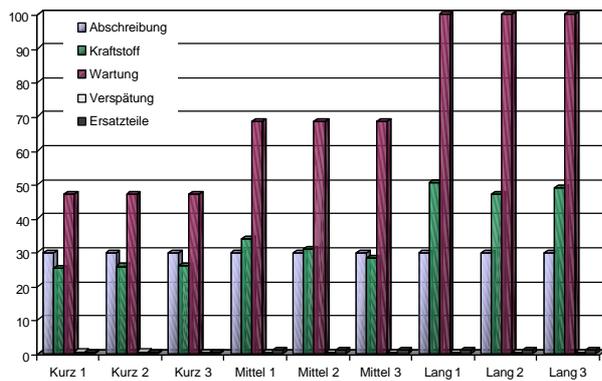


BILD 4. Kostenelemente Business-Class-Sitze

Da First-Class-Sitze in der Anschaffung sehr kostenintensiv sind, ist es erstaunlich, dass die Kraftstoffkosten die Abschreibungs- und Wartungskosten überragen. Dieses wird durch das hohe Sitzgewicht verursacht (BILD 5).

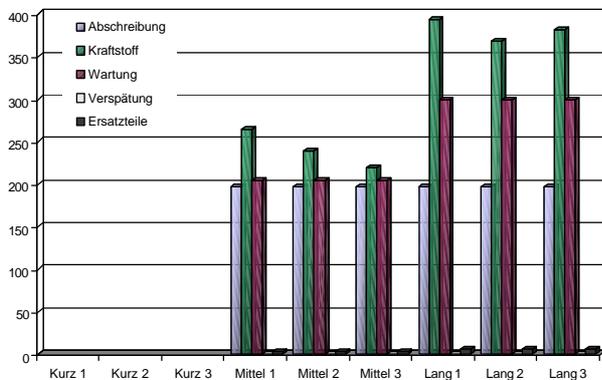


BILD 5. Kostenelemente First-Class-Sitze

### 3. BETRIEBSKOSTENBERECHNUNG FÜR „IN FLIGHT ENTERTAINMENT SYSTEME“

#### 3.1. Allgemeine Hintergründe

Neben Unterbringung und Schutz der Passagiere, zählt deren Unterhaltung zu den wichtigen Funktionen der Kabinensysteme. Die Art der Unterhaltung der Passagiere dient den Fluggesellschaften dazu, sich zu differenzieren. Dieses wird in der Entwicklung der Unterhaltungssysteme deutlich: während Flugzeuge in den siebziger Jahren mit Audioanlagen ausgestattet waren, ist auf Langstreckenflügen heute Video im Sitz Standard. Die Trends sind Videospiele und „Video on demand“, d.h. individuelle Spielfilme beginnen von jedem Passagier frei wählbar beginnen.

Die Systemzentrale, das „Head End“, befindet sich im allgemeinen hinter dem Flugdeck, wo Videorecorder, bzw. Computer installiert sind. Außerdem existiert ein Netzwerk, welches aus der gesamten Verteilung vom „Head End“ bis zum Sitz besteht. Im Sitz befinden sich die Komponenten für Anzeige und Bedienung sowie Controller.

Die Berechnung der Betriebskosten wurde auf ein Langstreckenflugzeug, mit einer Missionslänge von 8,5 Flugstunden normiert. Es wird angenommen, dass dieses Flugzeug komplett in allen Klassen mit den jeweiligen Unterhaltungssystemen ausgerüstet ist. Der für dieser Arbeit angenommene Aufbau der Systeme trägt den unterschiedlichen Komponenten Rechnung.

Es wurde in sitzbezogene und nichtsitzebezogene Komponenten unterschieden. Bei den sitzbezogenen Komponenten handelt es sich um alle Teile, die hinter dem „Head End“ liegen. Die Teilung war vorzunehmen, da sich der Anteil der sitzbezogenen Komponenten mit der Anzahl der Passagiere, die an das betreffende System angeschlossen sind, verändert, während die Komponenten des „Head End“ konstant bleiben.

#### 3.2. Betrachtung der Kostenelemente

Die Grundlage für die Betrachtung der Unterhaltungssysteme bildet eine Untersuchung für den Vergleich verschiedener Systemgewichte. Darin wurden weiterhin die Komponenten aufgeschlüsselt. Aus diesen Angaben wurden Verteilungsschlüssel erarbeitet, welche die sitzbezogenen Komponenten berücksichtigen. Basierend auf diesen Schlüsseln wurden Komponentengewichte für die einzelnen Bestandteile ermittelt. Weiterhin wurden Leistungsaufnahmen der einzelnen Komponenten abgeschätzt.

Bei der Abschreibung wurde ein Abschreibungszeitraum von 6 Jahren mit einem Wiederverkaufswert von 20 % des Anschaffungswertes vorausgesetzt. Dieses beruht auf der Annahme, dass eine Fluggesellschaft die neuesten Systeme einrüstet.

Die Kosten für Abflugverzögerungen und Flugstornierungen der einzelnen Systeme wurden durch Verspätungsraten aus einer Statistik von Flugunregelmäßigkeiten der letzten zweieinhalb Jahren ermittelt.

Auf der Zusammenstellung aufbauend, wurden aus MTBURs und Reparaturaufwand direkte Wartungskosten und Ersatzteilbevorratungskosten für jede Komponente einzeln abgeschätzt. Der getroffene Ansatz geht von komplett wartungsfreien Systemen aus, weil die Systeme über eine eigene Fehlerkontrolle verfügen, welche fehlerhafte Komponenten analysiert und dem Bordrechner meldet. Die Kosten für Ersatzteile wurden als Faktor vom Anschaffungspreis bestimmt. Ein Ersatzteilkostenfaktor berücksichtigt, außerdem dass Ersatzteile teurer als Neugeräte sind. Ein Ersatzteilverhältnissfaktor dient zur Abschätzung des Anteils, der für die Reparatur benötigten Ersatzteile von den Einzelkomponenten.

Die Kosten für Abflugverspätungen und Flugstornierung machen an den gesamten Betriebskosten weniger als 1% aus. Dieses liegt an der geringen Anzahl der technisch begründeten Verspätungen.

### 3.3. Auswertung der Ergebnisse

Die direkten Betriebskosten der Unterhaltungssysteme (BILD 6) wurden, anders als bei den Passagiersitzen, auf Basis der Summe der Einzelkomponenten berechnet. Daher konnten die Kostentreiber genauer fokussiert werden.

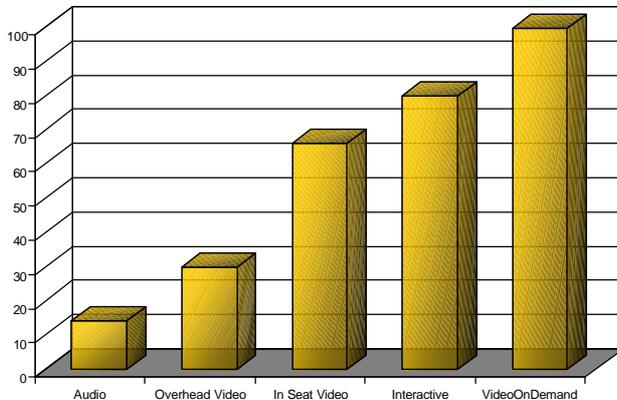


BILD 6. Direkte Betriebskosten von Unterhaltungssystemen

Beim Vergleich der Betriebskosten von „Head End“ und der Vernetzung/Sitze (BILD 7) wird deutlich, dass die meisten Kosten bei den Systemen nicht am „Head End“, sondern bei der Verteilung in der Kabine entstehen. Dort sind die Kostentreiber die Komponenten im Sitz: Controller, LCD-Bildschirm und Bedienungselemente. Hier entstehen erhebliche Kosten durch den Reparaturstundenaufwand, welcher durch die Anzahl der Sitzplätze, die als Multiplikator wirkt, erheblich erhöht. Bei den Komponenten im „Head End“ werden die Wartungskosten in der Hauptsache durch die Ersatzteilpreise erzeugt.

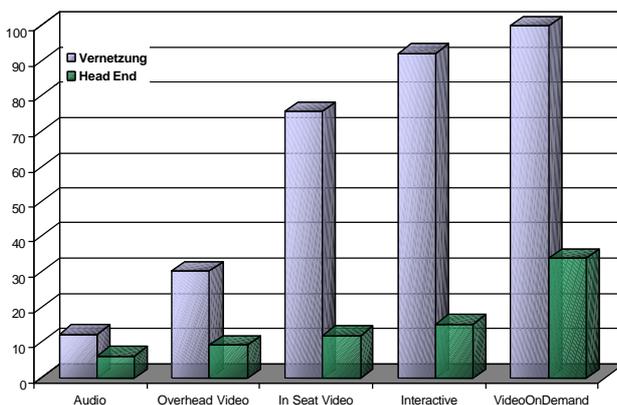


BILD 7. Vergleich "Head End" - Vernetzung/Sitze

BILD 8 zeigt die einzelnen Kostenelemente. Die Kostenverteilung ist bei den einzelnen Unterhaltungssystemen weitgehend ähnlich. Die Wartungskosten besitzen den größten Anteil an den direkten Betriebskosten. Durch geringe MTBUR reagieren Aufwände durch die einzelnen Wartungsereignisse sehr sensibel. Die Kraftstoffkosten haben einen sehr untergeordneten Einfluss. Dieses wird bei der Betrachtung der einzelnen Komponenten erkennbar, denn die elektronischen Geräte haben einen sehr

hohes Preis/Gewichts-Verhältnis. Da sich der Einfluss der Anschaffungskosten auch bei den Ersatzteilen wieder spiegelt sind die Wartungskosten entsprechend hoch. Die relativ kurze Nutzungsdauer ist für die Höhe der Abschreibungskosten verantwortlich. Die Ersatzteilbevorratungskosten gewinnen an Bedeutung, sie bezeichnen die Kapitalverzinsung der Ersatzteile. Die Kosten für Abflugverzögerungen sind hier bei allen Systemen zu vernachlässigen.

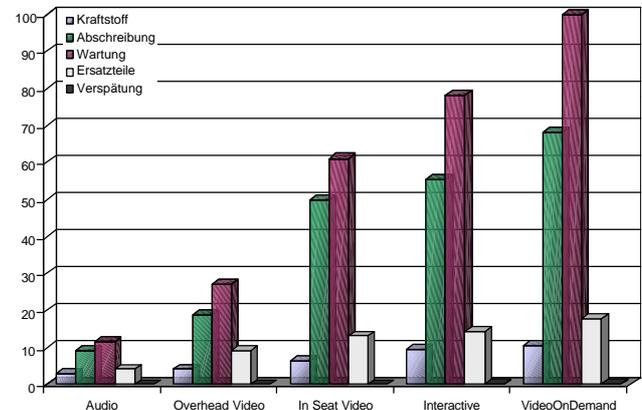


BILD 8. Darstellung der Kostenelemente

### 3.4. Kosten-Nutzen Betrachtung für Unterhaltungssysteme

Für die In Flight Entertainment Systeme wurde eine "Kosten-Nutzenbetrachtung" durchgeführt. Angesichts der erheblichen Anschaffungs- und Betriebskosten dieser Systeme sollte dabei eine Messgröße gefunden werden, die in einer einfachen Form darüber Auskunft gibt, wie Betriebskosten in der Größenordnung von mehreren Mio. US-\$ pro Jahr wieder erwirtschaftet werden können. Im Internet wurden dazu Preise verschiedenen Fluggesellschaften für First-, Business- und Economy-Class- Tickets ab ihren jeweiligen Heimatflughäfen zu ausgewählten Zielflughäfen ermittelt:

- Lufthansa (Frankfurt am Main / D),
- British Airways (London / GB),
- Air France (Paris / F),
- American Airlines (Dallas / USA),
- Qantas (Sydney / AUS),
- Iberia (Madrid / E),
- LanChile (Santiago de Chile / CHI).

Die Flugpreise für einzelnen Passagierklassen wurden über der Entfernung aufgetragen und daraus eine lineare Funktion der einzelnen Ticketpreise ermittelt, BILD 9 zeigt die Ergebnisse.

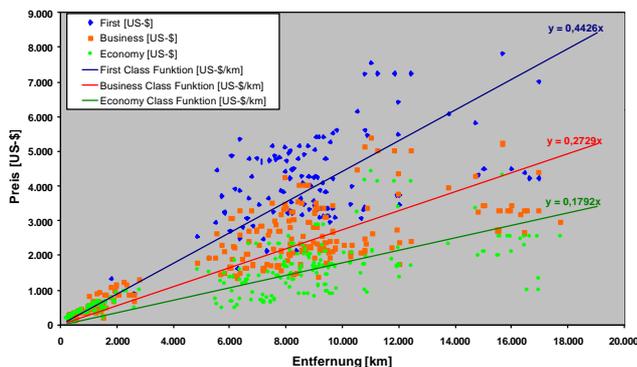


BILD 9. Flugpreise über der Reichweite

Für die betrachtete Flugmission (8,5 Flugstunden) wurde eine Entfernung von 7.650 km definiert. Als Kabinenlayout wurde das Standardlayout eines Langstreckenflugzeuges gewählt:

- First- Class: 24 Passagiere,
- Business- Class: 42 Passagiere,
- Economy- Class: 314 Passagiere.

Die Berechnung der jährlichen Einnahmen lässt sich durch eine Gleichung ausdrücken:

$$E = NFY \cdot$$

$$\left( \begin{array}{l} \text{AUS}_{\text{First}} \cdot \text{Pax}_{\text{First}} \cdot \text{Preis}_{\text{First}} \\ + \text{AUS}_{\text{Business}} \cdot \text{Pax}_{\text{Business}} \cdot \text{Preis}_{\text{Business}} \\ + \text{AUS}_{\text{Economy}} \cdot \text{Pax}_{\text{Economy}} \cdot \text{Preis}_{\text{Economy}} \end{array} \right)$$

mit:

- $E$  jährli. Einnahmen aus der Flugmission,
- $NFY$  Anzahl der Flüge pro Jahr (550 Flüge),
- $AUS$  Auslastung der jeweiligen Klasse,
- $Pax$  Max. mögliche Passagiere der jeweiligen Klasse,
- $Preis$  Ticketpreis in der jeweiligen Klasse.

Es wird nun angenommen, das die Unterhaltungssysteme alleine durch zusätzliche Passagiere in der Economy Klasse finanziert werden sollen. Anstelle der jährlichen Einnahmen  $E$  werden die direkten Betriebskosten  $DOC$  eingesetzt. Dadurch vereinfacht sich die Gleichung und ergibt umgestellt nach der Auslastung  $AUS$ :

$$AUS = \frac{DOC}{NFY \cdot \text{Pax}_{\text{Economy}} \cdot \text{Preis}_{\text{Economy}}}$$

Anhand der Gleichung wurde die Auslastung abgeschätzt, die benötigt wird, um die Systeme ohne Mehraufwand einsetzen zu können. Die Ungenauigkeit dieser Abschätzung besteht darin, das einige zusätzliche Kostenelemente, die durch die zusätzlichen Passagiere entstehen, vernachlässigt werden:

- Kraftstoffkosten durch das Mehrgewicht der zusätzlichen Passagiere (und deren Gepäck),
- Kosten für die Mehrleistung der Kabinensysteme (z.B. Klimaanlage) durch zusätzliche Passagiere,
- Kosten für zusätzliche Mahlzeiten,
- Kosten für den gestiegenen Verwaltungsaufwand (z.B.

durch Buchungen).

Die Auslastung kann nun in Mehrpassagieren ausgedrückt werden (TAB 2). Wie man erkennt, ist die benötigte zusätzliche Auslastung nicht sehr hoch. Auf das vorgegebene Standardlayout bezogen, ermöglichen drei Passagiere in der Economy Klasse pro Flug die Finanzierung für ein Video On Demand- System im gesamten Flugzeug. Diese Betrachtung berücksichtigt jedoch nur die Systemkosten mit den oben dargestellten Annahmen, zusätzlich müssen Lizenzrechte für Filme und Videospiele hinzugerechnet werden.

TAB 2. Mehrpassagiere in der Economy Klasse zur Finanzierung der direkten Betriebskosten von Unterhaltungssystemen.

Unterhaltungssystem	Mehrpasagiere
Audio	0,3
Overhead Video	0,7
In Seat Video	1,6
Interactive	2,0
Video On Demand	2,5

#### 4. SCHLUSSBEMERKUNG

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit Betriebskosten von Passagiersitzen und Unterhaltungssystemen. Bei letzteren wird über den Flugscheinpreis der Bezug zur notwendigen Passagierauslastung vorgestellt, was eine Kostendarstellung in einer leichter einschätzbaren Größe ermöglicht. Die Arbeit hat damit gezeigt, das eine Bewertung von Kabinensystemen durch eine monetäre Betrachtung mittels Betriebskostenberechnung mit relativ wenigen Eingangsparametern möglich ist.

Der Autor dankt allen, die ihn bei der Ermittlung der Daten unterstützt haben. Besonderer Dank geht an die Betreuer Herr Mauritz von der DaimlerChrysler Forschung, sowie Herr Prof. Dr. Scholz von der Fachhochschule Hamburg.

#### 5. LITERATURVERZEICHNIS

- [1] SCHOLZ, D.: *Flugzeugentwurf, Vorlesungsskript*, Hamburg: Fachhochschule Hamburg, 2000
- [2] SCHOLZ, D.: *DOC<sub>SYS</sub> - A Method to Evaluate Aircraft Systems*, Neu Wulmsdorf: Applied Science, 1999

# DER FLUGGASTSITZ

## SCHNITTSTELLE ZWISCHEN PASSAGIER (KUNDE) UND FLUGZEUG

Frank-H. Schoenenberg (C. Majunke)  
AIDA Development GmbH  
Karl-Kurz-Strasse 36 74523 Schwäbisch Hall

### 1. KURZREFERAT

Der Fluggastsitz ist das Bindeglied zwischen Passagier und Flugzeug. Dabei haben Passagier und Betreiber zum Teil unterschiedliche Anforderungen an einen Sitz.

Diese Abhandlung gibt einen ersten, groben Einblick an die Anforderungen, die im Bezug auf die Aufgaben, die Zulassung, die Konstruktion und die Ausstattung an einen Fluggastsitzes gestellt werden.

### 2. ZIELE UND WERTE

Die beiden grundlegenden Ziele, beziehungsweise Aufgabengebiete eines Fluggastsitzes sind einfach zu definieren. Sie sind beschränkt auf die **Bereitstellung eines sicheren und komfortablen (ergonomisch optimierten) Sitzplatzes** für den Passagier, d.h. den Kunden der Luftfahrtgesellschaft, im normalen Flug und im Notfall auf die **Bereitstellung passiver Sicherheit** die dem Passagier entsprechend Schutz bietet.

Diese zwei Aufgaben sind jedoch in keiner Weise ausreichend – weder für den Passagier, noch für den Betreiber (i.A. eine Fluggesellschaft).

#### 2.1. Sicht des Passagiers

Der Grund, warum ein Reisender die Kabine eines Flugzeuges überhaupt betritt ist so alt, wie der Gedanke der Fliegerei selbst: er will möglichst schnell und bequem von einem Ort zu einem anderen gelangen. Das Reiseerlebnis des Passagiers beginnt dabei mit dem eigentlichen Betreten der Kabine selbst.

Das bedeutet, der Passagier erlebt das Flugzeug bewusst lediglich von innen. Automatisch werden die ersten Gefühle und Eindrücke die dabei entstehen direkt auf die Technik des gesamten Fluggerätes übertragen. Immer wieder hören wir Aussprüche wie *„Die xyz Airline kann nicht gut sein, schau dir doch nur mal den Zustand der Kabine an. Ich möchte gar nicht erst wissen wie es da im Triebwerk aussieht“*.

Während des Fluges verbringt der Passagier die meiste Zeit in seinem Sitz. Er assoziiert wie gesagt das Ambiente der Kabine und der Sitze mit dem Flugzeug. Dabei ist der Sitz auf dem der Passagier Platz genommen hat das direkte Interface zwischen ihm und dem Flugzeug. Somit

kann das Flugerlebnis des Passagiers reduziert werden auf den Blick aus dem Fenster und das Sitzen in seinem Fluggastsitz.

Daher kommt der Gestaltung des Innenraumes und insbesondere der des Fluggastsitzes heutzutage eine immer höhere Bedeutung zu:

- Ein falsch geformter Sitz wird auf Dauer unbequem und kann zu schweren körperlichen Schäden führen.
- Ein zu harter Sitz gibt Böen und Vibrationen zu hart wider.
- Ein zu weicher Sitz stützt den Körper speziell auf langen Reisen zu wenig.
- Zu filigran ausgebildete Sitzstrukturen wirken unsicher.
- Leichte „Designersitze“ vermitteln das Gefühl von nicht ausreichend vorhandener Sicherheit im Ernstfall.

Der Fluggastsitz ist also für den Passagier das Aushängeschild sowohl für das Flugzeug, als auch für die Airline. Für den Passagier ist die Kabine, vor allem der Sitz das, was er vom ganzen Flugzeug mitbekommt und mit dem er den Flug verbindet.

Ein gut gestalteter Sitz in einem wohl abgestimmten Interieur schafft eine gediegene Atmosphäre, in der sich der Passagier wohl fühlt. Er fühlt sich sicher und wird, sofern die übrigen Leistungen stimmen gerne wieder mit dieser Fluggesellschaft fliegen.

#### 2.2. Sicht des Betreibers

Der Betreiber des Flugzeuges, die Fluggesellschaft, ist bestrebt den Wünschen des Passagiers gerecht zu werden und ihm einen komfortablen Sitz anzubieten. Allerdings muß die Fluggesellschaft berücksichtigen, daß der Sitz intensiv über einen langen Zeitraum von vielen verschiedenen Personen genutzt und „bedient“ wird.

Daher ist es wichtig, dass der Sitz von seiner Bedienung her selbsterklärend ist und dass Beanspruchungen, wie sie im praktischen Betrieb durchaus vorkommen (verschüttete Getränke oder Speisen, Abstützen auf Tischen oder Armlehnen), keine bleibenden Schäden am Sitz hinterlassen. Darüber hinaus muss der Sitz sich leicht reinigen und reparieren lassen.

Daneben ist es für die Airline wichtig, daß das Gesamtgewicht des Flugzeuges durch die Sitze nicht unnötig

erhöht wird. Allerdings ist eine extreme Verteuerung bei nur minimal reduziertem Gewicht auch nicht gewünscht.

Die Airline betrachtet den Sitz also als langlebiges Wirtschaftsgut, der Bestandteil des Flugzeugs ist. Damit muß der Sitz leicht sein, geringen Wartungsaufwand nach sich ziehen und preiswert in der Anschaffung sein.

### 2.3. Zusammenfassung

Der Fluggastsitz hat also klar umgrenzte Aufgaben. Diese werden jedoch je nach Betrachtungsweise (Passagier oder Airline) ganz unterschiedlich interpretiert.

Ein gutes Sitzsystem muß daher alle diese Aufgaben und Ziele erfüllen. Hierzu sind umfangreiche Kenntnisse in Entwicklung und Bau von Passagiersitzen erforderlich.

## 3. EINTEILUNG

Spricht man von Fluggastsitzen muß erst definiert werden, welche Art Fluggast gemeint ist. Ist es der Geschäftsmann, der in seinem Privatjet Kunden besucht, der Ausflügler, der im Zeppelin das Alpenpanorama bewundert, oder den Urlauber der, je nach Geldbeutel, in der Touristen- oder Business Klasse im Großraumflugzeug unterwegs ist. Oder ist es vielleicht der Flugbegeisterte, der in einem Flugzeug der General Aviation vorzugsweise nur zum Spaß fliegt.

Alle werden auf Sitzen in Flugzeugen transportiert. Jedoch entsprechen diese keinem einheitlichen Muster und sind völlig unterschiedlich. Auslegungsparameter, Konstruktionsphilosophie und Zulassung unterscheiden sich deutlich und lassen sich nur sehr schwer oder gar nicht miteinander vergleichen.

Nachdem einleitend eine kurze Betrachtung dieser unterschiedlichen Sitztypen vorgenommen wird, beschäftigt sich diese Abhandlung im weiteren ausschließlich mit den „klassischen“ Fluggastsitzen, d.h. denjenigen die in einem Großraumflugzeug (Airbus, Boeing, u.a.) Verwendung finden.

### 3.1. General Aviation

Unter der allgemeinen Luftfahrt versteht man in diesem Zusammenhang ein- und zweimotorige Flugzeuge mit zwei bis acht Sitzplätzen. Die Sitze dieser Flugzeuge müssen den Zulassungsbedingungen der JAR/FAR 23 genügen. Entwicklung und Bau dieser Sitze erfolgt nicht von speziellen Sitzherstellern, sondern vom Hersteller des Flugzeuges selbst und sind deshalb in keinster Weise vergleichbar und folgen auch keiner speziellen Konstruktionsrichtlinien. Hier finden wir von der einteiligen festen Sitzschale aus Faserverbundmaterial bis hin zum verstellbaren Sitz auf einem Stahlrohrgerüst alles vor. Eine nähere Betrachtung erfolgt nicht.

### 3.2. Commuter

Ein Commuter ist ein Passagierflugzeug mit bis zu 19 Passagieren, zugelassen nach JAR/FAR 23. Der Rumpfdurchmesser eines Commuters ist eher klein, weshalb

der ohnehin sehr schmale Mittelgang oftmals abgesenkt ist.

Die verwendeten Sitze sind stark mit den auf dem Markt befindlichen Economy Class Sitzen verwandt (siehe auch nachfolgende Kapitel). Sie sind jedoch in Bezug auf Gewicht und Funktionalität deutlich reduziert. So besitzen ca. 85% der Sitze keinerlei Verstellmöglichkeit. Einen weiteren strukturellen Unterschied finden wir in der Sitzbefestigung. Aufgrund der limitierten Platzverhältnisse, insbesondere im Fußbodenbereich, finden wir bei Commuter Sitzen in der Regel eine Wandanbindung, das heißt die Außenseite der tragenden Sitzstruktur wird direkt über einen Adapter mit einer in der Seitenwand verlaufenden Schiene verbunden.

Sitze für Commuter werden im Allgemeinen vom Flugzeughersteller direkt gekauft und mit dem Flugzeug zugelassen (SFE - Seller Furnished Equipped). Der Kunde, in diesem Falle die Airline (Betreibergesellschaft) kauft also ein voll ausgestattetes Luftfahrzeug.

### 3.3. Regioliner

Die Bezeichnung Regioliner ist keine offizielle, sie hat sich jedoch für Flugzeuge mit bis zu 100 Sitzen durchgesetzt. Flugzeuge dieser Art sind nach JAR/FAR 25 zugelassen. Die Sitze müssen daher, ebenso wie das ganze Flugzeug erheblich höheren Ansprüchen genügen als die zuvor genannten.

Die Ausführungen der Sitze sind sehr unterschiedlich. Bei den kleineren JAR/FAR 25 Flugzeugen bis ca. 50 Sitzplätze, finden sich ähnliche Sitze wie in den Commutern, sind also oftmals nicht verstellbar. In den größeren Regiolinern finden sich hingegen Sitze, die sich eher an den in Airlinern eingesetzten orientieren. Sie sind jedoch oftmals deutlich kompakter und kleiner gebaut.

Fluggesellschaften beziehen die Sitze für Regioliner oftmals direkt bei einem anerkannten Sitzhersteller ihrer Wahl. Daraus folgt, daß dieser Sitzhersteller ein zugelassener Herstellungsbetrieb sein muß, der sein Produkt nach den einschlägigen Vorschriften qualifiziert.

### 3.4. Airliner (Narrow Body & Wide Body)

Wie der Regioliner ist auch der Airliner keine offizielle Bezeichnung für eine Flugzeugkategorie. Allgemein versteht man hierunter jedoch alle Flugzeuge mit mehr als 100 Sitzen.

Im allgemeinen unterscheidet man hier lediglich noch zwischen den sogenannten „narrow body“ Flugzeugen, d.h. Flugzeuge mit nur einem Mittelgang und den „wide body“ Flugzeugen, welche zwei Gänge aufweisen.

Wie bei den Regiolinern müssen Sitze, wie auch das Fluggerät selbst dabei den Anforderungen der JAR/FAR 25 genügen. Und auch hier werden die Sitze vom Betreiber oftmals direkt bei einem Sitzhersteller bezogen, der ein qualifiziertes und zertifiziertes Produkt anbietet.

Dieses Segment der Fluggastsitze wird unterteilt in die Bereiche Tourist Class, Business Class, First Class. Diese folgen alle den gleichen Konstruktionsparametern und unterscheiden sich lediglich in den Abmessungen und den Komfortoptionen die sie bieten (Beinauflage, Lordosenstütze, Kopfstütze, etc.). Seit neuestem hält hier eine „vierte“ Klasse Einzug, die zwischen der bisherigen Business und der Economy Klasse angesiedelt ist und in der Regel mit „business traveler“ bezeichnet wird.

### 3.5. Executives

Als letztes bleibt noch der Sitz für die Executive Aircraft (Business Jets) zu erwähnen. Hierbei handelt es sich im Allgemeinen um luxuriös ausgestattete Einzelsitze die auf Drehgestellen im Flugzeug angebracht sind. Auch diese Sitze werden von speziellen Sitzlieferanten hergestellt und von den Betreibern i.d.R. direkt bezogen. Der Sitz selbst unterscheidet sich grundlegend vom Standard Fluggast-sitz und hat auch andere Auslegungsparameter. Diese liegen hier mehr im Bereich Optik und Luxus als im Bereich Gewicht und Kosten.

Auch dieser spezielle Sitz wird im weiteren der Abhandlung explizit nicht berücksichtigt.

### 3.6. Sonderbauweisen

Als Sonderform hat sich seit 1997 der sogenannte „Convertible Sitz“ insbesondere im Nahstreckenbereich durchgesetzt. Dabei handelt es sich um ein Konzept, bei dem durch Umstellen der Sitze aus einer Sitzreihe mit zwei Dreiersitzen eine Sitzreihe mit einem Zweiersitz und einem Dreiersitz größerer Sitzbreite wird. Der Sitz hat im Wesentlichen die Eigenschaften eines Economy Sitzes, besitzt aber nach der Konvertierung eine größere Sitzbreite und wird in der Business Class auf Kontinentalflügen in Europa angeboten. Der Business Sitz unterscheidet sich abgesehen davon sonst nicht von einem Sitz der Economy Class.

## 4. ZULASSUNGSLANDSCHAFT

Im weiteren wird ausschließlich das Umfeld des klassischen Fluggastsitzes (Commuter, Regioliner, Airliner (NB und WB)) betrachtet.

### 4.1. JAR/FAR 25

Die JAR/FAR 25 (Transport Airplanes/Large Airplanes) regelt allgemein die Zulassung von großen Flugzeugen und deren Einbauten.

Die Anforderungen sind so formuliert, daß der Sitz sämtlichen Betriebslasten widerstehen muß. Darüber hinaus sind Lasten für Notlandungen definiert:

- statisch:
 

9g	forward
4g	sideward
3g	upward
6g	downward
1,5g	rearward
- dynamisch:
 

16g	forward
14g	downward

Die jeweils größeren Belastungen aus Fluglasten und Notlandebedingungen sind zu erfüllen. Ebenso sind Brandschutzforderungen definiert, denen das gesamte Interieur genügen muß.

Im Allgemeinen wird ein Airliner, anders als Commuter und i.d.R. Regioliner, nicht zusammen mit seinen Sitzen nach JAR/FAR 25 zugelassen. Würde man dies tun, so ist das Flugzeug mit seinen Sitzen in einem bestimmten Layout als eine Einheit zertifiziert. Eine nachträgliche Änderung von Layout oder die Verwendung alternativer Passagiersitze ist nur schwerlich möglich.

Aus diesem Grund wird das Flugzeug meist ohne Sitze zugelassen. Anschließend werden in das Flugzeug zugelassene Sitze in einem zertifizierungsfähigem Layout (Sitzanordnung in der Kabine) eingebaut.

### 4.2. JTSO/TSO-C125 und SAE AS8049a

Die JTSO/TSO-C127a (Aircraft Seats and Berths ) ist das derzeit gültige Verweisdokument und Basis für die Zulassung von Fluggastsitzen. Sie verweist auf die SAE AS 8049a (Performance Standard for Seats in Civil Rotorcraft, Transport Aircraft and General Aviation Aircraft).

Dieses Dokument ist die entscheidende „Vorschrift“ für die derzeitige Sitzentwicklung, obwohl es im eigentlichen Sinne keine Vorschrift ist. Sie wird es erst durch die verbindliche JTSO/TSO-C127a, die auf diese SAE Norm verweist.

Hierin sind die notwendigen Strukturtests, Brandtests und der detaillierte Ablauf der Zulassung festgelegt. Kernpunkte sind:

- Static Tests:
 

9g	forward
4g	sideward
3g	upward
6g	downward
1,5g	rearward
- Dynamic Tests:
 

16g	forward
14g	downward
- Belastung des Passagiers
- Messwerterfassung
- Brandschutz
- Dokumentation

Bei den statischen Tests wird die Prüfkraft quasistatisch über einen Body Block aufgebracht, der mit dem sitzeigenem Gurt befestigt wird. Die Prüfkraft ergibt sich aus der Inertialkraft von Sitzmasse, 77kg Passagier und allen sonstigen durch den Sitz zurückzuhaltenden Massen (einschließlich Gepäck unter dem Sitz).

Bei den dynamischen Tests ist eine Vorschädigung des Bodens in Form einer definierten Verformung der Sitzschienen gegeben und leitet so Zwangskräfte in das Sitzgestell.

Der Sitz ist bei den Crashtests mit Dummies besetzt. Diese nehmen einen Teil der Meßsensorik auf.

### 4.3. Hersteller

Eine Sitzzulassung nach JTSTO/TSO-C127a stellt eine Zulassung nach Mindestanforderungen dar. Daher haben die Flugzeughersteller ihrerseits Sitzspezifikationen veröffentlicht.

Diese Anforderungen sind höher als die der JTSTO/TSO-C127a. Auswirkungen hat dies vor allem auf die statische Festigkeit und die sogenannten Handling Loads.

Erhöhte Anforderungen an die statische Festigkeit sind erforderlich, weil einige Flugzeuge höhere Lastvielfache bei Böen erzeugen, als die Notlandebedingungen aus der JTSTO/TSO-C127a festlegen. Beispiel AIRBUS A320:

- Notlandebedingung: 6.0g downward
- Böenlast: 8.6g downward

Handling Loads, also statische Lasten auf Sitzbauteile in der Größenordnung wie sie von Passagieren aufgebracht werden können (Armlehne, Rückenlehne, Tische etc.) sind zwar in der SAE AS8049a definiert, werden jedoch durch die JTSTO/TSO-C127a nicht zu Zulassungsbedingungen. Die Flugzeughersteller legen hierauf jedoch großen Wert und haben diese Lasten in ihren Lastenheften spezifiziert.

Ebenfalls nicht von der JTSTO/TSO-C127a abgedeckt, zum Einsatz in Flugzeugen jedoch eminent wichtig, sind die Lasten, die vom Sitz in die Sitzverankerungen im Flugzeug (Sitzschienenlasten) eingeleitet werden. Diese Werte finden sich ebenfalls in den Vorgaben der Flugzeughersteller.

Brandschutzforderungen nichtmetallischer Werkstoffe sind in der JTSTO/TSO-C127a spezifiziert, beschränken sich jedoch i.A. auf die Brenndauer dieses Bauteils. Auch hier werden die Anforderungen erweitert, indem nicht nur Brenndauer, sondern auch Rauchentwicklung und Toxizität spezifiziert sind.

Ein Sitz zur Installation im Flugzeug muß in den zur Verfügung stehenden Bauraum passen. Deshalb ist der Mindestabstand zu Seitenverkleidungen und Dekompressionspaneelen ebenso definiert, wie Sitzschienenabstände, freizuhaltende Fluchtwege etc.

Daneben bestehen noch weitere Forderungen, wie Lebensdauer, Wartbarkeit, Gepäckunterbringung, Verstellbarkeit, etc.

### 4.4. Betreiber

Viele Airlines spezifizieren ihrerseits Fluggastsitze über die Farbgebung hinaus. Die Anforderungen sind oft nochmals höher, als die der Flugzeughersteller. Vorzugsweise werden nochmals Handling Loads spezifiziert, um den Sitz gegen Vandalismus zu schützen. Die von den Betreibern vorgegebenen Handling Loads sind die höchsten überhaupt.

Ebenso wichtig ist, daß ein Fluggaststz leicht zu reinigen ist. Die verwendeten Materialien sollen Schmutz nicht

leicht annehmen und darüber hinaus leicht zu reinigen sein (feuchter Lappen oder gar Waschmaschine).

Je nach Gepäcklogistik und Art der Abfertigung der Passagiere unterschiedet sich auch die Forderung nach der Möglichkeit, Gepäck unter dem Sitz verstauen zu können.

### 4.5. Lastenheft

Aus allen bestehenden Zulassungsforderungen und Spezifikationen von Behörden, Flugzeugherstellern und Betreibern kann nun ein Lastenheft aufgestellt werden, welches die nötigen Anforderungen an den Fluggaststz möglichst exakt beschreibt.

Es ist auffällig, daß mit Erfüllung der Forderungen der Airlines bereits alle anderen Spezifikationen und Zulassungsforderungen erfüllt werden:

- Die Betreiber beschreiben einen Sitz, der die Forderungen nach JAR/FAR 25, der JTSTO/TSO-C127a und der Flugzeughersteller erfüllt und fordert zusätzlich noch eigene Punkte.
- Der Flugzeughersteller beschreibt einen Sitz, der neben eigenen Ansprüchen die Forderungen nach JAR/FAR 25 und der JTSTO/TSO-C127a erfüllt.
- Wird ein Sitz nach JTSTO/TSO-C127a zertifiziert, sind nur die Mindestanforderungen dieses Dokumentes zu erfüllen. Die JAR/FAR 25 ist hierin mit abgedeckt.
- Wenn ein Flugzeug mit Sitzen zugelassen werden soll, ist nur die JAR/FAR 25 zu beachten.

Aufgrund dieser Systematik kann die Zertifizierung auch einfach als

### BABUSCHKA - PRINZIP

Beschrieben werden. Wie bei diesen ineinander geschachtelten Figuren kann man durch Abdecken der obersten Ebene der Forderungen alle anderen darunterliegenden erfüllen.

## 5. ENTWICKLUNGSPHILOSOPHIE

Betracht man die Entwicklung von Fluggastsitzen seit Anfang der 30er Jahre, so wird man feststellen, daß sich die Sitze von damals und die modernen Fluggastsitze von heute auf den ersten Blick nur wenig voneinander unterscheiden. Sicherlich genügen die Sitze heute anderen Designansprüchen, werden mit besseren Herstellungsmethoden gefertigt, sauberer verarbeitet und gewähren weit aus höhere passive Sicherheit, der grundsätzliche Aufbau der Sitze hat sich aber nur wenig verändert.

Wie damals besteht auch heute noch ein Sitz aus den Hauptbaugruppen

- Sitzfüße
- Traggestell mit Sitzteilern
- Sitzboden
- Rückenlehnen mit Eßtischen
- Armlehnen

Dies liegt sicher auch mit daran, daß sich – abgesehen von höheren Festigkeitsforderungen und Sicherheitsan-

sprüchen - die Anforderungen an einen Fluggastsitz nicht, oder nur unwesentlich geändert haben. Diese werden nachfolgend beschrieben.

Im wesentlichen sollen in diesem Kapitel nun die Sitze betrachtet werden, die 90% der Sitzkapazität im Flugzeug darstellen, nämlich die Economy Class Sitze.

### 5.1. Magisches Dreieck

Nach Festlegung der Anforderungen von Kunden und Flugzeughersteller, sowie Bestimmung der einzuhaltenen Vorschriften gilt es festzulegen wie die Gewichtung der im Widerspruch stehenden Parameter **Kosten, Gewicht** und **Zuverlässigkeit** zu erfolgen hat.

Diese Fragestellung kann nicht allgemeingültig beantwortet werden und hängt von der spezifischen Aufgabenstellung des Sitzherstellers ab. Grundsätzlich ist jedoch die Gewichtsfrage von entscheidender Bedeutung, da sich über die Anzahl der Sitze und die Nutzungsdauer ein direkter geldwerter Vorteil für die Airline errechnen läßt, der sich durchaus beim Verkauf des Sitzes Erlösen läßt. Überdies kann ein schwerer Sitz dazu führen, das bestimmte Ziele aufgrund zu hoher Beladung nicht mehr angefliegen werden können. Aus diesen Gründen wird dem Gewicht immer höchste Aufmerksamkeit geschenkt.

### 5.2. Modularität

Basierend auf der Tatsache, daß die Zulassung eines Sitzes sehr viel Geld kostet, ist man bestrebt ein Basisdesign zu finden, welches dann in verschiedenen Flugzeugtypen installiert werden kann. Darüber hinaus haben Flugzeuge keinen konstanten Querschnitt, sondern sind von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich und ändern teilweise in sich Ihren Querschnitt (vorderer und hinterer Bereich des Flugzeuges). Dies führt dazu, das die Sitzstruktur grundsätzlich sehr modular aufgebaut sein muß.

Unter Beibehaltung von etwa 95% aller Teile kann der Sitz durch Abändern der vorderen und hinteren Tragrohre und durch Verschieben der Sitzfüße und Sitzteiler auf den Tragrohren leicht angepaßt werden.

### 5.3. KISS – Keep it Simple & Self-explanatory

Ein einfaches Design ist oft auch am widerstandsfähigsten und somit am besten geeignet dem unsachgemäßen Gebrauch und der mutwilligen Zerstörung durch den Passagier entgegenzuwirken.

### 5.4. 3F = Form Follows Function

Die Funktion steht im Vordergrund. Auch hier spielt wieder die Tatsache eine Rolle, daß der Sitz von Personen genutzt wird denen er nicht gehört und die deshalb teilweise sehr unsachgemäß mit ihm umgehen.

### 5.5. Ergonomie

Im Gegensatz zum Sitzen beim Fahren eines Automobils (aktives Sitzen), handelt es sich beim Sitzen in einem

Fluggastsitz um das sogenannte passive Sitzen, welches ergonomisch gesehen von völlig anderen Auslegungsparametern ausgeht.

Beim passiven Sitzen im Flugzeug wird der Sitz wesentlich öfter verstellt (Wechsel der Sitzposition). Dabei bietet ein Flugzeugsitz im Vergleich zum Autositz wesentlich weniger Einstellmöglichkeiten (Anpassung an individuelle Körpermaße wie Lordose, Sitztiefe, etc.). Aus diesem Grunde wird eine einheitliche „Sitzkurve“ angestrebt, die für ein breites Spektrum an Nutzern ausreichend Komfort bietet. Auf Einstellelemente wird weitestgehend verzichtet, da diese Gewichtsnachteile mit sich bringen und anfällig gegenüber Störungen (KISS) sind.

## 6. KINEMATIK

Auch in diesem Kapitel soll im wesentlichen auf die Kinematik von Sitzen der Economy Class eingegangen werden.

Heutige Sitze in der Business oder gar in der First Class sind unter diesem Gesichtspunkt betrachtet wahre Maschinen und bieten eine Vielzahl von Einstell- und Verstelloptionen. Sie lassen sich heutzutage bis hin zu einem kompletten Bett konvertieren und weisen eine entsprechend komplexe Kinematik auf. Dies wird an dieser Stelle nicht näher betrachtet.

### 6.1. Körperstützen

Unter Körperstützen werden in diesem Kapitel zusammengefaßt:

- Rückenlehne
- Armlehne
- Fußstütze

Auch wenn ein Passagiersitz nur wenig Ein- und Verstellmöglichkeiten hat, So ist doch zumindest die Rückenlehne und die Armlehne beweglich. Immer mehr Sitze weisen aber auch in der Economy Class bewegliche, mit der Rückenlehne gekoppelte Sitzböden, die sogenannten „Articulating Seat Pans“ auf.

Bei den meisten Verstellmöglichkeiten handelt es sich um Bewegungen um eine Achse. Bewegungen dieser Art sind sehr einfach zu realisieren (Metallachse und Kunststoffbuchse), eine Limitierung wird über einfache Anschläge bewerkstelligt.

Rückenlehne und Fußstütze sollen den Körper stützen und dabei stufenlos justierbar sein. Hierzu verwendet man blockierende Gasfedern, die über ein mit einem Bowdenzug betätigtes Ventil freizugeben sind.

Schwenkbewegungen um Achsen können auf Langlebigkeit gut dimensioniert werden. Möglich ist dies aber nur, wenn die Schwenkachse innerhalb der zu schwenkenden Struktur liegt. Liegt die Achse außerhalb, ist auf einen Viergelenkbogen oder Gleitschienen auszuweichen. Da dies jedoch festigkeitsmäßig problematisch ist und nur durch üppige und damit schwere Dimensionierung beherrschbar ist, werden solche Bewegungen gerne vermieden.

## 6.2. Tische

Es werden zwei verschiedene Tischsysteme verwendet:

- Tisch aus der Rückenlehne ausklappbar.
- Tisch aus der Armlehne ausklappbar.

Der Standardtisch bei allen Sitzsystemen ist der aus der Rückenlehne auszuklappende. Dieser besteht aus der eigentlichen Tischplatte und zwei Tragarmen. Diese Tragarme sind üblicherweise an der gleichen Achse aufgehängt wie die Rückenlehne (Minimierung von Baueilen, keine Relativbewegung zwischen den Teilen).

Der in die Armlehne integrierte, ausklappbare Tisch (IAT – In Armrest Table) wird nur dort eingesetzt, wo kein Vordersitz in Reichweite des Rückenlehntisches zur Verfügung steht. Der IAT ist mehrfach faltbar und in der Regel in der Länge verschiebbar. Untergebracht ist er in einer kastenförmigen Verkleidung seitlich des Sitzes.

Aufgrund ungünstiger Hebelarme und seiner komplizierten Schwenkgeometrie ist der aus Aluminium gefertigte IAT recht massiv gebaut und daher relativ schwer (ca. 3kg incl. aller Verkleidungen). Daher, und aufgrund der hohen Zusatzkosten, wird er nur an ausgewählten Sitzplätzen eingesetzt und wenn immer möglich vermieden.

Bei höherwertigen Sitzen (i.d.R. ab der Business Class) kommt er jedoch standardmäßig zum Einsatz.

## 7. PASSIVE SICHERHEIT

In der Vergangenheit ist die passive Sicherheit des Passagiers kontinuierlich gesteigert worden. Die Einführung des Gurtes (in Omnibussen erst seit 1999 Pflicht) liegt schon lange zurück. Seit Inkrafttreten der JTSA/TSO-C127a sind auch dynamische Strukturtests obligatorisch. Die Auswirkung eines dynamischen Aufpralls auf den Passagier wird ebenfalls untersucht (Kopfaufschlag, Knieaufschlag, Wirbelsäulenlasten).

Im Folgenden sollen die verschiedenen Methoden des Insassenschutzes erläutert werden.

### 7.1. Gurt

Bei allen Passagiersitzen im Flugzeug ist ein Gurt vorgeschrieben. Es findet ohne Ausnahme ein zweiteiliger Statik-Beckengurt Verwendung. Der Gurt ist selbstausrichtend am Sitzteiler befestigt. Durch Schnellverschlüsse kann der Gurt zur Reinigung vom Sitz abgenommen werden.

Zur Unterstützung des Gurtes und um übermäßige Vorverlagerung des Passagiers im Crashfall zu vermeiden ist die Struktur der Sitzfläche moderner Sitzsysteme unterhalb der Polsterung als „Anti-Submarining Ramp“ ausgeformt. Durch diese Konturierung (schräg nach obenverlaufende Rampe an der Vorderseite der Sitzbodenstruktur) wird der Passagier in Kombination mit dem Beckengurt besser im Sitz gehalten und das gefürchtete Submarining (das Hinwegtauchen des Passagiers unter den Gurt) verhindert.

Automatikgurte werden beim Beckengurt nicht eingesetzt. Aufgrund der Gurtgeometrie kann der Retraktor nicht schnell genug ansprechen um ausreichend Sicherheit zu gewähren. Würde man einen empfindlicheren Retraktor einsetzen, kann der Gurt nicht zügig angelegt werden (vgl. einige Automatikbeckengurte in Cabriolets). Zudem könnte man einen solchen Gurt nicht einfach abnehmen und reinigen (Waschmaschine).

Der typische Bewegungsablauf des Passagiers, der durch einen Beckengurt gesichert ist, besteht aus folgenden Stadien:

- Beginn des Impacts
- Vorrutschen des Passagiers im Sitz in ursprünglicher Sitzhaltung
- Straffen des Gurtes
- Herunterpressen des Passagiers auf die Anti-Submarining Ramp
- Einleiten einer Klappmesserbewegung mit dem Becken als Drehpunkt (näherungsweise)
- Aufschlag des Kopfes auf den Vordersitz
- Abklingen der Bewegung

### 7.2. Airbag

Betrachtet man den oben geschilderten Bewegungsablauf, so kann ein Airbag den Passagier insofern zusätzlich schützen, als daß der Kopfaufschlag verhindert, oder zumindest abgeschwächt wird.

Bei den neuesten Entwicklungen im Bereich der Gurte ist der Airbag integrierter Teil des Beckengurtes. Bei Aktivierung bläst er sich zwischen Kopf und Rückenlehne des Vordersitzes auf.

Bislang ist noch kein Airbag mit Zulassung erhältlich. Die Versuche und Demonstrationen lassen jedoch darauf schließen das noch in diesem Jahr entsprechende Systeme am Markt erhältlich sein dürften.

### 7.3. Energieabsorption

Wird ein starrer Fluggastsitz einem dynamischen Crash-test unterzogen, so ergeben sich Sitzschienenlasten, die in der Regel wesentlich höher sind, als die im Flugzeug eingesetzten Verankerungen erlauben.

Die kinetische Energie die beim Aufprall frei wird ist zu groß, um sie ungedämpft an die Flugzeugstruktur weitergeben zu können. Daher sind moderne Sitzsysteme mit Sitzfüßen ausgestattet, die in der Lage sind, zumindest einen Teil der Energie zu absorbieren.

Hierbei sind zwei verschiedene Systeme am Markt etabliert.

Die erste Möglichkeit besteht darin, einen gelenkigen Sitzfuß aufzubauen, der mit einem statisch steifen Dämpfungselement versehen wird. Dieses Dämpfungselement ist so ausgelegt, daß es erst beim dynamischen Lastfall, einem Crash aktiviert wird und entsprechend Energie absorbiert (Wärme und Verformung). Im Normalbetrieb ist es Teil der primären Sitzstruktur.

Die zweite Möglichkeit besteht darin, die Materialeigenschaften des Sitzfußes zu nutzen und Energie über plastische Verformung beim dynamischen Lastfall zu absorbieren.

Egal welche Art der Energieabsorption angewendet wird, das Resultat bleibt das gleiche: kinetische Energie wird über plastische Verformung absorbiert. Dies bedeutet, daß der Verformungsbereich des Sitzes als Evakuierungsraum nicht zur Verfügung steht. Die logische Konsequenz ist, daß Sitze mit Verformungselementen im Sitzfuß mit einem größeren Sitzabstand installiert werden müssen als starre.

In diesem Zusammenhang muss auch darauf hingewiesen werden, dass Sitze grundsätzlich gemäß der Zulassungsbedingung nur eine Verformung von 3 inch aufweisen dürfen. Geht die Verformung des Sitzes darüber hinaus kann der Sitz nur eingeschränkt eingesetzt werden.

## 8. KONSTRUKTIONSPRINZIPIEN

### 8.1. Bauweisen

Wie bereits mehrfach erwähnt ist der Hauptgesichtspunkt bei der Entwicklung von Fluggastsitzen der Gewichtsaspekt, direkt gefolgt von den Kosten. Hier hat sich in den letzten Jahren eindeutig für die tragende Struktur das Fachwerk aus Aluminiumwerkstoffen als bester Trade-off herauskristallisiert. Neben den Gewichtsvorteilen bei niedrigen Kosten bietet diese Differentialbauweise auch eine hohe Flexibilität, die notwendig ist um den Sitz an verschiedenen Situationen im Flugzeug anzupassen (s.o. „Modularität“).

Ein weiterer Vorteil des Aluminium-Fachwerkes bei der Primärstruktur ist auch darin zu sehen, das durch einfachste Gestaltung der Sitzfüße ein Energieabsorptionsverhalten des Gesamtsitzes hergestellt werden kann, welches dazu führt, daß die Schnittlasten zur Umgebungsstruktur (Fußboden) deutlich reduziert werden.

Bei den Sekundärkomponenten (Armlehne, Rückenlehne, Beinauflage) setzt sich derzeit ein Trend zu integral gefertigten Faserverbundkomponenten durch. Erste Sitze verfügen gar über vollständig aus Faserverbundtechnik hergestellte Sitzschalen. Faserverbund im Bereich der Sitzfüße befindet sich in der Entwicklung. Der Nachteil der sich hier bei Faserverbundkomponenten ergibt, ist daß diese zu steif sind (und somit zu hohe Lasten in die Struktur einleiten) oder aber im Versagensfalle splintern (was in der Kabine nicht zulässig ist).

Dabei haben sich im Bereich der Faserverbundstrukturen zwei Fertigungsverfahren durchgesetzt.

Zum Einen ist dies die Herstellung der Komponenten als zwei miteinander verklebten Halbschalen die im Autoklaven mit Pre-Pregs gefertigt wurden.

Zum Anderen handelt es sich um ein Fertigungsverfahren, bei dem die Bauteile in einem Werkzeug unter Hitze

und Druck gepreßt werden und so innerhalb weniger Stunden aus der Form fallen.

Die Verwendung von Faserverbundmaterialien hat derzeit noch das Problem der hohen Kosten für die Qualifizierung und der Reproduzierbarkeit der Bauteile in der Fertigung. Aus diesem Grunde können die Gewichtsvorteile nicht voll genutzt werden und man setzt diese Teile derzeit lediglich im Bereich der Sekundärstruktur ein.

### 8.2. Werkstoffe

Bei der Wahl der Werkstoffe ist neben dem Gewicht bei vertretbaren Kosten insbesondere auf die Brennbarkeit und die Rauchgasemission zu achten (insbesondere bei den Kunststoffen). Allgemein kommen nachfolgende Materialien zur Anwendung:

- Eisenmetalle (i.A. nur bei Beschlägen)
- Nichteisenmetalle (i.A. Aluminium)
- Kunststoffe, insbesondere Polycarbonat. Faserverbundwerkstoffe mit speziellem Matrixwerkstoff (Epoxydharz mit Additiven zur Gewährleistung der Brandschutzforderungen).

### 8.3. Fertigungsmethoden

Bei der Fertigung von Fluggastsitzen der heutigen Generation kommen im Wesentlichen nachfolgende Fertigungsverfahren zur Anwendung:

- Blechumformung (Gummiumformung)
- Extrudieren und Umformen bei Kunststoffteilen
- Drehen, Fräsen, Gießen
- Autoklave oder Pressformen für Faserverbundmaterialien

Es ist anzumerken, daß aufgrund der existierenden hohen Variantenvielfalt auf Gußteile nur bei Bauteilen zurückgegriffen wird, die sich im Laufe eines Sitzlebens nicht ändern und bei denen auf ein Verformungsverhalten verzichtet werden kann. Dies ist insbesondere bei Bauteilen der Primärstruktur, wie den vorderen Sitzfüßen und bestimmten Sitzteilern der Fall.

Hier heben einige Sitzhersteller das enorme Kostenpotential welches sich bei der Serienfertigung unter der Verwendung von Gussteilen ergibt, ohne das sie sich in Ihrer Variantenvielfalt einengen lassen müssen.

### 8.4. Zusammenfassung

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß ein heutiger Fluggastsitz wie folgt aufgebaut ist:

Baugruppe	Bauweise	Material	Fertigungsverfahren	Besonderheiten
<b>Sitzfüße</b>	Differential	Aluminium	Fräs- oder Gussteile, je nach Standardisierungsgrad.	Anschlusselemente zur Sitzschiene (Fitting) aus Stahl.
<b>Traggestell</b>	Differential	Aluminium	Sitzteiler gefräst. Tragrohre gezogen (Strangpressprofil).	Sitzteiler mit hoher Variantenvielfalt. Sämtliche Befestigungen am Tragrohr nur über Klemmung.
<b>Armlehnen</b>	Differential	Aluminium Polycarbonat	Blechteile gebogen über „Gummi-forming“. Innere Beschläge und Versteifungen als Frästeile. Verkleidungen aus Polycarbonat. Armauflage entweder Schaumkern mit Lederüberzug oder durchgeschäumtes Teil.	Hohe Variantenvielfalt durch Kundenwünsche im Bezug auf die Form und den Einbau verschiedener Funktionselemente.
	Integral	Polycarbonat	Spritzgussteil, Armauflage separat gefertigt.	
<b>Rückenlehnen</b>	Differential	Aluminium Stahl Polycarbonat	Blechteile gebogen über „Gummi-forming“. Beschläge als Frästeile. Verkleidungen aus Polycarbonat	Beschläge aufgrund hoher Lasten bei geringer Lastbasis im Einzelfall aus Stahl.
	Integral	Faserverbund	Press moulding Autoklaventechnologie	Standard für die Zukunft aus heutiger Sicht. Befestigungen und Anschraubpunkte aus Stahl in der Form integriert
<b>Esstische</b>	Differential	Aluminium Stahl Polycarbonat	Geformte und verklebte PC-Halbschalen Integrierter Stützschaum. Gefräste Führungs- und Befestigungselemente.	Bei Klapp-tischen, welche in einer Armlehene verstaut sind wird ein anderes Fertigungsverfahren angewendet (gefräste Tischplatten mit PC Einlegern).

TAB 1. Bauweise von Sitzkomponenten

Economy Class Sitze der heutigen Generation erreichen ein Minimalgewicht von etwa 10kg pro Sitzplatz (ohne Bezüge, Gurte und Schwimmweste) in ihrer Basisversion und kosten in der Herstellung je nach Fertigungsmethode ca. zwischen 800 US\$ und 1.200 US\$.

## 9. AUSRÜSTUNG DES SITZES

Bei der Ausrüstung eines Sitzes ist prinzipiell zu unterscheiden zwischen notwendigen Ausrüstungen und solche, die für den eigentlichen Zweck des Sitzes nicht notwendig sind, dem Passagier jedoch erhöhten Komfort, vor allem auf längeren Reisen, bieten.

### 9.1. Polster und Bezüge

Die Polsterung ist eine zwingend notwendige Ausstattung des Sitzes. Die zumeist nicht konturierte Rückenlehne (bei neueren Sitzsystemen wird die Sitzkurve bereits durch die Formgebung in der Sitzschale erreicht, welches

durch die Verwendung von Faserverbundmaterialien möglich geworden ist) erhält hierdurch erst ihre Form.

Bei der Sitzfläche sorgt das Polster für eine gleichmäßige Sitzdruckverteilung und kann wesentlich zur Minderung des Thrombose Problems auf Langstreckenflügen beitragen.

Mit der Gestaltung der Polster wird darüber hinaus wesentlich das Aussehen des Sitzes bestimmt und es können entscheidende Komfortparameter eingestellt werden.

Da die Form der Polster und die Wahl des Bezugstoffes (Leder oder rauer Stoff) einen erheblichen Einfluss auf das Verhalten des Passagiers im Sitz beim Crash haben kann, sind Polster und Bezug heutzutage nach den neuesten Zulassungsvorschriften integraler Bestandteil der Sitzstruktur. Das bedeutet für die Airline, dass Sie bei Wechsel der Polster (z.B. um dem Sitz ein anderes Aussehen zu geben) automatisch die dynamische Zulassung nach der TSO C127a verliert.

Aus den o.a. Gründen ist das Bepolstern des Sitzes zu einem eigenständigem Markt mit eigener Kernkompetenz geworden. Sitzhersteller und Schaumteilhersteller arbeiten eng zusammen um für den Passagier ein Optimum an Komfort und die Airline ein Maximum an Differenzierung über die Form herauszuarbeiten.

Die Polsterung besteht aus einem Sitzschaum und dem eigentlichen Bezug.

Der Sitzschaum besteht aus speziell feuerhemmendem Material und ist zudem sehr beständig gegen Durchsitzen. Er wird entweder Formgeschäumt oder als Schnittschaum (je nach Größe der anzufertigenden Serie) hergestellt. Zur Erreichung der Brandschutzforderungen werden die Polster entweder mit einem sogenannten „Fire blocker“ überzogen oder enthalten Graphitbestandteile die dann diesen zusätzlichen Überzug nicht erforderlich machen.

Der Bezug selber kann aus widerstandsfähigem Stoff oder Leder bestehen.

## 9.2. Schwimmweste

Eine Schwimmweste gehört nur dann zur Pflichtausstattung des Flugzeuges, wenn im Betrieb offene Gewässer überflogen werden. Da Flugzeuge in der Flotte einer Fluggesellschaft sehr universell eingesetzt werden, ist eine Schwimmweste de-facto dennoch notwendig.

Die Schwimmweste ist unter dem Sitz direkt an der Sitzfläche oder an einem Sitzfuß befestigt.

Alternativ kann der Sitz auch mit einem „Floatating Cushion“ ausgerüstet werden. Dabei handelt es sich um ein Sitzkissen, welches einen Auftriebskörper beinhaltet der groß genug ist um einen Passagier zu tragen. Dieser nimmt im Ernstfall das Sitzkissen welches von unten mit entsprechende Halteschlaufen ausgerüstet ist und klemmt es sich vor die Brust. Der Nachteil hierbei ist in dem Verminderten Komfort zu sehen, da der eingeschäumte Auftriebskörper i.d.R. sehr hart ist.

## 9.3. Personal Control Unit

Die Personal Control Unit (PCU) ist die Schnittstelle zum In-Flight-Entertainment (IFE) System. Mit der PCU wählt der Passagier das Programm, sowie die Lautstärke des ihm über Kopfhörer eingespielten Programmes. Der Kopfhörer wird i.d.R. ebenfalls direkt an die PCU angeschlossen.

Des weiteren beherbergt die PCU auch die Standardfunktionen „Leselicht“ und „Flugbegleiterruf“, die bei kleineren Flugzeugen üblicherweise in den Gepäckablagen oberhalb der Sitze integriert sind.

Untergebracht ist die PCU zumeist in der Armlehne.

Die PCU gehört nicht zu der eigentlichen Sitzentwicklung, sie wird auch nicht vom Sitzhersteller gefertigt. Lediglich die Installation erfolgt gemäß Kundenwunsch im Werk des Sitzherstellers.

## 9.4. Video

Wie die PCU gehört auch ein Video Bildschirm zum IFE Ausstattung des Sitzes. Alle oben erwähnten Punkte treffen auch hier zu.

Der Video Bildschirm kann in die Rückenlehne des Vordersitzes installiert werden, oder an einem eigenen Tragarm angebracht werden.

## 9.5. Telefon

Seitdem feststeht, dass individuelle Mobiltelefone die Flugzeugelektronik empfindlich stören, sind die Fluggesellschaften auf der Suche, wie dem Passagier ein ähnlicher Komfort geboten werden kann wie mit seinem eigenen Gerät.

Daher werden derzeit zunehmend Telefone in die Armlehnen integriert (ähnlich PKW). Das Telefon ist mit einem Kreditkartenlesegerät ausgestattet, um die Abrechnungsmodalitäten zu vereinfachen.

Das Telefon wird ebenfalls nicht vom Sitzhersteller bereitgestellt. Lediglich die Möglichkeit zur Unterbringung des Gerätes und die Gestaltung der Armlehne mit zu öffnendem Fach liegen in seinem Aufgabengebiet.

Da die Gebühren bei diesen Geräten recht hoch sind und ein Flugzeug insgesamt nur über wenig freie Leitungskapazität nach außen verfügt, ist die Akzeptanz dieser Geräte erfahrungsgemäß eher gering.

Häufig findet man auch eine Kombination zwischen Telefon und PCU, wobei die zweite Funktion im Bezug auf die Nutzung klar dominiert.

## 10. DER SITZ DER ZUKUNFT

Basierend auf dem heutigen Stand der Technik lassen sich im Bereich der Fluggaststühle nachfolgende Trends ausmachen:

Die Verwendung moderner Materialien, insbesondere Faserverbundstrukturen gewinnt bei den Sekundärkomponenten eine immer stärkere Bedeutung. Durch die konsequente Anwendung dieser Materialien läßt sich eine Gewichtsreduktion des Gesamtsystems Sitz um ca. 30% realisieren.

Folgend dem Zeitalter der Informationstechnologie wird es immer wichtiger auch den einfachsten Fluggaststuhl mit entsprechenden Informations- und Entertainment Komponenten auszustatten. Dabei geht der Trend weg von herkömmlichen statisch eingebauten Komponenten, hin zu kleinen und mobilen Einheiten die dem Passagier individuell angeboten werden können.

Basierend auf der Erkenntnis, dass Integral hergestellte Komponenten leichter und wesentlich unanfälliger gegenüber Störungen sind, werden in der Industrie große Anstrengungen unternommen den Sitz stärker zu standardisieren um auf Integralbauteile wechseln zu können. Dabei gilt, daß der Kunde (Betreiber-gesellschaft) weiterhin die

gleichen Individualisierungsmöglichkeiten am Sitz erhalten soll um ihn auf seine Bedürfnisse und seine Corporate Identity abstimmen zu können.

## **11. ZUSAMMENFASSUNG**

Es wurde ein erster, grober Einblick in die Komplexität der Entwicklung eines Fluggastsitzes gewährt.

Neben der Zulassungslandschaft standen vor allem die passive Sicherheit und die Konstruktionsprinzipien im Vordergrund.

Der Stand der Technik wurde anhand der Ausrüstung eines Sitzsystems erläutert.

Ein Ausblick in die Zukunft für Passagiersitze zeigte die Wichtigkeit der konsequenten Anwendung der Faserverbundtechnik. Die Weiterentwicklung des Bordentertainment und Individualisierung von Sitzsystemen wird ein weiterer bedeutender Entwicklungszweig für den Fluggastsitz der Zukunft sein.

## **12. ANKÜNDIGUNG**

Eine umfassendere Darstellung dieses Themas wird Anfang 2002 in Buchform erscheinen. Hier werden sämtliche Themen um den Sitz und den Passagier, sowie weitere Fragen der Ausrüstung in der Kabine eingehend und detailliert behandelt und die Lösungsansätze der Industrie vorgestellt.

Interessenten können sich bereits heute Ihr Exemplar per email unter [info@f-schoenenberg.de](mailto:info@f-schoenenberg.de) reservieren lassen.

# GEMEINSAME ASPEKTE BEI DER INTERIOR – GESTALTUNG VON SCHIENENFAHRZEUGEN UND FLUGZEUGEN

T. König F. Schuster

TriCon Design AG  
ehemals GmbH  
Bahnhofstrasse 26  
72138 Kirchentellinsfurt (bei Tübingen)  
[www.tricon-design.de](http://www.tricon-design.de)

## **1. Einleitung**

Interieurs von Flugzeugen, Schienenfahrzeugen, Schiffen aber auch von Omnibussen werden bisher unabhängig voneinander entwickelt. Jede Branche „erfindet“ eigene Räume entsprechend der individuellen Historie, branchenspezifischen Vorstellungen und technischen Standards. Am Beispiel der Flugzeugindustrie und dem Schienenverkehr läßt sich gut darstellen, wie sich diese technischen und kulturellen Wertigkeiten im Lauf der Zeit unterschiedlich herausgebildet haben und wie sich dabei auch Symbiosen zwischen Herstellern und Betreibern entwickeln.

## **2. RAHMENBEDINGUNGEN**

### **2.1 Wettbewerb**

In einer Gesellschaft, in der das Funktionieren von Technik inzwischen als selbstverständlich angenommen wird und in der technische Unterschiede kaum mehr wahrgenommen werden, in einer Zeit in der z. B. die PKWs aller Hersteller nahezu gleich komfortabel und gleich schnell fahren, wird es für Anbieter von Produkten und Dienstleistungen immer schwieriger, sich vom Wettbewerber zu differenzieren. Wenn dann noch die „harten“ Fakten der funktionellen Unterschiede als Merkmale ausgedient haben lässt sich ein Produkt nur noch über zwei Aspekte vermarkten: den Preis oder das Image. Wenn aber dann noch jeder Wettbewerber global am jeweils billigsten Standort produziert bleibt als Vorteil nur noch das Image, die Marke!

### **2.2 Branding**

„Branding ist die immaterielle Summe der Attribute eines Produkts: sein Name, Verpackung und Preis, seine Geschichte, seine Reputation und die Art, wie es beworben wird.“ (David Oglivy)

Firmen investieren viel Geld in die Schaffung oder Erhaltung von Marken. Weltweite Kampagnen sollen Produkte, Namen und Images in den Köpfen der Konsumenten verankern und geben diesen Marken somit einen immateriellen, aber gleichwohl zu bezahlenden Wert. Damit erklärt sich z. B. auch leicht, weshalb sich Firmen wie Mercedes Benz oder jetzt BMW für teures Geld in der Formel 1 engagieren.

Der Wert von Marken wird inzwischen sogar materiell bewertet. So bildet It. „Financial Times“ die Marke „Coca Cola“ mit einem Wert von 72,5 Mrd. Dollar vor Microsoft und IBM die Spitze. Mercedes, als teuerste Marke in Deutschland gilt mit 21,1 Mrd. Dollar dagegen fast als Schnäppchen.

### 3. FAHRZEUGGESTALTUNG

#### 3.1 Ausgangslage

Ganz wesentlichen Anteil an der Schaffung von Marken hat das Design. Vor allem über die Gestaltung der Logos, aber vor allem der Produkte identifizieren Kunden die Marke. Dabei geht es entsprechend der oben angeführten Problematik inzwischen immer weniger um Funktionalität nach dem Motto „form follows function“, als vielmehr um psychologische Faktoren der Wahrnehmung. Der Kollege Hartmut Esslinger hat dazu das neue, zutreffende Motto „Design follows emotion“ kreiert. Bestätigt hat dies u.a. auch Wendelin Wiedeking, Chef des Hauses Porsches, indem er postuliert: „Porsche verkauft nicht PS sondern Spass!“

Nur, was verkauft die Eisenbahn, was verkauft die Luftfahrt?

#### 3.2 Die Bahn

Rad – Schiene Verkehr hat inzwischen eine mehr als 150-jährige Geschichte. Mit der Fahrt des „Adler“ 1835 zwischen Nürnberg und Fürth gelang es erstmals, mittels eines neuen Verkehrsmittels, lange Strecken mit vielen Fahrgästen komfortabel zu überwinden. Wichtig war dabei zunächst allerdings nur der reine Transport. Die Gestaltung des Interieurs, erst recht die Wertigkeit des Reisens waren noch nicht wichtig, bzw. noch gar nicht thematisiert. Im Vordergrund standen bei den neuen Kunden zunächst mehr die Befürchtungen, körperliche Schädigungen durch die schnelle Fortbewegung zu erfahren.

Diese Ängste haben sich dann schnell gelegt. Was aber blieb war die Faszination der Technik, die damals noch sichtbar, ja greifbar war. Große, rote Räder, Gestänge in Bewegung, Dampf, Rauch und Geräusche sind es auch heute noch, die Menschen in Massen zu historischen Dampflokfahrten oder in entsprechende Museen locken.

Mit der Erfindung des Verbrennungsmotors und der Elektrifizierung wurden diese begreifbaren Gefährte dann zunehmend abgelöst durch nüchterne, unemotionale, ja „langweilige“ Diesel- und E-Loks. ( Interessant, daß parallel hierzu der Siegeszug der PKW begann...). Die Technik trat immer mehr in den Hintergrund. Was sich aber darüber hinaus lange gehalten hat, war die Visualisierung der Wertschätzung gegenüber den Fahrgästen im Massenverkehr. Am Beispiel der Bundesbahn, heute DB AG, läßt sich symptomatisch der zähe Wandel dieser Einstellung nachvollziehen:

In den 70er Jahren gründete die damalige Bundesbahn ihr eigenes Designzentrum in München. Damit wurde der zunehmende Einfluss von Gestaltung sichtbar manifestiert.

Eines der ersten Highlights war 1988 der Interregio, mit dem die Bahn, neben dem InterCity erstmals eine neue Marke kreierte. Waren bisherige Züge eine Zusammenstellung vorhandener Einzelwagen, wurde hier erstmals durchgängig ein ganzer Zug gestaltet: Mit einem klar definierten Erscheinungsbild und einer vorgegebenen Zugkonfiguration. Neu war auch die Abkehr vom Prinzip, immer nur „reinrassige“ Wagen, d.h. Abteil- oder Großraumwagen anzubieten. Vielmehr bietet jeder InterRegio-Wagen das gesamte Angebot, vom klassischen Abteil, über das sogenannte Großabteil bis hin zum „Großraum mit Abteilcharakter“. Dieser Zug, der von der Gestaltung her bald 15 Jahre alt ist, erfreut sich immer noch sehr großer Akzeptanz durch die Fahrgäste.

Aktuellstes Beispiel aus der Designentwicklung der DB sind die diversen Ausführungen der ICE-Flotte, beginnend mit dem „ICE I“ 1991 bis hin zur neuen ICE Generation aus dem Jahr 2000. Obwohl hier mit der Hochgeschwindigkeit der Aspekt der Technik wieder mehr in den Vordergrund tritt, wurden auch hier die Interieurs ganzheitlich und hochwertig gestaltet.

Interessant ist in jedem Fall, dass, wie übrigens überall in Europa, die Gestaltung wesentlich vom Betreiber, geprägt wurde. Die Hersteller der Fahrzeuge traten gegenüber der Öffentlichkeit kaum in Erscheinung. Mehr noch, Laien nehmen noch heute an, Züge würden von der DB gebaut...

Hier findet z.Zt. ein Paradigmenwechsel statt: Mit der Privatisierung der Bahn können sich Hersteller zunehmend profilieren. Auch werden Lastenhefte nicht mehr im Detail vom Betreiber vorgegeben, sondern nur noch funktional definiert. Dass in den Anfängen dieser Umstrukturierung sowohl die Bahn, als auch die Industrie gewaltige Probleme hatte, sei hier am Beispiel des „Pendolino“ nur am Rande erwähnt. Der Trend zur Profilierung der Hersteller hält aber an und wird sich mit Zunahme der Betreibervielfalt im Rahmen der weiteren Privatisierung noch verstärken. Hersteller wie Alstom, Siemens oder Adtranz/Bombardier entwickeln derzeit intensiv eigene Images und vor allem eigene, markenspezifische Zugprodukte.

### **3.3 Luftverkehr**

Historisch gesehen begann die Geschichte der Passagier-Luftfahrt erst richtig nach dem Ersten Weltkrieg und boomte dann richtig in der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg, wobei diese Zeit bis in die 80er zu einer rein amerikanischen Erfolgsgeschichte wurde. Die Entwicklung der Boeing Flotte mit den Typen 707, 727, 737 und 747 in den Jahren 1954, 63, 67 und 1969 sei hier exemplarisch genannt. Entsprechend war dann auch die formale Gestaltung dieser Flugzeuginteriors ganz am amerikanischen Geschmack orientiert. Erst mit Beginn der Airbus-Erfolgsgeschichte kam hier wieder eine europäische Komponente ins Spiel. Aber nach unserer Einschätzung immer noch in Anlehnung an die amerikanischen Gestaltungsvorgaben und somit noch zuwenig unterscheidbar.

Schon bei der Identifikation der Exteriors haben Laien Probleme. Erst recht, wenn so signifikante Typen, wie die 727 oder die MD 11 mit ihren typischen Hecktriebwerken durch „standardisierte“ Varianten abgelöst werden. Umsomehr bildet daher die 747 durch die charakteristische Kopfform und natürlich durch ihre alles überragende Dimension ein einsames Highlight mit genialen Alleinstellungsmerkmalen. Der A 380 wird ihr diesen Anspruch aber strittig machen.

Bezogen auf das Interior findet eine markante Differenzierung vor allem über die unterschiedlichen Farbklimata der jeweiligen Betreiberairlines statt. Unterschiedliche Stoffdessins und Seitenwanddekore prägen das Erscheinungsbild, die „Hardware“ des Innenraumes erscheint dem Passagier austauschbar. Ebenso wie beim Schienenverkehr gibt es also auch bei der Luftfahrt eine starke Verschmelzung von Hersteller und Betreiber. Identifikation kann kaum stattfinden. Ein typisches Boeing- oder Airbus - Design erschliesst sich dem Laien nicht.

## **4. EIN ERSTER VERGLEICH**

Die Bahn ist im Bewußtsein der Kunden weiter entwickelt als die Luftfahrt! Was zunächst paradox erscheint ist auf den zweiten Blick ganz logisch: Reisen mit der Bahn ist normal – in jeder Hinsicht! Im Vergleich zum Fliegen verursacht Zugfahren heute kaum mehr positives Herzklopfen. Die technischen Möglichkeiten scheinen ausgereizt, auch zukünftig wird man nicht wesentlich schneller fahren, als schon jetzt in den ICE's.

Hersteller und Betreiber reagieren darauf, indem sie zunehmend in die Gestaltung und die damit verbundene emotionalen Wahrnehmung der Produkte investieren. Der Trend geht weg vom reinen Transport, hin zur Intensivierung des Reiseerlebnisses und zur Individualität der Produkte entsprechend der Individualität der Fahrgäste.

Die Luftfahrt dagegen profitiert nach wie vor sehr stark von der Faszination des Fliegens und der Flugzeugtechnik. Neue Highlights wie der A 380 oder schon allein die Diskussion um den neuen Überschallflieger von Boeing halten diese Flamme am Brennen. Dennoch, neben diesen Flaggschiffen und ausserhalb der exklusiven FirstClasses wird auch Fliegen zunehmend an Faszination verlieren. Passagiere werden zukünftig nicht mehr hinnehmen, dass z.B. Koffer und Kleidung in den Gepäck-Racks gemeinsam komprimiert werden und auf Langstreckenflügen ein dauerndes Sitzen gottgegeben ist. Dann schlägt auch in diesem Segment die Stunde der Differenzierung.

## **5. ERSTE BRANCHENÜBERGREIFENDE PROJEKTE**

### **5.1 Der Lufthansa Airport Express (LAE)**

Im Jahr 1991 waren wir in der Projektleitung für das Design des zweiten LAE zwischen Stuttgart und Frankfurt tätig. Zur Umsetzung dieses Projektes wurde damals ein interdisziplinäres Team aus Ingenieuren und Architekten der DLH, Waggonbauern und uns Bahndesignern zusammengestellt. Für alle Partner war dies die erste Zusammenarbeit über die jeweilige Branchengrenze hinaus und somit für alle eine hoch interessante Aufgabe.

Zunächst war klar, daß, gerade auch vom Image her, die Kollegen aus der Luftfahrt bestimmend waren. Im Laufe des Projektes stellte sich aber sehr schnell heraus, daß hier durchaus gleichwertige Partner aufeinandertrafen und deren jeweils individuellen Erfahrungen für das Projekt überaus hilfreich waren.

Letztendlich waren die Kollegen aus der Luftfahrt begeistert von den Möglichkeiten, welche die Bahn bot: Neben der Großraumlösung mit entsprechend der Fahrtrichtung drehbaren Sitzen, wurden Abteile in unterschiedlichen Größen von 5 bis 12 Personen angeboten. Ein hinterlüfteter Garderobenschrank wurde jeweils 5 (!) Passagieren zugeordnet. Ergänzt wurde das Angebot durch eine Original Galley der Lufthansa, mit entsprechendem Catering.

Für alle Beteiligten war dies eine wunderbare Erfahrung, die jeweiligen systemimmanenten Vorteile zusammenzuwerfen und daraus etwas Neues, Besseres zu schaffen

### **5.2 Der Commuter-Sitz FAST „Primo“**

Ein weiteres Beispiel für die übergreifende Arbeit zwischen „Bahndesign“ und Luftfahrt ist der Commutersitz FAST „Primo“, für dessen Gestaltung TriCon verantwortlich zeichnet. Im Vorfeld hatten wir schon diverse Sitze für Bahn und Bus gestaltet. Diese Erfahrung wurde jetzt übertragen auf den Luftfahrtbereich. Uns ging es zusätzlich darum, die Anmutung eines schlanken, europäischen Designs auf die Luftfahrt zu übertragen.

Herausgekommen ist dann eine sehr schmale Stuhlsilhouette, die aus einer einteiligen Sitzschale resultiert. Diese Sitzschale ermöglicht zudem die Integration aller relevanten Bauteile, ohne daß Verschraubungen und weitere Einzelteile sichtbar würden. Gerade unter dem Eindruck, daß die Rückseite des Vordersitzes den visuellen Aspekt einer Reise gravierend prägt, war es wichtig, hierauf ein besonderes Augenmerk zu legen.

Die Erfahrung mit der Vandalismusprävention im Segment Schienenfahrzeuge, wo jede sichtbare Schraube sofort entfernt würde war dabei sicherlich hilfreich. Verbunden mit dem Know how der Partnerfirmen aus der Luftfahrt in Bezug auf Leichtbau und entsprechende Materialien, ist ein moderner Fluggastsitz entstanden, dessen gestalterische Qualitäten durch die Verleihung des „Red Dot Award“ des Designzentrums NRW jetzt auch offiziell bestätigt wurden.

### **5.3 Kuala Lumpur Airport Shuttle**

Im Jahr 1996 bekam TriCon Design von Siemens den Auftrag für die Gestaltung des Exterieurs und Interieurs des neuen Airport Shuttle, der Kuala Lumpur City mit dem neu zu bauenden Flughafen verbinden soll.

Basisfahrzeug des Auftrages war die Standard-S-Bahn mit dem technischen Kürzel ET425, wie sie in Deutschland schon heute von der DB AG eingesetzt wird: Dabei war schnell klar, daß die Auftraggeber in Malaysia keine S-Bahn wollten, sondern einen Zug mit möglichst langer, d.h. schneller Nase und dem Komfort einer Business-Class aus dem Flugbereich. Nach langen Diskussionen und vielen Entwürfen, Modellen und Animationen, immer geprägt von der Diskussion zwischen Hersteller und Betreiber über Finanzbudgets und die Vorgaben des Ursprungsfahrzeuges, entstand schließlich ein signifikanter Kopf: Um die Nase optisch zu verlängern wurde die Fahrzeugkontur im Frontbereich überhöht. Die Form erinnerte den Kunden an die Silhouette eines 747 Jumbos. Akzeptanz und Emotion waren gegeben.

## 6. GEMEINSAME PERSPEKTIVEN

### 6.1 Erfahrungsfalle

Obwohl es sowohl bei den Herstellern und Betreibern, als auch bei den Kunden noch eine unterschiedliche Wahrnehmung der Verkehre auf der Schiene und in der Luft gibt, stehen die Designer beider Segmente vor der gleichen Aufgabe: Wie kann die emotionale Ansprache der Nutzer verbessert werden? Wie kann die Individualität der Produkte verbessert werden.

Wer wie Sie und wir täglich mit den Problemen der Umsetzung geplagt ist und dabei permanent im Spannungsfeld zwischen Herstellern und Betreibern arbeitet steht sich oft selbst im Weg. Unser spezielles Branchen - KnowHow wird oftmals zu unserem Problem: Bei neuen Ideen wissen wir immer ganz genau, warum etwas *nicht* geht. Wir sitzen in unserer eigenen „Erfahrungsfalle“. Diese Falle gilt es immer wieder neu aufzubrechen. Dass dies nicht täglich gelingen kann versteht sich. Aber vielleicht ergeben sich zwischen Luftfahrt und Schiene gegenseitige Beschleunigungseffekte, die uns zumindest an einem Tag, wie dem heutigen den Overdrive ermöglichen, den wir benötigen, um zwei Schritte zu gehen, von denen uns dann später das „wirkliche Leben“ aber nur einen wieder zurückzusetzen vermag.

Hierzu nachfolgend einige Ansätze:

### 6.2 GEMEINSAME ANSÄTZE

#### Benchmarking

Ein Blick über den Zaun hilft manchmal Schwächen im eigenen Marktsegment zu erkennen.

Wie verhalten sich andere Dienstleister gegenüber Kunden? Bestes Beispiel hierfür sind wegen der Verwandtschaft mit unserem Marktsegment, Hotels: Kein Hotelier käme auf die Idee Eingänge zu schaffen, bei den seine Kunden beim Betreten den Kopf einziehen müssen wie im Flugzeug. Keiner würde, wie beim Doppelstockwagen die Gäste zunächst ins Souterrain bitten. Kaum einer würde die Toiletten neben dem Eingang installieren. Warum dann wir?

Warum gestalten wir nicht richtige Entrees? Eingänge, Foyers die zu benutzen Lust machen. Lust zu verweilen, Lust zu erkunden, was sich dahinter verbirgt.

Als Beispiel aus dem Bahnsegment sei hier unser Entwurf für das offene, zweigeschossige Entree eines Doppelstockwagens genannt, mit einer freischwebenden Brücke über dem Eingangsbereich, ein Eingang, bei dem der Kund das Raumvolumen wahrnimmt und nicht den Kopf einziehen muss.

#### Alle Passagiere sind nicht gleich!

Warum müssen sich Kunden zwischen Klassen entscheiden? Entspricht das deren individuellen Bedürfnissen? Warum bieten wir nicht unterschiedliche Angebote? Morgens will der eine seine Ruhe, der andere telefonieren, der dritte kommunizieren. Abends können die Bedürfnisse genau umgedreht sein.

Auf der Bahnmesse Innotrans haben wir gemeinsam mit der Fa. Alstom LHB ein Fahrzeug vorgestellt, welches einen „angebotsdifferenzierten Innenraum“ hat. Der Fahrgast kann wählen zwischen den Angeboten „Panorama“, „Kommunikation“, „Ruhe“ und „Markt“.

## **Wohnung auf Zeit**

Warum kommt die Fahrzeughülle vom Hersteller und der Betreiber stellt dann Sitze hinein, die mit dem Raum oftmals gar nicht harmonieren? Warum begreifen wir nicht einen Sitzplatz als dreidimensionale „Wohnung auf Zeit“. Warum gestalten wir dann nicht Sitzfläche, Sitzrückenlehne(!), Seitenwand und Gepäckrack aus einem Guss?

## **Fazit und Appell**

Bahndesign und Luftfahrtdesign können sich bei der Beantwortung gegenseitig unterstützen und befruchten. Davon sind wir überzeugt. Dann werden die Hersteller, die Betreiber und vor allem die Kunden das Reisen wieder als Wert an sich entdecken.



## Workshop: Flugzeugkabine / Kabinensysteme – die nächsten Schritte

### PROGRAMM

Donnerstag, 10.05.2001 - Anforderungen

ab 9:00	Eintreffen der Teilnehmer, Registrierung, Kaffee	
10:00 10:20	<b>Begrüßung</b>	Richard Smyth, <i>EADS Airbus</i>
10:20 10:25	Der DGLR-Fachbereich T8	K. Dieter Kricke, <i>EADS Airbus</i>
10:25 10:30	Der DGLR-Fachbereich S2	Dieter Scholz, <i>FH Hamburg</i>
10:30 10:40	Programmablauf, Organisation	Dieter Scholz, Susanne Andree
10:40 11:00	Einführung in das Thema des Workshops	K. Dieter Kricke
11:00 11:30	<b>Die Kabine aus Sicht der Luftverkehrsgesellschaft</b>	Karl Heß, <i>Deutsche Lufthansa</i>
11:30 12:00	<b>Die Kabine aus Sicht der Passagiere bei Turbulenzen und in Notsituationen</b>	Martin Sperber <i>TÜV Kraftfahrt GmbH</i>
12:00 13:00	Mittagspause	
13:00 13:30	<b>Anforderungen an einen Arbeitsplatz für Flugbegleiter</b>	Urs Weber, <i>Swissair</i>
13:30 14:00	<b>Der kritische Pfad - Deboarding, Cleaning, Boarding - Bodenabfertigung aus Sicht der Bodenverkehrsdienste der Hamburg Airport Gruppe</b>	Andreas Fuge, <i>CATS - Cleaning and Aircraft Technical Services</i> Burkhardt Höfer, <i>GroundSTARS</i>
14:00 14:30	<b>Physiologische Randbedingungen für die Auslegung von Flugzeugkabinen</b>	Jürgen Wenzel, <i>DLR, Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin</i>
14:30 15:00	Pause	
15:00 15:30	<b>Untersuchungen in der Kabine bei transmeridianen Flügen</b>	Norbert Luks, <i>DLR, Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin</i>
15:30 16:00	<b>Ergonomie in der Flugzeugkabine Passagierprozesse und manuelle Arbeitsabläufe</b>	Anna Bauch, <i>TU München, Lehrstuhl für Luftfahrttechnik</i>
16:00 16:30	<b>Entwicklung von Flugzeugkabinen</b>	Joachim Hehemann, <i>Airbus Industrie</i>
16:30 17:00	Pause	
17:00 18:30	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Die Kabine im täglichen Betrieb Umrüstung, Abfertigung, Bordbetrieb (Karl Heß)</i></li> <li>• <i>Medizinische und physiologische Randbedingungen (Jürgen Wenzel)</i></li> <li>• <i>Kabinenkonzepte (Joachim Hehemann)</i></li> <li>• <i>Kabinentechnologie: Ausstattung und Systeme (Stefan Hiesener)</i></li> <li>• <i>Validation und Verifikation der Kabinensysteme (Richard Smyth)</i></li> </ul>	<b>Workshops</b> Susanne Andree
18:30 19:30	<b>Präsentation und Diskussion der Ergebnisse aus den Workshops</b>	
ab 19:30	Büfett	



## Freitag, 11.05.2001 - Konzepte und Technologien

09:00 - 09:30	<b>Flugzeugkabine Boeing B717-200</b>	Werner Granzeier, <i>iDS Industrial Design Studio</i>
09:30 - 10:00	<b>Technologie integrierter Bordsysteme</b>	Stefan Hiesener, <i>EADS Airbus</i>
10:00 - 10:30	<b>Entscheidungsunterstützung für zukünftige Kabinenkonzepte</b>	Axel Mauritz, <i>DaimlerChrysler, Forschung</i>
10:30 - 11:00	Pause	
11:00 - 11:30	<b>Kundennutzen Flugzeugkabine Identifikation von Potentialen zur Verbesserung der Kundenzufriedenheit</b>	Frank Meller, <i>EADS Airbus</i>
11:30 - 12:00	<b>Future Broadband Communications for Airlines</b>	Markus Werner, <i>DLR, Institut für Kommunikation und Navigation</i>
12:00 - 12:30	<b>Betriebskostenberechnung für Kabinensysteme</b>	Jens Lemke, <i>Fachhochschule Hamburg</i>
12:30 - 13:00	<b>Resümee und Schlusswort</b>	Swen-Joerg Schaich, <i>EADS Airbus</i>
13:00 - 14:00	Mittag	
14:00 - 15:30	Möglichkeit zur Besichtigung	

**Veranstaltungsort:** EADS Airbus GmbH  
21129 Hamburg  
Kreetslag 10  
**Airbus Conference Center**

### Ansprechpartner für Fragen zum Programm:

Dr.-Ing. Klaus-Dieter Kricke  
EADS Airbus GmbH / Abt. ES  
  
Kreetslag 10  
21129 Hamburg  
Tel.: 040 743 73887  
E-Mail: K.Kricke@airbus.dasa.de

Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME  
Fachhochschule Hamburg  
Fachbereich Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau  
Berliner Tor 5  
20099 Hamburg  
Tel.: 040 709 716 46  
E-Mail: Scholz@fzt.fh-hamburg.de

Homepage zum Workshop:  
<http://www.fh-hamburg.de/pers/Scholz/dglr/S2.1.html>



# Tagungsband zum Workshop "Flugzeugkabine/Kabinensysteme - die nächsten Schritte"

Workshop des DGLR-Fachbereichs T8 "Flugzeugbordsysteme" und des DGLR-Fachausschusses S2.1 "Starrflügelsysteme" (alte Namen der Ausschüsse).

Eine Veranstaltung unter der Schirmherrschaft der EADS Airbus GmbH  
Airbus Conference Center, Hamburg-Finkenwerder, 10./11. Mai 2001

TAGUNGSBAND (DGLR-Bericht 2001-01)			
Autor(en)	Thema	Download	Größe
-	Deckblatt und Inhalt		290K
K.-D. Kricke, D. Scholz	Vorwort		8.7K
K. Heß	Die Kabine aus Sicht der Luftverkehrsgesellschaft		112K
M. Sperber	Die Kabine aus Sicht der Passagiere bei Turbulenzen und Notsituationen		5.0K
U. A. Weber	Anforderungen an einen Arbeitsplatz für Flugbegleiter		337K
A. Fuge, B. Höfer	Der kritische Pfad - Deboarding, Cleaning, Boarding - Bodenabfertigung aus der Sicht der Bodenverkehrsdienste der Hamburg Airport Gruppe		3.0M
J. Wenzel	Physiologische Randbedingungen für die Auslegung von Flugzeugkabinen		12K
N. Luks, M. Vejvoda, A. Samel, H. Maaß, J. Wenzel	Untersuchungen zur Beanspruchung des Kabinenpersonals auf einer transmeridianen Strecke		551K
A. Bauch	Ergonomie in der Flugzeugkabine - Passagierprozesse und manuelle Arbeitsabläufe		389K
J. Hehemann	Entwicklung von Flugzeugkabinen		7.3M

W. Granzeier	Flugzeugkabine Boeing B717-200		6.8M
A. Mauritz	Entscheidungsunterstützungen für zukünftige Kabinensysteme		401K
A. Becker, F. Meller	Kundennutzen Flugzeugkabine - Identifikation von Potentialen zur Verbesserung der Kundenzufriedenheit		151K
M. Werner, M. Holzbock	Aeronautical Broadband Communication via Sattellite		563K
J. Lemke	Betriebskostenberechnung für Flugzeugsystemem		250K
F.-H. Schoenenberg, C. Majunke	Der Fluggastsitz - Schnittstelle zwischen Passagier (Kunde) und Flugzeug		68K
T. König, F. Schuster	Gemeinsame Aspekte bei der Interior-Gestaltung von Schienenfahrzeugen und Flugzeugen		68K
-	<b>Das Programms des Workshops</b>		97K

Hinweis: Der Tagungsband ist in gedruckter Form über die DGLR-Geschäftsstelle zu beziehen (solange der Vorrat reicht).

SCHOLZ, Dieter, KRICKE, Klaus-Dieter (Hrsg.), 2001. Flugzeugkabine/Kabinensysteme – die nächsten Schritte. Workshop DGLR-Fachbereich T8 Flugzeugbordsysteme und DGLR-Fachausschuss S2.1 Starrflügelsysteme (Airbus, Hamburg-Finkenwerder, 10./11. Mai 2001). Verfügbar unter: <https://doi.org/10.48441/4427.2725>.

## Der Tagungsband im WWW

<https://purl.org/dglr/bericht2001-01>

<https://www.fzt.haw-hamburg.de/pers/Scholz/dglr/bericht0101/Bericht0101.html>

<https://web.archive.org/web/20250812090220/https://www.fzt.haw-hamburg.de/pers/Scholz/dglr/bericht0101/Bericht0101.html>



## **Workshop**

DGLR – Fachbereich  
T8 "Flugzeugbordsysteme"

DGLR – Fachausschuss  
S2.1 "Starrflügelsysteme"

## **Flugzeugkabine/Kabinensysteme – die nächsten Schritte**

Eine Veranstaltung unter der Schirmherrschaft der  
EADS Airbus GmbH

## **Tagungsband**

*Airbus Conference Center, Hamburg–Finkenwerder*

10./11. Mai 200