



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Projekt

Fachbereich Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau

Modularisierung einer Passagierflugzeugkabine

Verfasser: Christian Bücken, Danny Körber

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

Abgabedatum: 19.11.2004

Kurzreferat

In diesem Bericht wird die Vorgehensweise der Entwicklung eines Modulflugzeuges dargestellt. Die Bezeichnung Modulflugzeug bedeutet, dass ein Flugzeug eine flexible wechselbare Flugzeugkabine besitzt, die für jeden möglichen Einsatzbereich umgerüstet werden kann.

Die Wirtschaftlichkeit dieses Projektes wird im weiteren Verlauf des Berichtes nicht tiefgründig angesprochen, sollte jedoch bei der Entscheidung über die Realisierung dieses Projektes herangezogen werden. Um einen Ansatzpunkt zu erhalten, muss das Aufgabenspektrum des Flugzeuges klar definiert sein. Es werden sechs unterschiedliche Fälle aufgezeigt und bewertet. Anhand bestehender Luftfahrzeuge mit Modulationspotential werden Erkenntnisse abgeleitet. Berücksichtigt man die äußerlichen Parameter, (Triebwerksintegration, Tragflächenposition,...etc) kann man deutlich unterschiedliche Gestaltungsformen für bestimmte Transportaufgaben erkennen. Anhand dieser Erkenntnisse wurde ein Vergleichsflugzeug des Typs Airbus 340 – 600 gewählt, an welchem die Modulation der Kabine und der Systeme aufgezeigt wird. Es stellt sich heraus, dass eine möglichst große Zugänglichkeit der Kabine einen entscheidenden Vorteil bietet, um große Baugruppen in das Flugzeug zu integrieren. Vereinzelt lässt sich eine Neuentwicklung von Kabineneinrichtungselementen nicht umgehen, da einige Modifikationen vorgenommen werden müssen. Um den Begriff der Modulation weiter zu spezifizieren werden fünf mögliche Arten der flexiblen Umrüstung der Inneneinrichtung erläutert. Mit der Erkenntnis, dass der Grad der Modulation stark mit strukturellen Anpassungen einhergeht. Um die Wechsel der Kabine in möglichst kurzen Intervallen durchführen zu können, ist eine starke Anpassung der Struktur und der Beladeöffnung vorzunehmen und die Einrichtungselemente möglichst in großen Elementen zerlegbar sein.





FACHBEREICH FAHRZEUGTECHNIK UND FLUGZEUBAU

Modularisierung einer Passagierflugzeugkabine

Aufgabenstellung zum *Projekt 2* (für ein Team aus zwei Personen)

Hintergrund

Mit einer Modularisierung der Kabine von Transportflugzeugen soll erreicht werden, ein Flugzeug flexibel in kurzer Zeit für viele anstehende Aufgaben im Fracht- und Personenverkehr umzurüsten. Im Vordergrund stehen hierbei die vielfältigen Varianten einer Flugzeugkabine im Personenverkehr. Grund für die zunehmend geforderte Flexibilität ist die Tatsache, dass sich immer mehr Fluggesellschaften zu globalen Allianzen zusammenschließen und die Flugzeuge innerhalb der Allianz immer flexibler eingesetzt werden. Auf der anderen Seite gehen kleinere Fluggesellschaften und Chartergesellschaften dazu über ihre Flugzeuge nicht mehr zu kaufen sondern zu leasen. Dies erfordert dann eine hohe Flexibilität auf Seiten der Leasing Firmen um ihre Flugzeuge den jeweiligen Wünschen der Fluggesellschaften anpassen zu können. In jedem Fall wäre eine modularisierte Kabine eines Passagierflugzeugs von Vorteil.

Aufgabe

Aufbauend auf einem Frachtflugzeug in der Größe eines Airbus A330/A340, soll eine modularisierte Flugzeugkabine entworfen werden, die die Möglichkeit eines vielseitigen Einsatzes des Flugzeuges garantiert. Das Einsatzspektrum soll zivilen sowie militärischen Personen- und Frachttransport abdecken. Folgende Punkte sollen bearbeitet werden:

- Erstellung einer Übersicht von schon bestehenden Projekten, die eine Kombination von Transportaufgaben erfüllen. Diskussion der Probleme derartiger Projekte.
- Aufzeigen von wirtschaftlichen Vor- und Nachteilen von Kabinenkonstruktionen, die eine Kombination von Transportaufgaben erfüllen.
- Diskussion möglicher Flugzeugmodifizierungen zur Beladung (vorne, hinten, Seite, ...)
- Diskussion der Möglichkeiten, die sich aus einem vielseitig nutzbaren Unterflurdeck ergeben.
- Erstellung von Lösungsprinzipien einer modularisierten Kabine.
- Erstellung einer groben Definition der Kabinensysteme; Anfertigung von ersten Konstruktionsskizzen zur technischen Verwirklichung der modularisierten Kabine.

Die Ergebnisse sollen in einem Bericht dokumentiert werden. Bei der Erstellung des Berichtes sind die entsprechenden DIN-Normen zu beachten.

Inhalt

	Seite
Kurzreferat	2
Verzeichnis der Bilder	8
Verzeichnis der Tabellen	11
Liste der Symbole	12
Liste der Abkürzungen	13
Verzeichnis der Begriffe und Definitionen	14
1	Einleitung..... 15
1.1	Motivation..... 15
1.2	Begriffsdefinition..... 15
1.3	Ziel der Arbeit..... 15
1.4	Literaturübersicht..... 16
1.5	Aufbau der Arbeit..... 17
2	Hintergrund..... 18
2.1	Wirtschaftliche Grundbetrachtung..... 18
2.2	Mögliche Betreiber und Kunden 21
3	Beschreibung des Flugzeuges Airbus A340-600..... 22
3.1	Äußere Dimensionen 22
3.2	Leistungsangaben 23
3.3	Passagiertüren 23
3.4	Frachträume 24
3.5	Flugzeugfenster..... 25
3.6	Darstellung der Kabine 25
4	Modulation 27
4.1	Partmodulation..... 28
4.2	Segmentmodulation 28
4.3	Areomodulation 28
4.4	Maindeckmodulation 29
4.5	Totalmodulation..... 30

	Seite
5	Blickpunkt Kabine..... 31
5.1	Flugzeugkabine der Neuzeit 31
5.2	Kabinenausüstung mit Modulationspotential..... 33
5.2.1	Personensitze 33
5.2.2	Crew-Seats 34
5.2.3	Sanitäreinrichtung..... 35
5.2.4	Galleys 37
5.2.5	Frachtsysteme 38
5.2.6	Unterflurcompartment 39
5.3	Historische Kabinen mit Modulationsmöglichkeit..... 40
5.3.1	Junkers Ju 52..... 40
5.3.2	Focke – Wulf Fw 200 40
5.4	Flugzeuge der frühen Gegenwart..... 41
5.4.1	Boeing 727/737 Quick Change..... 41
5.4.2	Airbus 310 MRTT 42
5.5	FAZIT 45
6	Einsatzgebiete von Modulflugzeugen..... 46
6.1	Personentransport 46
6.2	Frachttransport..... 47
6.3	Kombieinsatz 48
6.4	Militärischer Einsatz..... 48
6.5	Uni-/ Multilaterale Einsätze..... 50
6.6	Spezialaufgaben..... 51
7	Einsatzszenarien eines Modulationsflugzeuges..... 53
7.1	Vergleiche unterschiedlicher Einsatzspektren..... 53
7.1.1	Umbauindex..... 54
7.1.2	Zeitindex 54
7.2	Einsatzszenarien 55
7.2.1	Militär 56
7.2.2	Ziviltransport I..... 57
7.2.3	Forschung und Entwicklung..... 58
7.2.4	Frachttransport..... 59
7.2.5	Ziviltransport II..... 60
7.2.6	Militär, mit Unterflurnutzung 61
7.3	Vergleich der Einsatzflugzeugen..... 62

	Seite
8	Kabinensysteme 64
8.1	Sauerstoffversorgungen 64
8.2	Fenster..... 65
8.3	Kommunikation 66
8.4	Wasser/Abwasser..... 67
8.5	Licht..... 68
8.6	Sicherheitssysteme..... 70
9	Konstruktionsansätze / Entwürfe..... 74
9.1	Äußerliche Entwurfsparameter 74
9.1.1	Flügelanordnung 75
9.1.2	Triebwerksanordnung 76
9.1.3	Öffnungssystem 78
9.1.4	Fahrwerksanordnung 81
9.1.5	Zusammenfassung 82
9.2	Lösung: Kombi-Transport 82
9.3	Konstruktive Betrachtung von Modularkabinen 83
9.4	Beschreibung des Vergleichsflugzeuges Airbus 310 MRTT 84
9.5	Querschnittsaufbau 86
9.5.1	Passagierflugzeuge 86
9.5.2	Frachtflugzeuge 87
9.5.3	Mögliche Flugzeugquerschnitte..... 88
9.6	Bodenelemente 89
9.6.1	Maindeckmodulation 89
9.6.2	Konstruktionsprinzip 90
9.7	Konstruktionsskizzen..... 91
9.7.1	Stabilitätsrahmen des Bodens 91
9.7.2	Bodenplatten 94
9.7.3	Seiten- und Decken Elemente..... 95
10	Zusammenfassung 100
11	Schlussbemerkung..... 102
	Literaturverzeichnis 103

Anhang A Konstruktionsskizzen	105
A1 Main Deck Konfiguration I	105
A2 Main Deck Konfiguration II	105
A3 Hülle in Hülle	106
A4 Aera Modulation.....	107
A5 Kombitrennwand	108
A6 Befestigung des Seitenelementes	109
A7 Querschnittsanpassung der Seitenelemente.....	110
A8 Seiten- und Deckenelemente	111
A9 Tür in Tür.....	112
A10 Schienensystem.....	113
A11 Einschubkopplung	114
A12 Bodenverankerung	115
A13 Verbindung der Elemente	116
A14 Deckenverbindung.....	117
A15 Hecköffnung	118

Verzeichnis der Bilder

	Seite
Bild 1.1 Entwicklung des Flugverkehrs	19
Bild 1.2 Flugzeugauslieferungen	19
Bild 2.1 3-Seitenansicht Airbus 340-600	22
Bild 2.2 Türpositionen des Airbus 340-600	23
Bild 2.3 Frachtbereiche des Airbus 340-600.....	24
Bild 2.4 Frachttüren des Airbus 340-600	24
Bild 2.5 Fenster des Airbus 340-600.....	25
Bild 2.6 Kabinendraufsicht Airbus 340-600	25
Bild 4.1 Hadrackansicht Airbus 340-600	32
Bild 4.2 Sitze des Airbus 340-600.....	34
Bild 4.3 Crews Sitze Airbus 340-600.....	35
Bild 4.4 Halon-Feuerlöscher	36
Bild 4.5 Sanitäreinrichtungen Airbus 340-600.....	37
Bild 4.6 Galley Positionen Airbus 340-600	38
Bild 4.7 Zugang zu Unterflurcompartment	39
Bild 4.8 Querschnitt mit Unterflurcompartment	39
Bild 4.9 Ju-52 Sanitärausrüstung.....	40
Bild 4.10 Ju-52 mit alternative Beladungsöffnung	40
Bild 4.11 Ju-52 Transporter.....	40
Bild 4.12 Fw 200 Passagierflugzeug	41
Bild 4.13 Fw 200 Transporter	41
Bild 4.14 Quick Change Prinzip Boeing 737	42
Bild 4.15 Airbus 310-304 Bundesluftwaffe	43
Bild 4.16 Konfigurationen des MRTT	43
Bild 4.17 Airbus 310 MRTT	44
Bild 4.18 Einfacher Umbau vom Frachtflugzeug zum Passagierflugzeug	44
Bild 4.19 Einbau der VUK-Variante	44
Bild 4.20 medizinische Ausrüstung.....	44
Bild 4.21 MRTT als Passagiervariante.....	45
Bild 4.22 Zentrallager der Flugbereitschaft Köln	45
Bild 5.1 Airbus A340-300.....	46
Bild 5.2 Boeing 757.....	46
Bild 5.3 Airbus A300-600ST	47
Bild 5.4 Antonov An-124.....	47
Bild 5.5 He -176.....	49
Bild 5.6 Boeing 707.....	49
Bild 5.7 Panavia Tornado IDS	50
Bild 5.8 Airbus 310 MRTT	50

Bild 5.9	Transall C-160 der UN	51
Bild 5.10	Il 96-200 russ. Präs.-Maschine	52
Bild 5.11	Boeing 707 E-3 AWAC.....	52
Bild 6.1	Airbus A300	56
Bild 6.2	MD-11 Frachter	56
Bild 6.3	Airbus Kabine.....	57
Bild 6.4	Boeing 747 (AirForce One).....	57
Bild 6.5	Airbus A310 VUK – Version	58
Bild 6.6	Canadair C-418, Löschflugzeug	58
Bild 6.7	Antonov An-124.....	59
Bild 6.8	Airbus A300-600ST	59
Bild 6.9	Airbus A380	60
Bild 6.10	Kabine A330-200	60
Bild 6.11	A310 MRTT	61
Bild 6.12	Saab 340 AWACS	61
Bild 6.13	Vergleich der Einsatzszenarien bestehender Muster	62
Bild 6.14	Vergleich der Einsatzszenarien: Umbauindex vs. Zeit.....	63
Bild 6.15	Vergleich der Einsatzszenarien: Nutzlast vs. Reichweite	63
Bild 7.1	Notfallabstiegsprozedur.....	64
Bild 7.2	Beleuchtungsinstallation am Sitz Airbus 340-600	68
Bild 7.3	Gangbeleuchtung Schematische Darstellung Airbus 340-600	69
Bild 7.4	Notbedeutung und Beschilderung des Airbus 340-600.....	69
Bild 7.5	Leuchtstreifen	70
Bild 7.6	Aufbau Leuchtstreifen	70
Bild 7.7	Notausgangsbeleuchtung des Airbus 340-600	71
Bild 7.8	Sauerstoffmasken	72
Bild 7.9	Notrutsche / Rettungsfloss.....	72
Bild 7.10	Aufstellung der Notfallausrüstung des A340-600.....	73
Bild 8.1	Intensionen bei der Flugzeugentwicklung beteiligte Abteilungen	74
Bild 8.2	Airbus 340-600.....	75
Bild 8.3	IL-96-200.....	75
Bild 8.4	An-124 Antonow Airline.....	76
Bild 8.5	McDonnell Douglas C-17.....	76
Bild 8.6	Tu-95 „Bear“	76
Bild 8.7	Boeing 747-400	76
Bild 8.8	Boeing 717-200	77
Bild 8.9	Cessna 660.....	77
Bild 8.10	Canadair.....	78
Bild 8.11	Antonow -74.....	78
Bild 8.12	Airbus A300-600ST	79

Bild 8.13	Messerschmidt Me 323 Gigant.....	79
Bild 8.14	Antonov-124	79
Bild 8.15	Boeing 727-100	79
Bild 8.16	Cessna 600.....	80
Bild 8.17	Airbus 310 MRTT	80
Bild 8.18	Space Shuttle	80
Bild 8.19	Northrop B-2	80
Bild 8.20	Boeing 737.....	81
Bild 8.21	MD-11	81
Bild 8.22	Beladung einer An-124.....	82
Bild 8.23	Transporter Lookheed C-5 Galaxy.....	82
Bild 8.24	Airbus A330-200	84
Bild 8.25	Boeing 777.....	84
Bild 8.26	Main Deck Cargo Door des Airbus 310 MRTT.....	84
Bild 8.27	Spantmontage	85
Bild 8.28	Modifikation der Klimaanlage	85
Bild 8.29	Querschnittszeichnung des Airbus 340-300.....	86
Bild 8.30	Airbus 380-800F Drei- Frachtdeck-Konfiguration	87
Bild 8.31	Airbus A300-600ST Frachtraum.....	87
Bild 8.32:	Querschnitt MD-11 Frachtmaschine 2 Frachtdeck Konfiguration.....	88
Bild 8.33	2-Deckkonfiguration mit Main- und Unterflurdeck	88
Bild 8.34	3-Deckkonfiguration, mit Maindeck, Oberdeck und Unterflurdeck	88
Bild 8.35	2-Deckkonfiguration, mit Main-, Unterflurdeck	89
Bild 8.36	Flugzeug mit Bugöffnung.....	90
Bild 8.37	Stabilitätsrahmen	91
Bild 8.38	Draufsicht: Bodenelementsystem.....	91
Bild 8.39	Querschnittsansicht der Bodenelemente.....	92
Bild 8.40	Bodenelement mit mechanische und elektrische Anschlusspanelen	93
Bild 8.41	Querschnitt Stabilitätsrahmen mit Versorgungsleitungen.....	94
Bild 8.42	Konzept Boeing 737 Quick Change.....	95
Bild 8.43	Seitenverkleidung Airbus 310 MRTT Frachtenteil.....	95
Bild 8.44	Installation Hadtracks	96
Bild 8.45	First Class Kabine Airbus 340-600	96
Bild 8.46	Darstellung der möglichen Seitenanzahl der Kabinenverkleidung.....	97
Bild 8.47	Darstellung der Schienensysteme mit eingehängter Seitenverkleidung.....	97
Bild 8.48	Darstellung des Flugzeugbodens, Draufsicht.....	98
Bild 8.49	Schematische Darstellung einer Planen-Verkleidung Verkleidungsfolie	98
Bild 8.50	Schematische Darstellung der Hüllen-Verkleidung	99

Verzeichnis der Tabellen

	Seite
Tabelle 5.1	Kostenvergleich zivilen / militärischen Entwicklung 48
Tabelle 6.1	Umbauindex 54
Tabelle 6.2	Zeitindex 55
Tabelle 6.3	Szenario I militärischer Einsatz..... 56
Tabelle 6.4	Szenario II Ziviltransport I..... 57
Tabelle 6.5	Szenario III Forschung und Entwicklung..... 58
Tabelle 6.6	Szenario IV Frachttransport 59
Tabelle 6.7	Szenario V Ziviltransport II 60
Tabelle 6.8	Szenario VI Militärtransport mit Unterflur 61

Liste der Symbole

€	Euro (europäische Währungseinheit)
\$	US Dollar
h	Stunden

Liste der Indizes

g	Gravitationskonstante $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
---	--

Liste der Abkürzungen

FL	Flight Level
ft.	Foot
lb.	britisches Pfund
knot	Knoten
Mio.	Millionen
MLW	Maximum Landing Weight
Mrd.	Milliarden
MRTT	Multi Role Transport and Tanker
MTOW	Maximum Take Off Weight
MTW	Maximum Taxi Weight
MZFW	Maximum Zero Fuel Weight
Pax	Passagiere
URL	Universal Resource Locator
WC	Water Closet
WDT	Wehrtechnischer Dienst
WWW	World Wide Web

Verzeichnis der Begriffe und Definitionen

Areamodulation

Modulation der Kabine durch Installation größerer Baugruppen. Hierunter ist die Montage einer kompletten Küche zu verstehen

Deck

Bezeichnet eine Etage eines Flugzeuges. Es gibt sowohl das Maindeck und das Lowerdeck. Beim Airbus A380 und Boeing 747 wird des Weiteren noch von einem Upperdeck gesprochen

Maindeckmodulation

Das gesamte Deck wird als Einheit außerhalb des Flugzeuges konfiguriert und durch ein adäquates Öffnungssystem in das Innere befördert und gesichert.

Partmodulation

Diese Art der Modulation umfasst die herkömmliche Ausstattung eines Flugzeuges. Jeder Teil wird einzeln in die Kabine gebracht und montiert.

Segmentmodulation

Es werden größere Systemelemente als eine Einheit in die Kabine integriert. Dies umfasst z.B. einen Küchenschrank oder eine WC-Zelle.

Totalmodulation

Dies beschreibt eine Flugzeugkabine, die aus dem Flugzeug als eine Einheit mit allen Decks entfernt und ersetzt werden kann.

Umbauindex

Eine definierte Größe, die den Umbauaufwand frei von Einheiten vergleichbar macht.

Zeitindex

Eine normierte Größe, die verhältnismäßige Zeitunterschiede vergleichbar lässt.

1 Einleitung

1.1 Motivation

Was geschieht eigentlich mit Passagierflugzeugen in Zeiten geringer Auslastung?

Luftfahrtbetriebe stehen oft vor diesem Problem. In den Sommermonaten ist es Dank immer steigender Urlaubsflügen selbstverständlich, dass die Passagierflugzeuge sinnvoll genutzt werden können und deren Auslastung sehr hoch ist. Doch was macht ein Betreiber mit seinen Transportkapazitäten, wenn der Beförderungsbedarf in einigen Zeiträumen des Jahres abnimmt? Da Flugzeuge durch ihre individuelle Kabineneinrichtung auf ein primäres Beförderungsmuster ausgelegt sind, ist es nur schwer möglich, in diesen schlechteren Zeiten, die Kapazitäten des Frachttransportes zu erhöhen. Man müsste die Inneneinrichtung eines Luftfahrzeuges individuell und möglichst flexible auslegen, um das Aufnahmevermögen sowohl an Passagiere als auch an Fracht anpassen zu können. Doch leider lassen es die heutigen strukturellen und einrichtungsspezifischen Gegebenheiten nicht zu, ein Flugzeug in kürzester Zeit komplett umzurüsten. Es muss also ein Machbarkeitsstudie erstellt werden, die aufzeigt, welche Bereiche des Flugzeuges von dieser Umkonfiguration betroffen sind und wie das Flugzeug strukturell verändert werden müsste.

1.2 Begriffsdefinition

Modularflugzeug

Unter einem Modularflugzeug soll ein Flugzeug verstanden werden, dessen Inneneinrichtung (Kabine, Flugzeugsysteme) in kürzester Zeit, für verschiedene Aufgabe umgerüstet werden kann. Der Hauptgrund dieser modularen Bauweise ist die optimale Ausnutzung der Kapazitäten und damit bessere Auslastung der Flugzeuge. Aus wirtschaftlicher Sicht lassen sich mittels diesen System die Ressourcen optimal nutzen.

1.3 Ziel der Arbeit

Es werden in diesem Bericht mehrere Theorien aufgestellt, die auf den ersten Blick eines fachkundigen Betrachters als nicht realisierbar erscheinen oder auch als ein Wunschgedanke angesehen werden können.

Im Bereich der Entwicklung betritt man des Öfteren Neuland, welches im ersten Augenschein als eine nicht verwirklichte Vision angesehen wird. Genau diese Vision einer revolutionären Neugestaltung der Flugzeugkabine wird in diesem Bericht aufgezeigt. Erste Lösungsideen werden geliefert und Strategien werden aufgezeigt, die einer Entwicklung positiv entgegen wirken. Der Hauptgedanke einer Modularisierung einer Flugzeugkabine ist die Verringerung der Standzeiten und eine somit Verbesserung der Wirtschaftlichkeit. Es werden in dieser Arbeit aber keine wirtschaftlichen Rechnungen zu erwarten sein, da hier der Hauptgedanke der praktischen Umsetzung fokussiert wird. Dennoch spielen letztlich der finanzielle Hintergrund dieser Entwicklung und die dadurch entstehenden Nebenkosten eine übergeordnete Rolle, welche über die Realisierung dieses Projektes entscheidet.

Trotz der globalen Betrachtung, wurde dieser Bericht verfasst, um industrielle Interessenten auf diese Möglichkeit der Entwicklung aufmerksam zu machen und um einige der folgenden Erkenntnisse praktisch zu realisieren.

1.4 Literaturübersicht

Da keine große Anzahl an Literaturquellen für ein diese Thematik benötigt wurden, befinden sich nur wenige Angaben im Literaturverzeichnis.

Unter diesen wenigen Angaben befinden sich keine Inhalte, die sich ausschließlich auf die schnelle Umkonfiguration von Flugzeugen beziehen. Einziger wirklicher Beitrag zu diesem Thema ist eine detaillierte Beschreibung des Airbus 310 MRTT der Bundesluftwaffe durch die Bundeswehr.

Alle anderen Quellen beschäftigen sich eher theoretisch bzw. gar nicht mit dieser Thematik, sondern liefern nur Basisinformationen über spezielle Flugzeugtypen. Betreiber sehen aus heutiger Sicht nur eine Gestaltungsmöglichkeit der Kabine, die sich im Rahmen des vom Hersteller vorgegebenen Bereiches bewegen. Es wird in diesem Zusammenhang von einem grünen Flugzeug gesprochen, welches nach Belieben des Betreibers konfiguriert wird.

Daher kommt es, dass ein Grossteil der Theorien selbst erstellt wurde und mittels bildlicher Anschauungen und Beschreibungen verdeutlicht wurden.

1.5 Aufbau der Arbeit

Der Hauptteil dieser Projektarbeit enthält Ausführungen zu folgenden Themenbereichen:

- Abschnitt 2** behandelt den Hintergrund dieser Arbeit
- Abschnitt 3** beschreibt die grundlegenden Daten des Airbus A340 - 600 und liefert Informationen über die Nutzung und Zugänglichkeit der Kabine
- Abschnitt 4** widmet sich dem Grundgedanken der Modulation und liefert mögliche Gestaltungsarten.
- Abschnitt 5** beschreibt das Flugzeuginnere und deren Modulationspotential. Des Weiteren werden frühzeitliche und aktuelle Flugzeuge zum Vergleich herangezogen.
- Abschnitt 6** behandelt mögliche Einsatzmöglichkeiten heutiger Flugzeuge.
- Abschnitt 7** zeigt mögliche Einsatzspektren von Luftfahrzeugen auf, welche gegenüber gestellt und verglichen werden.
- Abschnitt 8** liefert Lösungsstrategien zur Modulation von Kabinensystemen.
- Abschnitt 9** gibt detaillierte Lösungsideen zur modularen Gestaltung diverser Kabinenelementen.

Ziel dieser Projektarbeit ist es, Überlegungen über eine flexible, schnelle Gestaltungsänderung der Flugzeugkabine anzustellen. Es wird dabei ein Vergleich mit historische, sowie mit bestehenden Flugzeugen aufgezeigt. Hierbei werden jedoch, um den Rahmen dieser Arbeit einzuhalten, nur Lösungsansätze und mögliches Modulationspotenzial aufgezeigt.

2 Hintergrund

2.1 Wirtschaftliche Grundbetrachtung

Mit einer Modularisierung der Kabinen von Flugzeugen soll erreicht werden, ein Fluggerät flexibel und in kürzester Zeit für viele anstehende Aufgaben im Fracht- und Personenverkehr umzurüsten. Im Vordergrund steht dabei eine möglichst einfache Konstruktion einer variablen wechselbaren Kabine für Flugzeuge, um eine eventuelle Gewichtszunahme durch Flexibilität auszugleichen.

Flexibilität im Flugverkehr hat zum Vorteil, dass sich viele Fluggesellschaften zu Allianzen zusammenschließen, um ein größeres Passagieraufkommen, ohne die damit verbundenen Kostensteigerungen zu bewältigen. Dabei vergrößern die Fluggesellschaften ihre Flugzeugflotten nur geringfügig, wenn überhaupt, erreichen aber zusätzliche Transportkapazitäten durch flexiblen Einsatz und die dadurch steigende Auslastung ihrer Flugzeuge innerhalb der Allianzen.

Dabei soll keine Wertung über die allgemeine Entwicklung des weltweiten Luftverkehrs gemacht werden, der sich in den nächsten 20 Jahren mehr als verdoppeln wird (Airbus 2003).

Lufthansa und United Airline vergrößern ihre Flugzeugflotten in den nächsten drei Jahren um 10 %. Ryan Air, aufstrebender Billig-Anbieter für Kurzstrecken, erhöht seine Flugzeugflotte in den nächsten drei Jahren um 5 %, bei gleichzeitiger Angebotsvergrößerung um 10 % der angestrebten Ziele. So kommt es zum Beispiel dazu, dass Lufthansa und United Airlines ihre Flugzeuge untereinander, innerhalb einer Allianz (STAR ALLIANZ), einsetzen um ihre Kapazitäten besser auszulasten. Das bedeutet, wenn ein Passagier von Frankfurt bis Los Angeles fliegen möchte, muss er heute nicht mehr das Flugzeug wechseln, obwohl er zu seinem Ziel mit zwei Luftfahrtgesellschaften befördert wird, auch wenn er den Flug direkt bei Lufthansa gebucht hat. (Morrison 2004)

Neben dieser erhöhten Auslastung der Flotten, durch allianzübergreifende Einsätze, werden von kleineren Fluggesellschaften oder Billigfluglinien andere Strategien verfolgt. Trotz dieser Strategieverfolgungen wird es durch den massiven Anstieg an beförderten Passagieren und Frachtgütern langfristig zu einem größeren Bedarf an Flugzeugen kommen.

General Growth in Air Traffic

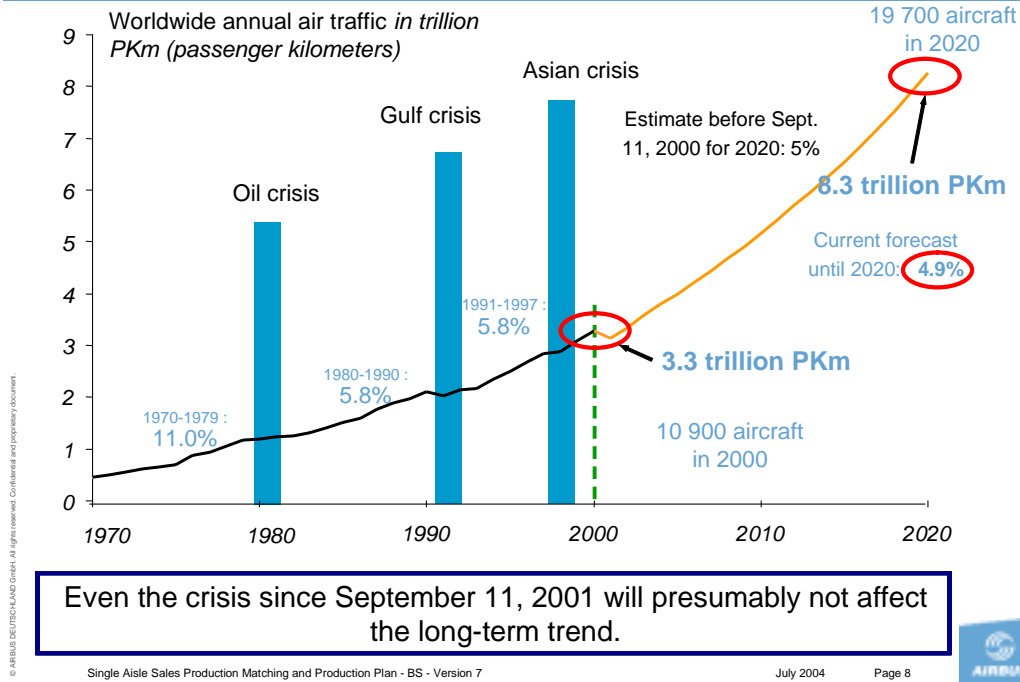


Bild 2.1 Entwicklung des Flugverkehrs van 1970 bis 2020 (Airbus 2004)

Macro analysis - Airbus deliveries

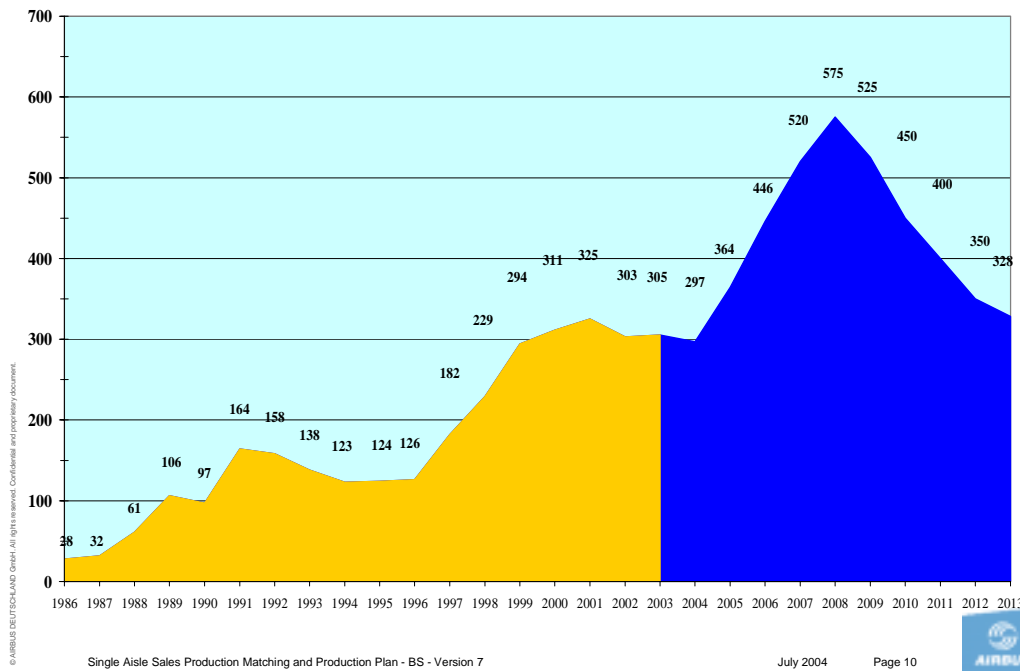


Bild 2.2 Flugzeugauslieferungen (Airbus 2004)

An diesem Punkt setzt die Überlegung der modularen Kabine an. Durch eine Möglichkeit, Flugzeuge jeglichen Bedürfnissen anzupassen, wird die Flexibilität um 50 % gesteigert. Wenn man eine solche Entwicklung weiter beobachtet, könnte eine Steigerung der Transportkapazität der heute eingesetzten Flugzeuge weltweit um ca. 25 % erfolgen. (**AEROS 2004**)

Dieses sind die 10 größten Fluggesellschaften der Welt:

American Airlines, United Airlines, Delta Air Lines, Northwest Airline, British Airways, Air France, Lufthansa, Japan Airlines, Continental Airlines und Singapore Airline.

Nach **Moring 2004** verfügten diese Airlines im Jahr 2003 über eine Gesamtflotte von 3498 Flugzeugen mit einer Kapazität von 615,27 Millionen. Passagiermeilen und 100,15 Millionen. Frachtmeilen. Dabei wurde die weltweite Entwicklung nur sekundär durch die Ereignisse des 11. September in ihrer Langzeitentwicklung beeinträchtigt, so dass man pauschal für die letzten 10 Jahre und die kommenden 10 Jahre eine Steigerung der Kapazitäten um durchschnittlich 2 % auszugehen ist. Diese 10 Fluggesellschaften werden nach laufenden Verträgen und Kaufabsichten im Jahr 2005 über eine Flotte von 3470 Flugzeugen verfügen, dies entspricht einem Entwicklungsrückgang von 0,9 %. Die Entwicklung kann annähernd als konstant angesehen werden, da trotz geringerer Anzahl an Flugzeugen eine Steigerung der Kapazität gegenüber dem Jahr 2003 um 5 % erreicht werden könnte. Diese Entwicklung ist nur so lange durchzusetzen, wie die Steigerung der Auslastung der Flugzeuge es ermöglicht. Politische und wirtschaftliche Gründe verursachen aber Schwankungen in den Bilanzen der Fluggesellschaften, so dass nur eine Auslastung von 85 % gewährleistet werden kann. Auch kleinere Fluggesellschaften wie Ryan Air oder Easy Jet besitzen nur Auslastungen bis 80 %. Weitere Gewinnsteigerungen beziehungsweise Erhöhung der Kapazitäten sind nur durch Vergrößerung der Flugzeugflotten zu erreichen. Dies wiederum hat eine große Auswirkung auf die laufenden Kosten der Fluggesellschaften, die durch heutige Probleme in der Energiebranche die Gewinne so weit senken müssen, dass eine wirtschaftliche Steigerung des Umsatzes mit der Vergrößerung der Flugzeugflotten und dazu gehörigen Kosten nicht zu vertreten wäre.

Die Entwicklung modularer Flugzeugkabinen eröffnet hierbei neue Möglichkeiten, um auf kurzfristige Schwankungen im normalen Beförderungsaufkommen zu reagieren. Als Beispiele könnte man die Ereignisse des 11. Septembers oder Kriege wie in Afghanistan oder im Irak bezeichnen. Während dieser Unruhen schrumpfte der Anteil des Passagieraufkommens der Fluggesellschaften um circa 5 %, während die Kapazität des Frachtaufkommens um circa 8 % stieg. Die gestiegenen Frachtbestände konnten mangels ausreichender Transportressourcen nicht vollständig befördert werden. Auch heute können die Steigerungen im weltweiten Luftfrachtaufkommen nicht komplett abgedeckt werden, da die Kapitalbindungskosten neu anzuschaffender Flugzeuge zu hoch sind. Aus diesen Gründen floriert bei so genannten dringenden Frachten, wie UN-Hilfsgütertransporte in Krisenregionen, der Schiffsverkehr weltweit. Flugzeuge, die über modulierbare Kabinen verfügen würden, könnten flexibel eingesetzt werden und eine bessere Auslastung der Kapazitäten garantieren. Gleichzeitig würde die Gewinnspanne der Fluggesellschaften erhöht.

2.2 Mögliche Betreiber und Kunden

Fluggesellschaften / Flugzeugbetreiber

Fluggesellschaften, ob im zivilen oder militärischen, im Personen- oder Frachttransport, haben mehrere Vorteile von diesem Prinzip. Zum einen können sie auf Schwankungen innerhalb des Marktes reagieren und die Flugzeuge dementsprechend umrüsten. Dabei wäre es auch kein Problem die Flugzeuge anderer Flugzeugbetreiber, die an Kapazitätsmangel leiden, zu vermieten. Auch bei politischen Schwankungen könnte schnell ein Strategiewechsel vorgenommen werden. Alle Flugzeuge wären flexibel gestaltbar und dem Kundenwunsch anpassbar, was die Effizienz immens steigern würde. Durch Ausgliederungen von Arbeiten an andere Subunternehmer könnten gleichfalls Wartungskosten verringert werden, da eine Dezentralisierung der Systeme erfolgt und damit die Zugänglichkeit an einzelne Systembausteine erleichtert würde. Es bietet sich die Option, für bestimmte Anforderungen Kabinensegmente zu mieten, so lange es den Bedürfnissen entspricht. Dies verschafft besonders kleinen Luftfahrtunternehmen Flexibilität.

Flugzeughersteller / Zulieferer / Ausstatter

Auch für Flugzeughersteller und Zulieferer, die von einer Möglichkeit der technologischen und wirtschaftlichen Vorreiterstellung gegenüber Konkurrenten profitieren, zeigen sich große Vorteile durch Einführung dieser Technik.

Durch eine solche weitere Dezentralisierung der Geschäftsfelder, bedeutet Senkung der laufenden Kosten bei gleichzeitiger Arbeitsplatzzerhöhung in anderen Bereichen. Dieser Punkt ist immer wichtiger trotz der in der Presse verbreiteter Trend, dass sich große Konzerne auf ihr Kerngeschäft konzentrieren wollen um Kosten zu sparen. Dies ist nicht ganz richtig, da in den Hochtechnologiebereichen, zu denen man den Flugzeugbau zählen muss, die Konzerne versuchen auch in allen anderen Nachbartechnologien Fuß zu fassen. Beispiel ist die Tochtergesellschaft von Airbus, Dasell, die spezialisiert sind auf Flugzeugtoiletten.

Leasinggesellschaften / Sonstige Wirtschaftsbereiche

Durch die Einführung der Modultechnologie eröffnen sich neue Geschäftsmöglichkeiten für Leasingunternehmen, da die Vermarktung der Kabinenmodule von Fremdfirmen durchgeführt werden kann. Aber andere Technologiebranchen werden von einer solchen Entwicklung profitieren, da auch die Logistik, Produktionstechniken und Lagertechniken geschaffen werden müssen.

3 Beschreibung des Flugzeuges Airbus A340-600

Um eine eindeutige Beschreibung der Modulationsmöglichkeiten zu gewährleisten, wird als Betrachtungsflugzeug der Airbus A340 – 600 herangezogen. An diesem Muster sollen notwendige Modifikationen aufgezeigt und Änderungen der Kabineneinrichtung erklärt werden. In diesem folgendem Abschnitt werden einige nötige Daten und Parameter des Betrachtungsflugzeuges aufgelistet. Im Laufe des Berichtes werden immer mehr Ideen zusammengetragen, um das Flugzeug modular zu gestalten.

3.1 Äußere Dimensionen

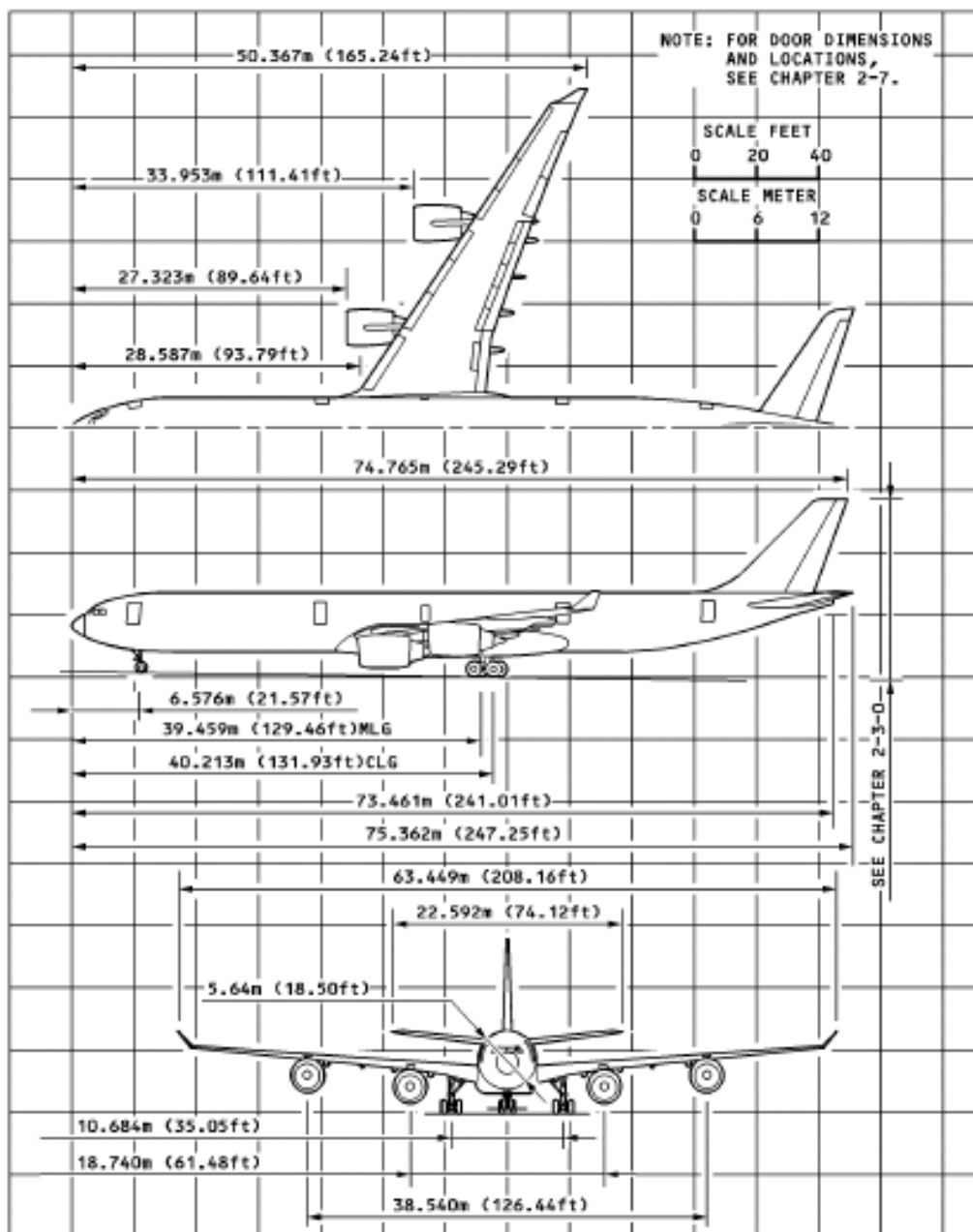


Bild 3.1 3-Seitenansicht Airbus 340-600 (Airbus 2003)

3.2 Leistungsangaben

Folgende Leistungsdaten sind charakteristisch für den Airbus A380. Sie dienen nur der Anschauung und werden durch eine spätere Modulation nicht beeinflusst.

MAXIMUM TAXI WEIGHT (MTW)	254 400kg (560 850lb)
MAXIMUM TAKE OFF WEIGHT (MTOW)	253 500kg (558 866 lb)
MAXIMUM LANDING WEIGHT (MLW)	186 000kg (410 056 lb)
MAXIMUM ZERO FUEL WEIGHT (MZFW)	174 000kg (386 598 lb)
MAX OPERATING ALTITUDE	Flight LEVEL 410 (FL)
MAX DESIGN SPEED / Vmo/Mmo	330 knots / 0,86

(Airbus 2003)

3.3 Passagiertüren

Der Airbus A340 ist mit sechs Passagiertüren, jeweils drei auf jeder Seite, und zwei Notausgänge oberhalb des Flügels ausgestattet. Die Anordnung ist so gewählt, dass im Falle einer Notsituation, die Passagiere sich gleichmäßig aus dem Flugzeug begeben können. Die Anzahl der Türen wird aus strukturtechnischen Gründen auf ein Minimum beschränkt, da jede Störung der Struktur eine Gewichtserhöhung durch Notwendige Versteifungen mit sich ziehen.

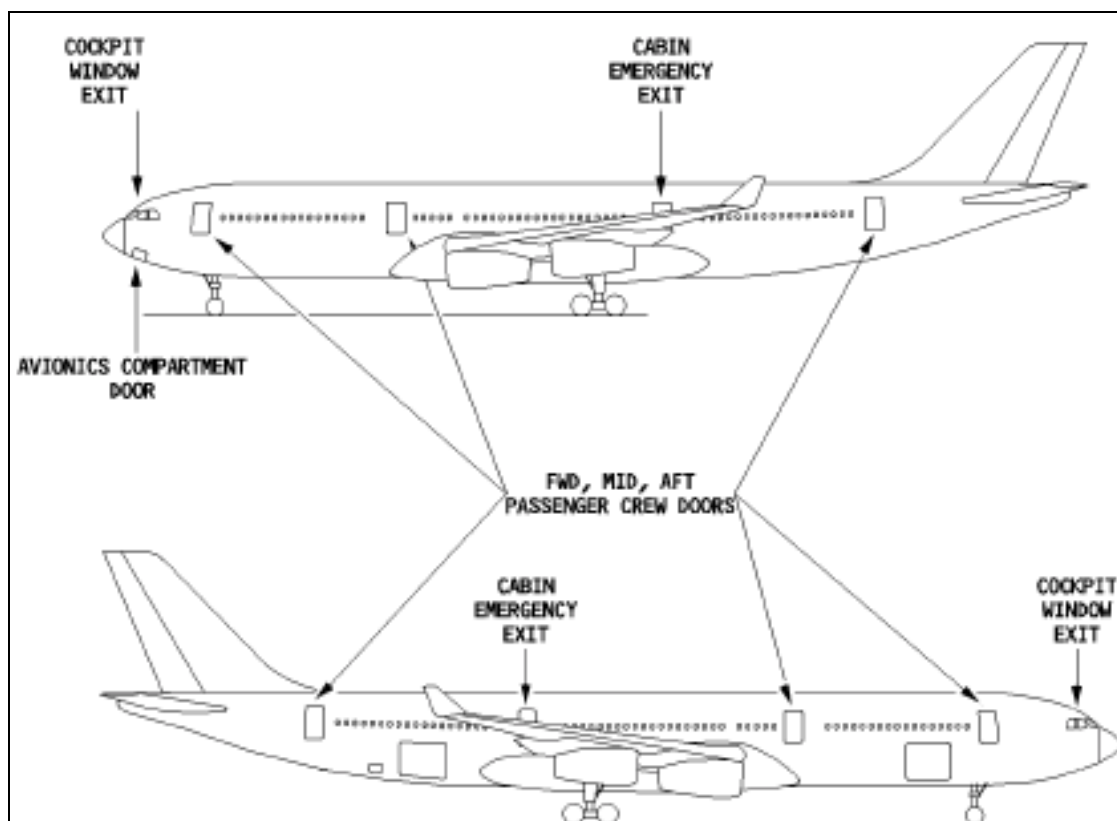


Bild 3.2 Ansichten der Türposition Airbus 340-600 (Airbus 2003)

3.4 Frachträume

Die vorderen und hinteren Unterflurfrachtbereiche sind gestaltet, um Fracht in Form von Containern aufzunehmen. Die maximale Kapazität ist auf 22 861 kg im vorderen Bereich und 18 507 kg im hinteren Bereich begrenzt. Das Bulk-Cargo-Compartment ist ausgelegt, um Stückgut und lebende Tiere zu befördern und weist eine Kapazität von 3 468 kg auf. (Airbus 2003)

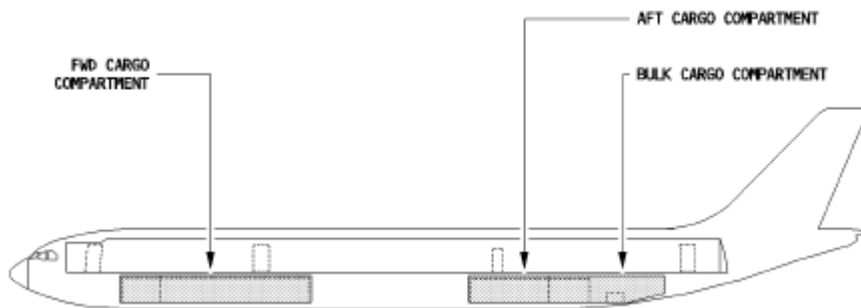


Bild 3.3 Frachtbereiche des Airbus 340-600 (Airbus 2003)

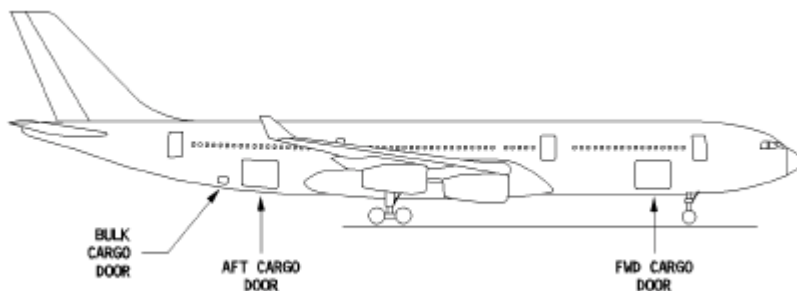


Bild 3.4 Frachttüren des Airbus 340-600 (Airbus 2003)

Die Frachttore zum Unterflurcompartment öffnen sich nach oben und werden über hydraulische Öffnungsmechanismen geöffnet und geschlossen. Die FWD und AFT Cargo Tür lässt sich nur von außen öffnen. Ein rotes Licht am Handgriff signalisiert, dass die Kabine unter Druck steht. Die Stückgutfrachttür (Bulk Cargo Door) öffnet nach innen. Sie wird manuell geöffnet, rastet mechanisch in eine Halterung ein und lässt sich von innen sowie auch von außen öffnen. Im Hinteren Bereich des Unterflurraumes sind Ruheräume für die Besatzung und Serviceeinrichtungen installiert. Die Integration erfolgt durch die Frachttore. Da diese dauerhaft eingebaut sind, ist eine Demontage nicht vorgesehen. Zu bemerken ist, dass der mittlere Bereich des Unterflur-Frachtraums nicht zugänglich ist, da hier die Fahrwerksschächte und der Zentraltank untergebracht sind. Diese „Störstelle“ lässt eine durchgängige Nutzung dieses Frachtbereiches nicht zu.

Die Konfiguration der Kabine ist sehr stark vom jeweiligen Betreiber abhängig. Es lassen sich beliebig viele Konfigurationsmöglichkeiten der Kabine vorstellen. Ein wichtiger Grund dieser Flexibilität ist die Umstellung der einzelnen Klassen, so kann beliebig zwischen der Größe dieser Bereiche gewechselt werden. Dies ist aus diesem Aspekt wichtig, da jeder Luftfahrtbetreiber das Kabinenlayout seinen Bedürfnissen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten anpassen kann. So spricht es für eine Airline, wenn sie dem Fluggast einen großzügigen Sitzabstand anbietet. Es lassen sich unterschiedliche Positionen der Servicebereiche realisieren, sofern an den gewünschten Stellen Zu- und Ableitungen vorhanden sind. Schienen im Kabinenboden gewährleisten eine schnelle Montage von Einrichtungsgegenständen. Sie lassen eine nahezu beliebige Installation zu.

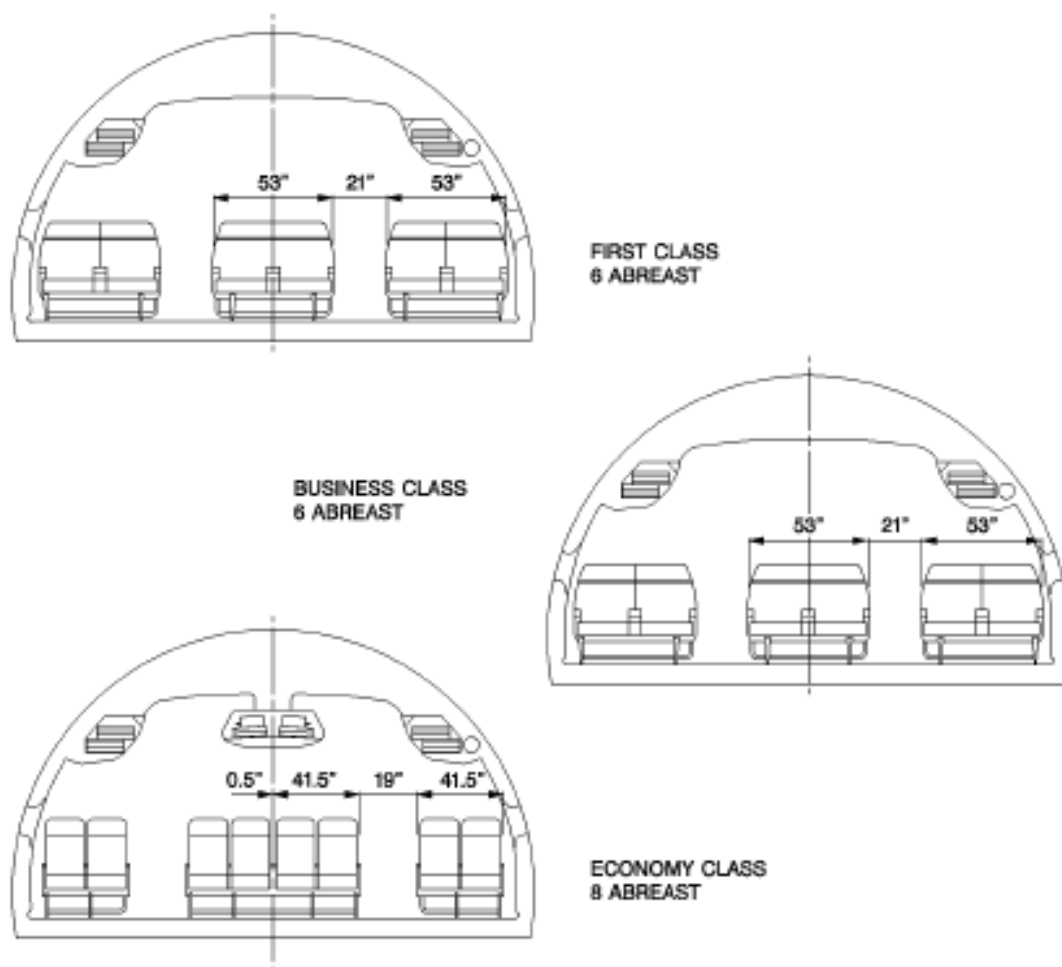


Bild 3.7 Kabinenquerschnitt des Airbus 340-600 (Airbus 2003)

4 Modulation

Bei der Modulation handelt es sich um eine flexible Anpassung der Inneneinrichtung, welche nach Kundenwünschen konfiguriert werden kann. Die Modulationsmöglichkeit soll dem Betreiber die Gelegenheit bieten, die Kabine individuell seiner Beförderungsstrategie anzupassen. So lassen sich Personentransporte unterschiedlicher Klassen, sowie Frachttransporte in fast unbegrenzten Kombinationen mit einem Flugzeug befördern. Die Kabine eines Flugzeuges stellt neben den Sicherheitsaspekten eines der wichtigsten Kriterien für die Flugzeugwahl da. Der Reisekomfort ist für die Passagiere seit jeher eine der entscheidenden Überlegungen bei der Entwicklung und Konstruktion von Luftfahrzeugen. Gerade in diesem Punkt ist es wichtig, bei der Modulation der Kabine sehr viel Sorgfalt auf Qualität, Funktionalität, Ästhetik und Modulation zu legen, denn diese genannten Merkmale beeinflussen sich gegenseitig. Die Herausforderung, ein Flugzeug mit einer flexiblen Kabine zu konzipieren, besteht darin, trotz großer Bauteilgruppen die Qualität und Funktionalität zu gewährleisten, die eine herkömmliche Kabine zu bieten hat.

Um eine Voraussetzung für die Modulation zu schaffen, muss neben der Struktur auch die Ausrüstung des Flugzeuges modulierbar sein. Dabei ist es wichtig, auf die Wege der Installation zu achten. Wird das Flugzeug durch eine Bug- /Hecköffnung geöffnet, so steht eine größere Zugangsmöglichkeit zur Verfügung. Dies hat zur Folge, dass die einzelnen Kabineneinrichtungselemente nicht zwangsläufig in „handliche“ Formate zerlegbar sein müssen. Hier bieten sich Möglichkeiten, große Segmente in die Kabine zu verbringen. Komplette Sitzreihen, Kücheneinrichtungen oder sogar sperrige Toiletten lassen sich als Ganzes in das Flugzeug befördern und installieren. Eine solche Modulation setzt voraus, dass die Struktur des Flugzeuges zum Zeitpunkt der Konstruktion zu diesem Zweck ausgelegt sein muss. Eine spätere Modifikation der Flugzeugstruktur würde sich als äußerst kostspielig und zeitaufwendig gestalten. Steht als Zugang zum Flugzeug nur ein gewöhnliches Frachttor zur Verfügung, so muss der Grad der Modulierung kleiner gewählt werden. Dies hat zum Nachteil, dass die Anzahl der Einrichtungsteile und auch die Arbeitszeit mit sinkender Baugruppengröße zunehmen. Stehen nur die gewöhnlichen Passagiertüren zur Verfügung, so kann der Grundgedanke der schnellen flexiblen Kabine nicht realisiert werden, da es sich als nicht rentabel erweisen würde. Diese Art der Kabineninstallation würde der einer herkömmlichen Kabinenbestückung gleich kommen.

Als Alternative zur kompletten Flugzeugheck- / Bugöffnung besteht die Möglichkeit, ein vergrößertes Frachttor zu installieren (siehe *Airbus 310 MRTT*). Durch diese Öffnung ist wieder eine größere Zugriffsmöglichkeit in die Kabine gewährleistet.

Durch eine Modulation der Flugzeugkabine darf auch der Sicherheitsaspekt nicht vernachlässigt werden. Daher werden zusätzlich zu den Frachttoren auch normale Passagiertüren mit Evakuierungssystem von Nöten sein, da die gesetzlichen Evakuierungsbestimmungen eingehalten werden müssen. Es muss also gewährleistet sein, innerhalb von 90 Sekunden alle Passagiere aus der Hälfte der zur Verfügung stehenden Ausgänge zu evakuieren.

4.1 Partmodulation

Für diese Art der Modulation werden kleine Bauteilgruppen, wie z.B. Schrankteile der Galleys oder einzelne Sitze von Hand in das Flugzeug gebracht und installiert. Diese Art der Montage ist sehr zeitaufwendig und erfordert eine große Anzahl qualifizierter Mitarbeiter (siehe Abschnitt 5.4.2). Es muss dabei große Sorgfalt auf Genauigkeit gesetzt werden, da es sich bei dieser Art der Modulation um mehrere Tausend Bauteile handelt. Des Weiteren würde sich die Lagerung dieser Bauteile als äußerst kosten- und raumintensiv erweisen. Ein entscheidender Nachteil dieser Einzeleinbauweise ist, dass sich nach der Installation noch eine aufwendige Qualitätssicherungsprozedur anschließt. Dies ist nötig, um die gesetzlich vorgeschriebenen Reglementierungen einzuhalten. Jedes einzelne Bauteil muss sich diesem Check im Flugzeug unterziehen. Es muss kontrolliert werden, ob sich jede Schraube und jede Verkleidung an seiner definierten Stelle befindet.

4.2 Segmentmodulation

Um die Installation zu beschleunigen und somit kostengünstiger zu gestalten, werden bei der Segmentmodulation nicht nur einzelne Bauteile, sondern als komplette Einheit in das Flugzeug verbracht. So lassen sich ganze Sitzreihen (siehe *Abschnitt 5.4.1*), einzelne Hatracks oder sogar fertige Küchensegmente einbauen. Modulationen dieser Vorgehensweise weisen einen enormen Zeitvorteil gegenüber der Partmodulation auf, denn auch ein gewisser Bereich der Qualitätssicherheit lässt sich aus dem Flugzeug in die Halle verlegen, da die einzelnen Segmente schon vorab auf ihre Funktionsweise und korrekte Verarbeitung geprüft werden können. So lässt sich eine große Anzahl der Segmente bereits vor dem Start der Modulation montagebereit vorbereiten. Ein ähnliches Verfahren wird bei dem Airbus 310 MRTT eingesetzt, erweist sich aber auch immer noch als sehr Personal intensiv (siehe Abschnitt 8.4).

4.3 Areamodulation

Bei dieser Vorgehensweise lassen sich nicht nur Baugruppen zusammenfassen, sondern es werden ganze Bereiche in der Kabine als eine Einheit in das Flugzeug installiert. Komplett montierte Küchen, WC's, Sitzreihen und Ruheräume werden durch speziell konzipierte Frachttore in das Flugzeuginnere und auf Rollen im Boden an die vordefinierte Stelle gebracht. Dort ist nur noch ein Anschluss an die nötigen Versorgungsleitungen erforderlich. Auf diese Art und Weise lässt sich einem die Kabine mit enormem Zeitvorteil bestücken. Die jeweiligen Areas lassen sich vormontiert in einer Halle bereits auf ihre Funktionen prüfen, so dass sich die Überwachung der Qualitätssicherheit in der Kabine minimieren lässt. Außerdem wird der Personalaufwand gering gehalten und gilt daher als die am besten geeignete Modulationsart.

4.4 Maindeckmodulation

Als nächster Stufe der Modulation wird in der Maindeckmodulation eine komplette Ebene eines Flugzeuges als eine Einheit zu umkonfiguriert. Das Flugzeug muss von Seiten der Konstruktion so konzipiert sein, dass eine Bug- oder Hecköffnung vorhanden ist. Es sollte gewährleistet sein, dass der gesamte Querschnitt der Kabine zugänglich ist. Aus Gründen der Stabilität bietet sich an den Heckbereich zu öffnen. Zwar muss man im Heckbereich ein weitaus längeres Segment seitlich geklappt werden, um die Verjüngung des Heckkonus zu umgehen. Dies wird sich, gerade bei extrem schlanken und langen Flugzeugen, wie hier dem A340-600 als problematisch erweisen, da hier mehrere Punkte des Flugzeuges gelagert werden müssen, um ein kippen zu vermeiden. Dagegen bietet eine Hecköffnung eine leichtere Umsetzung des Öffnungssystems, da weit weniger Elektronischer Verkabelungen als im Bugbereich vorhanden.

Für eine Montage müsste das Flugzeug in eine Halle gebracht werden, in der ein fertig montierter Maindeckboden mit allen Ausrüstungsgegenständen bereits vorbereitet ist. Das Maindeckmodul wird mittels präziser Hubvorrichtungen auf die exakte Höhe bewegt, um in das geöffnete Flugzeug geschoben zu werden. Der Boden wird mit den Seitenelementen verbunden und gesichert. Abstreben, die den Boden tragen und sichern sind bereits im fest im Flugzeugunterflurbereich installiert. Da in diesen Bereich die flugrelevanten Verkabelungen und Leitungen verlegt sind. Versorgende Anschlüsse, wie Wasser und Strom werden nach einem „Plug and Fly-System“ (sich automatisch schließende und dichtende Verbindungselementen) mit den Leitungen verbunden um eine Versorgung um ermöglichen

Dieses Verfahren würde eine sehr hohe Flexibilität aufweisen und hat sehr viele Vorteile:

- Die Kabine kann bereits vor dem Eintreffen des Flugzeuges bestückt und montiert werden.
- Große Standzeiten des Flugzeuges werden vermieden
- Schnelle Installation
- Es werden weniger Monteure benötigt.
- Teile der Qualitätssicherheitsabnahmen können vor Eintreffen des Flugzeuges abgeschlossen werden

Leider ist diese Methode auch sehr kostenintensiv. Zum einen muss das Flugzeug mit einem sicheren Aufklappmechanismus versehen werden, zum anderen muss sichergestellt sein, dass auch alle Systeme mit dem Bordnetz verbunden werden. Wasser-/Abwasserleitungen müssten leckagesicher konzipiert werden. Dieses bereitet besonders im Bereich der Toiletten einige Schwierigkeiten, da hier die Zuverlässigkeit gewährleistet werden muss. Die Vormontage der Böden benötigt eine große Fläche, wobei es spezielle Hallen bedarf. Sicher ist diese Art der Modulation noch nicht für bestehende Muster praktikabel, aber sobald dieses System, seitens der Fertigung berücksichtigt wird, ist es eine schnelle Methode um das Kabinenlayout zu ändern.

4.5 Totalmodulation

„Die fliegende Hülle in der Hülle“. (*Sprenger 2002*)

Das Flugzeug müsste bei dieser Betrachtungsweise einen aufklappbaren Rumpf vorweisen. Dieses muss sicherstellen, dass der komplette Rumpfquerschnitt, mir allen Ebenen zugänglich ist. Eine speziell entwickelte Rampe mit Verriegelungs- und Sicherungssysteme wird mit dem Flugzeug befestigt. Durch ein „Förderbandprinzip“ wird nun die Hülle mit den Passagieren und der Fracht in das Terminal hineinbefördert. Die Passagiere haben jetzt die Möglichkeit aus der Kabine auszusteigen und würden direkt an ihrer Passagierzelle ihr Gepäck in Empfang nehmen können, ohne lange Wege durch den Flughafen zu müssen. Ist die Passagier- / Gepäckhülle entleert, so wird sie auf einem separaten Schienensystem in eine spezielle Area gebracht, in der sie gereinigt und wieder mit dem notwendigen Verbrauchsmaterialien gefüllt wird. Bereits in der Zwischenzeit hat wieder das Boarding der nächsten Passagiere begonnen. Sie gehen zusammen mit ihrem aufzugebenden Gepäck zu ihrer Hülle und checken direkt dort ein. Das Gepäck wird wie auf herkömmlicher Weise in LD-3 im unteren Frachtbereich des Flugzeuges verstaut. Die Passagiere würde nun direkt in das Innere des Flugzeuges gebracht werden und könnten sich bereits auf den Flug vorbereiten. Ist die Hülle beladen, so wird sie einfach in das Flugzeug geschoben und der Heckkonus wieder geschlossen.

Ziel dieser Vision ist es, die teuren Standzeiten der Flugzeuge zu minimieren. Der Airbus A380 hat eine prognostizierte Standzeit von 120 Minuten. Diese Zeit beinhaltet das Betanken, Aus- und Einsteigen der Passagiere, Be- und Entfrachten sowie Reinigung der Kabine. Würden wir dieses „Hülle – in – der – Hülle“ - System nutzen, so würden sich die Standzeiten drastisch verkürzen. Es sind nur noch die Zeiten relevant, die zum Be- und Entladen der Passagierzelle und das Betanken benötigt werden. Es sind also Fixzeiten, die nicht durch die Passagiere beeinflusst werden können, denn im Idealfall wartet die neue, befüllte Passagierzelle bereits auf das Trägerflugzeug, während dieses sich der alten Zelle entledigt.

Eine Modifikation der Flughäfen müsste für dieses System in Kauf genommen werden. Aus wirtschaftlichen Gründen kann zum heutigen Zeitpunkt über diese Projekt nur nachgedacht werden. Eine Realisierung wäre in ferner Zukunft denkbar, aber gerade der Aspekt der strukturellen Modifikation sämtlicher Flughäfen ist kurzfristig nicht realisierbar.

5 Blickpunkt Kabine

Die Kabine nimmt einen großen Stellenwert des Flugzeuges ein. Es bietet den benötigten Nutzraum, den ein Flugzeug besonders sinnvoll macht. Daher wird besonderen Wert in der Flugzeugkonstruktion gelegt. Aus diesem Grund ist die Kabine in unserer Betrachtung der wichtigste Punkt. Gestaltet sich eine modulare Konzipierung der Kabine als schwierig, oder ist sogar ausgeschlossen, erweist es sich als sinnvoll vorzeitig Überlegungen und Machbarkeitsstudien anzustellen.

5.1 Flugzeugkabine der Neuzeit

Heutige Langstreckenflugzeuge bieten Betreibern in jeder Kabinenklasse hohe Standards im Hinblick auf die Geräumigkeit, das Komfortangebot und die Palette der gebotenen Annehmlichkeiten. Die großzügige Kabinenbreite erlaubt, dass sämtliche Passagiere der First Class und der Business Class einen der bevorzugten Fenster- oder Gangplätze erhalten. Anhand der Kabinenbreite lässt sich ohne weiteres die Sitzzahl und die Anzahl der Gänge ermitteln. Dafür werden gesetzliche Grundlagen und Reglementierungen der Luftfahrtbetreiber berücksichtigt. Da wir bei unserem Airbus A340 von einer Kabinenbreite von 5,287 Metern ausgehen, ergibt sich in der Economyclass eine Zwei - Gang - Konfiguration mit jeweils zwei Sitzelementen an der Kabinenaußenseite und vier Sitzen im Zentrum. Eine Konfiguration mit fünf Mittelsitzen wäre aus zwei Gründen nicht realisierbar:

1. Lassen es die gesetzlichen Bestimmungen nicht zu, da dem Servicepersonal nur eine gewisse „Passagiererreichbarkeit“ erlaubt ist. Es wäre ein dritter Gang in der Mitte erforderlich. Dieser würde aber ein Verlust an Sitzplätzen mit sich ziehen.
2. Der Komfort würde sich drastisch verschlechtern.

Um ein gewissen Komfort zu ermöglichen, sollte die Breite des Ganges so dimensioniert sein, dass ein Servierwagen ohne Kontakt mit einem im Gang stehenden Passagier passieren kann. Für viele Passagiere ist der Abstand zum Sitz des Vordermanns ausschlaggebend. Diese Distanz kann der jeweilige Betreiber frei wählen. Durch einfache Schienen im Boden lassen sich die Sitze frei den Anforderungen und Bedürfnissen der Luftverkehrsgesellschaft anpassen. Diese Schienen stellen ein universelles Befestigungssystem dar, welches eine Flexibilität positiv beeinflusst. Sämtliche Ausrüstungsmodule sind in diesem System verankert. So werden Küchen, WC's und auch Trennwände bodenseitig gehalten. Diese Schienen müssen den vom Gesetzgeber vorgeschriebenen Belastungen standhalten.

- in Flugrichtung 9,0 g
- seitlich zur Flugrichtung 1,5 g
- aufwärts 2,0 g
- abwärts 4,5 g

Die seitlichen Gepäckablagefächer in der First Class bieten dabei in Verbindung mit dem Stauraum in den individuellen Sideboards oder separaten Schränken reichlich Platz für das gesamte Bordgepäck. Diese Baugruppen lassen sich hervorragend als kompletter Part in die Kabine integrieren und an beliebigen Positionen in der Kabine positionieren.

Der Eindruck großer Geräumigkeit, der auf Langstreckenflügen von entscheidender Bedeutung ist, wird auch in der Economy Class sorgfältig gewahrt. Während der Flugzeughalter weiterhin Nutzen aus den wirtschaftlichen Vorteilen einer Bestuhlung mit zehn Sitzen pro Reihe ziehen kann, profitieren die Passagiere von einer Sitzanordnung, bei der niemand weiter als zwei Sitze vom nächsten Gang entfernt ist. An der Decke sind Ablagefächer mit hohem Fassungsvermögen installiert, die bequem erreichbar sind, ohne die Kopffreiheit oder die Bewegungsfreiheit in der Kabine einzuschränken. Dieser Stauraum fasst mehr der heute allgegenwärtigen „Roller Bags“ pro Passagier als die entsprechenden Ablagefächer jedes anderen vergleichbaren Großraumflugzeugs.

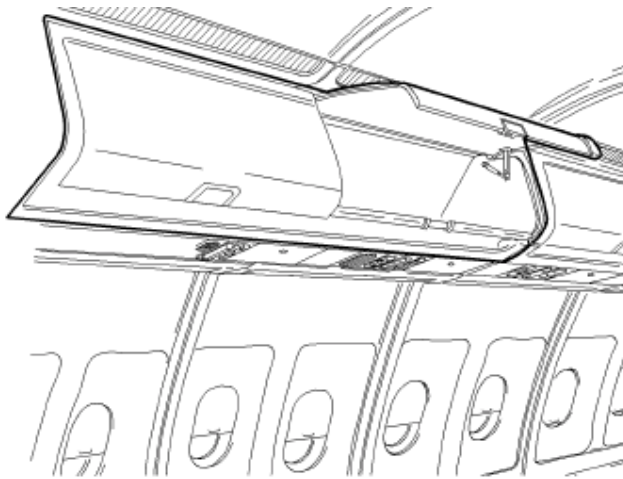


Bild 5.1 Hatrackansicht Airbus 340-600 (Airbus 2004)

Wirkungsvolle Beleuchtung und eine effektive Klimaanlage in der Kabinenumgebung sind unerlässliche Voraussetzungen für den dauerhaft hohen Passagierkomfort auf Langstreckenflügen. Diese Systemkomponenten werden als integraler Bestandteil in der Decken- und Seitenverkleidung definiert, so dass bei dem Einbau dieser Elemente automatisch die Klimatisierung realisiert werden kann. Die Verbindungen der einzelnen Klimaanlagelemente werden durch hochdichtende Verbindungselemente sichergestellt, die eine leckagefreie Zirkulation der Luft gewährleisten.

Diese Flugzeuge bieten zu diesem Zweck die Möglichkeit der gesonderten Regelung dieser Elemente in verschiedenen Kabinenzonen. Die Beleuchtungsoptionen für die Kabine stellen unterschiedliche Lichteinstellungen, diverse Farbkombinationen und Helligkeitswerte zwischen 100 und 0 Prozent zur Auswahl. Moderne Klimaanlagelemente schaffen ein gut belüftetes, aber zugfreies Bordambiente mit einem Geräuschpegel, der deutlich unter dem vergleichbarer Flugzeuge liegt. Die ständige Zufuhr sauberer Luft wird durch Filter erreicht, die 99,9 Prozent der unerwünschten Stoffe entfernen und für eine Luftqualität sorgen, die auch den Sauber-

keitsanforderungen der meisten Operationssäle genügen würde. Das Bordpersonal kann mit Hilfe dieser Systeme jede Zone des Flugzeugs auf optimale Komfortwerte für die Passagiere einregeln. Die gewählten Einstellungen für beide Systeme sind entsprechend den verschiedenen Flugphasen programmierbar und lassen sich während des Flugs zu den gewünschten Zeiten einfach aktivieren, um stets für ein komfortables und entspannendes Bordambiente zu sorgen.

5.2 Kabinenausrüstung mit Modulationspotential

5.2.1 Personensitze

Passagiersitze werden in jeglicher Form und Ausführung auf dem Markt angeboten, dabei reicht das Spektrum vom einfachen „no-funktion-seat“ bis hin zum Hightech Firstclass Sitz-Bett (siehe Bild 5.2). Den gestalterischen Freiheiten der Airliner sind gerade in diesem Bereich, der dem Kunden sofort ins Auge sticht, keine Grenzen gesetzt.

Im Hinblick auf eine Modulation sollte bedacht werden, wie die Sitze in das Flugzeug gebracht werden. Dabei sind mehrere Möglichkeiten offen. Von dem Hineintragen des Einzelsitzes bis zum Integrieren einer kompletten Sitzreihe. Zu bedenken ist, dass sich die Sitze nicht nur optisch voneinander unterscheiden. Der Komfort hängt im gesteigerten Maß von den kleinen Extras ab, welche einige Hersteller für ihre Sitze anbieten. So sind mittels acht Elektromotoren sämtliche Sitz- und Liegepositionen einstellbar. Elektrische Sitzheizung mit Massagefunktion wird bereits in der ersten Klasse angeboten. Selbst Sitze, die sich zu kompletten Betten ausfahren lassen können, ermöglichen während eines langen Fluges eine gewisse Erholung.

Bei der Montage ist sehr darauf zu achten, dass die Verbindung mit den nötigen Netzen erfolgt. Eine Schnittstelle zum Leselicht, TV-Kontrolle muss sichergestellt werden. Im Falle einer Modulation muss berücksichtigt werden, dass die Platzierung der Leseleuchte, der Frischluftzufuhr und die Beschilderung der jeweiligen Sitzanzahl und Position angepasst werden muss.

Hier würde eine Überlegung ansetzen, wichtige Bedien- und Sicherheitselemente in den Sitz zu integrieren. So lassen sich Leseleuchte in den Vordersitz und Sicherheitsanzeigentafel die Armlehne einbetten, sodass keine zwingende Verbindung mit dem Hatrack erfolgen muss, indem die Systeme befestigt sind. Die Generation der einfachen Sitzmöbel mit Rückenlehnenklappelegenheit gehört der Vergangenheit an. Die Sitze weisen ein deutlich höheres Gewicht auf, als Sitze älterer Generation, deshalb ist es erforderlich, die Befestigungseinrichtungen den größeren Belastungen anzupassen.

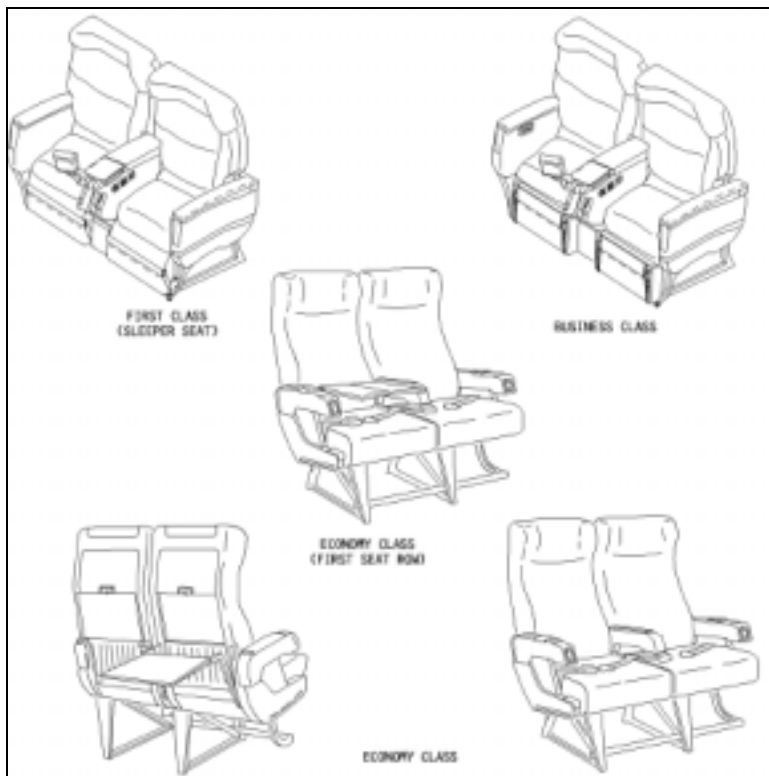


Bild 5.2 Sitze des Airbus 340-600 (Airbus 2004)

5.2.2 Crew-Seats

Während der Start- und Landephase herrscht für die Kabinenbesatzung Sitzpflicht. Die Kabine muss für jeden Flugbegleiter einen eigenen Sitz bereitstellen. Diese sind in der Regel als Klappsitze ausgelegt, um während des Reisefluges keinen unnötigen Platz zu beanspruchen. Diese Sitze sind an Trennwänden zu Toiletten, Galleys und Cockpit befestigt. Sie sind so platziert, dass die Flugbegleiter mit dem Rücken zur Flugrichtung sitzen, um die Kabine und die Passagiere beobachten zu können. Die Positionen der Sitze sind aus Sicherheitsgründen festgelegt. So liegen alle Passagiere im Blickwinkel der Flugbegleiter (Bild 5.3).



Bild 5.3 Blickwinkel der Flugbegleiter (Airbus 2004)

Bei der Gestaltung auf modularer Basis, werden die Sitze an den gleichen Stellen platziert. Da sie vormontiert sind, bereitet es keine große Schwierigkeit, sie an den Wänden sicher zu befestigen. Wichtige Kommunikationsmedien sind in Reichweite dieser Sitze platziert, so dass eine Kommunikation während des Sitzens mit dem Cockpit und den Passagieren aufrecht erhalten bleibt.

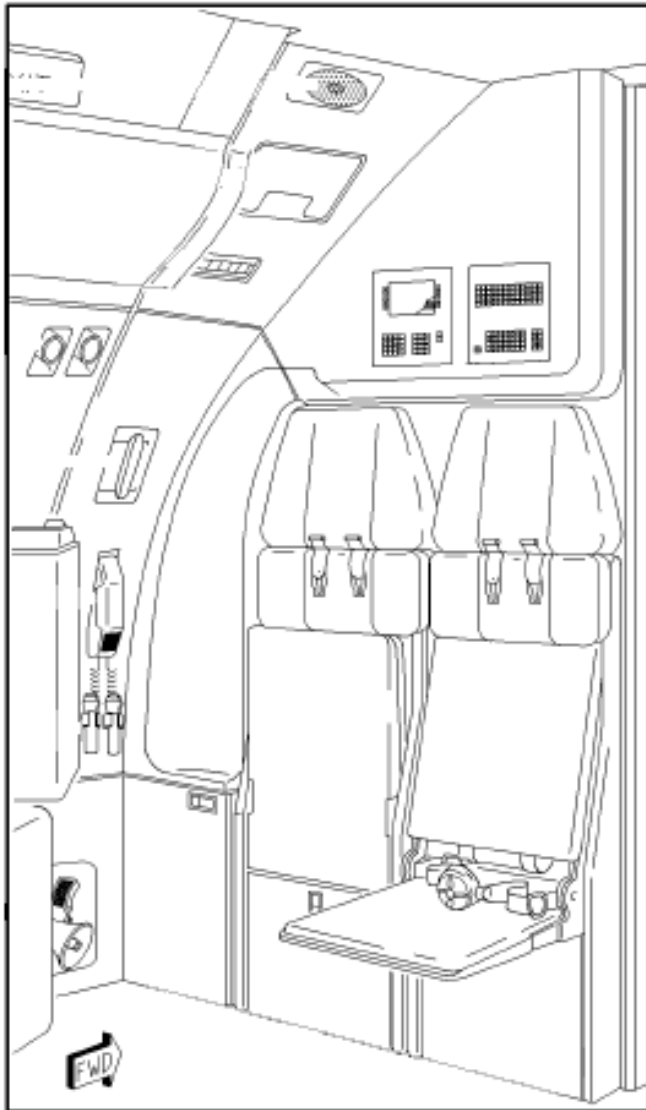


Bild 5.4 Crews Sitze Airbus 340-600 (Airbus 2004)

5.2.3 Sanitäreinrichtung

Je nachdem wie groß das Flugzeug ist und wie weit es fliegen kann, benötigt man eine gewisse Anzahl an Toiletten. Diese Minimalmenge lässt sich anhand einer Faustformel ermitteln. Es muss sichergestellt sein, dass sich an Bord auch eine behindertengerechte Toilette befindet. Um nun auf die mögliche Modulation zu sprechen zu kommen, müssen erst einmal wichtige Vorüberlegungen getroffen werden.

Die Lebensdauer soll möglichst groß gestalten werden und daher sollten die Sanitäreinrichtungen robust ausgelegt sein. Gerade wenn sie mehrere Male aus- und wieder eingebaut werden sollte. Waschräume sind die Wasserverbraucher Nummer eins in einem Flugzeug. Dabei geht es nicht unbedingt um die Menge an Wasser, die durch die Toilette den Frischwassertank verlässt, es geht vielmehr um das Wasser, welches im Waschbecken zum Händewaschen benutzt wird. Moderne Flugzeuge sind an diesen Stellen mit speziellen Lichtschranken ausgestat-

tet, um eine übermäßige Wasserverschwendung zu vermeiden. Die Toiletten werden heute meist mit einem Vakuumsystem ausgestattet, welches ein fast wasserloses Abspülen mit nur 0,5 Liter ermöglicht (nach **Airbus 2004**).

Es ist außerordentlich wichtig, bei der Platzierung auf genau diese Zu- und Ableitungen zu achten. Durch flexible Aufstell- und Integrationsmöglichkeiten muss auch eine flexible Zugänglichkeit zu den Leitungen und Rohren sichergestellt sein. Aus diesem Grund macht es Sinn, diese Bereiche an fest definierten Stellen im Flugzeug zu platzieren, da es einen enormen Aufwand darstellt, die Abwasserleitung sicher und flexibel in der Kabine zu verlegen. Es würde dem Stand der heutigen Flugzeugtoilette nicht entsprechen, sollte die Toiletten frei von Zu- und Ableitungen und mit einem Fäkal- und Frischwasserspeicher gestaltet sein. Dadurch wäre zwar die Positionierung willkürlich in der Kabine möglich, aber die Reinigung und Versorgung an den Flughäfen würde sich als aufwändig und zeitintensiv herausstellen, da das Servicepersonal mit entsprechenden Absaug- und Speiseleitungen durch die Kabine zu den einzelnen Bereichen muss, um dort die Tanks zu leeren.

Neue Produktionsmethoden lassen eine Fertigung der Toiletteninnerverkleidung aus nur einem Kunststoffblech zu. Solch eine Fertigung gewährleistet eine nahtfreie und leckagesichere Gestaltung. So kann man sicherstellen, dass keine Flüssigkeiten in das Kabineninnere gelangen. Anschlüsse für Wasser und Strom müssen gegebenenfalls in der Struktur verlegt und mit eigenen Versorgungs- und Speicherdepots verbunden werden.

Um einen Brand in den Toilettenräumen (Bild 5.6) zu vermeiden sind in den Papierkörben Halon-Löschpatronen installiert, die bei einer Temperatur von 62°C selbstständig ausgelöst werden (Bild 5.5). Des Weiteren befindet sich an der WC-Decke ein Rauchmelder. Diese Sicherheitseinrichtungen müssen mit dem Bordnetz verbunden werden, um ggf. Warn- und Gefahrenmeldungen zu erfassen.

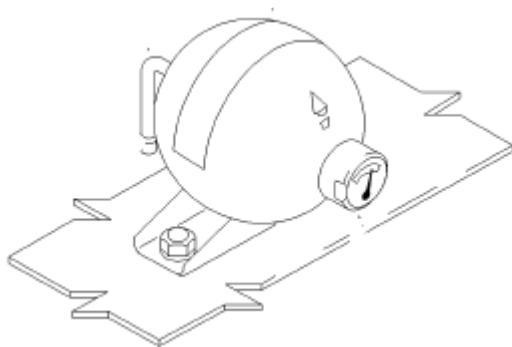


Bild 5.5 Halon-Feuerlöscher (**Airbus 2004**)

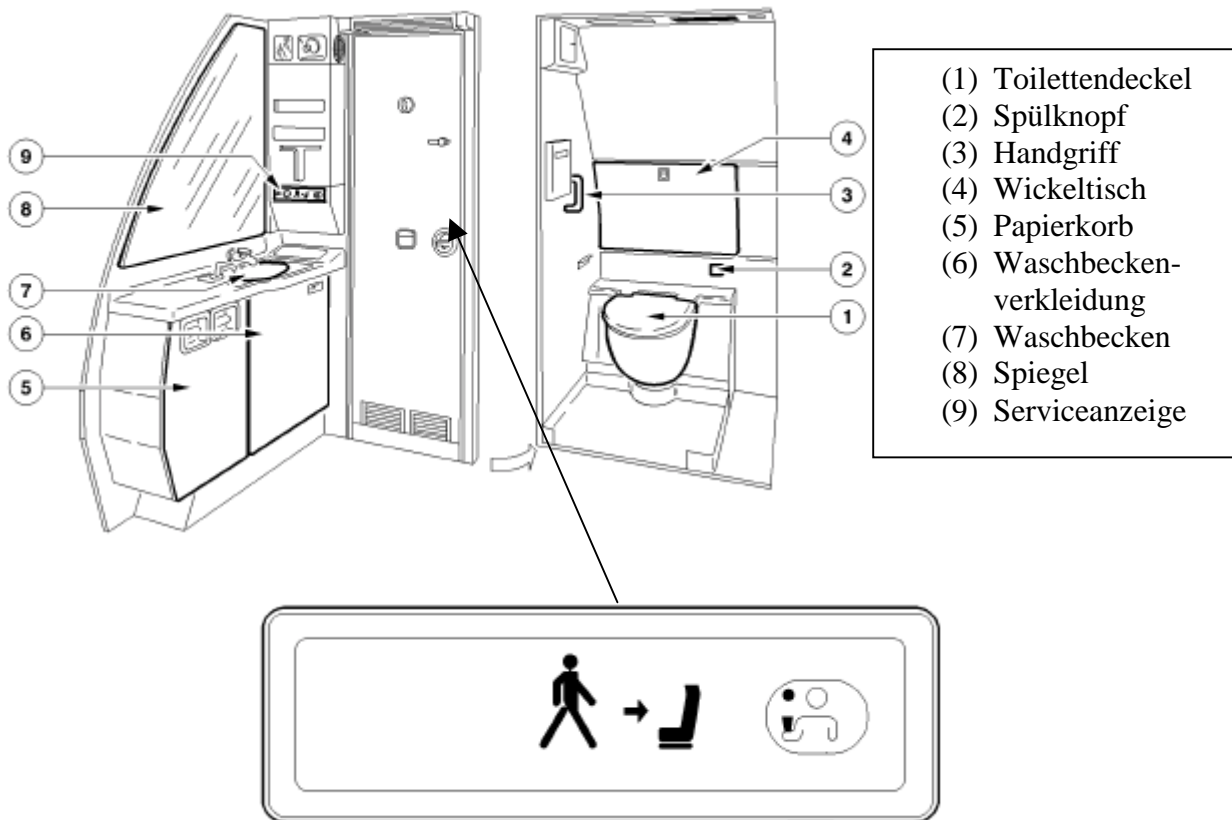


Bild 5.6 Sanitäreinrichtungen Airbus 340-600 (nach Airbus 2004)

5.2.4 Galleys

Heutige Standards legen die Anzahl der Toiletten und Küchen in der Kabine fest. Ein entscheidender Faktor ist die Wahl der Klasseneinteilung (Bild 5.7). Bei modifizierbarer Kabinenkonfiguration muss auf eine Variation der Anzahl an Servicestationen Rücksicht genommen werden.

Die Galleys müssen modular aufgebaut sein, damit sie mit wenigen Handgriffen montiert und demontiert werden können. Einfache Wandsegmente aus CFK-Sandwich-Panelen lassen sich durch ein speziell angepasstes Stecksystem zu einer Küchenverkleidung zusammenbauen. Alle notwendigen Komponenten, wie z.B. Brötchenofen, Kaffee- / Teebereiter, Kühl- und Wärmeschränke lassen sich in vorgesehene Aufhängungen montieren. An den Segmenten vormontierte Strom- und Wasserleitungssysteme lassen sich mit wenigen Handgriffen in der Galley befestigen. So entfällt eine aufwändige Verlegung der Leitungen. Um durch die modulare Gestaltung einen deutlichen Zeitvorteil zu erlangen, muss die problemlose Installation sicher gestellt sein. Das ganze System muss einfach und möglichst aus gleichen Elementen aufgebaut sein. Die Wahl der Flugzeugöffnung legt auch in diesem Bereich die Größe der Küchensegmentteile fest. Sollte ein Zugang über den kompletten Rumpfquerschnitt möglich sein, könnten sie kompletten Küchenbereiche in das Flugzeug verbracht werden.

Es muss gewährleistet sein, dass die Wandsegmente, welche die Küchegeometrie darstellen, fest an mehreren Punkten mit der Struktur des Flugzeuges verbunden sind, um alle vorgeschriebenen Lasten ertragen zu können. Von einer komplexen Baugruppe sollte Abstand genommen werden, da die Montage einfach und durch eine Vielzahl von Personen durchgeführt werden sollte.

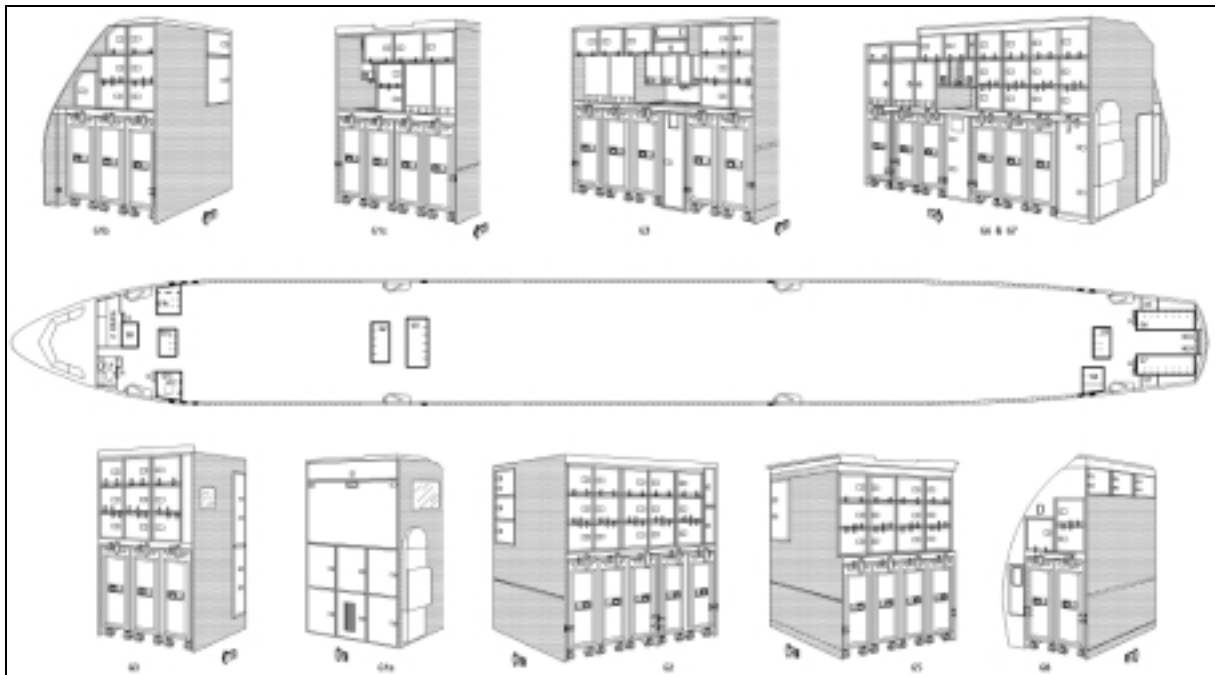


Bild 5.7 Galley Positionen Airbus 340-600 (Airbus 2004)

5.2.5 Frachtsysteme

Die Grundlage der Modulation beruht auf dem Gedanken der Flexibilität. Sollte das Flugzeug kapazitiv nicht mit Passagieren zu bewirtschaften sein, hat der Betreiber die Möglichkeit, die Kabine zur Aufnahme von Cargo umzurüsten. Dafür müssten sämtliche Kabineneinrichtungselemente aus dieser entfernt werden. Unter dem Kabinenboden, der ebenfalls modular aufgebaut und entfernbar ist, könnten sich Rollen befinden, wie sie auch in herkömmlichen Transportmaschinen eingesetzt werden, befinden. Man muss sich im Klaren sein, dass die Befestigungsmechanismen in der Kabine vorhanden sein sollten, um die Belastungen der Flugbewegungen und eine Verschiebung der Last aufzunehmen. Die Seitenelemente würden, Dank des großzügigen Kabinenquerschnittes, in der Kabine verbleiben können, da zwei LD3-Container problemlos nebeneinander Platz finden. Nur über einen Abdeckmechanismus der Seitenelemente muss man nachdenken, damit bei robusten Be- und Entladevorgängen die Strukturen unversehrt bleiben.

5.2.6 Unterflurcompartment

Der hohe Komfortstandard des Flugzeuges beschränkt sich keineswegs nur auf das Hauptdeck: Dank eines Querschnitts, der in dieser Kategorie beispiellos ist, eröffnen sich einzigartige Nutzungsmöglichkeiten für den Unterflurbereich. Hierzu zählen beispielsweise innovative Unterflureinrichtungen sowie besondere Lounge-Räume für Passagiere, Ruheräume für die Besatzung und Unterflurtoiletten, die über eine Treppe vom Hauptdeck aus erreichbar sind. Verschiedene Betreiber haben bereits Unterflurtoiletten eingebaut, während andere sich für den Einbau von Unterflurbordküchen entschieden haben, welcher seit diesem Jahr bei der A340-600 möglich ist. Diese Ausstattungsmerkmale bieten eine eindrucksvolle Palette von Vorteilen: Sie tragen beträchtlich zum Wohlbehagen der Passagiere und Besatzung bei, sie geben zusätzliche Ertragsfläche in der Hauptkabine frei, sie ermöglichen Fluggesellschaften die bessere Differenzierung ihrer Service-Leistungen und bieten ihnen größere Flexibilität im Hinblick auf die zahlenmäßige Stärke der Bordbesatzung, die beflogenen Routen und die Anforderungen ihrer Frachtkunden.

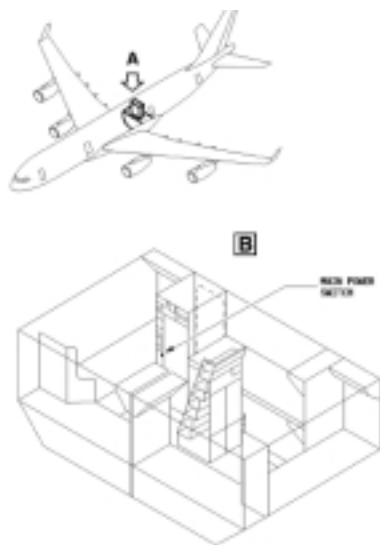


Bild 5.8 Zugang zu Unterflurcompartment (Airbus 2004)

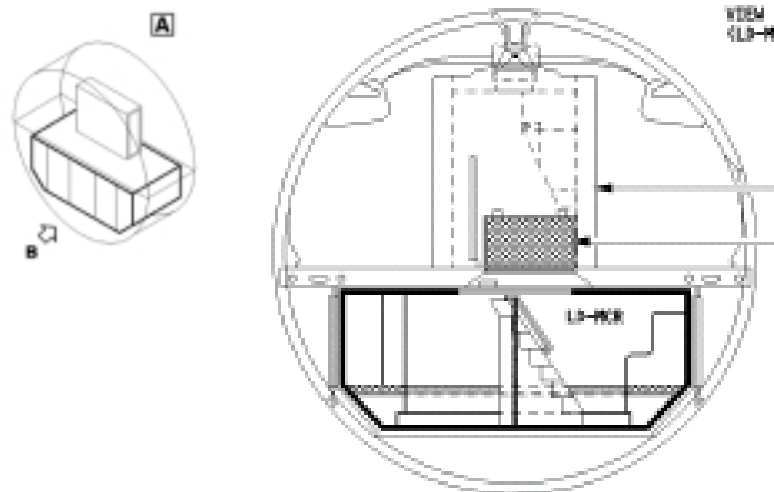


Bild 5.9 Querschnitt mit Unterflurcompartment (Airbus 2004)

5.3 Historische Kabinen mit Modulationsmöglichkeit

5.3.1 Junkers Ju 52

Schon vor 60 Jahren wurden erste Überlegungen angestellt, wie man ein Flugzeugmodell vielseitig einsetzen kann, ohne nennenswerte konstruktive Veränderungen vorzunehmen. Erste Untersuchungen wurden dabei Anfang der 40er Jahre, im Deutschen Reich, durch das Reichluftfahrtministerium unternommen. Objekt der Untersuchung damals war die Junkers Ju 52. Dabei waren nicht zivile Überlegungen im Vordergrund, sondern reine militärische Bedürfnisse. Die wirtschaftliche Lage des deutschen Reiches verschlechterte sich zusehends. Der Großteil der industriellen Ressourcen wurde zur Herstellung militärischer Kampfflugzeuge verwendet, so dass nur geringe Mittel für die Produktion von Verbindungs- und Transportflugzeugen zur Verfügung standen.

Der Grundgedanke dabei war die wenig verfügbaren Ju 52 Flugzeuge möglichst effektiv einzusetzen. Bei der genaueren Betrachtung der Ergebnisse sind die modularen Möglichkeiten der Ju 52 natürlich nicht mit denen eines Airbus 310 MRTT (siehe Kapitel 5.4.2) zu vergleichen. Dabei besaß die Ju 52 die gleiche Vielseitigkeit wie sein größerer Bruder 60 Jahre später (Bild 5.10 – 12).



Bild 5.10 Ju-52
Sanitärausrüstung
(Wehrmacht 1941)

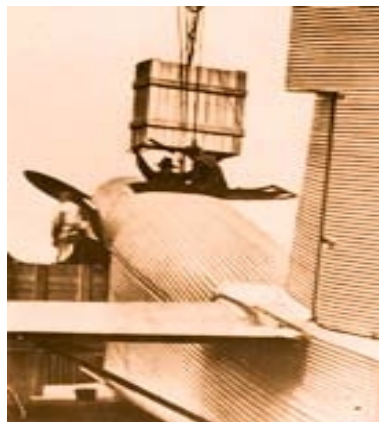


Bild 5.11 Ju-52 mit alternative
Beladungsöffnung
(Wehrmacht 1941)



Bild 5.12 Ju-52 Transporter
(Wehrmacht 1941)

5.3.2 Focke – Wulf Fw 200

Ein weiterer Versuch, ein Flugzeugmuster innerhalb seines Einsatzlebens möglichst vielseitig einzusetzen, war die Fw 200 der Firma Focke-Wulf, der aber nicht so erfolgreich war wie der Ju 52. Entwickelt als erstes Langstrecken - Passagierflugzeug, das die Strecke Berlin – New

York nonstop mit 12 Passagieren zurücklegte, wurde es Anfang der 40er Jahre zeitgleich mit der Ju 52 zu einem Mehrzweckflugzeug umgebaut. Innerhalb ihres 10 - jährigen Einsatzes wurde die Fw 200 als Passagierflugzeug, Postflieger, Aufklärer, Bomber und als Minenleger eingesetzt (Bild 5.13). Dabei hatte jeder dieser Einsätze eine unterschiedliche Ausrüstung als Voraussetzung, so dass man schon von einem modularen Ausrüstungsrepertoire des Flugzeugs sprechen kann.



Bild 5.13 Fw 200 Passagierflugzeug
(Wehrmacht 1940)



Bild 5.14 Fw 200 Transporter
(Wehrmacht 1940)

5.4 Flugzeuge der frühen Gegenwart

5.4.1 Boeing 727/737 Quick Change

Nach Kriegsende standen genügend Flugzeuge zur Verfügung, so dass keine weiteren Versuche unternommen wurden Flugzeuge modular zu gestalten.

Zu Beginn der 70er Jahre wurden wieder die ersten ernstzunehmende Überlegungen unternommen, Flugzeugtypen durch modulare Ausrüstungstechnik innerhalb verschiedener Einsätze für eine Vielzahl unterschiedlicher Aufgaben umzurüsten.

Den Anfang machte dabei Boeing, die zu dieser Zeit eine kaum vergleichbare Marktüberlegenheit besaß. Dadurch standen immense finanzielle Mittel zu Verfügung. Entwicklungsobjekt dabei war das damals meist eingesetzte Düsenpassagierflugzeug der Welt, die Boeing 727. Später folgte die etwas größere Boeing 737, die auch heute noch von Leasinggesellschaften in den USA mehr oder wenig erfolgreich vermarktet wird.

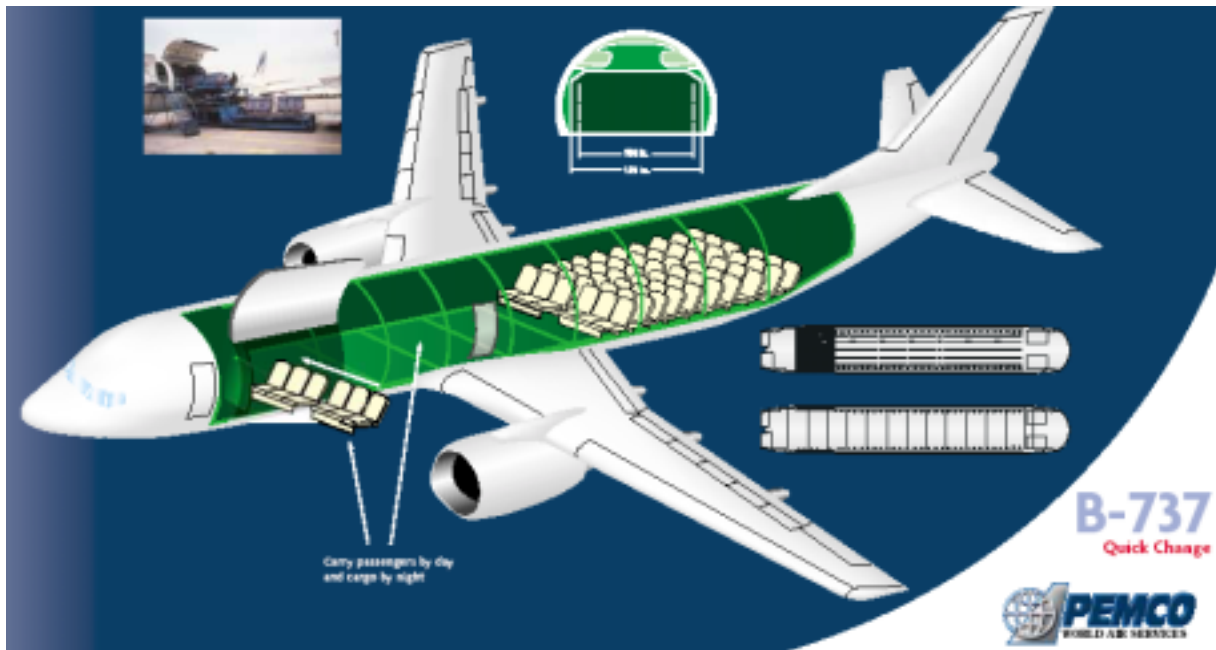


Bild 5.15 Quick Change Prinzip Boeing 737 (Pemco 2004)

Dabei basiert das Quick Change Prinzip der Boeing Flugzeuge auf einem simplen System. Alle Kabinensysteme sind fest integriert, egal in welcher Konfiguration das Flugzeug fliegt. Die einzigen Komponenten, die getauscht werden können, sind oben dargestellte Bodenelemente, die auf den jeweiligen Einsatz ausgelegt sind sowie die Sitze für Passagiere bzw. Frachtcontainer. Da bis auf die Bodenpaletten nichts im Flugzeug austauschbar ist, das heißt alle Hatracks, Seitenverkleidung und Toiletten fest integriert sind, kann es im Frachtmodus zu Beschädigungen kommen. Dieses Problem ist z.B. bei den Lufthansa Maschinen bekannt gewesen. Deshalb ist dieses Flugzeug nicht sehr beliebt, wenn es ummodelliert werden soll.

5.4.2 Airbus 310 MRTT

Als das Paradebeispiel eines voll unkonfigurierbaren Flugzeuges kann man den Airbus 310 MRTT bezeichnen. Anfang der 90er Jahre wurde dieser aus dem Standardflugzeug Airbus A310-200 entwickelt. Leitendes Unternehmen war das Elbe-Flugzeugwerk Dresden. Diese modifizierte Version wird von der Bundesluftwaffe eingeführt. Um verschiedene Aufgaben mit nur einem Flugzeugtyp zu lösen, wurde für die deutsche Luftwaffe der **A310-304 MRT** entwickelt. MRT steht dabei für Multi Role Transporter. Nach einer Umbauzeit von jeweils etwa fünf Tagen kann dieses Modell entweder als Passagierflugzeug (214 Passagiere), als Transportflugzeug für Standardpaletten (und 57 Passagiere) sowie als Transportflugzeug von Verwundeten, Unfallverletzten und Kranken verwendet werden. Auf diese Veränderung wird in Abschnitt 7 eingegangen. Erstflug dieses Typs war am 23. März 1999 in Dresden, die Reichweite mit Zusatztank beträgt 10.000km. Momentan gibt es hiervon zwei Exemplare bei der Deutschen Luftwaffe.

Eine Weiterentwicklung stellt die **A310-300 MRTT** (Multi Role Tanker Transporter) dar. Von ihr sollen insgesamt sechs Exemplare gebaut werden (vier für Deutschland und zwei für Kanada), das erste Exemplar hatte seinen Roll-Out 2003 im EADS-Werk Dresden. Hauptfunktion dieses Flugzeuges wird die Aufgabe als Tankflugzeug sein. Durch geringe Umbauzeiten (nur 50 Stunden) kann es aber auch in ein 214-sitziges Passagierflugzeug, in einen Frachter, in eine Personen/Fracht-Kombination (54 Personen und 12 Paletten) umgebaut werden. Als Tanker verfügt dieses Flugzeug über eine Kapazität von 90.000 Liter.



Bild 5.16 Airbus 310-304 Bundesluftwaffe (WTD 2003)

Das Flugzeug ist für eine Vielzahl von Aufgaben umrüstbar. Innerhalb von nur 96 Stunden kann das Flugzeug in folgenden Konfigurationen eingesetzt werden.

- Passagier-Version zum Truppentransport
- Kombi-Version zum Transport von Passagieren und Fracht VUK-Version zum Verwundeten-, Unfallverletzten- und Krankentransport / MedEvac (Medical Evacuation)
- MRTT (Multi Role Transport Tanker)

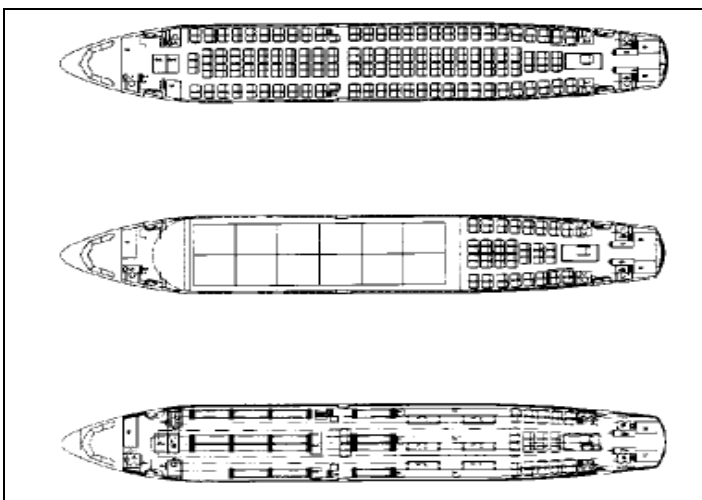


Bild 5.17 Konfigurationen des MRTT (WTD 2003)

(Passagierflugzeug, Kombitransporter, VUK-Version)

Nach einem dreimonatigen Dockaufenthalt kann das Flugzeug sogar zu einem fliegenden Leitstand des Generalstabes oder zu einem Tanker umgebaut werden, der in der Luft Kampf-
flugzeugen die Möglichkeiten der Auftankung bietet.



Bild 5.18 Airbus 310 MRTT Tanker (WTD 2003)

Der Umbau ist sehr einfach konzipiert und mit hohem technischem Aufwand verbunden und dauert circa 96 Stunden, da auf so genannte „Handarbeit“ zurückgegriffen wird.



Bild 5.19 Einfacher Umbau vom Frachtflugzeug zum Passagierflugzeug (WTD 2003)



Bild 5.20 Einbau VUK-Variante (WTD 2003)



Bild 5.21 medizinische Ausrüstung (WTD 2003)

Trotz der Einfachheit des Umbaues wird innerhalb der einzelnen Konfigurationen einer hohen Standart erreicht und ist zum Teil weltweit einmalig.



Bild 5.22 MRTT als Passagiervariante (WTD 2003)



Bild 5.23 Zentrallager der Flugbereitschaft Köln (WTD 2003)

Alle Umrüstkits sind für die MRTT Varianten leicht lagerbar.

5.5 FAZIT

Wenn man versucht aus den bisherigen Modularflugzeugen die beste Variante zu finden, kann man zwei verschiedene Auswahlkriterien feststellen. Diese beiden Kriterien wird man auch später in unseren weiteren Betrachtungen wieder finden. Das erste Kriterium ist ein wirtschaftliches. Man möchte eine billige Modulation einführen, die geringe Umbauarbeiten benötigt, eine schnelle Umrüstung garantiert und gleichzeitig dem Flugzeug keine Gewichtszuwächse beschert. Sollte man dieses Kriterium anwenden, so wird zum heutigen Zeitpunkt die Boeing 737 Quick Change die bessere Wahl darstellen. Diese Variante birgt die geringsten Risiken einer Neuentwicklung in sich, da sie auf eine simple Art und Weise eine Modulation zulässt.

Bei dem zweiten Kriterium würde dagegen die Boeing schlecht abschneiden, da das Flugzeug keine Innovationen in sich birgt, auf wenig neuer Technik basiert und auch keine große Flexibilität bezüglich des gesamten Equipments aufweist. Zusätzlich kommen noch viele Nachteile der Wartbarkeit und Auswechselbarkeit von Komponenten. Dafür ist der Airbus 310 MRTT die beste Alternative. Es wird eine Reihe weltweit einmaliger Technik eingesetzt, um durch simple Umsetzung einen Standarttyp für verschiedenste Aufgaben umzurüsten. Für unsere Varianten werden wir uns größtmöglich an den Airbus 310 MRTT halten und diesen als Vergleichsobjekt für unsere Ideen verwenden. Grund dafür ist, dass man bei einem solchen Vergleich vom größten Innovationsschub ausgehen kann und das ist das Ziel des Projektes.

6 Einsatzgebiete von Modulflugzeugen

Wenn ein Flugzeug konstruiert wird, muss man sich anfangs im Klaren sein, was für ein Einsatzspektrum das Flugzeug abdecken soll. Das hat den Vorteil, dass man nicht unnötigerweise Zeit, Geld und Ressourcen verschwendet um Dinge zu untersuchen die nicht nötig sind. Die Idee des Modulflugzeuges hat nun das einmalige Problem, das es grundsätzlich sehr viele unterschiedliche Aufgaben bewältigen kann. Da aber nicht alle Spezifikationen betrachtet werden können, soll in diesem Kapitel eine Aufgabentendenz dargestellt werden. Dies soll der Entwicklung in konstruktive Bahnen lenken in dem es Aufgabenschwerpunkte vorgibt und dadurch die Konzeptionisierung erleichtert.

6.1 Personentransport

Im Bereich des Personentransportes ist die Akzeptanz eines solchen Produktes gering, aber es gibt Ansätze dieses Muster einzuführen. Diese sind aber von der weiteren wirtschaftlichen Entwicklung abhängig. Setzen mehrere Gesellschaften innerhalb der verschiedenen Allianzen die Flugzeuge gesellschaftsübergreifend ein, so kann die Modultechnologie in einzelnen Bereichen eingeführt werden (siehe Kapitel 2).

Eine vollständige Neuentwicklung eines Passagierflugzeuges, welches auf Modultechnologie basiert, gibt es momentan nur im Learjetbereich. Dort werden Geschäftsflugzeuge als so genannte „Grüne Flugzeuge“ angeboten, Flugzeuge deren Kabinen individuell von den Kunden eingerichtet und verändert werden können. Erst durch eine vollständige Umstrukturierung der Passierabfertigung (siehe Kapitel 3.1) kann ein übergreifender Einsatz im Passagierbereich Einzug finden.

Kleinere Gesellschaften dagegen könnten sich Kombiflugzeuge oder Flugzeuge, die in der Bestuhlung und in der Ausrüstung eine hohe Wechselfrequenz erfahren, eine Modultechnologie vorstellen.



Bild 6.1 Airbus A340-300
(www.Flugzeugbilder.de 1999)



Bild 6.2 Boeing 757
(www.Flugzeugbilder.de 2000)

6.2 Frachttransport

Ein Frachtflugzeug, mit modularer Kabine, kann für verschiedene Frachttransporte speziell konfiguriert werden. Heutige Frachtmaschinen können nur für jeweils eine Größenklassifizierung von Frachtgütern eingesetzt werden. So zum Beispiel werden die drei heutigen Standardfrachtflugzeuge MD-11, A300 und Boeing 757 ausschließlich für Standardcontainer und kleinere Stückgutfrachten eingesetzt. Alle anderen Güter, unter anderem Schwerguttransporte, können heutzutage nur von speziellen Fracht- und Transportflugzeugen wie die Airbus A300-600ST oder Antonov-124/225 befördert werden (Bild 6.4). Beide Flugzeuge verfügen nur über ein Deck und können extrem große und sperrige Frachten aufnehmen. Solche Transportanfragen könnte eine Airbus 340 mit Einschubboden (siehe Kapitel 9) ebenfalls bedienen.



Bild 6.3 Airbus A300-600ST (Airbus 2004)



Bild 6.4 Antonow An-124
(www.Flugzeugbilder.de 03)

Dies bedeutet eine extreme Flexibilität im Bereich des Frachttransportes. Zusätzlich können auch Passagiere bei geringerer Frachtauslastung befördert werden. Dies wäre dann der Bereich des Kombieinsatzes (siehe unten).

6.3 Kombieinsatz

Der so genannte Kombitransport bietet die größte Möglichkeit, ein Flugzeug mit modularer Kabinenauslegung im großen zivilen Umfang einzusetzen. Unter einem Kombieinsatz stellt man sich vor, dass das Flugzeug gleichzeitig für zwei Aufgaben eingesetzt wird. Dabei stellt die Kombination von Passagierdienst und Containerfrachter die beste Möglichkeit da.

Dieses Geschäftsfeld wurde auch schon in früherer Zeit durch Flugzeuge mit Wechselkabinen abgedeckt. So war es möglich, durch einen einfachen Tausch der Passagierkabine, eine Aufnahme von Fracht zu gewährleisten, und somit das Flugzeug neuen Aufgaben zuzuordnen.

In der Vergangenheit hat der Hersteller Boeing die B727 und B737 Quick Change entwickelt, die auch heute noch für Kombitransporte angeboten werden. In den 60er Jahren wurde die Boeing 727 tagsüber als reiner Passagiertransporter eingesetzt. Nach einer Umbauzeit von ca. 30min konnte das Flugzeug Frachtcontainer aufnehmen und somit in Nachtzeiten in den Frachttransport wechseln und standardisierte LD3-Container befördern. Somit wurde dem Betreiber eine optimale Nutzung des Fluggerätes garantiert. Aus Gründen der schnellen Flexibilität und Handhabbarkeit muss bei einer Kabine dieser Art auf großen Komfort und Extravagante verzichtet werden. Dies wirkt sich nicht unbedingt negativ aus, da die B727 wegen ihrer Reichweite zu den Kurzstreckenflugzeugen zu zählen ist.

6.4 Militärischer Einsatz

Im militärischen Einsatzbereich kann man wahrscheinlich vom größten Absatzmarkt für derartige Flugzeuge ausgehen, was sich durch mehrere Argumente begründet:

- (1) Militärische Einsatzmuster werden, nachrangig nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten konzipiert.

Tabelle 6.1 Kostenvergleich zivilen / militärischen Entwicklung (**AERTOS 2004**)

Projekt	Investition Mrd. €	Preis pro Flug- zeug In Mio. €	Anzahl der Flugzeuge	Entwicklungskosten in Mio. €
F – 22 Raptor	12	240	80	150
Airbus A380	20	220	>120	126

Wie man deutlich sehen kann, sind die Entwicklungskosten eines militärischen Flugzeuges um ein Vielfaches höher, als die eines zivilen. Diese Mehrkosten entstehen durch aufwändige Fertigung, die erforderlich sind, um den Anforderungen eines Militärflugzeuges gerecht zu werden. Dabei zeigt sich, dass zivile Flugzeuge auf Gewinn ausgelegt sind,

militärische Muster nicht. Obwohl erwirtschafteten militärische Entwicklungen großen Gewinnspannen erzielen, sprechen sie einen kleineren Kundenkreis an.

- (2) Im Vordergrund steht immer die Erfüllung des Einsatzzieles. Dies erklärt auch die Tatsache, dass technologische Fortschritte immer zuerst in militärischen Entwicklungen Einzug finden und erst nach einer Überprüfung der Einsatztauglichkeit in zivilen Projekten eingesetzt werden. Als Beispiel kann man das ABS (Antiblockiersystem) nennen, das bei militärischen Mustern seit Anfang der 50er Jahre, dem Beginn des Düsenzeitalters, zum Standard gehört. Bei zivilen Mustern wurde es in den 70er Jahren eingeführt. 20 Jahre später entdeckten Automobilkonstrukteure die Möglichkeit, dieses System für herkömmliche Straßenfahrzeuge zu verwenden. Ein weiteres herausragendes Beispiel ist das Düsentriebwerk, dessen Entwicklung Ende der 30er Jahre zur Einsatzreife in militärischen Flugzeugen gebracht wurde. Anfang der 40er Jahre wurde das Serienflugzeug mit Strahltriebwerk eingeführt (Messerschmitt Me 262). Das Triebwerk fand erst in den fünfziger Jahren Einzug in die Zivilluftfahrt. Die Boeing 707 war eines der ersten düsenangetriebenen Passagierflugzeuge.

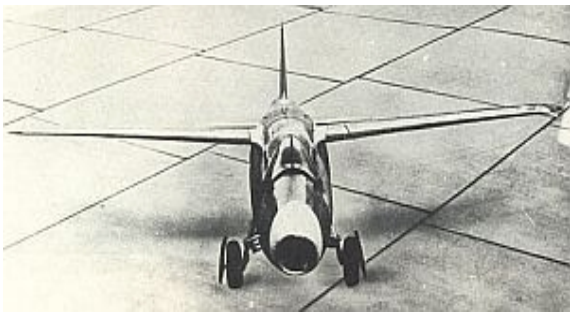


Bild 6.5 He -176 (Heinkel 1937)



Bild 6.6 Boeing 707
(www.Flugzeugbilder.de 2004)

- (3) Ein weiterer Grund, der den ersten Einsatz eines modularen Flugzeuges im militärischen Dienst begründet, ist die Möglichkeit einer großen Flexibilität innerhalb des Einsatzbereiches. Militärische Muster werden heute immer auf Hinblick der Flexibilität entwickelt. Das betrifft nicht nur Kampfflugzeuge, wie den Tornado IDS/ECR.



Bild 6.7 Panavia Tornado IDS (Jagbo 32 2002)

Dieses Flugzeug wird für Luftkämpfe, Angriffe auf Bodenziele, als Schulungsflugzeug und zur Aufklärung eingesetzt. Es werden aber auch militärische Versorgungs- und Transportflugzeuge (Airbus 310 MRTT) in diesen Flexibilitätsgedanken eingeschlossen. Angetrieben wird dieser Entwicklungsweg durch die immer mehr sinkenden Militärbudgets und den Drang nach Verkleinerung der Mustervielfalt innerhalb der verschiedenen Luftstreitkräfte.

- (4) Ein möglicher Gewichtszuwachs ist bei dem Einsatz im militärischen Bereich nur nachrangig anzusehen, was sich stark auf die Wirtschaftlichkeit auswirkt, da der Erfolg des Einsatzes im Vordergrund steht. Ein technologischer Vorsprung gewährleistet dem Hersteller einen sicheren Absatzmarkt. Ein praktisches Beispiel hierzu ist die Entwicklung des Airbus 310 MRTT (Bild 6.8), dessen wirtschaftlicher Erfolg in Großbritannien und Kanada für diese Theorie sprechen.



Bild 6.8 Airbus 310 MRTT (WTD 2003)

6.5 Uni-/ Multilaterale Einsätze

Multi- und unilaterale Einsätze haben in der heutigen Zeit, in der die Möglichkeit Hilfsgüter, Hilfspersonal oder auch Frachtgüter in weit entfernte Ländern zu transportieren immer mehr

verlangt wird, eine immer größer werdende Bedeutung. Immer mehr Krisensituationen erfordern eine gesteigerte Anzahl von schnellen, individuellen Einsätzen. Die Entwicklungskosten eines solchen spezialisierten Flugzeuges kommen den Kosten einer militärischen Entwicklung gleich und sind daher als wirtschaftlich ineffizient anzusehen. Hinzu kommt noch, dass solche Aufgaben sowieso heute von militärischen oder spezialisierten Frachtmaschinen erfüllt werden. Um Entwicklungskosten zu senken, beziehungsweise den Verkaufspreis eines solchen Flugzeuges interessanter zu gestalten, muss ein größerer Kundenkreis angesprochen werden. Ein potentieller Kundenkreis wären Transportgesellschaften, wie Lufthansa Cargo, DHL und/oder Federal Express.



Bild 6.9 Transall C-160 der UN (www.Flugzeugbilder.de 04)

Der immer höhere Bedarf an schnell verfügbaren Flugzeugen für solche Aufgaben ist deutlich zu erkennen. Ein Frachtflugzeug mit modularer Kabine könnte kostengünstig über den freien Markt von einer Regierung gemietet und eingesetzt werden.

BEISPIEL:

Die Firma Antonow Airline hat heute schon ein kleines Monopol für solche Aufträge. Ihre drei An-124 werden nicht nur als reine Frachtmaschinen auf dem zivilen Sektor, sondern auch von fremden Regierungen (insbesondere der Bundesrepublik Deutschland) als militärischer Transporter oder als Frachtmaschine für Sanitätstransporte oder Hilfsgüter eingesetzt und haben bis heute unzählige Einsätze nach Afghanistan oder Kosovo unternommen.

6.6 Spezialaufgaben

Der Begriff Spezialeinsätze beschreibt Flugzeuge, die für unterschiedlich spezialisierte Einsätze umkonfiguriert werden können. Dabei ist der Unterschied spezialisierter Aufgaben gegenüber den so genannten normalen Einsätzen, wie Personen- oder Frachttransporte, der unterschiedliche Bedarf an Ausrüstung. Leider bedeutet dies, dass heutige spezialisierte Flugzeuge ausschließlich für ihre Aufgabe eingesetzt werden können. Erst nach einer vollständigen Umrüstung in einer Werft könnte das Flugzeug eine andere Aufgabe bewältigen. Eine

Spezialisierung bedeutet geringe Produktionsraten bei gleichzeitig steigenden Kosten durch die technischen und wissenschaftlichen Anforderungen und Ausrüstungen. Daher gilt für die Entwicklung eines Flugzeuges für spezielle Einsätze das Gleiche, wie für Flugzeuge für multi- und unilaterale Einsätze, was auf eine Nutzung des Flugzeuges bei anderen Betreibern hindeutet. Eine andere Möglichkeit wäre die Schaffung neuer Anbieter von Flugzeugen, die Spezialaufgaben in den Bereichen der Elektronik, Feuerbekämpfung oder Forschungsflugzeuge ihren Schwerpunkt haben.

Folgende Einsätze sind unter Spezialaufgaben zu verstehen:

- AWACS Einsätze
- Sanitätsflugzeuge
- Staatsmaschinen
- Forschungsflugzeuge
- Tankflugzeuge
- Löschflugzeuge



Bild 6.10 Il 96-200 russ. Präsid.-Maschine
(www.Flugzeugbilder.de 2004)



Bild 6.11 Boeing 707 E-3 AWAC
(Boeing 2002)

Beispielhaft für die Nutzung solcher Flugzeuge ist der Vertrag zwischen der Firma Airbus und der Royal Air Force (Britische Luftstreitkräfte). Dieser besagt, dass die britischen Luftstreitkräfte die Tankflugzeuge, die sie bestellen, nur circa 750 Flugstunden im Jahr einsetzen. Das restliche Jahr werden die Flugzeuge von anderen Kunden genutzt.

7 Einsatzszenarien eines Modulationsflugzeuges

7.1 Vergleiche unterschiedlicher Einsatzspektren

In diesem Abschnitt werden einige mögliche Einsatzszenarien für modulare Kabinensysteme aufgezeigt. Dabei steht nicht in Frage, ob unzählige weitere Aufgabenspezifizierungen möglich sind, so dass nur die aus unserer Sicht wichtigsten und erfolgversprechendsten Szenarien genauer ausgearbeitet werden. Für die Erstellung eines Einsatzszenariums werden folgende Eckdaten definiert, um eine Vergleichbarkeit mit heutigen Flugzeugmustern zu ermöglichen:

1) Betreiber

Welche Kunden werden durch ein solches Flugzeug angesprochen?

2) Produktionsumfang

Produktionszahl, die mindestens angestrebt werden sollte.

3) Einsatzart

In welchem Spektrum ist der hauptsächliche Einsatz zu erwarten?

4) Aufgaben

Für welche Aufgaben ist die Flugzeugkabine ausgelegt?

5) Öffnungssystem

Durch welche Art der Flugzeugöffnung soll die Umkonfiguration erfolgen?

6) Flugzeuggröße

In welchen Dimensionen wird das Flugzeug erwartet? Das äußere Erscheinungsbild ist dabei nicht relevant.

7) Flugzeugtyp

Besonderheiten der äußeren Merkmale.

8) Besonderheiten

Welche Besonderheiten sind nach jetzigem Stand der Technik zu erwarten?

9) Umbauindex

Welcher Umbaugrad ist zu erwarten.

10) Zeitindex

Welcher Zeitaufwand ist nötig?

7.1.1 Umbauindex

Der Umbauindex gibt an, welche Kabinensysteme vom Umbau und Modulation betroffen sind, d.h. wie groß der ungefähre Umbauaufwand sein wird. Je höher der Index umso komplexer und Aufwendiger ist der Umbau.

Tabelle 7.1 Umbauindex (AERTOS 2004)

Umbauindex	Kabinensystem	Bemerkungen
1	Einfacher Umbau	Einfache Modifikation (siehe Airbus 310 MRTT)
2	Bodenelemente	Modifikation der Sitzkonfiguration
3	Seiten-/Deckenelemente	Modifikation der Fensterkonfiguration
4	Zwischendeckenelemente	Variation der Anzahl An Zwischendecks
5	Flugzeugsysteme	Ausrüstung, Licht, Kommunikation, etc
6	Boden- und Seitenelemente	
7	Boden- und Deckenelemente	
8	Bodenelemente und Flugzeugsysteme	
9	Seiten- und Deckenelemente	
10	Seitenelemente und Flugzeugsysteme	
11	Deckenelemente und Flugzeugsysteme	
12	Alle Elemente und Flugzeugsysteme	12+ Bedeutet inklusive Einschubböden

7.1.2 Zeitindex

Der Zeitindex gibt eine Übersicht über den für eine Umkonfiguration benötigten Zeitaufwand. Dabei können gleiche Umkonfigurationen auch unterschiedliche Zeitindizes beinhalten, da der Zeitindex nicht ausschließlich durch die Baugruppen, sondern auch durch äußerliche Parameter beeinflusst werden kann. Die Angaben werden in Mannarbeitsstunden angegeben und ergeben im günstigsten Fall die minimalst Standzeit.

Tabelle 7.2 Zeitindex (AERTOS 2004)

Zeitindex	Zeitbedarf h
1	>12
2	18
3	24
4	30
5	36
6	42
7	48
8	54
9	60
10	66
11	72
12	> 72

Referenzwert:

Der Airbus 310 MRT der Bundesluftwaffe wird von einem Transporter in ein Passagierflugzeug in 96-120 Stunden im Zweischichtbetrieb umgerüstet. Das Zeitintervall wird vom Grad des Umbaugrades bestimmt. Der Umbau von Frachter zu Kombitransporter dauerte am günstigsten. Der Umbau von Passagiermaschine zu Sanitätsflugzeug dauert dagegen am längsten. Tankerkonfigurationen sind hier herausgenommen worden. Umbaudauer im Dock, 3 Monate.

7.2 Einsatzszenarien

In diesem Abschnitt werden mögliche Einsatzszenarien für modulare Kabinensysteme aufgezeigt. Dabei sind nur einige Lösungsansätze formuliert, da die Fülle an Möglichkeiten unerschöpflich ist.

7.2.1 Militär

Tabelle 7.3 Szenario I - militärischer Einsatz (**AERTOS 2004**)

Merkmal	Definition
Flugzeugtyp	Schulter- / Hochdecker, Niedriges Fahrwerk
Flugzeuggröße	A 330/340 Klasse
Betreiber	Luftstreitkräfte von Industriestaaten
Produktionsumfang	50 – 400 Flugzeuge ^a
Einsatzart	Militärisch
Aufgaben	Frachter Personentransporter Tanker
Besonderheiten	MRTT Ersatz
Umbauöffnung	Bugöffnung und/oder Seitentüren
Umbauindex	12
Zeitindex	12

^a Prognose

Dieses Szenario umfasst den flexiblen Transporter, der primär als militärischen Einsätzen Verwendung finden wird. Es lassen sich sperrige Güter durch eine Bug- oder Seitenöffnung in das Flugzeug transportieren. Das Flugzeug ist als Schulterdecker ausgelegt, so dass eine durchgängige Zugänglichkeit des gesamten Querschnitts gewährleistet wird. Die hohen Werte des Zeit- und Umbauindex resultieren aus einer aufwendigen Modifikation in eine Passagiertransportvariante. Diese Modulationsmöglichkeit muss für eine mögliche Truppenbeförderung vorhanden sein. Dieses Szenario beschreibt den bestehenden MRTT (Bild 7.11).

Beispielflugzeuge:



Bild 7.1 Airbus A300 (**WTD 2003**)



Bild 7.2 MD-11 Frachter (**Lufthansa 2004**)

7.2.2 Ziviltransport I

Tabelle 7.4 Szenario II – Ziviltransport I (**AERTOS 2004**)

Merkmal	Definition
Flugzeugtyp	Tiefdecker, airbusähnlich
Flugzeuggröße	A 320/330 Klasse
Betreiber	Fluggesellschaften, Veranstalter und Regierung
Produktionsumfang	60 – 200 Flugzeuge ^a
Einsatzart	zivil
Aufgaben	Personentransport VIP Veranstaltung staatliche Einsätze
Besonderheiten	Unterflurnutzung
Umbauöffnung	Frachttüren
Umbauindex	6
Zeitindex	4

^a Prognose

Mit diesem Flugzeug soll ein normales Passagiermuster betrachtet und analysiert werden (Bild 7.3). Es soll die Fähigkeit besitzen, auf die individuellen Bedürfnisse des Betreibers konfiguriert werden zu können. Eine Verwendung im privaten als auch staatlichen Einsatz wird durch dieses Szenario abgedeckt. Die Besonderheit bei diesem Typ besteht darin, dass der Unterflurbereich und die Kabine modular Umgestaltet werden kann. Der erhöhte Wert des Umbauindex wird durch die Art der Zugänglichkeit negativ beeinflusst.

Beispielflugzeuge:

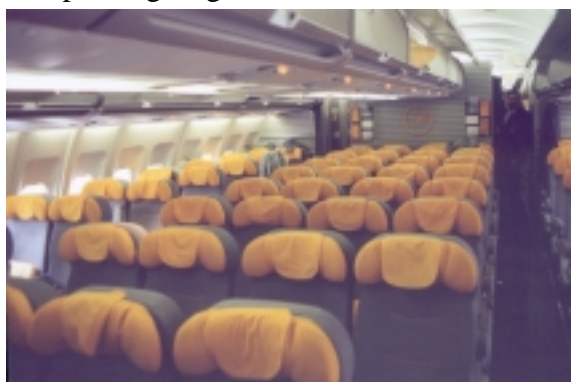


Bild 7.3 Airbus Kabine
(www.Flugzeugbilder.de 2004)



Bild 7.4 Boeing 747 (AirForce One) (**Boeing**)

7.2.3 Forschung und Entwicklung

Tabelle 7.5 Szenario III – Forschung und Entwicklung (**AERTOS 2004**)

Merkmal	Definition
Flugzeugtyp	Schulter- / Hochdecker niedriges Fahrwerk
Flugzeuggröße	A 320 Klasse
Betreiber	wissenschaftliche Einsätze staatliche Einsätze
Produktionsumfang	50 – 150 Flugzeuge ^a
Einsatzart	Spezialaufgaben
Aufgaben	Löschflugzeug Sanitätsdienst Forschungsflugzeug
Besonderheiten	Unterflurnutzung variable Deckkonfigurationen
Umbauöffnung	Hecköffnung
Umbauindex	12+
Zeitindex	6-7

^a Prognose

An diesem Beispiel soll der Einsatz für spezielle Missionen beschrieben werden. Dieses Flugzeug lässt sich, dank der hohen Tragflächenanbringung, in Verbindung mit dem niedrigen Fahrwerk, besonders gut durch die Hecköffnung beladen. Es eignet sich für die schnelle Integration von spezial Equipment, wie z.B. elektronische Ausrüstung zu wissenschaftliche Aufträge oder den Betrieb als Sanitätsflugzeug (Bild 7.5). Der besonders hohe Umbauindex resultiert auf eine variable Deckkonfiguration, die eine besonders flexible Nutzung ermöglichen soll. Die Höhe der einzelnen Decks lässt sich bei dieser Ausführung variieren.

Beispielflugzeuge:



Bild 7.5 Airbus A310 VUK (WTD 2003)



Bild 7.6 Canadair C-418,
(www.Flugzeugbilder.de 2003)

7.2.4 Frachttransport

Tabelle 7.6 Szenario IV – Frachttransport (**AERTOS 2004**)

Merkmal	Definition
Flugzeugtyp	Schulter- / Hochdecker Niedriges Fahrwerk
Flugzeuggröße	An-124 A 340-600
Betreiber	Fluggesellschaften (staatliche)-multilaterale Einsätze
Produktionsumfang	50 – 100 Flugzeuge ^a
Einsatzart	zivil, militärisch
Aufgaben	Frachter Großraumtransporter
Besonderheiten	Decks können beliebig konfiguriert werden
Umbauöffnung	Bugöffnung Hecköffnung
Umbauindex	12+
Zeitindex	4

^a Prognose

Die Beförderung größer Lasten wird durch dieses Szenario abgedeckt. Die Besonderheit besteht darin, dass ein großer Raum flexible genutzt werden kann. Der Unterschied zu Szenario I wird durch den großen Öffnungsquerschnitt an Bug oder Heck deutlich größere Güter befördert werden können (Bild 7.7). Der hohe Umbauindex resultiert auf eine aufwendige Integration eines Zwischendecks zur zweistöckigen Beförderung von Passagieren und Lasten.

Beispielflugzeuge:



Bild 7.7 Antonow An-124
(www.Flugzeugbilder.de 2004)



Bild 7.8 Airbus A300-600ST (**Airbus 2004a**)

7.2.5 Zivltransport II

Tabelle 7.7 Szenario V – Zivltransport II (ARTOS 2004)

Merkmal	Definition
Flugzeugtyp	Tiefdecker airbusähnlich
Flugzeuggröße	Alle Klassen möglich
Betreiber	Fluggesellschaften
Produktionsumfang	300 – 700 Flugzeuge ^a
Einsatzart	zivil
Aufgaben	Personentransport VIP Fracht
Besonderheiten	Decks können beliebig konfiguriert werden
Umbauöffnung	Seitentüren
Umbauindex	3-4
Zeitindex	3

^a Prognose

Der größte Markt wird durch das Einsatzszenario V angesprochen. Hier wird nur die Konfiguration der einzelnen Decks in Betracht gezogen. Ein Zugang wird durch die gewöhnlichen Zugänge ermöglicht. So lassen sich alle denkbaren Variationen der Kabinenauslegung realisieren. Dieses Einsatzmuster eignet sich besonders gut zu gewöhnlichem Fracht- und Passagiertransport. Durch die Tiefdeckerkonfiguration müssen die beiden Decks als eigenständig betrachtet werden, da keine Gesamtnutzung des Innenraumes möglich ist

Beispielflugzeuge:

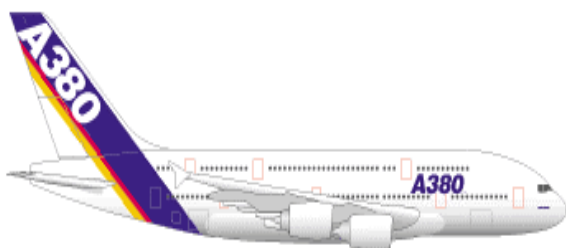


Bild 7.9 Airbus A380 (Airbus 2004)



Bild 7.10 Kabine A330-200 (Airbus 2004)

7.2.6 Militär, mit Unterflurnutzung

Tabelle 7.8 Szenario VI - Militärtransport mit Unterflur (**AERTOS 2004**)

Merkmal	Definition
Flugzeugtyp	Schulter- / Hochdecker
Flugzeuggröße	A 330 Klasse
Betreiber	Luftstreitkräfte Multilaterale Einsätze
Produktionsumfang	50 – 200 Flugzeuge ^a
Einsatzart	Militärisch
Aufgaben	Frachter elektronische Überwachungseinsätze Sanitätseinsätze
Besonderheiten	Decks können beliebig konfiguriert werden
Umbauöffnung	Bugöffnung Seitentüren
Umbauindex	2
Zeitindex	5

^a Prognose

Diese Version deckt den militärischen Betrieb als Frachter, fliegende Sanitätsstation (Bild 7.11) oder für elektronische Überwachungseinsätze ab. Eine schnelle Zugänglichkeit wird durch Seitentüren und/oder durch eine Bugöffnung sichergestellt. Die Version verfügt über eine Schulterdeckerkonfiguration, die einen direkten Zugriff auf den gesamten Flugzeuginnenraum gewährleistet.

Beispielflugzeuge:



Bild 7.11 A310 MRTT (WTD 2003)



Bild 7.12 Saab 340 AWACS (Saab 2000)

7.3 Vergleich der Einsatzflugzeugen

Im nachfolgenden Abschnitt werden die beschriebenen Einsatzmöglichkeiten miteinander und bestehenden Flugzeugmustern verglichen.

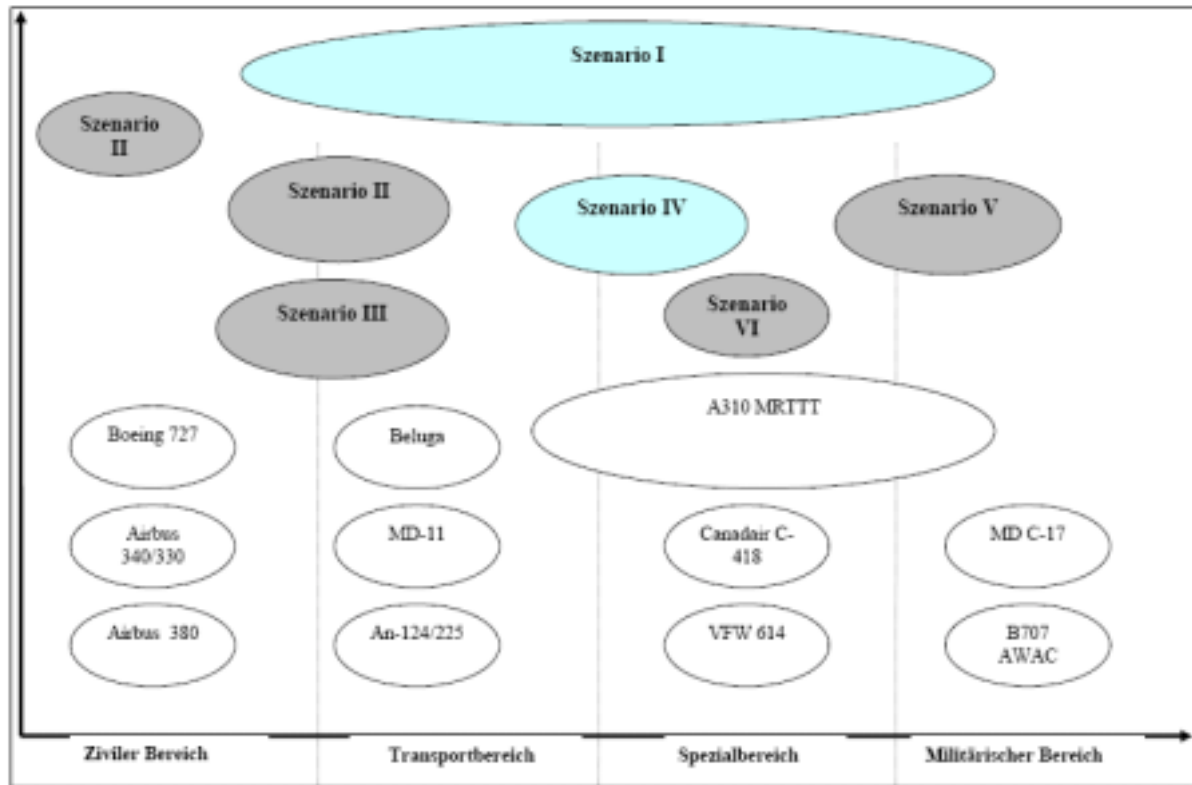


Bild 7.13 Vergleich der Einsatzszenarien bestehender Muster (AERTOS 2004)

Dieses Diagramm verdeutlicht, welches Szenario welchen definierten Bereich der Luftfahrt abdeckt. Es ist zu erkennen, dass es sich bei dem Einsatzszenario I um ein Allround-Einsatzspektrum handelt. Alle anderen decken maximal zwei anstehende Aufgaben ab. Daraus lässt sich darauf schließen, dass sich bei Szenario I um ein sehr flexibles und innovatives handelt.

Einen größten Markt wird dennoch das Szenario II ansprechen. Da dieser Typ sowohl im Passagierbetrieb, als auch als Frachtversion einsetzbar ist. Aus diesem Grund beziehen sich unsere weiteren Überlegungen auf diesen Typ, da es nicht als sinnvoll erscheint, auf einen Schlag alle möglichen Aufgaben mit einem Flugzeug abdecken zu können. Spätere Betrachtungen können in diese Richtung gehen, aber zu Beginn einer Studie erscheint eine Wahl dieser Dimension als utopisch und schwer zu realisieren.

In dieser Grafik werden die einzelnen Einsatzspektren hinsichtlich deren Umbauindex und der dafür aufzuwendenden Zeit verglichen. Die blauen Felder weisen auf Einsatzmöglichkeiten des A340 – 600 hin. Diese Daten wurden aus den vorangestellten Tabellen entnommen und dienen der Veranschaulichung.

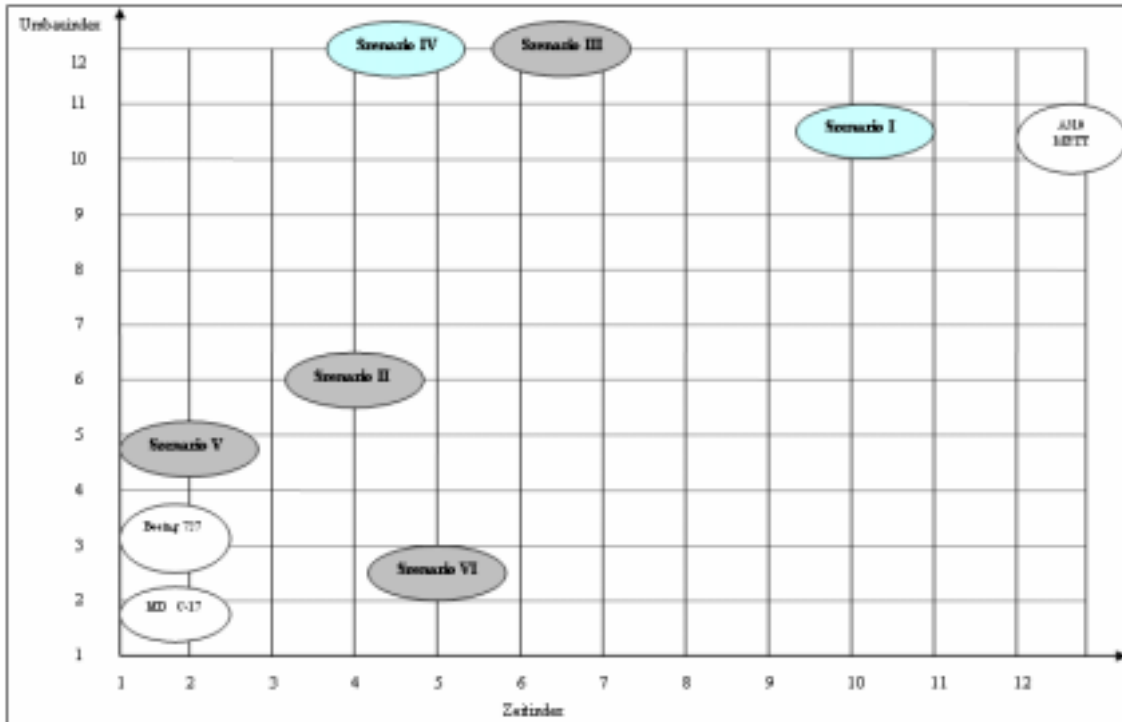


Bild 7.14 Vergleich der Einsatzszenarien: Umbauindex vs. Zeit (AERTOS 2004)

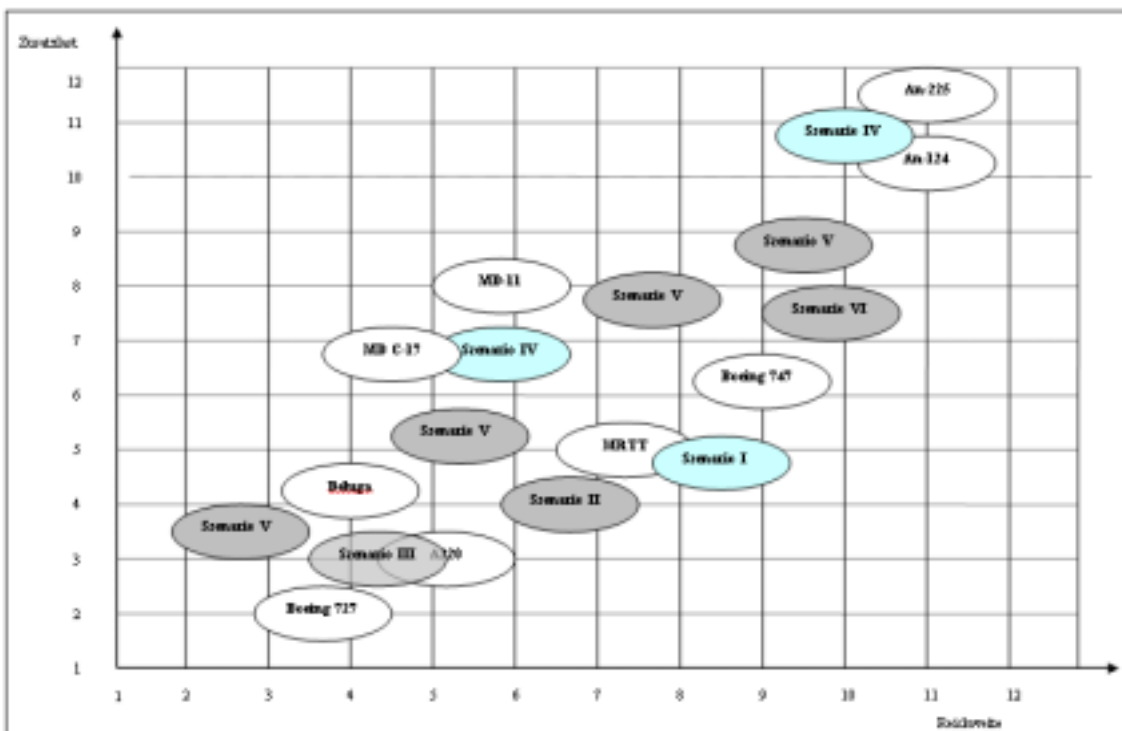


Bild 7.15 Vergleich der Einsatzszenarien: Nutzlast vs. Reichweite (AERTOS 2004)

8 Kabinensysteme

Im folgenden Abschnitt wird auf die einzelnen zu untersuchenden Kabinensysteme eingegangen, die zum einem in ihrem Istzustand dargestellt. Darüber hinaus wird eine erste Modulationsmöglichkeit erörtert und aufgezeigt.

8.1 Sauerstoffversorgungen

Flüge, die in großen Höhen stattfinden, sind auf ein speziell angepasstes Belüftungs- und Drucksystem angewiesen. Ein Flug in 33.000 ft Höhe wäre für Menschen tödlich, da sie bei dem dort vorherrschenden niedrigen Luftdruck nicht genug Sauerstoffmoleküle pro Atemzug einatmen würden. Das hat zur Folge, dass das Gehirn nach wenigen Minuten oder sogar Sekunden mit nicht genug Sauerstoff versorgt wird. Aus diesem Grund sind moderne Flugzeuge, die in großen Höhen fliegen, mit einem Drucksystem ausgestattet. Die Flugzeugröhre ist ein luftgeschlossenes System, welches nur über ein paar Ventile Luft aus der Kabine entweichen lassen kann. Da die Klimaanlage stets Luft in die Kabine befördert, steigt der Druck, da keine Luft entweichen kann. Ein Computer überwacht die zugeführte Luft und öffnet im Falle eines zu großen Druckes die Ventile, um Luft an die Umgebung abzugeben. So lässt sich der Druck während des Fluges regulieren. Sollte es im Notfall zu einem Versagen der Drucksteuerungsanlage kommen, sei es durch Ausfall der Ventile oder durch Strukturschäden, so wird sich der Druck in der Kabine rasch dem Druck der Umgebung anpassen. Der Luftdruck sinkt auf ein lebensbedrohliches Niveau. Um aus dieser gefährlichen Situation wieder zu entkommen, muss der Pilot in Höhen geringeren Druckes fliegen, also rapide sinken (Bild 8.1)

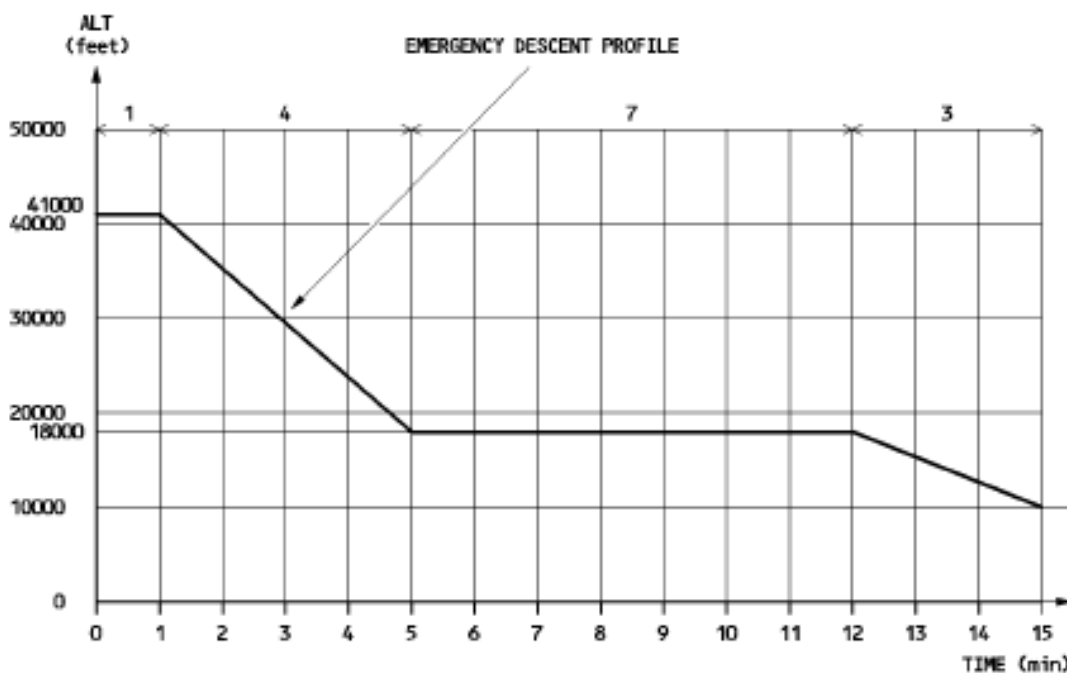


Bild 8.1 Notfallabstiegsprozedur (Airbus 1999)

Da dieses aber eine gewisse Zeit dauert, sind in der Kabine Notfallvorkehrungen getroffen worden, die den Passagieren den benötigten Sauerstoff liefern. Im Falle eines Druckverlustes fallen automatisch Sauerstoffmasken aus der Kabinendecke. Der Passagier muss eine zu sicher heranziehen und sie fest über Mund und Nase ziehen. Kleine Sauerstoffpatronen in den Hatracks liefern für eine gewisse Zeit den lebensnotwendigen Sauerstoff. Die Gesetzgebung schreibt vor, dass immer mindestens 10 % mehr Masken im Flugzeug zur Verfügung stehen müssen als Passagierkapazität vorhanden. Schließlich kann ein Passagier sich gerade im Gang oder in der Toilette befinden.

Um dieses Sicherheitssystem auch bei einer Modulation zu gewährleisten, muss über eine Platzierung der Sauerstoffversorgung nachgedacht werden. Fakt ist, dass der Passagier nicht nach der Sauerstoffmaske suchen darf, sie muss ihm griffbereit präsentiert werden. Es darf auch kein Zweifel über die Handhabung und den Gebrauch der Maske bei dem Passagier aufkommen. Sie muss einfach zu bedienen sein und unmittelbar in seinem Gesichtsfeld angeboten werden, sollte es zu einer Notsituation kommen. Aus diesem Grund gibt es nur zwei denkbare Positionen, um diese Sauerstoffversorgung zu platzieren. Zum einen ist es die alt bewährte Drop-Variante, bei der die Maske einfach aus der Kabinendecke herabfällt und dem Passagier direkt ins Gesichtsfeld. Zum zweiten wäre eine Positionierung der Maske im eigenen Sitz denkbar. So würde zum Beispiel die Sauerstoffmaske aus der Rückenlehne des Sitzes herausfallen und dem Passagier auf der Schulter liegen. Zu bedenken bei diesem System ist, dass auch die Gänge und Toiletten mit Masken ausgestattet sein müssen.

Aus diesem Grund erscheint die erste und bestehende Variante am praktikabelsten. Die Versorgung kann fest in den Hatracks eingebaut sein und auch mit diesen bei der Modulation in das Flugzeug gelangen. Eine aufwendige Installation ist daher nicht nötig. Momentan besteht eine Verbindung in Form eines Kabels zu einem Computer, der im Notfall die Masken aus der Decke fallen lässt. Um aus diesem Grund eine einfache unkomplizierte Modulation zu ermöglichen, lässt sich der Klappmechanismus der Masken via Funkbefehl über einen Sender auslösen. Dieses erspart eine Verkabelung der einzelnen Systeme.

8.2 Fenster

Wie bereits im Kapitel 3.5 beschrieben, verfügt ein Flugzeug über eine große Anzahl von Fenstern. Da unser Modulflugzeug sowohl Passagier-, als auch Frachttransport bewältigen soll, muss man über die Auslegung der Fenster nachdenken. Eine normale Frachtmaschine verfügt über keine Fenster im Frachtbereich. Daher stellt sich die Frage in wieweit diese in unserem Projektflugzeug integriert werden sollten. Wir sind zu dem Entschluss gekommen, dass im Zuge der technischen Innovationen neue Konzepte der Infotainmentgestaltung ein normales Fenster ersetzen können. Aus Gründen der Stabilität und Flexibilität haben wir uns

gegen die Integration von Fenstern entschieden. Das Modulflugzeug verfügt über keine realen Fenster. Dieses ist auf der einen Seite sich aus Gründen des Frachttransportes eine gute Entscheidung, wird aber in der Akzeptanz der Fluggäste bei einem Passagiertransport auf Ablehnung stoßen. Aufgrund dieser Tatsache werden im Passagierbetrieb die Fenster mittels Displays ersetzt. Diese werden über einen Zentralrechner angesteuert und über eine außen installierte Kamera gefüttert. So hat der Passagier einen virtuellen Blick auf die Außenwelt. Gerade in diesem Bereich bieten sich neue Arten der Informationsdarbietung. So lassen sich Namen von Städten und Gebirgen im Display einblenden um einen neuen Service zu bieten.

8.3 Kommunikation

Alle Flugzeuge der A330/A340 - Familie können mit der neuesten Generation von In - Flight - Entertainment - Systemen ausgerüstet werden. Diese bieten beispielsweise Features wie Audio und Video on Demand mit sofortigem Zugriff auf Dutzende hochwertiger Audio-Programme und Filme, die digital auf den Systemservern gespeichert sind. Außerdem können Passagiere auf individuellen LCD-Bildschirmen Videoangebote, wie z.B. Live-Fernsehsendungen oder ständig laufende Filme betrachten und sich mit Videospielen unterhalten, die mit dem Handset des Bordunterhaltungssystems gesteuert werden. Sendung und Empfang von SMS - Nachrichten über diese Bordsysteme sind ebenfalls möglich.

Mit der Entwicklung des neuen Airbus In-Flight Information System (AFIS) hat Airbus das Potenzial der Multimedia-Technologie voll ausgeschöpft. Dieses System bietet wichtige Funktionen sowohl für die Passagiere als auch für die Airlines selbst. Für die Fluggäste macht AFIS das gesamte Spektrum von Kommunikations- und Unterhaltungsmedien verfügbar, das sie sonst im Büro oder zu Hause nutzen, so dass sowohl geschäftliche Anforderungen als auch Unterhaltungswünsche erfüllt werden. Fluggesellschaften, die sich dafür entscheiden, Sitze zusätzlich mit Stromanschlüssen und PC-Schnittstelle für Laptops auszurüsten, können es ihren Passagieren dann ermöglichen, über den Tenzing Global Roaming Service genauso wie am Schreibtisch im Büro auf E-Mail zuzugreifen. Jeder Passagier kann sich dabei nicht nur entspannen, sondern auch auf wichtige Arbeit konzentrieren.

Aus diesen genannten Gründen ist darauf zu achten, die Wahl und Bereitstellung der Informationsquellen genau zu beachten. Aufwendige Verkabelungen, die eine Vernetzung der Monitore und Datenpools gewährleisten sind natürlich bei einer Modulation nicht möglich. Aus diesem Grund lässt sich gerade in diesem Bereich auf die neusten Innovationen der Kommunikationsindustrie zurückgreifen. Wireless LAN ist die Antwort. Die gesamten Daten und Informationen werden über virtuelle Schnittstellen dem Kunden angeboten. Dieser kann mittels seines Displays im Vordersitz oder mit Hilfe seines Laptops auf das Netzwerk zugreifen, um auf aktuelle Videos, Musik oder auf das Internet zuzugreifen.

8.4 Wasser/Abwasser

Toiletten, Waschbecken und die Galleys sind die Bereiche des Flugzeuges, die an die Wasserversorgung angeschlossen werden müssen. Zentrale Tanks speichern das Frischwasser an definierten Positionen, um die Schwerpunktlage des Flugzeuges zu gewährleisten. Da Wasser ein gewisses Gewicht hat, ist es wichtig eine ausgewogene Menge mitzunehmen, denn jedes Kilogramm Gewicht an Bord verursacht einen gesteigerten Kerosinverbrauch. Daher sind moderne Waschbecken in den Toiletten mit Bewegungssensoren ausgestattet, um einen verschwenderischen Wasserverbrauch zu vermeiden. Auch die Spülanlage ist zum Teil mit einem Vakuumsystem ausgestattet, um das kostbare Trinkwasser nicht unnötig zu vergeuden.

Bei einer Modulation ist es eine Herausforderung, die einzelnen Bereiche an die Wasserversorgung anzuschließen, da man zwischen zwei Arten unterscheidet:

1. Die Wasserleitungen sind elementarer Bestandteil in der Flugzeugstruktur. Hier ist es notwendig, die einzelnen Verbraucher an diese Leitungen anzuschließen. Entweder wird dieses durch flexible Rohrleitungen, die an die modifizierbaren Standorte der Verbraucher angepasst werden können, realisiert oder die Verbraucher müssen an fest vorgegebene Stellen im Flugzeug platziert werden.
2. Die Rohrleitungen sind Teil der Modulation und müssen in das Flugzeug während dieser eingebaut werden, entweder durch Integration in Boden-, Seiten- oder Deckenelementen geschehen oder durch Leitungen, die einfach in der Struktur verlegt werden

Sicher ist auf jeden Fall, dass die Leitung des Wassers und Abwassers eine enorme Herausforderung an die Planung der Modulation darstellt, denn Leckagen und Verstopfungen sollten stets vermieden werden. Zu berücksichtigen ist des Weiteren, dass das Wassersystem nicht einfach aus Rohleitungen besteht. Es wird eine große Anzahl an anderen Komponenten benötigt, um den Fluss des Wassers zu gewährleisten. So sind Pumpen und Filter genauso wichtig wie Warmwasserbereiter und Wasseraufbereitungsanlagen.

Zukunftsvisionen mit wasserstoffbetriebenen Flugzeugen hätten in dieser Hinsicht einen Vorteil. Bei der „Verarbeitung“ des Wasserstoffs würde Wasser als Abfallprodukt anfallen, welches als Brauchwasser in der Kabine genutzt werden könnte. Aber diese Pläne sind aus der heutigen Sicht noch sehr schwer zu realisieren, beziehungsweise noch nicht denkbar. Spezielle Planungsgruppen versuchen den Grundgedanken der Wasserstoffbetriebenen Verkehrsmittel in die Tat umzusetzen. Aber dieses wird sicher noch einige Jahrzehnte in Anspruch nehmen.

8.5 Licht

Die Beleuchtungseinrichtungen sind elementare Kabinenbestandteile, die direkt den Komfort beeinflussen. Jeder Passagier hat die Möglichkeit die individuelle Platzbeleuchtung seinem Lichtbedarf anzupassen. Diese Lampen sind integraler Bestandteil der Hatracks. Sie lassen sich durch Betätigung eines Schalters an der Armlehne aktivieren (Bild 8.2). Eine entsprechende Vernetzung ist an dieser Stelle notwendig, da es dem Passagier nicht zugemutet werden kann, aufzustehen um den Schalter an der Kabinendecke zu betätigen. Mit Hilfe von LED lässt sich die Lebensdauer und Robustheit dieser Leuchten deutlich verbessern.

Um auch bei Nachtfügen eine ausreichende Beleuchtung der Kabine zu ermöglichen, sind im gesamten Flugzeug individuelle Beleuchtungssysteme installiert. So sind neben den Passagierleseleuchten auch diverse allgemeine Kabinenbeleuchtungselemente montiert, die je nach Bedarf von dem Kabinenpersonal geregelt werden können. Es sind längs der Gepäckfächer einfache Neonröhren installiert, die eine ausreichende Ausleuchtung ermöglichen. Diese sind auch im Hinblick auf die Lebensdauer leicht durch LEDs zu ersetzen. Gerade im Bereich der Stimmungsbeleuchtung könnten mehrere farbige Leuchten die Ausleuchtung der Kabine, je nach Bedarf und Stimmung der Passagiere in verschiedenen Farbtönen realisieren. So lässt sich zum Beispiel der Kabinenhimmel mit einer besonderen Beleuchtungssoftware als Sternenhimmel darstellen.

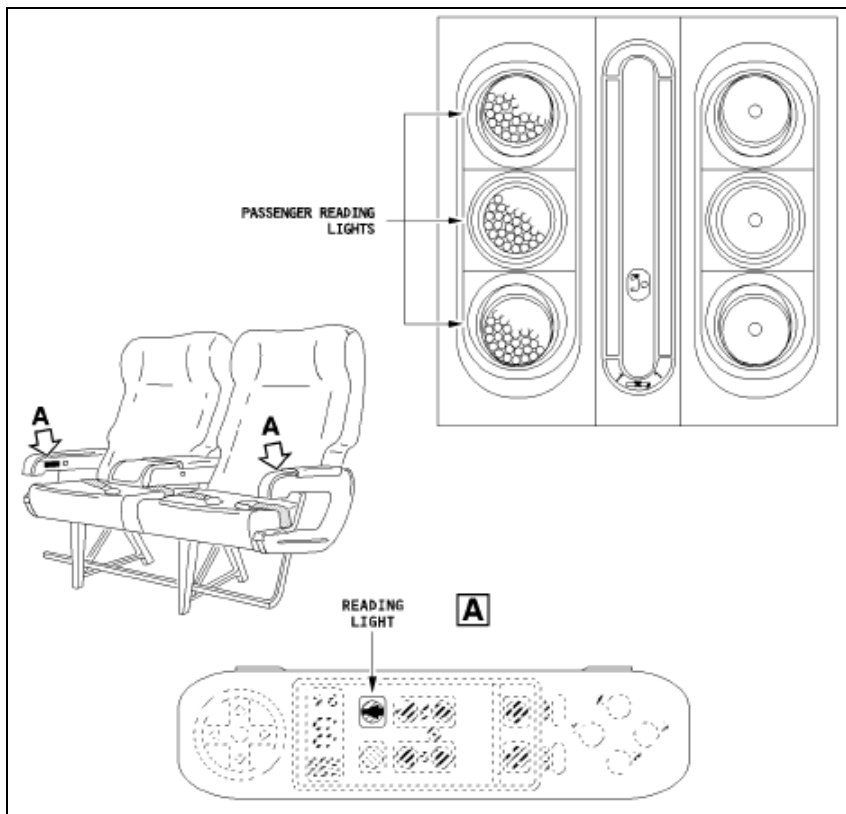


Bild 8.2 Beleuchtungsinstallation am Sitz Airbus 340-600 (Airbus 2004)

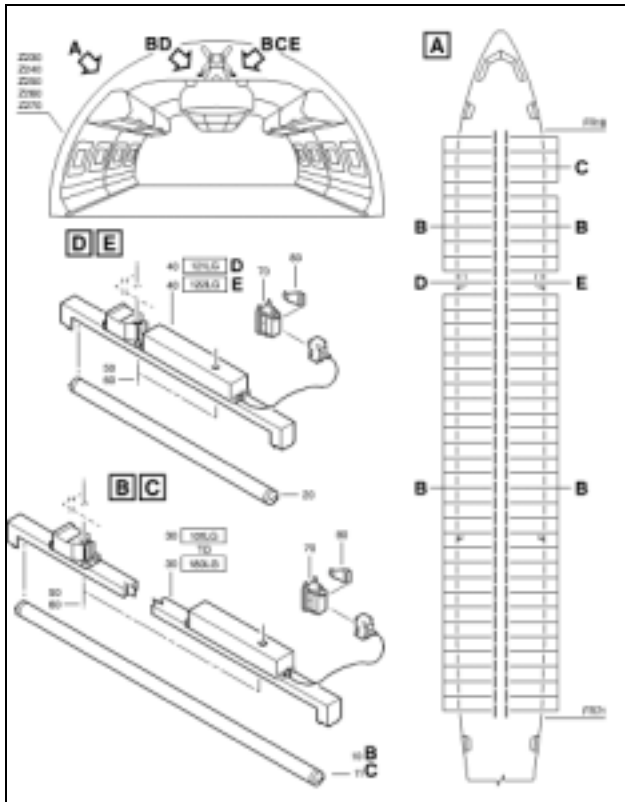


Bild 8.3 Gangbeleuchtung Schematische Darstellung Airbus 340-600 (Airbus 2003)

Auch in Bereichen der Sanitäreinrichtungen und Galleys sind spezielle Leuchtmittel angebracht. Diese gewährleisten die ausreichende Beleuchtung. Meist sind diese mit Bewegungsmeldern ausgestattet, so dass sie erst bei der Benutzung oder des Betretens des Raumes in Betrieb genommen werden. Gesondert wird dem Passagier mit Hilfe von beleuchteten Schildern signalisiert, ob eine Toilette frei oder belegt ist (Bild 8.4). Dieses erfolgt über Leuchttafeln, die in den Kabinenbereich hineinragenden Schilder.

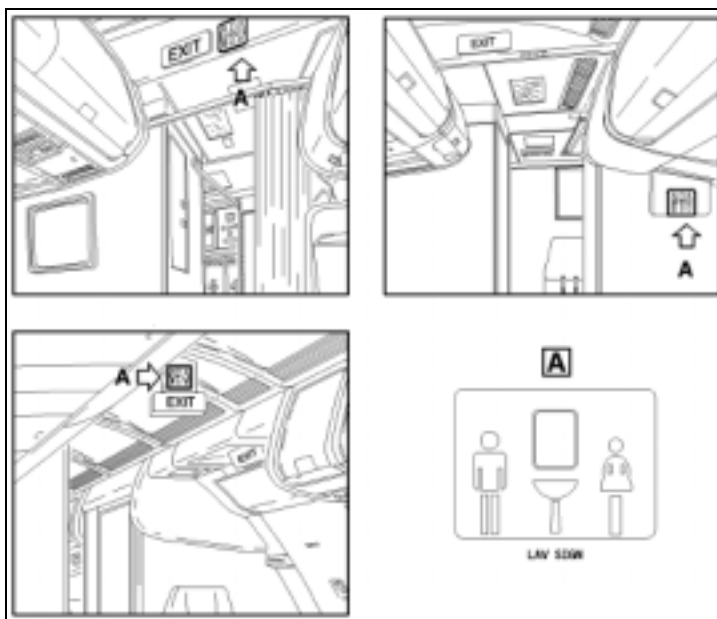


Bild 8.4 Notbedeutung und Beschilderung des Airbus 340-600 (Airbus 2002)

Diese Beleuchtungen müssen bei der Modulation genauso wie die Decken- und Gangbeleuchtung integraler Bestandteil der Deckenelemente sein. Ein einzelnes Montieren dieser Leuchtelemente würde dem Gedanken der schnellen flexiblen Modulation nicht gerecht werden.

Eine besondere Bedeutung im Bereich der Beleuchtung kommt der Notbeleuchtung zu. Es ist notwendig, im Falle eines Verlustes an elektrischer Energie die Kabine mit einer ausreichenden Notbeleuchtung auszuleuchten. Aus diesem Grund sind in der Kabine Lampen mit Akkumulatoren angebracht, die sich während des Fluges aufladen. Im Notfall liefern sie Licht mit Hilfe der Akkus. Diese lassen sich meist aus ihrer Halterung nehmen und im Falle einer Evakuierung als portable Handleuchten einsetzen. Damit hat das Kabinenpersonal eine sichere Handleuchte, um den Passagieren beim Verlassen des Flugzeuges zu helfen.

Leuchtstreifen auf dem Kabinenboden signalisieren den direkten Weg aus dem Flugzeug (Bild 8.5). Falls es im Inneren zu einer Qualentwicklung kommt, ist sichergestellt, dass die Passagiere sich kriechend auf dem Boden anhand dieser Leuchten orientieren können. Meist sind diese aus fluoreszierenden Leuchtstreifen gefertigt, die sich während des normalen Fluges „aufladen“.

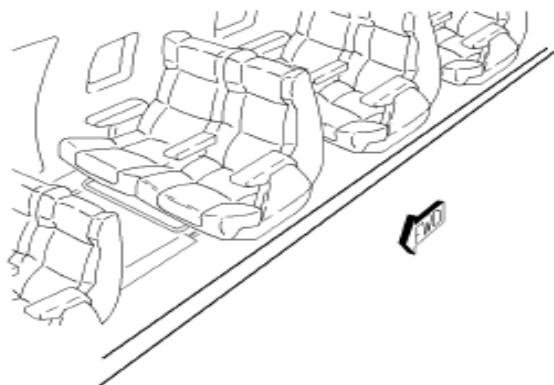


Bild 8.5 Leuchtstreifen (Airbus 2003)

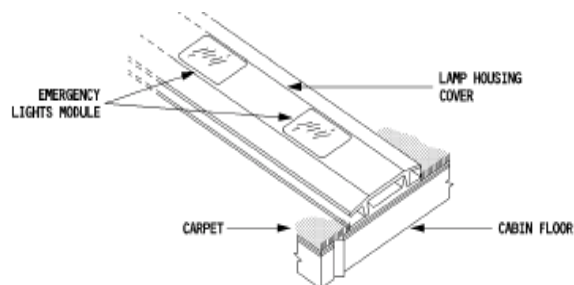


Bild 8.6 Aufbau Leuchtstreifen (Airbus 2003)

8.6 Sicherheitssysteme

Diese Anlagen sorgen für den Brandschutz, für die Enteisung der Tragflächen, Schutz vor Eisansatz im Flug und Schutz bei plötzlichem Druckabfall in der Kabine. Notausstieg nach einer Notlandung, Sauerstoff-Notanlage, Notrutschen, Schwimmwesten, Schlauchboote und Notverpflegung gehören ebenfalls dazu. Bei Militärflugzeugen sind unter Anderem auch Fallschirme und Schleudersitze vorhanden. Brandschutzanlagen überwachen die Temperatur an kritischen Stellen des Flugzeugs. Hauptsächlich sind davon die Triebwerke betroffen. Zur Brandbekämpfung stehen in der Kabine Feuerlöscher zur Verfügung. Zur Brandbekämpfung im Triebwerkbereich werden Kohlendioxid, Halogenverbindungen und andere Verbindungen

genutzt. Eisansatz an den aerodynamisch wichtigen Stellen (Flügel Nase, Lufteinläufe der Triebwerke, Propeller usw.) wird durch Heizluftanlagen, elektrische oder pneumatische Enteisungsanlagen unterbunden. Zum Explosionsschutz können bei vielen Flugzeugmustern die Räume der Kraftstoffbehälter mit nichtbrennbaren Gasen gefüllt werden.

Sauerstoff-Notanlagen versorgen Besatzung und Passagiere bei Ausfall der Klimaanlage und beim plötzlich auftretenden Druckabfall in der Kabine mit Sauerstoff. Notrutschen an allen Türen und Notausgängen sorgen dafür, dass Passagiere innerhalb kürzester Zeit, ohne äußere Hilfsmittel wie Gangways oder Leitern ein Flugzeug verlassen können.

Damit Notfälle und eventuelle Evakuierungen problemlos durchgeführt werden, üben alle Crews regelmäßig in einem Simulator diverse Gefahrensituationen.

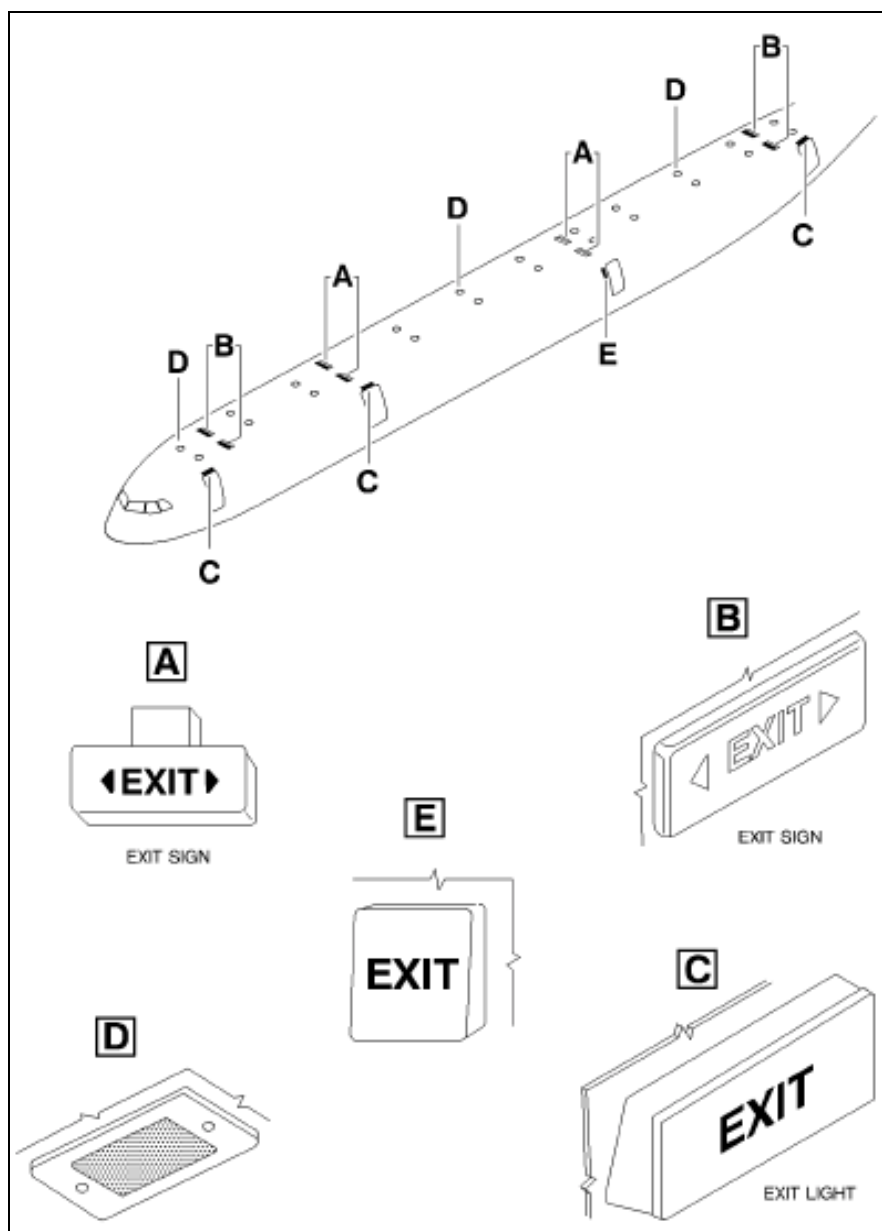


Bild 8.7 Notausgangsbeleuchtung des Airbus 340-600 (Airbus 2003)

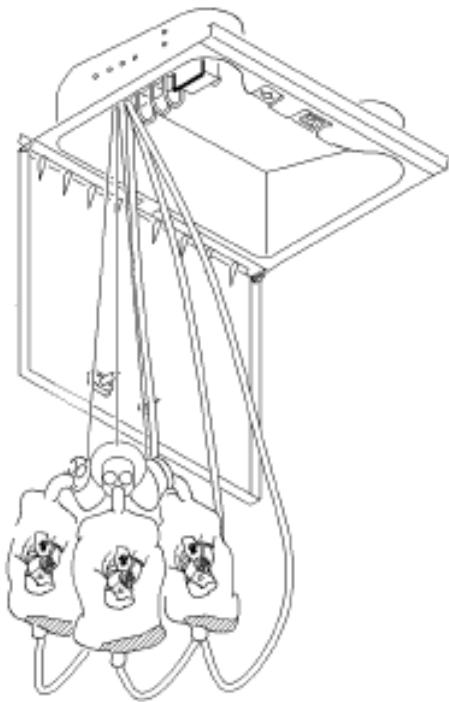


Bild 8.8 Sauerstoffmasken (Airbus 2002)

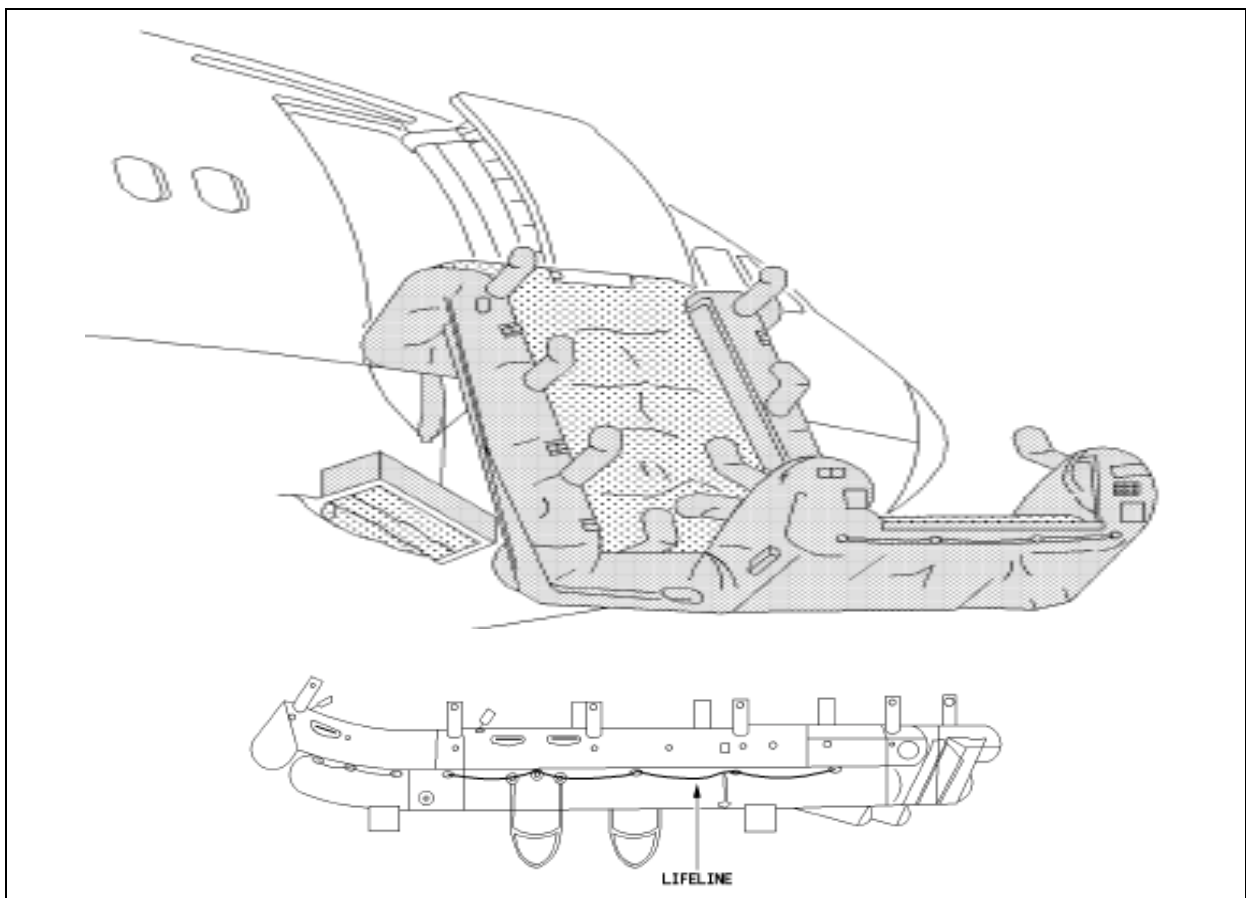


Bild 8.9 Notrutsche / Rettungsfloss (Airbus 2002)

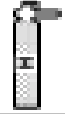






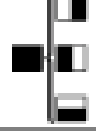












SYMBOL	QTY.	CABIN EMERG. EQUIPMENT	MANUFAC.
	10	FIRE EXTINGUISHER 1.2Kg (HALON 1211)	MAIP
	13	SMOKE HOOD	AIR LIQUIDE
	4	FIRST AID KIT	AOM
	2	MEGAPHONE	FEDERAL SIGNAL
	2	EMERGENCY RADIO BEACON	CEIS
	14	FLASH LIGHT	DME CORP
	9	MANUAL RELEASE TOOL	PURITAN
	7	DEMO-PACK { 1 LIFE JACKET (DEMO) 1 O ₂ MASK (DEMO) 1 SEAT BELT (OR SAFETY BELT)	EAM SCOTT AVIATION
	20	LIFE JACKET (CHILD)	SMITLIK
	12 4	LIFE JACKET CABIN CREW (ONE STOWED UNDER EACH C/A SEAT) LIFE JACKET FLIGHT CREW (STOWED IN COCKPIT)	EAM
	322	LIFE JACKET PASSENGER (ONE STOWED UNDER EACH SEAT)	EAM
	2 2 2 2	SLIDE RAFT (DOOR 1 LH-RH) (DOOR 2 LH-RH) (DOOR 3 LH-RH) (DOOR 4 LH-RH)	GOODRICH
	3	CRASH AXE	AUXYLEC
	4	EXTENSION BELT	AM SAFE
	10	SPARE LIFE JACKET	EAM
	2	DOOR INOP KIT	TRAVELTEX
	18	O ₂ BOTTLE 11 CUFT O ₂ MASK	SCOTT AVIATION
	30	BABY BELT	AM SAFE
	8	SIGNALING KIT	AIR FRANCE
	3	CHECK LIST HOLDER	INNOVINT

Bild 8.10 Aufstellung der Notfallausrüstung des A340-600 (Airbus 2003)

9 Konstruktionsansätze / Entwürfe

Das folgende Kapitel beginnt einen neuen Arbeitsschritte zu beschreiben, nach dem Aufgaben und Richtungen der Modulation betrachtet wurden, werden erste Ideensammlungen und Skizzen angefertigt um Gedanken in die Wirklichkeit umsetzen zu können

9.1 Äußerliche Entwurfsparameter

Bei der Konstruktion eines Flugzeuges ist es sehr wichtig, dass alle beteiligten Abteilungen eng zusammenarbeiten, um einen ausgeglichen Flugzeugentwurf zu erstellen. In diesem Bericht werden oberflächlich die wichtigsten äußeren Flugzeugparameter dargestellt. Weiterhin folgt eine Beschreibung von Vorteilen und Nachteilen, die auf den Einsatz einer modularen Kabine als wichtig angesehen werden können.

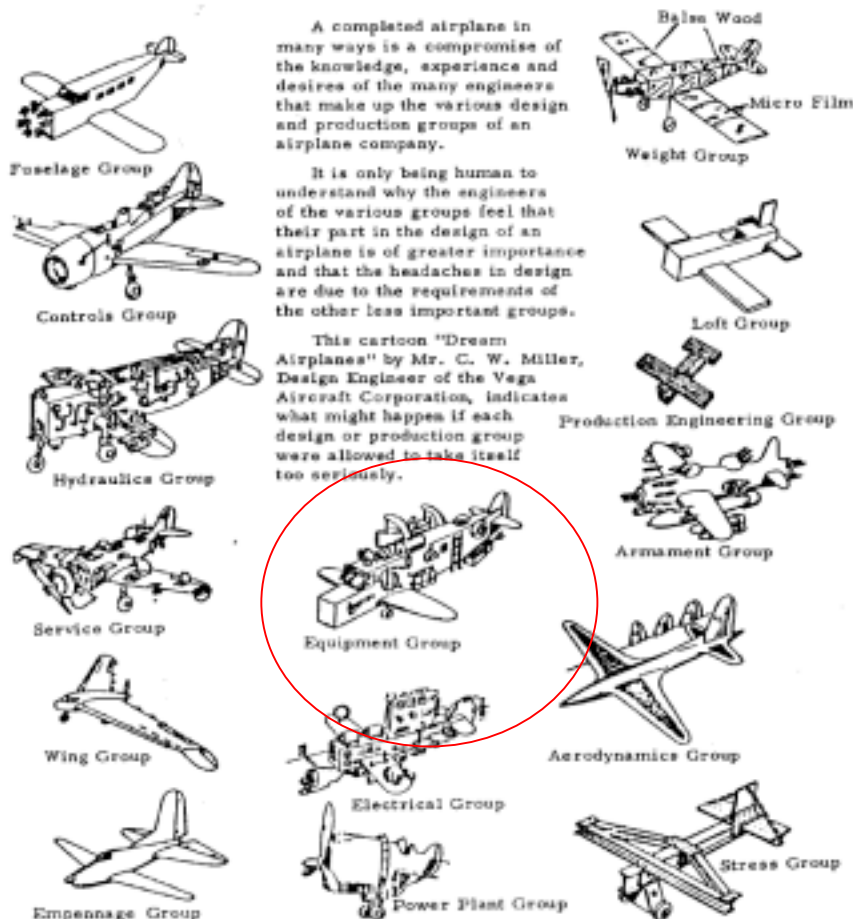


Bild 9.1 Intensionen bei der Flugzeugentwicklung beteiligte Abteilungen (nach Nicolai 75)

Trotz der Vernachlässigung aller anderen Konstruktionsabteilungen werden einige äußerliche Entwurfsparameter kurz angeschnitten, um ideale Einsatzspektren für Kabinensysteme an die Entwurfsparameter anzugleichen.

9.1.1 Flügelanordnung

Die Anordnung der Tragflächen spielt grundsätzlich keine entscheidende Rolle bei diesem Projekt, ist aber in der Beschreibung der Einsatzszenarien von Bedeutung, da die Anordnung der Tragflächen in verschiedenen Aufgabenbereichen unterschiedliche Bedeutungen besitzen. So kann man davon ausgehen, dass eine Schulterdecker eine durchgängige Kabine zur Verfügung hat.

Tiefdecker

Ein Flugzeug wird als Tiefdecker bezeichnet, bei dem der Rumpf auf den Tragflächen angeordnet ist. Die Unterseite der Tragfläche schließt mit der Unterseite des Rumpfes ab. Tiefdeckeranordnungen finden heute hauptsächlich im zivilen Bereich Anwendung, da durch diese Konfiguration eine durchgängige Passagierkabine zur Verfügung steht, aber im Bereich des Unterflurs gibt es durch diese Anordnung eine Störung in der Zugänglichkeit. Hier wird der Raum durch die Tragflächen- und Tankinstallationen unterbrochen, sodass zwei Beladenöffnungen zwingend erforderlich sind.



Bild 9.2 Airbus 340-600 (Lufthansa 2004)



Bild 9.3 IL-96-200 (www.Flugzeugbilder.de 2004)

Hochdecker

Als Hochdecker werden Flugzeuge mit einer über dem Rumpf angeordneten Tragfläche bezeichnet. Die Oberseite der Tragfläche schließt dabei jedoch nicht mit der Oberseite des Rumpfes ab. Hochdeckerkonfigurationen finden ihren Einsatz bei Transportflugzeugen und

militärischen Mustern. Dabei gibt es zwei wesentliche kabinentechnische Vorteile. Erstens kann dadurch eine durchgehende Ladefläche erreicht werden, die Stückguttransporte zu gewährleisten. Zweitens ist dabei eine Möglichkeit gegeben, bei Standarttriebwerkskonfigurationen das Fahrwerk sehr niedrig zu konstruieren (Bild 9.4).



Bild 9.4 An-124 Antonov Airline
(www.Flugzeugbilder.de 2004)



Bild 9.5 McDonnell Douglas C-17
(www.Flugzeugbilder.de 2004)

9.1.2 Triebwerksanordnung

Die Triebwerke spielen in der Untersuchung des Aufgabenbereiches ebenfalls eine untergeordnete Rolle, sollen aber eine quantitative Beschreibung der Szenarien gewährleisten.

Flügeltriebwerke unten den Tragflächen

Diese Triebwerkskonfiguration ist die am meisten Verbreitete weltweit.



Bild 9.6 Tu-95 „Bear“ (Russische Luftstreitkräfte 1998)



Bild 9.7 Boeing 747-400 200
(www.Flugzeugbilder.de 2004)

Vorteile für die Kabine bietet diese Anordnung im Bereich der Geräusentwicklung, die auf Grund ihres direkten Einflusses auf das Flugempfinden eine hohe Bedeutung im Passagierdienst hat.

Hecktriebwerke

Hecktriebwerke werden heutzutage bei Business Jets eingesetzt. Russische Passagiermaschinen nutzten diese Konfiguration, um optische Unterschiede zu den westlichen Produkten herzustellen.



Bild 9.8 Boeing 717 200
(www.Flugzeugbilder.de 2004)



Bild 9.9 Cessna 660 200
(www.Flugzeugbilder.de 2004)

Diese Anordnung hat den Vorteil, dass die Tragflächen nicht so hohen Belastungen ausgesetzt werden (Bild 9.8). Dennoch sind aerodynamische Nachteile vorhanden. Die Geräusentwicklung in der Kabine wird ebenfalls negativ beeinflusst, da die Schallwellen von Triebwerken hauptsächlich nach vorne abgestrahlt werden. Dabei werden strukturelle Belastungen durch Schalleinwirkungen hervorgerufen.

Triebwerksanordnung über den Tragflächen

Diese Anordnung ist nur bei spezialisierten Flugzeugen zu finden und besitzt strömungstechnische und akustische Nachteile. Flugzeuge deren Aufgabe es ist auf dem Wasser zu landen steht keine andere Möglichkeit zu, die Triebwerke zu integrieren.



Bild 9.10 Canadair (kanad. Feuerwehr 2000)



Bild 9.11 Antonow -74 200
(www.Flugzeugbilder.de 20 04)

9.1.3 Öffnungssystem

Der Aufklappmechanismus des Flugzeuges stellt ein zentrales Entscheidungskriterium für die Konstruktion der modularen Bauweise dar. Dies betrifft nicht nur die Größe der einzelnen Modulbauteile, sondern auch die Einschätzung des Zeitaufwandes. Lässt es sich realisieren ein konventionelles Flugzeug mit einer Heck- oder Bugöffnung zu versehen, so werden neue Möglichkeiten eröffnet, eine Zugänglichkeit der Kabine zu erreichen. Es lassen sich komplette Baugruppen, ohne aufwendige Montagearbeiten direkt in den Rumpf befördern. So würde es denkbar, eine komplett montierte Küchenzeile zu installieren, welche nur mit Struktur und den nötigen Zuleitungen verbunden werden müsste.

Es wird sich als deutlicher Herausforderung erweisen, heutige Flugzeuge, die in ihren Leistungsfähigkeiten (Reichweite, Geschwindigkeit, Flughöhe) deutlich höhere Lasten und Kräfte aufnehmen müssen. Daher werden die Flugzeuge die heute mit einem aufklappbarem Rumpf fliegen nur für spezielle Transporte verwendet. Der Airbus A300-600ST verfügt über eine Bugöffnung, aber über keine Druckkabine im Frachtraum. Es wird in dem Bereich der Öffnung also keine nennenswerte Dichtung erforderlich, um die Innenluft von der Außenluft zu trennen. Eine Öffnung wird sich in Bugbereich als problematisch erweisen, da die Vernetzung der einzelnen Systeme mit dem Zentralrechner und dem Cockpit gewährleistet werden muss. Aufwendige Verbindungen und Verkabelungen müssen in den Scharnierbereichen der Aufklappung verlaufen. Außer Frage steht, dass sich ein wohl durchdachter Öffnungsmechanismus, an einer strategisch wichtigen Stelle (Bug, Heck), als wichtigster Entscheidungsparameter für eine lukrative Modulation erweist.

Bugöffnung

Flugzeuge mit Bugöffnungen werden fast ausschließlich als Transportflugzeuge im zivilen oder militärischen Bereich eingesetzt. Dabei sind diese Einsatzmuster für extrem große Lasten und für sehr sperrige Güter ausgelegt.



Bild 9.12 Airbus A300-600ST (Airbus 2004a)

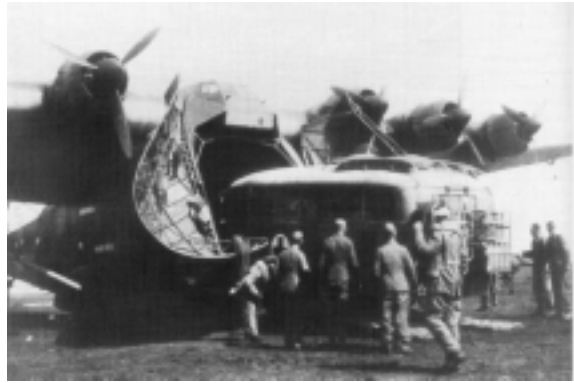


Bild 9.13 Messerschmitt Me 323 Gigant
(Wehrmacht 1942)

Die Bugöffnung (Bild 9.12) hat den Vorteil, dass man den gesamten Querschnitt eines Flugzeuges zur Beladung zur Verfügung hat, welche die Ideen eines Einschubbodens (siehe Kapitel 9.6) begünstigen. Eine Umrüstung der Kabine wird durch einen solchen Aufklappmechanismus erleichtert, da man Kabinenkomponenten leichter in das Flugzeug verbringen kann, beziehungsweise keine Einschränkungen in der Größe der Systeme beachten muss. Nachteil ist eine komplexe Konstruktion am Flugzeug, die zu Mehrgewicht führen würde.

Hecköffnungen

Hecköffnungen werden heutzutage zu den gleichen Zwecken wie Bugöffnungen eingesetzt, wurden aber zur früheren Zeiten auch als Zugangsöffnung für Personen benutzt (Bild 9.15). Hecköffnungen besitzen beschränkt die gleichen Vorteile wie Bugmechanismen. Der große Nachteil besteht in der aufwendigen Technik, da der Schwerpunkt eines Flugzeuges im hinteren Bereich liegt. Daher sind heutige Hecköffnungen nicht als Aufklappsystem ausgelegt, sondern mit Ladeluken ausgestattet (Bild 9.14). Eine Ladeluke gilt bei militärischen Mustern als selbstverständlich, da dort schwere und sperrige Frachten auf einfache Art beladen werden können. Wenn ein modalisierbares Flugzeug im militärischen Frachtbereich eingesetzt werden soll, muss man davon ausgehen, dass eine Hecköffnung als ein absoluter Vorteil angesehen wird.



Bild 9.14 Antovov-124 200
(www.Flugzeugbilder.de 2004)

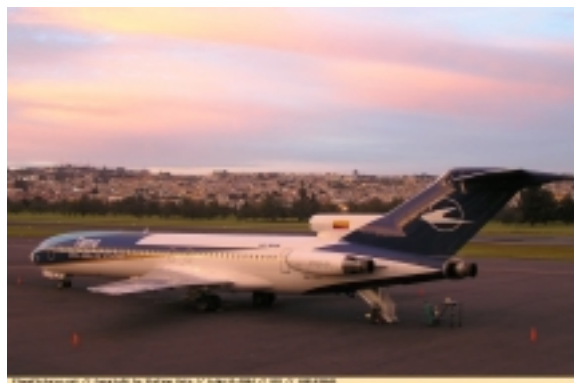


Bild 9.15 Boeing 727-100 200
(www.Flugzeugbilder.de 2004)

Seitenöffnungen

Seitenöffnungen werden heute fast ausschließlich als Ladeöffnungen von zivilen Frachtflugzeugen eingesetzt.



Bild 9.16 Cessna 600 200
(www.Flugzeugbilder.de 2004)



Bild 9.17 Airbus 310 MRTT (WTD 2003)

Klarer Nachteil eines solchen Öffnungssystems zur Beladung der Flugzeugkabine ist die geringe Größe. Geringe Größe der Beladungsöffnung führt zu kleineren Bauteilen der Kabinensysteme. Daraus folgt eine schwierigere Komplettierung der Kabine, die sich wiederum negativ auf den Zeitaufwand auswirkt. Abgesehen von der Tatsache, dass die Ein- und Ausstiegstüren im Passagierbereich wie bei herkömmlichen Flugzeugen angeordnet sind, werden Seitenöffnungen als eine der schlechteren Beladungsöffnungen betrachtet.

Ober- und Unterschalenöffnung

Oberschalenöffnungen dieser Art werden heute ausschließlich von Spezialflugzeugen verwendet. Eine Unterschalenöffnung wird heutzutage ausschließlich im militärischen Bereich genutzt, um Waffenlasten abzusetzen (Bild 9.19).



Bild 9.18 Space Shuttle (NASA)



Bild 9.19 Northrop B-2
(US Air Force)

Ober- bzw. Unterschalen Öffnungen besitzen den großen Vorteil, dass man bei Öffnungssystemen ähnlich denen des Spaceshuttles, einen großen Teil der Kabine gleichzeitig bearbeiten beziehungsweise beladen kann. Nachteilig wirkt sich ein derartiges Öffnungssystem auf die Struktur aus. Da das Flugzeug an den empfindlichsten Stellen geöffnet wird und somit die Stabilität der Struktur beeinträchtigt wird. Projiziert auf den A340 – 600 stellt sich eine weitere Frage. Wie wird die Druckkabine in soll einen großen Öffnungsbereich integriert. Dies stellt daher diese Wahl der Zugänglichkeit in Frage.

9.1.4 Fahrwerksanordnung

Hohes Fahrwerk

Auch das Fahrwerk stellt eine sekundäre Rolle innerhalb der Aufgabenstellung von Einsatzflugzeugen dar. So gibt es aber wichtige Unterschiede zu beachten, die Einflüsse auf Aufgabenbereiche des Flugzeuges haben. Bei Passagierflugzeugen werden fast ausschließlich hohe Fahrwerke verwendet. Dies hat den Vorteil, dass diese Flugzeuge direkt an den Flughafenterminal heranfahren können und die Passagiere auf gleicher Höhe mit dem Terminal aussteigen können. Weiterhin ermöglichen sie eine Triebwerksanordnung unterhalb der Tragflächen. Nachteile eines hohen Fahrwerks zeigen sich bei der Zugänglichkeit an Flughäfen ohne geeigneten Terminal. Dort müssen speziell konstruierte Treppen und Beladungssysteme an das Flugzeug herangeführt werden (Bild 9.21). Der Einsatz bei Transportflugzeugen ist ungünstig, da die Frachten auf Höhe des Frachttors am Flugzeug angehoben werden müssen.



Bild 9.20 Boeing 737 200
(www.Flugzeugbilder.de 20 04)



Bild 9.21 MD-11
(www.Flugzeugbilder.de 20 04)

Kurzes- oder tiefes Fahrwerk

Kurze oder tiefer gelegte Fahrwerke sind ausschließlich bei Transportflugzeugen vorhanden (Bild 9.23). Ein tiefes Fahrwerk ermöglicht einfachen und unabhängigen Transportverkehr. Große und schwere Lasten müssen nicht angehoben werden. Militärische Einsatztransporter besitzen ausschließlich tief konzipierte Fahrzeuge, um das Frachtdeck fast auf Nullebene zu bringen.



Bild 9.22 Beladung einer An-124
(www.Flugzeugbilder.de 20 04)



Bild 9.23 Transporter Lockheed C-5 Galaxy
(www.Flugzeugbilder.de 2004)

9.1.5 Zusammenfassung

Nach Betrachtung aller relevanten äußerlichen Entwurfparameter kann eine Kombination aller Parameter erfolgen, um hieraus die ideale Kombination für den Einsatz einer modularen Kabine zu folgern. Dabei wird auch gleichzeitig der Hauptaufgabenbereich der Kabine und dessen Schwerpunkt bei Konzeption festgelegt. Die Erstellung der Lösungsansätze erfolgt ausschließlich aus Konstruktionshinweisen und hat keinen Bezug auf die Wirtschaftlichkeit des Flugzeuges.

9.2 Lösung: Kombi-Transport

- **Aufgabenbereich:**
Kombitransportflugzeug, gleichermaßen für den Transport für Personen und Frachtgüter geeignet.
- **Flugzeugparameter:**
Bug-/Heckfrachttor und/oder Seitenfrachttür für einfache Beladung von Frachtgütern.
Triebwerke unter den Tragflügeln, für eine günstige Geräuschentwicklung innerhalb der Kabine.

- **Hochdeckerkonfiguration**

Um hohen Bodenabstand zu ermöglichen, siehe Triebwerksanordnung.
Hohes Fahrwerk um eine Anbindung an Flughafenterminals zu ermöglichen.

- **Schwerpunkt der Kabinenkonzeption**

Hoher Standard der Kabinenausstattung.
Sonderwünsche für Passagiere müssen ermöglicht werden.
Schnelle Umrüstung der Kabinenausstattung zwischen den Einsätzen.

Sinnvoll würde sich eine mobile Klima- und Energieversorgung der Kabine erweisen. Einen Nutzen würden diese nur haben, sofern Passagiere transportiert werden. Bei reinen Frachttransporten wären sie unnötiger Ballast.

9.3 Konstruktive Betrachtung von Modularkabinen

Bei der Betrachtung konstruktiver Möglichkeiten, eine Kabine modular zu entwickeln, können zwei grundsätzlich verschiedene Wege eingeschlagen werden. Die so genannte Re-Explosionstechnik, bei der aus einem bestehenden System ein neues System entwickelt wird bedeutet, dass eine heutige Standardkabine auf ihre Systeme untersucht und eine modulare Variante der bestehenden Kabinensysteme entwickelt wird. Eine Neukonstruktion neuer Kabinensysteme stellt die andere Möglichkeit dar. Dies würde bedeuten, dass man herkömmliche Kabinensysteme herausnimmt und ein neuartiges, modulares System an dessen Stelle einsetzt. In der heutigen technischen Entwicklungsarbeit wird meist die erste Entwicklungsart angewendet, da sie einen großen wirtschaftlichen und zeitlichen Vorteil darstellt. Dagegen bietet eine Neuentwicklung von Kabinensystemen den größeren Innovationsschub.

Auf diesen Innovationsschub kommt es aber innerhalb der technischen Weiterentwicklung von Kabinensystemen an, da nur dadurch ein wirtschaftlicher Erfolg in der Flugzeugindustrie erreicht wird. Die Annahme wird durch die Tatsache erhärtet, dass die namhaften Flugzeughersteller Entwicklungsgelder in dreistelligen Millionenbeträgen allein für die Forschung und Weiterentwicklung von Kabinensystemen investieren. Heutige Flugzeuge unterscheiden sich äußerlich nicht mehr sehr stark, da die heutige Aerodynamik einen einheitlichen fortschrittlichen Entwicklungsstand erreicht hat (Bild 9.24; Bild: 9.25)



Bild 9.24 Airbus A330-200
(www.Flugzeugbilder.de 2004)



Bild 9.25 Boeing 777
(www.Flugzeugbilder.de 2004)

9.4 Beschreibung des Vergleichsflugzeuges Airbus 310 MRTT

Im Folgenden wird der „härteste“ Konkurrent, der Airbus 310 MRTT, den man wohl als realistischstes Vorbild der Modulationstechnik ansehen kann beschrieben. Wie in Kapitel 5.1 schon aufgezeigt, basiert die Modulationstechnik des Airbus auf einfacher Handarbeit. Jeder Konfiguration geht ein personell aufwendiger Umbauvorgang voraus. In diesem Abschnitt wird darauf aber nicht eingegangen. Wichtiger ist vielmehr, wie die Ingenieure es geschafft haben, aus einem Standardflugzeug, dem Airbus 310-200, ein modulares Flugzeug, Airbus 310 -232 (MRTT), zu erstellen, eine Voraussetzung dafür, Kabinenausüstung leicht auf- und abrüstbar zu gestalten. Als erstes wurde eine speziell für den MRTT konzentriertes Frachttür in die Struktur eingebracht, die so genannte „Main Deck Cargo Door“. Dies hat den Vorteil, dass Kabineneinrichtungen leichter in das Flugzeug verbracht werden können.

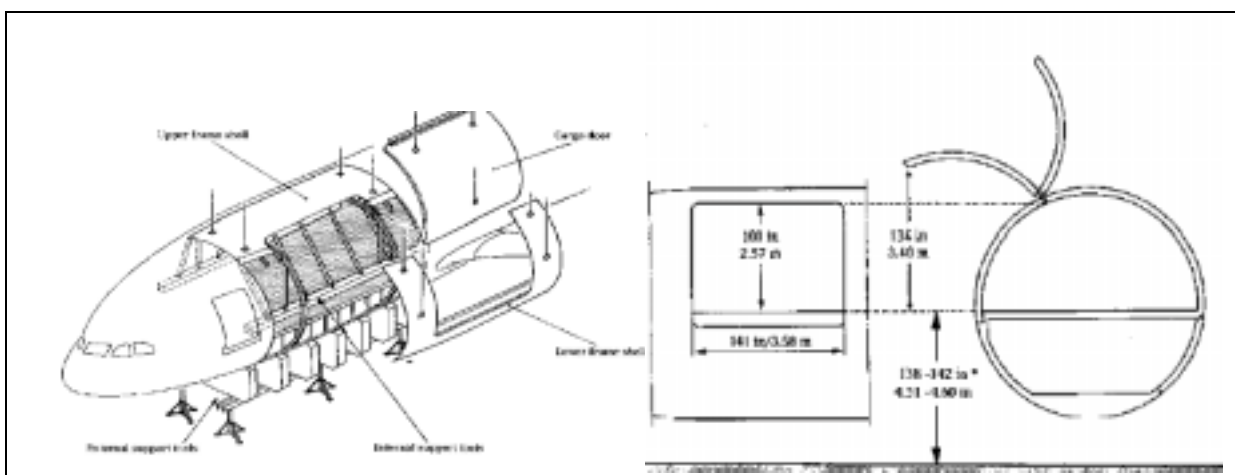


Bild 9.26 Main Deck Cargo Door des Airbus 310 MRTT (WTD 2003)

Als zweite wichtige Modifizierung des Standardflugzeuges wurde die strukturelle Integrität verstärkt um zusätzliche Belastungen entgegen zuwirken.



Bild 9.27 Spantmontage (WTD 2003)

Für unsere Anschauung ebenfalls interessant sind die Modifizierung der Klimaanlage und deren Verrohrung, der Einbau von zusätzlichen Rauchmeldern sowie Halon-Feuerlöschern im Frachtabteil.



Bild 9.28 Modifikation der Klimaanlage (WTD 2003)

Der Umbau des Flugzeuges dauerte circa ein Jahr und kostete etwa 350.000 Euro. Daraus lässt sich schließen, dass sich eine solche Nachrüstung im Bereich der Militärluftfahrt bei kleinen Stückzahlen lohnt, da man eine effektive Einsatzsteigerung der Flugzeuge erlangt und auch bei niedrigen Flugzeugbeständen eine Vielzahl von Aufgaben bewältigen kann.

Zu einer großflächigen Einführung des Systems wird es aus wirtschaftlichen Gründen nicht kommen, da das System zu personalintensiv ist und für den zivilen Sektor zu viel Zeit benötigt um umzurüsten.

9.5 Querschnittsaufbau

Bevor neue Kabinenquerschnitte eingeführt werden können, müssen die bisherigen Standardmuster, die sich unter den Herstellern bis jetzt nicht unterscheiden, betrachtet werden.

9.5.1 Passagierflugzeuge

Passagierflugzeuge die heute im Einsatz sind, haben meist eine klassische Anordnung. Abgesehen von Flugzeugmustern wie Airbus 380 oder Boeing 747, die über drei Decks verfügen, besitzen Passagierflugzeuge eine Zwei-Deck-Konfiguration.

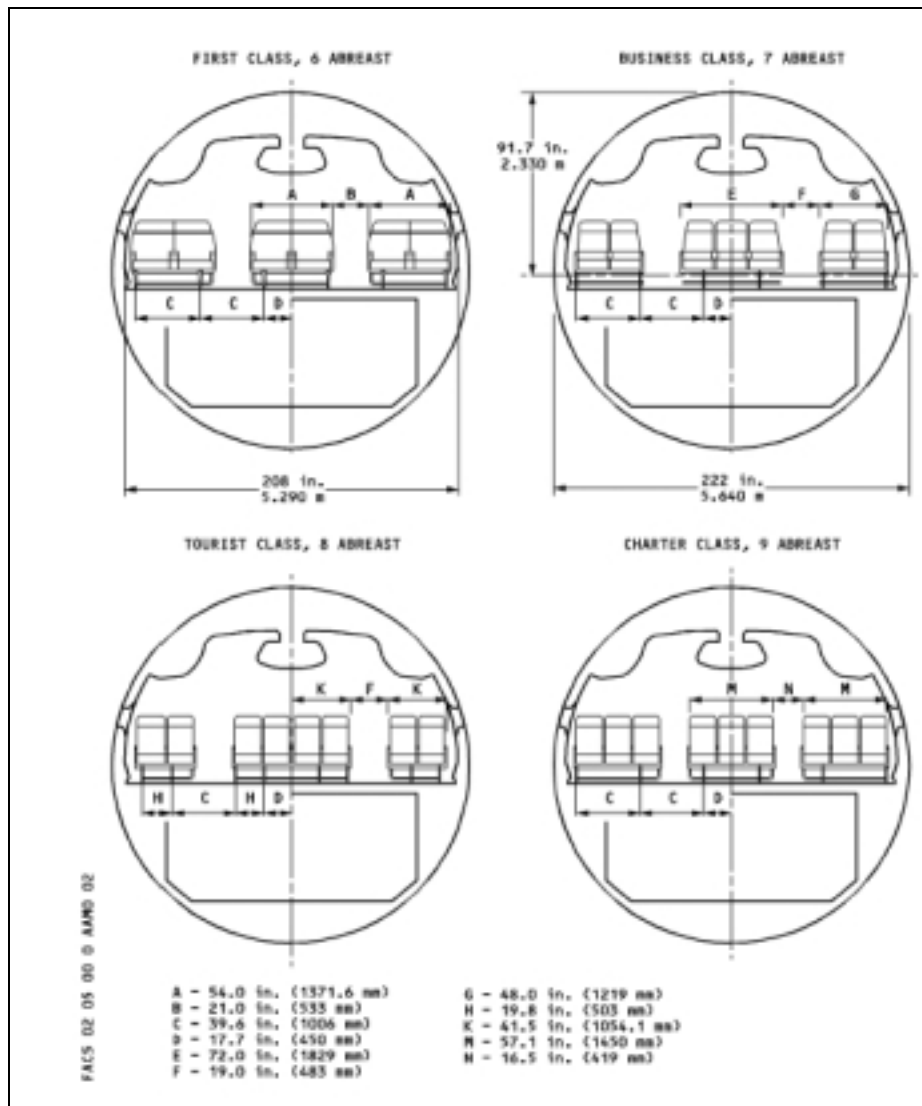


Bild 9.29 Querschnittszeichnung des Airbus 340-300 (Airbus 2003)

Das obere Deck dient primär zur Aufnahme der Passagiersitze, Sanitäreinrichtungen, Personalunterkünfte und Küchen. Das Unterdeck wird meist als Stauraum für Gepäck und Fracht genutzt. In Zukunft wird das Unterdeck für weitere Ruhe- und Sanitärbereiche genutzt.

9.5.2 Frachtflugzeuge

Heutige Frachtmaschinen haben, wie auch die Passagiermaschinen, einen Standardquerschnitt. Diese Aufteilung unterscheidet sich bei verschiedenen Transportflugzeugen nur durch die Anzahl der benutzten Frachtdecks. Großraumtransporter verfügen über nur ein Frachtdeck, um auch größere Objekte zu befördern. Der Airbus A380-800F erhält drei Frachtdecks (Bild 9.30)

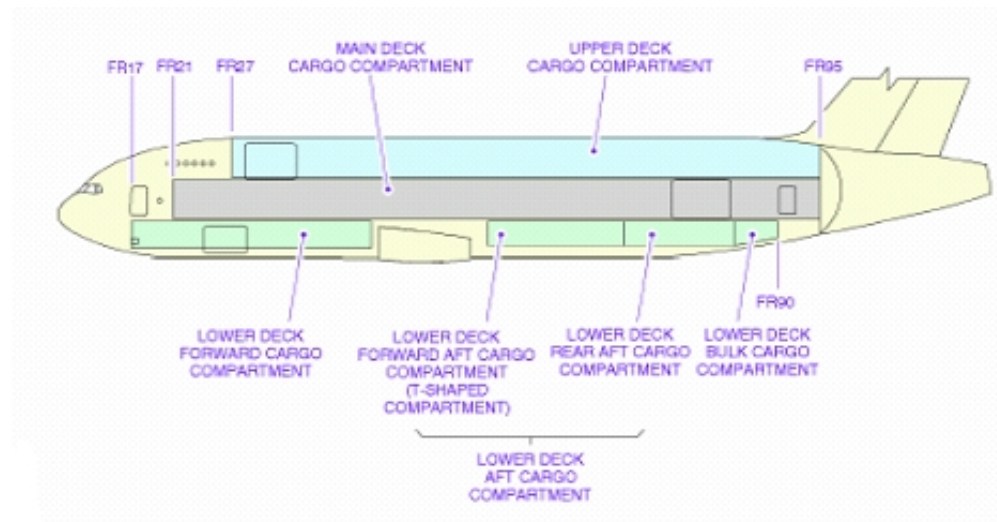


Bild 9.30 Airbus 380-800F Drei- Frachtdeck-Konfiguration (Airbus 2004)



Bild 9.31 Airbus A300-600ST Frachtraum (www.Flugzeugbilder.de 2004)

Die meisten Frachtflugzeuge transportieren ihre Güter auf zwei oder drei Ebenen (siehe Bild 9.32).

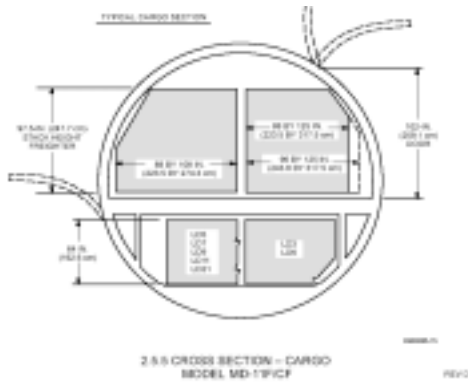


Bild 9.32: Querschnitt MD-11 Frachtmaschine 2 Frachtdeck Konfiguration (Boeing 1996)

9.5.3 Mögliche Flugzeugquerschnitte

In diesem Abschnitt werden mögliche Kabinenquerschnitte von Flugzeugen mit Modular-technik schematisch dargestellt. Dabei sind die Angaben keine Richtwerte sondern dienen ausschließlich zur Vervollständigung der Skizze. Bei der Darstellung der Querschnitte werden keine Unterschiede gemacht, ob sich es dabei um ein Frachtflugzeug oder um eine Passagiermaschine handelt.

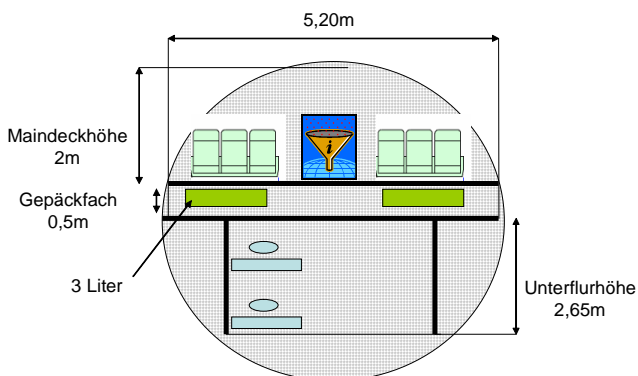


Bild 9.33 2-Deckkonfiguration mit Main- und Unterflurdeck (AERTOS 2004)

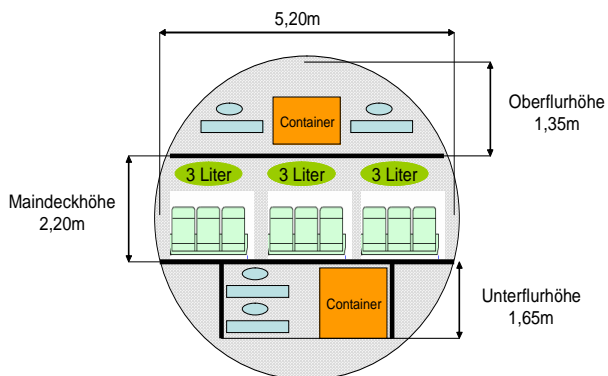


Bild 9.34 3-Deckkonfiguration, mit Maindeck, Oberdeck und Unterflurdeck (AERTOS 2004)

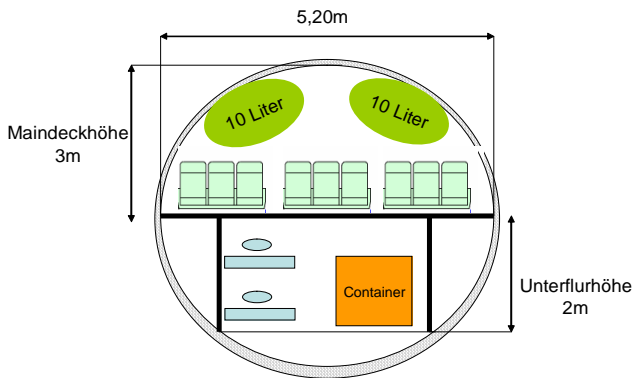


Bild 9.35 2-Deckkonfiguration, mit Main-, Unterflurdeck (**AERTOS 2004**)

Alle dargestellten Querschnitte könnten durch Maindeckmodulation in der Höhe variabel verändert werden.

9.6 Bodenelemente

9.6.1 Maindeckmodulation

Anforderungen:

- Flugzeugboden der aufgabenspezifisch ausgerüstet
- Ausrüstung und Montage erfolgt außerhalb des Flugzeuges
- Eine Integration über eine Bugöffnung

Vorteile:

- Flugzeug kann als Frachter-, Passagier- und als Großraumtransporter eingesetzt werden
- Schnelle Umkonfiguration und Aufgabenwechsel
- Wenige Fehlerquellen, da wenige Aus- und Einbauteile
- Geringer Personalaufwand

Nachteile:

- Krafteinleitung über den Flugzeugboden in die Struktur
- Sämtliche Bodenelemente müssen gelagert werden
- Komplexes Öffnungssystem des Flugzeuges
- Präzisionshebevorrichtung für die Bodenelemente erforderlich
- Erhöhtes Gewicht durch zusätzliche Versteifungen des Bodens
- Umrüstung muss an geeigneten Standorten realisiert werden

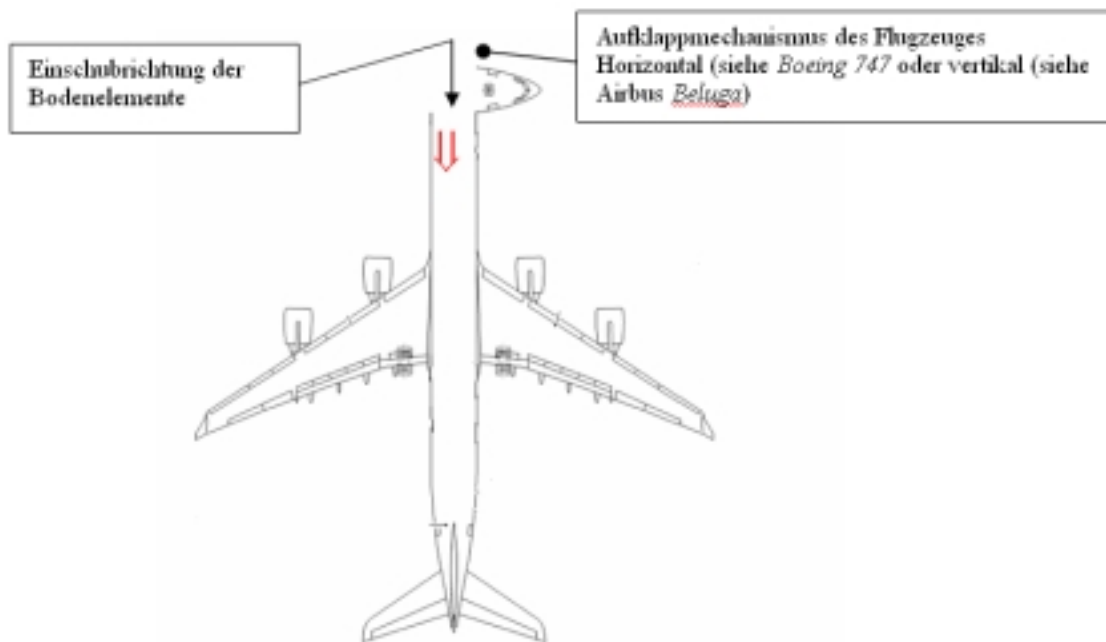


Bild 9.36 Flugzeug mit Bugöffnung (nach Airbus 2004)

9.6.2 Konstruktionsprinzip

Der fertige Flugzeugboden, der in das Flugzeug installiert wird, besteht aus mehreren Bodenelementen, die vor dem Einsatz im Flugzeug zur richtigen Größe zusammengebaut werden müssen. Da die Elemente aus genormten Standardelementen besteht, muss der Platzierung bestimmter Bodenplatten keine besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Es lassen sich die Elemente für beliebigen Flugzeugtypen, dank der Norm problemlos verwenden.

Der Zusammenbau des Bodens aus Einzelteilen hat mehrere Vorteile:

- Lagerung der Bodenelemente ist platzsparend
- Bodenelemente sind nicht Flugzeugtypen spezifisch ausgelegt
- Es können beliebige Bodenlängen und Bodenbreiten erreicht werden.
- Wartungsfreundlichkeit und leichte Ersetzen ist garantiert.

Der Zusammenbau der Bodenelemente ist durch einfachste Mechanik personal- und wartungsfreundlich. Aus Stabilitätsgründen besteht der Boden aus einem äußeren Rahmen, in den die Bodenplatten installiert werden. Der Stabilitätsrahmen dient gleichzeitig zur Anbindung an den Flugzeugrumpf. Dabei besteht der Rahmen aus einem Grundgerüst, das beliebig verbreitert werden kann.

9.7 Konstruktionsskizzen

9.7.1 Stabilitätsrahmen des Bodens

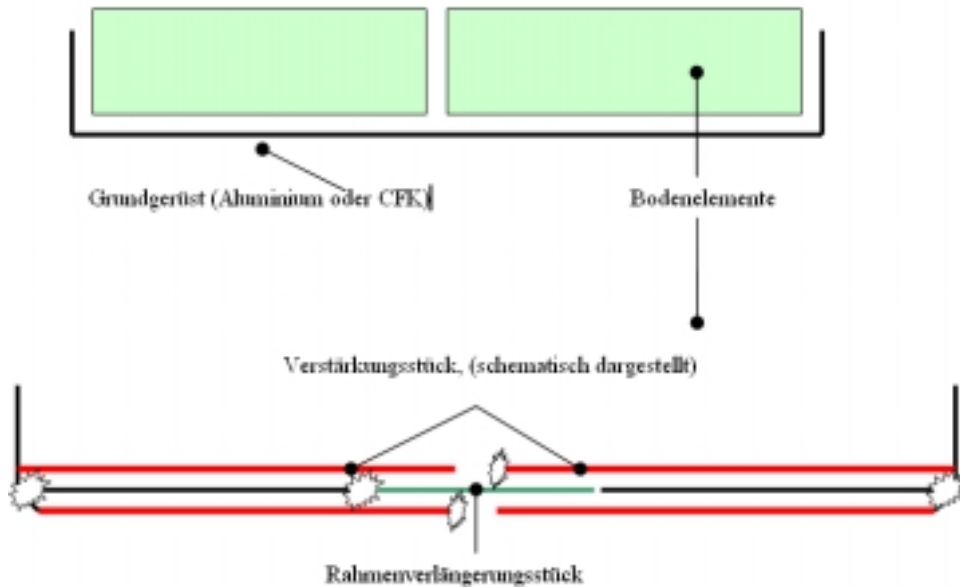
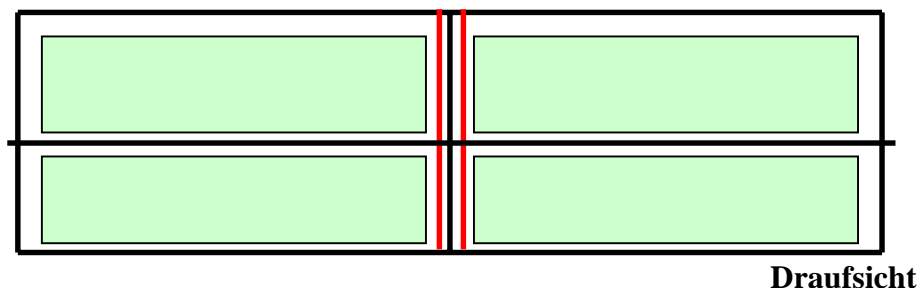


Bild 9.37 Stabilitätsrahmen (AERTOS 2004)

Der Stahlrahmen ist hier schematisch dargestellt. Er besteht aus dem Grundgerüst (schwarz), einer Versteifungshülle. Dazwischen können fast beliebig viele Verlängerungsstücke eingeführt werden (grün).

☀ ⇒ Schwachstellen des Systems, da sich dort Verbindungsstellen befinden. Auf eine genauere Erläuterung wird hier verzichtet, da es sich hier nur um schematische Lösungsdarstellungen handelt.



Draufsicht

Bild 9.38 Draufsicht: Bodenelementensystem (AERTOS 2004)

Bodenelemente

Die Bodenelemente werden in den Stabilitätsrahmen eingelegt und durch eine einfache mechanische Sicherung an dem Rahmen fixiert. Der Boden hat primär die Aufgabe, die Kabinensysteme, beziehungsweise die Frachten aufzunehmen. Im Falle eines reinen Frachttransportes kann auf die Bodenelemente verzichtet werden, da Container auf fest definierten Lauf-

schienen im Inneren des Flugzeuges befestigt und gehalten werden. Dieses hat zum Vorteil, dass bei dieser Art des Transportes eine Gewichtseinsparung erzielt werden kann. (siehe Bild: 9.40).

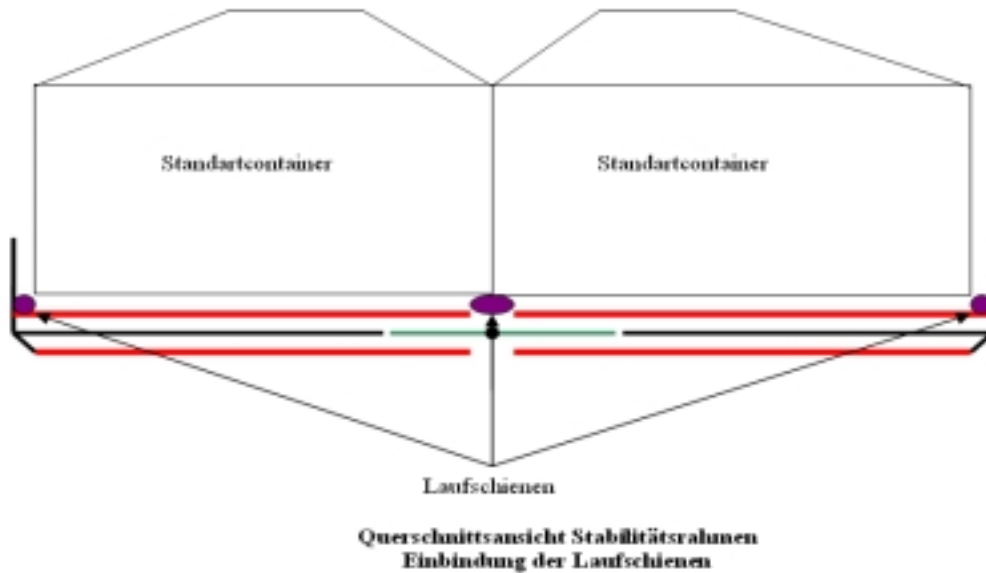


Bild 9.39 Querschnittsansicht der Bodenelemente (AERTOS 2004)

Die Bodenelemente sind nichts anderes als einfache GFK-Sandwich-Paneele mit Teppichbezug und mechanischen Anschlüssen für die Anbindung der Kabinenausüstung (Sitze, Galley oder sanitäre Einrichtungen).

Mechanische Anschlusspaneele

Alle mechanischen oder elektrischen Anschlusspaneele sind standardmäßig auch in heutigen Flugzeugen zu finden. Hieraus ergibt sich der Vorteil, dass auch heutige Kabinenstandards oder derzeitige Neuentwicklungen mit dem neuen System kompatibel sind.

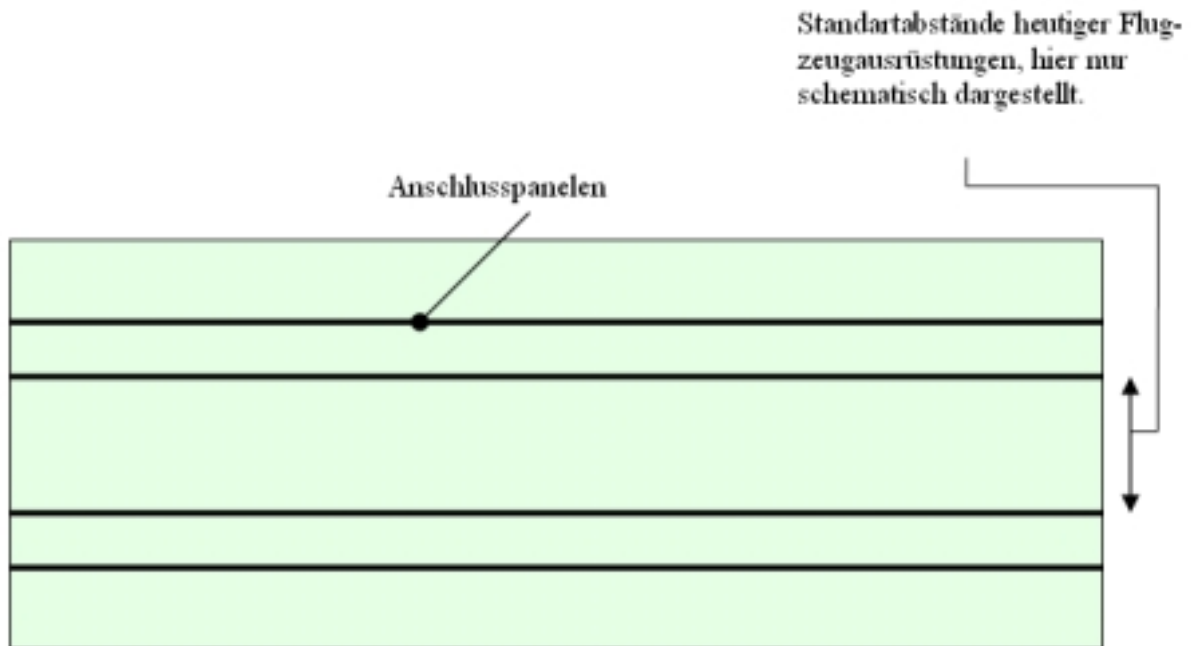


Bild 9.40 Bodenelement mit mech. und elek. Anschlusspanelen (AERTOS 2004)

Versorgungsleitungen

Die Versorgungsleitungen verbinden alle nötigen Verbraucher in der Kabine und sorgen für einen Transport elektrischer, pneumatischer und hydraulischen Energie, sowie die Versorgung mit Frisch- und Brauchwasser.

Diese Leitungen verlaufen parallel zu den Laufschienen und sind am unteren Bereich des Stabilitätsrahmens befestigt. In diesen Bereichen des Unterflures, der nicht für die Aufnahme von Fracht oder Passagieren genutzt werden kann, verlaufen alle notwendigen Versorgungssysteme.

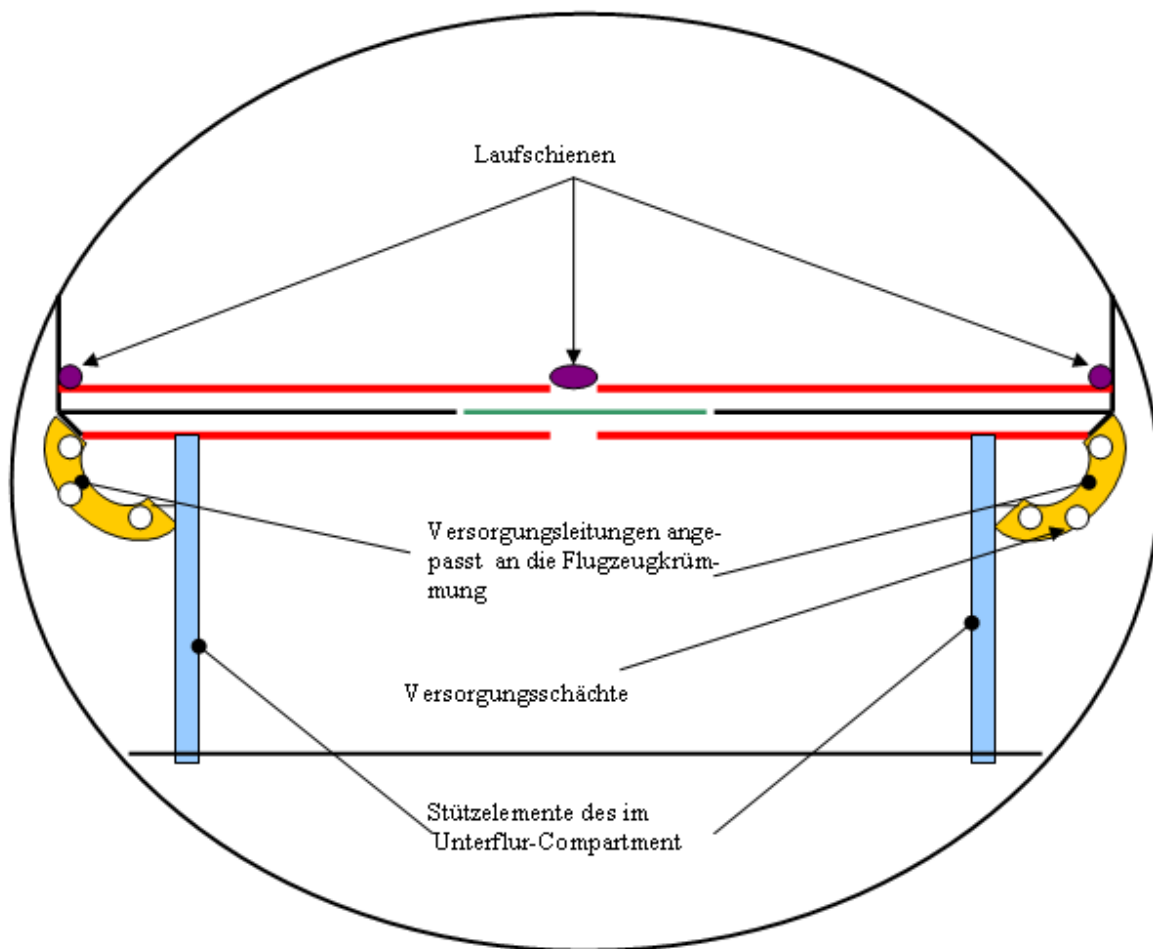


Bild 9.41 Querschnitt Stabilitätsrahmen mit Versorgungsleitungen (AERTOS 2004)

9.7.2 Bodenplatten

Das Flugzeug verfügt über einen Flugzeugboden, der dem eines Frachters gleicht. Beim Einsatz werden fertig ausgerüstete Bodenpaletten durch Frachttore in das Flugzeug verbracht, die über die nötigen Sitzschienen verfügen, welche zur Befestigung der Inneneinrichtung gebraucht werden.

Vorteile:

- Einfache Handhabung
- Einfache Verladungstechnik
- Geringer Lagerplatz für Ersatzteile
- Schnelle Umrüstung
- Flugzeug kann fast an jedem Flughafen umgerüstet werden.

Nachteile:

- Viele Verbindungselemente
- Doppelter Boden
- Erhöhtes Gewicht
- Alte Technik, wenig Innovation (siehe Boeing 727 Quick Change)

Aufgabenschwerpunkt:

- Flugzeug wird vorwiegend als Passagierflugzeug (tagsüber) und als Frachter (nachts) eingesetzt.

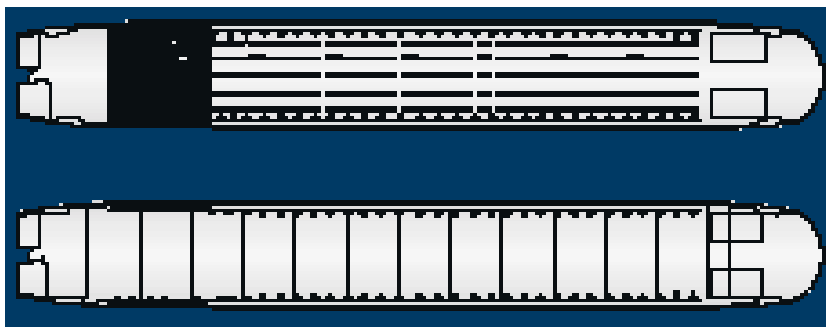


Bild 9.42 Konzept Boeing 737 Quick Change (**Boeing**)

Auf Grund der Tatsache, dass ein solches System in der Boeing Quick Change bereits existiert, kann an dieser Stelle auf weitere Beschreibungen verzichtet werden.

9.7.3 Seiten- und Decken Elemente

Heutige Flugzeuge, die Eigenschaften der Modulation besitzen, verfügen nicht über die Möglichkeit die Seiten- und Deckenverkleidung zu variieren. Das heißt, während des Einsatzes des Flugzeuges, betrachtet am Beispiel des Airbus 310 MRTT, werden immer alle Seiten und Deckenverkleidungen mitgeflogen. Bei der reinen Frachtversion des Flugzeuges werden allerdings alle Seiten und Deckenverkleidungen mit einer Schutzwand verdeckt. Die Hatracks werden auf komplizierte Art und Weise installiert.



Bild 9.43 Seitenverkleidung Airbus 310 MRTT Frachtabteil (**WTD 2003**)



Bild 9.44 Installation Hatracks (WTD 2003)

Nachteilig ist hier, dass stets unnötiges Mehrgewicht mitgeführt wird.

Auch bei dem Airbus A340-600 sind die Seiten- und Deckenelemente elementare Bestandteile der Kabine und daher nicht ohne weitere Schwierigkeiten aus dem Verbund der Seitenverkleidung zu lösen. Eine Herausforderung besteht darin, die momentan vorhandenen Seitenwandelemente (11 Teile) so zu konzipieren, dass sie als eine Einheit problemlos demontiert werden können. Außerdem muss berücksichtigt werden, dass das eingebundenen Beleuchtungssystem mit dem bordeigenen Stromnetz verbunden werden muss, um eine zentrale Steuerung der Lichteinflüsse durch das Kabinenpersonal zu ermöglichen. Dieses kann mittels eines Bussystems realisiert werden. So sind Leitungen zwischen den Passagiersitzen und der Lesebeleuchtung nicht zwingend direkt zu verlegen.



Bild 9.45 First Class Kabine des Airbus 340-600 (Airbus 2004a)

Seiten- und Deckenelemente können auf zwei Unterschiedliche Arten moduliert werden.

Schienensystem

Diese Möglichkeit greift auf fest konstruierte Seiten- und Deckenelemente zurück. In den Zeichnungen sind diese Teile *rot* und *grün* gekennzeichnet.

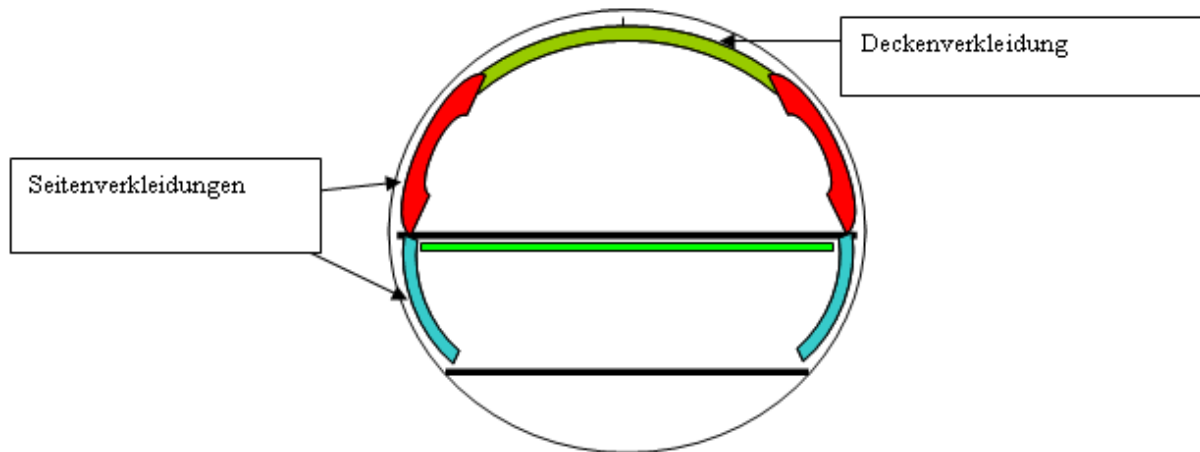


Bild 9.46 Schematische Darstellung der Kabinenverkleidung (AERTOS 2004)

Dabei werden diese Seiten Elemente auf einem Schienensystem, das an der Flugzeugstruktur befestigt ist mit dieser verbunden und wie auf einer Perlenkette durch das Flugzeug an die richtige Stelle positioniert. Ein wichtiger Vorteil dieses Systems ist es, dass defekte Seitenelemente ohne große Schwierigkeiten ausgetauscht werden können, ohne benachbarte Segmente zu entfernen.

Die Anzahl der Verkleidungselemente ist absichtlich niedrig gehalten worden, um einen gewissen Grad an Kompakt- und Übersichtlichkeit zu gewährleisten.

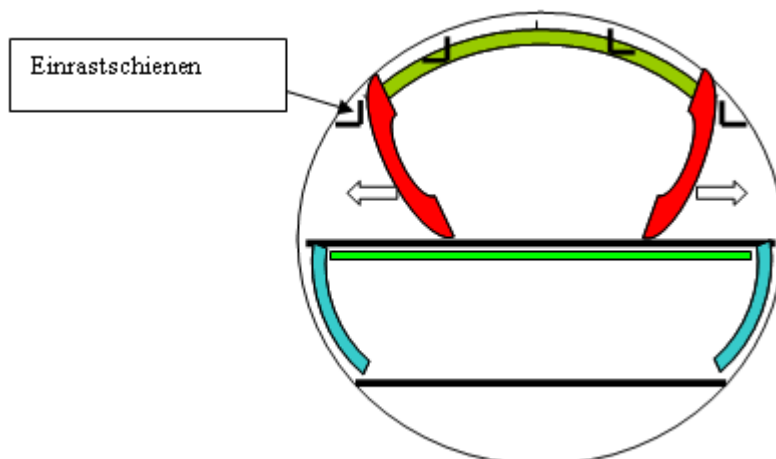


Bild 9.47 Schienensysteme mit eingehängter Seitenverkleidung (AERTOS 2004)

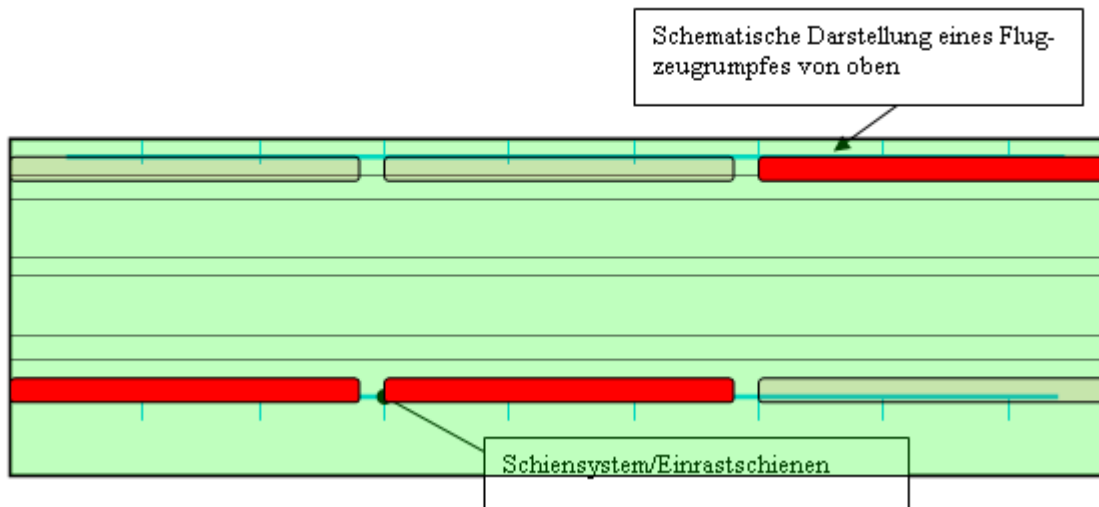


Bild 9.48 Darstellung des Flugzeugbodens, Draufsicht (AERTOS 2004)

Dabei sollen die Seiten und Deckenelemente miteinander abschließen. Eine kleine mechanische Sicherung könnte zusätzlichen Schutz bieten, wobei der Hauptgedanke, so wenige Verbindungen wie möglich einzusetzen, um Spannungen innerhalb der Kabinausrüstung zu verhindern, berücksichtigt werden sollte. Die nötige Isolierung für Flüge in großer Höhe ist dabei in der Verkleidung untergebracht, kann aber auch außen an den Verkleidungsstücken befestigt werden.

Planenverkleidung

Die zweite Möglichkeit ist hauptsächlich für Frachttransporte konzipiert, sowie wie für einfache Passagierdienste. Das Prinzip entspricht dem eines Überzuges über die Kabineninnenwand. Eine flexible Haut, die in einer fest integrierten Stauraum untergebracht ist, wird bei Bedarf über die Seitenverkleidungen gezogen und mittels einfachen Verbindungselementen (Klett, Druckknöpfen, Harken) an der Innenwand befestigt.

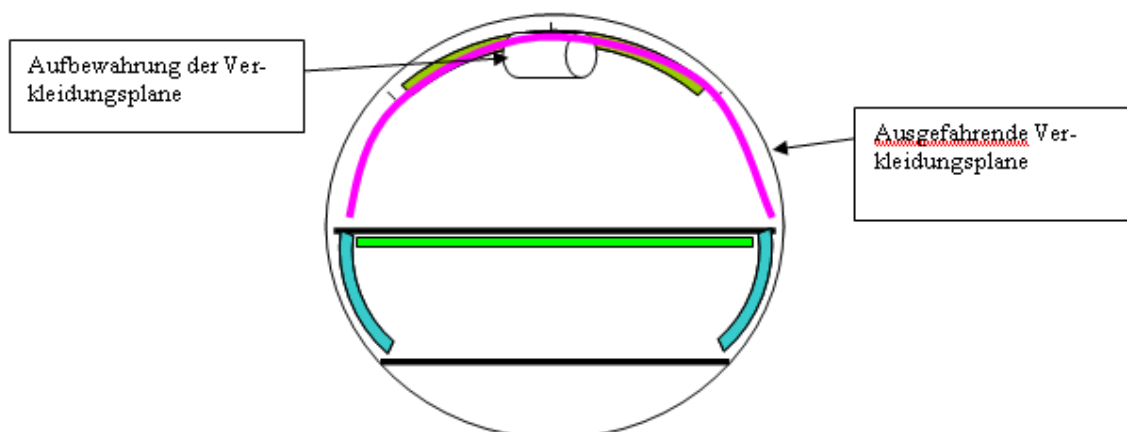


Bild 9.49 Planen-Verkleidung Verkleidungsfolie (AERTOS 2004)

Dabei ist zu bemerken, dass diese Variante nur für Flüge in niedriger Höhe, z.B. für Militäreinsätze anwendbar ist, da auf komplexe Isolierung verzichtet werden muss.

Hüllen-Verkleidung

Eine dritte Möglichkeit ist die so genannte Hüllenvariante. Sie ist eng verwandt mit heutigen Seiten- und Deckenverkleidungen. Dabei wird auf dem Bodenelement eine Hülle installiert, die aus beweglichen Lamellen besteht und die Seiten- und Deckenelemente vollständig umschließt. Diese Hülle kann bei Bedarf entfernt werden..

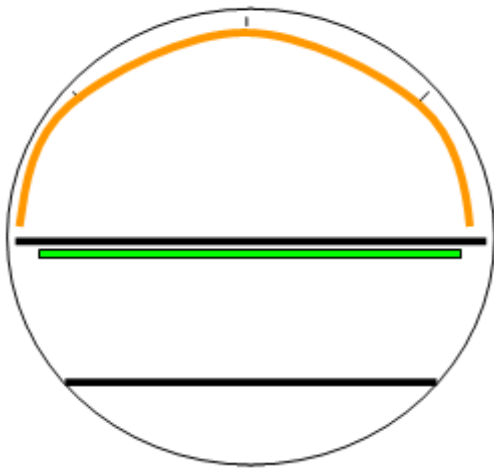


Bild 9.50 Schematische Darstellung der Hüllen-Verkleidung (AERTOS 2004)

10 Zusammenfassung

Die Erforschung neuer Projekte und deren technischen Durchführung dauern mehrerer Jahre bis Jahrzehnte. So werden 20 Jahre benötigt um den Airbus A380 von der Idee bis hin zum fliegenden Flugzeug. Aus diesem Grunde beruht der Hauptteil des Berichtes auf einer Machbarkeitsstufe. Es werden Lösungsansätze aufgezeigt, die ein solches Projekt ermöglichen sollen. Dabei wurde eine Gliederung aufgebaut, die eine logische Abfolge verschiedener Untersuchungen dieses Projektes darstellt.

Es wurde klar, dass der größte Erfolg einer modularisierbaren Flugzeugkabine im militärischen Bereich erwartet werden kann, bzw. im Frachttransport, da dort die Wirtschaftlichkeit sekundäre Priorität besitzt. Im reinen zivilen Personentransport dagegen wird es noch einige Jahrzehnte dauern, bis dieses oder ähnliche Projekte Einzug finden werden. Heute scheint es noch als günstiger, eine Frachtflugzeug und ein Passagierflugzeug getrennt zu erwerben und zu unterhalten. Außerdem steht der heutige Trend, Frachtflugzeug aus gebrauchten, ältere Flugzeuge zu rekrutieren, einem solchen Projekt entgegen. Neben dem Aufgabenbereich eines solchen Flugzeuges wurde eine Übersicht von Modularisierungsmöglichkeiten von Flugzeugkabinen untersucht. Dabei wurden verschiedene Modulationsmöglichkeiten aufgezeigt. Von den fünf verschiedenen Arten die beschrieben wurden, hat sich die Areamodulation als die Beste herausgestellt. Der Grund für diese Wahl, entspricht der Bauphilosophie mit wenigen Verbindungselementen. Wenige Verbindungselemente bedeuten weniger Fehlerquellen und geringer Arbeitsaufwand. Eine Modulation geringere Ebene, wie die Segmentmodulation, wird als zu kompliziert, zeitaufwendig und unwirtschaftlich angesehen.

Die Maindeckmodulation ist ebenfalls ein Erfolg versprechendes Prinzip, das auch in der weiteren Untersuchung des Projektes weiter verfolgt wird, da dies einen extremen Innovationschub geben könnte. Das Problem dabei ist nur, dass der Aufgabentyp eines Flugzeuges mit Maindeckmodulation genau definiert werden muss, da das erhöhte Gewicht, den Einsatzbereich und damit auch den Kundenkreis einschränken kann.

Ein weiterer Bereich unserer Betrachtung konzentriert sich auf das Flugzeuginnere. Um eine Kabine und deren Systeme modular zu gestalten muss man sich im Klaren sein, welchen Entwicklungsweg man gehen möchte. Denn es reicht nicht aus die Struktur der Modulation anzupassen, es müssen auch die Flugzeugsysteme angepasst werden. Unsere Intension geht dabei zur Neuentwicklung, da dies bessere und leichtere Modulationsentwicklungen zulässt, als die Re-Explosionstechnik. Es werden keine Systeme umgebaut und umkonzeptionieren, sondern es werden neue Modulsysteme entwickelt.

Die Konzeption der Flugzeugsysteme in heutigen Flugzeugen ist optimiert, so dass eine nachträgliche Konzeptionisierung sehr schwer ist und einer Neuentwicklung gleicht.

Flugzeugsysteme, die ein derartiges Problem darstellen sind die Klimaanlage, die Flugsteuerungssystem und das Wasser- und Abwassersystem, die durch ein sicheres Leitungssystem mit dem Flugzeug verbunden werden müssen. Dagegen kann man bei anderen Flugzeugsystemen leichte Lösung erkennen. Das Fensterproblem wird insoweit gelöst, als dass man auf Fenster gänzlich verzichtet. Dafür bekommt der Passagiere durch so genannte virtuelle Fenster einen Blick auf seine Umwelt.

Als letztes werden erste Konstruktionsmöglichkeiten dargestellt, die auf die oben genannten Erkenntnisse basieren. Weitere Untersuchungen und eine genauere Fortführung der hier dargestellten Erkenntnisse werden in der nächsten Projekt 1 – Arbeit weitergeführt. Wenn man die einzelnen Ergebnisse des Berichtes zusammenführt und analysiert, erkennt man, dass die Wahl des Beispielflugzeuges (Airbus 340-600), teilweise als unglücklich zu bezeichnen ist. Das resultiert aus der Zusammenfassung der äußeren Konstruktionsmerkmale, die konträr den Optimalbedingungen entgegenstehen.

Der Schwerpunkt unserer Arbeit liegt auf der Kabine des Flugzeuges. Da der Transport von Passagieren in Modulflugzeugen nicht ausgeschlossen werden darf, werden die ersten konstruktiven Berechnungen und Zeichnungen sich auf die Dimensionen des Airbus 340-600 beziehen und der endgültige Vergleich der ersten vollständigen Entwurfsvorschläge. Daher werden Änderungen der Konstruktionspläne des Airbus 340-600 nicht ausgeschlossen, um Flugzeuge dieses Typs modular zu gestalten.

11 Schlussbemerkung

An dieser Stelle möchten wir noch unsere Danksagung an die Hochschulgruppe AERTOS richten, deren Arbeit bezüglich dieser Thematik in diesen Bericht eingegangen ist. Weitere Danksagung geht an die Firma Airbus Deutschland, speziell an Herrn Oliver Döbertin und Frau Dr. Anna Bauch, aus dem Bereich der Kabinenentwicklung.

Da der Bericht mehr einer Machbarkeitsstudie als einer Konstruktionsbeschreibung gleicht, wird in weiteren Arbeiten das Projekt mit Konstruktionszeichnungen und Berechnungen untersucht und vertieft.

Literaturverzeichnis

- AERTOS 2004** AERTOS: *Dritte Präsentation*. Hamburg 2004 . -URL: <http://www.aertos.de/Daten/Praesentationen/3.Praesentation.pdf> (2004-07-22)
- Airbus 2003** AIRBUS: *Airplane Characteristics For Airport Planning*. Blagnac : Airbus S.A.S., Customer Service Technical Data Support and Services, 2003
- Airbus 2004** AIRBUS: *Cabin Attendant Operating Manual*. Blagnac : Airbus S.A.S., Customer Service Technical Data Support and Services, 2004
- Airbus 2004a** Airbus.com Downloadcenter. - URL: <http://www.airbus.com/dynamic/media/photo.asp> (2004-08-27)
- Bundeswehr 2003** HOFFMANN, Andre.: *Flugbereitschaft BMVg*, 2000. - URL: <http://www.bundeswehr/info/a310mrtt.pdf> (2003-07-14),
- Flugzeugbilder 03** URL: <http://www.flugzeugbilder.de> (2004-02-10)
- www.Flugzeugbilder.de 2004** PATRICK, B.: *Boeing 747, Ilyushin, Boeing 757, Airbus 330, Airbus 340*
 URL1: <http://www.flugzeugbilder.de/search4.cgi?stype=actype&tr=316&srng=1&toprange=&srch=Ilyushin+Boeing-747&offset=125&range=02#> (2003-08-15),
 URL2: <http://www.flugzeugbilder.de/search4.cgi?stype=actype&tr=316&srng=1&toprange=&srch=Ilyushin+IL-96&offset=125&range=23#> (2003-06-14)
 URL3: <http://www.flugzeugbilder.de/search4.cgi?stype=actype&tr=316&srng=1&toprange=&srch=Ilyushin+Boeing757&offset=125&range=18#> (2003-12-12)
 URL4: <http://www.flugzeugbilder.de/search4.cgi?stype=actype&tr=316&srng=1&toprange=&srch=Ilyushin+Airbus330/340&offset=125&range=06#> (2003-05-12)
- Hoeverle 2003** HOEVERLER, Patrick: Duett der Giganten. In: *Flug Revue*, (2003), Nr. 12, S. 45 -49
- Lufhansa 2004** URL: <http://konzern.lufthansa.com/en.html/ueberuns/flotte/index.html> (2004-04-12)

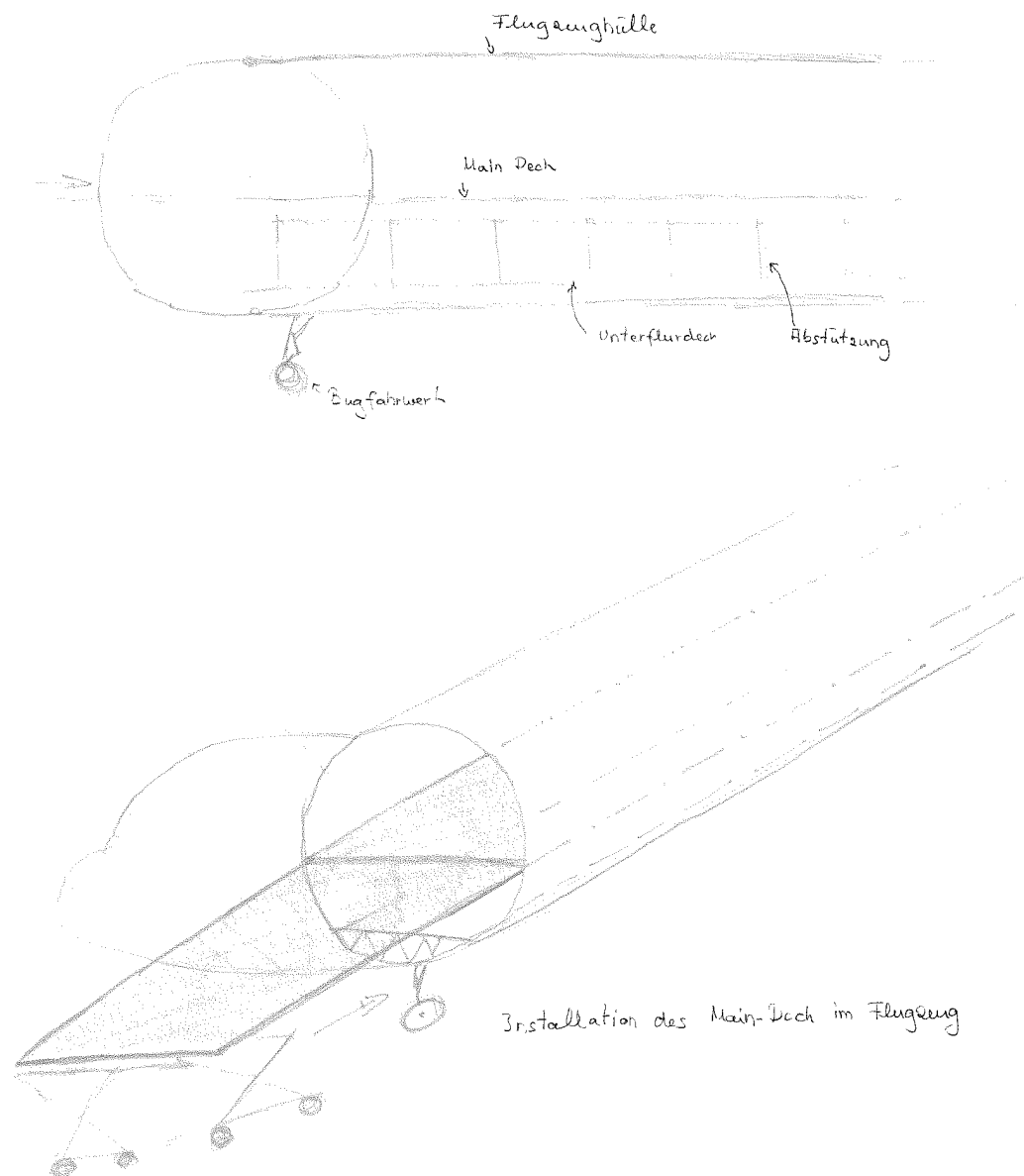
- Morring 2004** MORRING Jr., Frank.; *Major Airlines Profiles*. Aviation Week Source Book, 2004
- Müller 2002** MÜLLER, Claudio: *Flugzeuge der Welt*. Motorbuchverlag, 2002
- NASA 2004** BEFOURT, John: *Space Shuttle* , 2004.- URL: <http://www.dfrc.nasa.Gov/gallery/photo/spaceShuttle.html> (2004-07-25)
- Peacock 2000** PAECKOCK, Lindsay: *Luftstreitkräfte der Welt*. Bechtermünzerverlag, 2000
- Pemco 2004** PEMCO : *737 Quick Change and Full Freighter Conversion System*. Dothan, 2004.- URL: http://www.pemcoaviationgroup.com/737_brochure-FINAL.pdf (2004-04-20)
- Sprenger 2003** SPRENGER, Wilfried; mündliche Aussagen, Airbus Hamburg, 2003
- Thomalla 2004** THOMALLA, K.: *Flug Revue : Unter Druck*. Flug Revue, 2004
- Wehrmacht 2003** *Lexikon der Wehrmacht*, 2003.- URL: <http://www.lexikonder Wehrmacht.de/Waffen/Bilderseiten/Unterbilder> (2003-10-13)

Anhang A

Konstruktionsskizzen

A1 Main Deck Konfiguration I

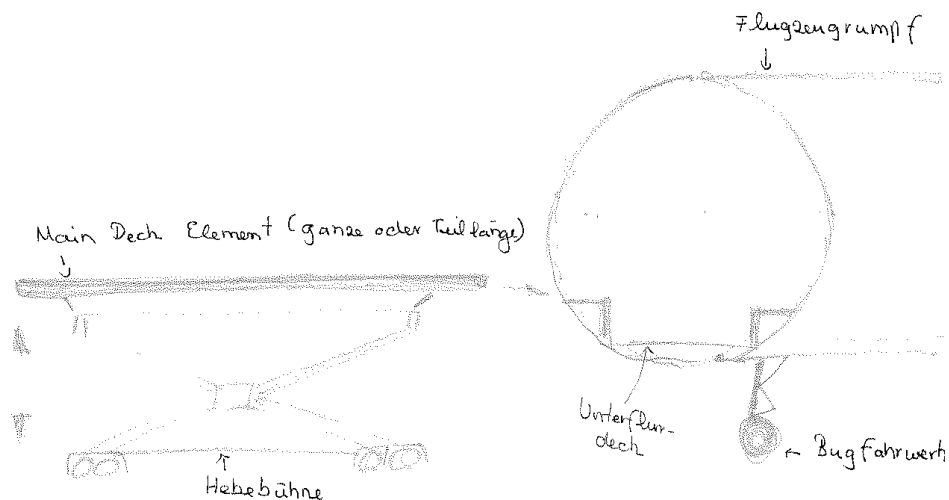
Main-Deck Konfiguration I



D. Köber ©AFETOS

A2 Main Deck Konfiguration II

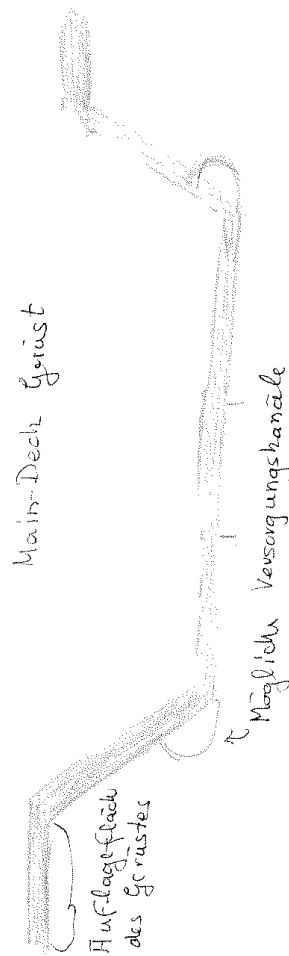
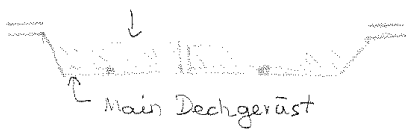
Main-Deck Modulation II



Backenelement in 2 Teilen

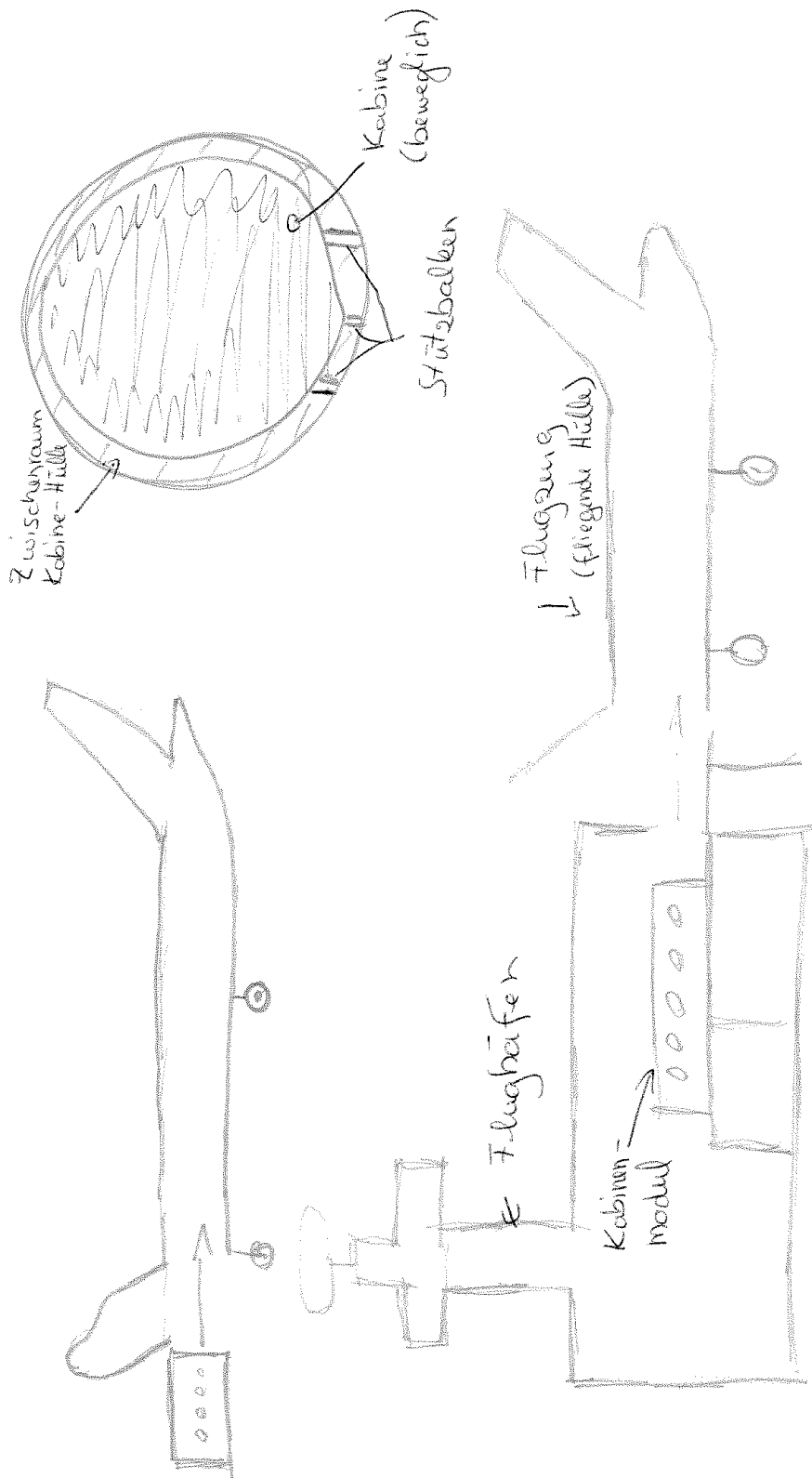


Fussbodenelemente



A3 Hülle in Hülle

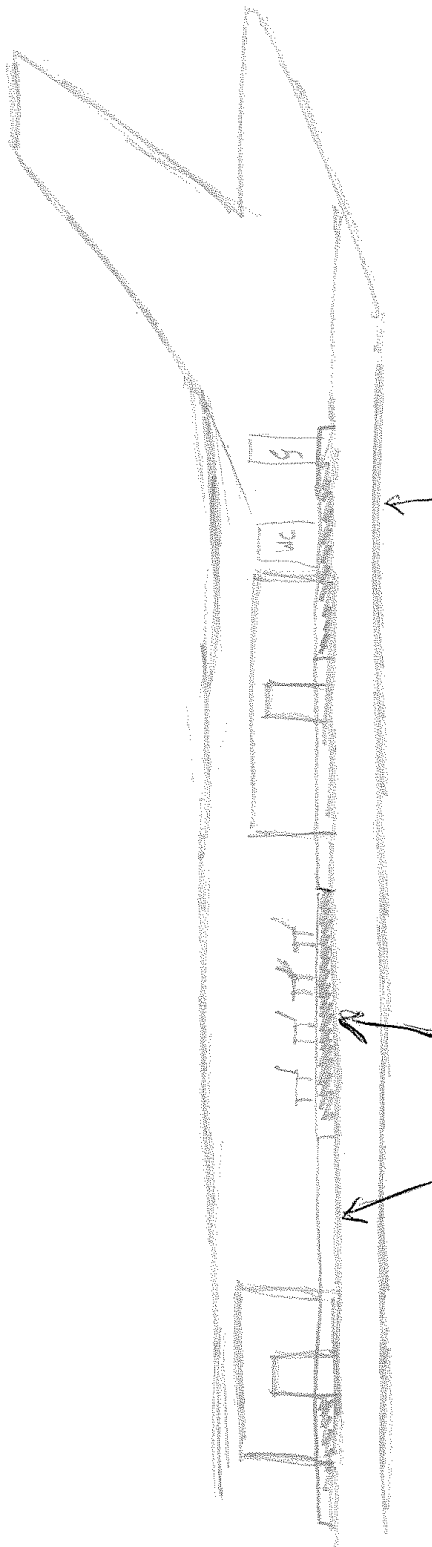
Hülle in Hülle



Danny Körber © HERTOS 10.01.2003

A4 Area Modulation

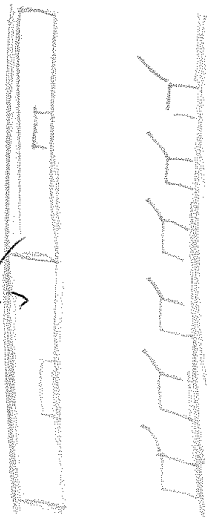
Fera - Modulation



Ganze Küchen / WC auf Paletten oder einbauen.

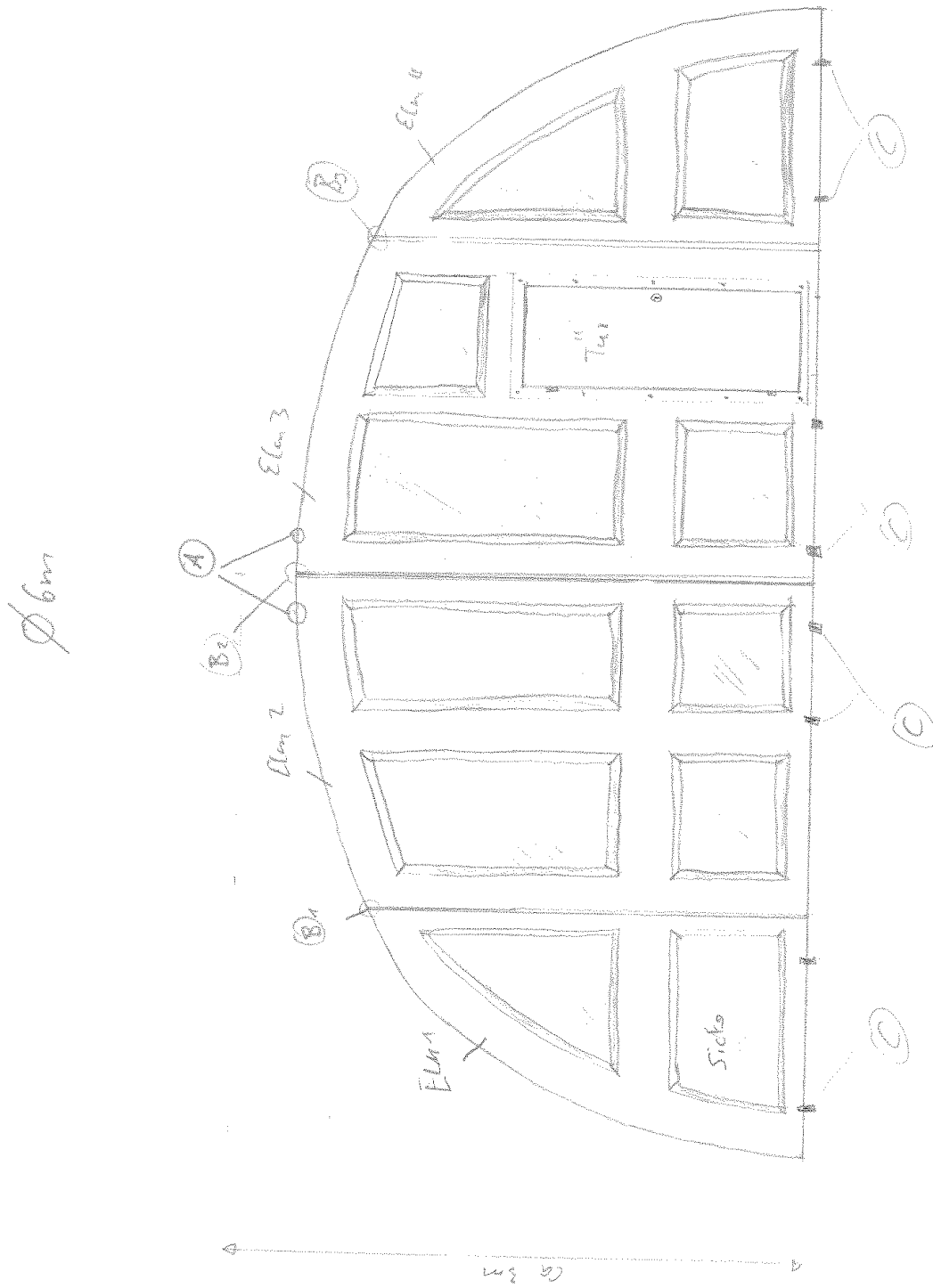
z.B. Palettensystem vorgefertigte Sitzreihen

Einhängen von ganze Holzschreibern (nicht einbauen)

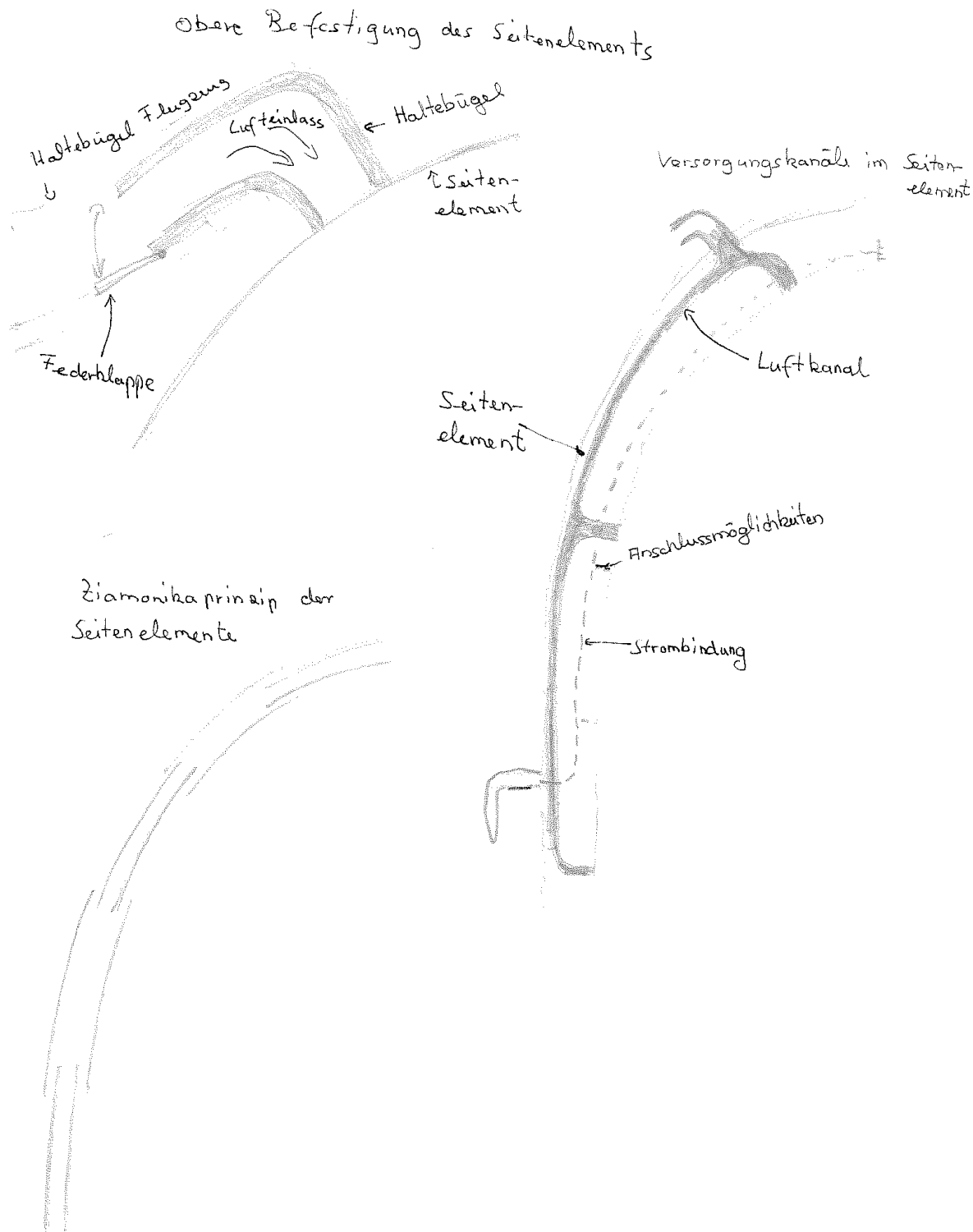


Dannu Koeber © FERTOS 10.8.04

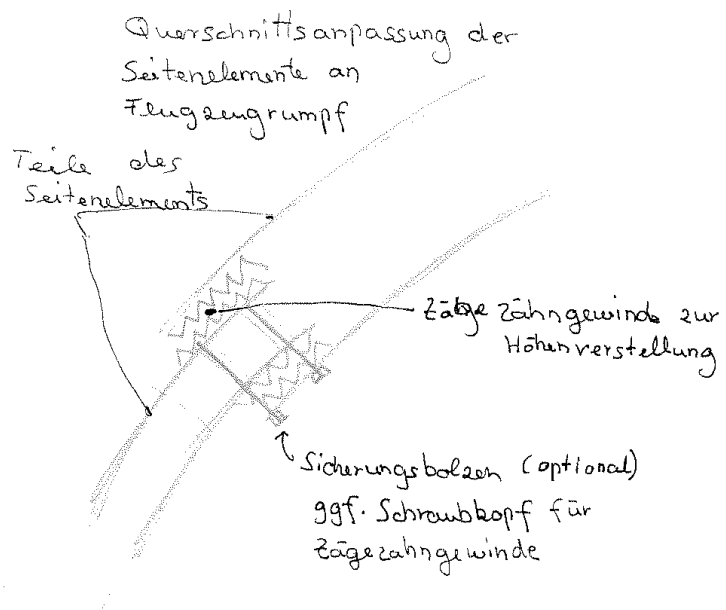
A5 Kombiwand



A6 Obere Befestigung des Seitenelements

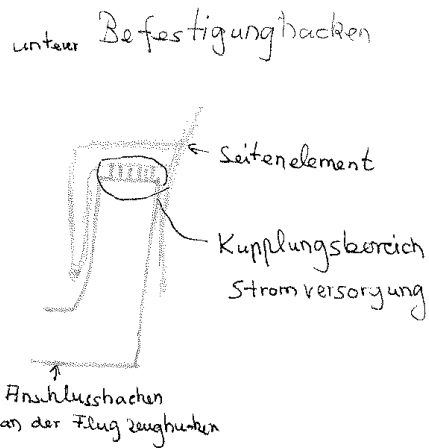
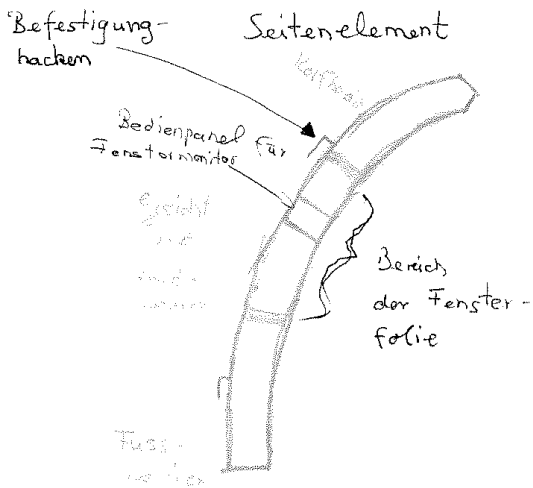
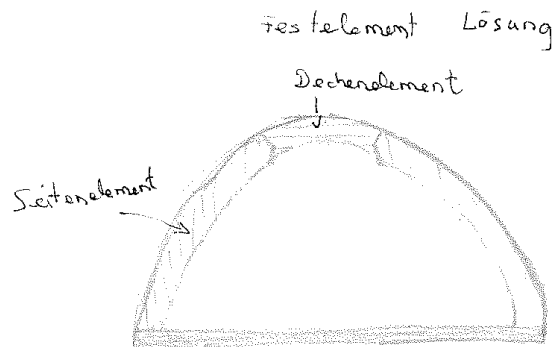
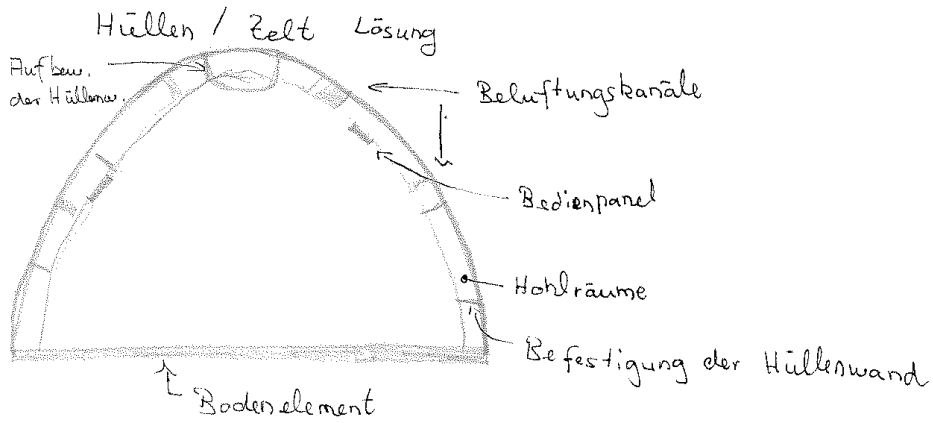


A7 Querschnittsanpassung der Seitenelemente



A8 Seiten und Deckenelemente

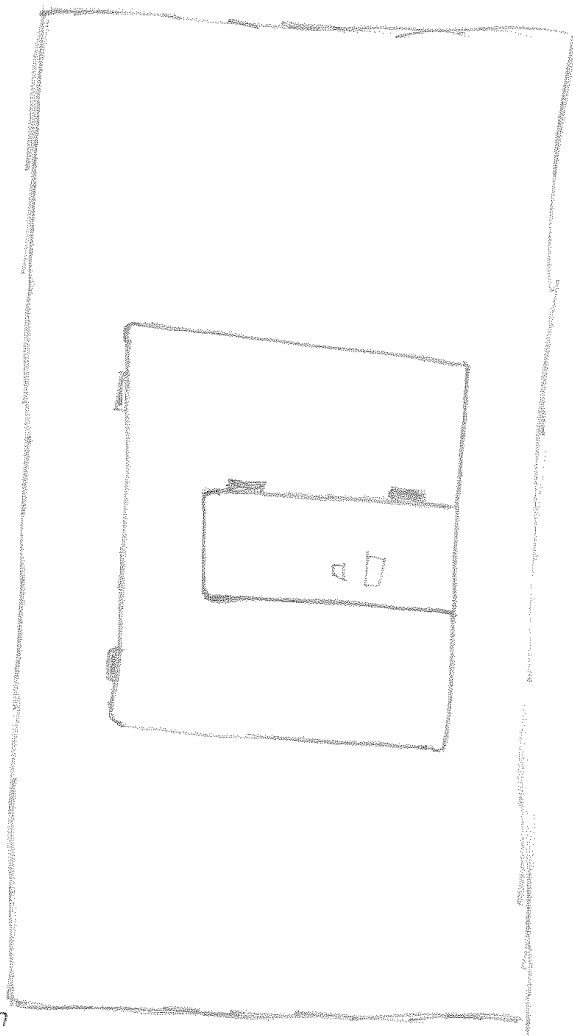
Seiten- und Deckenelemente



A9 Tür in Tür

Die Tür in der Tür

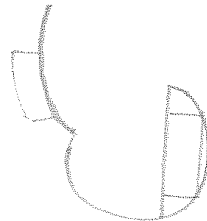
Rumpfausschnitt



Frachter mit integrierter Passagiertür

! Stabilitätsprobleme im Türsystem

↳ weniger Stabilitäts einbussen im Fluggesamtrumpf

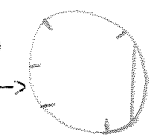


Drumherum... K-1... Tür... in... no... zu

A10 Schienensystem

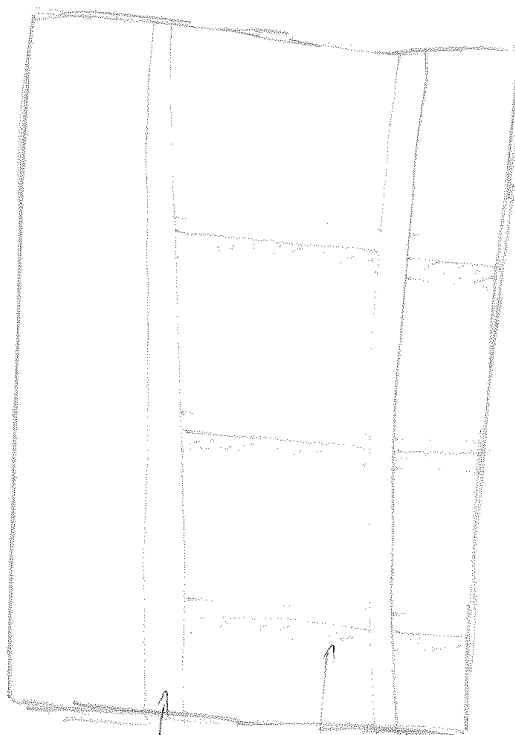
Schienensystem

Flugzeugquerschnitt



mit Positionen von
Schiensysteme

Ausschnitt Flughöhle



Schiensystem
an der
Flusswand

Versorgungs-
kanäle für
Strom / Luft



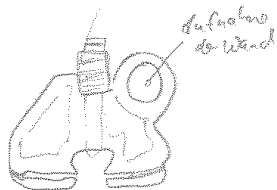
Damm Kälte FERTIG 10.01.20

A12 Bodenverankerung

© Bodenverankerung
 Befestigung am Boden mit "Seat Fittings" oder
 "Panel & Stanchion Fittings" in die Sitzschienen.

Seat Fittings

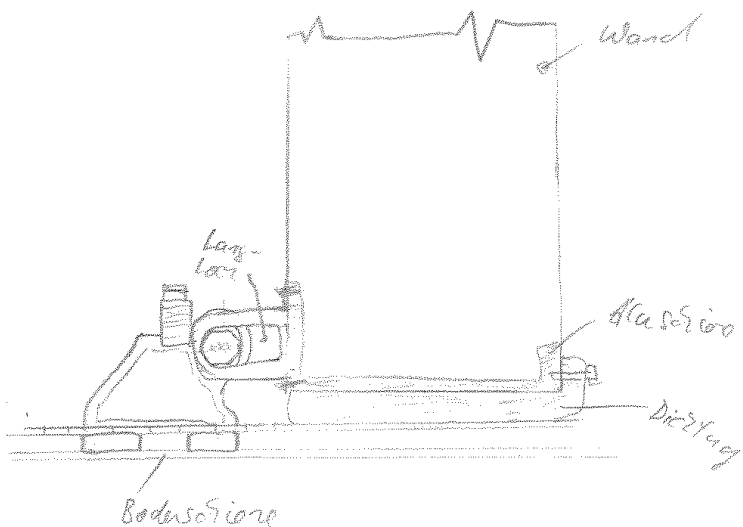
Festsitzschienen



Panel Fittings



Sitzschienen

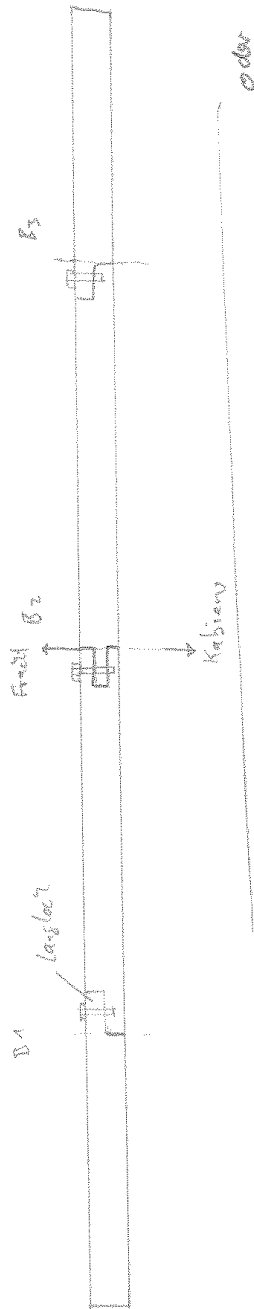


A13 Verbindung der Elemente 1-4

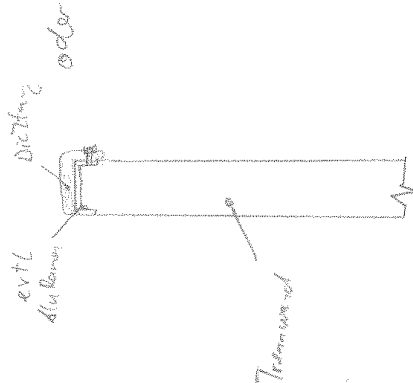
Verbindung der Elemente 1-4

* Aufgeklebtes Dämmmaterial
auf Verbindungsfuge
ggü. Vibrationsgeräusch

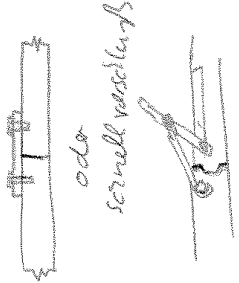
Draufsicht



Obersicht



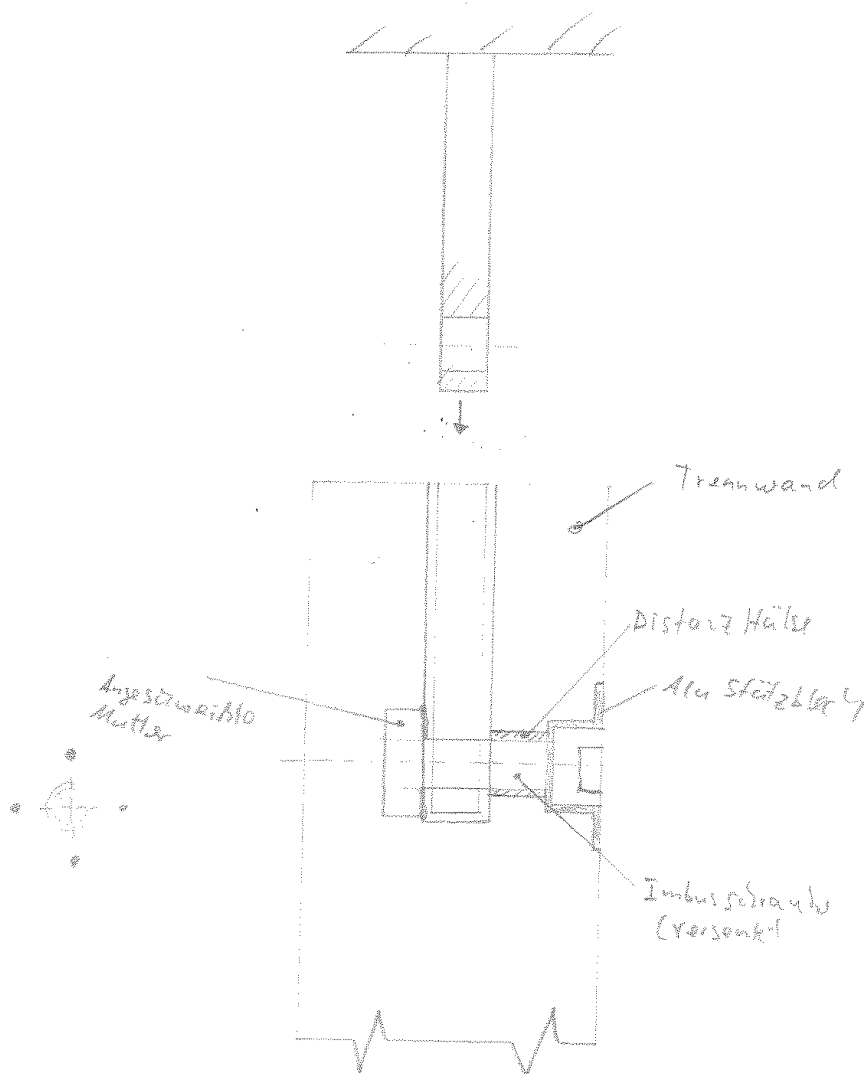
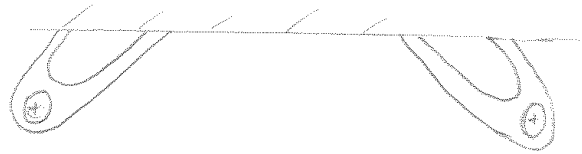
oder B2



Dichtung

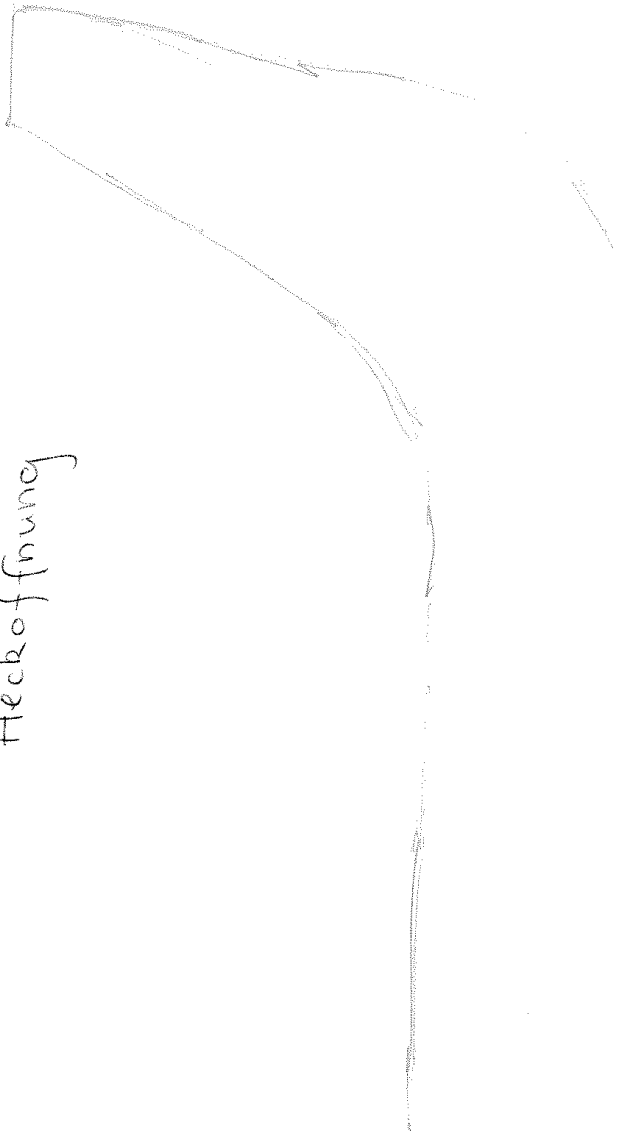
A14 Deckenverbindung

(A) Deckenverbindung

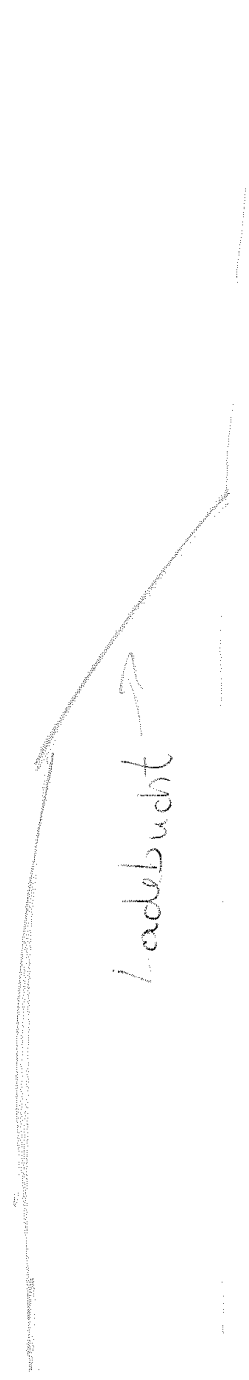


A15 Hecköffnung

Hecköffnung



Ladebucht →



Dennis Krich. Konzept FERTAS in 9.04