



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*

## *Diplomarbeit*

Konzeptionelle Untersuchung einer  
Flying Wing Zweideckkonfiguration

in Zusammenarbeit mit:

Airbus Deutschland GmbH, Hamburg

Verfasser: Stefan Lee  
Abgabedatum: 18. Februar 2003



Hochschule für Angewandte Wissenschaften  
Fachbereich Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau  
Berliner Tor 5  
20099 Hamburg

in Zusammenarbeit mit:

Airbus Deutschland GmbH  
Abteilung Fuselage and Payload (ETXCU)  
Kreetslag 10  
21129 Hamburg

Verfasser: Stefan Lee  
Abgabedatum: 18. Februar 2003

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME  
2. Prüfer: Prof. Werner Granzeier

Industrieller Betreuer: Dipl.-Ing. Harry Kwik

## Kurzreferat

Untersuchungsgegenstand ist eine der Nurflügelkonfigurationen von Airbus. Die Passagierkabine, die Nutzlast, der Kraftstoff, sowie alle weiteren Systeme sind in einem flügelprofil-ähnlichen Rumpf untergebracht, welcher mit zum Auftrieb beiträgt. Der Nurflügler (flying wing) ist für eine Reichweite von 7650 NM und für eine Kapazität von 750 Passagieren, in einer Drei-Klassen-Bestuhlung (22/136/592), vorgesehen.

Bislang beschäftigte sich Airbus nur mit Auslegungen in einer Eindeckvariante. Durch die Unterbringung der Eindeck-Passagierkabine in das Flügelprofil ist feststellbar, dass sich sehr viel ungenutzter Freiraum oberhalb der Kabine befindet. Es wird daher die Möglichkeit, ein zusätzliches Passagierdeck auf dem Oberdeck zu installieren, untersucht. Bevor dieses erfolgen kann, muss in einem ersten Schritt das Startkabinenlayout, welches zur Bestimmung der ersten Kabinengrundfläche in einem früheren Entwicklungsstadium erstellt wurde, optimiert werden. Hauptgesichtspunkte, unter denen eine neues Kabinenlayout stattfindet, sind: *Verkürzung der Kabine, Passagierkomfort, akzeptable Turn-Round-Zeiten und Notevakuierung*. In iterativen Schritten werden so insgesamt zwei neue, um 2 Meter verkürzte, Kabinenlayouts erstellt, welche alle Anforderungen erfüllen. Die anschließende Auslegung der Zweideckkonfiguration erfolgt ebenfalls unter denselben Hauptgesichtspunkten wie bei der Optimierung der Eindeckkonfiguration. Besondere Herausforderung an der Zweideckauslegung ist die Realisierung eines Notevakuierungskonzeptes beider Passagierdecks. Beim Entwurf eines Nurflügelflugzeugs ist besonders auf einen optimalen Abgleich zwischen der Kabinengeometrie und der Flugzeuggesamtgeometrie (Aerodynamik) zu achten. Im Vordergrund steht die Steigerung der Wirtschaftlichkeit und die Flexibilität des Flugzeuges.

Da es sich beim Nurflügler um ein Flugzeug der Zukunft handelt, müssen ebenfalls neue Ansätze und Trends hinsichtlich der zukünftigen Kabinengestaltung verfolgt werden. Unter dem Leitsatz „der Luxus von heute ist der Standard von morgen“ werden erste Ausblicke und Visionen in die Zukunft bezüglich der Nurflügelkabine gewagt. Im Vordergrund stehen vor allem die Optimierungsmöglichkeiten des Passagierkomforts, der operationellen Abläufe und der Notevakuierung.



# Konzeptionelle Untersuchung einer Flying Wing Zweideckkonfiguration

Aufgabenstellung zur *Diplomarbeit* nach §21 der Prüfungsordnung

## Hintergrund

Bei Nurflügelflugzeugen (flying wing) sind die Passagierkabine, die Nutzlast, der Kraftstoff sowie alle anderen Systeme nicht in einem konventionellen Rumpf, sondern in einer nutzlastumhüllenden Flügelprofilstruktur untergebracht. Beim Entwurf eines Nurflügelflugzeugs treten besonders starke Abhängigkeiten auf zwischen der inneren Geometrie (Kabinenlayout) und der äußeren Geometrie (Aerodynamik). Bei der Unterbringung der Passagierkabine in einem Flügelprofil eines Megaliners in Nurflügelbauart ist feststellbar, dass sich oberhalb der Kabine ungenutztes Volumen befindet. Durch die Verlagerung einiger Kabinenkomponenten aus dem Hauptdeck in das Oberdeck lässt sich dieses Volumen nutzen. Dies führt zu einer Verkürzung der Kabine und ermöglicht die Wahl einer geringeren Profiltiefe, damit aber auch einer geringeren Profildicke, was das nutzbare Volumen oberhalb des Hauptdeckes wieder verringert. Ein Nurflügellayout als Zweideckkonfiguration ermöglicht ein geringeres Verhältnis der umspülten Fläche zur Flügelfläche, was sich positiv auf die Gleitzahl auswirkt. Zusammen mit einer Optimierung der Schwerpunktlage kann die Wirtschaftlichkeit und die Flexibilität des Flugzeuges gesteigert werden.

## Aufgabe

Bei Airbus laufen derzeit mehrere Studien über Nurflügelflugzeuge. In diesem Rahmen sollen weitergehende Möglichkeiten, das Flugzeug für die Zukunft attraktiver zu gestalten, näher untersucht werden. Zur Ermittlung der Kabinengröße wurde ein erstes Sitzlayout erstellt. Dieses Referenzlayout hat jedoch noch erheblichen Optimierungsbedarf. So wurden z. B. alle Kabinenkomponenten auf einer Ebene untergebracht. Im Rahmen dieser Diplomarbeit soll die Passagierkabine eines Nurflüglers in Zweideckkonfiguration erstellt und anschließend analysiert und mit dem Eindecklayout verglichen werden. Bevor dieses sinnvoll erfolgen kann, muss zunächst das bereits existierende *Referenzlayout* optimiert werden (1). In mehreren iterativen Schritten soll dann ein Optimum eines Kabinenkonzeptes einer *Zweideckkonfiguration*, unter Berücksichtigung der festgelegten Anforderungen, aktuellen Richtlinien, Vorschriften und

Standards erstellt werden (2). Ferner soll ein Blick in die Zukunft gewagt werden (3). Folgende Einzelpunkte sollen bei der Bearbeitung beachtet werden:

### **1.) Referenzlayout**

- a) Optimieren des Referenzlayouts (iterativer Prozess) unter Beachtung von:
  - Passagierkomfort (Ergonomie, Psychologie),
  - Turn Round Time (Boarding/ Deplaning, Catering, Ground Handling),
  - Notevakuierung,
  - Reduzierung der Kabinenlänge,
  - Kabinenservice (Zeit, Wege).
- b) Anfertigen von Zeichnungen.
- c) Auswahl der zu verlagernden Kabinenkomponenten ins Oberdeck.
- d) Anfertigen eines Notevakuierungskonzeptes und erstellen einer Evakuierungsanalyse.

### **2.) Zweideckkonfiguration**

- a) Optimierung des Zweidecklayouts (iterativer Prozess) (siehe 1.a)
- b) Anfertigen von Zeichnungen.
- c) Untersuchung der Auswirkungen auf das Hauptdeck (Treppe, Trolleylift, Küchen,...).
- d) Untersuchung des verbleibenden Volumens auf dem Oberdeck (Mindeststehhöhe).
- e) Anfertigen eines Notevakuierungskonzeptes und erstellen einer Evakuierungsanalyse
- f) Erstellen eines Konzeptes zur Evakuierung von Passagieren von der Profiloberseite.
- g) Erstellen eines Notevakuierungskonzeptes für eine Notwasserung (ditching).

### **3.) Ausblick in die Zukunft**

- Wohin geht der Trend? Zukunftserwartungen.
- Nutzung der Sonderbereiche / Freiräume für Passagiere (First Class Betten, Cocoonsitze, Einzelcompartments, Bar, Konferenzräume, Kinderspielecke, ...).
- Ground Handling, Catering, Boarding, Evakuierung.
- Einbauten / Sonderbereiche (z.B. Gefangenentransport, Medical Room).

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

Die Diplomarbeit wird bei Airbus Deutschland durchgeführt. Industrieller Betreuer ist Dipl.-Ing. Harry Kwik (Abt. ETXCU).

## Erklärung

Ich versichere, dass ich diese Diplomarbeit ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

.....

Datum

Unterschrift

## **Danksagung**

Ich möchte mich bei meinem industriellen Betreuer Herrn Kwik für die sehr gute Betreuung im Betrieb, sowie bei meinen Professoren, Herrn Prof. Dr.-Ing. D. Scholz und Herrn Prof. W. Granzeier, für die Betreuung seitens der Hochschule bedanken.

Darüber hinaus möchte ich Frau Kutzner, Herrn Becker, Herrn Meyer und Herrn Ciernioch von der Firma Airbus Deutschland GmbH für ihre Unterstützung und zahlreichen Tipps danken.

Mein besonderer Dank geht an meine Eltern, die mir das Studium ermöglicht haben.

# Inhalt

	Seite
Kurzreferat .....	3
Aufgabenstellung.....	4
Liste der Abkürzungen und Fachbegriffe.....	12
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>14</b>
1.1 Motivation .....	14
1.2 Begriffsdefinitionen.....	15
1.3 Ziel der Arbeit .....	15
1.4 Literaturübersicht.....	16
1.5 Aufbau der Arbeit.....	17
<b>2 Beschreibung des Nurflügel-Passagierflugzeugs .....</b>	<b>19</b>
2.1 Geschichte des Nurflüglers.....	19
2.2 Eigenschaften des Nurflüglers.....	22
2.2.1 Vorteile des Nurflüglers .....	22
2.2.2 Nachteile und Herausforderungen des Nurflüglers .....	24
<b>3 Darstellung des Flying Wing-Airbus .....</b>	<b>27</b>
3.1 Detaildarstellung der Startkonfiguration .....	28
3.2 Türlagen.....	31
3.3 Kabinengrundriss.....	33
<b>4 Optimierung der Eindeckkabinenkonfiguration.....</b>	<b>34</b>
4.1 Vorgehensweise.....	34
4.2 Anforderungen an die Kabine des Flying Wing.....	36
4.2.1 Anforderungsliste .....	36
4.2.2 Richtlinien JAA, FAA .....	37
4.2.3 Passagierkapazität.....	37
4.2.4 Klassenverteilung .....	37
4.2.5 Kabine-Primärstruktur .....	38
4.2.6 Türgrößen und -positionen .....	38
4.2.7 Längsgänge .....	39
4.2.8 Quergänge.....	40
4.2.9 Positionierung der Quergänge .....	40
4.2.10 Gangbreiten zwischen hohen Einbauten.....	41
4.2.11 Anordnung von hohen Einbauten (Monuments) .....	41
4.2.12 Maßvorgaben .....	41
4.2.13 Sitzkonfigurationen .....	42
4.2.14 Sitzschienen .....	43



4.2.15	Kabinenkomponentenverteilung (Ratios).....	43
4.2.16	Service .....	44
4.2.17	Flugbegleiterbereiche/ -sitze (Assist Space/ CAS).....	44
4.2.18	Flight/ Cabin Crew Rest Compartments (FCRC/ CCRC) .....	44
4.2.19	Toiletten (Lavatories) .....	45
4.2.20	Staufächer, Verkleidungen, Sonstiges .....	45
4.3	Randbedingungen .....	46
4.3.1	Definition des Kabinenbereichs.....	46
4.3.2	Flugkomfort .....	46
4.3.3	Cockpit Zugänglichkeit .....	47
4.3.4	Flughafeninfrastruktur .....	47
4.3.5	Interpretation der Vorschriften .....	48
4.3.6	Behinderte Passagiere (Passenger with Reduced Mobility).....	49
4.4	Untersuchung des Referenzlayouts .....	51
4.4.1	Optimierungsbedarf/ Mängel am Referenzlayout .....	52
4.4.2	Optimierte Eindeck-Kabinenlayouts .....	54
4.5	Operationelle Abläufe (Turn-Round-Time) .....	60
4.5.1	Positionierung der Bodenfahrzeuge.....	60
4.5.2	Boarding .....	62
4.5.3	Deplaning.....	68
4.5.4	Catering .....	70
4.5.5	Reinigung der Passagierkabine (Cabin Cleaning).....	72
4.5.6	Frachtverladung (Cargo).....	73
4.5.7	Betankung (Refuelling) .....	74
4.5.8	Bodenzeit (Turn-Round-Time).....	76
4.6	Notevakuierung .....	77
4.6.1	Notevakuierungskonzept der Eindeckkonfiguration .....	77
4.6.2	Notwasserung .....	82
4.7	Zusammenfassung .....	84

<b>5</b>	<b>Flying Wing Zweideckkabinenkonfiguration</b> .....	86
5.1	Vorgehensweise .....	86
5.2	Untersuchung des Freiraums auf dem Oberdeck .....	87
5.3	Positionierung des Trolleylifts .....	89
5.4	Treppen- und Oberdeckauslegung .....	91
5.4.1	Treppenauslegung .....	91
5.4.2	Treppenpositionierung und Oberdeckauslegung .....	93
5.4.3	Oberdeck-Sitzschienenauslegung .....	98
5.5	Hauptdeckauslegung .....	100
5.6	Operationelle Abläufe der Zweideckkonfiguration .....	106
5.6.1	Boarding der Zweideckkonfiguration .....	106
5.6.2	Deplaning der Zweideckkonfiguration .....	108
5.6.3	Catering der Zweideckkonfiguration .....	110
5.6.4	Reinigung der Zweideck-Passagierkabine (Cleaning) .....	111
5.6.5	Frachtverladung (Cargo) .....	111
5.6.6	Betankung (Refuelling) .....	111
5.6.7	Bodenzeit (Turn-Round-Time) der Zweideckkonfiguration .....	112
5.7	Notevakuierung des Hauptdecks .....	113
5.8	Notevakuierung des Oberdecks .....	116
5.8.1	Erstellung eines ersten High-Density-Layouts des Oberdecks .....	117
5.8.2	Evakuierungsmöglichkeiten aus dem Oberdeck .....	118
5.8.3	Auslegung und Positionierung der Notevakuierungstreppen .....	121
5.8.4	Auslegung der Ausstiegsluken .....	123
5.8.5	Erstellung eines zweiten High-Density-Layouts des Oberdecks .....	125
5.8.6	Erstellung eines neuen Oberdeckkabinenlayouts .....	126
5.8.7	Passagierleitsystem auf der Profiloberfläche .....	127
5.8.8	Auslegung und Positionierung der Notrutschen .....	129
5.8.9	Ermittlung der Evakuierungszeit .....	134
<b>6</b>	<b>Trends und Zukunftsausblicke</b> .....	136
6.1	Passagierkomfort/ -annehmlichkeiten/ -wünsche .....	136
6.1.1	Betreten und Verlassen der Flugzeugkabine .....	137
6.1.2	Sitze .....	138
6.1.3	Toiletten .....	139
6.1.4	Räumlichkeiten .....	139
6.1.5	Sonderbereiche .....	141

6.1.6	Sonstige Passagierwünsche .....	142
6.2	Operationelle Abläufe (Ground Handling).....	143
6.2.1	Boarding .....	143
6.2.2	Deplaning.....	146
6.2.3	Catering .....	147
6.2.4	Reinigung der Passagierkabine (Cleaning) .....	148
6.2.5	Frachtverladung (Cargo).....	148
6.2.6	Betankung (Refuelling) .....	149
6.3	Notevakuierung .....	149
6.3.1	Sicherheit.....	149
6.3.2	Notwasserung (Ditching).....	151
<b>7</b>	<b>Vergleich und Bewertung der Eindeck- und Zweideckkabinenkonfiguration .....</b>	<b>152</b>
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>158</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>163</b>
	<b>Anhang A General Arrangement (2D Zeichnungen).....</b>	<b>171</b>
	<b>Anhang B Anforderungsliste .....</b>	<b>186</b>
	<b>Anhang C Grundlagen zur Kabinenarchitektur.....</b>	<b>204</b>

## Liste der Abkürzungen und Fachbegriffe

<b>Abk.</b>	<b>Begriff</b>	<b>Bedeutung</b>
ACJ	Advisory Circular Joint	Auslegung der Lufttüchtigkeitsvorschriften der JAA
AC	Advisory Circular	Auslegung der Lufttüchtigkeitsvorschriften der FAA
-	Aisle Width	Gangbreite
AS	Assist Space	Position der Flugbegleiter neben den Ausstiegstüren
Att.	Attendant	Flugbegleiter
-	Bin	Staufach
BWB	Blended Wing Body	Ineinandergehender/ harmonisch verschmelzender Flügelkörper
-	Boarding	Betreten des Flugzeuges
-	Boarding Bridge	Zugangsbrücke, "Finger"
BC	Business Class	Passagierbereich mit mittlerem Komfortstandard
Att.	Cabin Attendant	Flugbegleiter
CAS	Cabin Attendant Seat	Flugbegleitersitz
CCRC	Cabin Crew Rest Compartment	Schlaf- und Ruheräume des Kabinenpersonals
-	Catering	Be- und Entladen der Bordküchen
-	Catering Vehicle/ Truck	Cateringfahrzeug (beladen mit Trolleys)
-	Ceiling Panel	Deckenverkleidung
-	Centerline	Flugzeuglängsachse
-	Center Wing	Rumpfflügel, Rumpfmittelteil
CS	Coat Stowage	Stauschrank für Passagiergarderobe
-	Cross Section	Schnittansicht des Rumpfes oder der Kabine
-	Cross Section	Querschnitt durch den Flugzeugrumpf
DOT	Department of Transportation	US Transportbehörde
-	Deplaning	Verlassen des Flugzeuges
DOC	Direct Operating Cost	Direkte Betriebskosten
EC	Economy Class	Passagierbereich mit geringem Komfortstandard
ECAC	European Civil Aviation Conference	Europäische Zivilluftfahrtbehörde
FAA	Federal Aviation Administration	US Luftverkehrsbehörde
FAR	Federal Aviation Regulations	Luftverkehrsvorschriften der FAA
FC	First Class	Passagierbereich mit höchstem Komfortstandard
FCRC	Flight Crew Rest Compartment	Schlaf- und Ruheräume der zweiten Cockpit Besatzung
-	Floor Level Door	Kabinentür mit Unterkante auf Fußbodenebene
FPO	Future Projects Office	Abteilung Zukunftsprojekte (Airbus)

-	Galley	Bordküche
g	Gravity	Erdbeschleunigung
-	Hatrack/ Overhead Stowage Bin	Staufach
-	High Density Layout	Kabinenlayout mit höchster Sitzplatzdichte (pitch 30")
JAA	Joint Aviation Authorities	Europäische Luftverkehrsbehörde
JAR	Joint Aviation Regulations	Luftverkehrsvorschriften der JAA
Lav.	Lavatory	Bordtoilette
-	Legroom	Beinfreiheit
-	Monument	festes Einbauelement ( Bordküche oder Toilette)
NTSB	National Transportation Safety Board	US Transportsicherheitsbehörde
NPRM	Notice of Proposed Rule Making	Ankündigung Lufttüchtigkeitsvorschriftänderungen der FAA
-	Outer Wing	Außenflügel
-	Overhead Clearance	Kopffreiraum oberhalb der Sitze
-	Partition	Trennwand
Pax	Passenger	Passagier
PRM	Passenger with reduced mobility	Passagier mit eingeschränkter Bewegungsfreiheit (behinderter Passagier)
-	Pitch	Sitzabstand
-	Ramp Agent	Mitarbeiter für das Ground Handling
-	Recline	Abstand zwischen Sitzrückenlehne und Festeinbauten
-	Single Aisle	Flugzeugkabine mit einem Längsgang
-	Twin Aisle	Flugzeugkabine mit zwei Längsgängen

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

Das Verkehrsaufkommen wird in den nächsten Jahrzehnten kontinuierlich zunehmen, so dass die steigende Nachfrage nach immer höheren Transportleistungen bald nicht mehr zu realisieren sein wird. Schon heute sind viele der großen Flughäfen an ihre Kapazitätsgrenze angelangt. Diese Probleme lassen sich nur durch den Einsatz von Großraumflugzeugen mit einer Sitzkapazität von mehr als 500 Passagieren lösen. Die bisherigen Flugzeugkonzepte in Rumpf-Flügel-Bauweise, mit einem relativ einfach zu fertigenden zylindrischen Rumpf in Kombination mit Tragflächen und Seitenleitwerk, stoßen mittlerweile aus verschiedensten Gründen an ihre Grenzen. Sie sind technologisch so optimiert, dass weitere Verbesserungen durch entsprechende Fortschritte und Erkenntnisse in der Aerodynamik, den Werkstoffen, den Bauweisen und dem Antrieb immer schwerer realisierbar und kostspieliger werden. Bei dem Airbus A380, welches das größte Passagierflugzeug der Welt sein wird (ca. 555 Passagiere im Drei-Klassen-Layout), sind diese Grenzen nahezu erreicht. Um der steigenden Nachfrage gerecht zu werden versuchen die Flugzeughersteller sowie die Fluggesellschaften Wege zu finden, den Kraftstoffverbrauch sowie die benötigte Anzahl von Flugzeugen im jetzt schon überfüllten Luftraum minimal zu halten. Ein vom Wirtschaftlichkeitsstandpunkt aus gesehenes vielversprechendes Zukunftskonzept ist ein Flugzeug in Nurflügel-Bauweise. Die Passagierkabine, die Nutzlast, der Kraftstoff sowie alle Systeme sind in einem flügelprofilähnlichem Rumpf untergebracht, welcher mit zum Auftrieb beiträgt. Auf diese Art und Weise entsteht eine wesentlich größere Auftriebsfläche sowie geringerer Luftwiderstand, was sich wiederum positiv auf die Betriebskosten auswirkt.

Bei Airbus laufen derzeit mehrere Studien über Nurflügel-Flugzeuge. Eine davon wird im Rahmen eines europäischen Forschungsvorhabens erstellt und nennt sich VELA (Very Efficient Large Aircraft). Es wurde zur Bestimmung der Kabinengrundfläche ein erstes Kabinenlayout angefertigt. Dieses Referenzstartlayout hat jedoch noch erheblichen Optimierungsbedarf. Beispielsweise beschäftigte man sich dort bislang nur um Auslegungen in einer Eindeck-Variante. Das heißt, dass die gesamte Passagierkabine auf dem Hauptdeck vorgesehen ist. Durch die Unterbringung der Passagierkabine in einem Flügelprofil ist jedoch feststellbar, dass sich viel ungenutzter Freiraum oberhalb der Kabine befindet. Es besteht daher die Möglichkeit, ein zusätzliches Oberdeck zu integrieren. Durch die Verlagerung einiger Kabinenkomponenten aus dem Hauptdeck in das Oberdeck lässt sich dieses Freivolumen nutzen und dadurch die Kabine verkürzen. Die Profiltiefe und die damit verbundene absolute Profildicke, würden bei gleichbleibender relativer Profildicke, schrumpfen, wodurch ein geringeres Verhältnis der umspülten Fläche zur Flügelfläche möglich wird. Dieses wirkt sich positiv auf die Gleitzahl und somit auf die Wirtschaftlichkeit aus. Des Weiteren kann durch die Verlagerung der Kabinenkomponenten der Schwerpunkt optimiert werden.

## 1.2 Begriffsdefinition

Der Nurflügler gehört zur Art der sogenannten Schwanzlosen Flugzeuge. Hinsichtlich dieser Gattung existieren noch eine Reihe von Unterarten. Die hierbei verwendeten Bezeichnungen „Blended Wing Body“, „Flying Wing“ oder „Lifting Body“ sind leider nicht allgemeingültig. In der Literatur herrschen hinsichtlich dieser Begriffe gewisse Unklarheiten, und selbst in der Industrie wird ein und dieselbe Konfiguration oft ganz unterschiedlich angesprochen. Um in der vorliegenden Arbeit keine Verwirrung zu verbreiten, wird die zu behandelnde Konfiguration mit den Begriffen „Nurflügler“ oder „Flying Wing“ definiert.

Obwohl in der Luftfahrtindustrie vorwiegend englische Fachwörter benutzt werden (wie z. B. seat pitch, lavatories, etc.), werden in dieser Ausarbeitung möglichst die deutschen Übersetzung verwendet. Hinsichtlich der Fachbegriffe befindet sich eine Liste auf der Seite 12.

Die aktuellsten Airbus-Nurflügelkonfigurationen werden mit „VELA“ bezeichnet. Diese Abkürzung steht für „Very Efficient Large Aircraft“ und erhält je nach Konfiguration einen Indize.

## 1.3 Ziel der Arbeit

Es ist die Passagierkabine einer Zweideckkonfiguration, mit 750 Passagiersitzen im Dreiklassenlayout, im Flying Wing näher zu untersuchen. Bevor dieses erfolgen kann, soll das bereits existierende Eindeckreferenzlayout unter den Hauptgesichtspunkten „Passagierkomfort, Turn-Round-Time, verkürzte Kabinenlänge und Notevakuierung“ in soweit optimiert und ausgelegt werden, dass anschließend die Untersuchung der Freiräume und die Auswahl der zu verlagernden Kabinenbereiche ins Oberdeck (z. B. First Class, Crew Rest Compartments, Passagierannehmlichkeiten, etc.) vorgenommen werden kann. Anschließend sind die Auswirkungen auf beiden Decks zu untersuchen.

Es sollen möglichst alle Freiräume, die in Betracht kommen, ausgenutzt werden. Aus Platzgründen wird jedoch nur ein Teil des Hauptdecks (z. B. die komplette First Class) ins Oberdeck (Upper Deck) verlagert. Das Hauptdeck nimmt den größten Teil des Flügelvolumens ein. Sollte der ungenutzte Raum oberhalb des Hauptdecks für ein Oberdeck nicht ausreichen (Platzmangel bzw. Komfortgründe), muss untersucht werden, ob gegebenenfalls der zusätzlich benötigte Platzbedarf durch eine an die Geometrie angepasste Profilstruktur (eine Art aufgesetzte „Buckel“ auf der Profilerseite) realisiert werden kann.

Da sich die Kabinengeometrie im ständigen Wandel befindet, soll durch iteratives Vorgehen ein optimales Kabinenkonzept einer Zweideck-Konfiguration, unter den oben genannten Ge-

sichtspunkten und den aktuellen Vorschriften und Standards ermittelt werden. Das angestrebte Ziel hierbei ist die Steigerung der Wirtschaftlichkeit und der Flexibilität des Flugzeuges. Des Weiteren sollen Trends (z. B. größere Toiletten) und erste Ausblicke auf die Zukunft des Flugzeug attraktiver zu gestalten (z. B. Panoramafenster, First Class Einzelcompartments, etc.) gewagt werden.

Die Untersuchung dieser Diplomarbeit verläuft parallel zu den Studien von Airbus und soll neue Aspekte und Erkenntnisse aus der Sicht der Kabine liefern. Hierbei stehen vor allem die Realisierung der oben genannten Hauptgesichtspunkte und die Steigerung der Wirtschaftlichkeit des Flugzeuges im Vordergrund.

## 1.4 Literaturübersicht

Die Idee eines Nurflügel-Passagierflugzeuges ist bereits über neunzig Jahre alt. Es existieren daher zahlreiche Bücher über damalige Nurflügelflugzeuge. Das Buch „Die Fliege“ von **Pohlmann 1983** und die Internetseiten: [http://www.aviationsafetyonline.com/ms\\_index.html](http://www.aviationsafetyonline.com/ms_index.html) und <http://www.heise.de/tp/deutsch/html> enthalten viele nützliche Informationen über die Geschichte, die Entstehung und Entwicklung der Nurflügelflugzeuge. Eine aktuelle Liste weiterer deutschsprachiger Literatur über Nurflügelflugzeuge befindet sich im Internet auf der Seite: [http://www.flying-wing.de/fw\\_books.html](http://www.flying-wing.de/fw_books.html)

Der Nurflügler ist derzeit eines der meist diskutierten Zukunftsprojekte in der Luftfahrtbranche. Informationen über den aktuellsten Forschungsstand der Nurflügler sind daher momentan weniger in Fachbüchern, sondern vielmehr in Studien, Dissertationen, Medien und im Internet verfügbar. Die umfangreichen Studien der Cranfield Universität (**Cranfield**) und **Bolsunovsky 2001** beschreiben den momentanen Forschungsstand und zeigen generelle Vor- und Nachteile eines Nurflüglers auf. Des Weiteren werden neue Herausforderungen und Lösungsansätze, die mit einem Nurflügler verknüpft sind, diskutiert.

Informationen über Nurflügler anderer Flugzeughersteller sind aus Gründen der Geheimhaltung nur sehr schwer zugänglich. **Liebeck 2002** gibt jedoch detaillierte Informationen und einen sehr guten Einblick über den BWB von Boeing. Eine Übersicht verschiedener Nurflügler sind außerdem auf der Internetseite <http://www.geocities.com> abrufbar.

Die wichtigsten Daten des Nurflüglers von Airbus entstammen aus den internen Quellen des FPO Airbus: **EHCA 2001** und **VELA**. Weitere Daten werden dem aktuellen A340-500/600 und A380 Standard entnommen. Hilfreiche Quellen sind hier unter anderem: **CCG A340**, **CCG A380**, **TLAR 1999**. Weiter nützliche Informationen über den Nurflügler enthalten **Kleffmann 2001** und **Brünger 2000**



Umfangreiche Quellen zu den operationellen Abläufen sind das „Flight Catering Book“ von **IFCA**, das „Airport Handling Manual“ von **IATA 2000** und die **ABD0065** „Ramp Compatibility, Ground Handling/ Servicing“. Die Studie **Stavnhagen 2001** beschäftigt sich sehr detailliert mit der Kabinenreinigung. Des weiteren ist eine ausführliche Beschreibung zur Turn-Round-Time der A380 im Internet: [http://www.airbus.com/product/a380\\_planning.asp](http://www.airbus.com/product/a380_planning.asp) frei verfügbar.

Die Studie der Bristol Universität in England (**Bristol 2002**) beschäftigt sich mit der Notevakuierung aus einer Nurflügelkabine. Diese enthält nach oben führende Fluchtwegmöglichkeiten. Ein Notevakuierungskonzept vom Profil wird jedoch nicht behandelt. Generelle Informationen zur Notevakuierung enthalten **AP3 1997** und **AP3 1998**. Des weiteren werden Daten des FPO Airbus übernommen (Siehe Anhang B: Anforderungsliste). Hilfreiche Internetadressen sind: <http://www.equipped.com/bschiff-ditching.htm> und <http://www.proaviation.ca/page5.html>

Die Studie **TU München 2002** und **Granzeier 2002** wagen erste Zukunftsausblicke, bezüglich der Kabinengestaltung einer Nurflügelkabine für das Jahr 2030. Es werden verschiedene Szenarien durchlaufen und Zukunftstrends angesprochen. Weitere Quellen zu den Zukunftsaussichten bietet das FPO Airbus.

Vorschriften und gesetzliche Angaben werden vorwiegend dem **JAR/ FAR, JAR OPS** (Operations) und dem **AC** (Advisory Circular) entnommen.

Weitere Quellen sind insbesondere mündliche Informationen und Erfahrungswerte des FPO Airbus (siehe Anhang B: Anforderungsliste), aktuelle Nachrichten in den Medien (**Abendblatt**) und das Internet.

## 1.5 Aufbau der Arbeit

In dieser Diplomarbeit wird, wie aus der Aufgabenstellung bereits hervorgeht, ein sehr breitgefächertes Spektrum an Themen und Herausforderungen des Nurflüglers bearbeitet. Insgesamt ist die Arbeit in sechs Hauptabschnitte aufgeteilt:

Kapitel 1 beinhaltet die Einleitung

- Kapitel 2 gibt eine allgemeine Einführung zum Nurflügel-Passagierflugzeug und zeigt die Unterschiede (Vor- und Nachteile) gegenüber konventionellen Flugzeugen auf. Des Weiteren werden neue Probleme und Herausforderungen angesprochen.
- Kapitel 3 beschreibt die Airbus Nurflügel-Startkonfiguration (VELA1). Es werden detaillierte Informationen der aktuellen Nurflügelversion gegeben und die Flugzeuggesamtgeometrie in verschiedenen Ansichten gezeigt.
- Kapitel 4 beinhaltet den gesamten Abschnitt der „Optimierung des Eindeckkabinenkonzeptes“. Im ersten Schritt werden die Anforderungen, nach denen die Kabine ausgelegt werden soll, festgelegt. Anschließend werden in iterativen Schritten, neue optimierte Kabinenlayouts erstellt. Abschließend erfolgt die Nachweisführung der gesamten operationellen Abläufe (Turn-Rounds) und die Machbarkeit einer Notevakuierung unter idealisierten Bedingungen.
- Kapitel 5 beschäftigt sich mit der Erstellung der Flying Wing Zweideckkonfiguration. Hierzu werden Freiraumuntersuchungen auf dem Oberdeck gemacht. Des Weiteren wird in iterativen Schritten die Integration einer Zugangstreppe, eines Trolleylifts, und die Unterbringung eines Kabinenteils aus dem Hauptdeck untersucht. Anschließend erfolgt analog zum Kapitel 4 die Nachweisführung der Zweideckkonfiguration nach operationellen Abläufen und die Machbarkeit der Notevakuierung.
- Kapitel 6 widmet sich allgemeinen Trends und Zukunftsaussichten, die im Nurflügler Verwendung finden könnten, um das Flugzeug zu optimieren.
- Kapitel 7 bildet den Abschluss der Arbeit und vergleicht die Eindeckkabinenkonfiguration mit der Zweideckvariante. Es kommt zur Bewertung
- Kapitel 8 beinhaltet die Zusammenfassung. Des Weiteren werden Themen und Probleme angesprochen, die in weiteren Studien zu behandeln wären.
- Anhang A enthält die, für die Ausarbeitung, wichtigsten Zeichnungen in vergrößerter Form. Teilweise sind Kabinenlayouts in der Diplomarbeit aufgrund der Größe nur bedingt zu erkennen.
- Anhang B enthält eine in englisch verfasste Anforderungsliste. Diese enthält neben den wichtigsten Daten, Geometrien und Standards auch Erfahrungswerte, Wünsche, Ideen und Vorschläge, welche während der Ausarbeitung gesammelt wurden.
- Anhang C stellt eine Sammlung von „Grundlagen zur Kabinengestaltung“ zusammen, die maßgeblich die Architektur einer Flugzeug-Passagierkabine beeinflussen.

## 2 Beschreibung des Nurflügel-Passagierflugzeugs

Die bisherigen Flugzeugkonzepte mit einem relativ einfach zu fertigenden zylindrischen/ elliptischen Rumpf in Kombination mit Tragflächen und Seitenleitwerk stoßen mittlerweile aus verschiedensten Gründen an ihre Grenzen. Ein vom Wirtschaftlichkeitsstandpunkt aus gesehenes vielversprechendes Zukunftskonzept ist ein Flugzeug in Nurflügel-Bauweise. Der Nurflügler unterscheidet sich gänzlich von heutigen Passagierflugzeugen. Die Passagierkabine, sowie die Nutzlast sind beim Nurflügler mit in die homogene Flügelstruktur integriert.

### 2.1 Geschichte des Nurflüglers

Die ersten Nurflügler wurden bereits vor 90 Jahren entwickelt. Der englische Luftfahrtpionier John W. Dunne entwickelte und baute das erste Flugzeug in Nurflügelbauweise im Jahre 1912. Schon damals zeigte das Nurflügelkonzept vielversprechende Flugeigenschaften. Einige Zeit später folgten Projekte wie der deutsche Horten AW-52 (Bild 1.1) und die amerikanische Northrop YB-49 (Bild 1.2). Die Abbildungen zeigen, dass sich Nurflügler durch ihre homogene Gesamtkonfiguration kennzeichnen. Der zylindrische Rumpf, wie man ihn von konventionellen Flugzeugen kennt, entfällt hierbei fast gänzlich.



**Bild 2.1** Horten AW-52 (Cranfield)



**Bild 2.2** Northrop YB-49 (Cranfield)

Die amerikanischen Flugzeugpioniere Burnelli und Northrop haben ebenso wie Horten ihr Leben den Nurflügelflugzeugen gewidmet. Der Texaner Vincent J. Burnelli designte Quasi-Nurflügler, deren besonderes Merkmal eine starke Verbreiterung des Rumpfes war - sogenannte Lifting Bodies. Mit der RB-2 entwarf er 1929 das damals größte Luftfrachtflugzeug der Welt. Sein fortschrittlichstes Modell war die UB-14 aus dem Jahr 1935, deren Lifting Body für 50 % des Auftriebs verantwortlich war und 14 Passagiere befördern konnte. Burnellis Nurflügel-Design von 1951 (Bild 2.3), das heute in leicht veränderter Form sowohl von Boeing als auch von Airbus übernommen wird, gab schon damals eine bemerkenswerte Vision für den Flugzeugbau der nächsten Generation.



**Bild 2.3** Burnelli Flying Wing design (1951)

(<http://www.geocities.com>)

Es dauerte 30 Jahre, bis mit dem B2-Bomber von Northrop-Grumman die Anforderungen der Militärs sich mit den Charakteristika von Nurflüglern in Einklang bringen ließen (Bild 2.4). Nach einem achtjährigen Testprogramm hatte der erste Stealth- Bomber im Juli 1989 seinen Jungfernflug. Der B2-Bomber war das erste vollständig mit virtueller Realität designte und simulierte Flugzeug, wodurch die Sicherheit bei der Flugerprobung auf ein neues Niveau angehoben werden konnte. Mit der B-2 Spirit wurde die Reichweite mit circa 6.000-7.000 Meilen gegenüber der YB-49 nahezu verdoppelt und die Zuladung um etwa 20% gesteigert. Durch die große Spannweite des Flugzeuges, die jedoch gegenüber der YB-49 gleichgeblieben ist, kann ein derart hoher Bodeneffekt erzielt werden, dass sich das Flugzeug nahezu von selbst landen lässt.



**Bild 2.4** B-2 Spirit Stealth- Bomber (<http://www.boeing.com>)

Viele Flugzeughersteller, wie Boeing und Lockheed, sind der Meinung, dass sich der Nurflügler unter den anderen Zukunftsprojekten wie dem Überschallflugzeug (Sonic Cruiser) und dem Delta Flügler (Broad Delta) durchsetzen und am ehesten zur Entwicklung kommen wird. Im folgenden sind einige dieser Zukunftsprojekte dargestellt (Bild 2.5; 2.6).

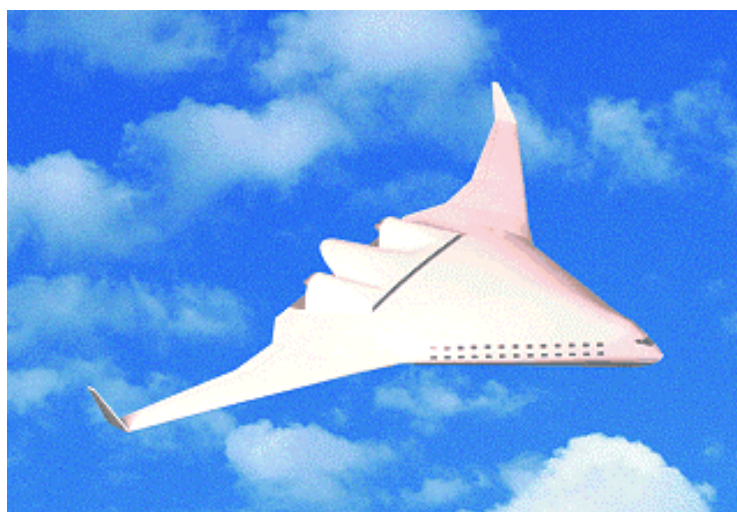


**Bild 2.5** Boeing Nurflügler; Lockheed Blended Wing Body (<http://www.geocities.de>)



**Bild 2.6** Aerospatiale 1990's Megajet (<http://www.geocities.com>)

Die jüngsten Studien beschäftigen sich vorwiegend mit einer Konfigurationen eines Passagierflugzeuges mit hohen Transportkapazitäten. Wie z. B. bei der Konzeptstudie des Cranfield College of Aeronautics aus dem Jahr 1998. In diesem Entwurf sind die Triebwerke im Heck und zugleich im Rumpf des Flugzeuges integriert. Die Luftzufuhr der Triebwerke erfolgt dabei über einen breiten, flachen Luftereinlauf auf der Profiloberseite des Nurflüglers (Bild 2.7). Die Idee Hecktriebwerke zu installieren wurde ebenfalls von Airbus verfolgt, jedoch aufgrund aufwendiger Konstruktion wieder verworfen. Man sieht bei den jetzigen Airbus-Konfigurationen konventionelle Triebwerke unter den Tragflächen vor.



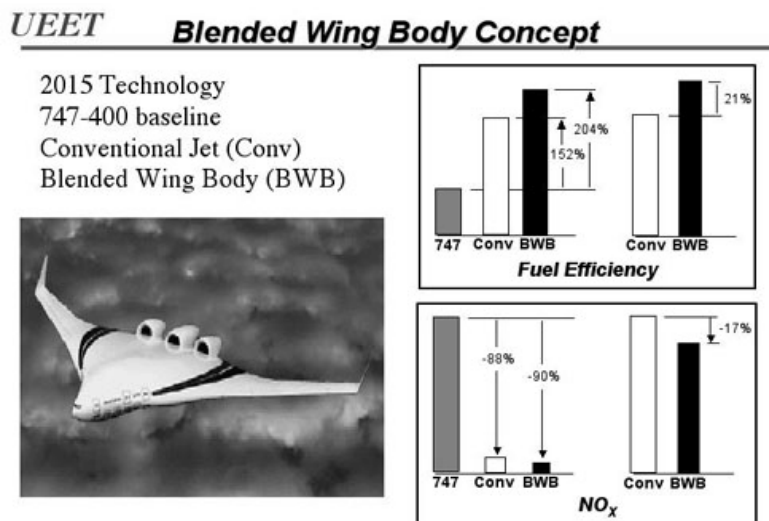
**Bild 2.7** Studie des Cranfield College of Aeronautics (**Cranfield**)

## 2.2 Eigenschaften des Nurflüglers

### 2.2.1 Vorteile des Nurflüglers

Die Vorteile von Nurflüglern gegenüber konventionellen Flugzeugen bestehen vor allem in einem geringen Widerstandsbeiwert, einer höheren Kurvenstabilität, einem leichteren Einbau von frei abstrahlenden Turbinen oder Druckpropellern und einer hohen Sicherheit gegenüber dem Spiralsturz. Flugeigenschaftsprobleme wie das Abkipppverhalten oder die Trudelneigung von Nurflüglern können - bei Akzeptanz von Flugleistungseinbußen - durch eine nach vorn verlagerte Schwerpunktlage verbessert werden. (<http://www.heise.de/tp/deutsch/inhalt/co/2531/1.html>)

Bild 2.8 zeigt eine Übersicht zwischen einem Nurflügler, einer Boeing 747-400 und einem konventionellem Jet.

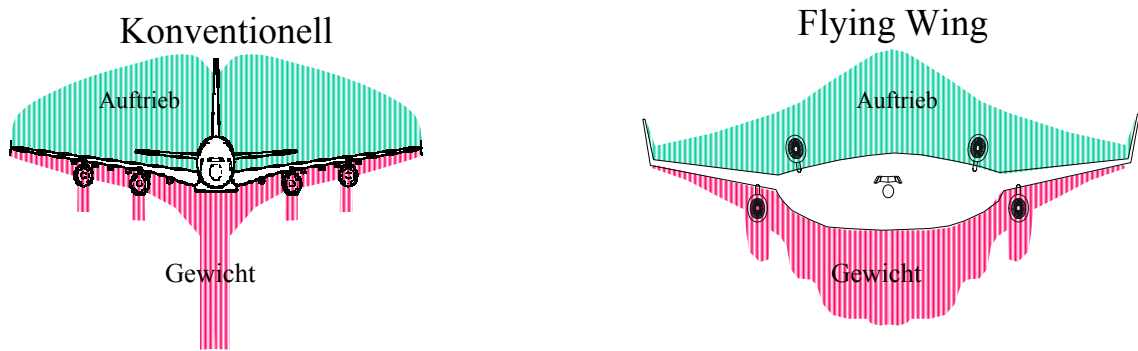


**Bild 2.8** Kraftstoffeffizienz, Schadstoffemissionen eines Nurflüglers im Vergleich (Bristol 2002) <http://www.aerospace.nasa.gov/library/encompat/workshop4/jpittman/sld008.htm>

In Bild 2.8 ist zu erkennen, dass die Treibstoffeffizienz der Nurflügler aufgrund des geringeren Widerstandes deutlich höher ist, wodurch wiederum geringere Schadstoffemissionen erreicht werden können. Neben diesen Aspekten werden die grundlegenden Vorteile einer Nurflügel-Konfigurationen in den folgenden Abschnitten kurz erläutert.

#### Bessere Aerodynamik:

Der Rumpf sowie die Leitwerke entfallen, somit entfallen auch die Komponenten die viel Luft- und Interferenzwiderstand erzeugen, jedoch nichts zum Auftrieb beitragen. Eine Nurflügel-Konfiguration ohne diese Bauteile lässt eine erhebliche Reduzierung des Luftwiderstandes erwarten. Die Umströmung des Flügels kann daher nahezu ungestört und ohne starke Verwirbelungen erfolgen. (Siehe Bild 2.9)



**Bild 2.9** Auftriebsverteilung Konventionell/ Flying Wing (**Brünger 2002**)

### **Geringeres Strukturgewicht:**

Effiziente tiefe Sektionen ermöglichen eine Leichtbaustruktur. Die über die Spannweite verteilte Nutzlast wirkt den Auftriebskräften am Ort ihrer Entstehung entgegen.

### **Kabinenarchitektur:**

Aus Sicht der Kabine bietet der Nurflügler ein großes Kapazitätspotential. Bei entsprechender Auslegung sind Passagierkapazitäten von bis zu 700 oder mehr Passagieren zu erwarten. Darüber hinaus ist eine äußerst individuelle und flexible Kabinengestaltung möglich, da hier, im Gegensatz zu konventionellen röhrenförmigen Rümpfen, eine zusätzliche Flexibilität in seitlicher Richtung besteht.

### **Wirtschaftlichkeit:**

Vom Wirtschaftlichkeitsstandpunkt aus gesehen lässt der Nurflügler eine wesentliche Senkung der direkten Betriebskosten (DOC) erwarten. Der Grund dafür ist, dass ein Nurflügler im Vergleich zu konventionellen Flugzeugen, bei gleichem Verbrauch und gleicher Reichweite eine wesentlich höhere Nutzlast befördern kann. Da sich das Verhältnis von umströmter Oberfläche zum Flugzeugvolumen bei entsprechender Auslegung verringert, reduzieren sich dadurch ebenfalls die DOC.

## 2.2.2 Nachteile und Herausforderungen des Nurflüglers

Obwohl so viele Aspekte für den Nurflügler sprechen, stehen diesen Vorteilen auch eine Großzahl von Nachteilen gegenüber. Diese Nachteile sind auch Hauptgrund für das sehr langsame Voranschreiten in der Entwicklung des Nurflüglers. Es gilt diese Nachteile als neue Herausforderungen zu betrachten und die bestmöglichen Lösungen zu ermitteln.

### Evakuierung

Die Notevakuierung ist das größte Probleme mit dem der Nurflügler konfrontiert ist. Nach der heutigen Zulassungsvorschrift **JAR 25.803 (c)** müssen alle Passagiere innerhalb von 90 Sekunden das Flugzeug durch die Hälfte der Türen auf nur einer Seite verlassen haben. Es ist fraglich ob dieses für die Kabine eines Nurflüglers zu schaffen ist, da teilweise sehr lange Wege bewältigt werden müssen und nicht an allen erforderlichen Stellen Notausgänge eingebaut werden können. Besonders bei Brandentwicklung hinter dem Flugzeug, z. B. bei austretendem Kerosin, ist eine Flucht nach hinten unmöglich, und das Verhältnis von Passagieren pro Vorder- bzw. Seitentür steigt stark an. Eine Umgehung des Problems wäre eine neue Evakuierungszeit festzulegen, wobei die Zulassungsbehörden davon überzeugt werden müssen, dass Nurflügler in Notsituationen eine größere Sicherheit für die Passagiere bieten als konventionelle Flugzeuge.

Ein anderes Problem der Evakuierung entsteht bei einer Notwasserung (Ditching). Hier gilt die Vorschrift **JAR 25.801 (d)**, dass alle Passagiere evakuiert sein müssen, bevor das Flugzeug gesunken ist. Da es sich bei den Airbus-Konfigurationen um Hochdecker handelt (high wing), wären bei einer Notwasserung die vorderen, hinteren sowie seitlichen Türen unter Wasser. Somit bliebe nur der Fluchtweg über die Profiloberseite. Hierfür gibt es jedoch nur wenige Ideen. Es müssen daher neue Überlegungen hinsichtlich dieser Problematik getroffen werden.

Generell ist die Herkunft heutiger JAR/ FAR-Vorschriften zu untersuchen. Hierbei ist zu relativieren ob heutige Vorschriften, welche auf konventionelle Flugzeuge ausgelegt sind, auch auf den Nurflügler direkt oder in veränderter Form übertragbar sind. Beispielsweise hat die 90 Sekunden-Regel ihren Ursprung im Durchbrandverhalten der Rumpfaußenkontur (Tests haben gezeigt, das heutige Rumpfe ca. 90 Sek. dem Feuer standhalten). Daher wäre es zu untersuchen, ob das Durchbrandverhalten eines Nurflüglers, z. B. durch neue Technologien/ Materialien (z. B. durch GLARE. Besteht aus mehreren Schichten Aluminium und Glas. Schmilzt nicht wie Aluminium, sondern verkohlt), verbessert werden könnte, um somit die jetzige JAR/ FAR- Anforderung entsprechend zu ändern.

**(Cranfield, Bristol 2002)**



### **Operationelle Anforderungen**

Ein weiteres Problem ist die Einhaltung operationeller Anforderungen. Damit werden alle die Maßnahmen beschrieben, die den normalen Betrieb des Flugzeuges betreffen. Ziel ist es, akzeptable Turn Round Zeiten zu erreichen. Heutzutage werden Bodenzeiten von maximal 90 Minuten gefordert (**A380 AC-PD**). Hierbei sind zwei Aspekte von besonderer Bedeutung. Einerseits die Abläufe außerhalb der Kabine, wie z. B. die Anordnung der Bodenversorgungsfahrzeuge für das Catering, das Ent- und Beladen, das Betanken usw. (Ground Handling) und andererseits die Abläufe die innerhalb der Kabine ablaufen (Boarding, Service). Auch diese Aspekte haben direkten Einfluß auf die Gestaltung der Kabine. Dazu gehört unter anderem die Positionierung der Bordküchen. Diese sollten möglichst gut erreichbar und nahe der Catering Türen angeordnet werden, um lange Wege und somit Zeit beim Auffüllen der Essen- und Servicewagen (Trolleys) einzusparen. (**IATA 2001, GC**).

Des Weiteren ist zu erwähnen, dass der Nurflügler nicht in die heutigen 80 x 80 Meter Standboxen an heutigen Flughäfen passen würde. Es sind daher neue Vorrichtungen und Veränderungen an der Flughafeninfrastruktur notwendig.

### **Passagierkomfort**

Die Kabinengestaltung des Nurflüglers grenzt sich deutlich von allem bisher da gewesenem ab. Anstelle einer tunnelartigen Röhre wird die Kabine eher einem großen Saal gleichen, welcher in verschiedene Bereiche durch strukturelle Trennwände unterteilt werden muss. Diese durch Quergänge verbundenen Kabinen bieten sicherlich viel Flexibilitätspotential sowie kreativen Freiraum für neue Ideen und Konzepte. Der entscheidende Nachteil ist jedoch die dadurch bedingte geringe Anzahl der Fenster. Wo man sonst nach draußen sehen konnte, befindet sich die benachbarte Kabine bzw. die Außenseiten der Flügelstruktur. Daraus hervorgehend ist das Gefühl des „Eingesperrtseins“ ein viel intensiveres als bei konventionellen Flugzeugen. Um daher diesen wichtigen psychologischen Aspekten entgegenzutreten, muss zu einem fortgeschritteneren Zeitpunkt der Entwicklung über künstliche Aussichtsöglichkeiten nachgedacht werden. Eine denkbare Lösung wären Videobildschirme in jedem Sitz, auf dem der Passagier jederzeit die Umgebung über Außenkameras betrachten kann.

Neben den psychologischen Faktoren ist der Flugkomfort von entscheidender Bedeutung.

Aufgrund der sehr breiten Kabine sitzen die Passagiere in den äußeren Randbereichen der Kabine verhältnismäßig weit weg von der Flugzeugmitte (bis zu 11,2 m). D. h. dass diese bei einer Schräglage von ca. 30° und einer Kabinenbreite von 900'' (22.86 m) einen Höhenunterschied zur Horizontallage von ca. 5,7 m erfahren. Es wirken auf diese Passagiere höhere Vertikalbeschleunigungen und Fliehkräfte. Diese Überlegung führt unter anderem dazu, dass der äußere Kabinenbereich aufgrund des reduzierten Flugkomforts für First und Business Class Passagiere eher ungeeignet ist, obwohl dort die einzigen Fensterplätze wären. Das hier untersuchte Flugzeug ist mit einer Kabinenbreite von ca. 23 m so ausgelegt, dass bei normalen Flugmanövern eine Beschleunigung von ca. 1,2 g erreicht wird.

### **Kabinenservice**

Eine breite Kabine stellt neue Herausforderungen an den Kabinenservice. Um möglichst alle Passagiere sowohl in längs- als auch in seitlicher Richtung gleichzeitig versorgen zu können, müssen die Küchenbereiche so positioniert werden, dass Servicezeiten sowie Servicewege für das Kabinenpersonal nicht zu lang werden. (GC)

### **Kapazität**

Ein Nurflügler ist für geringe bis mittlere Passagierzahlen eher ungeeignet, da bei einer kurzen Kabine die Übergänge zwischen Kabinen- und Rumpfstruktur inhomogen verlaufen. Weniger fließende Übergänge bedeuten folglich mehr Luftverwirbelungen und somit mehr Widerstand an den Flügelwurzeln. Dieses würde den aerodynamischen Vorteil des Nurflüglers wieder aufheben. Konfiguration mit mehr als 600 Passagieren kommen daher am ehesten in Frage. (AA)

### **Struktur**

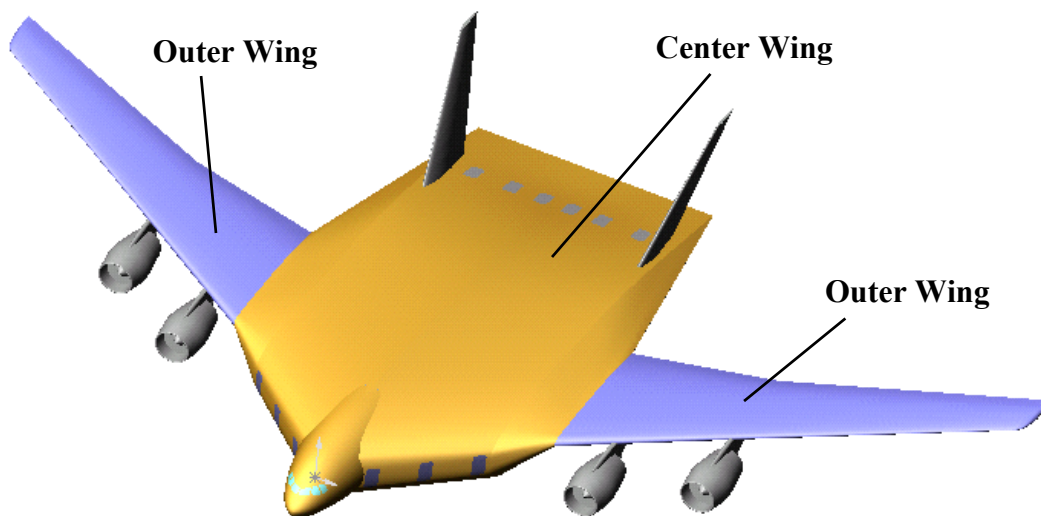
Eine weitere Herausforderung ist die Gestaltung der Flugzeugprimärstruktur. Es existieren derzeit mehrere Konzepte hinsichtlich der strukturellen Gestaltung eines Nurflüglers. Diese beinhalten unter anderem unterschiedliche Ansätze zur Gestaltung des Druckkörpers der Kabine. Dessen Gestaltung wirkt sich auf die Passagierkabine in hohem Maße aus, da Verstärkungsstreben durch den gesamten Passagierbereich verlaufen, welche die Kabine in mehrere Sektionen unterteilen. Hierbei sind Ideen wie z. B. ein Säulensystem oder eine Fachwerkauslegung denkbar. (Brünger 2000, JG)

Zusammenfassend besitzt der Nurflügler eine Vielzahl von attraktiven Vorteilen, denen jedoch auch viele Nachteile entgegenstehen. Ohne eine umfangreiche Untersuchung wird die Frage ob die Nurflügelkonfiguration wirklich so vielversprechend ist wohl unbeantwortet bleiben. Um den wachsenden Marktansprüchen und den schärferen Umweltbedingungen gerecht zu werden, ist es daher von großer Bedeutung ausführliche neue Erkenntnisse dieser Konfiguration zu erlangen.

(Kleffmann 2001, Brünger 2000, Cranfield, Bristol 2002)

### 3 Darstellung des Flying Wing-Airbus

Um sich ein genaueres Bild machen zu können, wird in diesem Abschnitt die für die Ausarbeitung des Kabinenkonzeptes erforderliche Flugzeuggeometrie vorgestellt. In der ersten Auslegung handelt es sich zunächst um eine Eindeckvariante. Die gesamte Passagierkabine ist zum jetzigen Zeitpunkt auf dem Hauptdeck (Main Deck) vorgesehen. Die detaillierte Gestaltung des Frachtbereichs im Unterdeck, wird in der weiteren Ausarbeitung nicht näher untersucht. Der Nurflügler lässt sich in zwei Hauptkomponenten definieren. In den Rumpfmittelteil (Center Wing) und in die Außenflügel (Outer Wings):



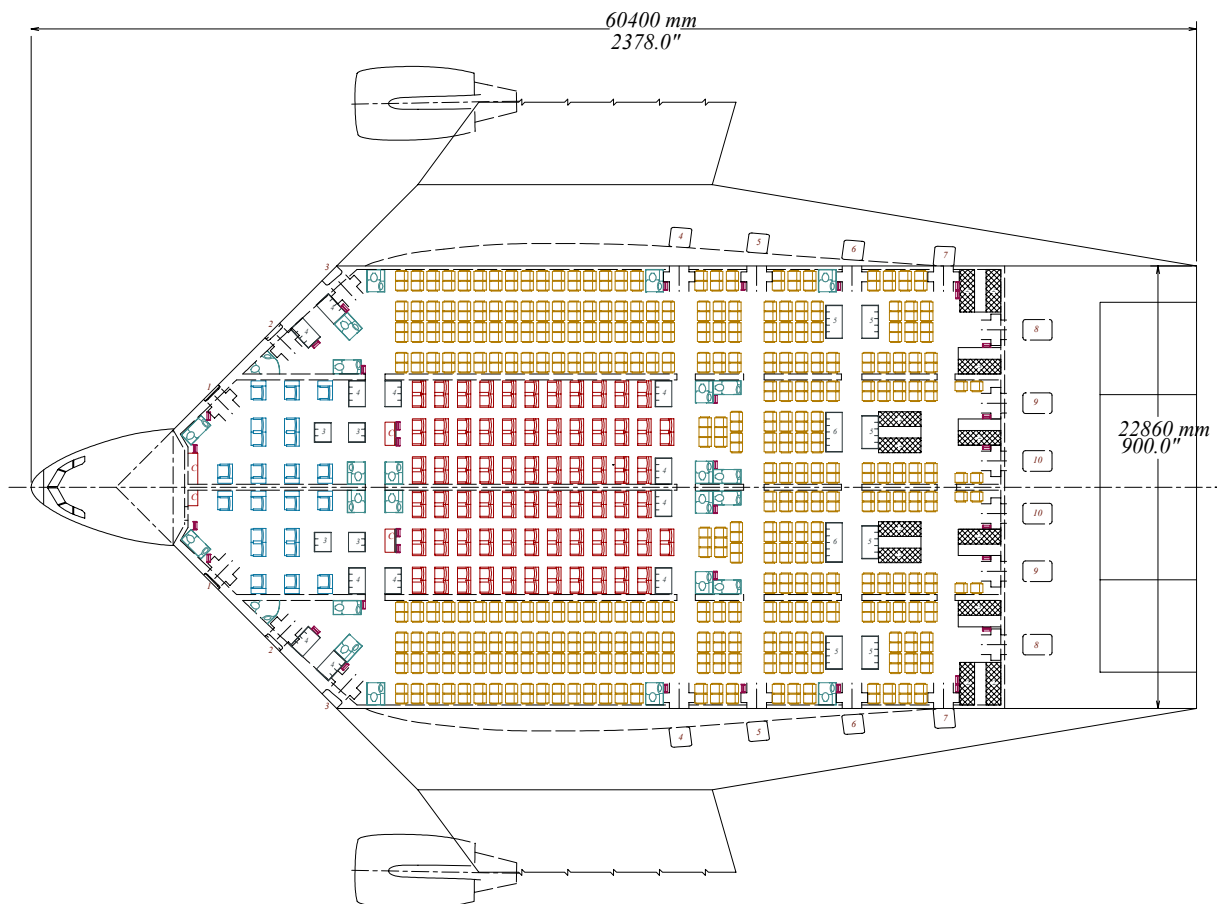
**Bild 3.1** Flying Wing-Komponenten

Bei Airbus existieren zur Zeit mehrere Vorschläge für die Konfiguration eines Nurflüglers. Im europäischen Forschungsprogramm gibt es momentan zwei aktuelle Varianten. Die erste Konfiguration, im weiteren Verlauf mit „VELA1“ (Very Efficient Large Aircraft) bezeichnet, besitzt den weitesten Entwicklungsstand und wird für die weitere Ausarbeitung als Startkonfiguration verwendet. Diese kennzeichnet sich durch einen flachen Rumpfmittelteil („Center Wing“), welcher die Passagierkabine, die Fahrwerke und den Frachtraum enthält, und durch die Außenflügel („Outer Wing“), welche den größten Teil des Auftriebs erzeugen und den Kraftstoff aufnehmen (Bild 3.1). Beim VELA1 sind die Außenflügel an der Vorderkante des Rumpfmittelteils angeordnet. Diese bilden somit einen nahezu homogenen Übergang mit dessen Vorderkante. Zusätzlich sind zwei Seitenruder am Heck vorgesehen. Da es sich hier um einen Hochdecker (high wing aircraft) handelt und eine aufwendige Konstruktion vermieden werden soll, werden die Triebwerke konventionell unter den Außenflügeln angebracht. Die Überlegung Triebwerke am Rumpfheck anzubringen, um so Interferenzwiderstände minimal zu halten, wurde seitens der Flugzeugkonfiguration verworfen. Ausschlaggeber sind die schwere Zugänglichkeit für Wartungsarbeiten und die nachteilige Auswirkungen auf den Gesamtschwerpunkt des Flugzeuges, welcher im vorderen Drittel des Flugzeuges sein muss. Des Weiteren wird durch die versetzte Anordnung der Triebwerke die Gefahr von Beschädigungen, durch herumfliegende Triebwerksteile eines defekten Triebwerks, minimiert.

### 3.1 Detaildarstellung der Startkonfiguration

Die spätere Ausarbeitung dieser Diplomarbeit basiert auf der Startkonfiguration von VELA1 und wird in diesem Kapitel detailliert dargestellt. Die genaue Geometrie, Schnitt- und Drei-Seiten-Ansicht befindet sich im Anhang A: General Arrangement.

Die Startkonfiguration hat eine Spannweite von ca. 100 Metern, eine Kabinenbreite von 900'' (22,86 m), eine Flugzeuggesamtlänge von ca. 60 Metern und besitzt zehn Türen des Typs A auf jeder Flugzeug-Symmetrie-Seite. Diese Türanzahl wurde aufgrund der Notevakuierung in einem „high density layout“ (ca. 1040 Pax), des gewählten Türtyps (Typ A 110 Pax/ Tür; **JAR 25.807 (b) (2)**) und der bestehenden Anforderung alle Passagiere innerhalb von 90 sec. zu evakuieren (**JAR 25.803(c)**) in einer vorangegangenen Studie festgelegt (**AA**). Das nachfolgende Bild 3.2 zeigt das jetzige Drei-Klassen-Kabinenlayout (siehe Anhang A; Bild A.6).

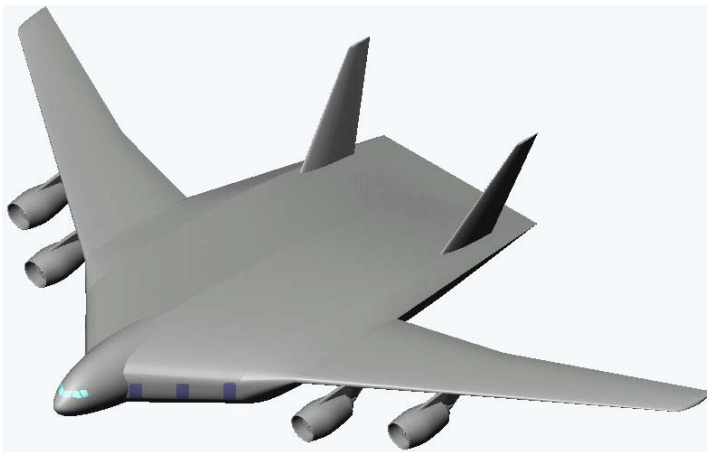


**Bild 3.2** Startkonfiguration mit drei vorderen, vier seitlichen und drei hinteren Türpositionen

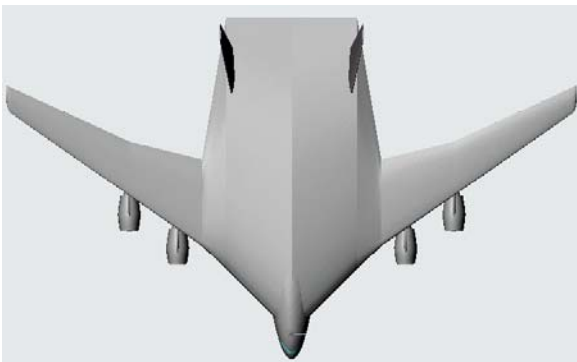
Die Startkonfiguration sieht drei vordere, vier seitliche und drei hintere Türen des Typs A auf jeder Flugzeugseite vor. Das Kabinenlayout hat jedoch noch erheblichen Optimierungsbedarf. Bedingt durch die seitliche ungleichmäßige Türen- und Quergangverteilung verfügt diese Kabine über sehr viele „Mini-Passagierbereiche“ (siehe Bild 3.2). Des Weiteren sind die Schlaf- und Ruheräume des Kabinenpersonals (Crew Rest Compartments- CRC) auf dem Hauptdeck

untergebracht. Die Kabine wird dadurch unübersichtlich und verliert an der Variation und Flexibilität weitere Sitzplätze unterzubringen. Viele Kreuzungspunkte von Längs- und Quergängen behindern den Passagierfluss während des Boardings, Deplanings und der Notevakuierung. Es können sich Staubereiche bilden oder Passagiere könnten sich leicht verlaufen.

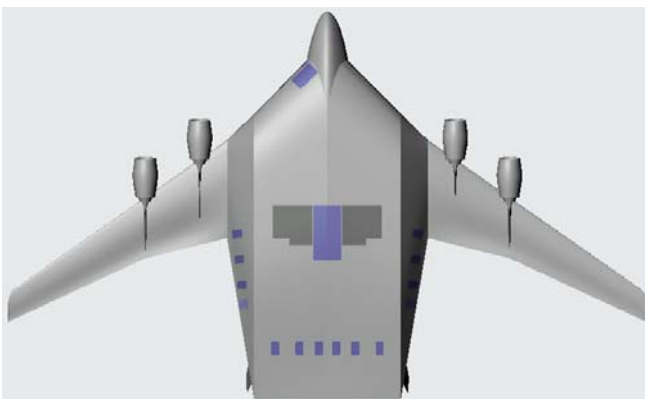
Diese Nurflügler-Startkonfiguration soll unter den genannten Haupt Gesichtspunkten (siehe Kapitel 1.3) neu ausgelegt und optimiert werden. Die genaue Analyse und Optimierung erfolgt in Kapitel 4. Die folgenden Bilder 3.3 bis 3.9 zeigen weitere Ansichten des aktuellen CAD-Geometrien Stands des Referenzlayouts.



**Bild 3.3** Isometrische Ansicht des Nurflüglers

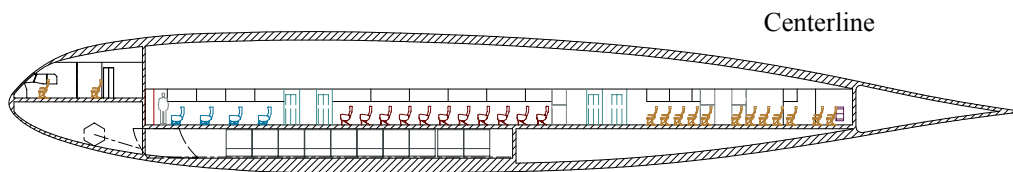
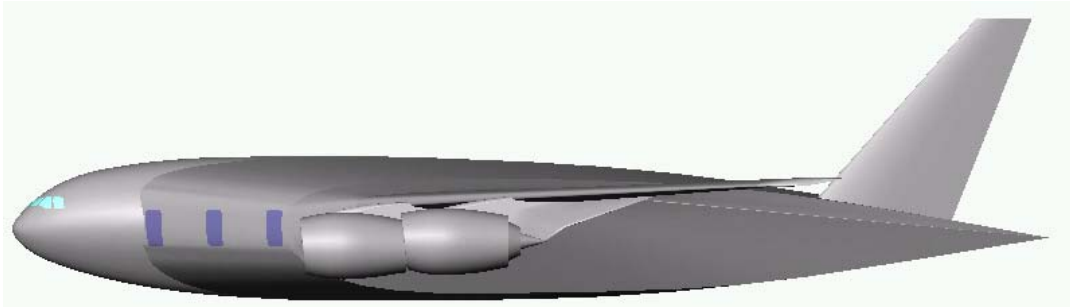


**Bild 3.4** Draufsicht des Nurflüglers

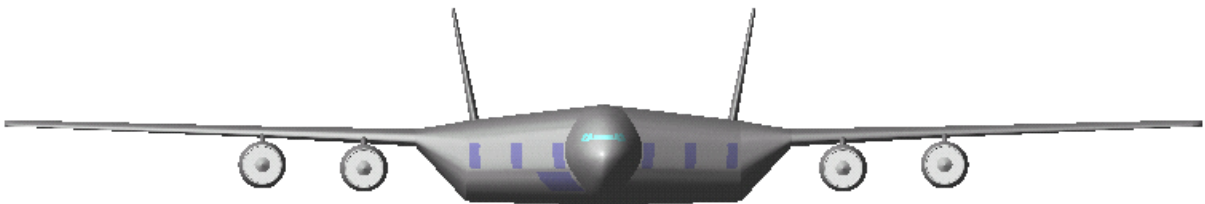


**Bild 3.5** Ansicht von unten

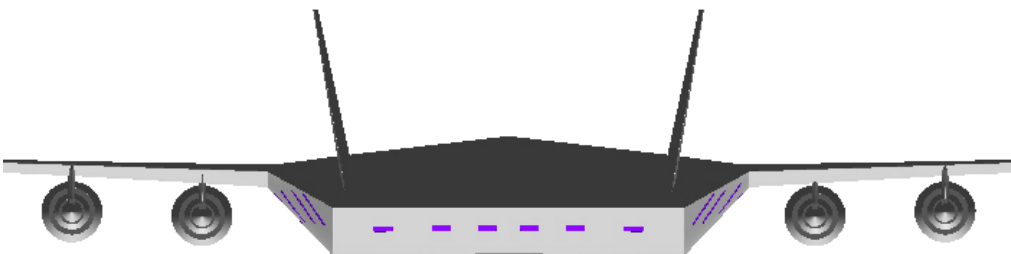
Bild 3.5 zeigt die Positionen der Hauptfahrwerksschächte, des Bugfahrwerksschachtes, der hinteren und seitlichen Türen, sowie die beiden Frachtraumzugänge.



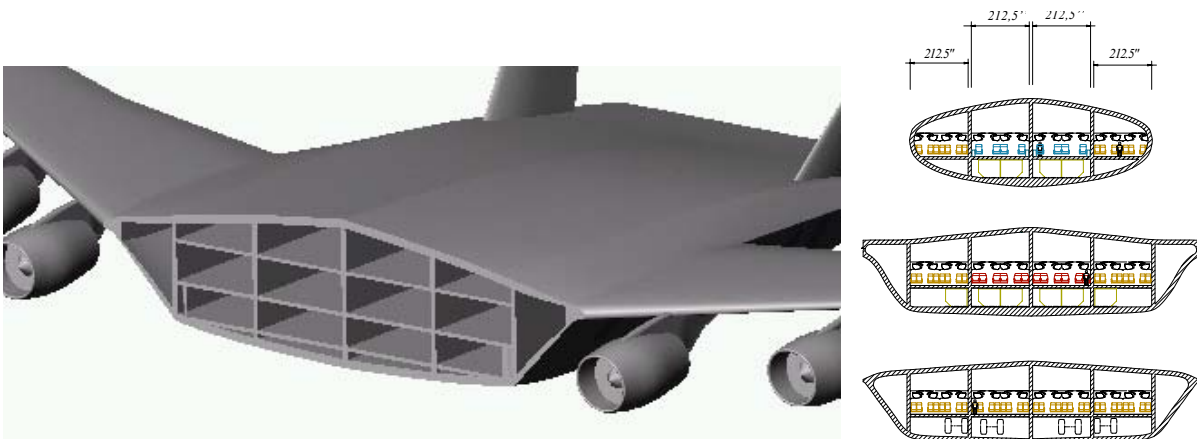
**Bild 3.6** Seitenansicht des Nurflüglers und Längsschnitt durch die Centerline



**Bild 3.7** Vorderansicht des Nurflüglers

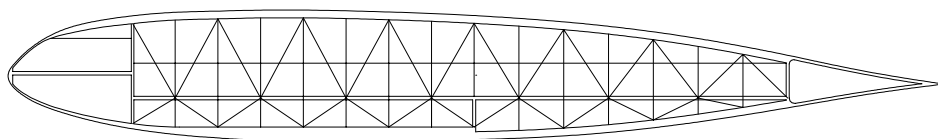


**Bild 3.8** Hinteransicht des Nurflüglers

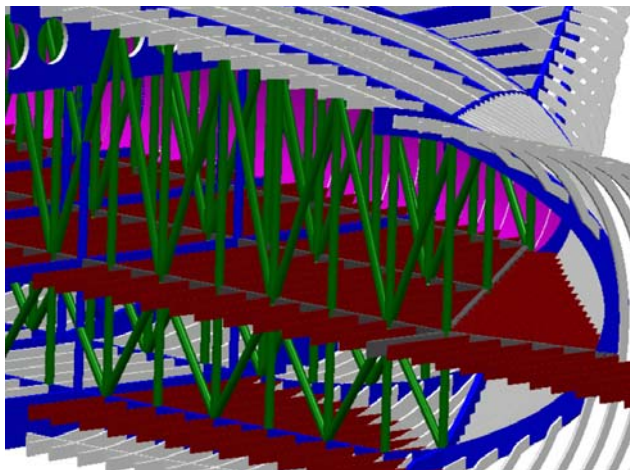


**Bild 3.9** Querschnitt durch die Kabine

Bild 3.9 zeigt einen Querschnitt durch die Kabine im Bereich des Tragflächenanschlusses. In diesem Bereich befindet sich der Übergang vom keilförmigen in den rechteckigen Teil der Kabine. Der bis jetzt ungenutzte Freiraum oberhalb des Hauptdecks ist in den Schnittansichten der Bilder 3.6 und 3.9 deutlich zu erkennen. Die erforderliche Stehhöhe im Oberdeck ist bei der hier dargestellten Flugzeuggeometrie nahe der Centerline gegeben. Die Kabinenbreite beträgt an dieser Stelle ca. 23m. Des weiteren sind der Bereich des Hauptdecks und der darunter liegende Frachtraum zu erkennen. Die dargestellten Trennwände repräsentieren die Unterteilung der Kabine in vier Sektionen und beinhalten zugleich die tragende Struktur. Um den entstehenden Kräften und Belastungen Stand halten zu können, wären eine Art Säulenstruktur oder wie in nachfolgenden Bildern 3.10 und 3.11 dargestellt, eine Fachwerkkonstruktion denkbar.



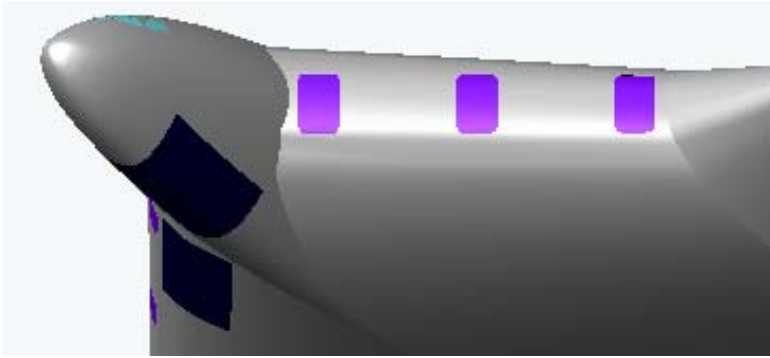
**Bild 3.10** Strukturbeispiel der Kabine eines Nurflüglers im Längsschnitt (2-D) (AA)



**Bild 3.11** Strukturbeispiel der Kabine eines Nurflüglers (3-D) (Brünger 2000)

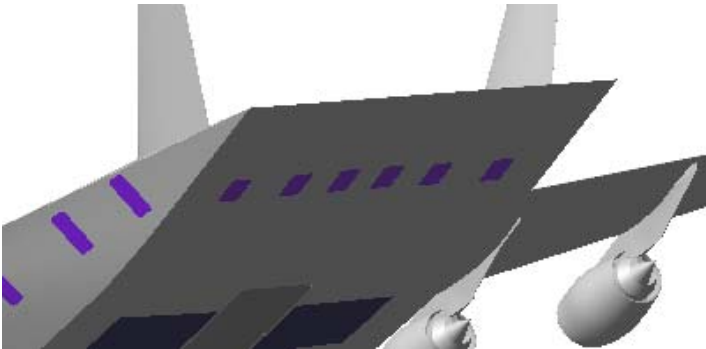
## 3.2 Türlagen

Die Lage und Größe der Türen des Flugzeuges sind durch die Konfiguration vorgegeben, können aber während der Ausarbeitung verändert werden. An der Vorderseite der Kabine sind jeweils drei Türen pro Seite vorgesehen (Bild 3.12). Es handelt sich dabei um Türen des Typs A. (vgl. Anhang C – Türtypen; **JAR 25.783**)



**Bild 3.12** Vordere Türanlagen

Außerdem sind vier seitliche sowie drei hintere Typ A Türen (Belly Doors) vorgesehen. Die Anzahl der Türen (zehn auf jeder Seite) ergibt sich aus der heutigen Anforderung der Notevakuierung (näheres dazu siehe Kapitel 3.1)



**Bild 3.13** Hintere Türanlagen

Bedingt durch die flügelartige Flugzeuggeometrie führen die Ausgänge der hinteren Türen zum unteren Teil des Rumpfes (Bild 3.13). Diese Ausgänge sind nur als beschränkt nutzbare Fluchtwege anzusehen, da beispielsweise beim Wegbrechen eines der Hauptfahrwerke damit zu rechnen ist, dass sich das Flugzeug nicht in der normalen Konstruktionslage befindet und gegebenenfalls die gesamten, oder ein Teil der Hecktüren blockiert sind. Da in einem solchen Fall die verbleibende Anzahl der Notausgänge nicht ausreicht, muss in Zukunft über neue Fluchtwegmaßnahmen nachgedacht werden.

Beispiele für derartige hintere Zugänge sind die dreistrahlige Boeing 727, sowie die zwei-strahlige Familie der MD-80 (Bild 3.14).



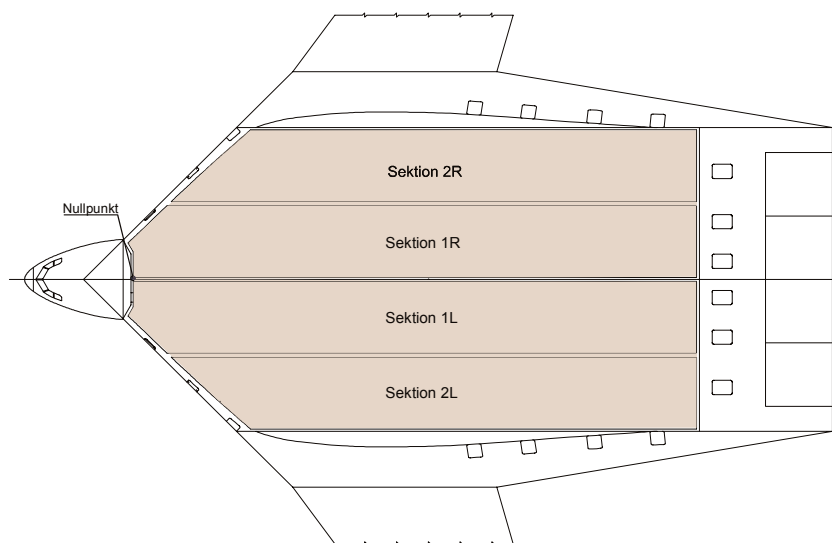
**Bild 3.14** Tail Cone Zugang der Boeing 727 und der MD-80 (<http://www.airpics.com>)



Bei diesen Flugzeugen werden im Heckbereich des Flugzeuges ausfahrbare Rampen verwendet, die mittels einer integrierten Treppe den Zugang zum Flugzeug ermöglichen. Diese Türtypen haben andere Anforderungen hinsichtlich der Beaufschlagung mit Passagieren bei Notevakuierungen, als die konventionellen senkrechten Ausstiege. Diese Zugänge können nur bei normalen Betrieb verwendet werden, und gewährleisten dementsprechend nur in normaler Flugzeuglage, bei ausgefahrenen Fahrwerken und festem Stand auf dem Boden eine gefahrlose Benutzung. So geartete Ausgänge sind aufgrund ihres steilen Winkels und aufwendigen Konstruktion detailliert zu betrachten und werden im weiteren Verlauf nicht eingehender diskutiert.

### 3.3 Kabinengrundriss

Um den Bereich der Passagierkabine eindeutig zuordnen zu können, zeigt folgendes Bild 3.15 den Grundriss des Passagierbereichs innerhalb der Flugzeugkonfiguration. Des weiteren wird die Kabine in vier gleichmäßige, in Längsrichtung verlaufende, Sektionen unterteilt. Diese Sektionsabschnitte wurden bereits vorher festgelegt. Darüber hinaus sind die seitlichen und hinteren Türpositionen zu erkennen.



**Bild 3.15** Kabinengrundriss der Startkonfiguration

## 4 Optimierung der Eindeckkabinenkonfiguration

### 4.1 Vorgehensweise

Bevor ein zusätzliches Oberdeck in einer Zweideckkonfiguration untersucht und integriert werden kann, muss als erstes das bereits bestehende Referenzlayout von Airbus optimiert werden. Dieses Kabinenlayout weist momentan noch erhebliche Mängel auf. Hauptgesichtspunkte, unter denen eine neue Auslegung stattfinden soll, sind in erster Linie die Verkürzung der Kabine, der Passagierkomfort, akzeptable Turn-Round-Zeiten und eine schnelle Notevakuierung. Darüber hinaus können erste Ansätze für Trends und Ausblicke in die Zukunft verfolgt werden.

Obwohl die gesamte Nutzlast (Passagierkabine, Frachtraum, Kraftstoff, etc.) wesentlich von der Auslegung der Gesamtkonfiguration abhängt, beschäftigt sich diese Diplomarbeit hauptsächlich mit dem Bereich der Passagierkabine. Das Erstellen eines Passagierkabinenlayouts beruht auf einem iterativen Prozess, welcher ständigen Veränderungen seiner Einflussgrößen unterworfen ist. Werden Positionen von Einbauten (wie z. B. Sitze, Toiletten Gänge, etc.) oder ganze Bereiche innerhalb einer Kabinensektion verändert, so hat dies direkten Einfluss auf die anderen Sektionen. Hierbei steht die Kabinenkonfiguration im ständigen Einklang mit der Flugzeuggesamtkonfiguration (Aerodynamik). Wird die Kabinengeometrie verändert, so muss dementsprechend die Flugzeuggeometrie angepasst werden (und umgekehrt).

Bei der Optimierung des Kabinenlayouts ist darauf zu achten, dass alle relevanten Anforderungen berücksichtigt und eingehalten werden. Sind die Layoutergebnisse nach einer Überprüfung nicht zufriedenstellend, so muss das Layout entsprechend modifiziert oder gegebenenfalls vollständig erneuert werden. Mehrere Iterationsschleifen sind hier nötig. Sowohl Standardanforderungen (wie z. B. vorgegebene Sitzabstände, Gangbreiten, etc.) als auch Wunschanforderungen (wie z. B. größere Toiletten, Gang-Sitzanordnung, etc.) werden in einer Liste zusammengefasst, welche die Diplomarbeit begleitend stetig vervollständigt wird (siehe Anhang B). Erst wenn das Layout alle Anforderungen seitens Kapazität und Vorschriften erfüllt hat, kann mit der detaillierten Ausarbeitung von Evakuierungs-, Catering- und Boardingkonzept begonnen werden.

Ist die Untersuchung und die Geometriefestlegung für die Eindeckvariante abgeschlossen, so ist anschließend die neue 3-D Geometrie zu untersuchen. Aufgrund der Optimierung und der verkürzten Kabine schrumpft zugleich die Profildicke (bei konstanter rel. Profildicke) und somit der verbleibende Freiraum oberhalb des Hauptdecks und des Frachtraums. Hierbei ist zu überprüfen, ob das Freiraumvolumen für ein zusätzliches Oberdeck ausreicht (Stehhöhe mind. 84'', Einbauten, etc.) oder ob der gegebenenfalls zusätzlich benötigte Platzbedarf im Oberdeck durch eine Art aufgesetzten „Buckel“ realisiert werden kann. Die Idee als Alterna-

tive ein größeres Profil zu verwenden, wurde in Gesprächen mit anderen Fachbereichen (Aerodynamik, Kabine) vorerst verworfen, da dadurch wieder sehr viel ungenutzter Freiraum in der Luft befördert werden würde.

Ist der zur Verfügung stehende Freiraum ermittelt worden, wird festgelegt, welche Komponenten bzw. Kabinenbereiche aus dem Hauptdeck in das Oberdeck verlagert werden können. Des Weiteren ist zu ermitteln, welche Zusatzinstallationen (wie z. B. Zugangstreppe, Trolley-lift, etc.) und Anforderungen zu berücksichtigen sind. Anschließend sind die Auswirkungen bezüglich Catering, Boarding/ Deplaning und Notevakuierung für eine Zweideckkonfiguration zu untersuchen. (siehe Kapitel 5)

Die Ausarbeitung der Kabinenlayouts in dieser Diplomarbeit basiert auf den vorgegebenen Geometrien der Startkonfiguration, und beginnt mit der Definition der Gestaltungsrichtlinien und Anforderungen. In einem weiteren Schritt wird der erste Stand des Referenzlayouts untersucht und basierend auf den Anforderungen ein modifiziertes Drei-Klassen-Kabinenlayout erstellt.

## 4.2 Anforderungen an die Kabine des Flying Wing

Im ersten Schritt dieser Untersuchung werden die Anforderungen (Requirements/ Guidelines) und Randbedingungen (Remarks) bezüglich des Flying Wing definiert. Diese ergeben sich aus den Erkenntnissen der parallelen Untersuchung und Bewertung des Layouts der Startkonfiguration. Es werden hier nur die wichtigsten Aspekte an die Flying Wing-Kabine dargestellt. Detaillierte Informationen über die Grundlagen der Kabinenarchitektur sind im Anhang C (Grundlagen der Kabinengestaltung) zusammengefasst.

Es sind eine Reihe von Anforderungen (wie z. B. für das Ground Handling, Boarding/ Deplaning, Notevakuierung, etc.) einzuhalten und wichtige Parameter (wie z. B. Geometrien, Abmaße, etc.) zu definieren. Hierbei beschränken sich die genannten Anforderungen vorwiegend auf die für die Kabine des Flying Wing relevanten und einflussnehmenden Faktoren. Anforderungen beispielweise an Flügel, Fahrwerk, Cockpit, Flugverhalten, Lärm usw. werden hier nicht näher betrachtet.

### 4.2.1 Anforderungsliste

Eine ausführliche, in englisch verfasste, Anforderungsliste befindet sich in Anhang B, welche während der Diplomarbeit stetig vervollständigt wird. Diese besteht aus zwei Teilen. Sie umfasst feste Anforderungen (wie z. B. Vorschriften, Standards, Richtlinien, etc.) und Wunsch-anforderungen (wie z. B. Zukunftstrends, neue Geometrien, etc.). Des weiteren wurden während der Ausarbeitung verschiedene Fachbereiche befragt und deren Informationen, Erfahrungswerte, Vorschläge, Ideen sowie Meinungen mit erfasst. Die dadurch gewonnenen Anforderungen werden mit der jeweiligen Ansprechperson als Quelle in die Liste mit aufgenommen und entsprechend vermerkt.

Da es sich beim Thema Nurflügler um ein Zukunftsprojekt handelt, ist dieser ständig neuen Herausforderungen und Ideen ausgesetzt. So entstehen teilweise gänzlich neue Anforderungen, oder es werden einige bestehende Anforderungen gestrichen bzw. modifiziert. Einige Anforderungen unterstehen ständigen Diskussionen. Die Anforderungslisten sind daher in einem „lebenden“ Prozess fortzusetzen.

## 4.2.2 Richtlinien JAA, FAA

Neben den oben genannten Quellen sind außerdem die Regularien der JAA und FAA zu beachten. Diese sind auf die heutigen Flugzeugkonfigurationen ausgelegt und somit nicht gänzlich auf den Nurflügler übertragbar. Man geht davon aus, dass einige dieser Richtlinien für das Jahr 2030 geändert bzw. modifiziert werden müssen. (z. B. 90 Sekunden-Regel bei Notevakuierung, JAR25.803 (c)) (siehe dazu Kap. 4.3.5: Interpretation der Vorschriften).

## 4.2.3 Passagierkapazität

Es sollen insgesamt 750 Passagiere befördert werden. Die Passagierzahl des Nurflüglers wurde auf eine 35 % höhere Kapazität als die der A380-800 gesetzt ( $1.35 \times 555 = 750$ ) (EHCA 2001). Für das Flugzeug ist ein Drei-Klassen-Konzept nach folgender Aufteilung in Tabelle 4.1 vorgesehen:

**Tabelle 4.1** Passagierkapazität

Passagierkapazität		
Class	Pax	in Prozent
First Class (FC)	22	2,9%
Business Class (BC)	136	18,7%
Economy Class (EC)	592	78,9%
<b>Summe</b>	<b>750</b>	<b>100%</b>

## 4.2.4 Klassenverteilung

Aufgrund der Flugphysik unterliegen die äußeren Bereiche der Kabine während der Drehung um die Längsachse, z. B. beim Kurvenflug ungewohnt hohen Beschleunigungen. Der Flugkomfort ist daher nahe der Centerline angenehmer als an den äußeren Bereichen. Wegen des unterschiedlichen Flugkomforts ist daher eine Anordnung der Klassen von innen nach außen sinnvoll. Die First Class ist möglichst nahe an der Flugzeugmittelachse zu positionieren. Anschließend ist ebenfalls die Business Class im Anschluss an die First Class in nächster Lage zur Rumpfmittle vorzusehen. Somit erstreckt sich vorwiegend die Economy Class auf die äußeren bzw. ggf. hinteren Kabinenbereiche. Die Forderung nach Fenstersitzplätzen für die First und Business Class kann in diesem Fall nicht berücksichtigt werden, da nur bedingt Fensterinstallationen aufgrund der Kabinengeometrie möglich sind. (AA, HK)

#### 4.2.5 Kabine-Primärstruktur

Die festgelegte Kabinenbreite beträgt 900'' (ca. 22,86 m) und ist in vier Sektionen zu unterteilen. Es ergibt sich daraus für jede Sektion eine Breite von 212,5''. Diese Kabinenbreite ist festgesetzt und bleibt unverändert. Sie hat ihre Herkunft aus einer vorangegangenen Studie (**Kleffmann 2001**), in der eine Single-Aisle-Auslegung, bestehend aus sieben Sektionen und eine Twin-Aisle-Auslegung, bestehend aus vier Sektionen miteinander verglichen wurden. Das Resultat ergab, dass eine Twin-Aisle Auslegung viel komfortabler und übersichtlicher ist, als die einer Single-Aisle-Auslegung (Kabinen sind tunnelartig, Gefühl des „Eingesperrt-seins“). Die Kabinenlänge dagegen ist variierbar. Die Ausgangslänge beträgt im ersten Schritt 1658,6''. Um hohen Aufwand zu vermeiden, sollte die Kabine möglichst gleichmäßig und symmetrisch zur Flugzeuglängsachse aufgeteilt werden. Die Längsträgerelemente, welche die Trennwände der vier Sektionen darstellen, sind aus strukturellen Gründen mit jeweils 12'' Dicke zu berücksichtigen. Der detaillierte strukturelle Aufbau braucht hier nicht näher berücksichtigt werden. Es ist zu beachten, dass diese Strukturwände durch sämtliche Kabinendecks gleichmäßig verlaufen. Das heißt, dass dieselben Positionen sowohl im Frachtraum, als auch im Oberdeck vorzufinden sind. Die LD3-Container sind innerhalb dieser Trennwände im Frachtraum unterzubringen. In folgender Tabelle 4.2 sind alle wichtigen Kabinenmaße (**AA, VELA, EHCA 2001**) zusammengefasst:

**Tabelle 4.2** Kabinenmaße

Kabinenmaße	
Kabinenbreite (festgelegt)	900"
Kabinenlänge der Startkonfiguration (variabel)	1658,6"
Sektionsbreite	212,5"
Längsträgerelemente (Breite)	12"
Quergangbreite (für Catering, Boarding)	36"- 40"
Quergangbreite (Evakuierung)	mind. 20"

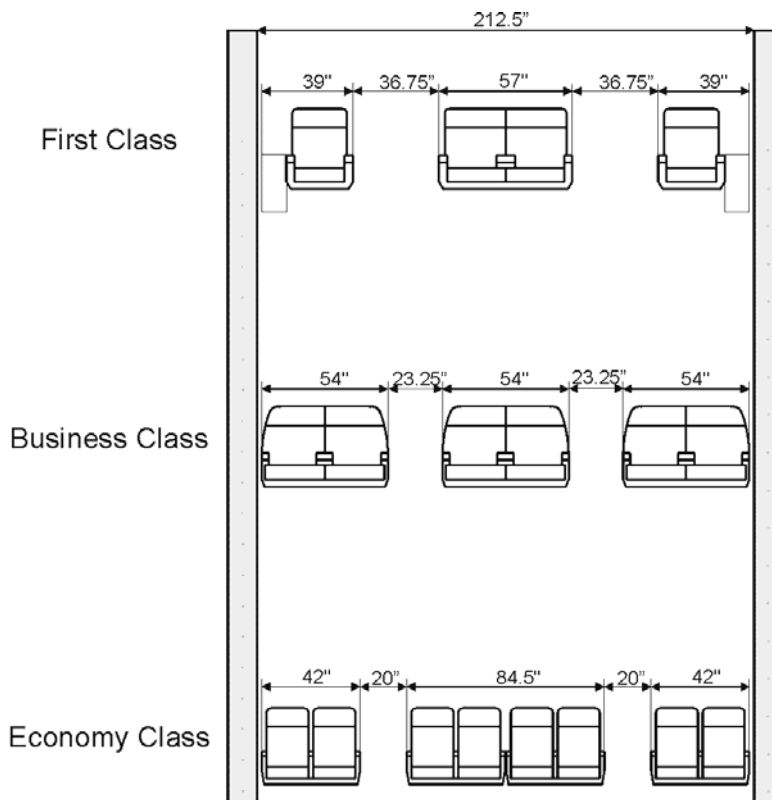
#### 4.2.6 Türgrößen und -positionen

Heutzutage gibt es verschiedene Türtypen. Jede besitzt andere geometrische Abmaße und wird je nach Bedarf eingesetzt (abhängig von der max. erlaubten Passagieranzahl, siehe dazu **JAR 25.807**). Wird eine Tür hauptsächlich zum Boarding/ Deplaning benutzt, so muss diese groß genug sein, dass ein angemessener Passagierfluss aufrecht erhalten werden kann. Die Türpositionen, sowie die Wahl der entsprechenden Türtypen sind abhängig vom späteren Kabinenlayout, sollten aber möglichst gleichmäßig verteilt sein (siehe **JAR 25.813**). Je nachdem, wie die Fluchtwege verlaufen, müssen die entsprechenden Quergangbreiten, Türpositionen und -typen angepasst werden. Hierbei sind jedoch auch andere Richtlinien einzuhalten,

um Behinderungen, beispielsweise bei der Evakuierung, zu vermeiden (wie z. B. Sicherheitsabstände der Türen (zu den Triebwerken ca. 1,5 m; zur Flügelhinterkante ca. 1m), Abstand zwischen den Notrutschen). Beim Referenzlayout hat man sich, aufgrund der hohen Passagierkapazität entschlossen, Türen des Typs A (110 Pax/ Tür; **JAR 25.807(b)**) zu installieren, da nur diese Türen einer Notevakuierung (bei ca. 1050 Pax in High-Density-Bestuhlung) in einer angemessenen Zeit gewachsen sind. (siehe Anhang C: Türtypen, **AA**)

#### 4.2.7 Längsgänge

Eine vorangegangene Studie hat gezeigt, dass eine Twin-Aisle Auslegung im Vergleich zu einer Single-Aisle Auslegung, aus Sicht des Passagierkomforts mehr Vorteile besitzt (**Kleffmann 2001**). Durch eine Wahl einer Twin Aisle Auslegung, teilt sich die Kabine somit in vier gleiche Sektionen, mit je zwei Längsgängen auf. Die Sektionsbreite beträgt hier 212,5". In dieser Sektionsbreite werden die entsprechenden Sitzbestuhlungen und die Längsgangbreiten der jeweiligen Klasse untergebracht (Siehe dazu Tab. 4.3 Maßvorgaben für Sitze). Der seitliche Mindestabstand der äußeren Sitze zur Primärstruktur beträgt unter Berücksichtigung späterer Verkleidungselemente und Seitenfreiheit zwei Zoll. Bild 4.1 stellt die Querschnitte einer Twin-Aisle Konfiguration, auf Basis des A380 Oberdecks, dar.



**Bild 4.1** Sektion in Twin-Aisle Konfiguration

### 4.2.8 Quergänge

In der Eindeckkabine werden, den seitlichen Türpositionen entsprechend, fünf Quergänge in gleichmäßiger Verteilung vorgesehen. Da die Quergangbreiten noch nicht genau definiert sind, muss vorerst festgelegt werden, welche Quergänge für das Boarding, das Catering und den Service vorgesehen sind. Quergänge in denen hoher Passagierfluss (Boarding/ Deplaning) herrscht, sollten mit einer Breite von 36'' - 40'' veranschlagt werden (**Kleffmann 2001**), wohingegen in einem weniger oft benutzten Quergang eine Mindestbreite von 20'' ausreicht (**JAR 25.813 (a)**). Die Mindestbreite von 40'' ergibt sich aus der Verdopplung der vorgeschriebenen Breite von Quergängen (20'') in Flugzeugen mit mehr als einen Hauptgang. Es müssen außerdem alle Längsgänge durch jeden dieser Quergänge erreichbar sein (siehe Anhang C: Quergänge). Um die jeweiligen Breiten festzulegen sollten mehrere Boarding/ Deplaning-Szenarien durchgegangen werden, in denen die Quergänge verschiedene Hauptaufgaben zu erfüllen haben.

### 4.2.9 Positionierung der Quergänge

Die Querganglagen hängen eng mit den Türpositionen zusammen und haben einen erheblichen Einfluss auf die Gestaltung der Kabine. Des weiteren kommt die evakuierungsunterstützende Funktion der Quergänge besonders zum Tragen, wenn nur eine Seite des Flugzeuges für die Evakuierung in Frage kommt. In diesem Fall müssen die Passagiere der nichtevakuierbaren Seite zügig über die Quergänge zur anderen Kabinenseite gelangen können.

Die momentanen Quergangpositionen weisen erheblichen Optimierungsbedarf auf. Insgesamt besitzt das Startkabinenlayout fünf Quergänge. Es befindet sich ein breiter Vordergang in der ersten Hälfte der Kabine, dagegen sind vier Quergänge dicht beieinander in der zweiten Hälfte angeordnet. Eine gleichmäßigere Verteilung wäre vor allem für die Notevakuierung von Vorteil und würde einen schnelleren Passagierfluss ermöglichen. Um eine gleichmäßige Verteilung zu erreichen, muss untersucht werden, in wie weit man die Türpositionen verschieben darf und kann. Es sind einerseits Sicherheitsabstände einzuhalten, andererseits ist darauf zu achten das man nicht mit anderen Systemen kollidiert. Positioniert man beispielsweise eine Tür sehr nah am Flügel, so muss von der Flügelhinterkante (bei ausgefahrenen Landeklappen) zu den Notrutschen hin ein Sicherheitsabstand von mind. 1500 mm eingehalten werden. Das gleiche gilt vor, bzw. hinter den Triebwerken. Hier ist ebenfalls ein Abstand von mindestens 2500 mm vor und 1500 mm hinter den Triebwerken vorzusehen. Diese Sicherheitsabstände sind empirisch ermittelte Erfahrungswerte des FPO Airbus (**OD**).



#### 4.2.10 Gangbreiten zwischen hohen Einbauten

Die Gangbreite, sowohl in Längs- als auch in Quergangrichtung, zwischen hohen Kabineneinbauten, wie beispielsweise zwischen einer Bordtoilette und einer Küche, sollte mindestens 30 Zoll betragen. Dies ermöglicht einen schnelleren Durchfluss der Passagiere während des Boardings/ Deplanings und der Notevakuierung. Dieses Maß ist zwar derzeit noch nicht in den Vorschriften der JAA oder FAA verankert, wird aber in absehbarer Zeit dort Berücksichtigung finden. Herkunft dieser baldigen Vorschrift war der „Manchester“-Unfall, bei dem mehrere Passagiere während einer Evakuierung nicht rechtzeitig die Kabine verlassen konnten. Es wird bereits angedacht, dieses Maß bei der Entwicklung von zukünftigen Kabinenkonzepten, wie z. B. bei der Entwicklung des Großraumflugzeuges Airbus A380, zu verwenden (**HK**). Der Arbeitsraum vor Bordküchen ist mit einer Mindestbreite von 36'' über die gesamte Küchenbreite zu veranschlagen. (**Kleffmann 2001**).

#### 4.2.11 Anordnung von hohen Einbauten (Monuments)

Da die Passagierbereiche durch die Quergänge in Bereiche etwa gleicher Größe unterteilt werden sollen, bieten sich besonders die Kreuzungspunkte zwischen Längs- und Quergängen für die Positionierung von Küchen und Bordtoiletten an. Einerseits sind Küchen in den Quergängen für ein schnelles Catering besser erreichbar und andererseits können die Kreuzungspunkte als Wartebereich vor den Toiletten oder als zusätzlicher Arbeitsbereich(= Quergang/ Boardingpfad) für die Küchen dienen. Die Verteilung der Bordtoiletten unterliegt nicht den operationellen Anforderungen wie die Bordküchen. Sie sind entsprechend der Passagierdichte, gleichmäßig innerhalb der Klassen zu verteilen. Die Toiletten sind so anzuordnen, dass die Privatsphäre der Passagiere gewahrt bleibt und auch während des Servicevorgangs zugänglich sind. Es sind gegebenenfalls Trennwände vor Toiletten und Küchen unterzubringen, um Lärm, Gerüche und Einblicke zu verbergen.

#### 4.2.12 Maßvorgaben

Alle Maße basieren auf dem neuesten Stand der Top Level Aircraft Requirements des A380 (**TLAR 1999**). Dies gilt sowohl für Sitze, als auch für hohe Einbauten, wie z. B. Küchen (Galleys) und Toiletten (Lavatories). Der seitliche Mindestabstand der äußersten Sitze zu den Strukturwänden beträgt, unter Berücksichtigung der Seitenfreiheit und späterer Verkleidungselemente, mindestens zwei Zoll. Sitzabstände, Sitzfreiräume zu festen Einbauten, Mindestgangbreiten sowie Beinfreiheiten sind entsprechend nachfolgender Tabelle 4.3 einzuhalten (siehe dazu Bild 4.1):

**Tabelle 4.3** Maßvorgaben für Sitze

Maße [in Zoll]				
Class	Pitch	Recline	Mindestgangbreite	Beinfreiheit
First Class (FC)	68	16	25	27
Business Class	46	8	23	22
Economy Class	32	5	20	22

### 4.2.13 Sitzkonfigurationen

Die Sitzreihenkonfigurationen der verschiedenen Klassen, sind entsprechend einer Twin Aisle Anordnung auszulegen. Um die frei verfügbare Kabinenbreite jeder Sektion zu bestimmen, sind entsprechend an den vier Längsträgern und den äußeren Kabinenwänden, die Maße für Seitenverkleidungen und Seitenfreiheit (Offset 2'') zu berücksichtigen. Die unterschiedlichen Gangbreiten der jeweiligen Klasse sind entsprechend den Anforderungen mit zu berücksichtigen. Für die verwendeten Sitze sind folgende Sitzbreiten für die Erstellung des Kabinenlayouts festgelegt (Tabelle 4.4):

**Tabelle 4.4** Sitzbreiten (A380; TLAR 1999)

Sitzbreiten [in Zoll]				
Sitzbestuhlung pro Bank Klassen	1	2	3	4
<b>FC</b>	39	57	-	-
<b>BC</b>	26,5	54	-	-
<b>EC</b>	22	42	62	84,5

Wie aus dem Referenzlayout ersichtlich ist, besteht die First Class aus Einzel- und Zweiersitzen. Die Business Class besteht komplett aus Zweiersitze und die Economy Class besitzt in einer Sitzreihe Vierersitze, sowie zwei Zweiersitze. Stellenweise existieren im Referenzlayout in der Economy Class auch Dreier- sowie Einzelsitze. Dieses ist zu vermeiden (siehe nächstes Kapitel 4.2.14). Die Verteilung der Bestuhlung hängt je nachdem davon ab, wie die Kabine aufgebaut ist und wo eventuelle Freiräume genutzt werden können.

#### 4.2.14 Sitzschienen

Um großen Aufwand zu vermeiden, sollen die Anordnung der Sitzpositionen durch ein einheitliches, klassenübergreifendes Sitzschienenkonzept realisierbar sein. Demnach sind Einzel- und Dreiersitze in der EC ungünstig. Sie erfordern zusätzliche Sitzschienen, was höheren Konstruktionsaufwand sowie Gewicht kostet. Es ist daher ein neues einheitliches EC-Sitzkonzept, vorwiegend bestehend aus Zweier- und Vierersitzen zu erstellen. **(HK, IK)**

#### 4.2.15 Kabinenkomponentenverteilung (Ratios)

Die benötigte Anzahl von Trolleys, Flugbegleitern (Att.) und Toiletten (Lav.) werden für die jeweiligen Klassen nach einem bestimmten Passagier/ Komponenten-Verhältnis (Ratios) ermittelt. Um diese auf den Nurflügler übertragen zu können, dienen als Grundlage für die Berechnungsverhältnisse die Daten des Airbus A380 (based on A3XX-100 Status 14 Typical 3-class layout (555 Pax- L25P 01100 A8 03/12/99) **EHCA 2001**) und sind in nachfolgender Tabelle 4.5 dargestellt.

**Tabelle 4.5** Pax/ Einbauten Ratios (Long Range)

<b>Pax / Einbauten</b>			
Class	Pax / Trolley	Pax / Att.	Pax / Lav.
FC	2	8	10
BC	4	25	25
EC	10	35	45

Um einen gewissen Komfort bieten zu können, sind die Kabinenstandards und Ratios aus Tabelle 4.5 einzuhalten. Eventuelle Komfortansprüche können durch zusätzlich installierte Komponenten gehoben werden (z. B. mehr Toiletten, bzw. getrennte Toiletten m/w, etc.), sofern der benötigte Platzbedarf und die Bedingungen gewährleistet sind. Diese Entscheidung liegt jedoch bei den jeweiligen Fluggesellschaften. Für 750 Passagiere ergibt sich daraus, für die jeweiligen Klassen, die in Tabelle 4.6 dargestellte, folgende Komponentenverteilung:

**Tabelle 4.6** Anzahl der Komponenten und Einbauten

<b>Resultierende Anzahl von Einbauten</b>			
Class	Trolleys	Attendants	Lavatories
FC	11	3	3
BC	34	6	6
EC	60	17	14
<b>Summe</b>	<b>105</b>	<b>26</b>	<b>23</b>

Die Komponenten sind entsprechend der Passagierverteilung in den einzelnen Kabinenbereichen anzuordnen. Es ist dabei auf eine gleichmäßige Verteilung zu achten. Die Einbauten sind je nach Platz- und Komfortbedarf geringfügig veränderbar. Dieses kann jedoch erst später bei der Erstellung der neuen optimierten Kabinenlayouts festgelegt werden.

#### **4.2.16 Service**

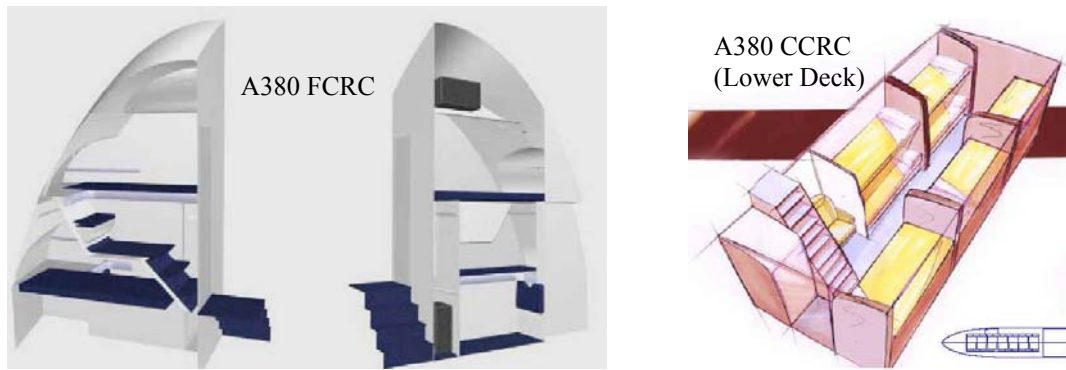
Um die Servicewege und -zeiten während des Reisefluges gering zu halten, sollte die Verteilung und Anordnung der Bordküchen so gestaltet sein, dass die Service-Wege des Kabinenpersonals möglichst gleichmäßig und unkompliziert verlaufen. Eine mittige zentrale Anordnung, innerhalb der Kabinenbereiche, wären vorteilhaft. Der maximale Serviceweg bei der A380 beträgt 15 Meter (Oberdeck). Diese Wege sollten auch hier nicht überschritten werden. **(HK)**

#### **4.2.17 Flugbegleiterbereiche/ -sitze (Assist Space/ CAS)**

Flugbegleiterbereiche sind an allen Kabinentüren entsprechend **JAR 25.813 (b)** vorzusehen. Die Flugbegleitersitze (CAS) sind möglichst so zu positionieren, dass sie sich nahe der Notevakuierungstüren befinden (**JAR 25.785 (h) (1) (2)**) und die Flugbegleiter während der Start- und Landephase, von ihren Sitzen aus, mindestens 50 – 80 % des ihnen zugeteilten Passagierbereichs überblicken können (**AC 25.785-1A 9; GC**) (Siehe außerdem Anhang C: Kap. C.8.11 Assist Space)

#### **4.2.18 Flight/ Cabin Crew Rest Compartments (FCRC/ CCRC)**

Es sind nach **TLCRD 1999** mindestens für die Hälfte der Besatzung Schlaf- und Ruheräume (Crew Rest Compartments) auf Langstreckenflügen vorzusehen. Diese Compartments befinden sich an den Stellen in der Flugzeugkabine, wo keine Sitze bzw. wenige Sitzplätze verdrängt werden. Werden die CRC auf dem Passagierdeck positioniert, bedeutet dies Sitzplatzverlust, wohingegen eine Unterbringung im Frachtraum wiederum die Frachtkapazität verringert. Im Falle des Nurflüglers würde sich hier das Oberdeck, aufgrund des nutzbaren Freivolumens, am besten eignen. Die Ruheräume der Piloten sind in Cockpitnähe unterzubringen. Im Falle eines Notfalles wäre die zweite Cockpitbesatzung somit in Cockpitnähe. Im nachfolgenden sind die A380 FCRC und das CCRC (Lowerdeck) im Bild 4.2 dargestellt.



**Bild 4.2** FCRC/ CCRC des A380 (Präsentation **HK, ETXCU**)

### 4.2.19 Toiletten (Lavatories)

Der Trend von Toiletten wird dahin gehen, die Toiletten nicht nur luxuriöser, sondern vor allem auch in der Geometrie größer zu gestalten (**MEc**). Dadurch wird den Passagieren mehr Platz zur Verfügung gestellt und somit der Passagierkomfort erhöht. Die Geometriedaten dieser hier verwendeten größeren Toiletten befindet sich in der Anforderungsliste in Anhang B. (Festgelegt von Harry Kwik und Stefan Lee Okt. 2002).

### 4.2.20 Staufächer, Verkleidungen, Sonstiges

Die Erstellung von Vorschlägen hinsichtlich weiterer Einbauten wie Staufächer, Seiten- und Deckenverkleidungen sind in dieser Arbeit nicht vorgesehen. Es werden größtenteils die vorhandenen Geometriedaten und Standardwerte des A380 verwendet.

Eine Sammlung bestehend zu den „Grundlagen zur Kabinengestaltung“ befindet sich in Anhang C. Diese soll einen allgemeine Übersicht vermitteln und beinhaltet generelle Informationen, die für die Kabinengestaltung wichtig sind.

## 4.3 Randbedingungen

Aufgrund der speziellen Flugzeugkonfiguration „Nurflügler“ ergeben sich neben den Anforderungen folgende Randbedingungen, welche größtenteils die Geometrie des Flugzeuges, sowie den daraus resultierenden Aspekten für die Gestaltung des Kabinenlayouts beschreiben. Darüber hinaus werden die während der Ausarbeitung unberücksichtigten Gesichtspunkte festgehalten.

### 4.3.1 Definition des Kabinenbereichs

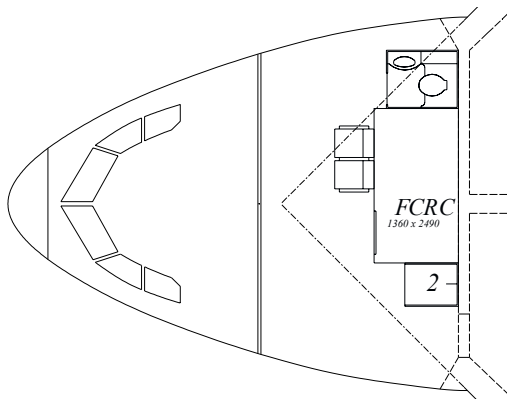
Das Flugzeug teilt sich insgesamt in drei Ebenen auf (Frachtraum, Hauptdeck, Oberdeck). Für die Kabine auf dem Hauptdeck kommt der Bereich zwischen den beiden äußersten Längsträgerstrukturen in Frage. Die seitlichen Bereiche außerhalb der Kabine, sind für eine Unterbringung der Passagiere ungeeignet. Hier sind die Durchgänge, die seitlich angeordneten Türen und die Unterbringung von Systemen vorgesehen. In der Passagierkabine ist eine Mindesthöhe von ca. 2,1 m (84'') einzuhalten. Im Oberdeck ist vorerst nur die Installation von Kabinenkomponenten vorgesehen, in denen der Aufenthalt während Start und Landung nicht gestattet ist. Es soll in einem weiteren Schritt die Installation einer zusätzlichen Passagierkabine auf dem Oberdeck untersucht werden. Hierfür werden, aufgrund der einzuhaltenden Mindesthöhe, nur die Sektionen 1L und 1R in Frage kommen. Im Frachtraum ist die Verstaueung der LD-3 Container vorgesehen. Da sich diese Ausarbeitung hauptsächlich mit der Passagierkabine beschäftigt, wird nicht detailliert auf die Gestaltung des Frachtraums eingegangen. (AA)

### 4.3.2 Flugkomfort

Bei einem Wechsel der Fluglage von der Horizontalen in den Kurvenflug sind erhebliche Nachteile an der Kabine des Nurflüglers zu bemerken. Die äußeren Bereiche der Kabine (d. h. weg von der Centerline) unterliegen während der Roll- und Giermanöver ungewohnt hohen Beschleunigungen. Der Flugkomfort ist somit, durch die auftretenden Kräfte, in den äußeren Kabinenbereichen eingeschränkt. Aus Komfortgründen wäre eine Anordnung der First Class in den äußeren Bereichen undenkbar. Da Fensterinstallationen nur bedingt, wenn überhaupt machbar sind, kann die Wunschanforderung, Fenstersitzplätze für die First Class Passagiere zu schaffen, nicht erfüllt werden. Die Gesamtkonfiguration des Flugzeuges ist so ausgelegt, dass eine Beschleunigung von ca. 1,2 g nicht überschritten wird. Aus diesem Grund sind die Auswirkungen der flugphysikalischen Eigenschaften bei der Positionierung der Kabinenkomponenten an dieser Stelle nur sekundär zu berücksichtigen. (siehe Kap. 2.2.2 Passagierkomf.)

### 4.3.3 Cockpit Zugänglichkeit

Seit den Terroranschlägen vom 11. September 2001 auf das World Trade Center in New York (USA), bei denen zeitgleich mehrere Passagierflugzeuge entführt und als fliegende Bomben benutzt wurden, werden neue Vorschläge hinsichtlich der Sicherheit an Bord von Flugzeugen verschärft diskutiert. Hierbei spielt vor allem die Zugänglichkeit zum Cockpit, der Kommandozentrale und somit das Gehirn des Flugzeuges, eine entscheidende Rolle. Im Rahmen dieser Diplomarbeit soll versucht werden, erste Lösungsansätze durch neue Überlegungen zu finden. Dabei sollte es nicht ohne weiteres möglich sein, vom Passagierbereich Zugang zum Cockpit zu erlangen. Es soll der Ansatz verfolgt werden das Cockpit während des Fluges als völlig autarken Bereich auszulegen (siehe Bild 4.3). Dies erfordert Konzepte von zusätzlich sanitären Einbauten und Crew Rest Compartments nahe des Cockpits, so dass der Zugang ausschließlich von der Cockpitseite aus erfolgen kann. Des weiteren gibt es Überlegungen Kameras an den Außentüren zu installieren, um einen guten Überblick im Türenbereich des Cockpits zu erlangen. Auch Ideen für Gegenmaßnahmen gegen gewaltsames Eindringen, wie z. B. K.O.- Gasanlagen, schusssichere Türen zu installieren, können in Erwägung gezogen werden.



**Bild 4.3** Gestaltungsmöglichkeit des Cockpits (Cockpit + FCRC + Lavatory)

### 4.3.4 Flughafeninfrastruktur

Die meisten Flughäfen wären zum jetzigen Zeitpunkt der Indienststellung des Flying Wing nicht auf den Betrieb von Flugzeugen mit solchen Kapazitätsausmaßen vorbereitet (Taxiways, Runways, Parkpositionen, etc.). Um alleine das Boarding/ Deplaning in angemessener Zeit bewältigen zu können, bedarf es einem ausgereiften Boardingkonzept und insbesondere entsprechenden Veränderungen an den Gates. Bei den Fluggesellschaften gibt es unterschiedlichste Einschätzungen, wann dieses flächendeckend der Fall sein wird. Die durch derzeitige Großflughäfen als repräsentativ anzusehenden Infrastrukturen auf dem Flugfeld (Anzahl der Boarding Bridges, Catering Fahrzeuge, etc.) werden im weiteren Verlauf dieser Arbeit nur in Ihren Grundlagen betrachtet. Bei der Ausarbeitung des Caterings ist zu berücksichtigen, dass

die Türen im Heckbereich, sowie Teilbereiche an der Flugzeugvorderseite unzugänglich sind, da diese durch den Frachtverladeablauf im Unterdeck versperrt sind. Für das Catering wird daher auf die seitlichen Türen ausgewichen. Da der Nurflügler nach heutigen Prognosen erst im Jahre 2030 einsatzfähig wäre, gehen wir davon aus, dass die Infrastruktur dann so ausgereift ist, dass das „Operational Ground Handling“ problemlos zu bewältigen ist. Ungeachtet dessen, versucht diese Arbeit das Optimum aus dem heutigen Stand der Technik zu ermitteln.

### 4.3.5 Interpretation der Vorschriften

Die Zulassungsvorschriften der JAR/ FAR sind entsprechend heutiger konventioneller Flugzeuge erstellt worden. Bezüglich dieser Vorschriften stellt der Nurflügler, aufgrund seiner vollständig andersartigen Geometrie, einen Sonderfall dar. Wie bereits in Kapitel 2.2.2 erwähnt, ist abzusehen, dass nicht alle Vorschriften einzuhalten sind und eventuell neu diskutiert bzw. angepasst werden müssen. Bevor eine Nurflügelauslegung nach heutigen Vorschriften stattfinden kann, ist die Interpretation der jeweiligen Vorschrift vorher zu klären.

**JAR 25.807 (d)(7)** besagt beispielsweise:

*“For an aeroplane that is required to have more than one passenger emergency exit for each side of the fuselage, no passenger emergency exit shall be more than 60 feet (18.288 m) from any adjacent passenger exit on the same side of the same deck of the fuselage, as measured parallel to the aeroplane’s longitudinal axis between the nearest exit edges.”*

Diese Vorschrift wurde für konventionelle Flugzeuge mit einer Kabinenbreite von etwa 20 Fuß erstellt. Es stellt sich nun die Frage, in wie weit diese Regel auf die Nurflügelkabine übertragen werden kann. Denn alleine die Nurflügelkabinenbreite beträgt insgesamt 75 Fuß (900”). Somit sind die seitlichen Türen in Querrichtung mehr als 60 Fuß voneinander entfernt. Die Regel jedoch besagt, dass Türen parallel in Längsrichtung, nicht mehr als 60 Fuß auseinanderliegen dürfen. Es ist fraglich, wie diese Regel auf den Nurflügler übertragen werden kann. Da die Türen hier nicht nur seitlich, sondern kreisförmig angeordnet sind.

Oder besagt die Regel, dass ein Passagier der zwischen zwei Türen sitzt, nicht weiter als 30 Fuß von einer Tür sitzen darf? Würde man nach dieser Interpretation einen Kreis, mit einem Radius von 30 ft, um jede Tür legen, so wären die Personen in der Mitte betroffen, welche sich außerhalb dieser 30 Fuß-Kreise befinden. Sollte diese Vorschrift so für den Nurflügler gelten, so würde dieser niemals zugelassen werden. Es ist daher sehr wahrscheinlich dass diese Vorschrift geändert wird. Andernfalls wäre dieses ein K.O.-Kriterium und es müssten sich hinsichtlich der Evakuierung, vor allem für die in der Mitte sitzenden Passagiere, neue Strategien überlegt werden. Bei einer eventuellen Markteinführung eines solchen Flugzeugkonzeptes, muss daher mit den ausschlaggebenden Luftfahrtbehörden über die gesetzliche Situation diskutiert werden. Da hierzu momentan keine weiteren Aussagen gemacht werden können

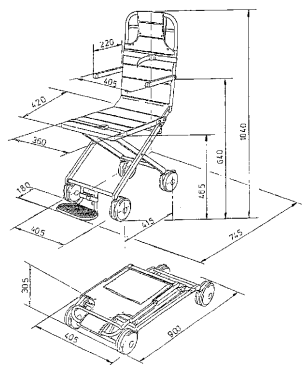


und keine näheren Informationen vorliegen, ist die Interpretation der heutigen Gesetzeslage, beim derzeitigen Entwicklungsstand von sekundärer Bedeutung.

#### 4.3.6 Behinderte Passagiere (Passenger with Reduced Mobility)

Heutzutage nehmen behinderte Passagiere, aber auch Senioren und alleinreisende Kleinkinder, die auf die Hilfe Anderer angewiesen sind, im Bereich der Flugreisen eine Sonderstellung ein. Diese Passagiergruppen sind mit einer ganzen Reihe von Problemen gleichzeitig konfrontiert.

Passagiere die auf Rollstühle angewiesen sind, sind abhängig von Vertikalaufzügen oder ähnliches um Höhenunterschiede zu überwinden (Lee 2002, Szameit 2001). Des weiteren ist die Positionierung und das Design von Bedienelementen und an Check-In Schaltern nicht immer behindertengerecht gestaltet. Besonders beim Boarding und Deplaning wird zusätzliche Hilfe benötigt, da die Rollstuhlfahrer aufgrund der schmalen Gänge auf einen, für die Flugzeugkabine, speziell konstruierten „Onboard Wheelchair“ ausweichen müssen (siehe Bild 4.4).



**Bild 4.4** „Onboard Wheelchair“ der Firma Innovint (Becker 2002; <http://www.innovint.de>)

Passagiere mit eingeschränkter Beweglichkeit (ältere und gebrechliche Personen) haben bei der Überwindung von langen Distanzen, dem Treppensteigen und beim Zugang in das Flugzeug die größten Probleme. Sehbehinderte und Blinde haben Probleme mit visuellen Informationen, Farbkontrasten und der Orientierung, während Passagiere mit Hörschwächen die meisten Probleme mit Audio-Informationssystemen haben.

Des weiteren erfahren Behinderte, insbesondere Rollstuhlfahrer eine ungerechte Behandlung:

- Sie werden vor allen anderen Passagieren als erstes geboardet.
- Sie verlassen beim Deplaning als letzte das Flugzeug.
- Behinderte werden meist dort hingesetzt, wo sie bei einer **Notevakuierung am wenigsten stören** (LH interne Vorschrift) (GC)

## Momentane Gesetzeslage

In den USA beispielsweise, wurden während der Clinton-Gore Regierung eine Reihe von Gesetzen verabschiedet, wie z. B. den „Non Discrimination Act“, welche die Rechte von behinderten Passagieren im Flugverkehr schützen und stärken sollen. Die rechtliche Grundlage, betreffend behinderter Passagiere im Flugverkehr, wird in den USA durch den „Air Carrier Access Act (ACAA)“ des Verkehrsministeriums (**DOT**) von 1990 festgelegt. Der ACAA verbietet jegliche Diskriminierung aufgrund von Behinderungen im Flugverkehr und gilt für sämtliche US-Betreiber einer kommerziellen Fluglinie. In Europa besteht die JAA, welche die Gesetze für europäische Fluglinien regelt. Neben den staatlichen Luftfahrtbehörden existieren noch weitere zivile Einrichtungen, die Empfehlungen hinsichtlich der Beförderung von behinderten Flugpassagieren, sowie deren Klassifikation aussprechen. Die ICAO (International Civil Aviation Authorities) empfehlen den Mitgliedsstaaten eine Klassifizierung von körperlich behinderten Passagieren, welche den Grad der notwendigen Unterstützung eindeutig festlegen. Des weiteren werden Vorschläge hinsichtlich der Ausrüstung und des Kabinendesigns veröffentlicht. Die ECAC (European Civil Aviation Conference) empfiehlt erweiterten Service für behinderte Passagiere, sowie die Gestaltung der Einbauten (wie z. B. Sitze, Toiletten, etc.). (**Becker 2001**).

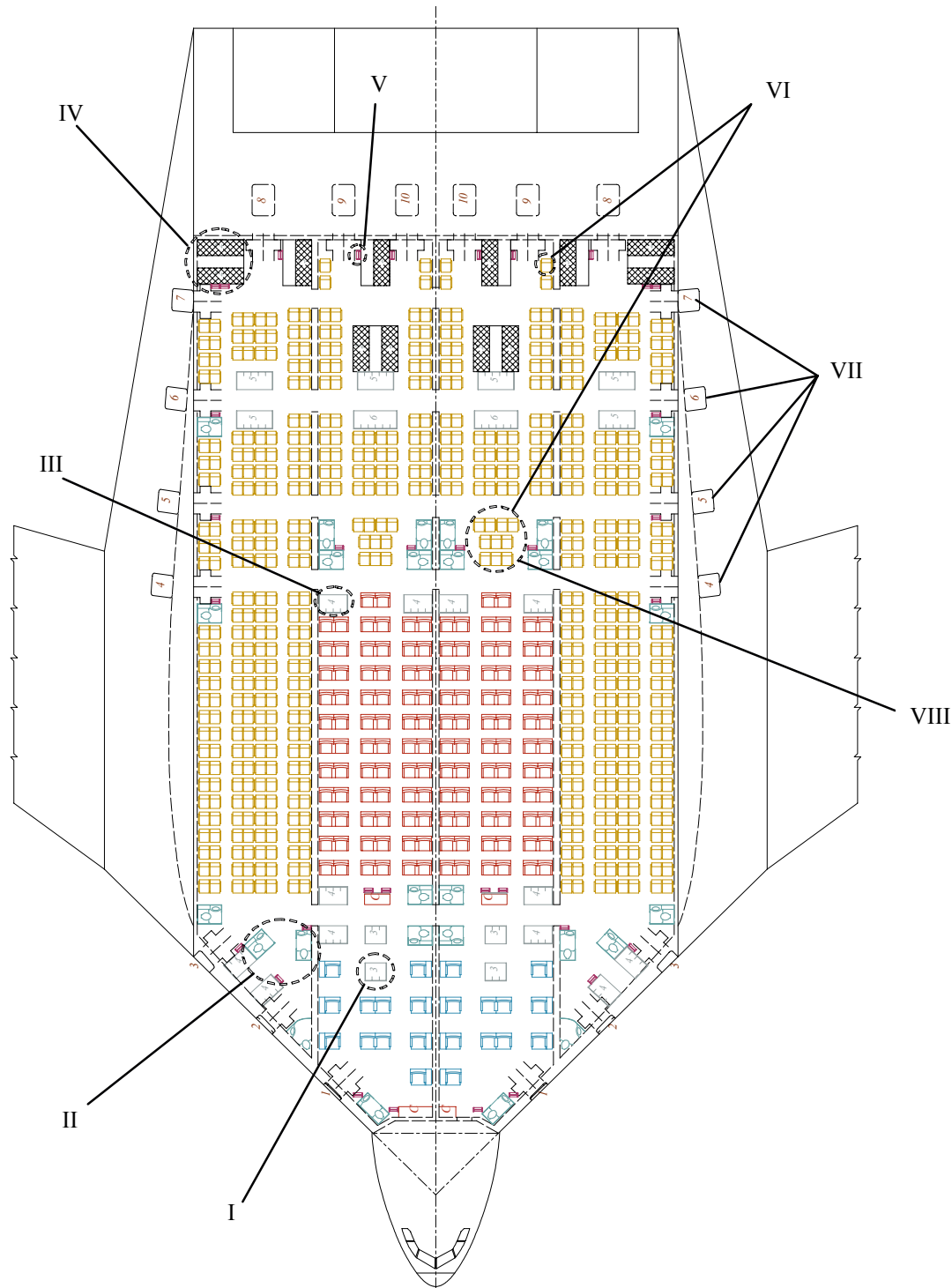
**Becker 2001** beschreibt, dass im Vergleich zu Europa und dem Asiatischen Raum die Gesetze der USA am umfangreichsten und genauesten definiert sind und aus diesem Grund als Vorgabe für zukünftige Entwicklungen anzusehen ist. Darüber hinaus hat die US-Regierung bekannt gegeben, dass die Gesetzesvorgaben für nationale Fluglinien zukünftig auch auf internationale Fluglinien ausgeweitet werden, die einen US-Flughafen anfliegen. Dieser Umstand erfordert seitens der Flugzeughersteller neue Konzepte zur Unterbringung von Fluggästen mit Behinderung, um am Markt konkurrenzfähig zu bleiben.

Da sich die Nurflügelkabine momentan im frühen Entwurfsstadium befindet, kann in Hinblick auf die behindertengerechte Kabinenlayouterstellung, in dieser Ausarbeitung, nur bedingt eingegangen werden (z. B. in Form von Zeittoleranzen; siehe Kap. 4.5). Es wäre interessant, eventuell hierzu eine weitere Studie laufen zu lassen, die „Behindertengerechte Flugreisen in zukünftigen Flugzeugkabinen“ [Anm. d. Verf.: so könnte das Thema der Studie lauten] näher untersucht.

Eine Möglichkeit, beispielsweise das Boarding für Rollstuhlfahrer angenehmer zu gestalten, wären Längs- und Quergänge, die sich temporär während des Boardings/ Deplanings verbreitern ließen. Die Sitze müssten dafür, ähnlich wie bei den Bussitzen, in Querrichtung automatisch verschiebbar sein. Speziell zur Notevakuierung sollten behinderte Passagiere ihre Sitzplätze möglichst nahe der Türen erhalten. Es müssten spezielle Zonen und Notevakuierungskonzepte vorgesehen werden. (Weitere Zukunftsaussichten befinden sich im Kapitel 6).

## 4.4 Untersuchung des Referenzlayouts

Das Referenzlayout soll unter Berücksichtigung aller relevanten Anforderungen (siehe Kapitel 4.3, Anhang B) und unter den Haupt Gesichtspunkten (Kurze Kabine, Passagierkomfort, akzeptable Turn-Roundzeiten, Evakuierung, Kabinenservice) ausgelegt und optimiert werden. Nachfolgend werden die Probleme des Referenzlayouts analysiert (Bild 4.5).



**Bild 4.5** Referenzlayout, Untersuchung und Problemanalyse

#### 4.4.1 Optimierungsbedarf/ Mängel am Referenzlayout

Bei der ersten Untersuchung des Layouts sind folgende Punkte in Tabelle 4.7 zu bemängeln:

**Tabelle 4.7** Optimierungsbedarf/ Mängel am Referenzlayout

<b>Untersuchung des Referenzlayouts</b>			
	<b>Optimierungsbedarf/ Mängel</b>	<b>Begründung</b>	<b>mögliche Lösungen/ Gegenmaßnahmen</b>
I	Galleys befinden sich zwischen den Sitzen der First Class	Geruch, sowie Lärm könnten die Passagiere stören. Weiter Weg für Trolleyaustausch: hoher Zeitaufwand, Gefahr der Beschädigung von Sitzen und Einbauten	Verlagerung der einzelnen Galleys, Bildung von zentralen Galleybereichen
II	Fluchtwege/ Eingänge müssen frei bleiben	Einbauten verengen die Fluchtwege, behindern die Sicht und den Passagierfluss	Verlagerung der Einbauten, Freiraumnutzung als Customized Area während des Reisefluges. (Kinderspielecke, Infocenter)
III	Galleys befinden sich zwischen den Sitzen der Business Class	Geruch, sowie Lärm könnten die Passagiere stören. Weiter Weg für Trolleyaustausch: hoher Zeitaufwand, Gefahr der Beschädigung von Sitzen und Einbauten	Verlagerung der einzelnen Galleys, Bildung von zentralen Galleybereichen
IV	Crew Rest Compartments (CRC) befinden sich verstreut auf dem Hauptdeck	Platzverlust für Sitzplätze auf dem Hauptdeck. Passagiere können sich zwischen diesen Einbauten beengt fühlen. Kabine wird unnötig lang, kein beruhigter Bereich.	Verlagerung der CRC, Vermeidung von Sitzplatzverlust. Sinnvolle Nutzung von Freiraum z. B. konische Bereiche, Oberdeck
V	Positionen der CAS sind nicht in oder gegen Flugrichtung angeordnet.	Um der 16 g Belastung standzuhalten, ist es sicherer alle Sitze in oder gegen Flugrichtung auszurichten ( <b>IK, JAR 25.785</b> )	Ausrichten der CAS in/gegen Flugrichtung
VI	Einzelstühle/ Dreierstühle von EC Passagieren	Sitzkonzept ist nicht optimiert. Einzelstühle erfordern zusätzliche Sitzschienen, was höheren Konstruktionsaufwand, sowie Gewicht kostet.	Erarbeiten eines neuen einheitlichen EC-Sitzkonzeptes, nur bestehend aus Zweier- und Viererbestuhlungen
VII	Türpositionen (4, 5, 6, 7) zu dicht beieinander. Keine einheitliche Verteilung.	Wenig Platz für Cateringfahrzeuge, viele Passagierminibereiche, unübersichtliche Kabine, eingeschränkte Kabinenflexibilität	Neuverteilung der Türen, <b>JAR 25.813</b>
VIII	Passagiere sitzen zwischen den Toiletten.	Privatsphäre ist durch Passagierverkehr, wartende Passagiere, evtl. Gerüche und Geräusche erheblich eingeschränkt.	Verlagerung der einzelnen Toiletten, Bildung von zentralen Toilettenbereichen. Trennwände

In weiteren Schritten sind unter genauerer Betrachtung des Kabinenlayouts und der Befragung der einzelnen Fachbereiche (Aerodynamik, Struktur, Kabinenkonfiguration, Flugzeugkonfiguration, Ground Handling) weitere Mängel feststellbar. Hierbei handelt es sich einerseits um Probleme, welche mit anderen Bereichen verknüpft sind und sich auf andere Komponenten nachteilig auswirken und andererseits um Details und Abläufe, die innerhalb und außerhalb des Flugzeuges stattfinden, wie z. B. die operationellen Abläufe wie Catering, Boarding, etc. Um diese Punkte zusammenzufassen, werden diese Anforderungen für eine „optimale Kabine“ mit in die Anforderungsliste aufgeführt (Anhang B). Wie bereits erwähnt, enthält diese Liste außerdem Wünsche und Zukunftstrends, die während der Untersuchung von den oben genannten verschiedenen Fachbereichen benannt wurden. Die wichtigsten Optimierungsmaßnahmen an der Kabine sind in folgender Tabelle 4.8 zusammengefasst.

**Tabelle 4.8** Anforderungsliste „Optimale Kabine“

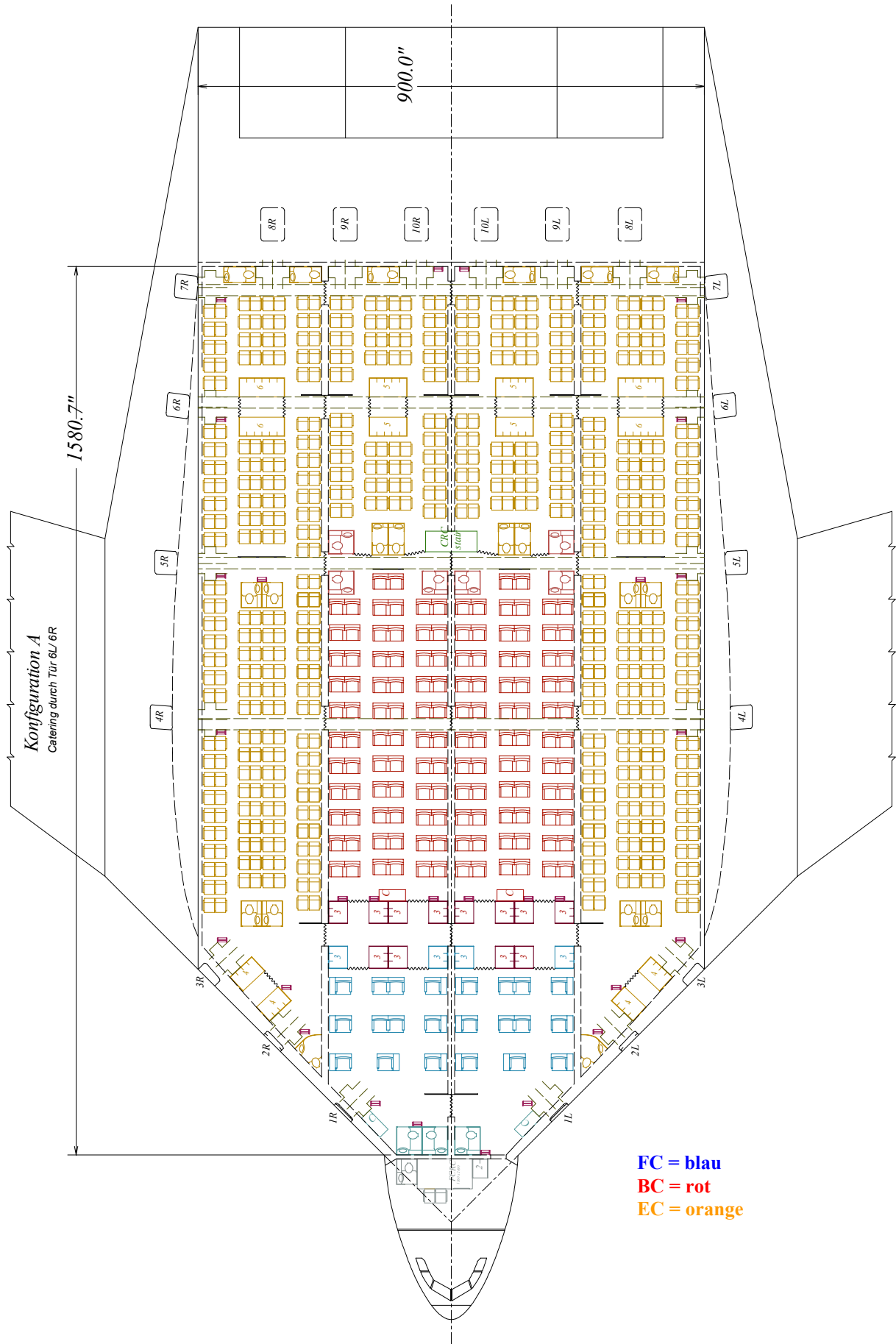
<b>Optimale Kabine</b>		
	<b>Optimierung/ Ideen/ Wünsche/ Regularien</b>	<b>Auswirkungen/ Details/ Anmerkungen</b>
1.	Verlagerung der CRC vom MD ins UD. Crew Rest Compartments dürfen keine Sitzplätze verdrängen	Es müssen CRC-Zugänge geschaffen werden. Die Treppe sollte sich möglichst nahe der Centerline befinden, da hier die beste Stehhöhe auf dem UD gegeben ist.
2.	Optimierung der Türposition Tür 4, so weit wie möglich nach vorne verschieben bis hinter das Triebwerk.	Anderen Türen, sowie deren Quergänge rücken nach. 2500 mm Sicherheitsabstand zu den Triebwerken, Sicherheitsabstand zu den Flügeln 1500 mm, Sicherheitsabstand zu den Flügeln fürs Catering 500 mm
3.	Festlegen der Quergangbreiten und -positionen. (momentane Breite 40")	Quergangbreiten sollten den Aufgaben und Anforderungen entsprechend angepasst werden (Unterscheiden nach Boarding, Catering, Evakuierung). Vermeiden von unnötigen Platzverbrauch
4.	Galley- und Toilettenbereiche sollen voneinander getrennt werden.	Zugänglichkeit beachten. Servicewege/-zeiten sollten nicht allzu lang sein. Auf Wahrung der Privatsphäre achten. Keine Sitzplätze zwischen Galleys oder Lavatories
5.	Gleichmäßige Verteilung der Toiletten, CAS	Kabine wird dadurch übersichtlicher, Kürzere Wege zu den Toiletten, auf Ratios achten
6.	Wenn eine Toilette besetzt ist, sollte es möglich sein die Andere zu erreichen	Vermeidung von wartenden Passagieren (Erhöhung des Passagierkomforts)
7.	Wenn die Galleys benutzt werden (z. B. Vorbereitung der Essensverteilung) müssen die Toiletten zugänglich sein.	Vermeidung von wartenden Passagieren (Erhöhung des Passagierkomforts)
8.	Toilettengeometrien FC/ BC/ EC werden größer gesetzt. Man geht davon aus das 2030 ein anderer Standard existieren wird.	Zukunftstrend zu größeren Toiletten im Jahre 2030. Festgelegt von Harry Kwik und Stefan Lee Okt. 2002 (schon heute für Long Range und A380 Option)
9.	Es sollte Passagieren möglich sein, sich innerhalb des Flugzeuges in den jeweiligen Klassen frei zu bewegen.	Es müssen Durchgänge geschaffen werden. Darauf achten, das Passagiere in ihren Klassen bleiben. Struktur sollte nicht zu stark beeinträchtigt werden. (Airline-policy)
10.	Fluchtwege müssen frei bleiben (mind. 20" Gang projiziert bei gegenüberliegenden Türen)	Notevakuierung, JAR 25.813
11.	Abstand zwischen festen Hocheinbauten wird auf 30"gesetzt.	Besserer Passagierdurchfluss (Boarding, Notevakuierung) (Folge aus Manchester Unfall (Kwik, Lee, Okt 2002)
12.	Assist Spaces (AS) müssen frei bleiben.	Um beim Boarding/ Deplaning, Notevakuierung assistieren zu können, brauchen die Flugbegleiter Ihren fest definierten Platz. Freihalten der AS (JAR 25.813; 25.875)
13.	Die Quergänge sollen flexibel innerhalb der Türbreite (42") versetzt werden können, d.h. die Durchbrüche müssen angepasst werden.	Dies trägt zur Flexibilität der Kabine bei. Fluggesellschaften können mit Ihren Gangpositionen innerhalb dieser Durchbrüche variieren.
14.	Sicherheitsabstände werden nicht eingehalten. (AS, Sitze vor Einbauten, Recline, etc.)	Es soll der Standard des A380 als Basis verwendet werden. Kontrolle der Sicherheitsabstände aller Sitze
15.	Sitzabmaße (pitch, recline, aisle width, etc.), CAS, Einbauten Geometrien, sind nicht optimiert und eingehalten.	Es soll der Standard des A380 als Basis verwendet werden.
16.	Sicherheitsabstände für Sitze vor Einbauten, bzw. CAS müssen eingehalten werden.	Sicherheit der Passagiere. Es soll der Standard des A380 als Basis verwendet werden.
17.	Ratios (Einbauten/ Pax) stimmen nicht mit dem des A380 Standards überein.	Es soll der Standard des A380 als Basis verwendet werden. Anpassen und überprüfen der Ratios
18.	Festlegen der Türen für das Catering, Boarding, Cleaning, Notevakuierung.	Festlegen der Quergangpositionen, Boarding-, Catering-, Evakuierungskonzept.

#### 4.4.2 Optimierte Eindeck-Kabinenlayouts

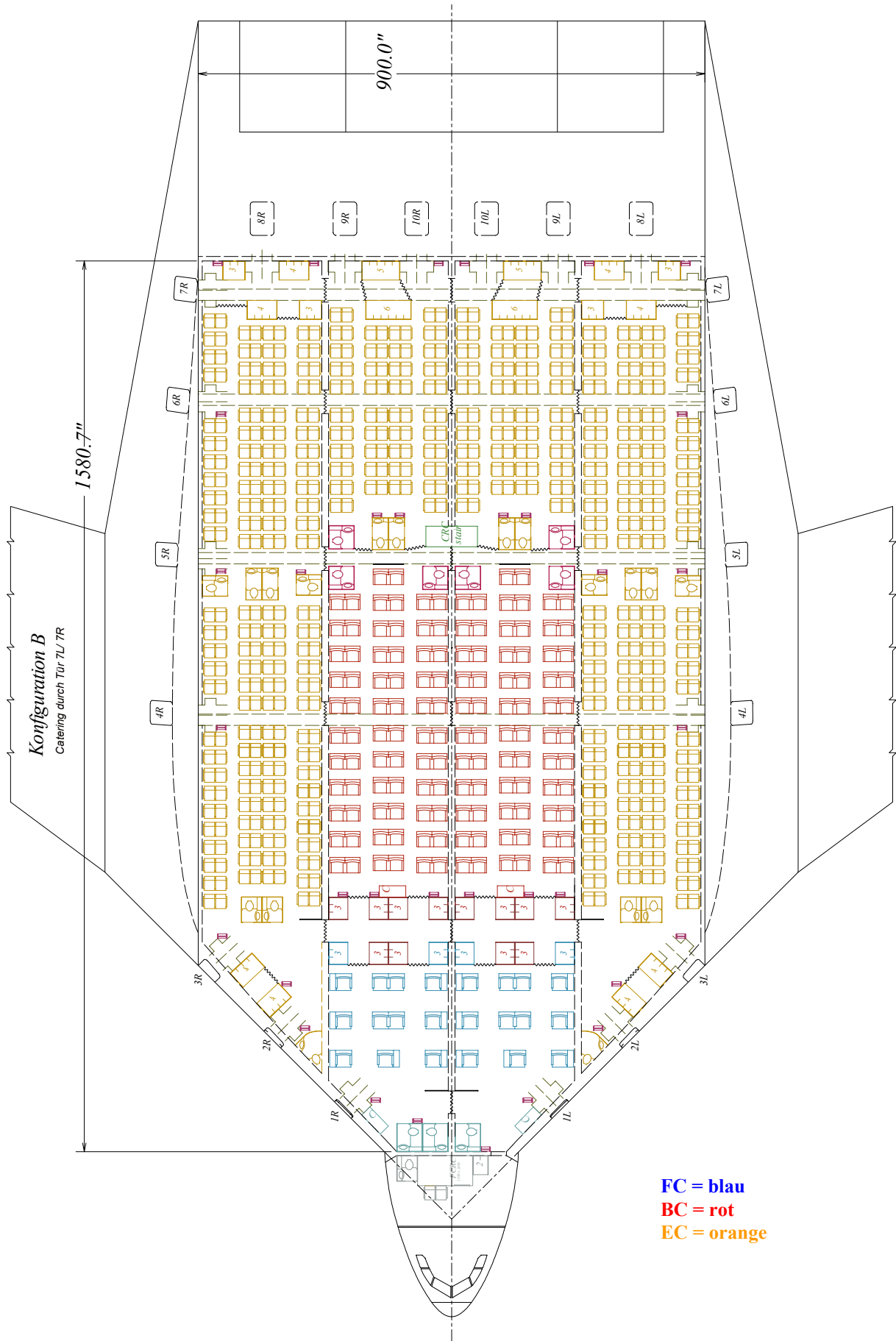
Unter Berücksichtigung aller relevanten Anforderungen und festgelegten Auslegungskriterien, werden Zwischenstände eines Kabinenlayouts erstellt und verschiedene Auslegungsansätze verfolgt. Je nach Beanstandung, Nichteinhaltung von Anforderungen, bzw. Definition von neuen Anforderungen oder Ideen, müssen diese Zwischenstände modifiziert oder teilweise ganz verworfen werden. Wird in einem Kabinenteil etwas verändert, so hat dies direkten Einfluss auf andere Komponenten in anderen Bereichen und somit auf die ganze Kabinen- bzw. Flugzeuggeometrie. Es entstehen Probleme, wenn Bereiche sich behindern oder miteinander kollidieren.

Nach mehreren Durchläufen und iterativen Schritten werden nun, unter Berücksichtigung aller bis dahin gesammelten Informationen und Kriterien (wie z. B. Catering, Servicewege, Erreichbarkeit von Toiletten, Sitzkomfort etc.), zwei Konfigurationen erstellt. Ausschlaggeber für die Erstellung von zwei Konfigurationen, ist die unterschiedliche Aufgabenverteilung der Türen. Unter Berücksichtigung eines schnellen Caterings (Aufladen der Küchen) werden verschiedene Szenarien dargestellt. Um ein schnelles Catering zu ermöglichen sollen die Küchenbereiche leicht erreichbar, nahe beieinander stehend, nahe der Cateringtüren und möglichst in einem Quergang liegen (siehe Anhang B). Um dieses erfüllen zu können, werden zwei große Galleyblöcke festgelegt. Der vorderste Galleyblock, welcher den vorderen Teil der Kabine und hauptsächlich die First Class und Business Class versorgen soll, befindet sich im vordersten Quergang, durch den auch das Boarding stattfindet. Bei der Wahl für den hinteren Service-Quergang bieten sich mehrere Möglichkeiten. Die hinteren seitlichen Türen 5, 6, und 7 kommen hier in Frage. Aufgrund der Flügelnähe und der Anforderung eines Sicherheitsabstandes der Cateringfahrzeuge von mindestens 1500mm von der Flügelhinterkante bei ausgefahrenen Landeklappen (Flaps), wird die Möglichkeit durch die Tür 5 zu catern verworfen. Der hintere Kabinenbereich wäre nicht optimal genutzt und es kommt bedingt durch die Quergänge von Tür 6 und 7 zu sehr kurzen Minibereichen, was wiederum eine Einschränkung der Kabinenflexibilität bedeuten würde.

Es wird daher der Ansatz, das Catering durch die vorletzten seitlichen Türen 6L/ 6R (im weiteren Verlauf mit Konfiguration A bezeichnet) und durch die letzten seitlichen Türen 7L/ 7R (im weiteren Verlauf mit Konfiguration B bezeichnet) verfolgt. Die Position der Türen 5L/ 5R wandern unter die Flügel und haben die Funktion von Notausstiegen. Bei der Untersuchung wird jede Konfiguration separat für sich betrachtet. Insbesondere wird großen Wert auf die Einhaltung der Privatsphäre der Passagiere gelegt. So werden z. B. Trennwände, welche den Service- und Toilettenbereich abschirmen sollen, positioniert und darauf geachtet, dass die Toilettenzugangstüren sich nicht Sitzplatznähe befinden. Getrennt werden die einzelnen Klassen mittels Vorhängen voneinander. Im nachfolgendem sind diese beiden Kabinenkonfigurationen im 2-D-Layout dargestellt (Bilder 4.6, 4.7). Die zu den jeweiligen klassenzugehörigen Komponenten sind farblich gekennzeichnet. (FC = blau; BC = rot ; EC = orange).



**Bild 4.6** Konfiguration A (Catering durch Tür 6L/ 6R) (siehe auch Bild A.7)



**Bild 4.7** Konfiguration B (Catering durch Tür 7L/ 7R) (siehe auch Bild A.8)



Die in Kapitel 4.2.15 (Kabinenkomponentenverteilung) aufgezählten Ratios müssen bei beiden Konfigurationen eingehalten werden. In nachfolgender Tabelle 4.9 sind die Anzahl der Einbauten beider Konfigurationen festgehalten.

**Tabelle 4.9** Anzahl von Einbauten der Konfigurationen A und B (ist und soll)

Anzahl von Einbauten (Konfiguration A)								Anzahl von Einbauten (Konfiguration B)							
Class	Sitze	Trolleys		Atten- dant		Lavato- ries		Class	Sitze	Trolleys		Atten- dant		Lavato- ries	
		soll	ist	soll	ist	soll	ist			soll	ist	soll	ist		
FC	22	11	12	3	3	3	3	FC	22	11	12	3	3	3	3
BC	136	34	36	6	6	6	6	BC	136	34	36	6	6	6	6
EC	592	60	60	17	17	14	20	EC	592	60	66	17	22	14	18
<b>Summe</b>	<b>750</b>	105	<b>108</b>	26	26	23	29	<b>Summe</b>	<b>750</b>	105	<b>114</b>	26	31	23	27

Verglichen mit Tabelle 4.6 (Ratios), werden alle Ratios eingehalten. Bedingt durch die Forderung nach einer gleichmäßigen Verteilung und der größtmöglichen Nutzung des zur Verfügung stehenden Raumes, sind stellenweise mehr Einbauten in der Kabine untergebracht, als erforderlich. Beispielsweise besitzen beide Konfigurationen in der Economy Class mehr Toiletten. Dieses gewährleistet eine bessere Zugänglichkeit zu den Toiletten und vermeidet unnötig lange Wartezeiten, was aus der Sicht des Passagierkomforts vorteilhaft ist. Alternativ können diese Bereiche aber auch mit Waschräumen oder Gepäckablagen versehen werden. (HK).

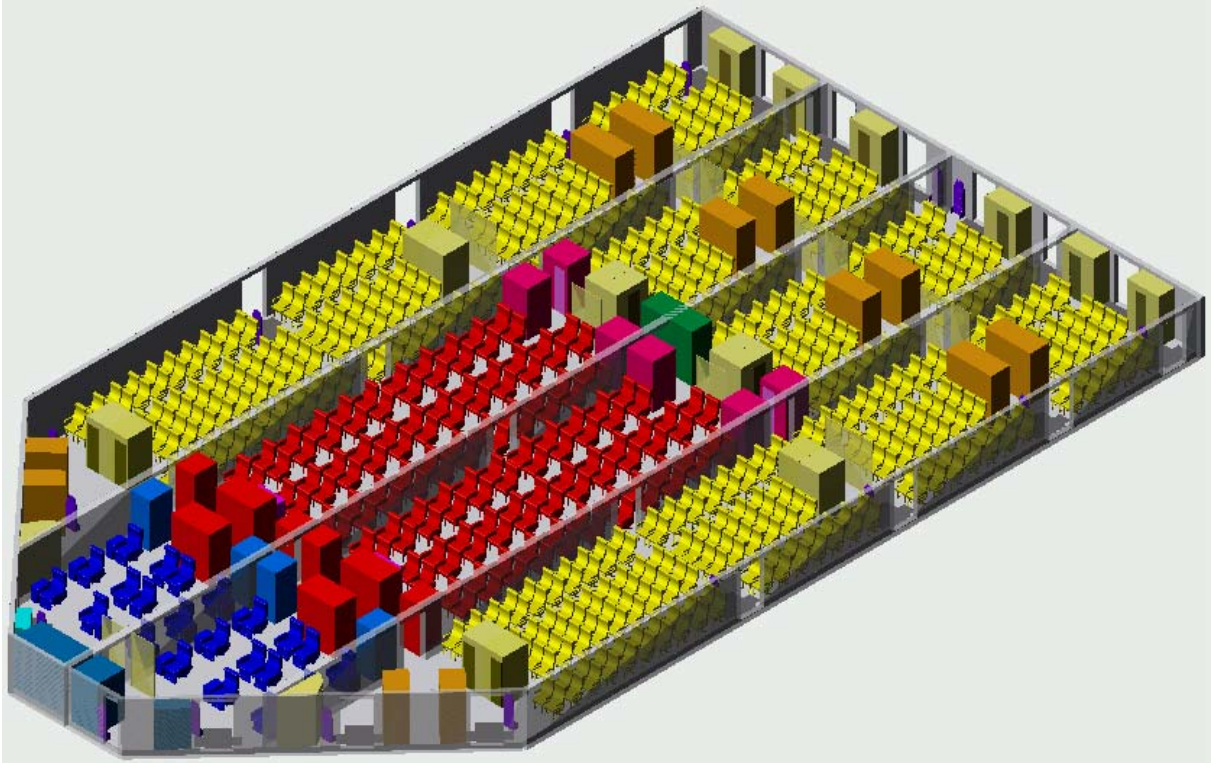
Konfiguration A erreicht nach der Optimierung eine Kabinenverkürzung von 2658,5 mm und Konfiguration B eine Verkürzung von 2855,5 mm. Da die Mindeststehhöhe der hinteren Türen (72'') aufgrund der geringeren Profildicke nicht mehr eingehalten werden kann, können diese Verkürzungen nicht voll ausgenutzt werden. Es wird daher eine einheitliche Verkürzung der Kabine von 2000 mm angesetzt. Des Weiteren werden die vorderen und seitlichen Türpositionen beider Konfigurationen angeglichen. Das Resultat ist eine Kabine mit gleichen Positionen der Strukturtrennwände und der vorderen/ seitlichen Türen, in zwei Varianten. Die unterschiedliche Positionierung der Küchenbereiche bringt jeweils Vor- und Nachteile mit sich:

**Tabelle 4.10** Vor- und Nachteile von Konfiguration A und B

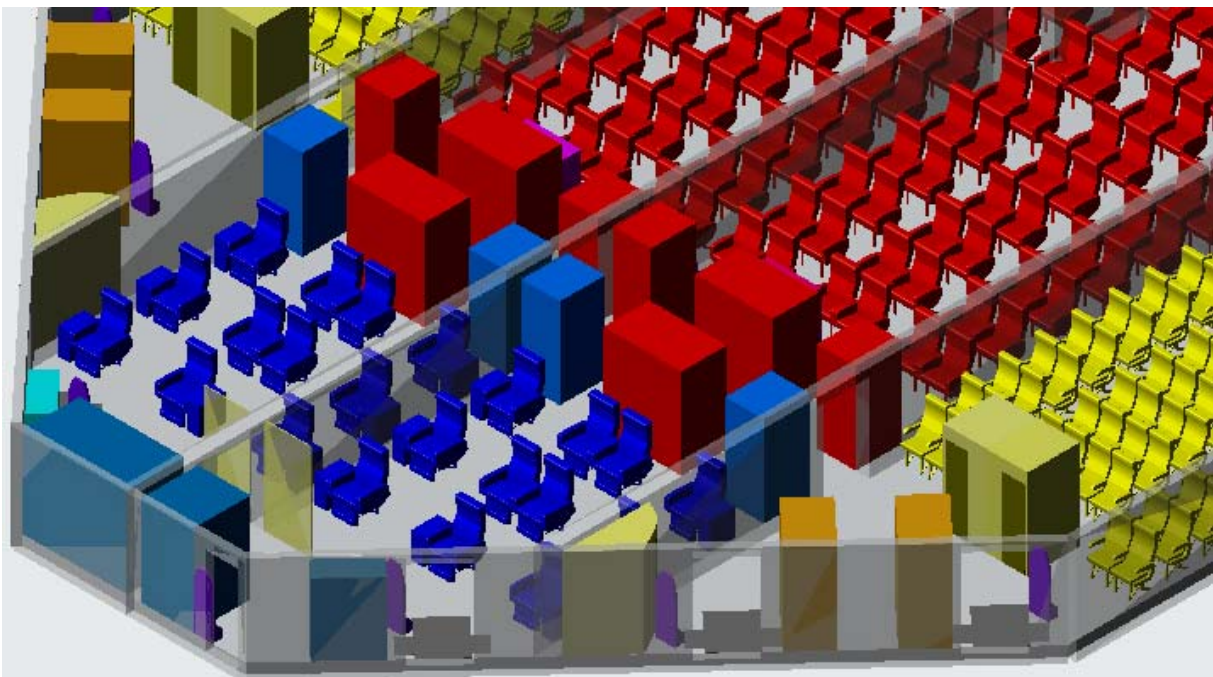
Kabinenlayout	Vorteile	Nachteile
<b>Konfiguration A</b> (Catering Tür 6L/6R)	Toiletten liegen zentral, Küchenbereiche liegen zentraler, Servicewege kürzer	„Minibereich“ ganz hinten, Unflexibilität: weitere Positionierung von Sitzen schwierig
<b>Konfiguration B</b> (Catering Tür 7L/7R)	Toiletten liegen zentral, größere Trolleyanzahl, größerer Arbeitsbereich (Assist Spaces können während Reiseflug genutzt werden), keine „Minibereiche“	Insgesamt längere Servicewege (bis zu 15 m), aber im Vergleich zum A380 akzeptabel.

Nach Absprache in den Fachbereichen wird beschlossen, sich für keines der beiden Konfigurationen zu entscheiden, sondern beide Endstände beizubehalten. Die Kabinenservicewege und -zeiten sind bei beiden Konfigurationen akzeptabel und sind mit denen der A380 vergleichbar (max. 15 m; Tabelle 4.10). Der positive Nebeneffekt ist, dass den Fluggesellschaften bereits jetzt, anhand der unterschiedlichen Kabinenlayouts, die Flexibilität der Nürflügel-

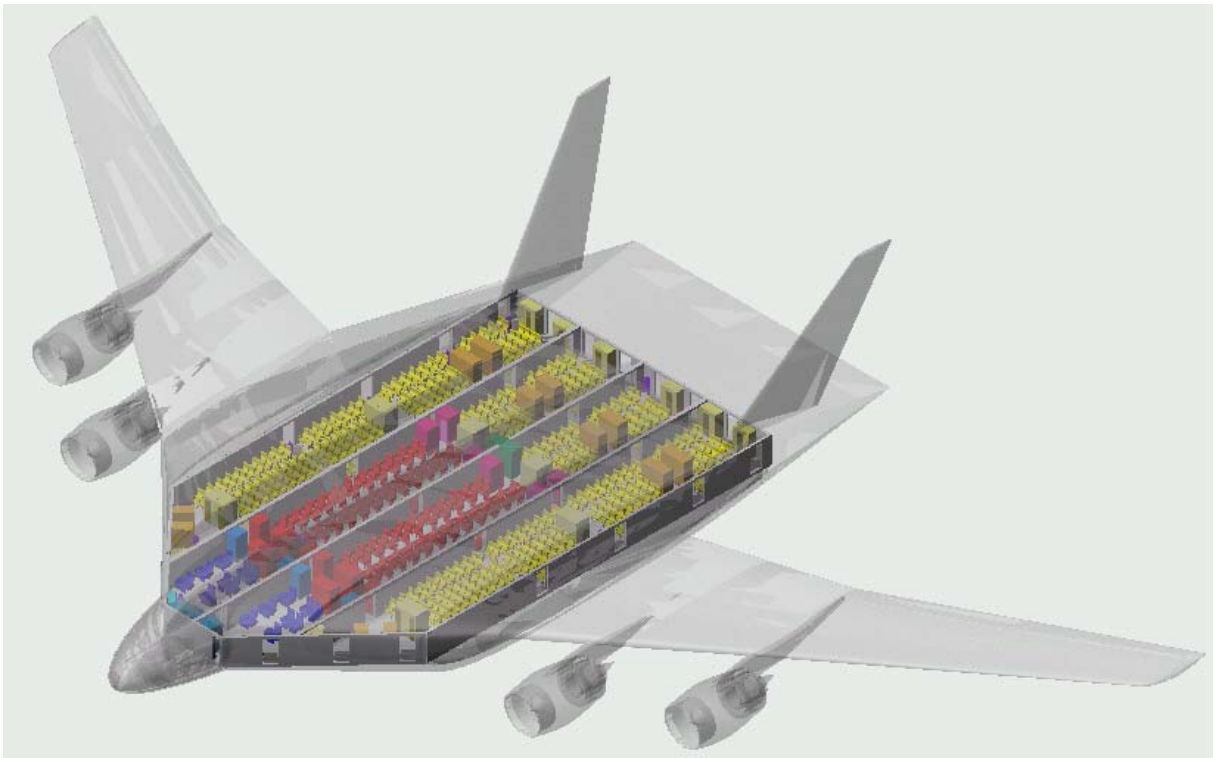
kabinen gezeigt wird. Durch verschieben der Quergänge in den Türbereichen lassen sich zusätzliche Sitzreihen schaffen. Da beide Kabinen sehr ähnlich zueinander sind, werden die nachfolgenden Untersuchungen nur für die Konfiguration A im Detail erfolgen. Die folgenden Bilder 4.8- 4.11 zeigen die, mit dem CAD-Tool Solid Works erstellte, 3-D Kabinengeometrie der Konfiguration A und die neue, um 2 Meter verkürzte, Flugzeuggeometrie mit den neuen Türpositionen. Die Klassen sind in ihren jeweiligen Farben gehalten. Die hellen Einbauten stellen die Toiletten und die dunklen Einbauten die Küchenbereiche dar.



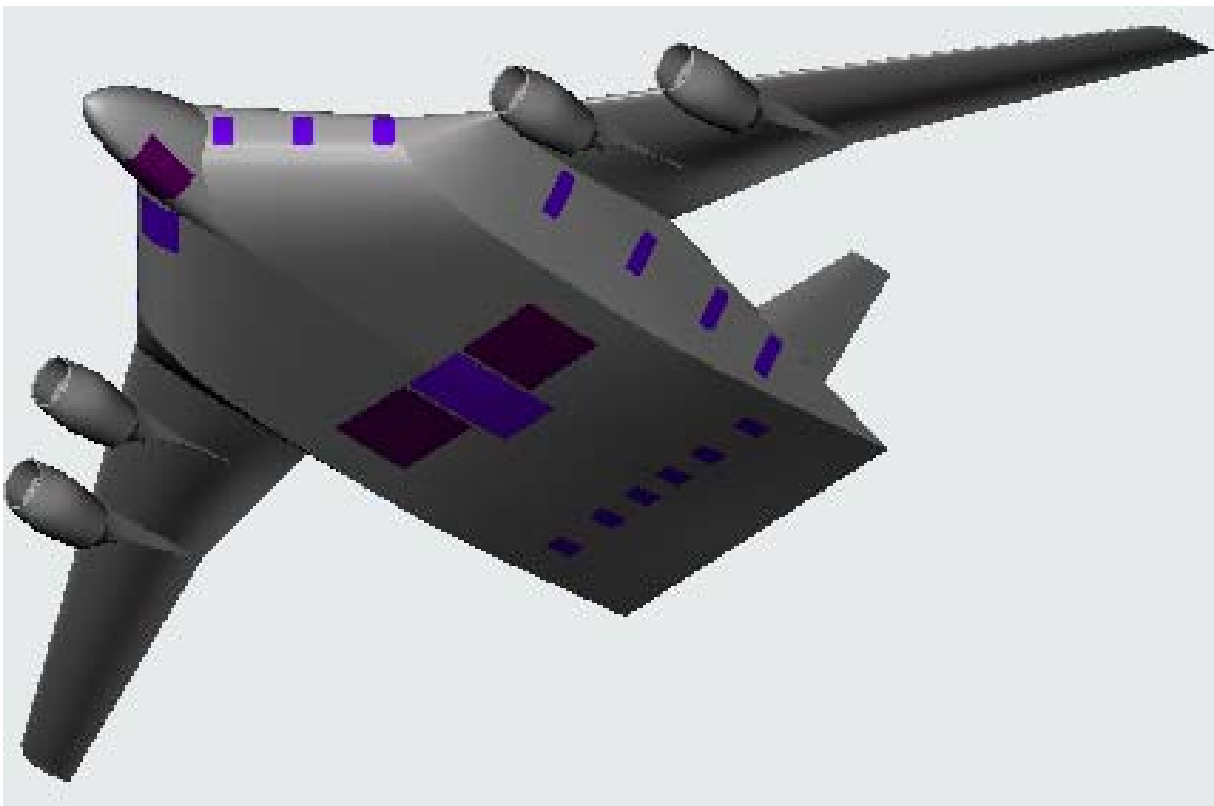
**Bild 4.8** 3-D Kabinenlayout der Konfiguration A



**Bild 4.9** Vorderer Kabinenbereich der Konfiguration A



**Bild 4.10** Kabinenlage der Konfiguration A im Nurflügler



**Bild 4.11** Neue Flugzeuggeometrie des Nurflüglers (2 Meter verkürzt) mit neuen seitlichen Türpositionen

## 4.5 Operationelle Abläufe (Turn-Round-Time)

Unter Turn-Round-Time versteht man im allgemeinen die Zeit des Bodenaufenthaltes eines, in Parkposition stehenden Flugzeuges, zwischen zwei aufeinanderfolgenden Flügen. Die Einhaltung der Turn-Round-Time gewinnt bei den Fluggesellschaften immer mehr an Bedeutung. In dieser Zeitperiode werden verschiedene Abläufe (Passagierwechsel, Kabinenreinigung, Betankung, Neuversorgung der Küchen und Toiletten, etc.) in einem sehr gestrafften Zeitplan durchgeführt, was eine gute Logistik erfordert. Je kürzer die Turn-Round-Time zwischen zwei Flügen eingehalten werden kann, desto wirtschaftlicher ist das Flugzeug.

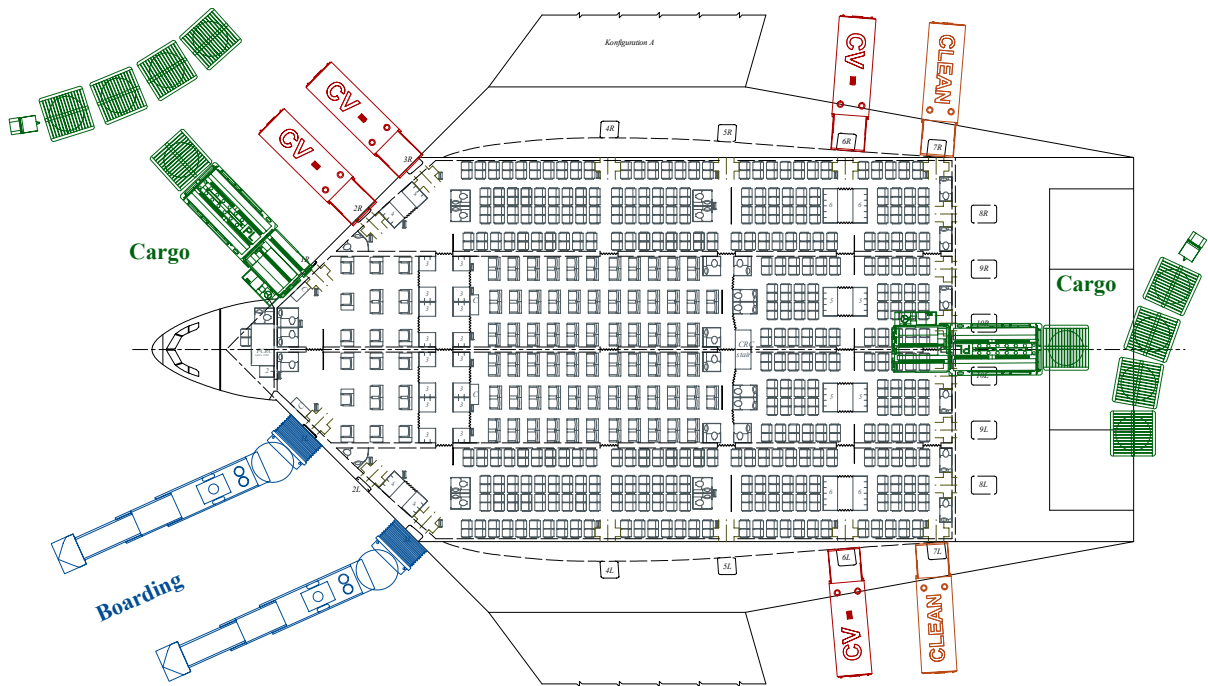
Im Folgenden werden Lösungsvorschläge für die wichtigsten operationellen Abläufe, wie das Boarding/ Deplaning, das Catering, die Reinigung der Kabine und die Betankung, gezeigt. Ziel ist es, akzeptable Turn-Round-Zeiten für das erstellte optimierte Eindeckkabinenlayout nachzuweisen. Es wird vom heutigen Mindeststandard des A380, mit 90 Minuten Turn-Round-Time ausgegangen. Da es sich beim Nurflügler um ein Flugzeug der Zukunft handelt, sollten ebenfalls neue Überlegungen hinsichtlich der Möglichkeiten des Turn-Rounds in der Zukunft gemacht werden. Zukunftsaussichten bezüglich der Optimierung operationeller Abläufe befinden sich in Kapitel 6: Trends und Zukunftsausblicke.

### 4.5.1 Positionierung der Bodenfahrzeuge

Bevor die Untersuchung der operationellen Abläufe erfolgen kann, müssen den Türen die jeweiligen Aufgaben zugeordnet werden. Den Aufgaben entsprechend, werden die Bodenfahrzeuge positioniert und deren Zugänglichkeit zum Flugzeug gesichert. Bei der Positionierung der Bodenfahrzeuge ist darauf zu achten, dass die Fahrzeuge sich während des Turn-Rounds nicht gegenseitig behindern oder im Wege stehen. Operationelle Abläufe, wie die Wasserver- und -entsorgung wird zeitlich als machbar angenommen und hier nicht weiter behandelt.

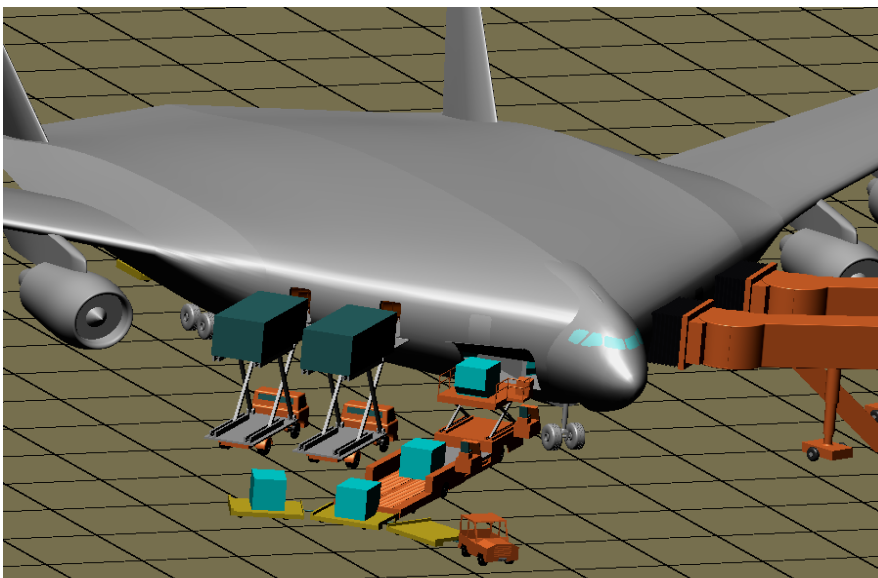
Es ist zu erwähnen, dass der Nurflügler mit einer Spannweite von 99,6 m und einer Gesamtlänge von 58,4 m (vorher 60,4 m) nicht in die heute gängigen „80 m x 80 m Standboxen“ an den Flughäfen hineinpassen würde. Es wird jedoch angenommen das zur Zeit der Indienststellung des Nurflüglers (im Jahr 2030) die Flughafeninfrastruktur ausgereift und einsatzbereit ist.

Die folgenden Abbildungen 4.12 und 4.13 zeigen die Anordnungen der Boardingbrücken, sowie der Catering- und Frachtverladefahrzeuge der Eindeckkabinen-Konfiguration A. Die Anordnung wird durch die bestehende Flugzeugkonfiguration und nach heute üblichen Verfahrensweisen festgelegt.



**Bild 4.12** Anordnung der Bodenfahrzeuge für Catering, Boarding, Fracht, Kabinenreinigung.

Die hinteren Türen (Belly Doors), sowie die Tür 1R sind durch Frachtverladefahrzeuge blockiert und kommen somit für das Boarding und das Catering nicht in Frage. Das Catering findet durch Tür 2R und Tür 3R für den vorderen Teil der Kabine und durch Tür 6R und Tür 6L für den hinteren Teil der Kabine statt. Das Boarding und Deplaning soll durch die vorderen Türen auf der linken Seite stattfinden. Über die heutigen Möglichkeiten hinaus, wird ein Boarding durch die Türen 1L, 2L und 3L mittels zweier Boarding Bridges als machbar angenommen. Die Fahrzeuge bzw. Zugangstreppen der Kabinenreinigung finden ihren Zugang durch Tür 7L/ 7R.



**Bild 4.13** Anordnung der Bodenfahrzeuge im vorderen Bereich des Nurflüglers (3-D)

## 4.5.2 Boarding

Ausgehend von heutigen Boardingbrücken an den Flughäfen, ist nur ein Zugang zum Flugzeug durch die Türen 1L und 3L möglich. Zunächst werden einfache Abläufe anhand dieser Verfahrensweise untersucht. Zur Ermittlung der Zeiten werden folgende Annahmen getroffen:

- Boarding mit einer Geschwindigkeit von 15 Passagieren pro Minute pro Tür (Typ A),
- Deplaning mit 25 Passagieren pro Minute pro Tür (Typ A).

Diese Annahmen entstammen dem Entwicklungsstatus 10c des Airbus A3XX – 100 und wurden empirisch beim FPO Airbus ermittelt. In diesen Annahmen sind gewisse Toleranzen, hervorgerufen durch Wartezeiten, Staupunkte, Rückstaus, ältere Passagiere, etc., mit berücksichtigt. (GC)

### Fall 1: Boarding/ Deplaning der First Class durch Tür 1L, BC und EC durch Tür 3L

Viele Fluggesellschaften fordern ein separates Boarding der First Class (GC). Einerseits sollen diese Passagiere nicht durch das Boarding der anderen Klassen gestört werden (d. h. anschließendes Boarding der BC/ EC sind nicht möglich), andererseits sollen die FC- Passagiere die Freiheit besitzen, nach Belieben das Flugzeug, innerhalb des Boardingzeitraumes, zu betreten. Die FC-Passagiere haben dadurch die Möglichkeit, sich bis zuletzt in der Wartelounge aufzuhalten. Die EC und BC werden in diesem Fall hintereinander durch Tür 3L geboardet. Demzufolge ergeben sich die notwendigen Boardingzeiten entsprechend Tabelle 4.11:

**Tabelle 4.11** Boarding (Fall 1)

Klasse	Pax	Tür	Zeit [min]
FC	22	1L	2
BC	136	3L	10
EC	592	3L	40

} => 50 min an Tür 3L

Aus der Addition der Einzelsequenzen an Tür 3L ergibt sich eine Gesamtdauer für das Boarding von 50 Minuten. Da die First Class über eine eigene Boardingtür verfügt, steht den Passagieren dieser Klasse ein Zeitfenster von 50 Minuten für das Boarding frei zur Verfügung.

Das Deplaning errechnet sich dementsprechend nach folgender Tabelle 4.12:

**Tabelle 4.12** Deplaning (Fall 1)

Klasse	Pax	Tür	Zeit [min]
FC	22	1L	1
BC	136	3L	6
EC	592	3L	24

Hieraus ergibt sich eine Gesamtdauer für das Deplaning von 30 Minuten. Der dargestellte Ablauf zeigt, dass eine solche Vorgehensweise in viel zu hohen Wartezeiten für die Passagiere resultiert.

### **Fall 2: Boarding/ Deplaning der FC und BC durch Tür 1L, EC durch Tür 3L**

Entgegen den heutigen Vorgehensweisen, wird ein Boarding der Business Class vor dem der First Class durch die Tür 1L untersucht. Die Economy Class wird alleine durch Tür 3L geboardet. Dementsprechend ergeben sich folgende Boardingzeiten in Tabelle 4.13:

**Tabelle 4.13** Boarding (Fall 2)

Klasse	Pax	Tür	Zeit [min]
FC	22	1L	2
BC	136	1L	10
EC	592	3L	40

Das Einsparpotential gegenüber Fall 1 entspricht mit 40 Minuten, einer Verringerung der Zeit um 10 Minuten.

Das Deplaning ergibt sich dementsprechend nach folgender Tabelle 4.14:

**Tabelle 4.14** Deplaning (Fall 2)

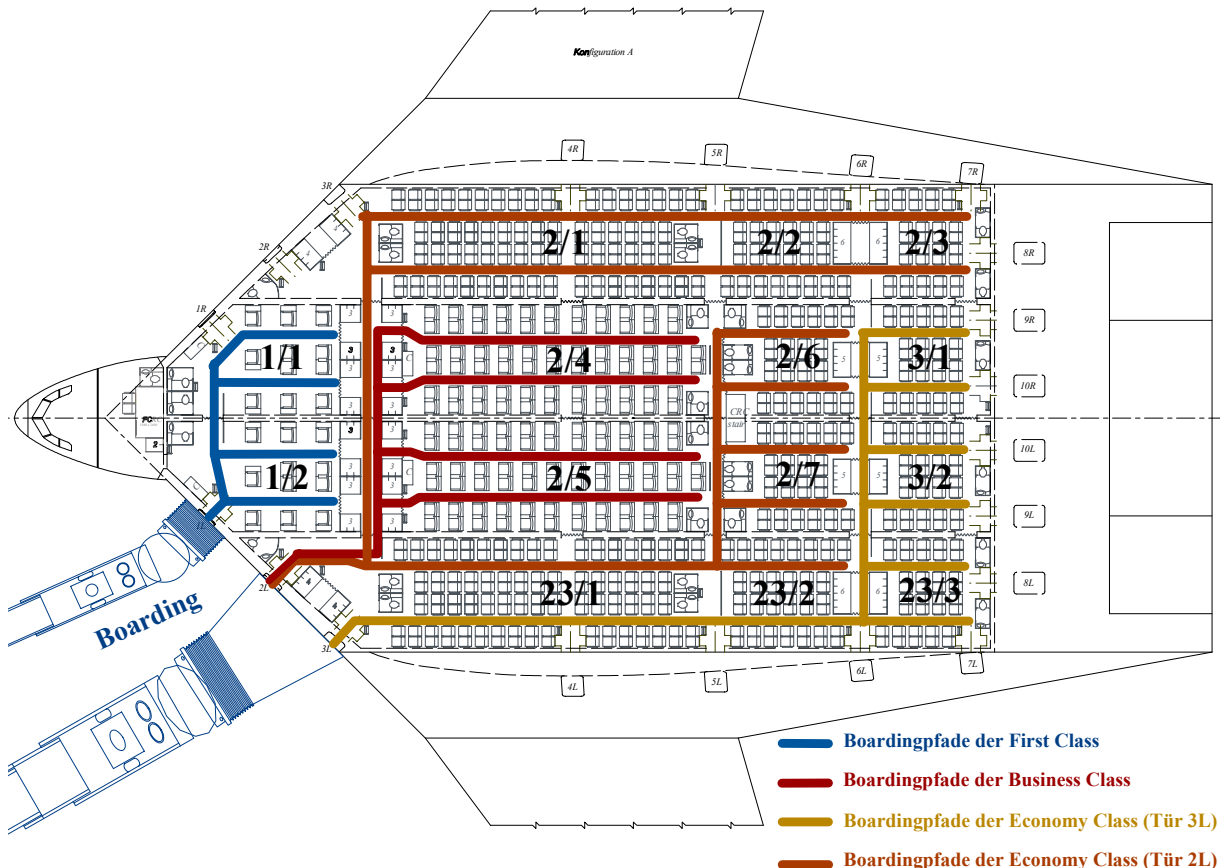
Klasse	Pax	Tür	Zeit [min]
FC	22	1L	1
BC	136	1L	6
EC	592	3L	24

Es ergibt sich, analog zum Boarding, mit 24 Minuten eine Reduzierung der Deplaningzeit um 20 %. Die bis hierher betrachteten Vorgehensweisen resultieren aus der Sicht der Zugangsmöglichkeiten zum Flugzeug an heutigen Flughäfen-Infrastrukturen. Die Ergebnisse sind jedoch, gemessen an den aktuellen Standards, unbefriedigend. Es entstehen besonders für die Economy Class Passagiere überhöhte Wartezeiten innerhalb des Flugzeugs.

Die hier behandelten Boarding und Deplaningfälle (Fall 1 und 2) kommen für den Nürflügler nicht in Frage. Um das maximale Potential zu ermitteln, ist eine Nutzung der Tür 2L für das Boarding/ Deplaning notwendig. Da die Türanlagen keine zusätzliche Boarding Bridge zulassen, müssen neue Vorrichtungen entwickelt werden, die eine gleichmäßige Passagierverteilung zu allen drei Türen ermöglicht.

### Fall 3: Boarding der FC durch Tür 1L, BC und EC durch die Türen 2L und 3L

Um ein schnelleres Boarding zu erzielen, ist eine Nutzung von Tür 2L notwendig. Es wird vorausgesetzt, dass ein Boarding durch die Türen 2L und 3L durch eine gemeinsame Boarding-Bridge, zum Zeitpunkt der Indienststellung an den Flughäfen, möglich sein wird, und dass der Passagierfluss an allen Türen gleichmäßig erfolgt. Des Weiteren muss die Passagierkabine in Zonen unterteilt werden, die in festgelegten Zonen das Flugzeug in einer bestimmten Reihenfolge betreten. Nur durch ein gut durchdachtes Boardingkonzept lassen sich Staus und ein Verlaufen der Passagiere, in den zahlreichen Längs- und Quergängen, vermeiden. Für das Boarding sind zahlreiche Szenarien denkbar. Die Begründung für eine erforderliche Zonenaufteilung wird anhand nachfolgendem Bild 4.14 dargestellt:



**Bild 4.14** Zonenaufteilung und Boardingwege in der Kabine (Boardingkonzept 1)  
(Anmerkung: 1. Indize = Boardingtür für die Zone; 2. Indize = Aufzählung)

Bild 4.14 macht deutlich, dass für eine gleichmäßigere Belastung der Türen, Teile der Economy Class über den vorderen Quergang in die rechte Kabinenseite (Zonen 2/1; 2/2; 2/3) geführt werden müssen. Dieser wird auch von der Business Class (Zonen 2/4; 2/5) genutzt. Da die Kunden der Business Class teilweise erst kurz vor dem Start das Flugzeug betreten (GC), ist es von Vorteil, wenn das Boarding der Zonen 2/1, 2/2 und 2/3 zu diesem Zeitpunkt bereits abgeschlossen ist, um eine Verzögerung des Boardings durch eventuelle Behinderung und Desorientierung der Passagiere zu verhindern. In diesem Boardingszenario wird der Großteil der Economy Class über die zwei Längsgänge der Sektion 23/1 und 23/2 geführt, um den



vorderen Quergang zu entlasten. Im Türenbereich von 2L und 3L ist ein sicheres Passagierleitsystem zu entwickeln, um einen gleichmäßigen Passagierfluss sicherzustellen und Hindernisse zu vermeiden. Die Aufteilung und Leitung der Passagiere muss durch die Flugbegleiter erfolgen. Denkbar wären außerdem Hinweisschilder, Leuchtmarkierungen, visuelle sowie akustische Leitsysteme (siehe Kap. 6). Tabelle 4.15 zeigt den zeitlichen Ablauf eines solchen Boardingvorganges entsprechend der in Bild 4.14 festgelegten Passagierzonenbenennung.

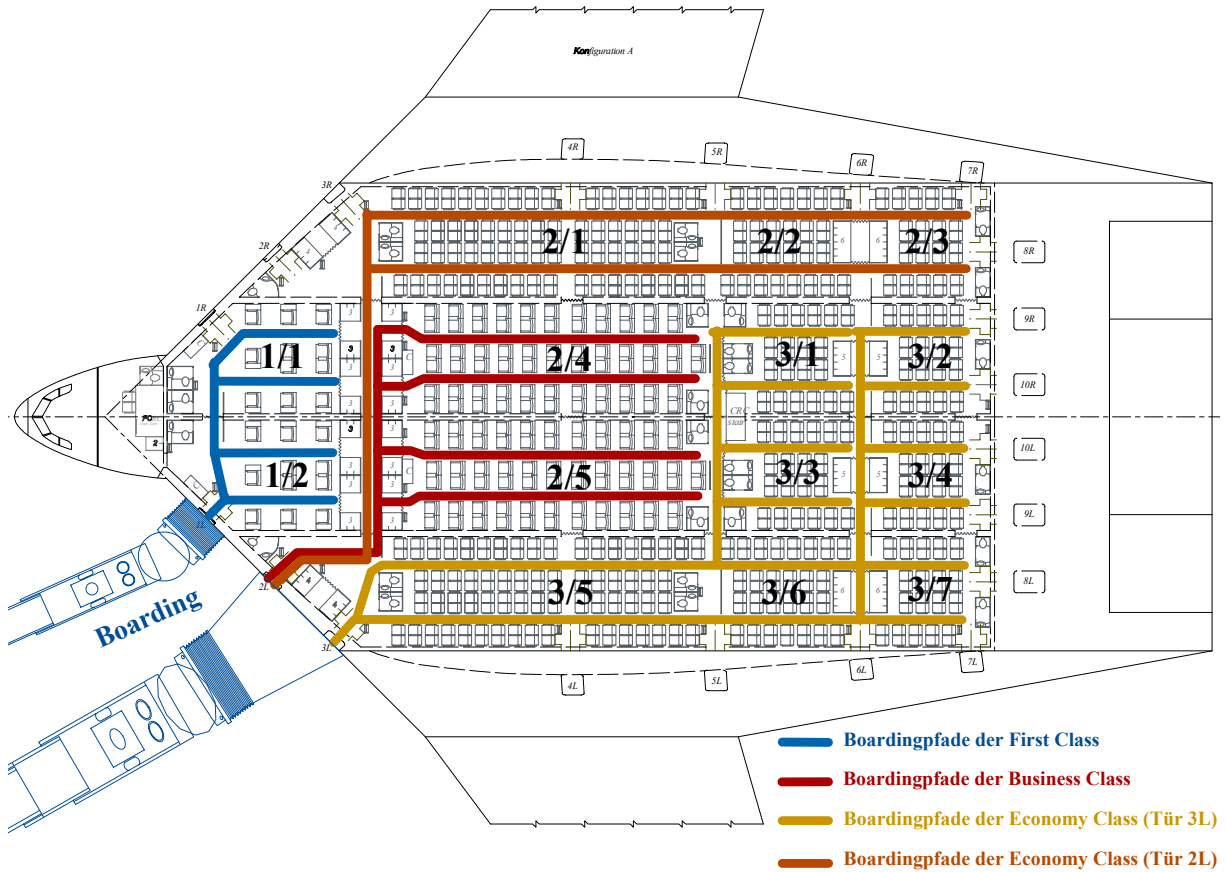
**Tabelle 4.15** Boarding an den Türen 1L, 2L und 3L (Boardingkonzept 1)

Klasse	Zone	Pax	Tür	Reihenfolge und Zeiten [min]				
				I	II	III	IV	V
FC	1/1	11	1L				0,8	
	1/2	11	1L					0,8
BC	2/4	68	2L				4,6	
	2/5	68	2L					4,6
EC	2/1	130	2L			8,7		
	2/2	54	2L		3,6			
	2/3	36	2L	2,4				
	2/6	40	2L		2,7			
	2/7	40	2L			2,7		
	3/1	36	3L	2,4				
	3/2	36	3L		2,4			
	23/1	64	2L					4,3
	23/1	66	3L					4,4
	23/2	26	2L				1,8	
	23/2	28	3L				1,9	
	23/3	18	2L			1,2		
	23/3	18	3L			1,2		
	<b>Summe</b>	<b>750</b>						

Bei einer Boardingrate von 15 Passagieren pro Minute pro Tür ergeben sich folgende maximale Boardingzeiten an den Türen:

Tür 1 L	2 min
Tür 2 L	<b>37 min</b>
Tür 3 L	13 min

Das Boarding dauert in diesem Fall an Tür 2L, mit 37 Minuten, am längsten. Diese Zeit ist aus heutiger Sicht inakzeptabel. Die maximale Boardingzeit beim A380 liegt bei 30 min (**A380 AC-PD**). Um ein schnelleres Boarding zu gewährleisten, muss der Passagierfluss der Economy Class auf die Türen 2L und 3L gleichmäßig verteilt werden. Die unteren und hinteren Sektionen der Economy Class müssen vollständig durch Tür 3L geboardet werden. Dieses Boardingkonzept ist in folgender Abbildung dargestellt.



**Bild 4.15** Zonenaufteilung und Boardingwege in der Kabine (Boardingkonzept 2)  
 (Anmerkung: 1. Indize = Boardingtür für die Zone; 2. Indize = Aufzählung)

Die folgende Tabelle 4.16 zeigt den zeitlichen Ablauf des Boardingkonzeptes 2 entsprechend der in Bild 4.15 festgelegten Passagierzonenbenennung.

**Tabelle 4.16** Boarding an den Türen 1L, 2L und 3L (Boardingkonzept 2)

Klasse	Zone	Pax	Tür	Reihenfolge und Zeiten [min]				
				I	II	III	IV	V
FC	1/1	11	1L				0,8	
	1/2	11	1L					0,8
BC	2/4	68	2L				4,6	
	2/5	68	2L					4,6
EC	2/1	130	2L				8,7	
	2/2	54	2L			3,6		
	2/3	36	2L	2,4				
	3/1	40	3L	2,7				
	3/2	36	3L	2,4				
	3/3	40	3L		2,7			
	3/4	36	3L		2,4			
	3/5	130	3L					8,7
	3/6	54	3L				3,6	
3/7	36	3L			2,4			

Für das Boardingkonzept 2 ergeben sich folgende maximale Boardingzeiten an den Türen:

Tür 1 L	2 min
Tür 2 L	24 min
Tür 3 L	<b>25 min</b>

Durch eine gleichmäßige Verteilung der Economy Passagiere auf die Türen 2L und 3L kann unter optimalen Verhältnissen (fließender Passagierverkehr) eine Boardingzeit von 25 Minuten erreicht werden. In der Praxis sind bei einem „normalen“ Boardingvorgang Störungen wie Rückstaus (Passagier geht einen falschen Weg und kehrt daher zurück), Behinderungen, Wartezeit durch Passagiere, die ihr Gepäck verstauen, drängelnde Passagiere, langsamere Passagiere, behinderte Passagiere etc. zu erwarten. Aus diesem Grunde wird zusätzlich zu den 25 Minuten eine Toleranz von 5 Minuten eingeräumt. Die Boardinggesamtzeit beträgt demnach 30 Minuten.

Eine optimalere Boardingzeit würde durch die Mitbenutzung von Tür 1L für die Economy Class und Business Class erreicht werden. Dieses ist jedoch aus heutiger Sicht nicht realisierbar, da die Fluggesellschaften auf ein separates Boarding der First Class bestehen (GC). Um dieses zu ermöglichen, müsste ein Weg gefunden werden, welcher die Privatsphäre der First Class Passagiere nicht beeinträchtigt. Eine denkbare Lösung wären First Class Einzel Compartments, in denen sich die Passagiere isoliert und ungestört von der gesamten Kabine aufhalten können (ähnlich zu Kreuzfahrtschiffen). Aber auch hier könnte ein Gefühl des „Weggesperrtseins“ entstehen.

Alle hier behandelten Boardingfälle setzen einen reibungslosen, idealen Ablauf voraus. Folgende ideale Annahmen werden gemacht:

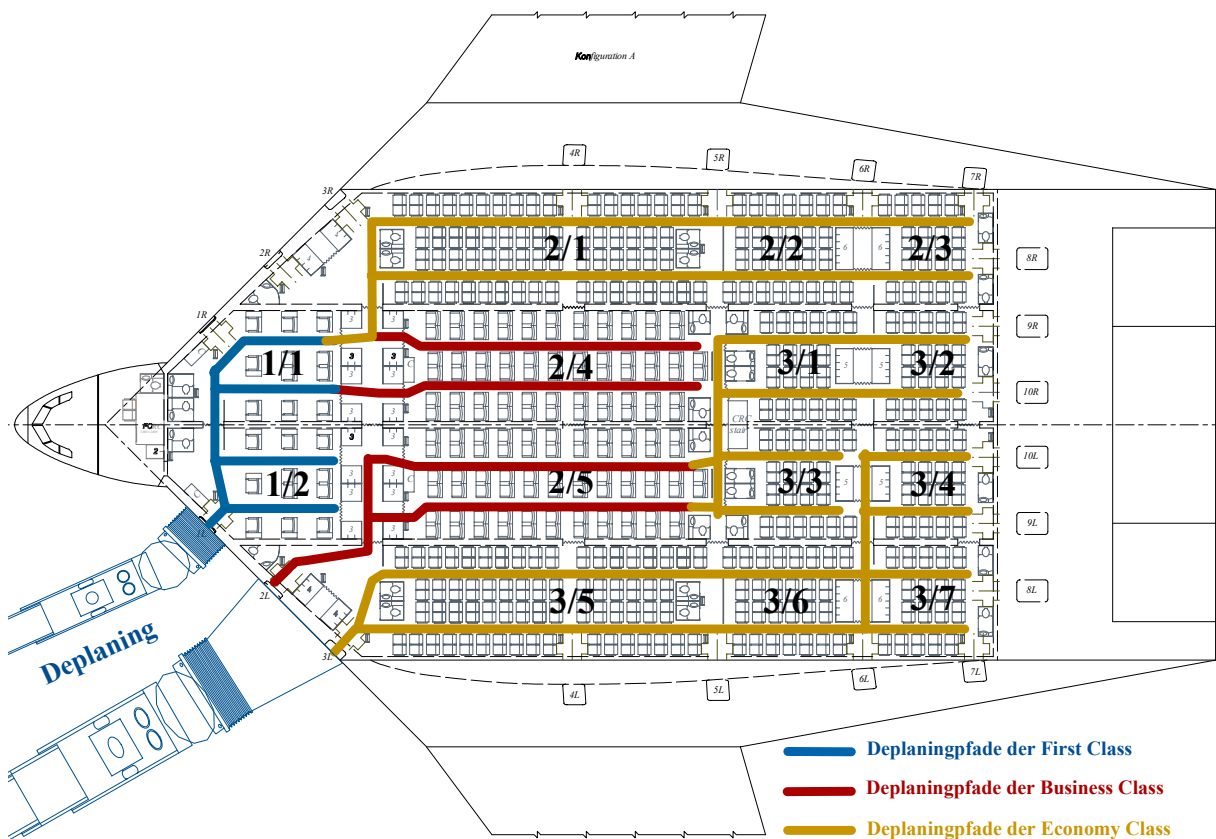
- Passagiere halten sich an das Boardingkonzept und verlassen nicht ihre Zonen,
- Es gibt keine (Rück-) Staus, keine Wartezeiten, keine Desorientierung, kein Verlaufen,
- Die Kabine ist in sich erklärend und übersichtlich,
- Es existiert ein sicheres Passagierleitkonzept (siehe dazu Kapitel 6: Zukunftsvisionen).

Es muss gewährleistet sein, dass die Passagiere den richtigen Weg gehen, um zum jeweiligen Platz zu gelangen und sich nicht verlaufen. Besonders im Türenbereich 2L und 3L (30 Pax/min) kann es zwischen den BC/ FC Passagieren zu Behinderungen/ Verwirrung kommen. Ein funktionierendes Passagierleitsystem ist daher von höchster Wichtigkeit. Im Rahmen dieser Diplomarbeit werden im Kapitel 6 erste Zukunftsausblicke zur Lösung bzw. Optimierung dieser Boardingprobleme aufgezeigt.

### 4.5.3 Deplaning

Analog zum Boarding nach Fall 3, muss auch das Deplaning betrachtet werden. Die angenommene Deplaningrate beträgt 25 Passagiere pro Minute pro Tür (FPO Airbus, GC). Beim Deplaning haben die First Class Passagiere Vorrang vor Business und Economy Class. Das heißt, dass die Deplaningwege der First Class für die anderen Klassen erst freigegeben werden, wenn der letzte dieser Klasse die Flugzeugkabine verlassen hat. Auch hier gilt es, eine möglichst gleichmäßige Belastung der Türen zu erzielen, um einen fließenden Deplaningprozess zu garantieren. Es gibt zahlreiche Möglichkeiten die Passagiere zu verteilen und zu leiten. Ein Szenario ist im nachfolgendem beschrieben:

Als erstes verlassen die Zonen 1/2 und 1/1 das Flugzeug durch die Tür 1L. Parallel dazu werden die ersten Business Class Passagiere der Zone 2/5 zur Tür 2L geleitet. Zone 2/4 strömt in die Zonen 1/1 und 1/2 nach und verlässt das Flugzeug durch die Tür 1L. Ist das Business Class Deplaning abgeschlossen, werden auch die Zonen 2/4 und 2/5 für die hinteren EC Zonen freigegeben. Die EC Zonen 2/1, 2/2 und 2/3 werden über den vorderen Quergang und durch die First Class Zone 1/1 zur Tür 1L geleitet. Zonen 3/1, 3/2 und 3/3 werden durch die Business Class Zone 2/5 zur Tür 2L geleitet. Zonen 3/5, 3/6, 3/7 und 3/4 verlassen das Flugzeug durch Tür 3L. Wobei das Deplaning von Zone 3/5 parallel zum Deplaning der Zone 2/5 erfolgt. Die Deplaninghauptpfade sind im nachfolgendem Bild 4.16 dargestellt.



**Bild 4.16** Deplaninghauptwege der Zonen zu den Türen 1L, 2L und 3L

Es ergeben folgende Deplaning Reihenfolgen und Zeiten für das Eindecklayout (Tab. 4.17):

**Tabelle 4.17** Deplaning an den Türen 1L, 2L und 3L

Klasse	Zone	Pax	Tür	Reihenfolge und Zeiten [min]						
				I	II	III	IV	V	VI	
FC	1/1	11	1L		0,5					
	1/2	11	1L	0,5						
BC	2/4	68	1L			2,8				
	2/5	68	2L	2,8						
EC	2/1	130	1L				5,2			
	2/2	54	1L					2,2		
	2/3	36	1L						1,5	
	3/3	40	2L		1,6					
	3/1	40	2L			1,6				
	3/2	36	2L				1,5			
	3/5	130	3L	5,2						
	3/6	54	3L			2,2				
	3/7	36	3L				1,5			
	3/4	36	3L						1,5	

Für das Deplaningkonzept ergeben sich folgende maximale Deplaningzeiten an den Türen:

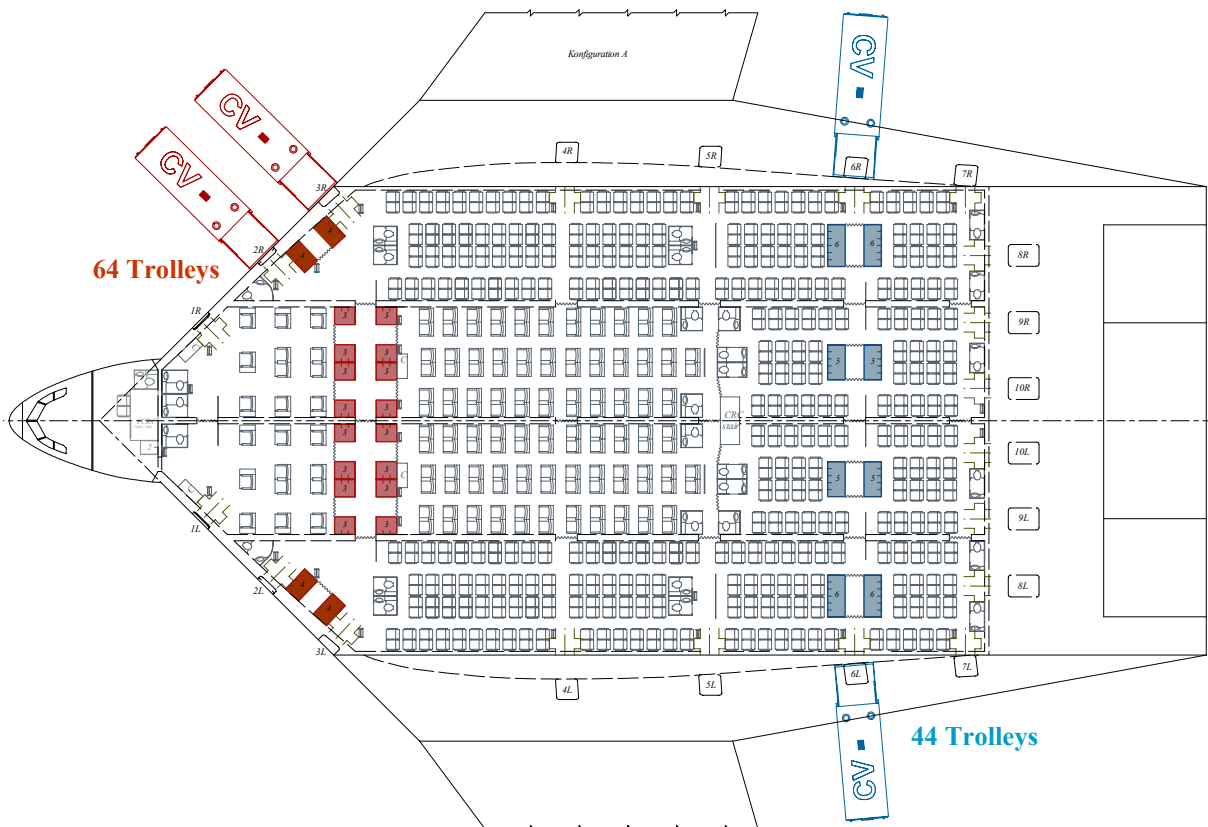
Tür 1 L	<b>13 min</b>
Tür 2 L	8 min
Tür 3 L	11 min

Demnach würde das Deplaning, bei einem idealisiert angenommenen reibungslosen Ablauf, 13 Minuten dauern. Die Deplaningzeit beim A380 beträgt im Vergleich 14 min (**A380 AC-PD**). Aufgrund der vielen Quer- und Längsgänge und der Vielzahl von Kreuzungs- und Wartebereichen, erscheint eine Deplaningzeit von 13 Minuten zu gering. Es wird daher eine Toleranz von 3 Minuten eingeräumt. Um die wartenden Passagiere nicht zu überstrapazieren, sollte das Deplaning generell nicht länger als 20- 30 Minuten dauern. Es liegt in der Natur des Menschen ungeduldig zu sein. Besonders beim Deplaning müssen einige Passagiere durchgehend stehend warten ohne sich fortbewegen zu können, was bei einigen Ungeduld, Unverständnis und sogar Wut auslösen kann.

Bei dem hier dargestellten Deplaningkonzept wird vorausgesetzt, dass die Hauptpfade eingehalten werden. Des weiteren ist ein Konzept erforderlich, welches die Freigabe und das Zurückhalten einzelner Zonen durch Flugbegleiter regelt. Beispielsweise dürfen die Zonen der FC für andere Klassen erst freigegeben werden, wenn alle FC Passagiere diese verlassen haben. Dieses ist nur durch eine gute Kommunikation unter den Flugbegleitern zu realisieren (z. B. durch Headsets). Um genauere Aussagen zu den Boarding- und Deplaningzeiten machen zu können, wären operationelle Tests, und verschiedene Optimierungsmaßnahmen erforderlich (Siehe Kap. 6: Trends und Zukunftsausblicke).

#### 4.5.4 Catering

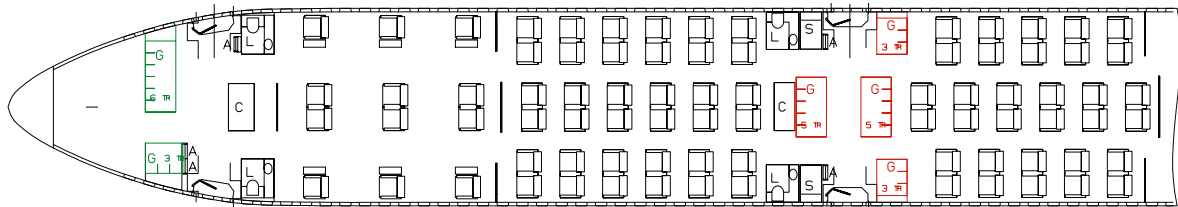
Das Catering hat die Aufgabe die Küchenbereiche mit neuen Trolleys zu bestücken und dabei die leeren bzw. aufgebrauchten Trolleys wieder mitzunehmen. In der heutigen Praxis erfolgt der Hauptteil des Caterings bei den meisten Flugzeugen auf der rechten Flugzeugseite. In nachfolgendem Bild 4.17 sind die Positionen der Catering Fahrzeuge (Catering Vehicle) dargestellt. Tür 1R, sowie die hinteren Türen 8, 9 und 10 sind durch die Frachtverladung versperrt und kommen somit, für einen Cateringzugang, nicht in Frage. Des weiteren bieten die hinteren Türen keinen ebenen Zugang zur Kabine (Treppen, Rampen), was ein Catering der ca. 100 kg schweren Trolleys erschweren würde. Weitere mögliche Zugänge wären unter dem Flügel, wobei hier auf Sicherheitsabstände zum Triebwerk, zur Flügelhinterkante und zur Flügelunterseite geachtet werden muss (siehe Anhang B).



**Bild 4.17** Catering, Galleypositionen

Der vordere Bereich des Flugzeuges umfasst 64 Trolleys (rot) und der hintere Bereich umfasst 44 Trolleys (blau). Die hier dargestellten Positionen der Cateringfahrzeuge erweisen sich als vorteilhaft, da sich die Küchenbereiche in den Quergängen befinden, welche direkt zu den Cateringtüren führen. Ein positiver Nebeneffekt ist, dass keine Trolleys durch die Längsgänge geführt werden müssen, und somit eventuelle Beschädigungen an Einbauten oder Sitzen vermieden werden. Des weiteren kommt es bei dieser Positionierung der Catering-Fahrzeuge zu keinen Störungen und Behinderungen mit anderen Fahrzeugen. (Siehe Bild 4.12)

Die Grundlage des hier dargestellten Ablaufs unterscheidet sich in einigen Punkten wesentlich von den Vorgehensweisen, wie sie bei konventionellen Flugzeugtypen angewendet werden. Bei herkömmlichen Flugzeugkabinen sind an den für das Catering genutzten Türen direkt große Galleybereiche angesiedelt, wie dies folgendes Bild 4.18 verdeutlicht.



**Bild 4.18** Vorderer Kabinenbereich des Airbus A340-600

Bei dem vorliegenden Kabinenkonzept für einen Nurflügler, müssen weitere Wege zurückgelegt werden. Dadurch, dass jedoch eine gute Zugänglichkeit zu den Küchen gegeben und ein zügiges paralleles Arbeiten bzw. die Begegnung zweier Trolleys in den Quergängen möglich ist (Trolleybreite: 12''; Quergangbreite: 36''- 40''), ist eine schnelle Cateringzeit zu erwarten, was den oben beschriebenen Aspekt wieder ausgleicht. Die Cateringauslegung wird daher nach den heutigen Standards und Annahmen ausgelegt.

Um die Cateringzeiten ermitteln zu können, werden folgende Annahmen getroffen:

- Zwei „Ramp Agents“ pro Catering Fahrzeug,
- Ein Catering Fahrzeug umfasst nach heutigen Standards 40- 45 Trolleys,
- Paralleles Arbeiten ist möglich (Gangbreiten: 40'' und 36''; Trolleybreite: 12''),
- Zeit eines kompletten Austausches eines Trolleys für einen Agent: 1,5 min; gemittelter Wert für türnahe und türferne Küchen,
- Bewegungsgeschwindigkeit der ca. 100 kg schweren Trolleys durch die Kabine: 0,5 m/s,
- Optimale Verhältnisse: Konstante Geschwindigkeit, kein sperriges Arbeiten, keine Hindernisse, gute Zugänglichkeit, etc.

Diese Annahmen basieren auf empirisch ermittelte Zeiten, und Erfahrungen des FPO von Airbus (GC). (Siehe Anhang B: Anforderungsliste)

Der vordere Bereich wird durch die Türen 2R und 3R gecaterert. Der hintere Bereich wird gleichmäßig von beiden Seiten durch die Türen 6L und 6R gecaterert. Nachfolgende Tabelle 4.18 zeigt die erforderlichen Cateringzeiten an den jeweiligen Türen.

**Tabelle 4.18** Cateringzeiten an den Türen

Tür	Trolleys	Agents	Zeit [min]
2 R	32	2	24
3 R	32	2	24
6 L	22	2	16,5
6 R	22	2	16,5

Die Cateringzeit dauert bei den vorderen Küchenbereichen insgesamt 24 Minuten. Da der hintere Bereich schneller als der vordere Bereich gecatered wird, entsteht hier eine Zeitdifferenz von  $\Delta t = 7,5$  min. Um das Catering des vorderen Bereichs zu beschleunigen, könnten die „Ramp Agents“ des hinteren Bereichs den vorderen Bereich mit unterstützen. Dadurch würde eine Verkürzung der Cateringzeit von ca. 3,5 Minuten erzielt werden. Da in der Praxis nicht alles optimal verläuft, wird eine Toleranz von 5 Minuten eingeräumt. In dieser Toleranz sind die Versorgung des Cockpits, evtl. Störungen/ Wartezeiten durch die Kabinenreinigung, etc. mit berücksichtigt. Die maximale Cateringzeit wird somit auf 29 Minuten gesetzt. Die A380 hat zum Vergleich ebenfalls eine Cateringzeit von max. 29 Minuten (**A380 AC-PD**). Das Catering des Nurflüglers findet außerhalb des Boardings/ Deplanings statt und liegt bei der Betrachtung des gesamten Turn-Rounds (Bild 4.21) in einem unkritischen Bereich, Solange die Cateringzeit die parallel ablaufende Betankungszeit nicht überschreitet. (**IFCA, GC**).

#### 4.5.5 Reinigung der Passagierkabine (Cabin Cleaning)

Nach jedem Flug muss, während der Turn-Round-Time, die Passagierkabine vom Bodenpersonal gereinigt werden. Die Reinigung der Kabine findet in der Regel parallel zum Catering statt. Das Reinigungspersonal gelangt hier durch die hinteren Türen 7L und 7R in die Kabine. Diese Positionen liegen dezentral und behindern somit keine anderen Bodenfahrzeuge. Alternative Zugänge wären die seitlichen Türen unter den Flügeln (Türen 4 und 5). Dort wäre der Zugang über Bordtreppen möglich.

Für die Ermittlung der benötigten Zeiten, werden folgende Annahmen aus einer vorangegangenen Studie übernommen (**Stavenhagen 2002**, siehe Anhang B) Hierbei beziehen sich alle Daten auf Langstreckenflüge (Longe Range):

- 4,5 min pro Toilette (4 min für das Auffüllen der Toiletten),
- 10 min pro Küchenbereich,
- 0,55 min pro EC Sitz (beinhaltet die Zeit, um von einem Sitz zum nächsten zu gelangen),
- 1,33 min pro FC/ BC Sitz,
- Kabinenreinigungspersonal (A380: mind. 20 max. 40); gewählt: 40, da größere Kapazität als A380.



Aus diesen Informationen ergibt sich folgender Zeitaufwand für die Kabine:

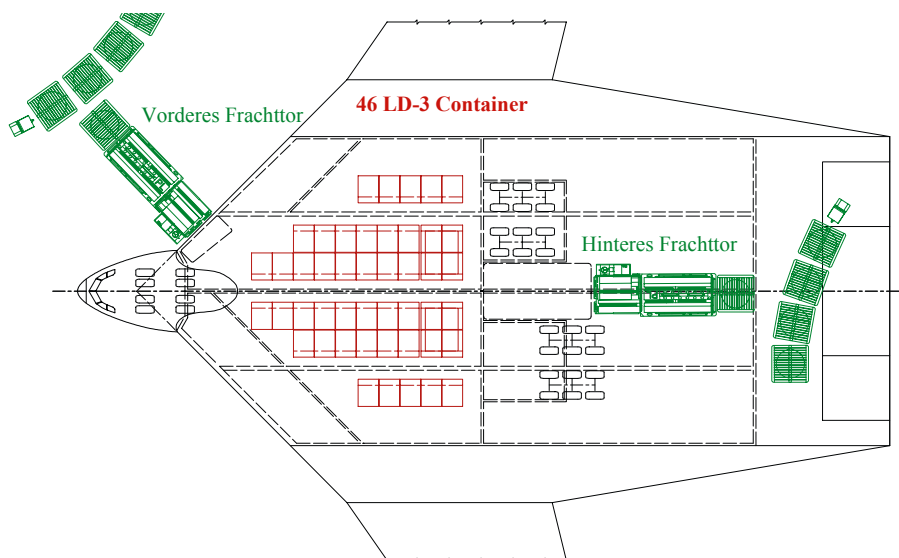
**Tabelle 4.19** Kabinenreinigung, Cleaningzeiten

Komponente	Anzahl	Zeit pro Sitz [min]	Reinigungspersonal	Gesamtdauer [min]
FC Sitze	22	1,33	2	15
BC Sitze	136	1,33	9	21
EC Sitze	592	0,55	17	20
Toiletten	29	4,5	7	19
Küchenbereiche (1 Bereich $\approx$ 10 -12 Trolleys)	10	10	5	20

Tabelle 4.19 zeigt, dass eine Verteilung des Personals im Verhältnis 2 zu 1 (Sitze zu Hoch-einbauten) sinnvoll ist, um einen einheitlichen Zeitaufwand für Sitze, Toiletten und Küchenbereiche zu gewährleisten. In diesem Fall würde das Cleaning längstens 21 Minuten betragen. Um die Reinigung des Cockpits, der CRCs, die Größe der Kabinengeometrie und den nicht immer reibungslosen Ablauf, beispielweise durch Behinderung des Caterings, zu berücksichtigen wird hier eine Toleranz von 5 Minuten mit beaufschlagt. Somit beträgt die Kabinenreinigung insgesamt 26 Minuten und liegt in einem unkritischen Bereich. Die A380-Reinigung benötigt im Vergleich 30 Minuten, allerdings mit weniger Personal. (A380 AC-PD).

#### 4.5.6 Frachtverladung (Cargo)

Der Nurflügler besitzt zwei Frachttore. Das vordere Frachttor befindet sich unter der Tür 1R und das hintere Frachttor befindet sich zwischen dem Hauptfahrwerk. Es sind insgesamt 46 LD3- Container für den Transport der Nutzlast vorgesehen. (Bild 4.19)



**Bild 4.19** Frachtraum des Nurflüglers

Für die Ermittlung der Frachtverladezeit werden folgende Zeiten des A380 übernommen:

- Durchschnittliche Einladezeit eines LD3 Containers: 1,7 min (**A380 AC-PD**),
- Durchschnittliche Ausladezeit eines LD3 Containers: 1,4 min (**A380 AC-PD**).

Es wird vorausgesetzt, dass beide Frachttore identisch in Geometrie und Erfüllung der operationellen Anforderungen sind. Das Ausladen der 46 LD3 Container durch die beiden Frachttore benötigt demnach 33 Minuten und das Einladen 40 Minuten. Zwischen diesen beiden Vorgängen ist eine Zeit von mindestens vier Minuten für die Entfernung und Neupositionierung der Fahrzeuge vorzusehen. Ein gesamter Frachtverladevorgang bei einem reibungslosen Ablauf dauert somit insgesamt 77 Minuten. Dieser Vorgang verläuft parallel zum Boarding, Deplaning, Catering und Reinigen der Kabine und liegt mit dieser Zeit in einem gerade noch akzeptablen Bereich. (A380: 36 LD-3; 68 Minuten; **A380 AC-PD**) (**GC**).

Bei der Frachtverladung des Nurflüglers sind noch Lösungen für das hintere Frachttor zu erarbeiten. Die Container müssen, aufgrund der Kabinebreite, auch in seitlicher Richtung verschoben werden können. Um diese Aspekte zu beachten, müssen neue Lösungsansätze gemacht werden. Es wäre z. B. eine zusätzliche Frachtverladung von der Seite in weiteren Studien zu prüfen. Da noch kein richtiges Frachtladekonzept existiert, wird die Frachtverladung in diesem Fall nicht weiter behandelt und als machbar vorausgesetzt.

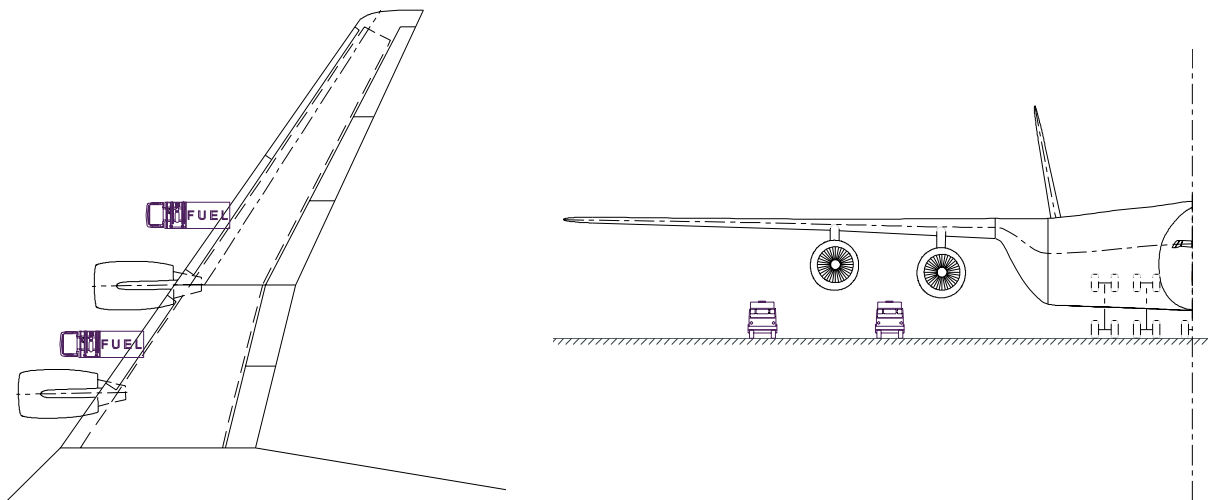
#### **4.5.7 Betankung (Refuelling)**

Die Startkonfiguration sieht für den Flying Wing 296760 kg Kraftstoff bei einer Reichweite von 7650 NM vor (**EHCA 2001**). Dieses entspricht, bei einer Kerosindichte von 0,803 kg/l, einem Volumen von 369564 l. Bis jetzt ist noch kein Betankungskonzept für den Nurflügler vorgesehen. Heutige konventionelle Betankungen, wie beim A380, sehen zwei Betankungsfahrzeuge (Dispenser) vor, welche den Kraftstoff aus dem Bodenvorrat abpumpen und das Flugzeug über je zwei Kraftstoffdüsen bei einem Druck von 40 psi betanken. Das Kerosin wird im Flügelinneren durch eigene Pumpen gleichmäßig verteilt. Der A380 benötigt für 261200 l Kraftstoff 48 Minuten. Die Positionierung und Entfernung der Fahrzeuge dauert jeweils 3 Minuten. (**A380 AC-PD**).

Geht man beim Nurflügler von denselben konventionellen Vorgehensweisen wie beim A380 aus, so würde die Betankung unter idealen Voraussetzungen 68 Minuten betragen. Diese Zeit würde die Turn-Round-Time erheblich erhöhen und ist nicht akzeptabel. Hinzu kommt, dass sich während der Betankung aus Sicherheitsgründen keine Passagiere an Bord befinden dürfen. Folglich kann der Betankungsvorgang nur zwischen dem Boarding und dem Deplaning

stattfinden. Aufgrund des kleinen Zeitfensters sollte die Betankungszeit möglichst kurz gehalten werden. (JAR OPS 1.305; IATA 2001 Airport Handling Manual 175, Chapter 1; 2.7; GC)

Um die Betankungszeit beim Nurflügler gering zu halten, wird von den heutigen Vorgehensweisen abgewichen und angenommen, dass entweder der Betankungsvorgang durch höheren Druck erheblich beschleunigt wird oder die Betankung durch mehr als zwei Fahrzeuge stattfinden kann. Letzteres stellt beim Nurflügler mit der großen Spannweite von 100 Metern kein Problem dar (siehe Bild 4.20). Geht man von vier Fahrzeugen aus, so halbiert sich die oben ermittelte Zeit auf 34 Minuten.



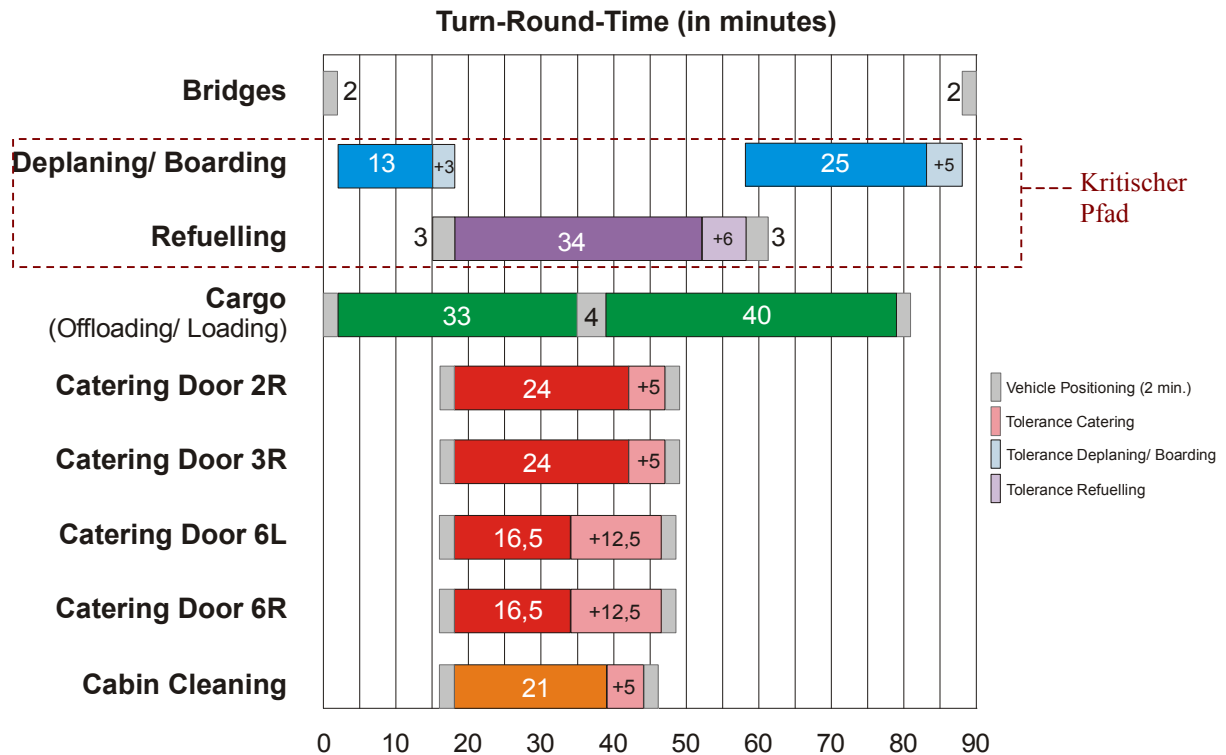
**Bild 4.20** Position der Betankungsfahrzeuge am Flügel (Draufsicht, Frontansicht)

Das einzige Problem ist die Höhendifferenz zwischen den Flügeln und den Betankungsfahrzeugen (ca. 6- 7 m). Der Druck würde, ohne technische Erneuerungen, in den Leitungen abfallen, so dass die oben ermittelte Zeit nicht erreicht werden kann. Da zur Betankung keine genaueren Aussagen gemacht werden können, wird eine Toleranz von 6 Minuten beaufschlagt und somit eine Betankung von 40 Minuten festgelegt. Diese Zeit wird zur Indienststellung im Jahre 2030 als machbar angenommen.

Einzige Ausnahme, bei der sich Passagiere während der Betankung in der Flugzeugkabine aufhalten dürfen, ist die Betankung bei Zwischenstopps. Hier gelten Sonderregeln welche unbedingt einzuhalten sind (siehe hierzu **IATA, JAR OPS 1.305**).

#### 4.5.8 Bodenzeit (Turn-Round-Time)

Die bis hierher dargestellten operationellen Abläufe haben wesentlichen Einfluss auf die Bodenzeiten eines Flugzeuges. Das folgende Diagramm in Bild 4.21 stellt den Mindestzeitaufwand unter Berücksichtigung der jeweils günstigsten Fälle von Boarding/ Deplaning, Refuelling, Cargo, Catering und Reinigung dar.



**Bild 4.21** Turn-Round-Time des Nurflüglers (Eindeckkonfiguration)

Die ermittelte Gesamtzeit für einen Turn-Round zwischen zwei Flügen beträgt ca. 90 Minuten. Diese liegt damit genau innerhalb der geforderten Zeitspanne heutiger Langstreckenflugzeuge. Der Einfluss von Wasserbetankung und das genaue Andocken des Fahrzeuges müssen bei der Ermittlung der Gesamtbodenzeit noch berücksichtigt werden. Diese Abläufe laufen meist parallel zum Kabinenservice. Es ist daher mit keiner erheblichen Zeitverzögerung zu rechnen.

Es ist zu beachten, dass hauptsächlich die Phasen: *Deplaning-Refuelling-Boarding* die Turn-Round-Time am stärksten beeinflussen. Die Vorschrift JAR OPS 1.305 (IATA 2001) fordert, dass sich während der Betankung aus Sicherheitsgründen keine Passagiere an Bord befinden dürfen. Folglich kann der Betankungsvorgang nur zwischen dem Boarding und dem Deplaning stattfinden. Diese Phasen bilden somit einen „kritischen Pfad“. Dauert einer dieser Phasen aus irgendeinem Grunde länger, so wird die gesamte Turn-Round-Time davon beeinflusst.

## 4.6 Notevakuierung

### 4.6.1 Notevakuierungskonzept der Eindeckkonfiguration

Die größtmögliche Sicherheit der Passagiere hat für die Entwicklung einer Passagierkabine höchste Priorität. Ist eine Notevakuierung nicht realisierbar, so würde das Flugzeug niemals zugelassen werden („No-Go-Item“). Daher ist die Reduzierung der Notevakuierungszeiten für die Passagiere von großer Bedeutung. Es ist nach heutigen Vorschriften eine Evakuierbarkeit durch 50 % der vorhandenen Türen innerhalb von 90 Sekunden nachzuweisen (**JAR 25.803(c)**). Bei der Nachweisführung der Evakuierbarkeit eines Flugzeuges wird von einer Bestuhlung höchster Dichte der Kabine ausgegangen (High Density Layout) (siehe Anhang C: Sicherheitsanforderungen). Hierzu wird der Kabinengrundriss des optimierten Eindecklayouts nur mit Economy Class Sitzen bestuhlt. Das High Density Layout stellt den extremsten Fall mit der größten Sitzanzahl dar (Worst Case). Der Sitzabstand beträgt hierbei 30 Zoll (statt 32“). Des Weiteren werden so viele Sitze wie möglich in der Kabine untergebracht, wobei der Passagierkomfort bis zu einem gewissen Maß reduziert werden darf (Servicetrennwände entfallen, eingeschränkte Privatsphäre). Der Bereich vor den Türen 2 und 3 bleibt frei, um die Evakuierungswege gut einsehbar bzw. frei zu halten und einen schnellen Passagierfluss zu gewährleisten.

Für die Anzahl der Einbauten werden die Kurzstrecken-Ratios (Short Range) aus dem TLAR des A380 verwendet (Siehe Tabelle 4.20). Obwohl sich der Nurflügler nur auf Langstreckenflügen (Long Range) rentieren würde, muss für das Flugzeug der Worst Case, den Vorschriften entsprechend, betrachtet werden.

**Tabelle 4.20** Pax/ Einbauten Ratios (Short Range)

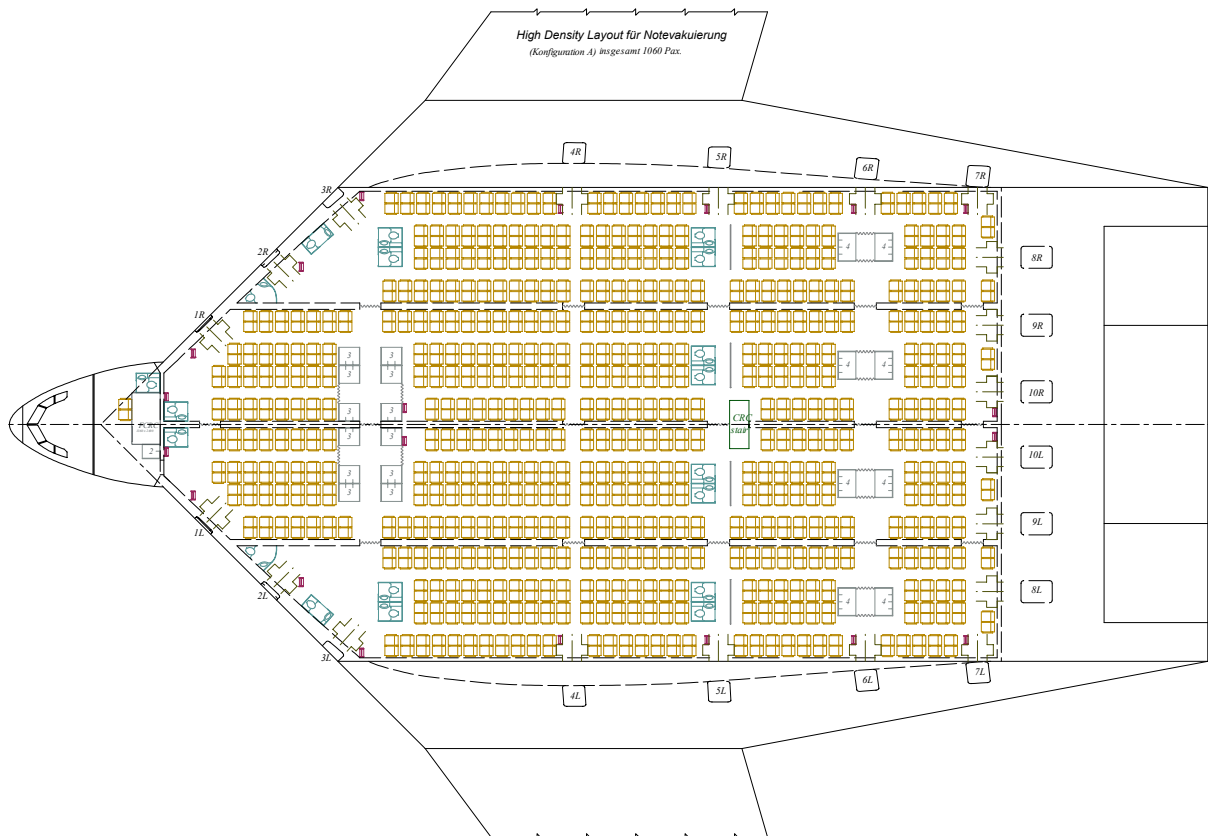
Pax / Einbauten			
Class	Pax / Trolley	Pax / Att.	Pax / Lav.
EC	18	50	60

Bei einer angenommenen Anzahl von 1050 Passagieren ergibt sich folgende Komponentenverteilung:

**Tabelle 4.21** Gesamtkapazität des Notevakuierungslayouts (Short Range)

Pax	Trolleys	CAS	Lavatories
1050	59	21	18

Anhand dieser Ratios wird nun ein High Density Layout erstellt (siehe Bild 4.22). Das dadurch ermittelte Kabinenlayout besitzt 1060 Sitze und enthält abweichend von Tabelle 4.21 insgesamt sieben Trolleys und einen CAS mehr. Diese ermittelte Sitzanzahl bestätigt die nach **JAR 25.807 (b)(2)** erforderliche Türanzahl von 10 Typ A Türen (110 Pax pro Tür A;).



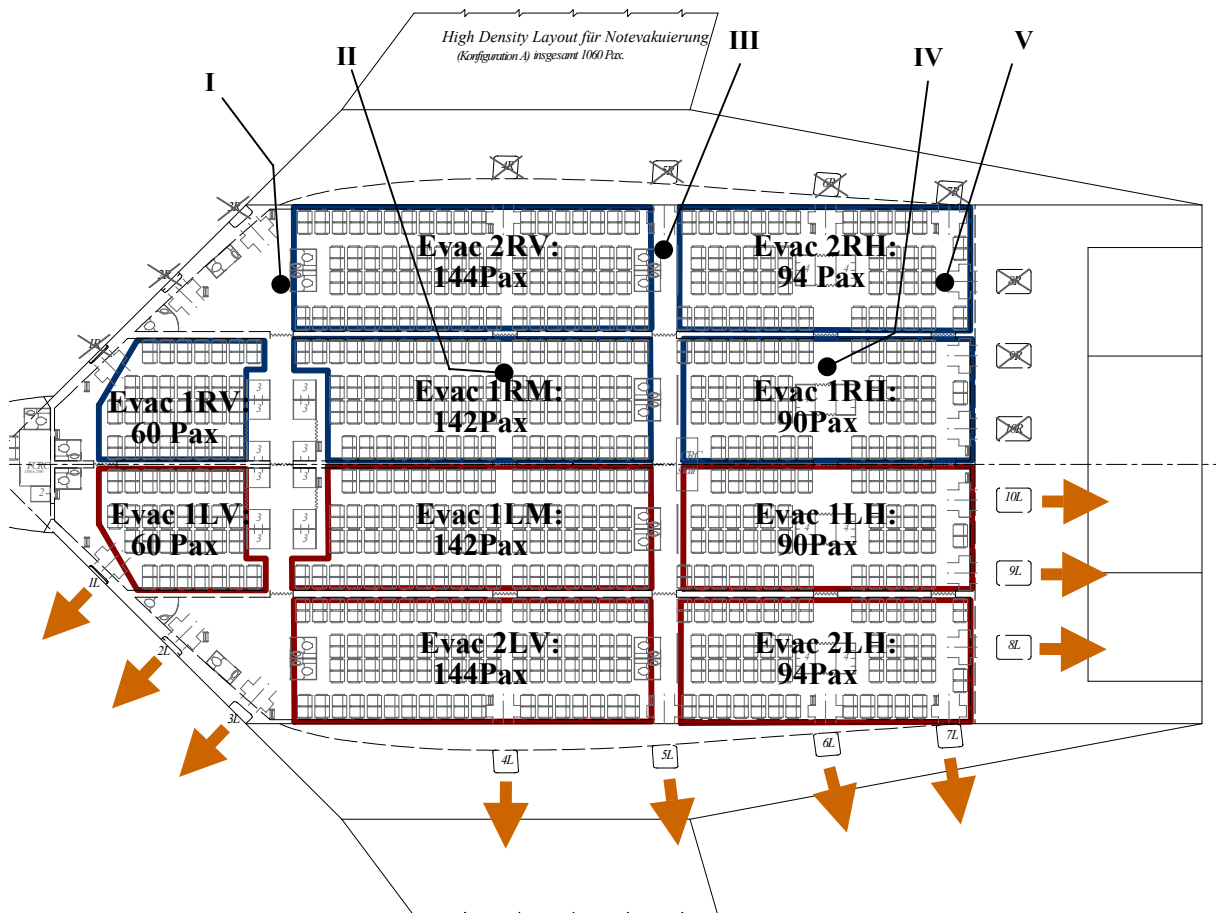
**Bild 4.22** High-Density Kabinenlayout (Eindeck) Short Range Ratios (siehe Anhang A; Bild A.9)

Die Notevakuierung ist bei einer derartigen Kabine eines Nurflüglers ein höchst komplexer Vorgang. Aus diesem Grund müssen für die genauere Untersuchung numerische Lösungsverfahren herangezogen werden. Die breite Kabine mit acht Längsgängen und fünf breiten Quergängen, besitzt insgesamt **vierzig Kreuzungen**. Durch diese vielen Kreuzungspunkte wird die Kabine unübersichtlich. Es besteht die Gefahr das Passagiere sich verlaufen können oder desorientiert sind. Außerdem können sich leicht Staupunkte und hohe Wartezeiten an diesen Bereichen bilden. Um dieses zu vermeiden, ist ein gut durchdachtes Notevakuierungskonzept erforderlich.

Bei einer Evakuierung unterscheidet man grundsätzlich zwischen zwei verschiedenen Notfallsituationen. Müssen Passagiere das Flugzeug lediglich als Vorsichtsmaßnahme verlassen (Bombendrohung, Triebwerksschaden), so wird bei dieser Art von Evakuierung von „kontrolliertem Aussteigen“ gesprochen. Beim unkontrolliertem Aussteigen (Notlandung, Feuerausbruch, Terroranschlag, etc.) ist die Gefahr eines panikartigen Zustands besonders groß. In diesem Falle lässt sich das Verhalten der Passagiere (Hysterie, Desorientierung bis hin zur Apathie) nie genau vorhersagen.(siehe dazu Anhang C, **AP3 1997**, **AP3 1998**)

Ungeachtet dessen, werden für die Untersuchung eines Notevakuierungskonzeptes folgende idealisierte Annahmen getroffen:

- Passagiere verteilen sich zu jedem Zeitpunkt gleichmäßig auf die Türen,
- Es wird von einem gleichmäßigen, stauungsfreiem Passagierfluss ausgegangen, Passagierleitsystem erforderlich,
- Eine einseitige Evakuierung setzt eine symmetrische Kabinenaufteilung voraus.
- Flugzeug steht am Boden, auf seinen Fahrwerken,
- Die Durchflussrate an den Türen beträgt 1,5 Passagiere pro Sekunde (Airbus/ OD),
- Die hinteren Türen 8, 9, 10 können mit der gleichen Anzahl von Passagieren beaufschlagt werden wie die vorderen Türen (Typ A Türen),
- Für die Evakuierung stehen nur die Türen auf einer Flugzeugseite zur Verfügung,
- Kein panikartiges Verhalten der Passagiere,
- Flugbegleiter an den wichtigsten Kreuzungspunkten,
- Keine Engpässe, gute Kabinenübersichtlichkeit, gute Erkennbarkeit der Fluchtwege.



**Bild 4.23** Passagierzonenverteilung bei einseitiger Evakuierung

Um ein Evakuierungsszenario darstellen zu können, werden die Türen der rechten Seite einfachheitshalber versperrt. Auch bei heutigen Notevakuierungsnachweisen, werden die operationellen Tests und Evakuierungssimulationen nur durch eine Flugzeugseite durchgeführt (GC, OD). Die Notevakuierung wird hier durch die linke Flugzeugseite dargestellt, wobei die Quergänge I bis V bei einer einseitigen Evakuierung, gleichmäßig mit Passagieren beaufschlagt werden müssen. Aus diesem Grund wird die Kabine in Zonen unterteilt, deren Passa-

giere den Quergängen zugewiesen werden (siehe Bild 4.23). Zu den Verteilungen können jedoch nur Annahmen gemacht werden. Welchen Weg die Passagiere unter Einfluss von Panik und Angst wirklich nehmen, kann hier nicht erfasst werden. Die folgende Abbildung zeigt eine Aufteilung der Passagierzonen bei einer einseitigen Evakuierung durch die Türen 1L bis 10L. Sind die unteren rot markierten Zonen evakuiert, müssen die oberen Zonen (blau) gleichmäßig nachströmen.

Bei Beginn der Evakuierung verlassen die Passagiere der linken äußersten Zonen die Kabine durch die jeweils vorderen, seitlichen und hinteren Türen. Die ersten Zonen die das Flugzeug verlassen sind die Zonen Evac 1LV durch Tür 1L, Evac 2LV gleichmäßig verteilt durch die Türen 2L, 3L, 4L und 5L, Evac 2LH durch die Türen 5L, 6L, 7L und 8L und ein Teil der Zone Evac 1LH durch die Türen 9L und 10L. Sind alle türseitigen Passagierzonen evakuiert, fließen die Passagier der anderen Zonen, von den Flugbegleitern kontrolliert und auf die Quergänge I bis V gleichmäßig verteilt, nach. Die Aufteilung der Passagiermassen muss mehrmals vorgenommen werden, so dass eine gleichmäßige Belastung an den Quergängen und den Türen herrscht (Panik/- Stauvermeidung).

Die folgende Tabelle 4.22 zeigt eine Übersicht aller Zonen und listet die möglichen Türen und Quergänge auf, die bei einer Evakuierung für die jeweilige Zone in Frage kommen.

**Tabelle 4.22** Zonenübersicht, mögliche Türen und Quergänge

Evakuierungs-Zone	Pax	Gesamtzeit an den Notausgängen [s]	mögliche Notausgänge	mögliche Quergänge	durchschnittlicher Paxfluss pro Quergang
Evac 2LV	144	96	2L, 3L, 4L, 5L	I, II, III	48
Evac 2LH	94	63	5L, 6L, 7L, 8L	III, IV, V	31
Evac 1LV	60	40	1L	-	-
Evac 1LM	142	95	2L, 3L, 4L, 5L, 9L, 10L	I, II, III	45
Evac 1LH	90	60	10L, 9L, 8L, 7L, 6L	III, IV, V	30
Evac 1RV	60	40	1L, 2L	I	29
Evac 1RM	142	95	1L, 2L, 3L, 4L, 5L, 9L, 10L	I, II, III	47
Evac 1RH	90	60	10L, 9L, 8L, 7L, 6L	III, IV, V	30
Evac 2RV	144	96	1L, 2L, 3L, 4L, 5L, 6L	I, II, III	48
Evac 2RH	94	63	10L, 9L, 8L, 7L, 6L	III, IV, V	31
<b>Summe</b>	<b>1060</b>				

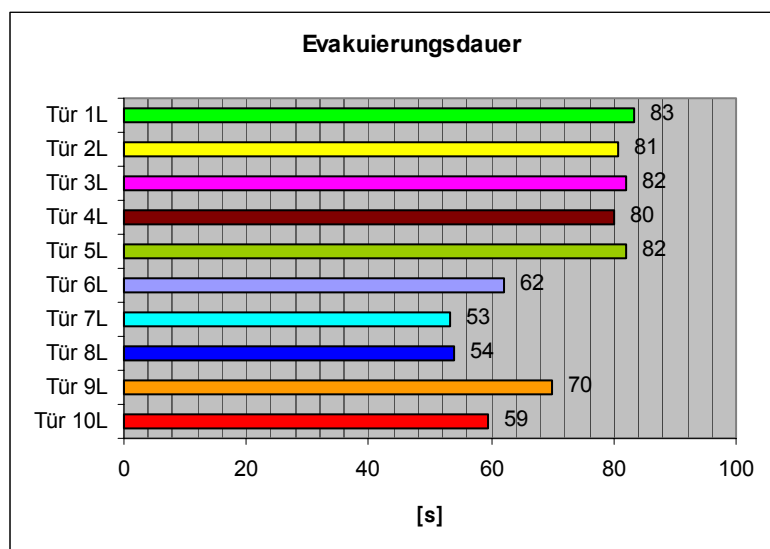
Es ist absehbar, dass einige Türen und Quergänge besonders häufig von verschiedenen Zonen angelaufen werden und folglich die Durchflussrate an diesen Stellen relativ hoch ausfallen wird. In einem iterativen Prozess werden die Passagiermassen in den Zonen auf die Quergänge aufgeteilt und den Türen gleichmäßig zugeordnet. Hierbei wird indirekt versucht sich in einige der Passagiere in den kritischen Zonen hineinzusetzen, um somit die Evakuierungswege zu ermitteln, die am wahrscheinlichsten in Frage kommen.



Eine mögliche Verteilung der Passagiere auf die Türen zeigt folgende Tabelle 4.23:

**Tabelle 4.23** Evakuierungsdauer und –aufteilung an den Türen 1L bis 10L

Türen	Evakuierungs- Zone (Evac)									Pax an Tür	Zeit [s]	
	1LV	1LM	1LH	2LV	2LH	1RV	1RM	1RH	2RV			2RH
Tür 1L	60					60	5				125	83
Tür 2L		34		35			32		20		121	81
Tür 3L		30		35			28		30		123	82
Tür 4L		26		37			32		25		120	80
Tür 5L		26		37			25		35		123	82
Tür 6L					32			27	34		93	62
Tür 7L					31			27		22	80	53
Tür 8L					31			18		32	81	54
Tür 9L		13	44				10	18		20	105	70
Tür 10L		13	46				10			20	89	59
<b>Summe [Pax]</b>	<b>60</b>	<b>142</b>	<b>90</b>	<b>144</b>	<b>94</b>	<b>60</b>	<b>142</b>	<b>90</b>	<b>144</b>	<b>94</b>	<b>1060</b>	



**Bild 4.24** Übersicht der Evakuierungsdauer an den Türen 1L bis 10L

Die Evakuierung würde in diesem Fall längstens 83 Sekunden dauern (Tabelle 4.23). In Bild 4.25 ist zu erkennen, dass die Evakuierungsdauer des hinteren Kabinenteils, bedingt durch die höhere Anzahl und den dichter beieinander liegenden Türen, wesentlich geringer ist, als die des vorderen Kabinenbereichs.

Die maximale Evakuierungsdauer von 83 Sekunden liegt 8 % unter den geforderten 90 Sekunden. Dies ist allerdings nur durch die idealisierten Annahmen möglich. Um eine realistischere Zeit ermitteln zu können, wären Tests und computerunterstützte Evakuierungssimulationen erforderlich, welche in einem nahezu realen Umfeld ablaufen müssten (AP3 1997). (Siehe Anhang C: Notevakuierung). Es ist daher eine höhere Zeit zu erwarten, da die breite Kabine, in der Fluchtwege bis zu 23 m zu bewältigen sind, neue Herausforderungen an die Notevakuierung stellt, wofür es heute kaum Lösungen gibt. Um den Passagierfluss während

der Evakuierung zu erhöhen, muss die Gestaltung der Türen, sowohl im vorderen als auch im hinteren Bereich, eingehend untersucht werden, um entsprechende Durchflussraten zu erreichen. Beispielsweise wäre es sinnvoll die Struktur und Seitenverkleidungen durchsichtig zu gestalten, so dass alle Türbereiche der jeweils gleichen Rumpfseite und Ausstiegsrichtung für Personen untereinander einsehbar sind.

Für andere Notlandeszenarien ist zu untersuchen, ob ein Verlauf der Ausstiegsrichtung der hinteren Türen zur Unterseite des Rumpfes sinnvoll ist. Sowohl bei einer Notwasserung, als auch bei einer Notlandung mit teilweise defektem oder fehlenden Hauptfahrwerk sind diese Fluchtwege nicht mehr zugänglich, da damit zu rechnen ist, dass der Rumpf auf der Hinterkante, und damit auch auf den Türen, aufliegt. Eine Abhilfe wären Ausgänge, die sowohl nach unten, als auch nach oben führen würden.

Um genauere Aussagen über den Evakuierungsverlauf machen zu können, sind an dieser Stelle, wie bereits erwähnt, numerische Evakuierungssimulationen und operationelle Tests, unter realen Verhältnissen, unbedingt notwendig.

#### **4.6.2 Notwasserung (Ditching)**

In der Konzeptphase eines neu zu entwickelnden Passagierflugzeuges muss überprüft und sichergestellt werden, dass das Flugzeug in der gewählten Konfiguration nach einer Notwasserung ausreichend schnell evakuiert werden kann. Dies ist besonders bei Flugzeugkonfigurationen mit hohen Passagierzahlen von entscheidender Bedeutung. Für die Notwasserung konventioneller Flugzeuge gelten die Vorschriften der JAR 25.801, JAR 25.807, FAR 121.339, FAR 121 Appendix D, etc.

Die wichtigsten Merkmale dieser Vorschriften sind:

- Das Verhalten des Flugzeuges bei Notwasserung muss nachgewiesen werden,
- Schwimmzeit und –lage des Flugzeuges müssen die Evakuierung der Passagiere und Besatzung in die Notrutschenboote ermöglichen,
- Flugzeuge mit mehr als 10 Passagieren benötigen oberhalb der Wasserlinie:
  - einen seitlichen Ausgang der min. Größe einer Typ III Tür pro 35 Passagier Sitze aber
  - nicht weniger als zwei Ausgänge (einer pro Seite),
- Ditching-Simulation sind nachzuweisen siehe FAR 121 Appendix D.

Notwasserungen lassen sich in geplante und ungeplante Notwasserungen aufteilen:

Eine **geplante Notwasserung** (Planned Ditching) ist definiert als ein Ereignis, bei dem eine Flugzeugbesatzung aus einer Notsituation heraus beschließt, mit dem Flugzeug auf einer Wasserfläche zu landen.

**Ungeplante Notwasserungen** (Unplanned Ditching) ereignen sich, wenn ein Defekt oder Unfall den Absturz eines Flugzeugs bewirkt oder das Flugzeug über das Ende einer Lande-, bzw. Startbahn hinausschießt und dort ins Wasser fällt (wie es z. B. am 4. November 1993 auf dem alten Hongkonger Flughafen Kaj Tak geschehen ist. Eine fast neue B747-400 der China Airlines war nach dem zweiten Landeanflug in einem Taifun über das Ende der Landebahn hinaus ins Hafenbecken gerutscht). (**Mueller 1999**)

Bei der A340 beträgt die Schwimmzeit ca. 7 Minuten. Nachdem das Flugzeug auf dem Wasser aufgesetzt hat, dringt das Wasser durch Öffnungen der Klimaanlage und des Frachtraums, welche sich auf der unteren Seite des Rumpfes befinden, ein. Bei der A380 geht man von einer längeren Schwimmzeit aus (bis zu ca. 12- 15 Minuten), da der große Flügelkasten mit zum Auftrieb beiträgt und die Öffnungen auf der Rumpfunterseite weitestgehend minimiert wurden. Die hinteren Türen des Hauptdecks dürfen jedoch nicht geöffnet werden, da sich diese unter der Konstruktionswasserlinie befinden würden. (**BT**).

Aussagen über die Schwimmzeit des Nurflüglers können, aufgrund fehlender Informationen, nicht gemacht werden. Im Falle einer Notwasserung des Nurflüglers stünden, aufgrund der jetzigen Flugzeugkonfiguration (High Wing), vermutlich sämtliche vorderen, seitlichen und hinteren Türen unter Wasser. Es müssen daher Fluchtmöglichkeiten, über Luken die nach oben führen, angedacht werden. Hierbei sind Treppen oder Leitern zu installieren, die im Notfall herausklappen und vom Hauptdeck, durch das Oberdeck, zur Flügelprofiloberseite führen. Ein Hauptproblem werden für die Passagier die hohen, zu bewältigenden Vertikaldistanzen sein (siehe **Bristol 2002**).

Da eine Notevakuierung über Treppen oder Leitern wesentlich länger dauern wird, müssen Wege gefunden werden, die Schwimmzeit für das Nurflügelflugzeug zu verlängern. Sämtliche Türen des Hauptdecks müssten geschlossen und wasserdicht gemacht werden. Der sehr breite Rumpf und die große Flügelspannweite müssten den erforderlichen Auftrieb garantieren.

Im Gegensatz zum Airbus-Nurflügler, besitzt beispielsweise der BWB von Boeing tiefere Flügel (lower wing). Der Vorteil liegt darin, dass die Flügel, bei einer Notwasserung, für den notwendigen Auftrieb sorgen, die Türen über Wasser zu halten. Des Weiteren sind bei diesem Konzept Notausstiege über den Flügeln vorgesehen.

Eine Möglichkeit auch beim Airbus-Nurflügler die vorderen und seitlichen Türen für eine Notwasserung nutzen zu können, bestünde in der Zukunftsidee den Nurflügler mit Auftriebshilfen (z. B. Airbags) zu versehen. Diese Airbags müssten sich unterhalb des Rumpfes in ei-

dem „Schwimmgürtel“ beidseitig entfalten, um das Flugzeug so über Wasser zu halten, dass die Konstruktionswasserlinie weit unter den Türschwellen verläuft. Die vier Triebwerke, die den Nurflügler stark nach unten ziehen würden, könnten vorher über einen Abkopplungsmechanismus abgeworfen werden. Die Idee der Airbags wird bereits bei Schiffen angedacht (**Abendblatt 2002c**). Einziger Nachteil, wäre das zusätzlich Gewicht für die Unterbringung der Airbags. Diese würden nur für den Fall einer Notwasserung mitgeschleppt werden und zusätzliches Gewicht bedeuten. (Näheres dazu siehe Kapitel 6: Trends und Zukunftsausblicke).

Ein Flugzeug unsinkbar zu machen oder mittels Airbags über Wasser zu halten, klingt sehr unrealistisch. Eine genauere Untersuchung über eine realistische Notwasserung kann jedoch momentan nur unter Annahmen von Zukunftsvisionen getroffen werden. Bis zur Indienststellung des Nurflüglers im Jahre 2030 müssen Lösungen hinsichtlich dieser Problematik gefunden werden. Andernfalls würde der Nurflügler niemals zugelassen werden, oder es müsste eine Neuauslegung der Flugzeuggesamtkonfiguration, beispielsweise durch das Herabsetzen der Flügel, erfolgen.

## 4.7 Zusammenfassung

Das Referenzstart-Kabinenlayout des Nurflüglers von Airbus wurde unter den Hauptgesichtspunkten: *verkürzte Kabine, Passagierkomfort, akzeptable Turn-Round-Time, Notevakuierung*, optimiert. Durch diese Optimierung des Eindeckkabinenlayouts konnte eine Verkürzung von insgesamt 2 Metern erzielt werden. Bei einer Kabinenbreite von 23 Metern entspricht dieses einer Kabinengesamtfläche von 46 m<sup>2</sup>, was vergleichbar mit der Wohnfläche von heutigen 2-3 Zimmer Wohnungen ist. Für die umströmte Flügelfläche bedeutet dies, für die Ober- und Unterseite zusammen, eine Einsparung von ca. 96 m<sup>2</sup>. Ausschlaggeber dieser Verkürzung sind vor allem die Verlagerung der CRC auf das Oberdeck, die Neupositionierung der seitlichen Türen und die Optimierung der Quergangbreiten und -positionen.

Um ein schnelles Catering zu ermöglichen, wurden die Küchenbereiche zentral und möglichst in den Quergängen angeordnet, welche zu den Cateringtüren führen. Es wurde dadurch einerseits eine gute Zugänglichkeit sichergestellt und andererseits lange Wege durch die Kabine und somit evtl. Beschädigungen, verursacht durch das Schieben der Trolleys an den Einbauten und Sitzen, vermieden. Speziell zum Catering wurden am Ende zwei Ansätze verfolgt. Das Catering des hinteren Kabinenbereichs sollte in einem Fall durch das vorletzte Türpaar (Konfiguration A) und in einem anderen Fall durch das letzte Türpaar (Konfiguration B) erfolgen. Das Resultat sind zwei unterschiedliche Kabinenlayouts, unter Beibehaltung der neuen gemeinsamen Türpositionen und der gleichen Flugzeuggesamtkonfiguration. Da kein Kabinenlayout für besser bewertet wurde, wurden beide als Endstände beibehalten.

Im Bereich des Passagierkomforts sind grundlegende Veränderungen durchgeführt worden. Durch Einführung von Trennwänden und der Separierung/ Verlagerung von Toiletten- und Küchenbereichen, konnte die Erhaltung der Privatsphäre jedes einzelnen Passagiers erheblich verbessert werden. Außerdem wurden Einzel- bzw. Dreierssitze vermieden und somit ein einheitlich Klassenübergreifendes Sitzkonzept erstellt.

Die 3-D Bilder machen in Ansätzen jedoch bezüglich des Passagierkomforts eines ganz deutlich: Die schmalen und zudem fensterlosen Sektionen bergen die Gefahr einer Art „Tunneleffekt“. Damit ist das subjektive Gefühl des „Eingesperrtseins“ und der „Enge“ gemeint, welches einen erheblichen Nachteil auf das Sicherheitsempfinden der Passagiere haben kann. Es müssen daher Veränderungen an der Kabine stattfinden, wie z. B. Videobildschirme an den Wänden, die den Passagier davon ablenken.

Die Untersuchungen der Turn-Round-Time und der Notevakuierung fanden unter idealisierten Annahmen und Einbezug von Toleranzen statt. Die nachgewiesene Turn-Round-Time von 90 Minuten der optimierten Kabine, liegt innerhalb heutiger Zeitspannen und ist somit akzeptabel, müssen aber durch Simulationen und Tests verifiziert werden. Auch die Notevakuierung von insgesamt 83 Sekunden erfüllt die heutige 90 Sekunden-Regel der JAR. Zum Problem der Notwasserung können jedoch, aufgrund fehlender Informationen, keine konkreten Aussagen gemacht werden. Hierzu wären weitere Studien nötig. Nichtsdestotrotz wird auf eine mögliche Notwasserung, unter Einbezug von Zukunftsvisionen, eingegangen.

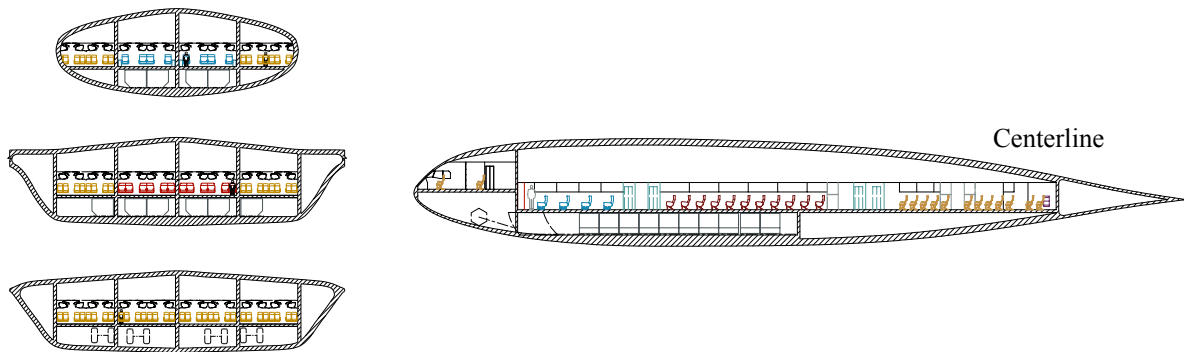
Die Anforderungen aus Sicht der Kabine, der Notevakuierung und der operationellen Abläufe wurden in fast allen Punkten erfüllt. Eine Nurflügelkonfiguration der optimierten Eindeckvariante ist somit, unter Voraussetzung neuer Innovationen und Neudiskussion der Gesetze, als machbar anzusehen.

Bei Betrachtung der neu ermittelten Flugzeuggesamtgeometrie ist feststellbar, dass sich noch sehr viel ungenutzter Freiraum auf dem Oberdeck befindet. Aus diesem Grund wird im nachfolgendem Abschnitt die Möglichkeit, ein zusätzliches Passagierdeck auf dem Oberdeck unterzubringen, untersucht.

## 5 Flying Wing Zweideckkabinenkonfiguration

### 5.1 Vorgehensweise

Bei der Unterbringung der Eindeck-Passagierkabine in das Nürflügelprofil ist feststellbar, dass sich viel „toter/ leerer“ Freiraum auf dem Oberdeck befindet (Bild 5.1). Um diesen Freiraum nicht ungenutzt zu lassen, wird im nächsten Schritt eine mögliche Integration einer Zwei-Deckkonfiguration genauer untersucht. Hierbei soll das Oberdeck den gleichen Luxus und Standard aufweisen wie auf dem Hauptdeck. Beide Decks sind analog zur Eindeckoptimierung unter den Hauptgesichtspunkten verkürzte Kabine, Passagierkomfort, akzeptable Turn-Round-Time und Notevakuierung auszulegen. Erschwerend kommt hinzu, dass es sich beim Oberdeck um einen konisch verlaufenden Rumpfbereich handelt.

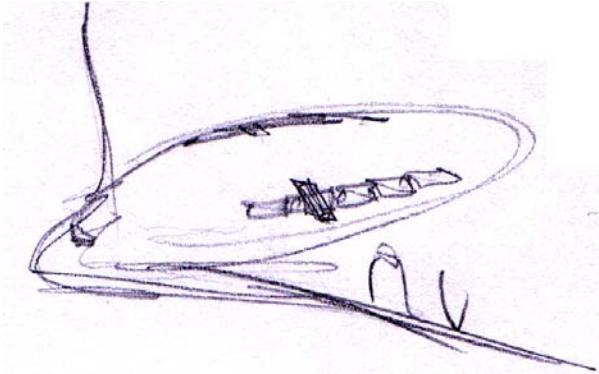


**Bild 5.1** Quer- und Längsschnitt durch die der Passagierkabine

Für die Kabinennutzung auf dem Oberdeck existieren verschiedene Ideen. Es besteht die Möglichkeit nur Bereiche bzw. Einbauten zu schaffen, welche ausschließlich für die Nutzung während des Reisefluges vorgesehen sind, wie z. B. Toiletten- und Küchenbereiche, Konferenzräume, Kinderspielecke, CRC etc. Dadurch dass keine Sitze vorgesehen sind, entfällt die Auslegung der Kabine für Start und Landung und somit die Forderung einer separaten Notevakuierungsmöglichkeit aus dem Oberdeck, was wiederum weniger Durchbrüche in der Struktur/ des Druckrumpfes und somit geringeres Gewicht bedeuten würde.

Eine andere Möglichkeit ist die Integration eines vollständigen Kabinenteils mit Sitzplätzen. Diese Idee soll auch im weiteren Verlauf dieser Diplomarbeit verfolgt und ausgearbeitet werden. Aufgrund der vorgesehenen Sitzplätze, muss die Kabine für Start und Landung ausgelegt werden, wobei nun die Forderung nach eigenen Notevakuierungsausgängen erfüllt werden muss. Es ist bereits jetzt abzusehen, dass aus Platzgründen nur ein geringer Teil aus dem Hauptdeck in das Oberdeck verlagerbar ist. Hierbei bietet sich die komplette First Class an. Eine Integration nur eines Teils der Business Class bzw. Economy Class, bringt operationelle Nachteile (für das Boarding/ Deplaning, Catering, etc.) mit sich. Neben der kompletten First Class Kabine werden die Schlaf- und Ruheräume der Kabinenbesatzung auf dem Oberdeck untergebracht. Sobald Kabinenteile aus dem Hauptdeck in das Oberdeck wandern, wird Platz

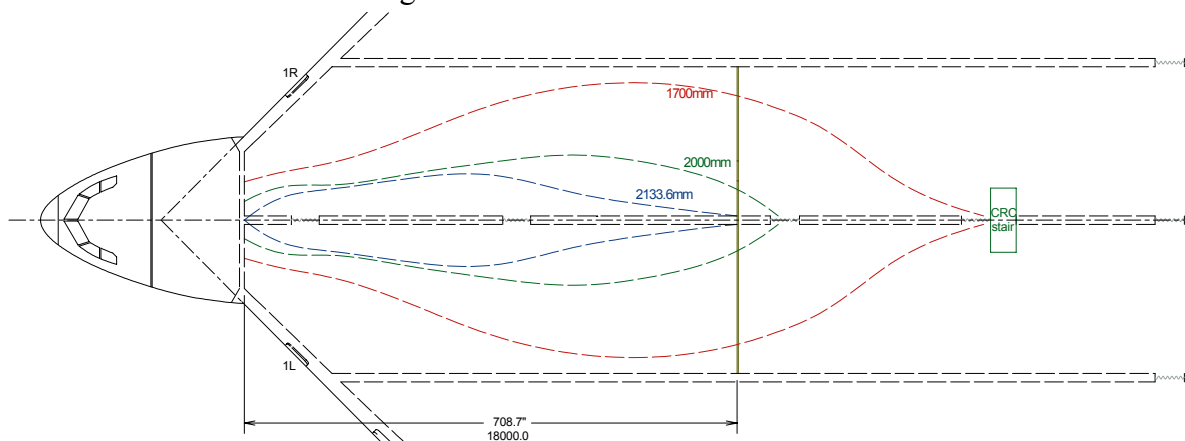
auf dem Hauptdeck frei und somit die Kabine verkürzt. Durch diese Verkürzung schrumpft, bei gleichbleibender rel. Profildicke, zugleich die absolute Profildicke. Da auf die Einhaltung der Mindeststehhöhe (84'') auf dem Oberdeck zu achten ist, ist eine beliebige Verkürzung der Gesamtkabine daher nicht möglich. Gegebenenfalls muss der benötigte Platzbedarf durch eine an die Flugzeuoberseite aufgesetzte Profilstruktur (eine Art „Buckel“) realisiert werden. Dieser Buckel (hump) könnte wie in nachfolgender Skizze aussehen (Bild 5.2).



**Bild 5.2** Flying Wing mit „Buckel“ (Handskizze von Prof. Granzeier, HAW, 2002-11-29)

## 5.2 Untersuchung des Freiraums auf dem Oberdeck

Um eine erste geometrische Übersicht zu erhalten, wird das bereits optimierte und verkürzte Nurflügel-Modell (Verkürzung: 2000mm) in verschiedene Querschnitte (Cross Sections) unterteilt. Es werden in gleichmäßig verteilten Schnitten die Abstände von der Centerline bis zu den relevanten Höhen ermittelt. Relevante Höhen sind unter anderem die Mindeststehhöhe von 84'' (2133,6 mm), die Höhe von Hocheinbauten/ Monumenten (2000mm) und der nötige Kopffreiraum oberhalb der Sitze (Overhead clearance 1700mm). Diese Daten werden in das 2D-Modell in Höhenlinien dargestellt, wo anschließend die Anordnung der Sitze, sowie aller Einbauten erfolgen kann. (Siehe dazu Anhang: Cross Sections). In nachfolgender Abbildung 5.3 sind diese Höhenlinien dargestellt.



**Bild 5.3** Nutzbarer Raum auf dem Oberdeck (dargestellt in Höhenlinien 2D)

Die Höhenlinien stellen die Grenzen des nutzbaren Raums auf dem Oberdeck dar. In Bild 5.2 ist zu erkennen, dass vor allem Nahe der Centerline die Mindeststehhöhe und somit die Positionierung der Gänge und hohen Einbauten am ehesten in Frage kommt. Die Kabinenlänge wird durch eine Trennwand auf 18 Meter begrenzt, da im hinteren Teil der Kabine keine optimale Stehhöhe mehr gegeben ist. Der Bereich hinter dieser Trennwand ist daher für die Crew Rest Compartments vorgesehen. Um auch dem Kabinenpersonal einen relativ angenehmen Aufstieg zu ermöglichen, wird die alte Position der CRC Treppe um einen Quergang weiter nach vorne versetzt. Diese Treppe ist aufgrund der Existenz der First Class Boardingtreppe eigentlich überflüssig, soll jedoch als zusätzliche Zugangs- und Evakuierungsmöglichkeit beibehalten werden.

Durch die Positionierung von Sitzen und Einbauten in den jeweiligen Grenzbereichen, wird in iterativen Schritten versucht, ein optimales Kabinenlayout zu erstellen (Sitzbereich: 2000 mm – 1700 mm, Einbautenbereich: 2133,6 mm – 1700 mm). Bei der Kabinenauslegung des Oberdecks, wird eine Mindeststehhöhe im Gang von 79'' - 84'' angesetzt. Des Weiteren sind alle nötigen Einbauten unterzubringen. Bei der Verteilung der Komponenten ist auf eine Kompatibilität mit dem Hauptdeck zu achten. Beispielsweise ist die Positionierung des Trolleylifts auf dem Oberdeck, mit der Position auf dem Hauptdeck abzugleichen. Bei allen Anordnungen soll die platzsparendste Lösung verfolgt werden. Außerdem sind alle Anforderungen, wie z. B. gute Zugänglichkeit oder ein schnelles Catering, einzuhalten.

Bevor die ersten Kabinenlayouts erstellt werden können, muss als erstes die Positionierung des Trolleylifts stattfinden. In einem weiteren Schritt ist eine Zugangstreppe so auszulegen, dass ein schnelles Boarding/ Deplaning, ein angenehmer Auf- und Abstieg und ein paralleles passieren/ vorbeigehen zwei entgegengerichteter Passagiere gewährleistet ist. Des Weiteren ist die Unterbringung der Schlaf- und Ruheräume der Crew und alle weiteren First Class Komponenten parallel zu untersuchen. Hierbei sind für ein Optimum mehrere Anläufe nötig. Einerseits sind viele verschiedene Variationen der Positionierung von Kabinenkomponenten denkbar und andererseits ist, im Gegensatz zum Eindecklayout, ein Abgleich von 2-D in 3-D (und umgekehrt) nötig. Die Anforderungsliste ist fortwährend zu vervollständigen und einzuhalten.

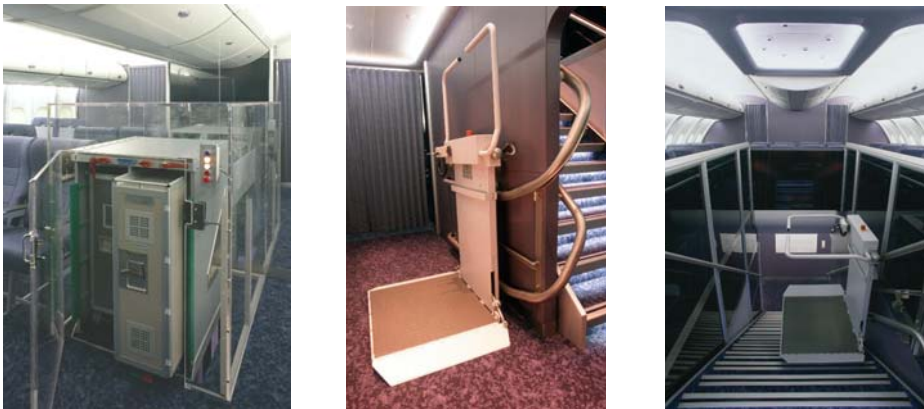
### **Hauptanforderungen an das Oberdeck sind:**

- Die Durchbrüche der Längsstruktur sollen mit denen des Hauptdecks übereinstimmen,
- Mindeststehhöhe (79'' - 84'') muss eingehalten werden,
- Keine „One Excuse Me“ Seats für die First Class,
- Der Standard/ Luxus auf dem Hauptdeck muss auch auf dem Oberdeck gewährleistet sein,
- Eine schnelle Notevakuierung muss garantiert sein,
- Turn-Round-Time und Boarding-/ Deplaningvorgänge müssen realisierbar sein,
- (Weitere Anforderungen siehe Anhang B).



### 5.3 Positionierung des Trolleylifts

Aus heutiger Sicht ist aufgrund der Oberdeckgeometrie kein Catering durch einen separaten Zugang von außen möglich. Die vollbeladenen Trolleys müssen daher vom Hauptdeck auf das Oberdeck transportiert werden. Momentan besteht die Möglichkeit einen Trolleylift, welcher auch im A380 Verwendung finden wird, zu installieren oder einen Plattformlift an der Treppe, welcher bereits in öffentlichen Gebäuden für gehbehinderte Personen vorzufinden ist, anzubringen (Lee 2002). (Siehe Bild 5.4). Die Installation eines Passagierliftes, welcher zugleich für das Catering genutzt werden könnte (siehe Szameit 2001), ist hier aufgrund des geringen Platzes nicht möglich, sollte jedoch in weiteren Studien Beachtung finden.



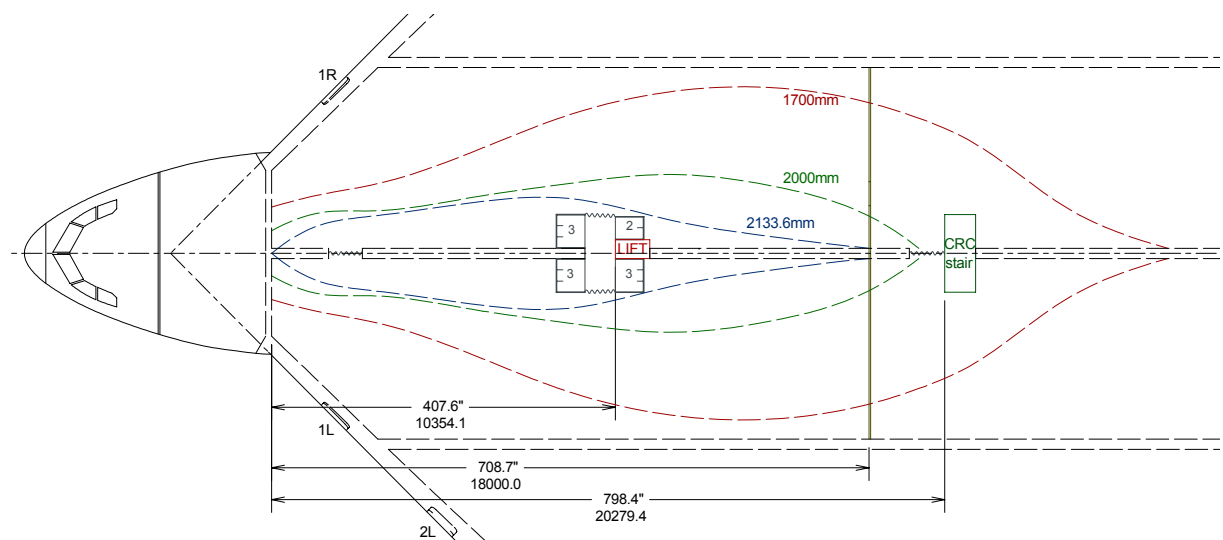
**Bild 5.4** Trolleylift und Plattformlift im „Megaliner“ Mock Up (FPO-Airbus)

Da die Entwicklung des Plattformlifts noch nicht sehr weit vorangeschritten und eine Zulassung seitens der Behörden fraglich ist, wird für die weitere Untersuchung die Variante des Trolleyliftes gewählt. Es ist zu erwähnen, dass ein Plattformlift gegenüber dem Trolleylift den Vorteil einer zusätzlichen Transportmöglichkeit von behinderten Passagieren oder anderen Gütern hat (z. B. Reinigungstrolleys, Lee 2002). Diese Möglichkeit der Beförderung sollte daher zu einem späteren Entwicklungsstadium in Betracht gezogen werden.

Bei der Positionierung des Trolleylifts ist auf eine Abstimmung beider Decks zu achten. Der Trolleylift soll auf beiden Passagierdecks möglichst zentral in Küchennähe untergebracht werden und für das Catering auf dem Hauptdeck leicht zugänglich sein. Es sollen dabei möglichst wenig Sitzplätze verloren gehen. Der hier verwendete Trolleylift entspricht den Abmaßen des A380-Trolleylifts (41'' x 22''). Da der Trolleylift beide Decks miteinander verbinden und ein schnelles Catering durch denselben Quergang des Hauptdecks erfolgen soll, kommt aus Konsequenz daraus nur der vordere Quergangbereich für eine Küchen- und Trolleyliftpositionierung in Frage. Des weiteren ist der Trolleylift möglichst zentral und aufgrund des Arbeitsbereichs in den Küchen in Längsrichtung anzuordnen. Insgesamt sind mindestens 11 Trolleys für die First Class auf dem Oberdeck, entsprechend den Ratios aus Tabelle 4.5, vorzusehen.

Anhand einer ersten Positionierung der Sitzplätze und des geringen Platzes der Mindeststehhöhe von 84'' auf dem Oberdeck, wird deutlich, dass der Küchenbereich zuviel Platz in Querrichtung in Anspruch nimmt und dadurch Sitzplätze verloren gehen und die erforderlichen Gangbreiten nicht mehr eingehalten werden können. Dies erfordert einen größeren Durchbruch durch die primäre Längsstruktur der Centerline beider Decks, um so den erforderlichen Platz für den Trolleylift zu schaffen. Dieser zentralen und platzsparenden Lösung stehen jedoch strukturelle Nachteile gegenüber. Es werden ein großer Durchbruch durch die Primärstruktur, sowie Schnitte durch die Querträger und Fußbodenstruktur nötig, was allerdings seitens der Strukturauslegung noch im akzeptablen Rahmen liegt (**JG**).

Des weiteren wird die CRC-Treppe, für eine bessere Stehhöhe auf dem Oberdeck, um einen Quergang nach vorne verlegt. Im nachfolgenden Bild 5.5 sind die neuen Positionen des Trolleylifts, des dazugehörigen Küchenbereichs und der CRC-Treppe dargestellt.



**Bild 5.5** Trolleyliftposition, neue CRC Treppenposition auf dem Oberdeck

Da ein Liftsystem, welches sich in der Luft befindet mehr Risiken aufweist, als ein Liftsystem welches am Boden installiert ist, sind die Anforderungen an einen Trolleylift sind generell sehr hoch. Es existieren Böen- und Manöverlasten, was eine stärkere Strukturauslegung erfordert und somit mehr Gewicht und Kosten bedeuten würde. Des weiteren ist die Zuverlässigkeit für das Catering sehr hoch gesetzt (failure probability  $<10 E-5$ ). Im Falle eines „break downs“ (Ausfall) des Lifts würde das Flugzeug am Boden stehen bleiben („No Go Item“- Situation) bzw. zu Zeitverzögerungen führen. Dies würde wieder erhebliche Kosten seitens der Fluggesellschaften bedeuten. (**Szameit 2001**).

Bei der weiteren Kabinenauslegung werden, unter Beibehaltung der jetzigen Anordnungen des Küchenbereichs und der CRC Treppe, verschiedene Passagiertreppenpositionen und daraus resultierende Sitzanordnungen untersucht.

## 5.4 Treppen- und Oberdeckauslegung

Eine Installation einer separaten Boardingtür auf dem Oberdeck ist, aufgrund der Kabinengestaltung, heutzutage noch nicht möglich. Der Zugang muss daher über eine Treppe vom Hauptdeck aus erfolgen. Diese Treppe wird hier hauptsächlich für die Benutzung von First Class Passagieren vorgesehen. Es sind folgende Anforderungen an die Treppe einzuhalten:

- Die Treppe soll den Passagieren ein schnelles Boarding, bzw. Deplaning ermöglichen,
- Die Treppe soll möglichst in Türnähe positioniert werden,
- Die Treppe kann für das Oberdeck neben den Notausstiegsluken als zusätzlicher Notausgang dienen,
- Die Passagiere sollen die Möglichkeit haben, sich während des Reisefluges über die Treppe zwischen beiden Passagierdecks zu bewegen,
- Zwei Passagiere müssen ohne Probleme aneinander Passieren können,
- Stehhöhe muss über die gesamte Treppenlänge gewährleistet sein (ca. 79'' - 84''),
- Sicherheit der Passagiere muss während der Treppennutzung gewährleistet sein,
- Treppe muss auch von behinderten Passagieren genutzt werden können (evtl. durch Treppenlift, Plattformlift) (Lee 2002).

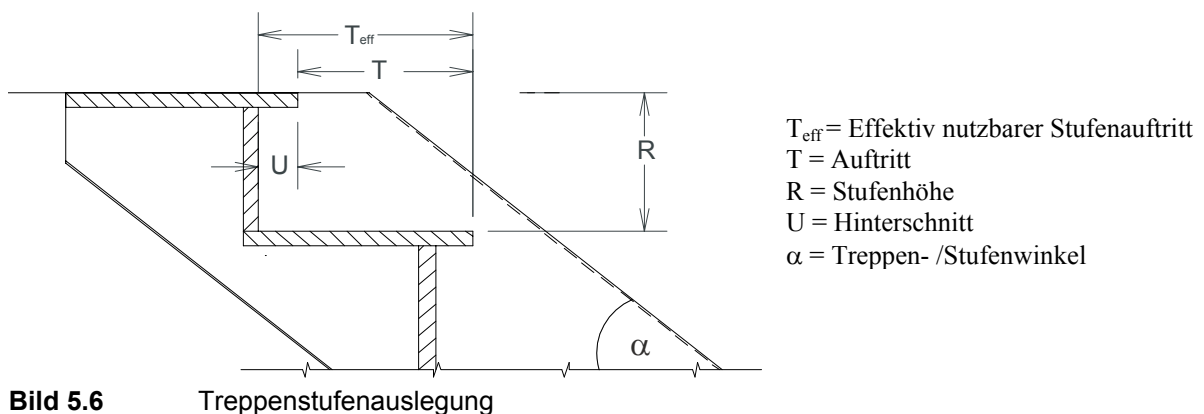
### 5.4.1 Treppenauslegung

Anhand der Informationen des FPO Airbus (MB) und nach Neufert 1993, besitzt eine optimale „Normal“-Treppe (Bild 5.6), wie sie in Bürogebäuden vorzufinden ist, folgende Daten:

Stufenhöhe:  $R_{opt} = 170 \text{ mm}$

Stufentiefe:  $T_{opt} = 280\text{-}290 \text{ mm}$

Der Treppenwinkel beträgt dabei:  $\alpha_{opt} = \arctan\left(\frac{R}{T}\right) = 31,3^\circ$ .



**Bild 5.6**

Treppenstufenauslegung

Bei einer Treppenauslegung im Flugzeug wird versucht die Stufengeometrie möglichst kompakt zu gestalten, um den Platzverbrauch gering zu halten und große Strukturdurchbrüche zu vermeiden. Es werden daher Werte, die im akzeptablen Bereich liegen, verwendet.

Bei einer Kabinenhöhe von 2333,6 mm (Abstand: Fußboden Hauptdeck bis Fußboden Oberdeck) und einer Wahl von  $n = 13$  Stufen, ergibt sich für die Treppenauslegung des Nurflüglers

$$\text{eine Stufenhöhe von: } R_{BWB} = \left( \frac{2333,6 \text{ mm}}{13} \right) = \underline{\underline{180 \text{ mm}}}$$

Für die Stufentiefe wird eine kompakte Länge von  $T = 235 \text{ mm}$  angenommen. Bei einer Wahl des Hinterschnitts von  $U = 45 \text{ mm}$ , würde so die optimale Stufentiefe von  $T_{\text{eff}} = 280 \text{ mm}$  erreicht. Die Treppengesamtlänge beträgt dann:  $T_{BWB} = 235 \text{ mm} \cdot 13 = \underline{\underline{3055 \text{ mm}}}$ .

$$\text{Es ergibt sich daraus ein Treppenwinkel von } \alpha_{BWB} = \arctan\left(\frac{2333,6 \text{ mm}}{3055 \text{ mm}}\right) = 37,4^\circ.$$

Der ermittelte Treppenwinkel, sowie die Stufenhöhe und -tiefe liegen im akzeptablen Bereich. **(Referenz: A380 Airbus Stairteam; MB)**

### Treppenbreite

Es ist nachgewiesen, dass eine Treppenbreite von  $W_{\text{usable}} = 816 \text{ mm}$  für eine Begegnungssituation zweier Personen auf der Treppe ausreicht. **(Referenz: A380 Operational Stair Tests, MB)**. Werden außerdem die Handläufe, sowie Verkleidungen mit je 100 mm auf jeder Seite berücksichtigt, so erhält man eine Mindestgesamtbreite der Treppe von 1016 mm. Es wird eine Treppenbreite von 1200 mm gewählt. Dies ist möglich, da bei dieser Breite und Positionierung in Querrichtung gerade ein Querträger (Cross Beam) geschnitten wird, vorausgesetzt die Querträgerverteilung entspricht derselben wie bei der A380 (25''  $\equiv$  635 mm). Da die Treppe hauptsächlich von First Class Passagieren genutzt wird, kommt diese Treppenverbreiterung dem Passagierkomfort zu Gute. Des weiteren muss genügend Platz für den Transport von verletzten Passagieren bzw. Passagieren im Rollstuhl zur Verfügung stehen. In der Regel wird die Person mittels Trage oder in einem „On board“ Rollstuhl von zwei Helfern nach oben getragen. **(Becker 2002)**. Ein weiterer Grund die Treppe nicht zu schmal zu gestalten wäre das Image des Nurflüglers. Eine zu kleine Treppe für ein Flugzeug der nächste Generation, würde bei den meisten Fluggesellschaften und den Passagieren zu Unverständnis und evtl. zur Ablehnung führen. Aber auch eine allzu großzügig gestaltete Treppe würde zu viele Sitzplätze kosten und bei dieser geringen Anzahl von Passagieren keinen Sinn machen.

Der Platz vor der Treppe ist in der Regel so groß wie die Treppenbreite. Es wird hier ein Platz von ca. 1,2 m - 1,5 m vor den Treppeneingängen gewählt. Des weiteren ist auf die Mindeststehhöhe (Head clearance ca. 79'' - 84''), welche parallel zur Treppe verläuft, einzuhalten.

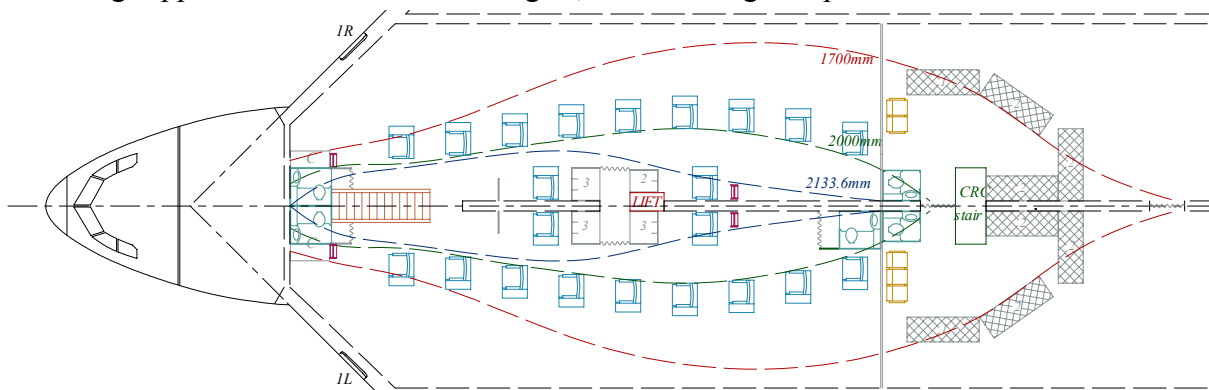
## 5.4.2 Treppenpositionierung und Oberdeckauslegung

Für die Positionierung und Gestaltung der Treppe sind verschiedene Variationen denkbar. Die Treppe kann in Längsrichtung, Querrichtung, am Anfang oder am Ende des Oberdecks installiert werden. Neben einer guten Zugänglichkeit und eines schnellen Boardings ist die Treppe so zu positionieren, dass kein wertvoller Platz für Sitzplätze verloren geht und die Struktur unnötig beeinträchtigt wird. Die Anzahl der geschnittenen Längs- sowie Querträger (Longitudinal/ Cross Beams) ist daher möglichst minimal zu halten. Generell ist es ungünstiger, mehr Querträger, als Längsträger zu schneiden (Strukturverstärkungen nötig; mehr Gewicht) (JG).

Je nach Positionierung der Treppe ändert sich die Kabinengestaltung. Es werden daher parallel zur Optimierung der Treppenpositionierung entsprechende Kabinenlayouts der First Class und CRCs erstellt. Um denselben Standard vom Hauptdeck auch auf dem Oberdeck zu gewährleisten, wird die Kabine vorerst komplett mit Einersitzen bestuhlt (Anforderung: möglichst keine „One-Excuse-Me“ Sitze). Jeder Sitz muss direkt am Gang mit der Mindeststehhöhe untergebracht werden, was sehr Platzausfüllend ist. Die Sitze werden aufgrund des geringen Platzes in einer Kurve (an Höhenlinie 2000 mm) angeordnet. Aus Sicht heutiger Sitzschienenauslegungen, sind solche Anordnungen möglich. Da zum jetzigen Zeitpunkt das Kabinenvolumen nicht verändert werden soll (z. B. durch „Buckel“), wird diese Sitzanordnung vorerst beibehalten. Die Sitze können auf schrägen Sitzschienen oder auf festen Punkten, sogenannten Hard Points, angebracht werden (heutige VIP Flugzeuge, IK). Eine Anbringung der Sitze auf festen Punkten wird von den heutigen Fluggesellschaften nicht akzeptiert, da sie dadurch in ihrer Flexibilität, die Sitzpositionen zu verändern, erheblich eingeschränkt werden. Es sollte daher auch über eine Kabinenauslegung nach einem realistischen Sitzschienenkonzept nachgedacht werden, was zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen wird (siehe Kapitel 5.4.3). Um die günstigste Treppenposition zu ermitteln, werden mehrere Fälle untersucht.

### Fall 1: Gerade Treppe vorne angeordnet durch die Centerline-Struktur

Im ersten Fall wird die Treppe vorne mittig durch die Centerline positioniert. Auch heutige Treppenauslegungen wie z. B. in der Boeing 747 und der A380 sehen eine gerade verlaufende Boardingstreppe in der Nähe der Boardingtür, relativ mittig und parallel zur Centerline vor.



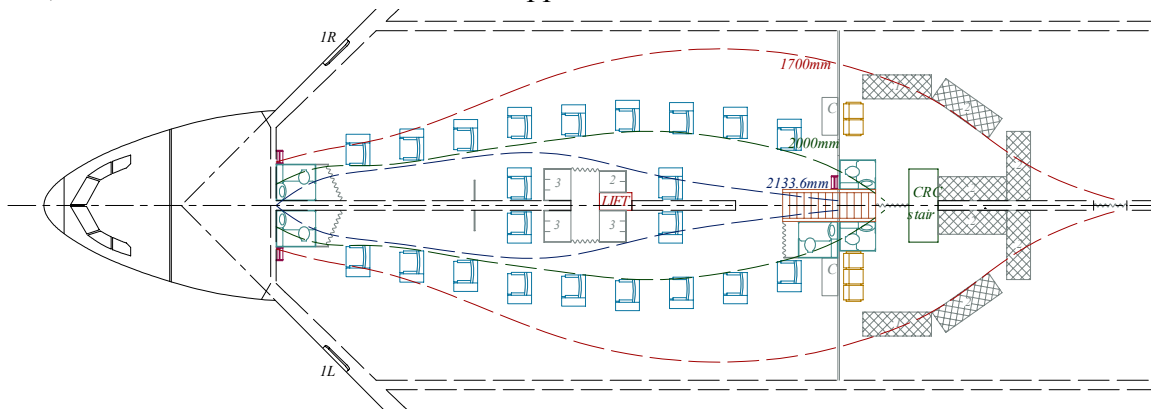
**Bild 5.7** Kabinenlayout Oberdeck; Treppe vorne angeordnet durch die Centerline-Struktur

**Tabelle 5.1** Vor- und Nachteile der Treppenposition Fall 1 (Bild 5.7)

Fall 1	
Vorteile	Nachteile
1.) Geringerer Platzverbrauch auf beiden Seiten auf dem Oberdeck.	1.) Sehr großer Durchbruch durch die primäre Längs-Struktur, 2.) schneiden von mehreren Querträgern, 3.) Treppenhaus nimmt großen Bereich der Stehhöhe auf dem Oberdeck ein, 4.) Passagiere der First Class müssen beim Boarding erst durch einen Teil der Business Class

**Fall 2: Gerade Treppe hinten angeordnet durch die Centerline-Struktur**

Um möglichst wenig Platz für die Integration des Treppenhauses auf dem Oberdeck zu verlieren, wird die Variante einer hinteren Treppe untersucht.



**Bild 5.8** Kabinenlayout Oberdeck; Treppe hinten angeordnet durch die Centerline Struktur

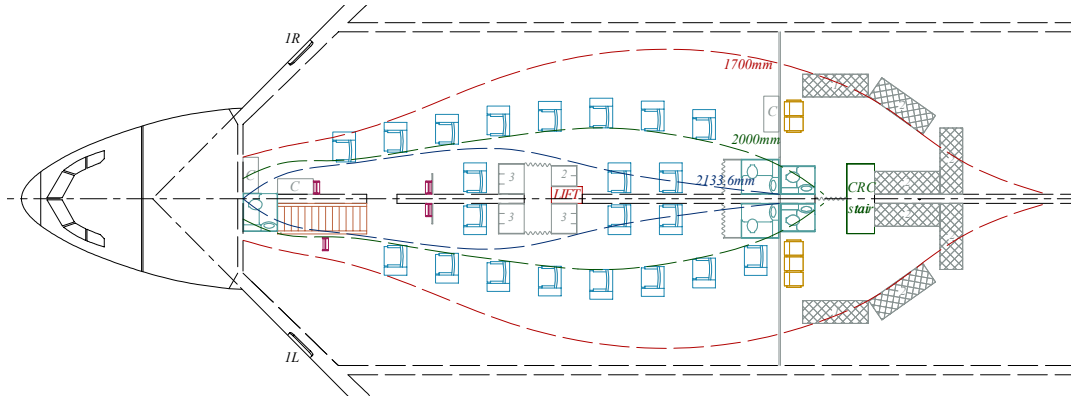
**Tabelle 5.2** Vor- und Nachteile der Treppenposition Fall 2

Fall 2	
Vorteile	Nachteile
1.) Im Falle einer Notevakuierung zentrale Lage auf dem Hauptdeck, was über das Oberdeck kürzere Wege für EC-Passagiere bedeuten würde, 2.) Platzeinsparung der Mindeststehhöhe, da Treppenausgang auf dem Oberdeck genau so positioniert werden kann, dass dieser da anfängt, wo die Mindeststehhöhe gegeben ist, 3.) Treppenposition würde sich vor allem für den Bereich der EC eignen, wenn Einbauten bzw. Bereiche für die EC im Oberdeck vorgesehen sind (z. B. Lav.).	1.) Lange Boardingpfade für First Class Passagiere durch die anderen Klassen ist nicht zumutbar und wird von Fluggesellschaften nicht akzeptiert, 2.) Sehr großer Durchbruch durch die primäre Längs-Struktur, 3.) Schneiden von mehreren Querträgern.

Diese Treppenposition würde sich gut für eine ausschließliche Nutzung der Economy Class, beispielsweise für Toilettenbereiche oder Sitze auf dem Oberdeck, eignen. Da hier jedoch die First Class vorgesehen ist, wird die Variante einer hinteren Treppe nicht weiter verfolgt. Eines der K.O. -Kriterien sind die langen Boardingpfade, die durch die anderen Klassen führen und so nicht von den Fluggesellschaften akzeptiert würden. Des Weiteren sind derartig große Durchbrüche durch die wichtigste Primärstruktur seitens der Struktur kaum tragbar. Fall 1 und Fall 2 werden daher für die weitere Ausarbeitung nicht mehr in Betracht gezogen.

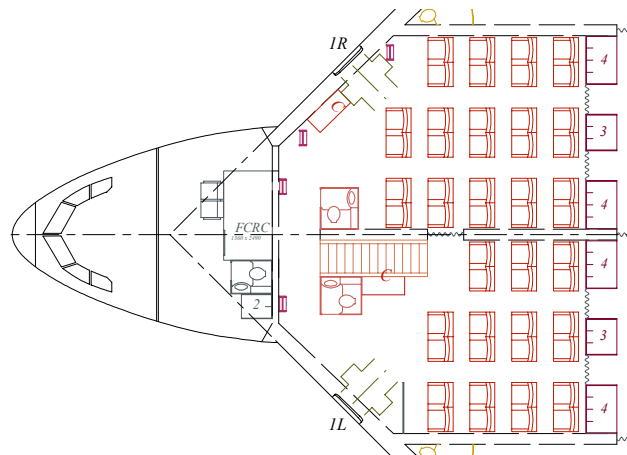
**Fall 3: Gerade Treppe vorne angeordnet neben der Centerline-Struktur**

Um die Struktur nicht zu stark zu beeinträchtigen, wird eine Variante untersucht, die große Durchbrüche in der Primärstruktur (hier Centerline-Struktur) vermeidet. Die vordere gerade Treppe wird daher neben der Centerline-Struktur auf der unteren Seite positioniert.



**Bild 5.9** Kabinenlayout Oberdeck; Treppe vorne neben der Centerline-Struktur

Um sich ein genauere Aussagen über den Sitzplatzverlust/ Kabinenverlust auf dem Hauptdeck machen zu können, wird im nachfolgendem Bild 5.10 das Hauptdeck mit der entsprechenden Treppenposition dargestellt. Es ist zu erkennen, dass auf der unteren Kabinenseite, wo sich die Zugangstreppe befindet, sich sechs BC-Sitzplätze weniger als im Oberen unterbringen lassen.



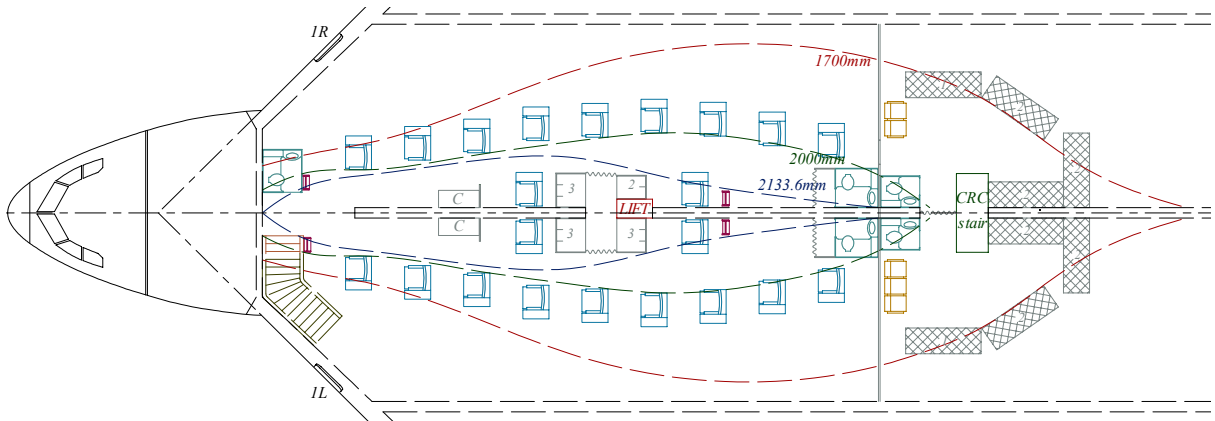
**Bild 5.10** Kabinenlayout Hauptdeck; Treppe vorne neben der Centerline-Struktur

**Tabelle 5.3** Vor- und Nachteile der Treppenposition Fall 3

<b>Fall 3</b>	
<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
1.) Keine großen Durchbrüche durch die primäre Längsstruktur	1.) Schneiden von mehreren Querträgern 2.) Passagiere der First Class müssen beim Boarding erst durch einen Teil der Business Class 3.) Ungleiche Platzverteilung auf dem Oberdeck, wird dadurch unsymmetrisch 4.) Weniger Kabinenraum, BC-Sitzplatzverlust auf der unteren Seite des Hauptdecks aufgrund der Treppe. Es fallen Sitzplätze weg 5.) Ungenutzter Durchbruch auf dem Hauptdeck

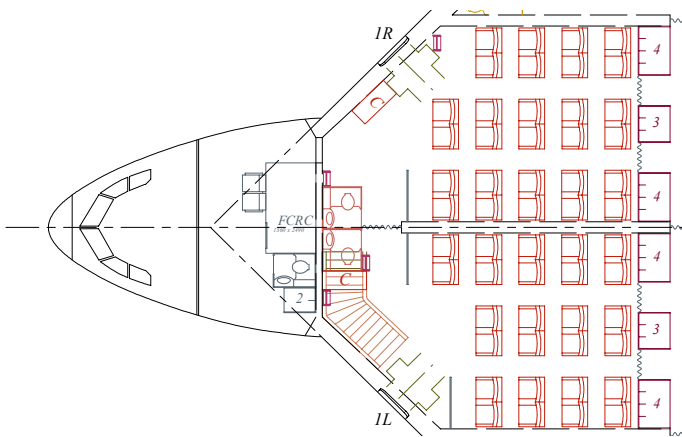
#### Fall 4: Seitlich angeordnete gebogene Treppe (Curved Stair)

Die Wege von der Boardingtür 1L zum Treppeneingang, sind in den Fällen 1 bis 3 teilweise sehr lang und führen durch andere Klassen. Um das Boarding zu optimieren, wird im Gegensatz zu den bisher gerade verlaufenden Treppen eine gebogene Treppe betrachtet. Diese Treppe besitzt 15 Stufen und verläuft direkt an der Vorder- und Cockpitwand nahe Tür 1L.



**Bild 5.11** Kabinenlayout Oberdeck; gebogene Treppe vorne (Einersitze)

Analog zu Fall 3 wird auch hier die Auswirkung auf dem Hauptdeck im nachfolgendem Bild 5.12 dargestellt. Die Wendeltreppe ist hier so angeordnet, dass im Gegensatz zu Fall 3 vier BC-Sitzplätze mehr unterbringbar sind. Ein weiterer Vorteil, ist die Möglichkeit den Platz unterhalb der Wendeltreppe für eine Toilette, einen CAS und eine Garderobe zu nutzen.



**Bild 5.12** Kabinenlayout Hauptdeck; gebogene Treppe vorne (Einersitze)

**Tabelle 5.4** Vor- und Nachteile der Treppenposition Fall 4

Fall 4	
Vorteile	Nachteile
1.) Keine großen Durchbrüche durch die Längsstruktur, es wird nur ein Querträger geschnitten 2.) Besseres Boarding: kürzere Wege, Treppeneingang direkt an Boardingtür, Benutzung der Boardingtür gleichzeitig durch FC, BC möglich. 3.) Platzsparend, Treppenausgang befindet sich genau da, wo die Mindeststehhöhe auf dem Oberdeck beginnt.	1.) Schneiden von mehreren Längsträgern 2.) Ungleiche Platzverteilung, Kanine wird dadurch unsymmetrisch 3.) Weniger Kabinenraum auf der linken Seite des Hauptdecks aufgrund der Treppe



Um die bestmögliche Treppenposition zu ermitteln, wird nachfolgend eine Bewertungsmatrix erstellt (siehe Tabelle 5.5). Die Wertungen die vergeben werden, entsprechen einem Punktesystem von 1- 10.

**G** = Gewichtung : 10 => höchste Priorität; 1 => geringste Priorität

**P** = Punkte : 10 => Anforderung voll erfüllt; 1 => Anforderung ungenügend erfüllt

**W** = Wert = G x P

**Tabelle 5.5** Bewertungsmatrix zur Auswahl der Zugangstreppe

Nr.	Bewertungskriterium	G	Fall 1		Fall 2		Fall 3		Fall 4	
			P	W	P	W	P	W	P	W
1	Platzverdrängung (Sitzplatzverlust) auf dem Oberdeck gering halten	8	8	64	8	64	7	56	7	56
2	Platzverdrängung (Sitzplatzverlust) auf dem Hauptdeck gering halten	8	8	64	8	64	7	56	7	56
3	Schnelles Boarding/ Nähe zur Boardingtür 1L	9	5	45	4	36	6	54	9	81
4	Geringe Belastung der Struktur (Möglichst wenig Querträger schneiden)	7	1	7	1	7	6	42	9	63
5	Stufenanzahl (möglichst gering)	7	8	56	8	56	8	56	6	42
6	Möglichst kein Boarding durch andere Klassen	9	8	72	2	18	8	72	10	90
7	Kollisionungsvermeidung mit der Kabineneinrichtung (Sitzplatzverlust, Assist Spaces)	5	7	35	7	35	6	30	6	30
8	Stehhöhe auf der Treppe	3	10	30	10	30	10	30	10	30
<b>Gesamtpunktzahl</b>		<b>560</b>		<b>373</b>		<b>310</b>		<b>396</b>		<b>448</b>

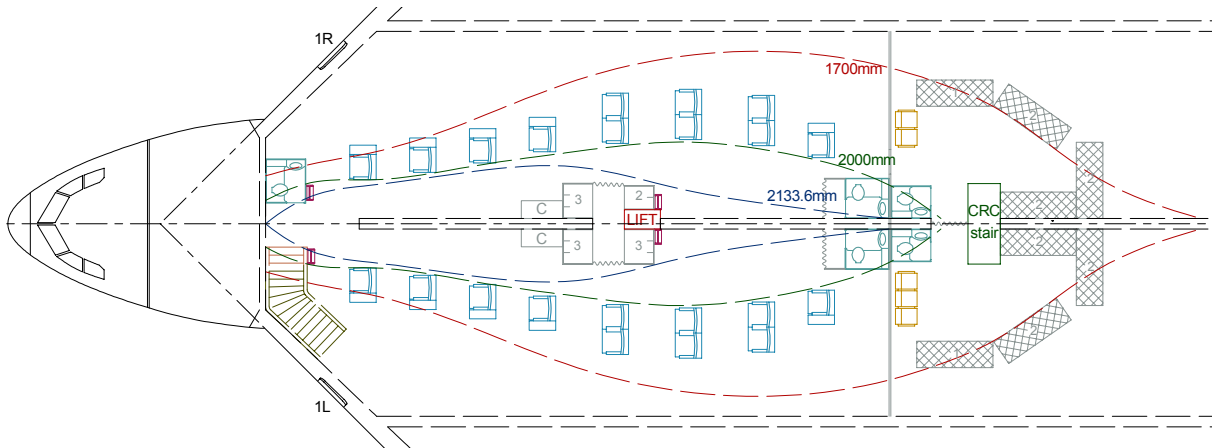
**Prozent von max. erreichb. Punktzahl**

**67 %    55 %    71 %    80 %**

Die Bewertungsmatrix zeigt, dass die gewendelte Treppe (Fall 4) mit 80 % die meisten Anforderungen erfüllt. Fall 3 und Fall 4 sind beide aus struktureller Sicht realisierbar (**JG**). Aus operationeller Sicht, ist eine gebogene Treppe, welche direkt an der Tür 1L beginnt, vorteilhafter. Die Passagiere der First Class haben so beim Betreten des Flugzeuges, direkten Zugang zur Treppe und müssen nicht erst durch die Kabine der Business Class. Fall 1 und Fall 2 verdrängen zwar am wenigsten nutzbare Kabinenfläche, erfordern jedoch durch die großen Strukturdurchbrüche weitere Verstärkungen, was wiederum zusätzliches Gewicht bedeuten würde. Es wird daher für die weitere Auslegung der Zweideckkonfiguration mit Fall 4 weitergearbeitet.

Um den Airlines neben der Einersitzvariante eine platzsparendere Kabinenauslegung anbieten zu können, wird eine zweite Sitzvariante bestehend aus Einer- und Doppelsitzen betrachtet (siehe Bild 5.13). Um die Anforderung, „One-Excuse-Me“ Sitze in der First Class zu vermeiden, einhalten zu können, muss der Sitzabstand der Doppelsitze, entgegen heutiger konventionellen Auslegungen, vergrößert werden. Es werden 15'' zusätzlich zum Pitch der Doppelsit-

ze beaufschlagt, um die Privatsphäre und den Komfort der am Gang sitzenden Person aufrechtzuerhalten. Durch den geringeren Platzverbrauch der Kombination aus Einer- und Doppelsitze entfallen die Einzelsitze an der Centerline, wo eine Unterbringung einer Bar oder sonstigen Passagierannehmlichkeiten denkbar wäre. Auch dieses Sitze wären auf festen Punkten (Hard Points) oder schrägen Sitzschienen installiert.



**Bild 5.13** Kabinenlayout Oberdeck; gebogene Treppe vorne (Einer- und Doppelsitze)

Es ist zu erwähnen, dass die bis hierher erstellten Oberdecklayouts noch mit entsprechenden Evakuierungswegen versehen werden müssen, was das Aussehen der Kabine verändern wird. Dieses erfolgt in der späteren Notevakuierungsauslegung (Kapitel 5.8).

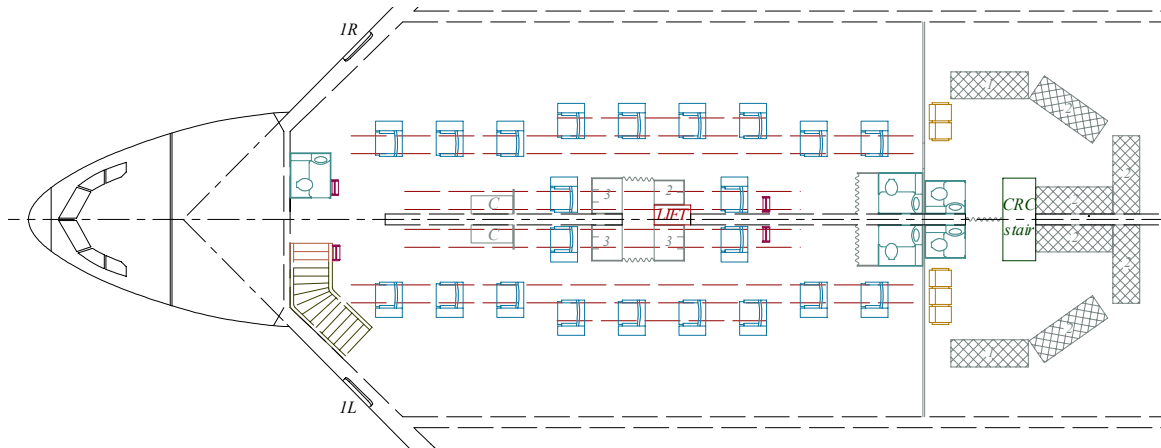
### 5.4.3 Oberdeck-Sitzschienenauslegung

Die Sitze in einer Flugzeugkabine sind in der Regel auf fest definierten Sitzschienen untergebracht. Während die Sitze auf dem Nurflügel-Hauptdeck einheitlich und gerade hintereinander angeordnet sind und somit kein Problem darstellen, sind die Sitze auf dem Oberdeck im ersten Schritt der Auslegung aus Platzgründen auf einer Kurve angeordnet (Siehe Kapitel 5.4.2). Eine derartige Anordnung ist nur durch feste Punkte (Hard Points)/ schräge Sitzschienen zu realisieren.

Da die Fluggesellschaften auf eine Flexibilität in der Variation der Sitzabstände bestehen, soll nun ein neues Kabinenlayout des Oberdecks mit einem gerade verlaufenden Sitzschienenkonzept erstellt werden.

Nach heutigen Vorgaben sind die Sitze auf fest definierten Punkten an den Sitzschienen angebracht. Die Sitzschienen verlaufen in der Regel parallel zur Längsachse. Schräge Sitzschienen sind auch möglich. Im konischen Bereich der A340 beispielsweise ist ein Sitzschienenverlauf im Winkel von ca.  $3,8^\circ$  realisiert. (Info: **IK**, FPO Airbus, ETXCU, Dez. 2002).

Im nachfolgendem Bild 5.14 ist ein Beispiel für eine realistische Einersitzbestuhlung auf geraden Sitzschienen dargestellt. Die Sitze werden hintereinander auf den Sitzschienen befestigt. Es ist zu erkennen, dass jeweils die vordersten und die hintersten Sitze auf einer Schiene untergebracht sind. Neben den dargestellten Sitzschienen sind auch schräg verlaufende Sitzschienen (bis ca. 5°) denkbar.



**Bild 5.14** Sitze angeordnet auf gerade verlaufenden Sitzschienen im Oberdeck (Einersitze)

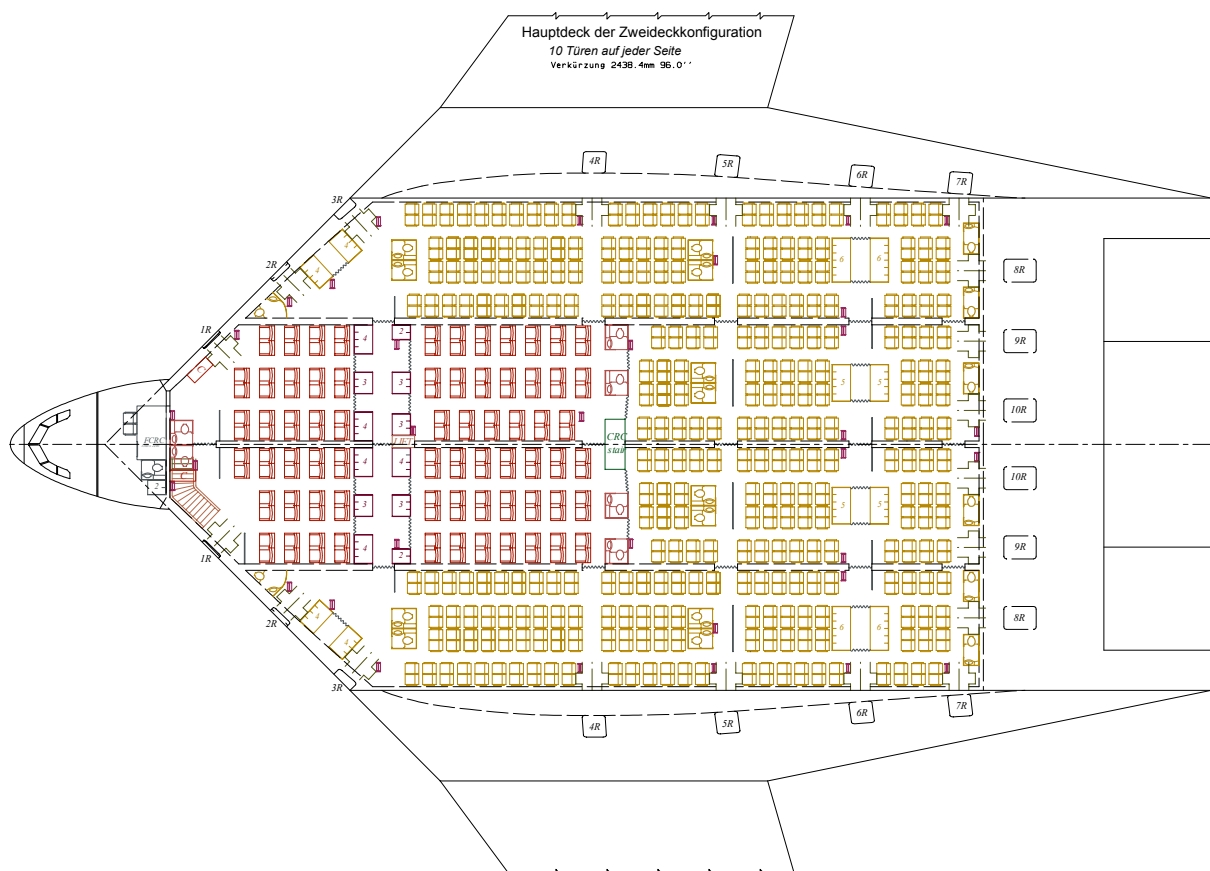
## 5.5 Hauptdeckauslegung

Durch die Verlagerung der kompletten First Class auf das Oberdeck kommt es zu grundlegenden Veränderungen auf dem Hauptdeck. Die Kabine muss daher völlig neu und unter Beachtung der relevanten Anforderungen, Standards und Haupt Gesichtspunkten analog zu Kapitel 4 Eindeckauslegung ausgelegt werden.

Ausschlaggebende Kriterien für die Veränderungen auf dem Hauptdeck sind:

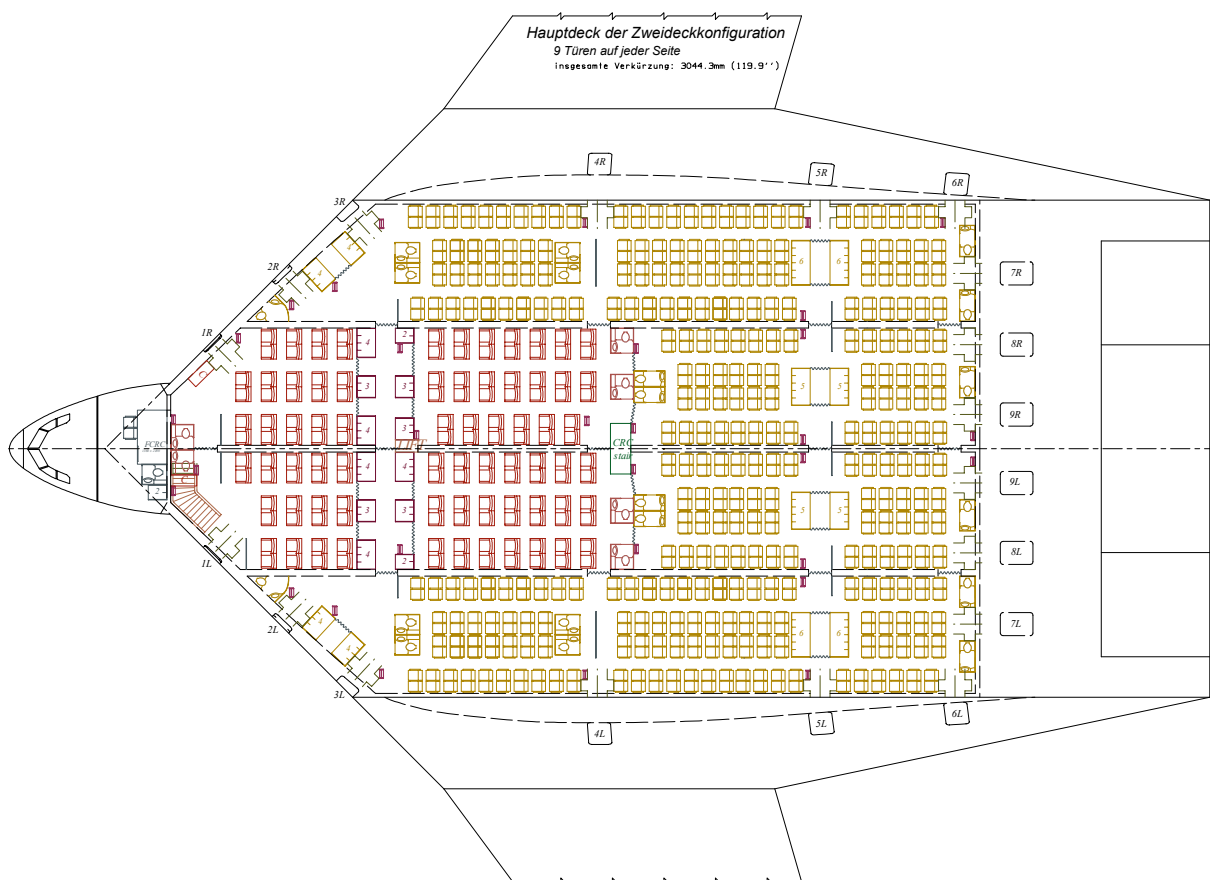
- Platzeinsparung durch Verlagerung der gesamten First Class auf das Oberdeck  
=> Verkürzung der Kabine,
- Neupositionierung der CRC Stair um einen Quergang nach vorne,
- Integration einer Zugangstreppe,
- Integration eines Trolleylifts, entsprechend der Oberdeckposition,
- Verlagerung der BC in den Freibereich => Verlagerung einiger EC Bereiche,
- Neupositionierung der Türen und Quergänge.

Es wird analog zu den Ratios der Eindeckvariante (Tabelle 4.5) ein neues Kabinenlayout des Hauptdecks, welches ausschließlich aus Business und Economy Class besteht, erstellt. Das Hauptdeck umfasst insgesamt 728 Passagiere und besitzt 10 Türen an jeder Seite.



**Bild 5.15** Kabinenlayout: Hauptdeck der Zweideckkonfiguration mit 10 Türen an jeder Seite (Siehe Anhang A; Bild A.10)

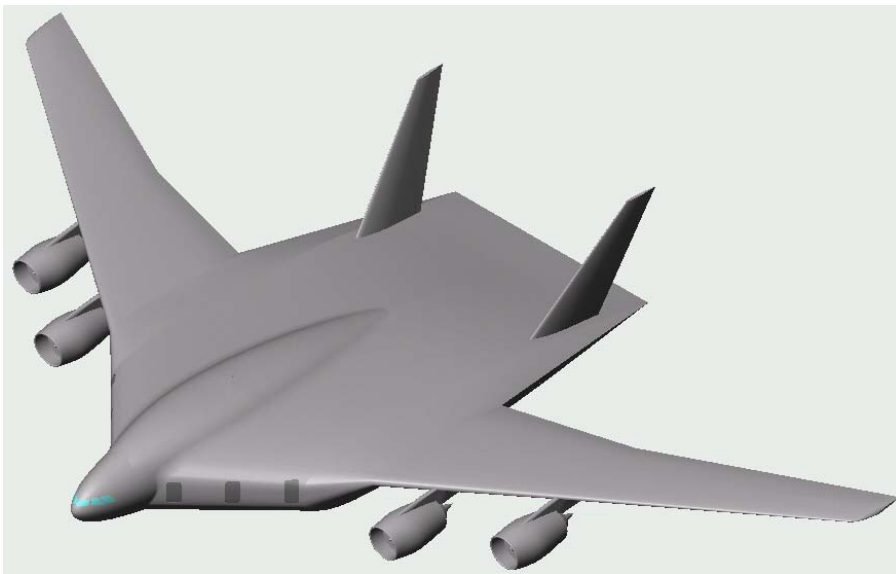
Bild 5.15 zeigt, dass durch die optimierte Platzausnutzung eine Verkürzung von 2438,4 mm (96'') erzielt wird. Bei einer Auslegung der Kabine in einem High Density Layout ist jedoch feststellbar, dass aufgrund des geringeren Platzes insgesamt nur noch 972 Passagiere untergebracht werden können (Siehe Anhang A Bild A.11). Nach **JAR 25.807 (b) (2)** reichen dementsprechend neun Typ A Türen auf jeder Flugzeugseite aus (110 Pax/ Tür). Das seitliche Türpaar 5L/ 5R soll daher in einem weiteren Schritt wegfallen. Die Möglichkeit, hintere Türen wegfallen zu lassen wird verworfen, da eine möglichst kurze und einheitliche Kabine geschaffen werden soll. Das Türpaar 6L/ 6R wird, um den hinteren Bereich zu vergrößern, um 64'' nach vorne verschoben. Der Sicherheitsabstand von 1500 mm zur Flügelhinterkante bei ausgefahrenen Klappen ist hierbei einzuhalten. Die nachfolgende Abbildung 5.16 zeigt das neue Hauptdeck mit neun Türen auf jeder Seite. (Siehe auch Anhang A; Bild A.12)



**Bild 5.16** Kabinenlayout: Hauptdeck der Zweideckkonfiguration mit 9 Türen auf jeder Seite

Aufgrund der Reduzierung eines seitlichen Türpaars und somit eines Quergangs, kann eine weitere Kabinenverkürzung von insgesamt 3 Metern (3044,3 mm) erzielt werden. Des Weiteren ist, durch den Wegfall der Strukturdurchbrüche der Türen durch die Rumpfhaut, mit einer erheblichen Gewichtsreduzierung zu rechnen. Würden die zehn Türen beibehalten, käme dies allerdings der Reduzierung der Notevakuierungszeit zugute. Die bis hierhin erstellten Kabinenlayouts für die Zweideckkonfiguration werden als letzten Stand beibehalten. In einem weiteren Schritt ist die neue Flugzeuggeometrie zu ermitteln. Durch die Kabinenverkürzung schrumpft zugleich die Profildicke (bei konst. rel. Profildicke) und somit die erforderliche

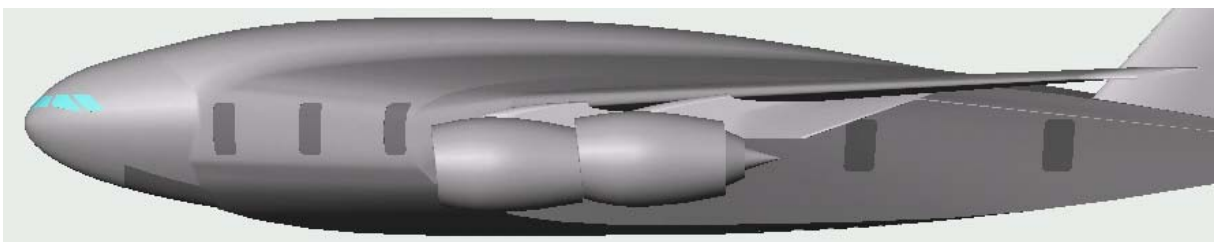
Mindeststehhöhe auf dem Oberdeck. Der zusätzlich benötigte Platzbedarf der zuvor erstellten Kabine des Oberdecks wird, wie bereits mehrfach erwähnt, durch eine aufgesetzte „Buckel“ (Hump) auf der Profilerseite garantiert. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Abmessungen der Kabine des Oberdecks „so groß wie nötig und so gering wie möglich“ gehalten werden, da der zur Verfügung stehende Freiraum aus aerodynamischer Sicht begrenzt ist. Denn je größer der Buckel wird, desto ungünstiger werden die Strömungseigenschaften (Gefahr von Verdichtungsstöße). Es kommt zu Interferenzwiderständen, welche die Gleitzahl ( $L/D$ ) schlechter werden lassen, und somit den Widerstand und den Kraftstoffverbrauch erhöhen. Um ein Optimum zwischen der Buckel/- Kabinengeometrie und der Aerodynamik zu erhalten, ist eine Iteration zwischen 2D und 3D notwendig. Die veränderte Flugzeuggeometrie, seitens der Flugzeugkonfiguration, ist in den nachfolgenden Bildern (Bild 5.17- 5.20) dargestellt.



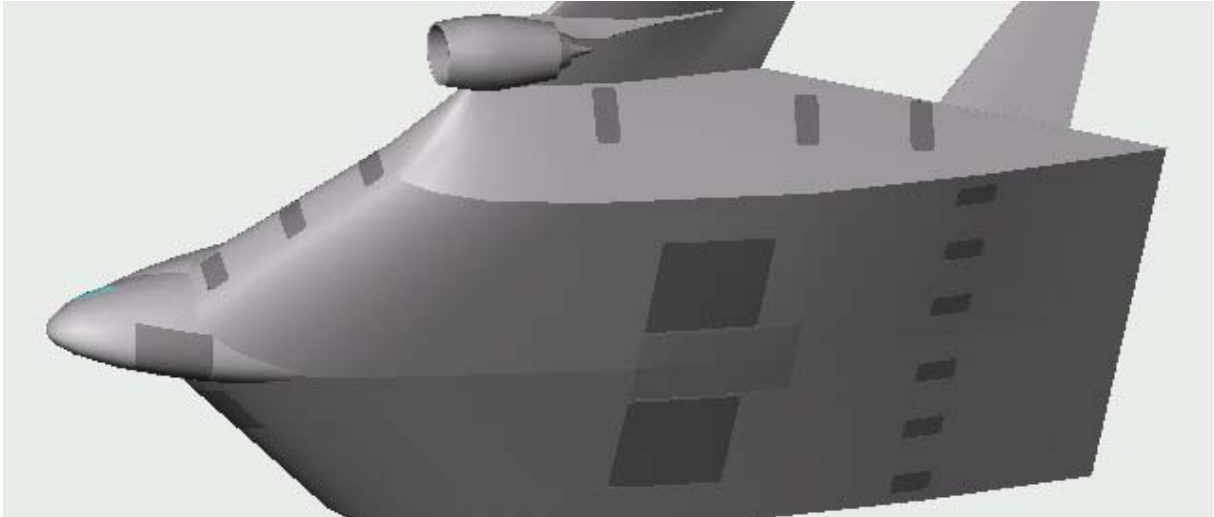
**Bild 5.17** Nurflügelflugzeug mit Buckel (isometrische Ansicht)



**Bild 5.18** Frontansicht des Nurflügelflugzeuges mit Buckel

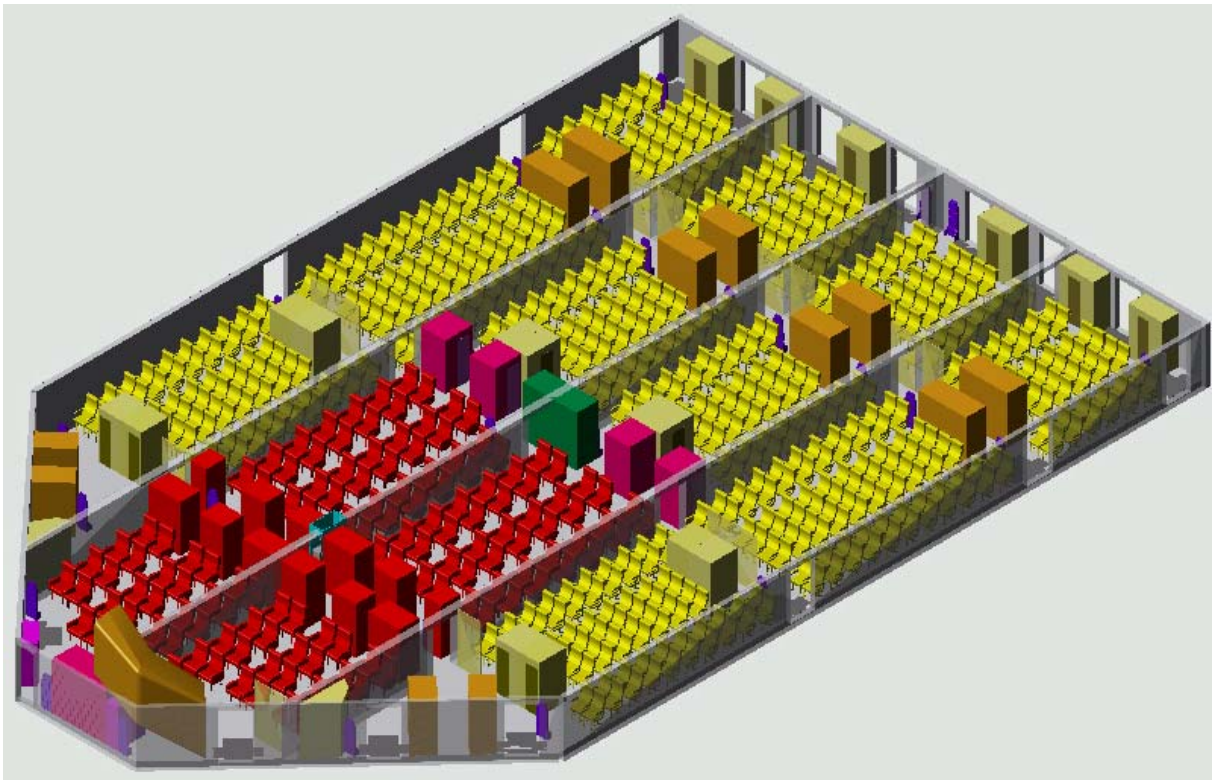


**Bild 5.19** Seitenansicht des Nurflügelflugzeuges mit Buckel

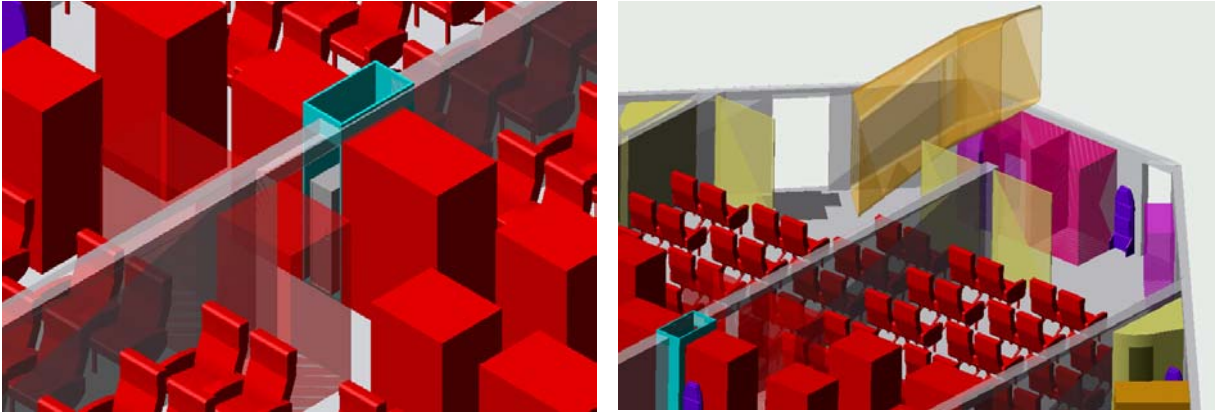


**Bild 5.20** Ansicht der neuen Türpositionen

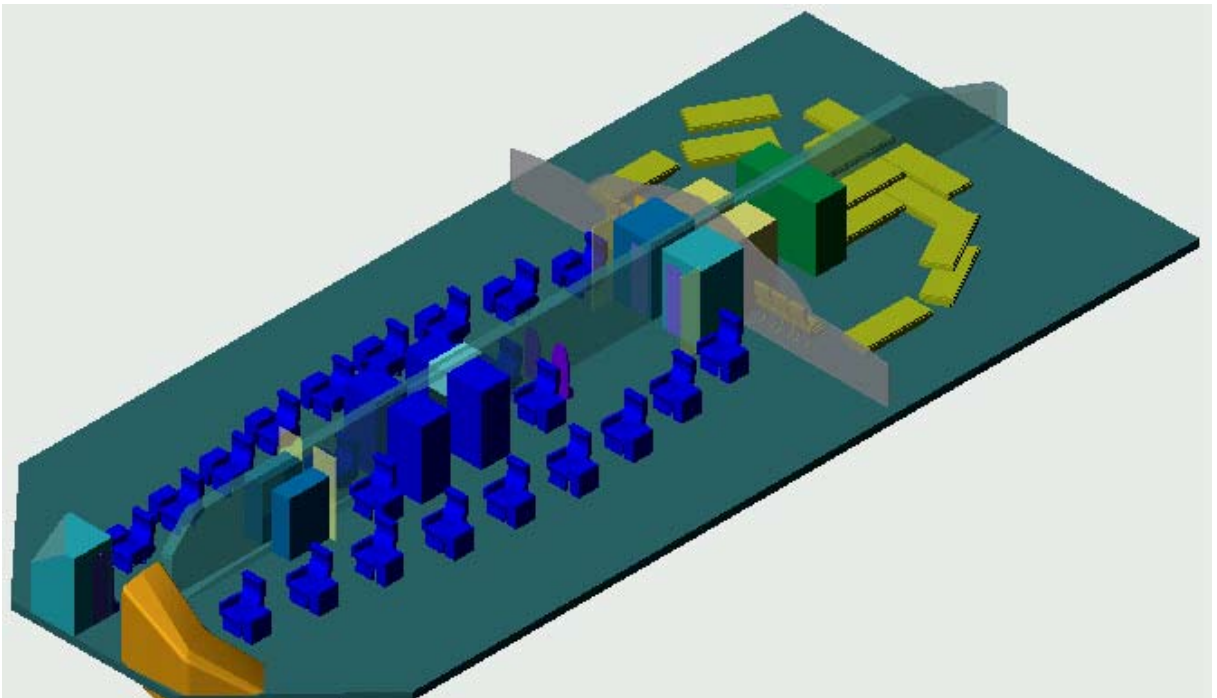
In den Bildern 5.17 und 5.19 sind der harmonische Verlauf des „Buckels“ von der Flugzeugnase aus gut zu erkennen. Das Fehlen des seitlichen Türpaares und die neuen Türpositionen sind in Bild 5.20 gut dargestellt. Die nachfolgenden Abbildungen (Bild 5.21- 5.27) zeigen die neu erstellten 3D-Kabinengeometrien des Haupt- und Oberdecks und deren Lage in der neu erstellten Nurflügelkonfiguration mit aufgesetzter Profilstruktur (Buckel). Es ist zu erwähnen, dass das Oberdeck, aufgrund der benötigten Fluchtwege, noch modifiziert werden muss (Kapitel 5.8)



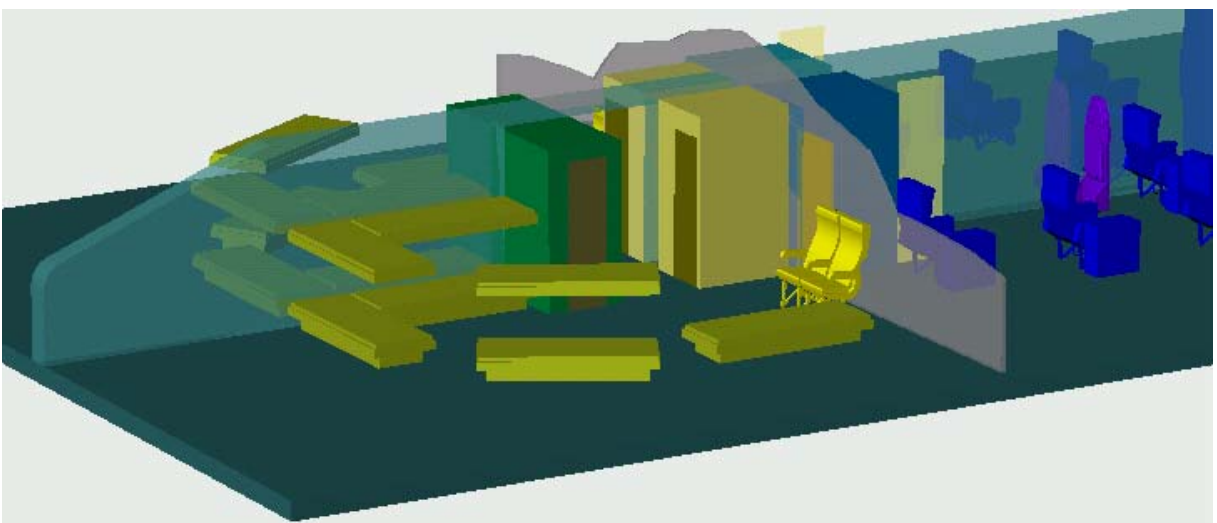
**Bild 5.21** 3-D Kabinenlayout des Hauptdecks mit 9 Türen auf jeder Seite



**Bild 5.22** Detailansichten des Trolleylifts und des Eingangsbereichs vor der Zugangstreppe

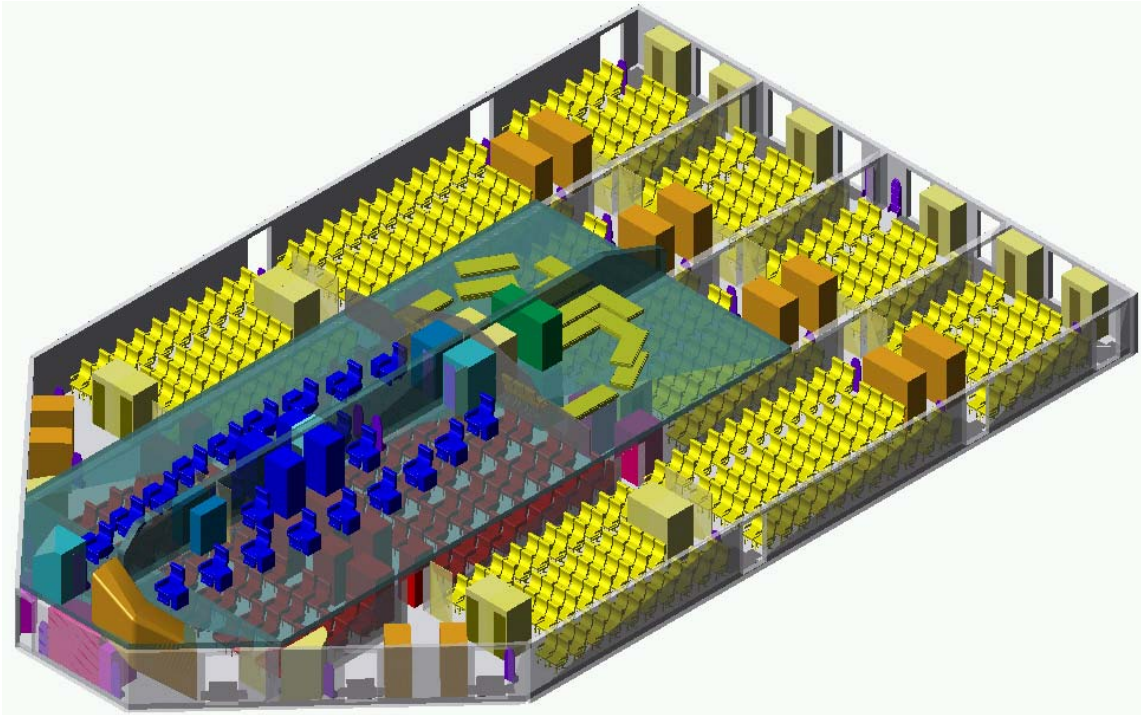


**Bild 5.23** 3-D Kabinenlayout des Oberdecks (Passagierkabine und CRC)

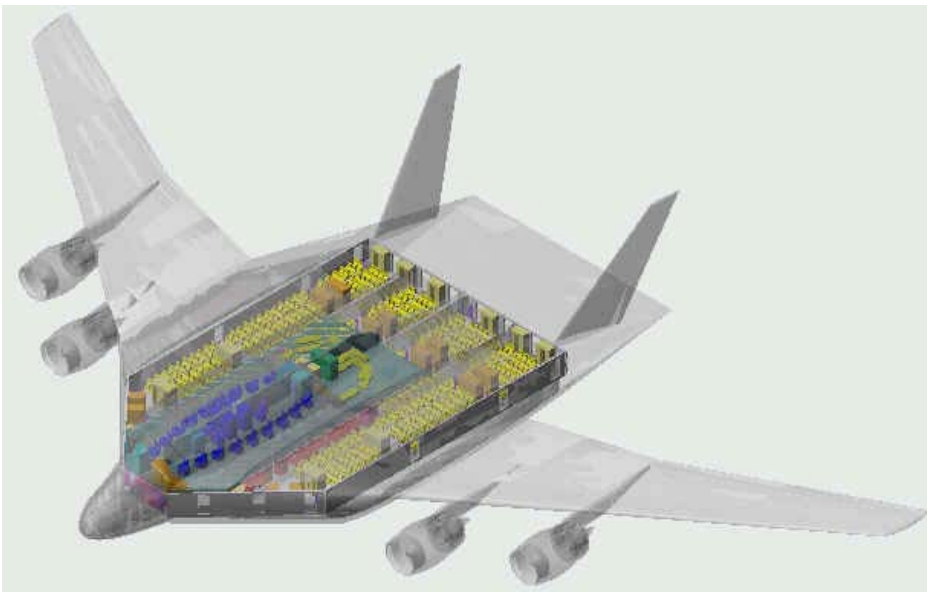


**Bild 5.24** Detailansicht der CRC und CRC-Zugangstreppe des Oberdecks (3-D)

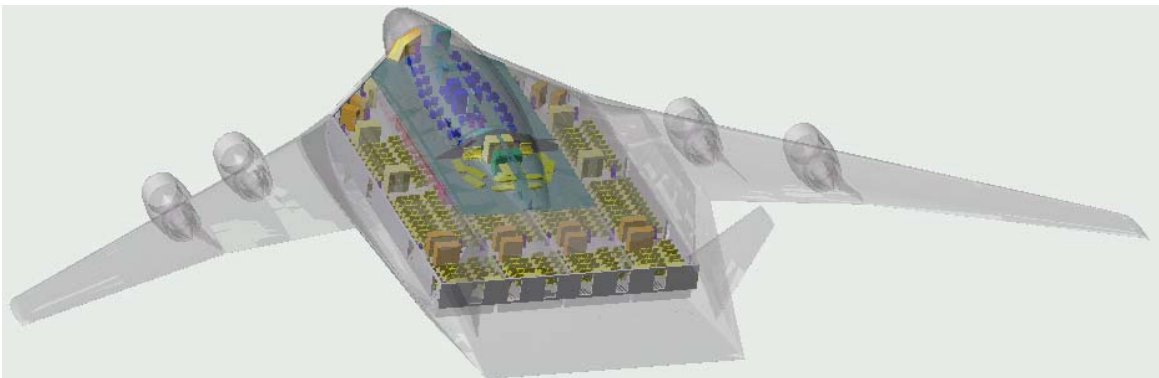




**Bild 5.25** 3-D Ansicht: Anordnung des Haupt- und Oberdecks



**Bild 5.26** 3-D Ansicht: Lage der Zweideckkabine im neuen Nurflügler (isometrisch)



**Bild 5.27** 3-D Ansicht: Lage der Zweideckkabine im neuen Nurflügler (von hinten)

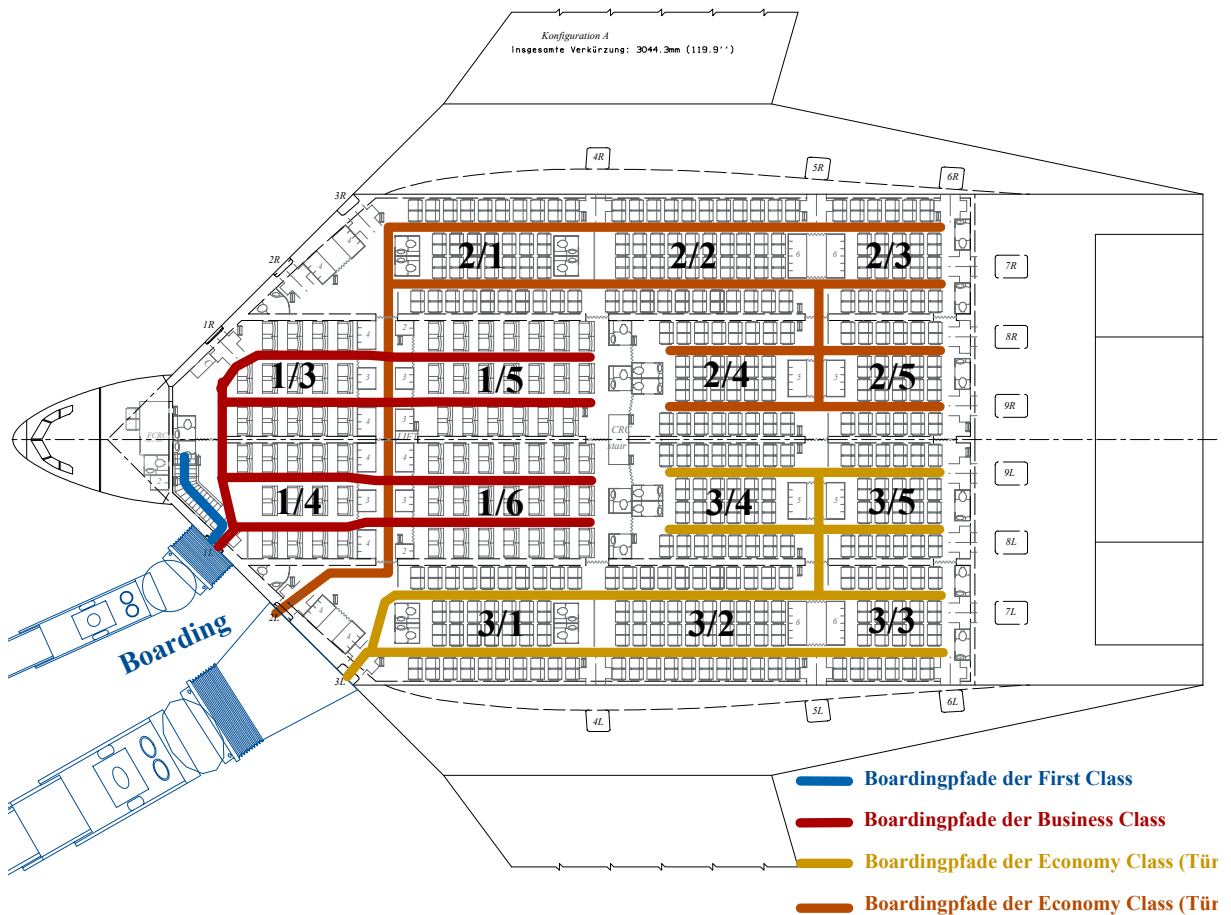
## 5.6 Operationelle Abläufe der Zweideckkonfiguration

Die operationellen Abläufe der Zweideckkonfiguration werden nun analog zu Kapitel 4.5 der Eindeckauslegung ermittelt. Die Positionierung der Ground Handling Fahrzeuge entspricht in etwa der in Bild 4.12 dargestellten Anordnung der Eindeckkonfiguration.

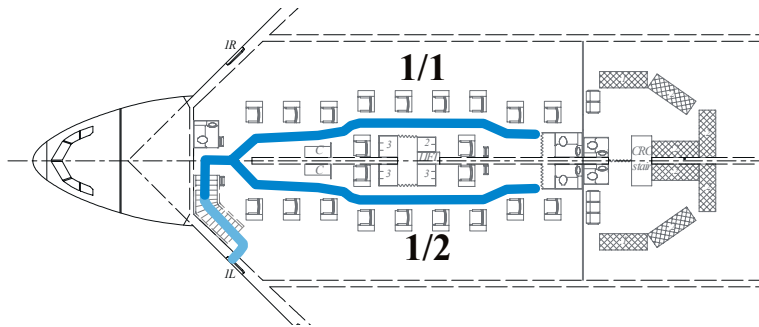
### 5.6.1 Boarding der Zweideckkonfiguration

Die für die Eindeckauslegung dargestellten Fälle 1 und 2 ergeben aufgrund des Berechnungsverfahrens und der gleichen Passagieranzahl keine Veränderung an den Boarding- und Deplaningzeiten, und werden aus diesem Grunde hier nicht noch mal dargestellt.

Aufgrund der neuen Kabinenaufteilung der Zweideckkonfiguration ergeben sich neue Passagierzonen für einen festgelegten Boarding und Deplaningablauf durch die Türen 1L, 2L und 3L. Bei der Darstellung der Boardingwege werden wieder die gleichen idealisierten Annahmen vorausgesetzt. (Bild 5.28; 5.29). Die Boardingrate wird, trotz der Treppe für die First Class, mit 15 Passagieren pro Minute pro Typ A Tür angenommen.



**Bild 5.28** Zonenaufteilung und Boardingwege des Hauptdecks (Zweideckkonfiguration)



**Bild 5.29** Zonenaufteilung und Boardingwege des Oberdecks (Zweideckkonfiguration)

Durch die Verlagerung der kompletten First Class auf das Oberdeck ist sichergestellt, dass die FC Passagiere vom Boarding der anderen Klassen ungestört sind. Daher ist nun ein gleichzeitiges Boarding der First Class und der Business Class durch die Tür 1L möglich, wodurch eine Verkürzung der Boardingzeit gegenüber der des Eindecks zu erwarten ist. Analog zu der Vorgehensweise bei der Eindeckauslegung wird nun die Reihenfolge des Boardings festgelegt und die Zeiten ermittelt (Tabelle 5.6). Die Kabine wird von hinten nach vorne in den jeweiligen Zonen geboardet.

**Tabelle 5.6** Boarding der Zweideckkonfiguration an den Türen 1L, 2L und 3L

Klasse	Zone	Pax	Tür	Reihenfolge und Zeiten [min]				
				I	II	III	IV	V
FC	1/1	11	1L					0,8
	1/2	11	1L					0,8
BC	1/3	28	1L					1,9
	1/4	26	1L					1,8
	1/5	40	1L				2,7	
	1/6	42	1L				2,8	
EC	2/1	68	2L					4,6
	2/2	84	2L				5,6	
	2/3	44	2L			3,0		
	2/4	56	2L		3,8			
	2/5	44	2L	3,0				
	3/1	68	3L					4,6
	3/2	84	3L				5,6	
	3/3	44	2L			3,0		
	3/4	56	3L		3,8			
	3/5	44	2L	3,0				
Summe		750						

Bei einer Boardingrate von 15 Pax/ Minute pro Tür ergeben sich folgende Boardingzeiten:

Tür 1L	11 min
Tür 2L	20 min
Tür 3L	20 min

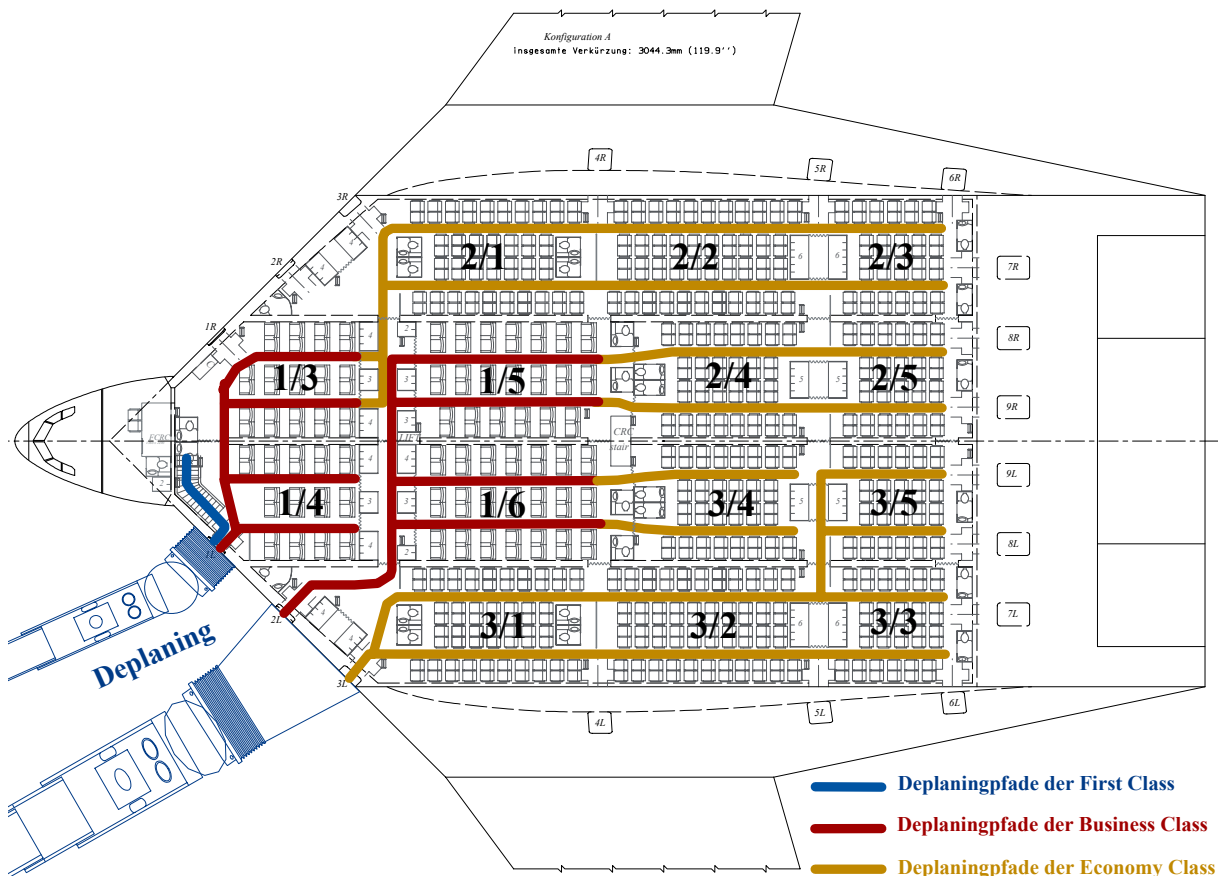
Das Boarding dauert in diesem Falle längstens 20 Minuten und ist, wie erwartet, 5 Minuten kürzer als bei der Eindeckauslegung. Es wird eine Toleranz von 5 Minuten mit beaufschlagt.

## 5.6.2 Deplaning der Zweideckkonfiguration

Analog zur Eindeckkonfiguration wird auch hier ein reibungsloser idealer Ablauf vorausgesetzt. Aufgrund der gleichmäßig zu erwartenden Belastung an den Türen ist mit einer Zeiterparnis zu rechnen.

Beim Deplaning hat die First Class (Zonen 1/1 und 1/2) Vorrang vor den anderen Klassen. D. h., dass in diesem Fall die Business Class der Zonen 1/3 und 1/4 so lange zurückgehalten werden muss, bis der letzte First Class Passagier das Flugzeug verlassen hat. Anschließend strömen die Passagiere der anderen Zonen gleichmäßig nach.

Die festgelegten Hauptdeplaningpfade sind im nachfolgendem Bild 5.30 dargestellt.



**Bild 5.30** Deplaningkonzept auf dem Hauptdeck der Zweideckkonfiguration

In nachfolgender Tabelle 5.7 sind die Reihenfolgen und Zeiten der jeweiligen Zonen für das Deplaning der Zweideckkonfiguration dargestellt:

**Tabelle 5.7** Deplaning der Zweideckkonfiguration an den Türen 1L, 2L und 3L

Klasse	Zone	Pax	Tür	Reihenfolge und Zeiten [min]							
				I	II	III	IV	V	VI		
FC	1/1	11	1L	0,5							
	1/2	11	1L	0,5							
BC	1/3	28	1L			1,2					
	1/4	26	1L		1,1						
	1/5	40	2L		1,6						
	1/6	42	2L	1,7							
EC	2/1	68	1L				2,8				
	2/2	84	1L					3,4			
	2/3	44	1L						1,8		
	2/4	56	2L				2,3				
	2/5	44	2L					1,8			
	3/1	68	3L	2,8							
	3/2	84	3L		3,4						
	3/3	44	3L			1,8					
	3/4	56	2L			2,3					
	3/5	44	3L					1,8			
	Summe	750									

Für das Deplaningkonzept ergeben sich folgende maximale Deplaningzeiten an den Türen:

Tür 1 L	<b>11 min</b>
Tür 2 L	10 min
Tür 3 L	10 min

Das Deplaning dauert hier, aufgrund der gleichmäßigeren Belastung der Türen, insgesamt 11 Minuten. Diese ermittelte Zeit wird in der Praxis schwer zu realisieren sein. Um die Kabinengestaltung (viele Längs- und Quergänge) und den durch die Treppe bedingten Zeitaufwand für die First Class Passagiere mit zu berücksichtigen, wird eine Toleranz von 5 Minuten eingeräumt. Das Deplaning dauert, mit 16 Minuten, somit genau so lange wie bei der Eindeckkonfiguration.

### 5.6.3 Catering der Zweideckkonfiguration

Es müssen insgesamt 110 Trolleys ausgetauscht werden. Es befinden sich davon 11 Trolleys auf dem Oberdeck, 55 Trolleys im vorderen und 44 Trolleys im hinteren Teil des Hauptdecks. Für das Austauschen der Trolleys auf dem Oberdeck ist ein Trolleylift nötig. Hierfür benötigt der Trolleylift für einen Vorgang insgesamt 40 Sekunden. D. h. es wird ein voller Trolley hochgefahren, die Trolleys ausgetauscht und der leere wieder heruntergefahren. Diese Zeit entstammt dem Trolleylift des A380 (Anforderung: mind. 45 sec. ; real: 38 sec.) und wird hier übernommen (ME, MM, Dez. 2002).

Die Catering Fahrzeuge bleiben an den gleichen Positionen. Der vordere Bereich wird durch die Türen 2R und 3R gecatert und der hintere Bereich durch das Türpaar 5L/ 5R. An jeder Tür arbeiten zwei Agents. Außerdem müssen zwei weitere Agents den Trolleylift bedienen. Es gelten dieselben idealisierten Annahmen der Eindeckkonfiguration.

Bei einer Zeit von 1,5 Minuten für einen kompletten Austausch eines Trolleys für einen Agent ergeben sich folgende Zeiten für das Catering (Tabelle 5.8):

**Tabelle 5.8** Cateringzeiten der Zweideckkonfiguration an den Türen 2R/ 3R/ 5L/ 5R

	Cateringtür	Trolleys	Agents	Zeit von den Türen zu den Küchen/ Lift	Zeit am Trolleylift
<b>Oberdeck (Lift)</b>	2R/ 3R	11	2	-	7,3 min
<b>Oberdeck (Weg)</b>	2R/ 3R	11	4	4,1 min	-
<b>Hauptdeck vorne</b>	2R/ 3R	55		20,6 min	-
<b>Hauptdeck hinten</b>	5L/ 5R	44	4	16,5 min	-

} => 32 Minuten an  
Türen 2R/ 3R

Das Befördern von 11 Trolleys mit dem Trolleylift auf das Oberdeck benötigt insgesamt 7,3 Minuten. Somit ergibt sich an den Türen 2R und 3R eine Cateringzeit von insgesamt 32 Minuten. Da es eventuell zu Verzögerungen bzw. Wartezeiten kommen kann (z. B. durch Trolleylift oder Behinderung durch die Kabinenreinigung), wird hier eine Toleranz von 2 Minuten mit beaufschlagt. In Tabelle 5.8 ist zu erkennen, dass das Catering mit 16,5 Minuten, im hinteren Bereich wesentlich schneller abgeschlossen ist, als der vordere Bereich ( $\Delta t = 15.5$  min). Um das Catering des vorderen Bereichs zu beschleunigen, könnten die Ramp Agents des hinteren Bereichs den vorderen Bereich mit unterstützen.

Im Vergleich zur Eindeckkonfiguration (24 min.) dauert das Catering hier, aufgrund der Beförderung der Trolleys auf das Oberdeck, 8 Minuten länger. Die ermittelte Cateringzeit ist dennoch akzeptabel und liegt in einem unkritischen Bereich, da die Betankung, welche parallel abläuft, erheblich länger dauert. (Siehe Bild 5.31: Turn-Round-Time der Zweideckkonfiguration)

#### **5.6.4 Reinigung der Zweideck-Passagierkabine (Cabin Cleaning)**

Das Reinigungspersonal findet über das hinterste Türpaar 6L/ 6R Zugang zur Kabine. Da sich die Anzahl der Einbauten und Komponenten aufgrund der einzuhaltenden Ratios nur geringfügig verändert hat, bleiben die Zeiten der Eindeckkonfiguration (Tabelle 4.19) bestehen. Die Kabinenreinigung dauert, wie zuvor, insgesamt 21 Minuten. Um die Treppe, die Reinigung des Cockpits, der CRCs, die Größe der Kabinengeometrie und den nicht immer reibungslosen Ablauf, beispielweise durch Behinderung des Caterings, zu berücksichtigen wird hier eine Toleranz von 5 Minuten mit beaufschlagt. Somit beträgt die Kabinenreinigung insgesamt 26 Minuten und liegt in einem unkritischen Bereich.

#### **5.6.5 Frachtverladung (Cargo)**

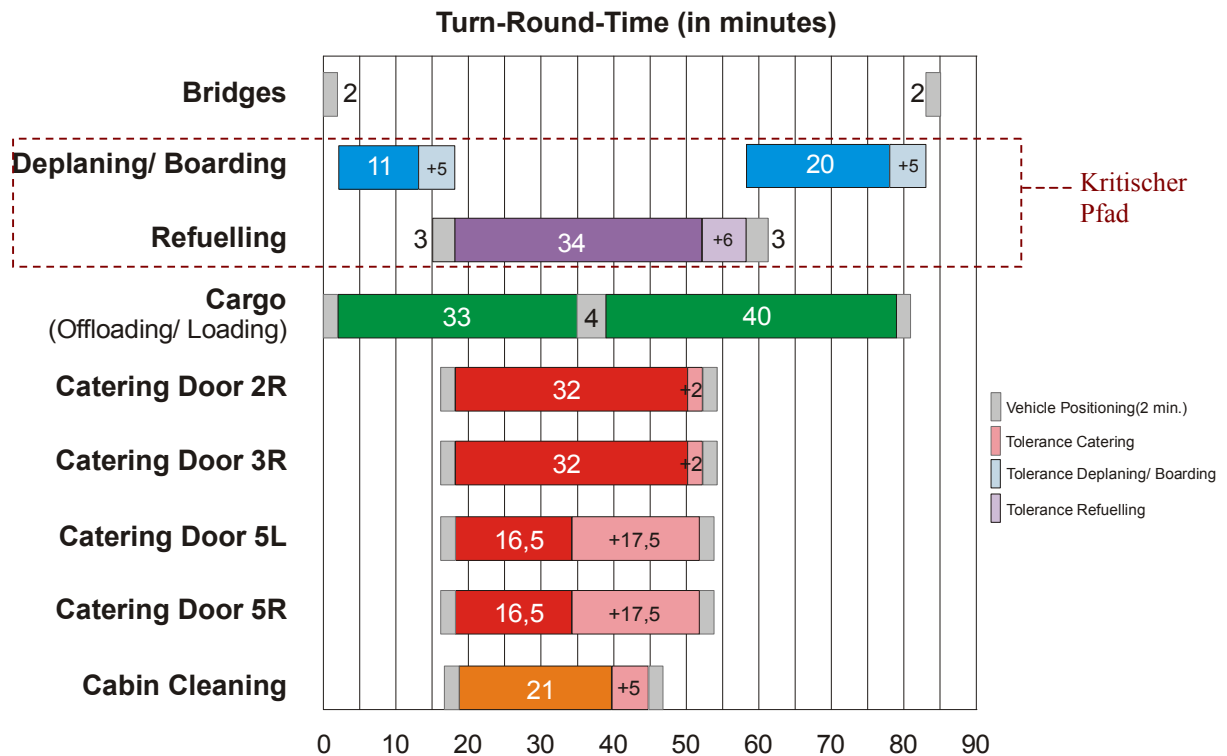
Durch die Verkürzung der Kabine, schrumpft zugleich die Profildicke, was den nutzbaren Freiraum im Frachtraum verringert. Es wäre nun zu untersuchen, ob der nötige Platzbedarf für dieselbe Anzahl von LD3 Containern ausreicht. Da der Nurflügler der Zweideckkonfiguration denselben Standard wie die Eindeckkonfiguration aufweisen soll, wird hier eine Unterbringung von 46 LD3 Containern als machbar vorausgesetzt. Somit bleibt die Frachtverladezeit mit insgesamt 77 Minuten unverändert. Es wäre zu klären wie viele LD3 Container aufgrund der geschrumpften Profildicke unterbringbar sind. Hierzu fehlen jedoch konkrete Angaben seitens der Flugzeugkonfiguration. Da jede geringere Anzahl von LD3 Containern auch eine Zeitersparnis bedeuten würde, wird hier von der größten zu befördernden Menge ausgegangen (Worst Case).

#### **5.6.6 Betankung (Refuelling)**

Der erforderliche Kraftstoffverbrauch wird sich nur geringfügig ändern. Um dieselbe Reichweite von 7650 NM zu erreichen ist das gleiche Kraftstoffvolumen von 369564 l nötig. Die Betankungszeit bleibt somit gleich. Die Betankung dauert 40 Minuten und beinhaltet eine Toleranz von 6 Minuten. Die Positionierung/ Entfernung der Fahrzeuge beträgt jeweils 3 Minuten.

### 5.6.7 Bodenzeit (Turn-Round-Time) der Zweideckkonfiguration

Das folgende Diagramm in Bild 5.31 stellt den Mindestzeitaufwand, unter Berücksichtigung der jeweils günstigsten Fälle von Boarding/ Deplaning, Betankung, Frachtverladung, Catering und Reinigung der Passagierkabine, der Zweideckkonfiguration dar.



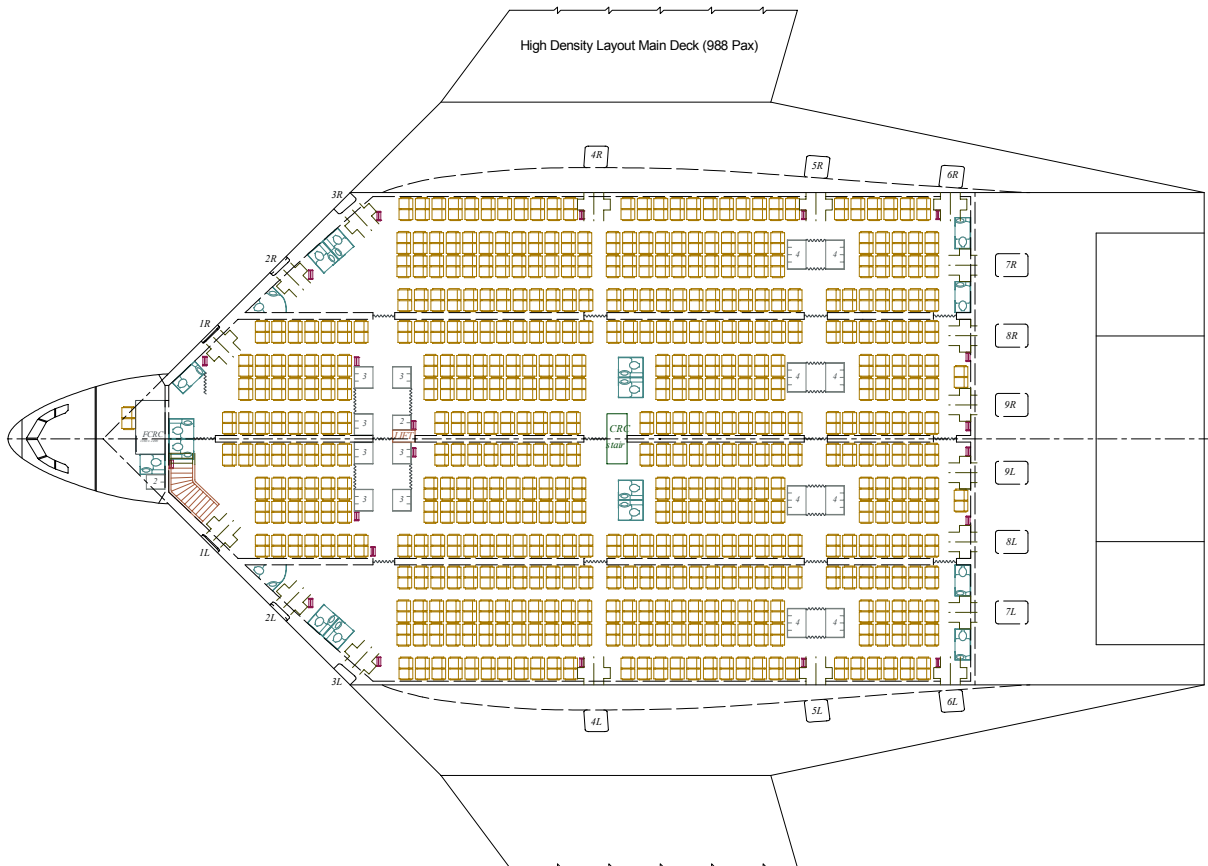
**Bild 5.31** Turn-Round-Time der Zweideckkonfiguration

Die Turn-Round-Time der Zweideckkonfiguration ist aufgrund des schnelleren Boardings um 5 Minuten kürzer als die der Eindeckauslegung (Bild 4.21). Sie dauert somit nach den idealisierten Annahmen insgesamt 85 Minuten. Im Gegensatz zur Eindeckauslegung dauert das Catering hier 8 Minuten länger. Da die parallel ablaufende Betankung jedoch länger als der gesamte Cateringvorgang dauert, liegt diese im unkritischen Bereich und ist somit akzeptabel. Die Dauer der Betankung, der Frachtverladung und der Kabinenreinigung bleiben bei beiden Konfigurationen unverändert.



## 5.7 Notevakuierung des Hauptdecks

Für die Notevakuierungsanalyse werden beide Kabinendecks, ähnlich zum A380 separat voneinander betrachtet (AI/LE-C 821.0203/01 A380 safety and evacuation, John K. Lauber, March 2002; AP3 1997/ 1998). Im ersten Schritt der Notevakuierungsanalyse des Hauptdecks wird ein Highdensity Layout erstellt, welches im nachfolgendem Bild 5.32 dargestellt ist:



**Bild 5.32** High-Density Kabinenlayout Hauptdeck 9 Türen (Zweideckkonfiguration) (siehe Bild A.13)

Bei einem Sitzabstand von 30'' und der Reduzierung des Passagierkomforts, lassen sich 988 Sitzplätze in diese Kabine unterbringen (Bild 5.32). Entsprechend den Kurzstrecken-Ratios der Eindeckkonfiguration (Tab. 4.20), ergibt sich folgende Komponentenverteilung (Tab. 5.9):

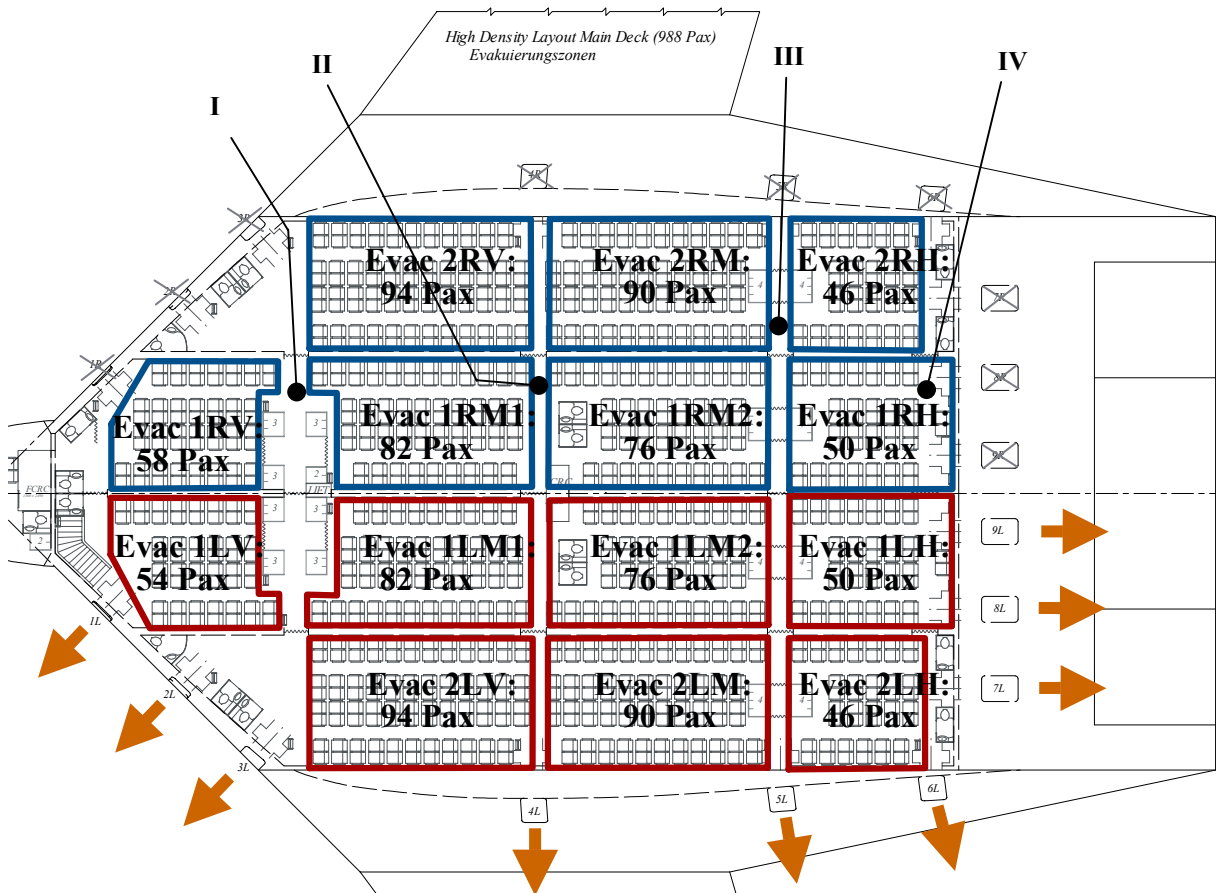
**Tabelle 5.9** Gesamtkapazität des Notevakuierungslayouts Hauptdeck (Zweideckkonfiguration)

Pax	Trolleys	CAS	Lavatories
988	55	20	17

Der Bereich vor den Türen 2 und 3 bleibt frei, um einen schnellen Passagierfluss zu gewährleisten. Bei einer weiteren Reduzierung des Passagierkomforts, besteht die Möglichkeit weitere Sitze unterzubringen. Da jedoch nach heutigen Regeln bei der jetzigen Türanzahl nicht mehr als 990 Passagiere auf dem Hauptdeck untergebracht werden dürfen (**JAR 25.807(b)**),

wird die höchstmöglich zu befördernde Sitzkapazität auf 990 Passagiere limitiert. Würde die Sitzanzahl überschritten, so wären 10 Türen an jeder Seite erforderlich, was wiederum negative Konsequenzen für die Struktur, das Gewicht und somit für die direkten Betriebskosten bedeuten würde

Wie bei der Eindeckvariante wird nun eine analytische Rechnung für eine einseitige Notevakuierung der Flugzeugkabine durchgeführt. Hierfür muss die Kabine zunächst in einzelne Zonen aufgeteilt werden. Die Türen der rechten Seiten (Tür 1R bis 9 R) sind versperrt.



**Bild 5.33** Passagierzonenverteilung bei einseitiger Evakuierung Hauptdeck (Zweideckkonfiguration)

Für die Notevakuierung stehen dem Hauptdeck insgesamt 9 Türen auf der linken Seite zur Verfügung (Bild 5.33). Die untersten Zonen verlassen als erstes das Flugzeug. Sind alle türseitigen Zonen evakuiert, fließen die Passagiere der oberen Zonen auf die vier Hauptquergänge (I-IV) gleichmäßig nach. In nachfolgender Tabelle 5.10 wird eine mögliche Verteilung der Passagiere auf die Türen gezeigt.

**Tabelle 5.10** Evakuierungsdauer- und aufteilung des Hauptdecks an den Türen 1L bis 9L (Zweideckkonfiguration)

Türen	Evakuierungs- Zone (Evac)														Pax an Tür	Zeit [s]
	1LV	1LM1	1LM2	1LH	2LV	2LM	2LH	1RV	1RM1	1RM2	1RH	2RV	2RM	2RH		
Tür 1L	54							58	6			10			128	85
Tür 2L		30			40				29			30			129	86
Tür 3L		30			34				25			40			129	86
Tür 4L		22	5		20	20			22	13		14	10		126	84
Tür 5L			10			25	6			30	5		20	10	106	71
Tür 6L			11			25	20			8	5		10	10	89	59
Tür 7L			10			20	20			5	5		10	10	80	53
Tür 8L			20	25						10	17		20	8	100	67
Tür 9L			20	25						10	18		20	8	101	67
Summe [Pax]	54	82	76	50	94	90	46	58	82	76	50	94	90	46	988	

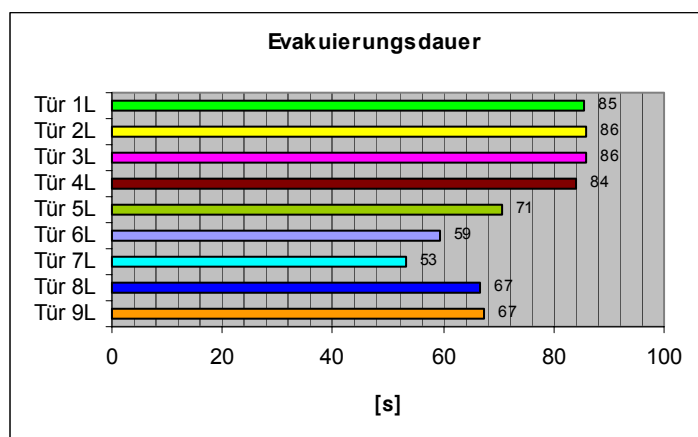
**Bild 5.34** Übersicht der Evakuierungsdauer des Hauptdecks an den Türen 1L bis 9L (Zweideckkonfiguration)

Bild 5.34 und Tabelle 5.10 zeigen, dass die Evakuierung auf dem Hauptdeck längstens 86 Sekunden dauert. Die Evakuierungsdauer liegt somit 4 Sekunden unter den geforderten 90 Sekunden. Das Diagramm zeigt deutlich, dass die hinteren Türen, aufgrund der dichter beieinander liegenden Positionen, nicht so stark ausgelastet sind, wie die vorderen Türen (ähnlich zur Eindeckkonfiguration). Des Weiteren ist anzumerken, dass gegenüber der Eindeckkonfiguration hier ein Quergang und ein Türpaar für die Notevakuierung weniger zur Verfügung stehen.

Obwohl die 90 Sekunden Regel eingehalten wird, ist noch einmal zu erwähnen, dass die oben ermittelten Zeiten auf idealisierte Annahmen und Voraussetzungen beruhen. Um genauere Aussagen über die Machbarkeit einer Notevakuierung der Nurflügel-Zweideckkabine machen zu können, wären hier Rechnersimulationen, operationelle Tests und weitere Simulationen in einem realen Umfeld nötig.

## 5.8 Notevakuierung des Oberdecks

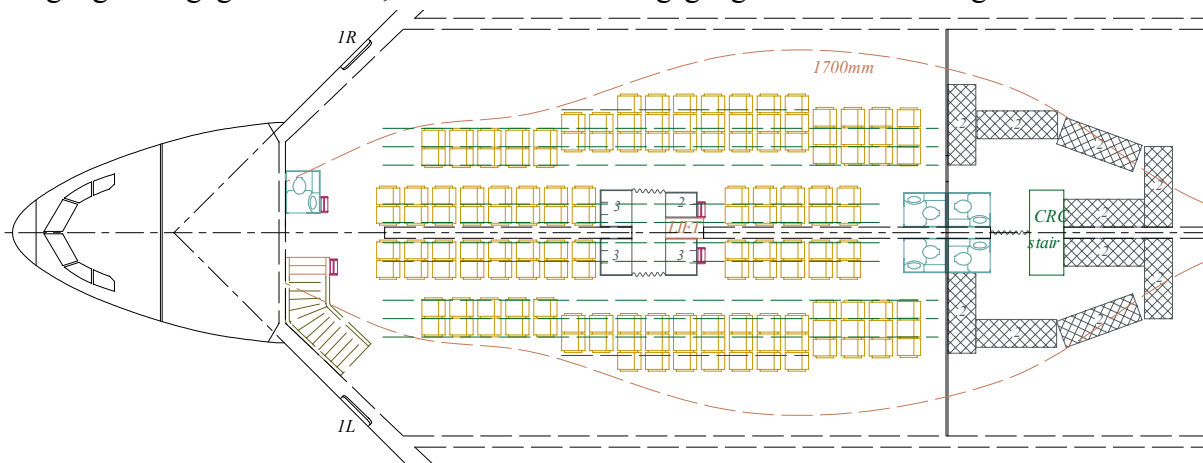
Die Notevakuierung des Oberdecks wird separat vom Hauptdeck betrachtet. Es müssen eigene Notausstiegsmöglichkeiten vorhanden sein, welche direkt aus der Flugzeugkabine herausführen. Die Zugangstreppe, zwischen Haupt- und Oberdeck, darf bei der weiteren Auslegung nicht in Betracht gezogen werden. Um während der Evakuierung unkontrollierte Passagierströme zwischen den Decks auszuschließen, werden die Treppen durch die Besatzung gesperrt. Die Nutzung erfolgt nur dann, wenn die Rettungsmittel des Oberdecks nicht in ausreichender Anzahl verfügbar sind. (AP3 1997, AP3 1998).

Bei einer Notevakuierung des Oberdecks, sind die Passagiere mit mehreren Problemen gleichzeitig konfrontiert. Die Fluchtwege führen hier, im Gegensatz zum Hauptdeck, nach oben. Die Passagiere können sich nicht einfach auf Notrutschen fallen lassen, sondern müssen erstens über Leitern oder Treppen auf die Flugzeugprofiloberseite gelangen, zweitens sicher über das Profil geführt werden, um dann letztendlich über Notrutschen oder ähnliches die Erdoberfläche zu erreichen. Bei einer Schräglage des Flugzeuges (z. B. Wegbrechen eines Fahrwerkbeins) oder Eisbildung auf der Profiloberseite besteht die Gefahr, dass die Passagiere desorientiert oder hilflos sind und abrutschen können. Ein Sturz bzw. ein Sprung vom Nurflügler (ca. 8- 10 m) wäre tödlich. Hinzu kommt die psychische Belastung aus zehn Metern Höhe auf eine Notrutsche zu springen. (Vergleiche: 10 m Brett in der Schwimmhalle).

Es ist nachzuweisen, dass ebenfalls das gesamte Oberdeck parallel zum Hauptdeck innerhalb von 90 Sekunden durch die Hälfte der Notausgänge evakuierbar ist. Da die Notevakuierungszeit eines einzelnen Passagiers vom Oberdeck sehr lange dauern wird, ist die Passagierzahl auf ein Optimum zu limitieren. Eines der größten Probleme wird die Evakuierung von Kleinkindern, behinderten bzw. gebrechlichen Passagieren sein, die auf die Hilfe Anderer angewiesen sind. Diese Passagiere hätten somit, im Falle einer Notevakuierung auf dem Oberdeck, die schlechteste Überlebenschance. Um die Sicherheit dieser Passagiergruppen zu garantieren, dürften demnach keine Sitzplätze für Behinderte auf dem Oberdeck vorgesehen werden. Was in diesem Falle bedeuten würde, dass behinderte Passagiere nicht in der First Class mitfliegen dürfen. Dieses steht jedoch im direkten Gegensatz zum „Non Discrimination Act“ in dem eine Gleichberechtigung der Behinderten gefordert wird (siehe Kapitel 4.3.5) und würde so niemals von den Fluggesellschaften akzeptiert werden. Eine Möglichkeit wäre es vielleicht, behinderte Passagiere möglichst nahe der Zugangstreppe zu positionieren. Diese könnten entgegen den Vorschriften über die Treppe nach unten evakuiert werden. Bei einer Umsetzung, wäre dieses allerdings mit den Luftfahrtbehörden eingehender zu diskutieren. Ungeachtet dessen, wird in den nachfolgenden Schritten versucht, nach den heutigen Vorschriften, ein erstes Evakuierungskonzept für das Oberdeck zu erstellen.

### 5.8.1 Erstellung eines ersten High-Density-Layouts des Oberdecks

Analog zum Hauptdeck wird nun die maximalste Bestuhlung des Oberdecks ermittelt. Der Passagierkomfort wird erheblich eingeschränkt. „Double Excuse Me“ Sitze, in Dreiersitze, werden bei einem Sitzabstand von 30'' zugelassen. Die Sitze sind hier gerade und hintereinander auf Sitzschienen angeordnet (Siehe Bild 5.35). Um einer Passagierstauung vor den Notausgängen entgegenzuwirken, werden breitere Längsgänge in der Mitte vorgesehen.



**Bild 5.35** Erstes High-Density Kabinenlayout des Oberdecks (Zweideckkonfiguration)

Bild 5.35 stellt das Kabinenlayout mit der maximalsten Sitzbestuhlung dar. Insgesamt lassen sich so 150 Passagiere unterbringen. Der nötige Platz für die Fluchttreppeninstallationen, sowie den dazugehörigen Flugbegleiterbereichen (Assist Spaces) sind noch nicht berücksichtigt und lassen eine Reduzierung der maximalen Passagierzahl erwarten. Diese können jedoch erst nach Festlegung der Fluchttreppenpositionen und -art vorgesehen werden.

Die erforderlichen Einbaukomponenten ergeben sich entsprechend der Kurzstreckenratios (aus Tabelle 4.20) zu folgender Verteilung (Tabelle 5.11):

**Tabelle 5.11** Gesamtkapazität des Notevakuierungslayouts des Oberdecks (Zweideckkonfiguration)

Pax	Trolleys	CAS	Lavatories
150	9	3	3

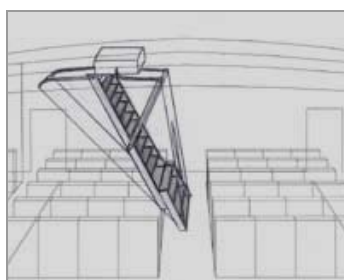
Um die hier ermittelte maximale Passagierzahl innerhalb von 90 Sekunden evakuieren zu können, wären mindestens zwei Türpaare des Typs A notwendig (**JAR 25.807(d)(1)**; **JAR 25.803 (c)**). Da jedoch erstens, aufgrund der Kabinenbeschaffenheit, keine auf den Kabinenboden reichende Türen installiert werden können und zweitens die Evakuierungszeit eines einzelnen Passagiers auf dem Oberdeck insgesamt länger dauern wird, wird diese Forderung bei der jetzigen Passagieranzahl wohl nicht erfüllt werden. Es ist daher ein Passagierlimit festzulegen, bei der eine Evakuierung realisierbar ist. Um genauere Aussagen über die Machbarkeit einer Oberdeck-Notevakuierung treffen zu können, müssen im nächsten Schritt die Evakuierungsmöglichkeiten auf dem Oberdeck untersucht und die Notausgangspositionen festgelegt werden.

## 5.8.2 Evakuierungsmöglichkeiten aus dem Oberdeck

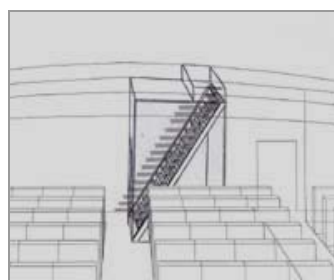
Aufgrund der Kabinenbeschaffenheit sind Türinstallationen, die auf den Kabinenboden reichen, auf dem Oberdeck in den Kabinensektionen 1L und 1R nicht möglich (siehe Bild 5.37). Die einzige realisierbare Fluchtmöglichkeit, wäre die über Luken (Hatches) an der Kabinendecke. Diese müssten über herausklappbare Treppen oder Leitern zugänglich gemacht werden.

Allgemein stellen Treppen bzw. Leitern bei größeren Menschenmassen einen Engpass dar. Die Bewegungsgeschwindigkeit verringert sich durch den mühsamen Aufstieg und es bilden sich Stauunkte vor den Treppen. Die Passagiere, die sich auf den Treppen befinden, stehen dabei unter sehr starkem Druck der nachströmenden Passagiere. Dies würde die Stolpergefahr auf der Treppe noch zusätzlich steigern, was wiederum eine zusätzliche Blockierung des Evakuierungsstromes zur Folge hätte. Ein Anstieg von Angstausrüchen und Verzweiflung wäre unter den Passagieren unvermeidbar. Um eine Hysterie oder Panik zu vermeiden ist daher ein fließender und zügiger Passagierstrom sicherzustellen.

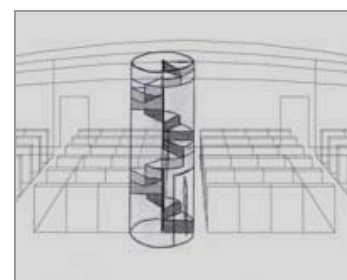
In einer vorangegangenen Studie der Universität Bristol in England (**Bristol 2002**), sind verschiedene, nach oben führende Notevakuierungsmöglichkeiten für ein Nurflügelflugzeug untersucht worden. Die Studie beschäftigt sich hauptsächlich mit dem schnellen Verlassen einer Nurflügel-Flugzeugkabine. Der weitere Evakuierungsablauf, wie das Leiten der Passagiere über das Flügelprofil und das anschließende sichere Herunterkommen auf die Erdoberfläche, werden nicht behandelt. Im nachfolgenden, werden die nach oben führenden Notevakuierungsmöglichkeiten aus der **Bristol 2002**-Studie dargestellt:



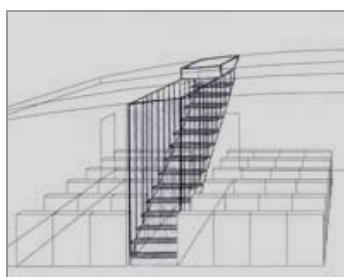
a) Klapptreppe (quer)



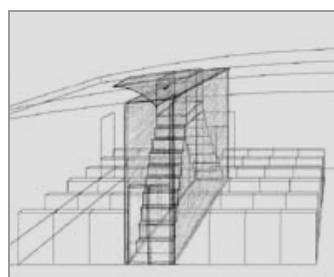
b) Herausziehbare Treppe



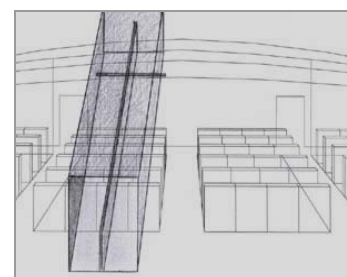
c) Spiraltreppe



d) Klapptreppe (längs)



e) Faltbare Doppeltreppe

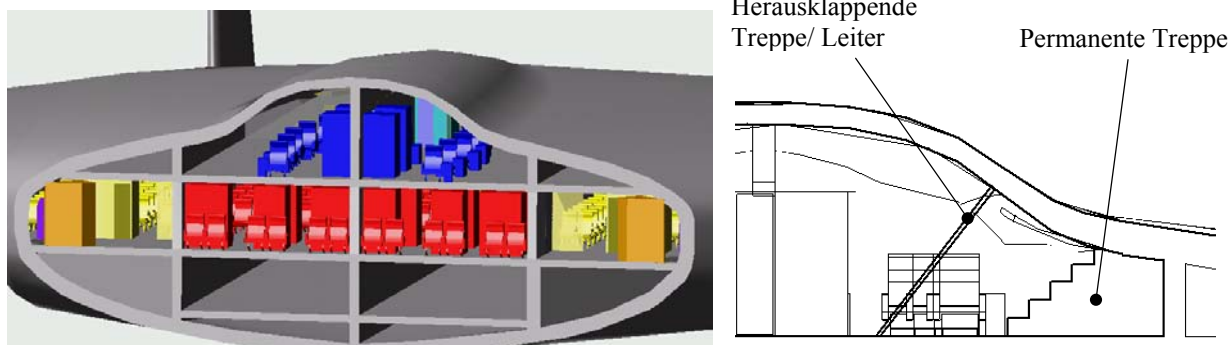


f) Herausklappender Korridor

**Bild 5.36** Nach oben führende Notevakuierungswege der **Bristol 2002**-Studie

Die in Bild 5.36 dargestellten Treppen bieten platzsparende Lösungen an, die nur im Notfall zum Einsatz kämen. Dennoch lassen sich diese nur bedingt auf dem Oberdeck realisieren. Die längsverlaufenden Treppen d), e) und f) sind aus struktureller Sicht eher ungünstig. Sie schneiden viele Querträger und beeinträchtigen somit die tragende Primärstruktur (JG). Eine, aus der Wand, herausziehbare Treppe wie in b) ist aufgrund der Tatsache, dass mehrere Treppen zu installieren und kabinenmittig anzuordnen sind, ebenfalls ungünstig. Eine Spiraltreppe wie in c) besitzt sehr viele Stufen und wäre daher zu zeitaufwendig.

Die aus der Kabinendecke herausklappbare Treppe in Querrichtung (siehe Bild 5.36 a)) , kommt unter den Treppenvarianten der Bristol-Studie hier am ehesten in Frage. Diese Treppe könnte im Bereich des Knicks, zwischen Buckel und Profilstruktur, angebracht werden. Im ausgeklappten Zustand würde diese jedoch in den Gang hineinragen, so dass den Passagieren, die sich genau unter dieser Treppe befinden, die Fluchmöglichkeit genommen wird. Diese Sitzplätze müssten somit entfallen. Ein weiterer Nachteil besteht in der Verstaung dieser Treppe. Im Querschnitt des Oberdecks der Zweideckkonfiguration ist erkennbar (siehe Bild 5.37), dass der über den Sitzen befindliche Raum sehr knapp bemessen ist und somit eine großzügig gestaltete Treppe nur schwer unterzubringen ist. Systeme, welche an der Kabinendecke verlaufen, müssten dadurch verlegt werden. Die Möglichkeit eine herausziehbare Treppe in die Profilstruktur, oberhalb des Freiraums zwischen den Sitzen und den seitlichen Strukturwänden, zu integrieren, kommt aus struktureller Sicht nicht in Frage.



**Bild 5.37** Querschnitt durch die Gesamtkabine der Zweideckkonfiguration und Skizze der in Frage kommenden Treppenvarianten

Eine weitere Variante der Evakuierungsmöglichkeit, besteht in der Installation von permanenten Treppen. Die Unterbringung dieser Treppen, wäre im Freiraum zwischen den Sitzen und den Strukturwänden möglich (siehe Bild 5.37). Leicht zu entfernende Verkleidungen könnten die Treppen während des Reisefluges verbergen und würden im Notfall automatisch geöffnet werden. Diese Treppe würde bei den Sitzen anfangen und genau an der Strukturwand auf dem Profil enden. Da die Stehhöhe in diesem Bereich nicht gegeben ist, muss der Ausschnitt der Luken entsprechend vergrößert werden. Der Vorteil dieser festen Treppen, gegenüber denen der Bristol-Studie, wäre die Möglichkeit einer großzügigen Gestaltung der Treppen. Die Treppenbreite sowie die Verstaung sind, aufgrund des zur Verfügung stehenden seitlichen

Freiraums, nicht eingeschränkt. Sitzplätze gehen nur durch einführen der Assist Spaces verloren. Des weiteren sind nur wenige Stufen nötig, um auf das Flugzeugprofil zu gelangen. Dieser Aspekt kommt vor allem dem Problem der Evakuierung von behinderten Passagieren zu Gute, da das Bewältigen einiger Treppenstufen wesentlich leichter ist, als bei einer steilen Treppe bzw. Leiter. Um die realisierbarste Treppenvariante festzulegen, werden im nachfolgenden die Anforderungen einer Evakuierungstreppe festgelegt:

### Hauptanforderungen an die Notevakuierungstreppe:

- Sicherstellen eines fließenden Passagierstroms, Minimierung der Stolpergefahr,
- Vermeiden eines Passagierstaus vor den Treppen,
- Einfache Handhabung/ Bedienbarkeit beim Öffnungsmechanismus,
- Freigabe der Treppe darf nicht zu lange dauern,
- Treppenbeschaffenheit/ -geometrie muss eine leichte/ schnelle Begehbarkeit garantieren,
- Möglichst wenig Sitzplatzverlust durch Treppeninstallationen und Assist Spaces,
- Stehhöhe muss vor den Treppen gewährleistet sein. „Kopfstoßgefahr“,
- Möglichst unauffällige Verstauung während des Reisefluges.

Den Anforderungen entsprechend wird eine Entscheidungsmatrix erstellt, mit der beide Treppenvarianten unabhängig voneinander bewertet werden (Tabelle 5.12). Die Wertungen die vergeben werden, entsprechen einem Punktesystem von 1- 10.

**G** = Gewichtung : 10 => höchste Priorität; 1 => geringste Priorität

**P** = Punkte : 10 => Anforderung voll erfüllt; 1 => Anforderung ungenügend erfüllt

**W** = Wert = G x P

**Tabelle 5.12** Entscheidungsmatrix; Notevakuierungstreppewahl Treppenwahl

Nr.	Bewertungskriterium	G	Klapptreppe			Permanente feste Treppe		
			Bemerkung	P	W	Bemerkung	P	W
1	Treppenzahl	5	2 Treppen auf jeder Seite	10	50	2 Treppen auf jeder Seite	10	50
2	Installation	9	Über den Sitzen zum herunterklappen, oder mit integriert in der Profilstruktur zum herausziehen	6	54	Im Freiraum zwischen Sitz und Strukturwände	10	90
3	Treppenbeschaffenheit (Winkel, Breite, Länge)	10	Treppe ähnelt eher einer Treppenleiter. Dadurch werden viele Stufen nötig. Winkel ca. 50°	4	40	Treppenbreite: beliebig, da viel Freiraum, wenige Stufen nötig; Winkel ca. 35- 40°	9	90
4	Bedienbarkeit/ Handhabung	9	Ein Herausklappen bzw. ziehen ist notwendig. Gefahr der Unfunktionalität	5	45	Einfache Handhabung, da sofort einsatzbereit	9	81
5	Belastung der Struktur	7	Bei Anbringung an der Profilstruktur Verstärkungen nötig.	5	35	Kein Strukturbeeinträchtigung durch permanente Treppen	10	70
6	Zeit bis zur Freigabe des Notausgangs	9	Für das Herausklappen (Herausziehen) und Positionieren werden ca. 4- 5 Sekunden benötigt.	5	45	Sofort einsatzbereit. Entfernung der Abdeckung ca. 1,5 Sekunden.	8	72



7	Evakuierungszeit auf der Treppe	10	ca. 5 Sekunden da steiler Aufstieg	4	40	ca. 2-3 Sekunden,	8	80
8	Vermeiden von Passagierstaus vor der Treppe	9	Gefahr groß. Passagiere benötigen länger, da steilere Treppe. Treppenbreite ist begrenzt. Passagiere gehen versetzt.	4	36	Gefahr gering, da nahezu paralleles gehen auf der Treppe möglich ist.	7	63
9	Kollisionen mit der Kabineneinrichtung	3	Für das Herausklappen wird Platz notwendig. Außerdem Vorsehen von Assist Spaces. Sitzplätze gehen dadurch verloren.	3	9	Sitzplätze gehen nur bedingt verloren. Verschiebung müssten größtenteils ausreichen. Assist Spaces sind vorzusehen.	7	21
11	Overhead clearance (1700 mm), Kopfstoßgefahr	7	Gefahr gering, Kopffreiheit ist durch den steilen Treppenverlauf gegeben.	9	63	Nicht optimal. Der notwendige Ausschnitt der Luke muss daher vergrößert werden.	6	42
	Verdrängung anderer Komponenten.	2	Systeme, die an der Kabinendecke verlaufen (z. B. Klimaanlage) müssen anders positioniert werden. Sitzplätze müssen entfallen.	6	12	Systeme müssen nicht verlegt werden, da Freiraum genutzt wird. Evtl. Verschiebung einiger Sitzreihen.	8	16
13	Verstauung während des Reisefluges	5	Schlecht zu verstauen. Extra Verkleidungen sind notwendig. Strukturbeeinträchtigung.	4	20	Mittels Trennwand oder Abdeckung relativ einfach zu verstauen.	8	40
14	Evakuierung von Behinderten	10	Evakuierung von Senioren und gebrechlichen Passagieren bedingt möglich. Sehr zeitaufwendig. Evakuierung von Rollstuhlfahrern nicht möglich.	4	40	Besser Bedingungen für Behinderte, da weniger Stufen. Evakuierung von Rollstuhlfahrern nur mit zusätzlicher Hilfe bedingt möglich.	7	70
	<b>Gesamtpunktzahl</b>	<b>850</b>			<b>449</b>			<b>715</b>
<b>Prozent von max. erreichbarer Punktzahl [%]</b>				<b>53 %</b>		<b>84 %</b>		

Anhand Tabelle 5.12 wird deutlich, dass die permanente Treppe mit 84 % die meisten Anforderungen erfüllt. Sie bietet der Klapptreppe gegenüber die meisten Vorteile und wird daher für die weitere Evakuierungsuntersuchung und Ausarbeitung ausgewählt.

### 5.8.3 Auslegung und Positionierung der Notevakuierungstreppe

Insgesamt werden zwei Lukenpaare, also insgesamt 4 Luken mit den entsprechenden Treppen vorgesehen. Die Treppen bzw. Notausgänge, sind nach **JAR 25.813** möglichst gleichmäßig verteilt und so zu positionieren, dass eine gute Erreichbarkeit aller Passagiere gewährleistet wird. Des Weiteren muss die Anforderung der 20'' Mindestquergangbreite zwischen einem Lukenpaar eingehalten werden (**JAR 25.807**). Hierfür ist ein weiterer Durchbruch im hinteren Teil der Kabine notwendig. Um beide Forderungen bestmöglich erfüllen zu können, wird das erste Lukenpaar (Luke 1L und 1R) kabinenmittig und das zweite Lukenpaar (Luke 2L und 2R) am Kabinenende vorgesehen. Der vordere Kabinenbereich kommt, aufgrund der zu sehr konisch verlaufenden Kabinenbeschaffenheit, für eine Lukenpositionierung nicht in Frage.

Die Forderung jeweils am Anfang und am Ende der Kabine Ausgänge zu positionieren (JAR 25.813), kann hier nicht ganz erfüllt werden. Stattdessen befindet sich im vorderen Kabinenbereich die Zugangstreppe, welche im äußersten Notfall genutzt werden könnte. Dies wäre mit den Luftfahrtbehörden neu zu diskutieren. Es ist zu erwähnen, dass der Passagieranteil vor dem ersten Lukenpaar nicht das Limit der „Dead End“ Zone vor Typ A Türpaaren überschreitet (Limit 82 Pax; hier 28 Pax; siehe Bild 5.39) und ist daher als unkritisch anzusehen.

### **Treppenauslegung**

Durch die Installation von Treppen vor den Notausstiegsluken wird die Evakuierung stark behindert. Um daher einen fließenden Passagierfluss sicherzustellen, soll der Zugang über eine zweiläufige Treppe erfolgen. Des Weiteren sind zwei seitliche und ein zentraler Handlauf pro Treppe vorzusehen, um so den Passagieren einen leichteren Aufstieg zu ermöglichen und die Stolpergefahr zu minimieren.

### **Treppenstufenauslegung**

Die Geometrieauslegung der Notevakuierungstrecken erfolgt analog zur Zugangstreppeauslegung in Kapitel 5.4. Es handelt sich hier zwar nicht um eine Boarding- oder Zugangstreppe, dennoch sollte, um eine sichere Evakuierung zu gewährleisten, eine optimale Auslegung erfolgen. Die Treppen sind an den jeweiligen Luken zu positionieren. Aufgrund des gewölbten Profils, ergeben sich unterschiedliche Höhen an den vorgesehenen Lukenpositionen.

#### **• Treppe an Lukenpaar 1 (Kabinenmitte):**

Die Höhe vom Kabinenboden des Oberdecks bis zur Profilloberseite beträgt ca.  $H = 1,38 \text{ m}$ . Bei einer Stufenwahl von  $n = 7$  Stufen, ergibt sich eine Stufenhöhe von:

$$R_1 = \left( \frac{1379 \text{ mm}}{7} \right) = \underline{\underline{197 \text{ mm}}} .$$

Für die Stufentiefe wird eine kompakte Länge von  $T = 235 \text{ mm}$  angenommen. ( $U = 45 \text{ mm}$ ).

Somit beträgt die Treppengesamtlänge  $T_1 = 235 \text{ mm} \cdot 7 = \underline{\underline{1645 \text{ mm}}}$  .

Es ergibt sich daraus ein Treppenwinkel von  $\alpha_1 = \arctan\left(\frac{1379 \text{ mm}}{1645 \text{ mm}}\right) = 40^\circ$  .

#### **• Treppe an Lukenpaar 2 (Kabinenende):**

Die Höhe vom Kabinenboden des Oberdecks bis zur Profilloberseite beträgt ca.  $H = 1,576 \text{ m}$ .

Bei einer Stufenwahl von  $n = 8$  Stufen, ergibt sich eine Stufenhöhe von:

$$R_2 = \left( \frac{1576 \text{ mm}}{8} \right) = \underline{\underline{197 \text{ mm}}} .$$

Diese Stufentiefe ist zufälligerweise identisch mit der am Lukenpaar 1. Insgesamt ist hier eine Stufe mehr nötig, woraus sich eine Treppengesamtlänge:  $T_2 = 235 \text{ mm} \cdot 8 = \underline{\underline{1880 \text{ mm}}}$  ergibt.

Der gleich bleibende Treppenwinkel, sowie die Stufenhöhe- und tiefe beider Treppen liegen im akzeptablen Bereich. (**Referenz: A380 Airbus Stairteam; MB**)

### **Treppenbreite**

Nach **Neufert 1992** ist für einen sicheren und schnellen Treppenaufstieg, für eine Person in eine Richtung, eine Treppenbreite von 700 mm vorzusehen. Für die Handläufe wird eine Breite von 40 mm angenommen. Es ergibt sich daraus eine Gesamtbreite von 1520 mm.

### **Anordnung der Assist Spaces**

Die breite Treppe birgt die Gefahr eines panikartigen Ansturms, so dass es zum Passagierstau und zu erhöhter Stolpergefahr auf der Treppe kommen kann. Um die Evakuierung kontrollieren und notfalls eingreifen zu können, sind Assist Spaces beidseitig vor den Treppen vorzusehen. Bei der Anordnung ist darauf zu achten, dass keine Einbauten in diese Bereiche hineinragen und eine Mindeststehhöhe der Flugbegleiter (1850 mm für 95 % Mann **DIN 33402-1**) gewährleistet wird.

### **Gestaltung der Handläufe**

Um den Passagieren einen sicheren Halt bis zur Profiloberfläche zu garantieren, müssen alle Handläufe bis auf die Profiloberseite reichen und aus den Luken herausragen. Hierzu müssten diese einklappbar sein, und im Notfall automatisch ausfahren (ähnlich zur Teleskopleiter). Die Handläufe verlaufen parallel zum Stufenwinkel, in einem Abstand von  $h = 825$  mm (Referenz: A380 Treppe; **MB**).

Die ermittelte Treppengeometrie beider Luken sind in den nachfolgenden Kapiteln bildlich dargestellt.

## **5.8.4 Auslegung der Ausstiegsluken**

Es werden zwei große Ausstiegsluken auf jeder Kabinenseite für die Oberdecknotevakuierung vorgesehen. Die Notausstiege sollen einen Passagierdurchfluss von zwei Personen gleichzeitig durch eine Luke gewährleisten. Aus Strukturgründen ist darauf zu achten, die Lukenausschnitte möglichst minimal zu halten.

### **Lukenbreite**

Die Lukenbreite wird den Treppenbreiten entsprechend angepasst. Um eventuelle Deformationen an der Struktur, die bei einer Notlandung auftreten können, mit zu berücksichtigen, wird eine Toleranz von 40 mm auf jeder Treppenseite mit beaufschlagt. Es ergibt sich somit eine Lukengesamtbreite von 1600 mm.

### **Lukenlänge**

Beim Aufstieg der jeweiligen Treppe, soll es den Passagieren möglich sein, aufrecht die Treppe zu besteigen. Der Lukenausschnitt muss daher einen Freiraum (Clearance) von ca.1850

ca.1850 mm (95 % Mann), vom Treppenanfang bis zum Ende, gewährleisten. Am vorderen Lukenpaar ist die Stehhöhe vor der Treppe, aufgrund des konischen Kabinenverlaufs, nicht ganz gewährleistet. Es muss daher ein größerer Lukenausschnitt gewählt werden, welcher die Stehhöhe garantiert. Die Kabinengeometrie am hinteren Lukenpaar gewährleistet die erforderliche Stehhöhe, besitzt jedoch im Gegensatz zum vorderen Lukenpaar eine Treppenstufe mehr. Die Lukenausschnittslängen sind daher an beiden Lukenpaaren nahezu gleich. Nach Abgleich im 3-D Modell, wird hier eine Lukenausschnittslänge von ca. 2320 mm gewählt.

### Öffnungsrichtung/ -mechanismus der Ausstiegsluken

Es gibt verschiedene Möglichkeiten und Richtungen in der die Fluchluken geöffnet werden können. Die Richtung kann von der Treppe ausgehend nach vorne auf das Profil, zur Seite oder nach oben erfolgen. Generell besteht bei Luken die Gefahr, dass so Feuer und Rauch in die Kabine gelangen können („chimney effect“). In diesem Fall müssen die Luken automatisch wiederverschließbar sein und der weitere Evakuierungsablauf durch die Luken der anderen Seite erfolgen. (Hulin 2002).

Nachfolgend sind die jeweiligen Vor- und Nachteile der Öffnungsrichtungen in Tabelle 5.13 zusammengefasst:

**Tabelle 5.13** Vor- und Nachteile der Öffnungsrichtung der Luken

Richtung	Vorteile	Nachteile
<b>Nach vorne</b>	1.) Kein komplizierter Öffnungsmechanismus. 2.) Nur eine Richtung in der die Luke klappt. 3.) Keine Sicherung der Luke nötig	1.) Stellt Hindernis für die Passagiere dar, 2.) Passagiere müssen um die Luke herum/ drüber laufen => Stolpergefahr, 3.) Gefahr einer Stauung auf der Treppe.
<b>Zur Seite</b>	1.) Kein Fluchhindernis auf dem Profil, 2.) Keine Stolpergefahr, 3.) Keine Staugefahr auf der Treppe.	1.) Komplizierter Öffnungsmechanismus, 2.) Führungsschiene ist notwendig, 3.) Öffnung der Luke erfolgt in zwei Richtungen: erstens ein Stück heraus, anschließend zur Seite. 4.) Kraftumleitung notwendig 5.) Größerer Aufwand beim Wiederverschließmechanismus 6.) Sicherung notwendig, um ein zurückschwenken der Luke zu vermeiden.
<b>Nach oben</b>	1.) Kein komplizierter Öffnungsmechanismus. 2.) Eine Richtung in der die Luke klappt. 3.) Kein Fluchhindernis auf dem Profil, 4.) Keine Stolpergefahr, 5.) Keine Staugefahr auf der Treppe, 6.) Luken leicht wiederverschließbar durch das Eigengewicht	1.) Sicherung der geöffneten Luke nötig, um ein Herunterklappen zu vermeiden.

Eine Öffnung nach vorne wäre ungünstig. Die Passagiere müssten beim Ausstieg um die Tür-  
luken herumlaufen und hätten so ein zusätzliches Hindernis vor sich. Eine seitliche Verschiebung der Türen wäre denkbar, hierzu wären jedoch zwei Wege für die Öffnung erforderlich. Die Luken müssten erst ein Stück heraus und anschließend, mittels einer Führung, zur Seite verschoben werden können. Anhand Tabelle 5.13 ist erkennbar, dass eine Öffnung nach oben

die meisten Vorteile mit sich bringt. Der Öffnungsmechanismus ist eher unkompliziert, da nur eine Richtung benötigt wird. Des Weiteren stellt die Luke im aufgeklappten Zustand kein Hindernis auf der Flugzeugoberseite dar, wodurch die Stolpergefahr und eine evtl. Stauung auf der Treppe vermindert wird. Im Fall von Feuer oder Rauch, lässt sich die Luke durch ihr Eigengewicht leicht wiederverschließen.

Aufgrund der genannten Aspekte, wird für eine weitere Ausarbeitung, eine Lukenöffnung nach oben gewählt. Ein Beispiel für eine nach oben geöffnete Tür/ Luke wäre der neue Notausstieg über dem Flügel der B737 (siehe Bild 5.38).



**Bild 5.38** Der neue Notausstieg der B737 (Over Wing Exit) (**Bristol 2002**)

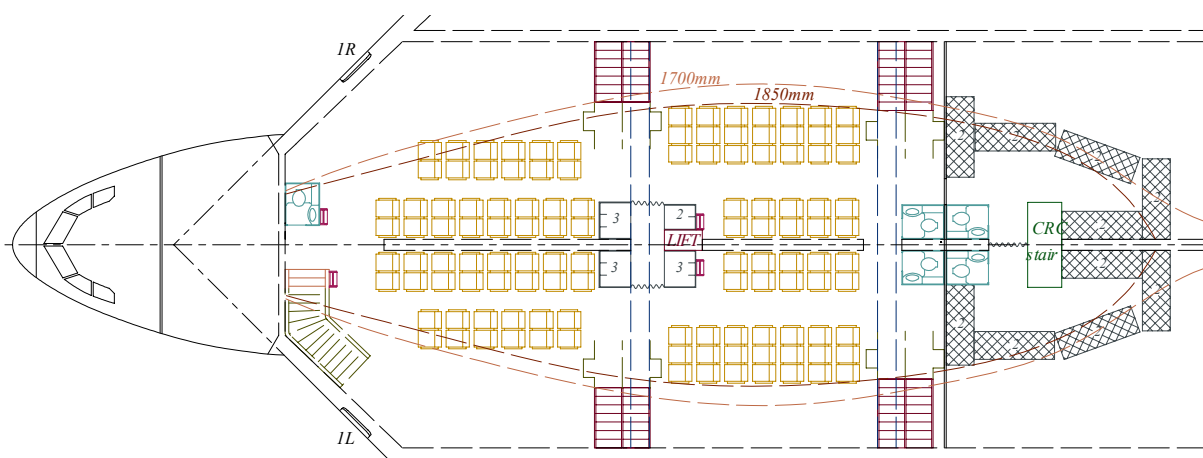
Für das Öffnen der Luken ist eine lokale Kraftereinleitung notwendig. Hierfür sind verschiedene Öffnungsmechanismen möglich. Die Öffnung kann pneumatisch, hydraulisch, manuell, elektrisch oder pyrotechnisch erfolgen. Um die größte Zuverlässigkeit zu garantieren, sollte der Öffnungsmechanismus unabhängig von anderen Systemen sein.

Die pyrotechnische Öffnung wäre hier am angebrachtesten. Hierzu wird automatisch ein kleiner Sprengsatz gezündet (ähnlich zu heutigen Airbags oder Gurtsystemen in Fahrzeugen), welcher den erforderlichen Druck aufbaut, um die Luke zu öffnen. Sie besitzt den Vorteil unabhängig von anderen Systemen, wie z. B. von der elektrischen Stromversorgung des Flugzeuges (**JAR 25.810 (a)**), zu sein. Weitere Vorteile sind die relativ einfache Handhabung/ Bedienbarkeit, eine hohe Zuverlässigkeit und die schnelle Öffnung der Luke innerhalb von Bruchteilen von Sekunden.

### 5.8.5 Erstellung eines zweiten High-Density-Layouts des Oberdecks

Nachfolgend wird ein neues High-Density-Layout zur Untersuchung der Evakuierbarkeit des Oberdecks, unter Berücksichtigung aller genannten Aspekte, erstellt. Die Forderung eines 20''-Gangs, zwischen zwei sich gegenüberliegenden Ausgängen, wird hier durch den Küchengang und den hinteren Durchbruch durch die Längsstruktur realisiert. Ein positiver Ne-

benaspekt ist die Zugänglichkeit zu beiden Toiletten. Durch die Positionierung der Luken, der Fluchttreppen und der Flugbegleiterbereiche entfallen einige Sitzreihen, bzw. müssen entsprechend verschoben werden.



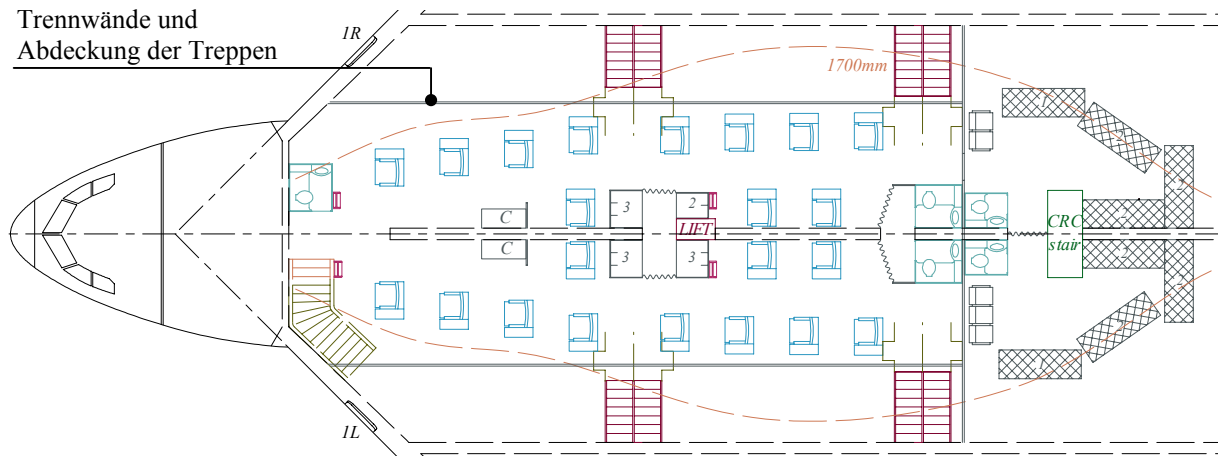
**Bild 5.39** Zweites High-Density Kabinenlayout des Oberdecks (Zweideckkonfiguration)

Bild 5.39 zeigt die neuen Treppenpositionen, Flugbegleiterbereiche an den Türen (AS), die neuen Sitzanordnungen und die Anordnung der CRC. Es ist erkennbar, dass die Assist Spaces innerhalb der 1850 mm Höhenlinie positioniert sind. Nach **DIN 33402-1** besitzt ein 95 %-Mann eine Körpergröße von 1841 mm (<http://www.arsmartialis.com/technik/laenge>). Demnach ist die erforderliche Stehhöhe für die Flugbegleiter an den Treppenbereichen garantiert. Die maximale Passagieranzahl beträgt hier insgesamt 118 Passagiere. Dies entspricht insgesamt 42 Passagiere weniger (21,3 %), als im zuvor erstellten High-Density-Layout (vgl. Bild 5.35). Entsprechend der Ratios aus Tabelle 4.20 ergeben sich keine Veränderungen in der Anzahl der Einbauten.

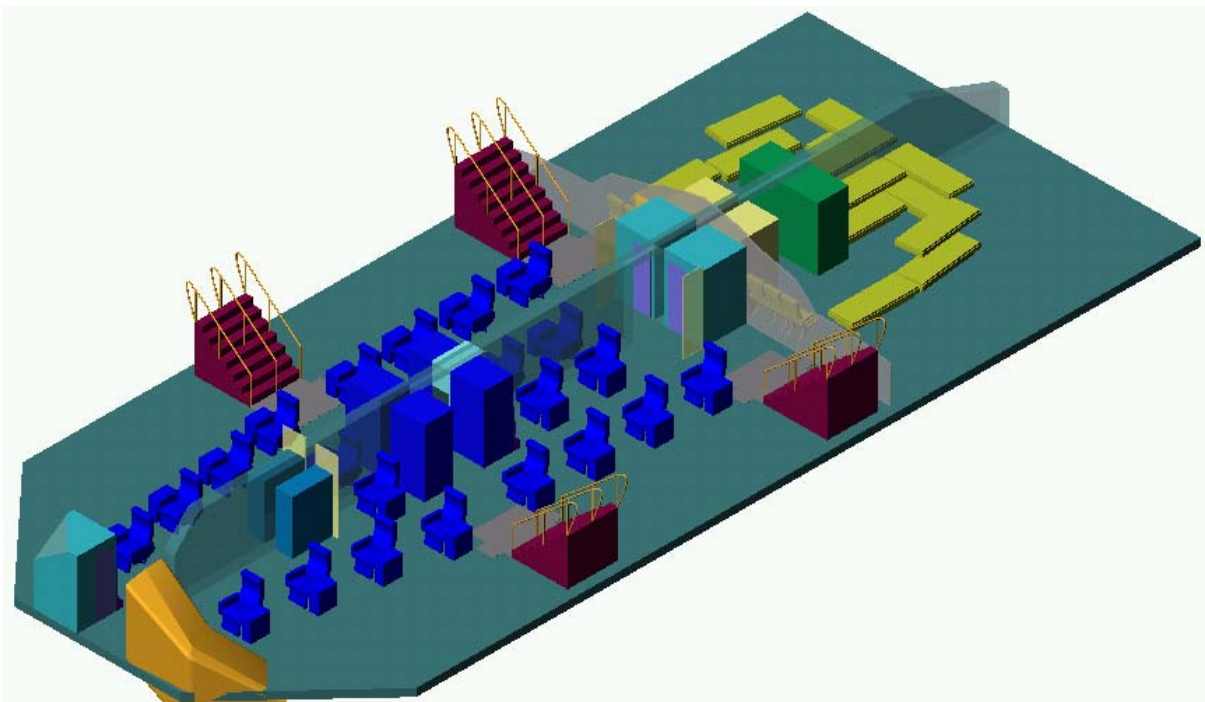
Die neuen Luken- und Treppenpositionen auf dem Oberdeck sind in den nachfolgenden Bildern 5.40, 5.41 dargestellt.

### 5.8.6 Erstellung eines neuen Oberdeckkabinenlayouts

Um die Treppen/ Luken- und Assist Space-Positionen zu berücksichtigen, muss ein neues Kabinenlayout für die First Class auf dem Oberdeck erstellt werden. Um die Fluchtwege vor den Treppen freizuhalten, müssen einige Sitze versetzt werden. Des Weiteren ist der Strukturdurchbruch im hinteren Kabinenteil zu berücksichtigen. Außerdem werden Trennwände vor den Fluchttreppen eingeführt, um diese während des Reisefluges zu verbergen. Nachfolgend sind die neuen Kabinenlayouts unter Einhaltung aller Anforderungen in 2-D und 3-D dargestellt (Bilder 5.40, 5.41).



**Bild 5.40** Neues Oberdeckkabinenlayout mit Treppenpositionen und Assist Spaces (in 2-D)



**Bild 5.41** Schematische Darstellung eines neues Oberdeckkabinenlayout mit Treppenpositionen und Assist Spaces (in 3-D)

### 5.8.7 Passagierleitsystem auf der Profiloberfläche

Sobald die Passagiere aus dem Oberdeck auf die gewölbte Profiloberseite gelangen, besteht die Gefahr der Hilflosigkeit und Desorientierung. Die Wege zu den Notrutschen betragen für die hintere Luke bis zu 14 Meter. Des weiteren können Dunkelheit, Nässe oder Eisbildung auf dem Profil das gehen erschweren. Besonders beim Wegbrechen eines Fahrwerkbeins, befindet sich der Nurflügler in einer Schräglage. Die Passagiere wären dann nicht mehr in der Lage sicheren Halt zu finden. Sie wären hilflos und es besteht die Gefahr abzustürzen. Um daher die Passagiere schnell und vor allem sicher über die Profiloberfläche zu leiten, sind spezielle Vor-

richtungen nötig. Heutige „Over-Wing-Exits“, wie beispielsweise beim A310, beinhalten bereits eine in den Notrutschen integrierte Führung, welche sich mit der Notrutsche zusammen entfaltet. Dieses wäre auch im Falle der Notevakuierung vom Profil anzudenken.

Um die Passagiere sicher über das Profil zu leiten sind verschiedene Ideen denkbar:

1. Seile, die aus der ProfiOberseite heraus springen (ähnlich zu Hängebrücken),
2. Wände, die aus der Struktur herausfahren und einen Gang bilden,
3. Führungen/ „Gummiwulste“, die sich aufblasen und somit den Weg sichern,
4. Rutschfeste Matten, die sich automatisch von den Luken bis zur Notrutsche ausbreiten,
5. Haltegriffe, die aus der ProfiOberseite ausfahren, an denen man sich festhalten kann.
6. Netze bzw. Absperrungen die ausfahren/ herausspringen.

Nach **JAR 25.810** gelten für Fluchtwege auf dem Flügel, außerhalb des Flugzeugs außerdem noch folgende Vorschriften:

- Fluchtwege außerhalb des Flugzeuges müssen mit rutschfestem Belag und für die Orientierung markiert und reflektierend sein
- Fluchtwegbreite muss mindestens 24'' (= 2 ft) betragen

Um die Passagiere möglichst sicher zu den Notrutschen zu leiten, wären die Punkte 2.) und 3.) am vorteilhaftesten. Die anderen Punkte könnten, um den Passagieren den nötigen Halt zu bieten, als zusätzliche Hilfe dienen. Ein Leiten der Passagiere durch „Gummiwulste“ die sich aufblasen, hätten gegenüber den Wänden, den Vorteil eines geringeren Verletzungsrisikos. Des weiteren wäre die Unterbringung der „Gummiwulste“ einfacher. Diese wären zusammen mit den erforderlichen Druckluftbehältern lokal an verschiedenen Orten im Profil untergebracht, und würden sich durch kleine Öffnungen entfalten. Für Wände bzw. Seile, die aus der ProfiOberseite herausspringen, sind größere Ausschnitte/ Schlitze, was die Struktur stärker beeinträchtigt. Ein weiterer positiver Aspekt ist, dass die „Wulste“, beim Wegbrechen eines Fahrwerkbeins und entsprechender Schräglage des Flugzeuges, bereits als rutschenähnliche Führungen dienen können. Dies ist bei den herausspringenden Wänden/seilen nicht möglich. Die Passagiere müssten sich hier an den Vorrichtungen zu den Notrutschen „entlanghangeln“.

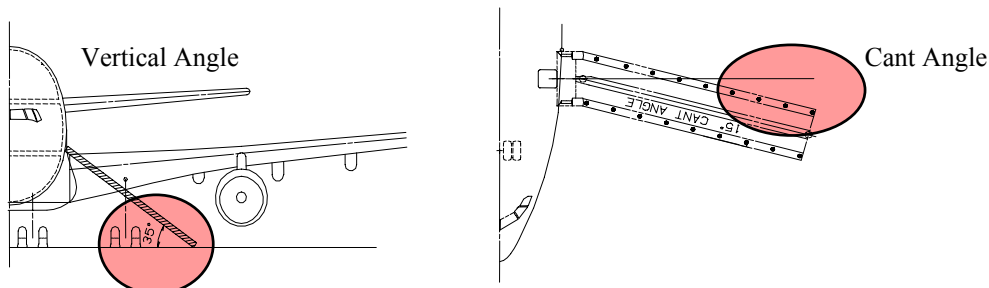
Obwohl eine „Gummiwulst“-Führung mehr Vorteile gegenüber den herausfahrenden Wänden besitzt, werden beide Varianten in den nachfolgenden Beispielen für eine mögliche Notrutschenpositionierung und -analyse, verwendet.



### 5.8.8 Auslegung und Positionierung der Notrutschen

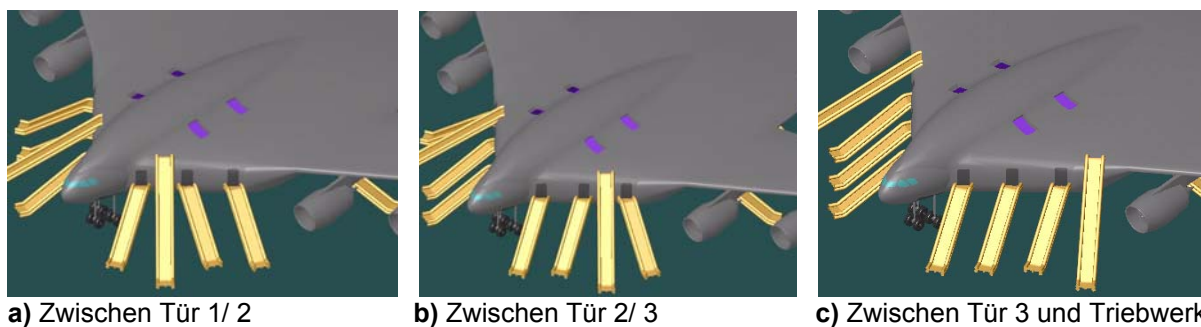
Für Notrutschen gelten eine Vielzahl an Vorschriften und Anforderungen bezüglich, Positionierung, Sicherheit, Geometrie, Materialien etc. Die wichtigsten Vorschriften sind in JAR 25.810, 25.1411, 25.1415 und im AC 25-17 enthalten. Um eine schnelle und auch sichere Rutschgeschwindigkeit zu gewährleisten, dürfen die Notrutschen nicht zu flach aber auch nicht zu steil verlaufen. Es sind daher, neben den genannten Vorschriften, nachfolgend genannte Winkel und Werte einzuhalten. Diese Daten sind teilweise empirisch ermittelte Erfahrungs- und Richtwerte und entstammen dem FPO von Airbus (**OD**):

- Vertikalwinkel:  $28 - 36^\circ$  (Maximum  $50^\circ$ ) ist abhängig von Crashposition (siehe Bild 5.42),
- Seitlicher Neigungswinkel (Cant Angle): Airbus:  $15^\circ$  (Maximum:  $25^\circ$ ) (siehe Bild 5.42),
- Mindestabstand zwischen den Notrutschen: 1,5 m,
- Mindestabstand vor den Triebwerken: 2,5 m (bei 25kts Windgeschwindigkeit am Boden),
- Mindestabstand zur Flügelhinterkante (bei ausgefahrenen Landeklappen): 2 m,
- Notrutschen dürfen nicht miteinander kollidieren, übereinander parallel verlaufen oder sich kreuzen.
- Die Länge der Notrutschen ist, unter Einhaltung aller Werte und Winkel, nicht begrenzt.



**Bild 5.42** Darstellung des Vertikalwinkels und des seitlichen Neigungswinkels bei Notrutschen

Es sind nur wenige Möglichkeiten für die Notrutschenpositionierung des Oberdecks vorhanden. Die Flucht nach hinten und zur Seite ist nicht möglich, da sich hier die Notrutschen und Fluchtwege des Hauptdecks befinden. Um Kollisionen der Notrutschen beider Decks zu vermeiden, bleibt nur die Flucht nach vorne. Hier bieten sich drei verschiedene Positionen an. Die möglichen Notrutschenpositionierungen des Oberdecks befinden sich zwischen den Türen 1/ 2, zwischen den Türen 2/ 3 und zwischen der Tür 3 und des vorderen Triebwerks. Um Kollisionen zwischen den Notrutschen zu vermeiden, ist eine Untersuchung in 3D notwendig. Im nachfolgenden Bild 5.43 sind die möglichen Notrutschenanordnungen beider Decks im vorderen Bereich des Nurflügler dargestellt. Es ist feststellbar, dass die Notrutschenposition c) bedrohlich nahe am vorderen Triebwerk vorbeiläuft. Die Passagiere rutschen in einem sehr geringen Abstand zum Triebwerk und laufen Gefahr, im Falle einer ungünstigen Notrutschenlage, in das Triebwerk hineingesogen zu werden. Des Weiteren sind die Fluchtwege in c) relativ groß und führen über das ganze Profil. Aufgrund der genannten Nachteile, wird diese Anordnungsmöglichkeit für die weitere Ausarbeitung nicht mehr in Betracht gezogen.



**Bild 5.43** Mögliche Notrutschenpositionen des Oberdecks

Die Notrutschenpositionen a) und b) in Bild 5.43 kommen am wahrscheinlichsten in Frage. Um die günstigste Notrutschenposition zwischen diesen beiden zu ermitteln, werden im nachfolgenden die Vor- und Nachteile der jeweiligen Notrutschenanordnung ermittelt:

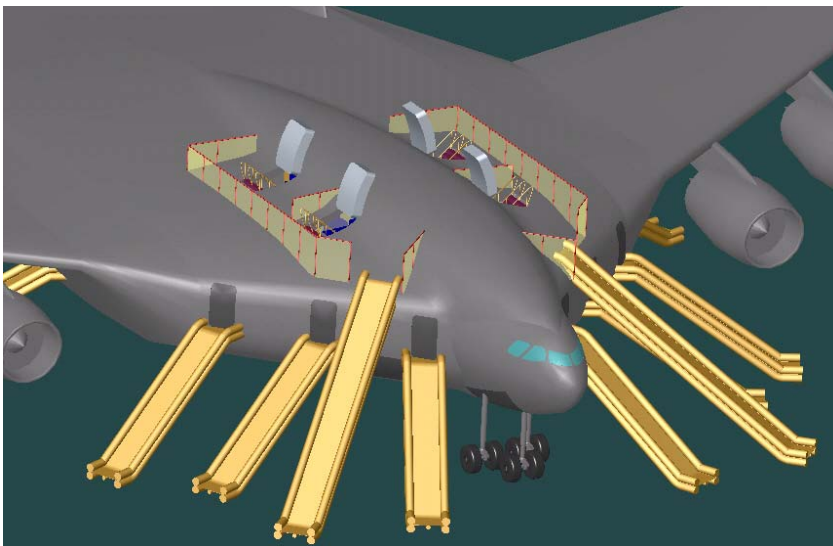
**Tabelle 5.14** Vor- und Nachteile der möglichen Notrutschenpositionen a) und b)

	Vorteile	Nachteile
<b>a)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.) Kürzere Wege für Luke 1 zur Notrutsche: Luke 1 = 5,5 m, (Luke 2 = 14 m) aber gesamt <b>19,5 m</b></li> <li>2.) Die Wand des Buckels dient als zusätzliche Führung,</li> <li>3.) Keine Gefahr durch das Triebwerk auf beiden Decks,</li> <li>4.) Notrutschengeometrie wird eingehalten (Vertikalkwinkel: 35°),</li> <li>5.) Keine Kollision mit Rutschen des Hauptdecks,</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.) Passagiere werden in Längsrichtung zur Flugzeugachse geführt. Gehen senkrecht zur Neigung der Profilwölbung, was zu Verzögerungen führen kann.=&gt; Rutschgefahr, Stolpergefahr, bei Schräglage nur langsames vorankommen,</li> <li>2.) Gefahr von Kollisionen zwischen Passagieren der Luke 1/ 2. Da Luke 1 direkt im Fluchtweg der Luke 2 liegt. =&gt; Staugefahr, Stolpergefahr, auf der Treppe vor Luke 1 und vor der Notrutsche</li> <li>3.) Zusätzlich Vorrichtung notwendig, um Passagiere der Luke 2 sicher um die Luke 1 zu führen,</li> <li>4.) Luke 2 hat längeren Weg zur Notrutsche ca. 14 m,</li> <li>5.) Beim Wegbrechen eines Fahrwerkbeins, größere Schräglage des Nurflüglers =&gt; langsames Vorankommen, Passagiere müssen sich an den Vorrichtungen zur Notrutsche "hangeln".</li> </ol>
<b>b)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.) Beide Luken befinden sich insgesamt näher an der Notrutsche: Luke 1 = 3 m, Luke 2 = 9 m, gesamt <b>12 m</b></li> <li>2.) Keine Kollisionen/ Behinderungen zwischen den Passagieren beider Luken. Kein Hindernis,</li> <li>4.) Passagiere gehen mit der Neigung der Profilwölbung =&gt; geringe Stolper- und Staugefahr,</li> <li>5.) Beim Wegbrechen eines Fahrwerks, könnte direkt auf dem Profil gerutscht werden,</li> <li>6.) Keine Gefahr durch Triebwerk beider Decks,</li> <li>7.) Notrutschengeometrie wird eingehalten (Vertikalkwinkel: 35°),</li> <li>8.) Keine Kollisionen mit Rutschen auf dem Hauptdeck,</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.) Es sind zwei lange Führungen für ein sicheres Leiten notwendig.</li> </ol>

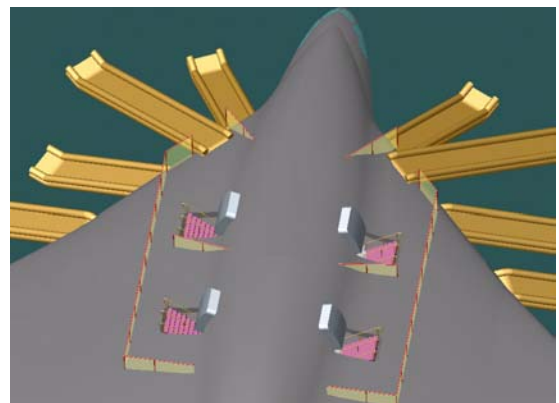
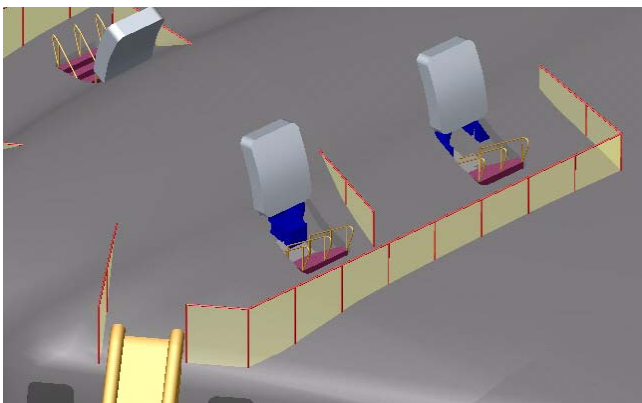
Anhand Tabelle 5.14 wird deutlich, dass die Notrutschenposition b) die meisten Vorteile besitzt. Der große Nachteil der Notrutschenposition a), ist die Gefahr der gegenseitigen Behinderung der Passagiere an Luke 1. Da sich Luke 1 genau im Fluchtweg der Luke 2 befindet,

müssen die Passagiere der Luke 2 um die Luke 1 herumgeführt werden, was eine zusätzliche Führungsschiene an der Luke 1 erfordert (siehe Bilder 5.44; 5.45). Durch dieses zusätzliche Hindernis steigt die Gefahr der Stolper- und Staugefahr, sowohl auf dem Profil, als auch auf der Treppe. Des Weiteren sind Stauungen an der Luke 1 und vor der Notrutsche zu erwarten. Ein weiterer negativer Aspekt ist die erforderliche Führung der Passagiere (zu den Notrutschen) in Längsrichtung. Die Passagiere müssen dabei senkrecht zum schrägen Profil und entgegen der Profilwölbung in Längsrichtung laufen. Bei einer eventuellen Schräglage des Nurflüglers (z. B. beim Wegbrechen eines Fahrwerkbeins) oder Eisbildung auf der Profilloberfläche, wäre so kein schnelles Vorankommen mehr möglich. Die Passagiere müssten sich dann an den Vorrichtungen zu den Notrutschen hangeln, was eine Evakuierung erheblich erschweren und verlangsamen würde.

Trotz der vielen Nachteile, ist eine solche Notrutschenanordnung mit einer dazugehörigen Führungsvorrichtung in den nachfolgenden Bildern 5.44 und 5.45 dargestellt. Die Führung ist als Beispiel anhand Wänden bzw. Netzen, die aus dem Flugzeugprofil ausfahren, dargestellt.



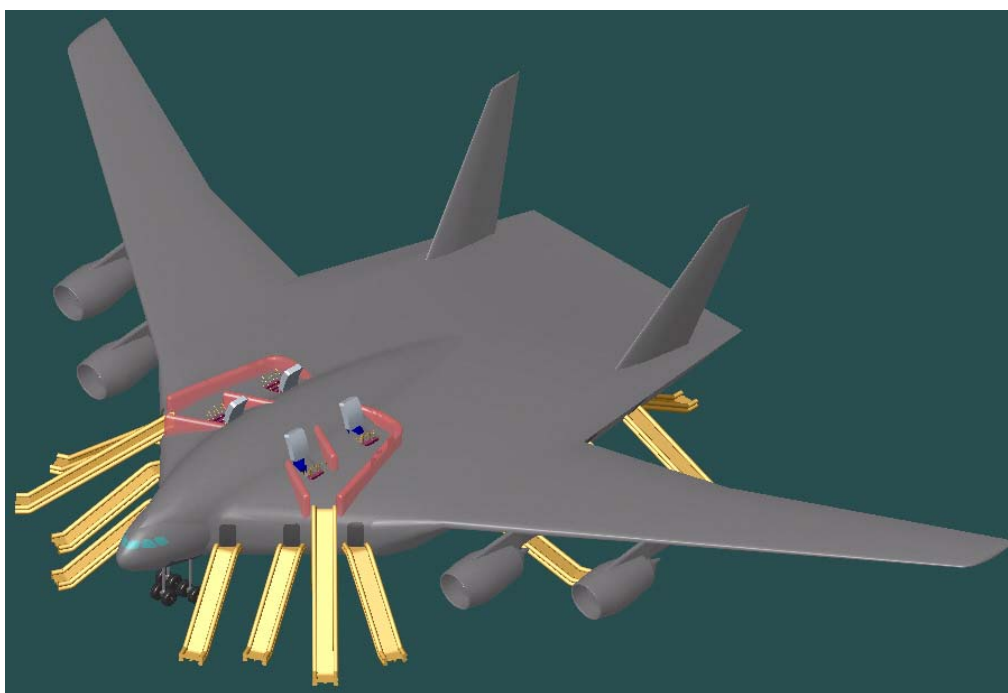
**Bild 5.44** Notrutschenposition a) des Oberdecks mit Führung durch ausfahrende Wände



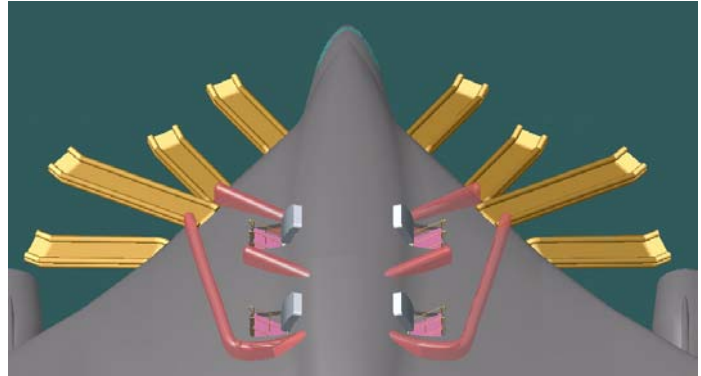
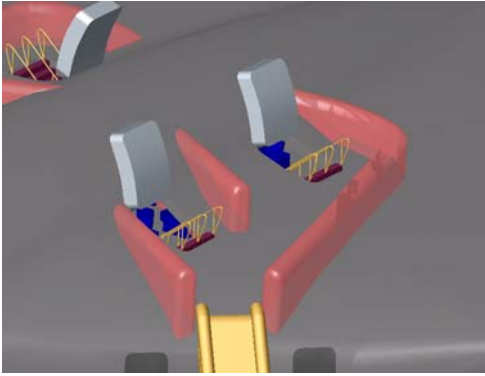
**Bild 5.45** Detailansicht der Notrutschenposition a) mit Führungswänden; vorne und von oben

In den Bildern 5.44 und 5.45 ist die Notrutschenanordnung mit der dazugehörigen Führungsvorrichtung dargestellt. Um die Passagiere sicher führen zu können sind hier drei Wände, welche aus dem Profil ausfahren/ herauspringen nötig. Es ist absehbar, dass die größte Gefahr einer Stauung im Bereich des schmalsten Durchgangs, vor der Luke 1 an der Führungswand sein wird. Die Führungsvorrichtung durch Wände zu realisieren ist nicht optimal und erfordert viele Öffnungsschlitzte, welches die Struktur stark belasten wird. Es wird daher eine Anbringung von „Gummiwulsten“ an der Notrutschenpositionierung b) untersucht.

Bei der Notrutschenposition b) sind keine Behinderungen unter den Passagieren zu erwarten, da sie erst vor der Notrutsche aufeinandertreffen (siehe Bilder 5.46; 5.47). Die Fluchtwege beider Luken besitzen genügend Abstand voneinander. Eine Führung der Passagiere (der Luke 2) um die Luke 1 herum, ist daher nicht erforderlich. Des weiteren gehen die Passagiere mit der Flügelprofilneigung, wodurch die Gefahr des Wegrutschens und Stolperns erheblich minimiert wird. Ein weiterer positiver Aspekt, wäre die zusätzliche Rutschfunktion der Profilwölbung. Im Falle eines Wegbrechens eines Fahrwerks und der entsprechenden Schräglage des Nurflüglers, könnten die Passagiere direkt über das Profil rutschen. Die Abgrenzungen würden einen Absturz verhindern. Sollte das Flugzeug in die andere Richtung „kippen“, käme dieses trotzdem dem Fluchtweg auf dem Profil zu Gute. Durch die Schräglage würde die Neigung der Profilwölbung ausgeglichen werden, so dass eine relativ waagerechte Begehung möglich wird. Aufgrund der geschilderten Aspekte wird die Notrutschenposition b) als besser erachtet. Nachfolgend ist diese Notrutschenanordnung mit entsprechender Führungsvorrichtung dargestellt. Die Führung wird hier durch aufblasbare „Gummiwulste“ realisiert, welche wie bereits erwähnt die meisten Vorteile besitzt. Alle Notrutschen besitzen einen optimalen 35°-Winkel. (Bilder 5.46- 5.49)

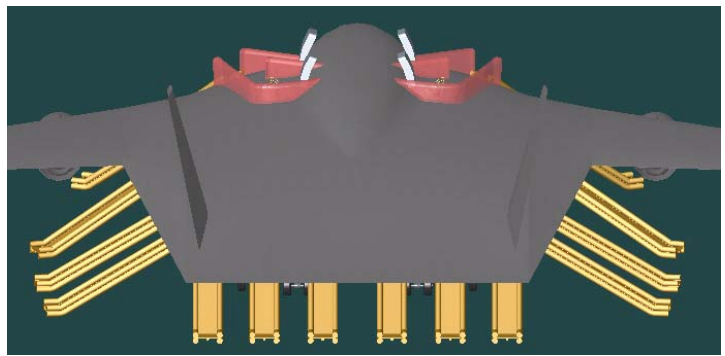
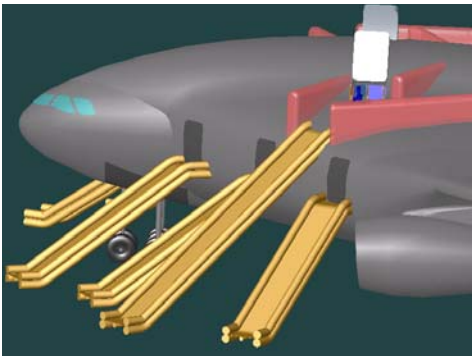


**Bild 5.46** Notrutschenposition b) des Oberdecks mit Führung durch „Gummiwulste“

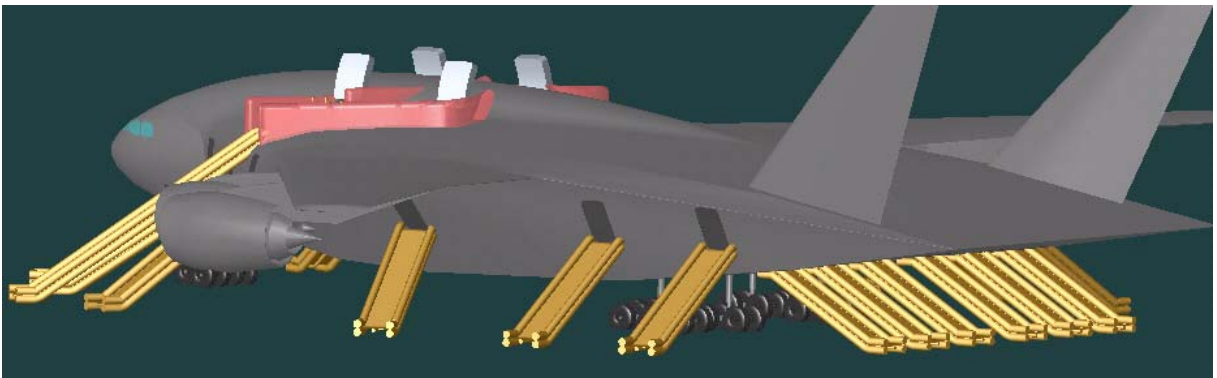


**Bild 5.47** Detailansicht der Notrutschenposition b) mit „Gummiwulst“; vorne und von oben

Des Weiteren sind die verschiedenen Notrutschenpositionen in den verschiedenen Perspektiven dargestellt (Bild 5.48, 5.49).



**Bild 5.48** Notrutschenposition b) ; vorderer Seitenbereich und Hinteransicht



**Bild 5.49** Notrutschenposition b) Seitenansicht

Die hier dargestellte Notrutschenposition mit entsprechender Führung ist die bestmögliche Lösung der Oberdeckevakuierung. Um eine sichere Führung zu gewährleisten und das Verletzungsrisiko minimal zu halten, werden hier drei Führungen durch „Gummiwulste“ auf dem Oberdeck beidseitig vorgesehen.

Die Notrutschenhöhe des Oberdecks beträgt hier ca. 9 Meter und ist damit vergleichbar mit der Höhe der A380 mit ca. 8 Metern. Eine solche Notrutschenanordnung wäre demnach realistisch.

### 5.8.9 Ermittlung der Evakuierungszeit

Im nachfolgenden ist die Evakuierungszeit der 118 Passagiere des Oberdecks, durch die Hälfte der Notausgänge zu ermitteln. Es werden hier folgende Annahmen gemacht:

- Der Nurflügler befindet sich in normaler Lage, bei ausgefahrenen Fahrwerken,
- Die Nurflügel-Oberfläche ist trocken, keine Eisbildung oder Nässe,
- Passagiere halten sich an die Anweisungen der Flugbegleiter,
- Passagiere verteilen sich gleichmäßig auf die Luken,
- Keine Panik, Hysterie, Angstzustände,
- Keine Dunkelheit oder Rauchentwicklung in der Kabine und auf dem Flugzeugprofil.
- Kein Stolpern auf der Treppe oder dem Profil,
- Nahezu paralleler bzw. leicht versetzter Aufstieg zweier Passagiere auf einer Treppe.
- Zwei Passagiere erreichen gleichzeitig die Notrutsche

Die Nachweisführung der Notevakuierung auf dem Oberdeck erfolgt wie beim Hauptdeck über die linke Flugzeugseite. Als erstes werden die Passagiere, welche sich in Lukennähe befinden, evakuiert. Die Passagiere der anderen Kabinenseite, strömen gleichmäßig durch den Küchengang und durch die Durchbrüche des vorderen und hinteren Kabinenteils nach. Aufgrund des nahezu parallelen Aufstiegs zweier Passagiere, ist mit einem fließenden Passagierstrom zu rechnen. Es wird daher angenommen, dass jeweils zwei Passagiere gleichzeitig die Notrutsche erreichen.

Im Falle einer Notevakuierung sind insgesamt vier Flugbegleiter nötig. Ein Flugbegleiter ist auf dem Flugzeugprofil an der Notrutsche vorzusehen, welcher die Kabine vor den Passagieren zuerst verlässt, um die Passagiere zur Notrutsche zu leiten, Hilfe an der Notrutsche zu leisten und die Passagiere zum Springen zu motivieren. Zwei weitere Flugbegleiter sind jeweils an den beiden Treppen vorzusehen, um Hilfestellung beim Aufstieg zu leisten. Der vierte Flugbegleiter befindet sich an der Zugangstreppe, um einerseits Passagiere daran zu hindern die Zugangstreppe zu benutzen und andererseits evtl. die Evakuierung von behinderten/ gebrechlichen Passagiere vorzubereiten. Weitere Flugbegleiter wären denkbar, um evtl. behinderte oder verletzte Passagiere aus der Kabine zu tragen, was für die Nachweisführung der Evakuierung jedoch nicht betrachtet werden muss (**HK**). Um eine Evakuierungszeit ermitteln zu können, müssen vorab die Zeiten für die jeweilige Evakuierungsphase festgelegt werden. Anhand von Selbstversuchen und Zeitmessungen werden folgende Annahmen gemacht:

- Zeit um vom Oberdeck auf die Flügelprofiloberseite zu gelangen; Überwindung von 7- 8 Treppenstufen: ca. 3-4 Sekunden,
- Zeit von den Notevakuierungsluken zur Notrutsche: ca. 4 Sekunden,
- Zeit auf der Notrutsche: ca. 1 Sekunde.

Die Evakuierungszeit eines Passagiers, aus dem Oberdeck bis auf die Erdoberfläche, würde demnach unter idealen Verhältnissen, ca. 9 Sekunden benötigen. Hierbei wird ein kontinuierlicher Passagierfluss vorausgesetzt, so dass die Annahme getroffen werden kann, dass jeweils zwei Passagiere zeitgleich die Notrutsche erreichen und im Sekundentakt hinunterrutschen.

Die Notevakuierungszeit berechnet sich wie folgt:

- $T_{ges}$  = Gesamte Evakuierungszeit,  
 $T_{Att}$  = Zeit des Flugbegleiters für die Strecke: aus der Kabine zu den Notrutschen,  
 $T_{First Pax}$  = Zeit bis zum Sprung der ersten Passagiere auf die Notrutsche,  
 $T_{Slide}$  = Notrutschenzeit für 118/ 2 Passagiere (Zwei Passagiere springen gleichzeitig),  
 $T_{Tolerance}$  = Toleranz pro Passagier.

$$\begin{aligned}
 T_{ges} &= T_{Att} + T_{First Pax} + T_{Slide} \\
 &= 8 s + 2 s + 59 Pax \cdot 1 s \\
 &= \underline{\underline{69 s}}
 \end{aligned}$$

$$T_{Tolerance} = \frac{90s - T_{ges}}{118 Pax} = 0,18 \frac{s}{Pax}$$

Die Evakuierungszeit des Oberdecks beträgt demnach, unter idealisierten Annahmen, 69 Sekunden. Diese liegt insgesamt 21 Sekunden (23,3 %) unter den geforderten 90 Sekunden. (JAR 25.803 (c)). Somit bleibt jedem Passagier eine zusätzliche Toleranz (Alter, Geschlecht, Gewicht, etc.) von knapp 0,2 Sekunden. Die ermittelte Evakuierungszeit des Oberdecks liegt deutlich unter der des Hauptdecks (86 s). Die gesamte Evakuierung beträgt daher unter idealisierten Annahmen längstens 86 Sekunden und ist als machbar anzusehen.

Es ist zu erwähnen, dass die hier ermittelte Evakuierungszeit, nur unter idealisierten Annahmen und einem zuverlässigen Passagierleitsystem, nachweisbar ist. Da Unterschiede wie Alter, Gesundheit, Geschlecht, Größe, Gewicht, etc. wenig Berücksichtigung finden, sind erhebliche Verzögerungen in der Praxis zu erwarten. In diesem Fall ist die maximale Passagieranzahl auf dem Oberdeck zu limitieren. Des Weiteren ist anzumerken, dass eine derartige Bestuhlung in einem High-Density Layout für den Nurflügler sehr unwahrscheinlich sein wird. Derartige Sitzanordnungen sind nur auf Kurzstreckenflügen akzeptabel. Eine Ausnahme bilden die B747-Flugzeuge in Japan, welche auch für Kurzstreckenflüge von Insel zu Insel („Inselhopping“) eingesetzt werden (**HK**). Angaben über das Verhalten der Passagiere und den damit entstehenden Behinderungen/ Kollisionen können nicht gemacht werden. Um genauere Aussagen über den Evakuierungsverlauf und -zeit des Oberdecks machen zu können, wären ebenfalls computerunterstützte Simulationen und operationelle Tests, unter realen Bedingungen, nötig.

## 6 Trends und Zukunftsausblicke

Für jede weitere Neuentwicklung gilt der Leitsatz: „**Der Luxus von Heute ist der Standard von Morgen**“. Dies bedeutet, dass der Luxus, den wir schon heute besitzen, der Mindeststandard für zukünftige Entwicklungen sein muss und niemals verschlechtert bzw. vernachlässigt werden darf. In der Fahrzeugindustrie beispielsweise, gehören damalige Luxuseinbauten, wie Klimaanlage, Airbags oder ABS, längst zur heutigen Normalausstattung eines Pkws.

Im nachfolgenden werden die Zukunftstrends, bezüglich des Passagierkomforts, der operativen Abläufe und der Notevakuierung, aus Sicht der Kabine, vorgestellt. Diese Ideensammlung ist parallel zur Ausarbeitung entstanden, und soll erste Eindrücke und Visionen für Herausforderungen an die Zukunft vermitteln. Eine wirtschaftliche Realisierung ist hier nur von sekundärer Bedeutung. Die nachfolgend genannten Ideen und Vorschläge sind teilweise durch eigene Überlegungen (Brain Storming), durch Gespräche mit den verschiedenen Fachbereichen bei Airbus und durch Gespräche mit den Professoren der HAW Hamburg entstanden.

### 6.1 Passagierkomfort/ -annehmlichkeiten/ -wünsche

Der größte Vorteil einer Nurflügel-Passagierkabine gegenüber heutigen Flugzeugkabinen ist der zur Verfügung stehende Platz in Längs- und Querrichtung. Es bietet sich daher viel Flexibilitätspotential, sowie kreativer Freiraum für neue Ideen und Konzepte. Das Ziel jeder Veränderung ist hierbei eine Steigerung des Wohlbefindens jedes einzelnen Passagiers an Bord. Besonders an den direkten Schnittstellen zwischen Mensch und Kabine, wie z. B. den Sitzen oder Toiletten, sind viele Möglichkeiten gegeben.



**Bild 6.1** Karikatur der Wünsche eines einzelnen Passagiers (ETXCU)

Wie die Karikatur in Bild 6.1 zeigt, sind die Wünsche der Passagiere sehr subjektiv. Jeder einzelne Passagier sieht zuerst sein eigenes Wohl und macht sich wenig Gedanken über die



anderen Passagiere und den im Flugzeug zur Verfügung stehenden Raum. Es wird deutlich, dass nicht jedem Wunsch nachgegangen werden kann.

Im nachfolgenden werden Wünsche, Ideen und Verbesserungsvorschläge hinsichtlich einer Verbesserung des Passagierkomforts in zukünftigen Flugzeugkabinen genannt.

### 6.1.1 Betreten und Verlassen der Flugzeugkabine

Für eine Optimierung des Passagierkomforts sind eine Vielzahl von Ideen denkbar. Besonders beim Betreten und Verlassen des Flugzeuges, können verschiedene Ansätze unternommen werden, um den Passagierwünschen nachzukommen. Neben der freundlichen Begrüßung und des Weisen des Sitzplatzes durch den Flugbegleiter, sollte dem Passagier die Möglichkeit geboten werden, sich auf dem Weg dorthin mit Zeitschriften zu versorgen, oder sich an einem Automaten Süßigkeiten, Snacks, Getränke oder Zigaretten zu kaufen (Bild 6.2).

Während des Fluges sollte der Passagier die Möglichkeit haben, Informationen an Infoschaltern über den Anschlussflug, das Wetter oder die Infrastruktur des Flughafens zu erhalten. (Bild 6.3) (Weitere Aspekte befinden sich in Kapitel 6.2.1)



**Bild 6.2** Coffeepoint und Fast Food (ETXCU)



**Bild 6.3** Infoschalter in einer Flugzeugkabine (ETXCU)

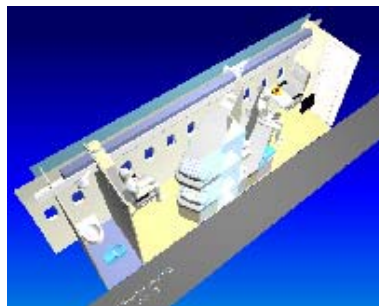
## 6.1.2 Sitze

Die heutigen Sitze lassen bei langen Flügen kaum entspannte Sitzhaltungen oder gar bequemes Liegen zu. Dies führt zu körperlicher und innerer Anspannung, die mangels Bewegungsmöglichkeit nicht abgebaut werden kann, was zugleich die Thrombosegefahr erhöht. Der Sitz ist die direkte Schnittstelle zwischen Kabine und Passagier. Fühlt sich der Passagier in seinem Sitz wohl, so sind andere Mängel in der Kabine eher nebensächlich. Folgende Verbesserungen können gemacht werden:

- Ergonomisch bequemere Sitze => Eventuell EC-Sitze die sich zum Bett umwandeln lassen (convertible seat) (Bild 6.4). Ähnlich zu Bussitzen => Abbau der Thrombosegefahr,
- Sitze sollten drehbar/ verschiebbar sein, um Sitzgruppen nach dem Start zu ermöglichen,
- Videobildschirme in den Sitzen, sollen den Passagieren Unterhaltungs- und Arbeitsmöglichkeit bieten, und den Passagier vom Flug ablenken (Siehe Bild 6.12),
- Integration eines Massagestuhls,
- Beheizte Sitzkissen fürs Wohlbefinden,
- Bein-/ Kopf- und Armfreiheit sind zu vergrößern, da die Menschen im Laufe der Jahre immer größer werden, ergonomische Anpassung erforderlich => Höhenverstellbare Sitze,
- Einzelcompartments, First Class Betten, Betten für Kranke, Schwangere, gebrechliche/ ältere Passagiere (siehe Bild 6.5) => Steigerung der Privatsphäre, des Passagierkomforts,
- Erhöhung der Sicherheit durch Airbag im Sitz. (AB).



**Bild 6.4** Cocoonsitze der American Airways; konvertierbare Bussitze (ETXCU)

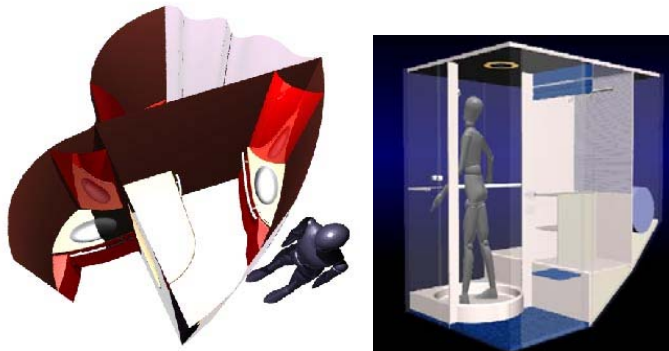


**Bild 6.5** BC und FC Compartments (ETXCU)

### 6.1.3 Toiletten

Toiletten werden verstärkt nach dem Essen oder am frühen Morgen nach Nachtflügen benutzt. Besonders nach langen Flügen sind nicht mehr ganz so saubere Toiletten vorzufinden. Dem Wunsch „sich in Ruhe frisch machen“ zu können, kann nicht mehr nachgekommen werden. Die Toiletten werden daher meist als „Käfige“ empfunden und der Aufenthalt nur auf das nötigste reduziert. Um den Komfort der Toiletten zu erhöhen, geht der Trend dahin, die Toiletten nicht nur moderner und luxuriöser, sondern auch größer zu gestalten. Um dieses zu berücksichtigen, wurden für diese Ausarbeitung in den Kabinenlayouts bereits größere Toiletten verwendet. Denkbar wären außerdem Wasch- und Duschcompartments, neues Design, Separierung der Toilettenbereiche von den Sitzbereichen. Ein weiteres Problem sind die Wartezeiten vor den Toiletten. Um diese minimal zu halten, wären folgende Ideen denkbar:

- Trennung von Damen/- und Herrentoiletten,
- Gemeinschaftsurinal in Herrentoiletten (ähnlich wie in heutigen Restaurants),
- separate Wasch- und Babywickelräume möglich, um die Toiletten zu entlasten,
- Verbesserte Toilette für Behinderte (handicapped Passengers PRM). Multifunktionstoilette.



**Bild 6.6** Toilette mit Urinal; Duschcompartment (ETXCU)

### 6.1.4 Räumlichkeiten

Für die Zukunft sind verschiedene Kabinenunterteilungen möglich, in denen sich verschiedene Passagiergruppen zusammenfinden könnten. Denkbar wären z. B. spezielle Räumlichkeiten für Raucher, verschiedene Altersgruppen (Jugendlichen, Senioren) oder spezielle Sitzplätze für Familien mit Kindern. Familien hätten so ihre eigenen Bereiche, in denen die Kinder spielen können, ohne die anderen Fluggäste zu stören. Ideal wären zusätzliche Spielräume, in denen die Kinder getrennt von den anderen Mitreisenden schallgeschützt spielen und toben können. Für Familien mit Säuglingen wären spezielle Wickelräume oder ausreichend große Waschräume mit Wickeltischen eine sinnvolle Komforterweiterung. Für Allein- und Ge-

schäftsreisende, die keinen Kontakt mit mitreisenden Familien wünschen, wären Arbeits-/Kommunikations- und Konferenzräume denkbar. In diesen Räumlichkeiten stünden den Passagieren, die arbeiten wollen, alle technischen Möglichkeiten und Arbeitsmittel zur Verfügung (Minibüro, Internet, Fax, Telefon, Beamer, etc.). (Bild 6.7)



**Bild 6.7** Konferenzräume in Flugzeugkabinen (ETXCU)

Außerdem sollten spezielle Bereiche für Passagiere, die sich entspannen und amüsieren möchten, vorgesehen werden. Sogenannte „Kommunikationstreffs“ wären denkbar, in denen diese Passagiere mit anderen Reisenden Kontakt aufnehmen können. Als Beispiel hierfür wären eine Bar, Restaurant, Lesecke, Lounge, Kino, Aufenthaltsräume, Ruhezonen, Raucherzonen, Kasino, Disco, Tanzlokal, etc. (Bilder 6.8 und 6.9)



**Bild 6.8** Bars in Flugzeugkabinen (ETXCU)



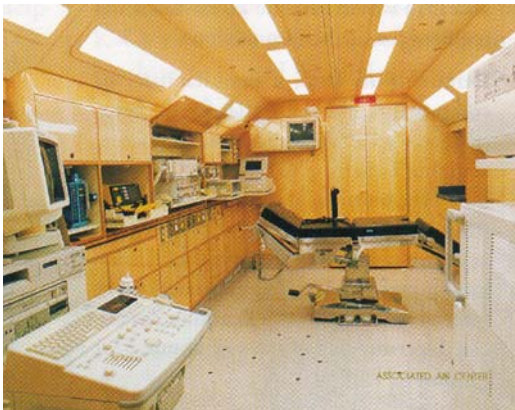
**Bild 6.9** Aufenthaltsräume der FC/ BC in der Flugzeugkabine (ETXCU)

Neben den festen Räumlichkeiten bieten sich Freiräume an, die während des Reisefluges genutzt werden können. Diese Bereiche bezeichnet man als „Customized Area“. In der Nurflügelkabine bietet sich beispielweise der dreieckförmige Freibereich vor den Türen 2/ 3 an. Hier wäre eine Unterbringung von Kinderspielecken, Kaffeepoints oder Infoschaltern möglich.

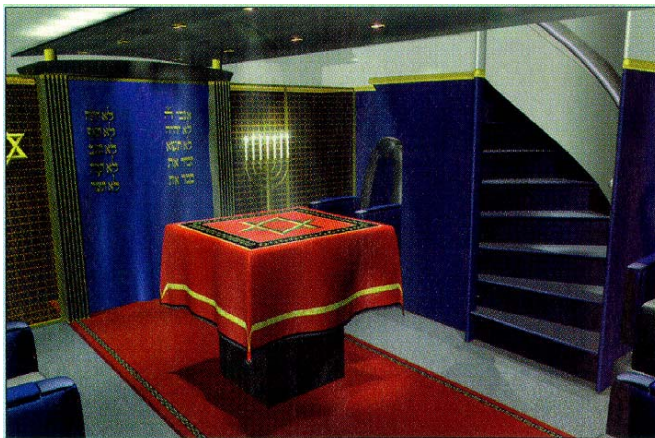
## 6.1.5 Sonderbereiche

Des weiteren sind folgende Sonderbereiche denkbar:

1. Raum für Gefangenentransport und randalierende Passagiere, mutmaßliche Terroristen,
2. Raum für Tiertransport (evtl. Haustiere, Turnierpferde),
3. Medical/ Emergency Room (Erste Hilfe Versorgung, Entbindungen, Krankenbett, Krankenrücktransport, ärztliche Versorgung via Satellit), (Bild 6.10)
4. Raum für Leichentransport (für den Fall, dass ein Passagier verstirbt),
5. Duty Free Shop,
6. Solarium,
7. Schönheitssalon/ Friseur/ Beauty-Wellnessbereich/ Massageraum,
8. Fitnessraum,
9. Gebetsraum (christlich, buddhistisch, islamisch, etc.), Besonders für den Nahen Osten geeignet, Gebetsräume für den Fastenmonat Ramadan möglich. Des weiteren besteht die Möglichkeit während des Fluges zu heiraten, Taufe, etc. (Bild 6.11)



**Bild 6.10** Medical Compartments in Flugzeugkabinen (ETXCU)

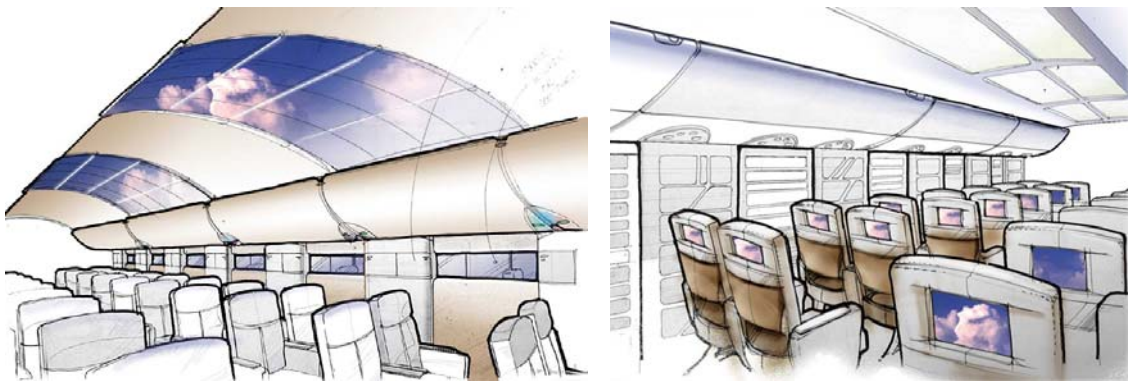


**Bild 6.11** Gebetsraum: hier eine Synagoge in einer A340-Lower Deck (ETXCU)

## 6.1.6 Sonstige Passagierwünsche

Folgende Möglichkeiten können zur Optimierung des Passagierkomforts beitragen:

1. Extra Ablegestelle für große Gepäckstücke am Kabineneingang (Vergleich: Zugabteil),
2. Separate, abschließbare Staufächer, die sich nicht an der Kabinendecke befinden => Sicherheit
3. Schließfächer für Wertsachen (Bild 6.13),
4. Garderobe auch für Economy Class, um Kleidung sauber und knitterfrei aufzubewahren,
5. Handy- und Internetzone (**Abendblatt 2003**),
6. Panoramafenster im Oberdeck (Bild 6.12),
7. Große Videobildschirme an den Wänden, welche die Umgebung darstellen,
8. Videospielecke,
9. Videobildschirme in jedem Sitz (Unterhaltung, Arbeiten am Platz, Fluginfos) (Bild 6.12),
10. „Sushi“-Essensfahrbänder, welche einzelne Snacks über den Sitzen direkt zum Sitz befördern (aber: nicht ganz automatisierbar, Service durch den Menschen),
11. Neue Kabinengestaltung, z. B. der Quergänge. Designerische Ideen. Nicht nur konventionelle gerade Gänge denkbar, sondern evtl. diagonal oder hyperbolisch verlaufend,
12. Alternative Gepäckaufbahrung (unter/ im/ neben dem Sitz),
13. Bewegungsmöglichkeiten zur Minderung der Thrombosegefahr (z. B. Laufbänder, Verlagerung der Kabinenkomponenten, für Bewegungszwang, z. B. Toiletten, ),
14. Spezielle Sitzkonfigurationen, Toilettenbereiche für behinderte Passagiere.

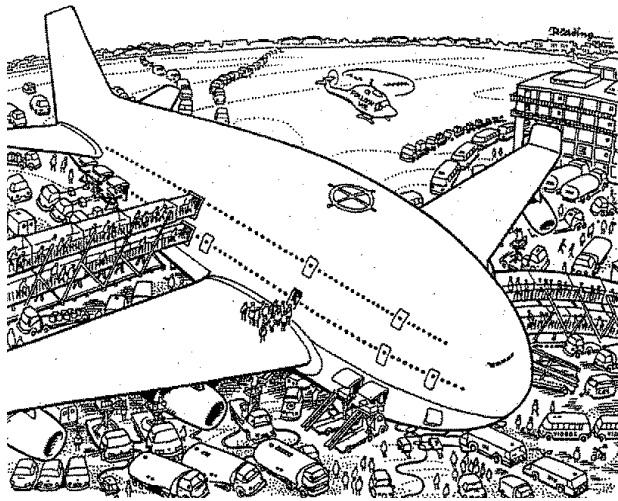


**Bild 6.12** Panoramafenster und Videobildschirme in jedem Sitz (**Liebeck 2002**)



**Bild 6.13** Schließfächer in Banken (**ETXCU**)

## 6.2 Operationelle Abläufe (Ground Handling)



**Bild 6.14** Turn-Round eines Zukunftsflugzeuges (GC, ETXCU)

Bild 6.14 zeigt ein Zukunftsflugzeug, welches sich am Flughafen gerade in einem Turn-Round befindet. Obwohl das Bild nur eine Karikatur ist, wird deutlich, dass Zukunftsflugzeuge mit einer zu großen Kapazität schon bald an die Grenzen der Machbarkeit, aus heutiger operationeller Sicht und der Flughafeninfrastruktur, stoßen werden.

Da es immer schwieriger werden wird, Flugzeuge mit einer so großen Kapazität wie die der Nurflügler, in einer akzeptablen Zeit zu versorgen, müssen neue Ideen, Lösungen und Wege gefunden werden, dieses Problem zu bewältigen.

Die nachfolgend genannten Ideen und Vorschläge für eine Verbesserung und Optimierungsmöglichkeit der operationellen Abläufe in der Zukunft sind durch eigene Überlegungen (Brain Storming), Gespräche mit den verschiedenen Fachbereichen bei Airbus und mit den Professoren der HAW Hamburg entstanden.

### 6.2.1 Boarding

Die ermittelten Boarding- und Deplaningzeiten in Kapitel 4 und 5 setzen ideale Annahmen voraus, die in der Theorie nachweisbar sind, in der Praxis jedoch ganz anders aussehen. Das Passagierverhalten lässt sich nie genau erfassen und vorhersagen. Hinzu kommt, dass durch die vielen Längs- und Quergänge die Kabine sehr unübersichtlich wird. Eine Lösung wäre es, die Trennwände in Stehhöhe während des Boardings/ Deplanings temporär durchsichtig zu gestalten, so dass die gesamte Kabine einsehbar und somit evtl. Stauunkte vermieden werden können. Dieses wäre beispielsweise über Polarisationsfolien möglich, die durch verschie-

ben durchsichtig werden (ähnlich beim Panoramadach des neuen Maybachs von Mercedes Benz).

Um ein schnelles Boarding sicher zu stellen, sind sichere Boardingkonzepte und neue Passagierleitsysteme von größter Wichtigkeit. Es sind vor allem die gleichmäßige Passagierverteilung an Türen/ Quer- und Längsgängen, ein fließender Passagierstrom, ein kontrolliertes Einsteigen und das Weisen der richtigen Boardingpfade zu gewährleisten. Staupunkte, Wartezeiten, Rückstaus und Behinderungen sind zu vermeiden. Das befördern von Behinderten oder Kleinkindern stellt einen Sonderfall dar und muss für die Zukunft mit berücksichtigt werden.

Das Passagierleitsystem kann durch folgende Ideen optimiert werden:

1. Zonenboarding durch automatisches Schrankensystem, die nur Passagiere der richtigen Zone durchlassen. Die hintersten Zonen müssen zuerst geboardet werden,
2. Es können einzelne Passagier/- Zonengruppen gebildet werden, die vom Personal in die Kabine zur entsprechenden Zone geführt werden,
3. Es sind permanente Hinweisschilder anzubringen, die in generelle Richtungen und Zonen weisen. Ähnlich zu Wegweisern auf Wanderwegen,
4. Es müssen genügend Flugbegleiter bereit stehen, um Auskunft geben zu können,
5. Kabinen werden temporär durch Leuchtstoffröhren in den Zonenfarben beleuchtet,
6. Passagiere erhalten Marken/ Armbänder/ Strich- Barcodes an denen die Flugbegleiter/ Computer erkennen, wo der Passagier hin muss,
7. Der Boardingweg wird jedem Passagier auf die Rückseite des Tickets mit draufgedruckt,
8. Passagiere erhalten ein Guidancegerät, ähnlich zum GPRS,
9. Wartelounge kann kabinenähnlich aufgebaut sein, um den Passagieren einen ersten Eindruck der Kabine zu geben,
10. **Visuelle Führung** des Passagiers durch Blinkende Pfeile auf Monitoren, blinkender Sitz, leuchtende Leitpfade auf dem Boden durch **Transpondertechnologie**: Jeder Passagier erhält einen Transponder, welcher sich mit auf dem Ticket befindet. Betritt der Passagier die Kabine wird das vom Computer erkannt. Dieser weist die Richtung über einen Monitor (z. B. Anzeige durch Name und Richtung),
11. **Akustische Führung** durch Headsets,
12. Größere Boardingtüren. Evtl. statt zwei Türen ein großes Tor,
13. Zusätzliche Boardingbrücken an Türen 2R/ 3R. Dockingstationen für Catering Fahrzeuge sind notwendig (siehe Bild 6.15),
14. Es sind Dockingstationen denkbar, an die das Flugzeug heranfährt, Fahrzeuge würden dadurch überflüssig.

Die Transponder (Radio Frequency Identity) sind sehr preisgünstig, in großen Mengen herstellbar und einzeln programmierbar (ähnlich zu den Transpondern auf CDs in Kaufhäusern). Das Problem bei der visuellen Führung der Passagiere durch die Transpondertechnologie



(10.) ist, dass beim Betreten von mehreren Passagieren gleichzeitig (15 Pax/ Minute) sehr viele Pfeile auf einmal angezeigt werden, was zu Verwirrung, Unverständnis und Stress der Passagiere führen kann. Des weiteren müssen die Symbole so dargestellt werden, das auch Personen mit schlechter Sehfähigkeit (Kurzsichtige), Analphabeten (Symbole erforderlich) und ältere Personen diese leicht erkennen und befolgen können.

Die akustische Führung über Kopfhörer (11.) hätte gegenüber der visuellen Führung den Vorteil, jedem Passagier einzeln den Weg zu weisen. Der Passagier hat dabei beide Hände frei und kann die Kopfhörer für das spätere Inflight Entertainment im Flugzeug nutzen. Die Verteilung müsste daher schon beim Einchecken erfolgen. Die Kopfhörer würden mit einem Transponder und Batterien bestückt, welche über einen Zentralrechner erkannt und gesteuert werden. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Ansage freundlich, ruhig und in der jeweiligen Sprache des Passagiers wiedergegeben werden kann. Evtl. könnten so „Operator“ einzelne Passagiere gezielt durch die Kabine leiten, wie z. B. alleinreisende Kleinkinder, ältere/ behinderte oder gar blinde Passagiere.

Des weiteren ist anzumerken, dass das Boarding und die Verteilung der Passagiere nicht mit dem Betreten des Flugzeuges, sondern schon viel früher beginnen kann. So kann bereits die Wartelounge in die einzelnen Zonen aufgeteilt werden, welche dann kontrolliert in die Kabine geführt werden können.

Eine erhebliche Beschleunigung des Boardings wäre, entgegen heutiger Vorgehensweisen, durch die Mitbenutzung der Türen 2R/ 3R zu erwarten. Hierzu wären allerdings spezielle Andockstationen für Cateringfahrzeuge notwendig, die noch entwickelt werden müssten. Ein weiterer Vorteil wäre, das dadurch die Zeiten der Fahrzeugneupositionierung für die Turn-Round entfallen würden. (Bild 6.15)

Eine weitere Idee, das Boarding und auch das Deplaning wesentlich angenehmer zu gestalten, wäre die temporäre Verbreiterung der Quer- und Längsgänge. Während die hintersten Zonen als erstes geboardet werden, könnten die Gänge der vorderen Bereiche, ähnlich wie bei heutigen Bussitzen, in Querrichtung eingeschoben werden, um so mehr Platz in den Gängen zu schaffen. Diese würden sich dann bei Bedarf automatisch und computergesteuert in die ursprünglichen Sitzpositionen entfalten.

Zusätzliche Verkehrsflächen könnten durch Klappsitze gewährleistet werden. Die Passagier hätten dadurch die Möglichkeit während des Warten aufrecht zu stehen, um evtl. Gepäckstücke aus den Staufächern zu entnehmen (siehe dazu Bild 6.16).

## 6.2.2 Deplaning

Das in Kapitel 4 und 5 dargestellte Deplaningkonzept wird ähnlich zum Boarding nur sehr schwer realisierbar sein. Es wird vorausgesetzt, dass die Passagiere sich an die Hauptverkehrswege halten und die Kabinenzonen automatisch freigegeben oder versperrt werden. Aber auch hier ist das Passagierverhalten und die Praxis nicht genau vorherzusagen. Die meisten Passagiere strömen ungeduldig und ohne sich an die Regeln zu halten zum Ausgang. Sie nehmen dabei meistens den Weg, über den sie auch gekommen sind.

Der Passagierangewohnheit, ungeduldig zu sein und schnell aus dem Flugzeug gelangen zu wollen, ist in der Praxis sehr schwer entgegenzuwirken. Obwohl eine Flugdauer von über 14 Stunden dem Passagier nichts ausmacht bzw. akzeptiert wird, ist eine Wartezeit von wenigen Minuten nach der Landung unerträglich. Es ist feststellbar, dass direkt nach der Landung die ersten Passagiere ihren Gurt lösen und entgegen den Ansagen der Flugbegleiter aufstehen, um die Gepäckstücke aus den Staufächern zu entnehmen. Sobald der erste Passagier aufsteht, wird eine Kettenreaktion ausgelöst, die sich nur sehr schwer aufhalten und kontrollieren lässt. Die Ungeduld von Passagieren ist beispielsweise besonders gut an Bahnhöfen zu beobachten. Eine Wartezeit von 5- 10 Minuten wird bei den meisten Passagieren akzeptiert und stellt somit kein Problem dar. Bei einer Zugverspätung von 15- 20 Minuten werden die ersten Passagiere ungeduldig und fangen an hin- und herzulaufen. Wobei eine Verspätung von 30 Minuten inakzeptabel ist und bei vielen Passagieren Unverständnis und Wut auslösen kann.

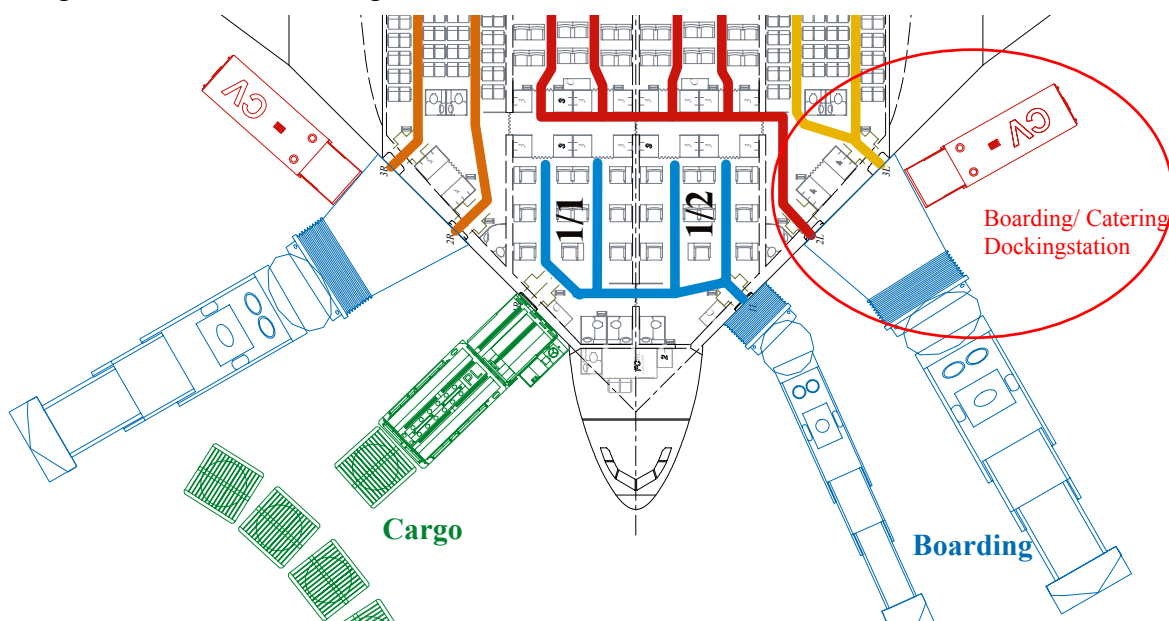
Um ein kontrollierteres Aussteigen zu erreichen, könnte man versuchen die Passagierzonen, die als Letzte das Flugzeug verlassen, durch ein Unterhaltungsprogramm (z. B. Showeinlage, Sketche, Infos) vom Deplaningverlauf abzulenken. Eventuell wäre es auch möglich durch Geräusche und Videobildschirme an den Wänden einen Flug zu simulieren, so dass die Passagiere das Gefühl haben noch zu fliegen. Diese Ideen sind eher unwahrscheinlich, es müssen jedoch hinsichtlich dieser Probleme Lösungen gefunden werden.

Des Weiteren ist sicherzustellen, dass die Hauptwege für die jeweiligen Zonen eingehalten und die Zonen für die wartenden Passagiere rechtzeitig geöffnet werden. Hierfür ist eine gute Kommunikation unter den Flugbegleitern unbedingt notwendig. Dieses könnte durch Headsets, Funkgeräte oder über einen Bordcomputer realisiert werden. Zusätzlich könnte die Kabine über Videoüberwachung gesteuert werden, welche die Zonen evtl. über automatische Signale oder Schranken freigibt.

Eine erhebliche Beschleunigung des Deplanings wäre ebenfalls durch die Mitbenutzung der Türen 2R/ 3R zu erwarten. Hierzu wären, wie schon erwähnt, spezielle Andockstationen (Catering/ Boarding-Docking Stations) für Cateringfahrzeuge notwendig. Sobald alle Passagiere das Flugzeug verlassen haben, muss im direkten Anschluss das Catering stattfinden. (Bild 6.15)

### 6.2.3 Catering

Um das Catering zu beschleunigen, sind Brücken oder Andockstationen denkbar, die für das Boarding/ Deplaning und zugleich für den Cateringvorgang verwendet werden können. Es müssen lediglich Tore oder ähnliches geöffnet werden, um die Trolleys über dieselben Zugänge in die Kabine zu befördern. Durch diese Kombination würden die Zeiten für das Entfernen der Brücken und die Neupositionierung der Catering Fahrzeuge entfallen. Die Anordnung könnte wie im nachfolgenden Bild 6.15 aussehen.



**Bild 6.15** Boarding/ Catering Andockstation (Zukunftsausblick)

Des Weiteren sind, aufgrund der breiten Servicequergänge (vorne 40'' hinten 36''), Fahrzeuge denkbar („Trolleytrain“), die mehrere Trolleys auf einmal befördern können. Dieses würde einerseits die Agents entlasten und andererseits das Austauschen der Trolleys beschleunigen. Es könnten so gleich ganze Trolley-Magazine ausgetauscht werden. Hierbei ist sicherzustellen, dass diese Trolleytrains mit größter Zuverlässigkeit (ähnlich zu den Trolleyliften) arbeiten und außerdem keine Beschädigungen an Einbauten verursachen. Eine andere Idee wäre die Beförderung von Trolleys (bzw. Trolley Magazine) auf Fließbänder oder Schienen. Hierbei bietet sich besonders der Servicegang an den Türen 6L/ 6R an. Es würden die vollen Trolleys durch eine Flugzeugseite rein und die alten Trolleys durch die andere Seite wieder rausgeführt werden. Eine weitere Möglichkeit wäre die Unterbringung von Trolleys im Frachtraum, die je nach Bedarf während des Reisefluges, mittels Trolleylift, auf das Passagierdeck befördert werden können. Die Verstaung der Trolleys würde über die Frachttore in Containern erfolgen (=> Zeitersparnis).

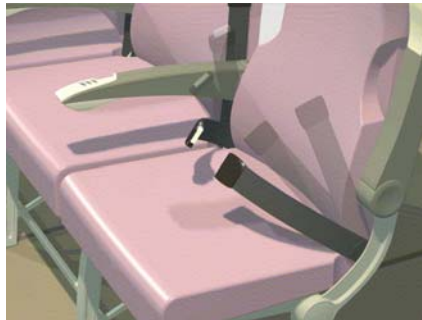
Denkbar wären auch Essensfahrbänder („Sushi-Fahrband“), welche über den Passagieren entlanglaufen und einen Teil der benötigten Trolleys durch „Lunchboxen“ ersetzen könnten. Hier bestünde die Möglichkeit Snacks oder andere Kleinigkeiten zu den Passagieren zu befördern.

## 6.2.4 Reinigung der Passagierkabine (Cleaning)

Ein großes Problem für die Kabinenreinigung wird die hohe Anzahl an nötigem Personal sein. Für die Auslegung der Reinigungszeit wird hier eine Zahl von vierzig Personen angesetzt. Heutige Reinigungsfirmen beschäftigen in der Regel nicht mehr als hundert Personen. (**Stavenhagen 2002, GC**). Würden z. B. zwei Nurflügler gleichzeitig einen Flughafen anfliegen, wäre das Reinigungspersonal einer Firma fast ausgebucht und könnte so keine anderen Aufträge erfüllen. Auch eine Aufstockung des Personals wäre nur bedingt möglich, da diese nur in Spitzenzeiten benötigt würden. Um mit einer wesentlich geringeren Anzahl von Personal auszukommen müssen die Reinigungszeiten der einzelnen Komponenten reduziert werden.

Die Reinigung der Kabine könnte wie folgt optimiert werden:

1. Das Cleaning darf nicht behindert werden (z. B. durch Catering),
2. Automatisierung: z. B. durch Roboterstaubsauger,
3. Neue Materialien, glatte Oberflächen, wie z. B. den Lotuseffekt. Statt zweimal abwischen nur einmal,
4. Oberflächen, die gereinigt werden, müssen leicht zugänglich gemacht werden. (z. B. Klapptischoberfläche so installieren, dass Reinigung auch ohne entfalten möglich ist),
5. Austauschen von ganzen Komponenten/ Regalen auf einmal (z. B. Toilettenaccessoires) Neubestückung erfolgt nach dem Turn Round, außerhalb des Flugzeugs,
6. Gute Zugänglichkeit, einfache Handhabung der Austauschkomponenten,
7. Cleaning friendlier seat; Sitze die umklappbar sind, und so das Reinigen unter den Sitzen erleichtern (Bild 6.16); Cleaning friendlier galleys und Toiletten.



**Bild 6.16** Cleaning friendly seat (**Stavenhagen 2002**)

## 6.2.5 Frachtverladung (Cargo)

Entgegen der jetzigen Beladungsvorgehensweise, von vorne und hinten, wäre eine Beladung von der Seite oder unter dem Nurflügler zusätzlich zu untersuchen. Durch ein zusätzliches Frachttor, würde die Verladezeit erheblich verkürzt werden. Eine andere Möglichkeit die

Frachtverladung zu beschleunigen, wäre die Entladung am Hintertor und die Neuverladung am Vordertor (oder umgekehrt). Paralleles arbeiten wäre möglich => Zeitersparnis. Dadurch würde erstens die Zeit für die Neupositionierung der Fahrzeuge entfallen und zweitens eine Beladung/ Entladung nur in eine Richtung stattfinden. Des weiteren sind neue Frachtverladekonzept am hinteren Frachttor nötig, da dieses waagrecht und nicht senkrecht ist.

### **6.2.6 Betankung (Refuelling)**

Um den Druckverlust, verursacht durch die großen Vertikalwege, zu vermeiden, wären Tankvorrichtungen an hydraulisch gesteuerten Tragarmen, ähnlich wie bei Betonmischern, möglich. Das Kerosin müsste dann nicht mehr von unten nach oben gepumpt werden, sondern würde von oben unter geringerem Druck in die Flügel einfließen. Dadurch wären ein höherer Druck und größere Durchflussmengen möglich.

## **6.3 Notevakuierung**

### **6.3.1 Sicherheit**

Die Notevakuierung einer Passagierkabine hängt von mehreren Faktoren ab. Sie ist beeinflusst von:

- Türpositionen/ -anzahl, Notausgänge,
- Situation,
- Verhalten der Passagiere (Panik, Hysterie, Apathie),
- Feuer/ Rauch,
- Fluchtwege,
- Koordination, Passagierleitsystem,
- Flugzeuglage (Wegbrechen eine Fahrwerks),
- Tag oder Nacht/ Dunkelheit,
- Personal geschult/ ungeschult.

Es können folgende Maßnahmen getroffen werden, eine Evakuierung in der Nurflügelkabine sicherer zu machen:

1. Statt Typ A Türen könnten große Tore installiert werden, welche eine Positionierung von drei Rutschbahnen zulassen würde => Erhöhung des Paxflusses,

2. Während des Reisefluges könnten Evakuierungsübungen durchgeführt werden (ähnlich bei Kreuzfahrtschiffen). Hierzu müssten einzelne Passagiergruppen durch die Kabine geführt werden. => Thrombosevorbeugung durch Bewegung,
3. Neues Evakuierungskonzept/ Leitsystem (Leuchtpfade auf dem Boden) um Staus und Verlaufen zu vermeiden (evtl. farbige Kabinen, Monitore, die den Weg anzeigen, Lautsprecher die in die richtige Richtung führen),
4. Neue Fluchtmöglichkeiten (Belly Doors), Klappen (Hatches) die zur Profilloberfläche führen,
5. Neue Materialien, Unterbringung des Kraftstoffes, um das Durchbrandverhalten zu verbessern. (für Modifizierung der 90 s JAR- Regel) z. B. GLARE (besteht aus verschiedenen Schichten Glas und Aluminium (schmilzt nicht, sondern verkohlt),
6. Verwenden von größeren Türen( Typ A) Erhöhung der Durchflussrate => Garantieren das alle Rutschbahnen benutzt werden,
7. Neues Leitsystem. Attendants sind nicht mehr ausreichend, evtl. Computerunterstützung,
8. Akustische, visuelle Führung. (Tests ergaben, das grünes Licht in Dunkelheit und Rauch am besten zu erkennen sind; Referenz: Video der Notevakuierungsanalyse des A340-600),
9. Gasmasken für jeden Passagier,
10. Verwendung von neuen Materialien,
11. Andere Wahl des Brennstoffs. Statt Kerosin, Wasserstoff. Verminderung der Explosions- und Feuergefahr,
12. Feuerstangen, an denen die Passagiere runterrutschen können (wie z. B. bei der Feuerwehr) Problem: Durchbrüche, Struktur, Gewicht,
13. Neue Feuerbekämpfungsmöglichkeiten: z. B. bordeigene Sprinkleranlage,
14. Klimaanlage, welche den giftigen Rauch wegsaugen,
15. Feuerlanze: Feuerbekämpfung auf dem Boden. Lanzen durchbohren die Rumpfhülle an vorgegeben Stellen und versprühen anschließend Wasser in der Kabine,

Zusätzlich sind zur Cockpit- und Passagiersicherheit noch folgende Punkte denkbar:

1. Schusssichere Cockpittüren, K.O.-Gasanlagen,
2. Überwachung der Kabine durch Sicherheitskameras die vom Boden aus das Geschehen in der Kabine verfolgen => Klärung des Eingriffs in die „Privatsphäre des Menschen“,
3. Bombenraum/ -gefäß in dem die Bombe explodieren kann, ohne den Flugzeugrumpf zu beschädigen.

Das größte Problem wird es sein, die Passagiere im Notfall schnell und sicher aus der breiten Kabine zu leiten. Vor allem in einer panikartigen Situation reagieren Passagiere völlig unberechenbar. Während sich die meisten Passagiere schnell zu den Notausgängen begeben, werden andere hysterisch oder verbleiben in einem Schockzustand (Apathie). Andere wiederum werden rücksichtslos und stoßen andere Passagiere beiseite oder laufen über die Sitze. (**AP3 1997, 1998**). (Mehr dazu siehe Anhang C)

Ein weiteres Problem ist, wie bereits erwähnt, die Notevakuierung von behinderten Passagieren. Diese sind im Notfall nur mit Hilfe Anderer aus der Kabine zu befördern. Sie sind deshalb möglichst nahe der Türen zu positionieren. Im Nurflügelkabinenlayout kommen für derartige Behinderten- bzw., Seniorenzonen die vorderen Türen 1, 2, 3 in Betracht, da diese dicht beieinander liegen und beim Ausfall der Türen auf der einen Seite, die Wege zu den Türen auf der anderen Seite immer noch kürzer sind. Ein weiterer Vorteil ist die Nähe der seitlichen Türen. Die hinteren Türen (belly doors) kommen für eine Positionierung dieser Passagiergruppen nicht in Frage, da bei einem Wegbrechen der Fahrwerks keine einzige der hinteren Türen für die Flucht genutzt werden kann, und somit nur noch der lange Weg zu den vorderen und seitlichen Türen bleibt.

### 6.3.2 Notwasserung (Ditching)

Während die Evakuierung des Nurflüglers auf der Erdoberfläche noch am wahrscheinlichsten zu realisieren ist, ist eine mögliche Notwasserung nur bedingt möglich. Wie bereits in Kapitel 4.6.2 erwähnt, wären im Falle einer Notwasserung sämtliche vorderen, seitlichen und hinteren Türen unterhalb der Wasserkonstruktionslinie.

Die einzigen momentan denkbaren Lösungen, die vorderen, seitlichen und hinteren Türen bei einer Notwasserung nutzen zu können, wäre entweder eine Herabsetzung der Flügel, oder die Möglichkeit Hilfsmittel zu benutzen, die das Flugzeug über Wasser halten. Eine Möglichkeit wäre die Installation von Airbags. Diese müssten sich unterhalb des Rumpfes auf beiden Seiten gleichmäßig entfalten, um das Flugzeug so über Wasser zu halten, dass die Konstruktionswasserlinie weit unter den Türschwelen verläuft. Die vier Triebwerke die den Nurflügler stark nach unten ziehen würden, müssten vorher über einen Abkopplungsmechanismus abgeworfen werden. Die Idee der Airbags wird bereits bei Schiffen angedacht (Bild 6.17: **Abendblatt 2002<sub>c</sub>**). Einziger Nachteil, wäre das zusätzliche Gewicht für die Unterbringung der Airbags. Diese würden nur für den Fall einer Notwasserung mitgeführt werden und das Gesamtgewicht erhöhen.



**Bild 6.17** Artikel des Hamburger Abendblatts: Airbags machen Schiffe unsinkbar (Abendblatt 2002<sub>c</sub>)

## 7 Vergleich und Bewertung der Eindeck- und Zweideckkabinenkonfiguration

Im nachfolgenden sollen die Eindeck- und Zweideckkonfiguration miteinander verglichen werden. Um eine bessere Übersicht zu erhalten, werden die wichtigsten Daten beider Konfigurationen in Tabelle 7.1 gegenübergestellt:

**Tabelle 7.1** Zusammenstellung der wichtigsten Daten der Eindeck-/ Zweideckkonfiguration

	Kriterium	Forderung	Eindeck	Zweideck
<b>Kapazität</b>	Nutzbare Kabinenfläche [m <sup>2</sup> ]	keine	ca. 820	ca. 920 (MD: 752; UD: 168)
	FC erfüllt [ja/nein]	22 Sitze, 3 Lav., 11Tr.	Ja	Ja
	BC erfüllt [ja/nein]	136 Sitze, 6 Lav., 34 Tr.	Ja	Ja
	EC erfüllt [ja/nein]	592 Sitze, 14 Lav., 60 Tr.	Ja	Ja
<b>Operation</b>	Boarding [min]	keine	25 (+5 Toleranz)	25 (+5)
	Deplaning [min]	keine	13 (+3)	16 (+5)
	Catering [min]	keine	24 (+5)	32 (+2)
	Reinigung [min]	keine	21 (+5)	21 (+5)
	Frachtverladung	keine	77	77
	Betankung [min]	keine	34 (+6)	34 (+6)
	Bodenzeit [min]	90 (A380 Standard)	90	85
<b>Sicherheit</b>	Evakuierung [s]	90	83	86
	Max. Passagierzahl [Pax]	abhängig von Kabinenfläche	1060	1106 (MD: 988; UD: 118)
	Anzahl der Türen	abhängig Pax-Zahl	20 Typ A	18 Typ A (MD) 4 Luken (UD)
	Erfüllung der Vorschriften JAR/ FAR	JAR/ FAR (ist zu diskutieren)	Eingeschränkt Ja	Eingeschränkt Ja

Anhand Tabelle 7.1 werden die generellen Unterschiede zwischen den beiden Konfigurationen deutlich. Während die Zweideckkonfiguration den Freiraum auf dem Oberdeck sinnvoll ausnutzt, und sich so mehr Sitzplätze in einem High Density Layout unterbringen lassen, müssen dementsprechend mehr Passagiere evakuiert werden. Dieses führt zu längeren Evakuierungszeiten und einer größeren Anzahl von Notausstiegen, sowie den damit verbundenen Strukturdurchbrüchen.

Die größten Unterscheidungskriterien und Merkmale, der Zweideckkonfiguration im Vergleich zur Eindeckkonfiguration, sollen hier noch einmal erfasst werden:

- Sinnvolle Ausnutzung des Freiraums auf dem Oberdeck,
- Insgesamte Verkürzung der Nurflügel-Zweideckkonfiguration: ca. 5 m  
⇒ Geringeres Verhältnis der umspülten Fläche zur Gesamtfläche => größeres L/D,



- Insgesamte Verkürzung der Eindeckkonfiguration: ca. 2 m,
- Für die Realisierung der Mindeststehhöhe auf dem Oberdeck, ist eine Veränderung an der Flügelprofilstruktur nötig  $\Rightarrow$  „Buckel“,
- Zugangstreppe, Trolleylift erforderlich  $\Rightarrow$  Durchbrüche durch Längs- und Querstruktur,
- Wegfall eines Türpaars auf dem Hauptdeck, dafür sind vier Notausstiegsluken/ -treppen auf dem Oberdeck nötig,
- Kürzere Boardingzeiten, aufgrund der Treppennutzung FC/ BC können gemeinsam durch Tür 1L geboardet werden  $\Rightarrow$  insgesamt kürzere Turn-Round-Time,
- Längere Cateringzeiten, aufgrund des Trolleylifts,
- Mehr Passagiere im Highdensitylayout  $\Rightarrow$  Längere Notevakuierungszeiten,
- Prestige-/ Imagesteigerung, Erhöhung des Passagierkomforts.

Abschließend wird die optimierte Eindeckkonfiguration mit der Zweideckkonfiguration in einer Bewertungsmatrix miteinander verglichen und bewertet. Die Bewertungsmatrix ist nachfolgend dargestellt. Die Wertungen die vergeben werden, entsprechen einem Punktesystem von 1- 10.

**G** = Gewichtung : 10  $\Rightarrow$  höchste Priorität; 1  $\Rightarrow$  geringste Priorität

**P** = Punkte : 10  $\Rightarrow$  Anforderung voll erfüllt; 1  $\Rightarrow$  Anforderung ungenügend erfüllt

**W** = Wert = G x P

**Tabelle 7.2** Bewertungsmatrix der Eindeck-/ Zweideckkonfiguration

Bewertungskriterien	G	Konfiguration			
		Eindeck		Zweideck	
Sicherheit		P	W	P	W
Evakuierungsdauer	10	8	80	7	70
Anzahl der Passagier pro Tür	10	10	100	8	80
Zugänglichkeit zu den Notausgängen	10	8	80	7	70
Gleichmäßige Verteilung der Notausgänge	8	7	56	6	48
Gefahr der Kollision von Notrutschen	7	10	70	8	56
Evakuierung behinderter Passagiere	10	8	80	5	50
Keine versperrten Fluchtwege	9	10	90	10	90
Einhaltung der 20"- Gänge zwischen zwei Türen	9	10	90	10	90
Länge der Fluchtwege	9	7	63	4	36

**Aerodynamik** (im Vergleich zur Startkonfiguration)

Geringerer Widerstand	6	6	36	8	48
Größerer Auftrieb	6	6	36	8	48
Gleitzahl	6	6	36	8	48

**Struktur**

Kleine Durchbrüche durch Primärstruktur	6	8	48	5	30
---	---	---	----	---	----

Geringe Durchbrüche durch Querträger	6	8	48	5	30
Geringe Durchbrüche durch Rumpfhaut	6	8	48	5	30
Möglichst geringe Strukturverstärkungen	6	8	48	5	30

### Geometrie

Nutzung des Freiraums	9	4	36	9	81
Kabinenfläche	6	5	30	8	48
Rechtwinklige Grundfläche	6	7	42	5	30

### Passagierkomfort

Privatsphäre des Passagiers	8	9	72	10	80
Servicewege und -zeiten	5	8	40	8	40
Flugphysikalische Auswirkung	3	7	21	8	24
Einhaltung aller Abmaße	8	10	80	10	80
Image/ Prestige	4	7	28	9	36
Fensterinstallationsmöglichkeit (Panoramafenster)	3	4	12	8	24

### Operationelle Abläufe

Boarding / Deplaning	6	7	42	9	54
Catering	5	8	40	6	30
Kabinenreinigung	5	10	50	10	50
Frachtverladung	5	10	50	10	50
Betankung	5	10	50	10	50
Bodenzeit	8	7	56	9	72

### Layout

Flexibilität	3	8	24	8	24
Sitzschienen	4	9	36	6	24
symmetrisches Lining	2	7	14	5	10

**Gesamtpunktzahl**

2190

1732

1661

**Prozent von max. erreichb. Punktzahl**

79%

76%

Anhand der Bewertungsmatrix aus Tabelle 7.2 wird deutlich, dass beide Konfigurationen nahezu gleich viel die Kriterien erfüllen. Die Eindeckkonfiguration besitzt einen geringen Vorteil gegenüber der Zweideckkonfiguration. Der Grund liegt darin, dass bei der Erstellung der Zweideckkonfiguration neben den erzielten Vorteilen auch neue Nachteile entstanden sind, welche sich gegenseitig wieder aufheben.

Die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale beider Konfigurationen, mit ihren Vor- und Nachteilen, sollen nachfolgend im Einzelnen zusammengefasst und dargestellt werden.

### **Evakuierung/ Sicherheit**

Hinsichtlich der Notevakuierung ergeben sich für die Passagiere in der Zweideckkonfiguration schlechtere Bedingungen als in der Eindeckkonfiguration. Besonders die Passagiere des Oberdecks sind hier mehreren Problemen gleichzeitig ausgesetzt und besitzen die längsten und unangenehmsten Evakuierungswege. Diese können sich nicht einfach zu den Notausgängen begeben, um sich dann auf Notrutschen fallen zu lassen, sondern müssen erst die Treppen erreichen, 7- 8 Stufen hinaufsteigen, sicher auf das Flügelprofil gelangen und von dort aus bis zu ca. 12 Meter über das Profil laufen, um dann letztendlich die Notrutschen zu erreichen. Im Falle einer Schräglage des Nurflüglers sind erhebliche Verzögerungen zu erwarten. Ein weiterer negativer Aspekt ist die Evakuierung von behinderten/ gebrechlichen/ verletzten Passagieren aus dem Oberdeck. Für Rollstuhlfahrer, die meistens auf die Hilfe Anderer angewiesen sind, ist eine Erklimmung der Treppenstufen unzumutbar. Es müssten hier extra Helfer bereit stehen, die solche Passagiergruppen aus der Kabine heraustragen. Eventuell könnte die Evakuierung, entgegen heutigen Vorschriften, auch über die Zugangstreppe erfolgen, was mit den Zulassungsbehörden neu zu diskutieren wäre. Eine Evakuierung von Behinderten in der Eindeckkonfiguration, wäre dagegen unkomplizierter. Hierfür müssten Zonen für diese Passagiergruppen möglichst in Nähe der Türen, die eine geringe Ausfallwahrscheinlichkeit haben (Türen 1- 5), vorgesehen werden. Des weiteren ist die Gefahr der Notrutschenkollision zwischen dem Ober- und Hauptdeck höher, als bei der Eindeckkonfiguration.

Ein weiteres Merkmal zwischen den beiden Konfigurationen, ist die Türenanzahl auf dem Hauptdeck. Die Eindeckkonfiguration besitzt für 1060 Passagiere 10 Typ A Türpaare für die Notevakuierung und ist dadurch nicht voll ausgelastet (Limit bei 10 Typ A Türen: 1100 Pax; **JAR 25.807** (b)(2)). Das Hauptdeck in der Zweideckkonfiguration dagegen, besitzt für 988 Passagiere 9 Türpaare und ist somit sehr nahe am zugelassen Limit (990 Pax). Die Evakuierung auf dem Hauptdeck (86 s) dauert daher auch insgesamt länger.

Es ist anzumerken, dass die hier ermittelten Evakuierungszeiten auf analytische Rechnungen und idealisierten Annahmen beruhen. In der Praxis wären erheblich längere Notevakuierungszeiten zu erwarten. Um genauere Aussagen über den Evakuierungsablauf/ -zeiten machen zu können, wären computerunterstützte Simulationen und operationelle Tests erforderlich.

### **Aerodynamik**

Im Vergleich zur Startkonfiguration, kann bei der Zweideckkonfiguration eine leichte aerodynamische Verbesserung erzielt werden. Eine Überschlagsrechnung der Flugzeugentwurfsabteilung des FPO-Airbus, ermittelte eine prozentuale Verbesserung von ca. 3,6 %. Obwohl der Nullwiderstand um ca. 1,3 % steigt, sinkt zugleich der induzierte Widerstand um etwa 4,9 % (Überschlagsrechnung von **AA**). Des weiteren wird die Zweideckkonfiguration des Nurflüglers, im Vergleich zur Startkonfiguration, insgesamt um 5 Meter verkürzt. Diese Verkürzung/ Schrumpfen der Profiltiefe bewirkt, bei einer konstant bleibenden relativen Profildi-

cke, ebenfalls ein Schrumpfen der absoluten Profildicke. Dadurch lässt sich, trotz des Buckels, ein geringeres Verhältnis der umspülten Fläche zur Gesamtfläche erzielen (ca. -4,7%), was sich positiv auf die Gleitzahl auswirkt und die Wirtschaftlichkeit des Nurflüglers steigert.

Obwohl durch den „Buckel“ Interferenzwiderstände zu erwarten sind, besitzt dieser folgende positive Eigenschaften (**JL**):

- Verminderung des kopplastigen Momentes an der Flugzeugspitze,
- Leichter S-Schlagprofil : Schritt zur Verbesserung der Eigenstabilität,
- Günstigere Schwerpunktverlagerung nach vorne,
- Gefahr der Verdichtungsstöße auf dem Buckel und am Übergang zum Profil relativ gering. Kritischer Bereich ist eher an den Außenflügeln,
- Durch die Wahl einer größeren rel. Profildicke würde wiederum sehr viel ungenutzter Freiraum befördert werden, was zu vermeiden ist. Der Anteil der umströmten Fläche würde rapide ansteigen,
- Interferenzwiderstände zwischen Profil und Buckel sind akzeptabel. Kritischer Bereich ist an den Außenflügeln.

Die Zweideckkonfiguration mit Buckel ist somit aus aerodynamischer Sicht akzeptabel und besitzt gegenüber der Eindeckkonfiguration sogar leichte Vorteile.

### **Struktur**

Aus struktureller Sicht erfordert die Unterbringung der FC-Passagierkabine auf das Oberdeck sehr großen Aufwand. Durch die Installation von der Zugangstreppe und dem Trolleylift entstehen neue Durchbrüche durch die Primärstruktur, sowohl in Längs- als auch in Querrichtung, wodurch Strukturverstärkungen um die Durchbrüche erforderlich werden und mehr Gewicht bedeutet. Des Weiteren sind im Bereich der Buckelanbindung höhere Spannungen zu erwarten. Um diese Kräfte abzuleiten, sind stärkere Spante nötig. Ausschnitte in der Rumpfaußenhaut, bedingt durch die Luken auf dem Oberdeck und den Öffnungen auf der Profiloberseite für die Passagierleitvorrichtungen, erfordern zusätzliche Verstärkungen. Jegliche Strukturverstärkung bedeutet mehr Gewicht, was sich wiederum negativ auf die Wirtschaftlichkeit des Nurflüglers auswirkt (**JG**). Der einzige strukturelle Vorteil der Zweideckkonfiguration, ist die Flugzeuggesamtverkürzung und der Wegfall eines Typ A Türpaars auf dem Hauptdeck, wodurch ebenfalls Durchbrüche, sowie Gewicht entfallen.

Insgesamt betrachtet ist die Zweideckkonfiguration, trotz der kürzeren Gesamtgeometrie, aus Sicht der Konstruktion, Struktur und Gewicht aufwendiger. Eine genaue Gewichtsanalyse kann aufgrund fehlender Informationen nicht gemacht werden, wäre aber in weiteren Studien unbedingt zu untersuchen.

### **Operationelle Abläufe**

Die Turn-Round-Time der Zweideckkonfiguration (85 min) ist 5 Minuten kürzer, als die Eindeckkonfiguration. Ausschlaggebend für diese Zeiteinsparung ist die Verlagerung der kompletten First Class auf das Oberdeck. Sobald die First Class Passagiere die Zugangstreppen hinaufsteigen, sind diese vom Boardingvorgang der anderen Klassen ungestört, wodurch ein zeitgleiches Boarding der First Class und Business Class Passagiere durch die Tür 1L möglich wird. Die Cateringgesamtzeit (34 min) der Zweideckkonfiguration dauert insgesamt länger, als bei der Eindeckkonfiguration, da das Catering des Oberdecks durch den Trolleylift erfolgt. Diese Cateringzeit liegt jedoch unter der Betankungszeit (40 min) und befindet sich außerhalb des kritischen Pfads (Deplaning-Refuelling-Boarding). Sie hat somit keinen Einfluss auf die Dauer der Turn-Round-Time und ist akzeptabel. Ein Nachteil der Zweideckkonfiguration der zu beachten wäre, ist dass ein eigenes Boarding/ Catering des Oberdecks aufgrund der Flugzeuggesamtgeometrie, im Gegensatz zum A380, niemals möglich sein wird.

Aus operationeller Sicht hat die Zweideckkonfiguration, trotz des längeren Caterings, die größeren Vorteile gegenüber der Eindeckkonfiguration.

### **Passagierkomfort**

Aus Sicht des Passagierkomforts besitzt die Zweideckkonfiguration leichte Vorteile gegenüber der Eindeckkonfiguration. Aufgrund der Lage der First Class auf dem Oberdeck, sind die Passagiere ungestörter, was zur Privatsphäre beiträgt. Des Weiteren steht den First Class Passagieren mehr Platz zur Verfügung, so dass einerseits jeder seinen eigenen Sitzplatz erhält und andererseits mehr Flexibilität für die Kabinengestaltung und -design möglich sind. Beispielsweise lassen sich hier Staufächer im Freiraum, zwischen den Sitzen und den Strukturwänden, unterbringen, wodurch die Staufächer an der Kabinendecke (Overhead Stowage Bins) entfallen und so die Kabine größer wirkt. Des Weiteren besteht die Möglichkeit ein Panoramafenster oder evtl. eine Bar auf dem Oberdeck zu integrieren. Insgesamt besitzt die Zweideckkonfiguration, aufgrund der Ausnutzung des Freiraums, mehr Kabinengrundfläche, wodurch weitere Einbauten zur Erhöhung des Passagierkomforts vorgesehen werden können.

Aus flugphysikalischer Sicht sitzen jetzt prozentual mehr Passagiere, sowohl auf dem Hauptdeck als auch auf dem Oberdeck, nahe der Centerline, wodurch der Flugkomfort erhöht wird.

Ein weiterer Vorteil der Zweideckkonfiguration, wäre eventuell die Eigenwerbung und das Image/ Prestige, was es durch die Integration zweier Decks erhält.

## 8 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen dieser Diplomarbeit fanden insgesamt zwei unterschiedliche konzeptionelle Auslegungen statt. Im ersten Teil dieser Ausarbeitung, sollte das Eindeckkabinenlayout der Airbus-Startkonfiguration untersucht und anschließend optimiert bzw. modifiziert werden. Hauptgesichtspunkte unter denen neue Auslegungen stattfanden, waren: *Verkürzung der Kabine, Passagierkomfort, akzeptable Turn-Round-Time und die Notevakuierung*. Das Resultat dieser Modifizierung ergab zwei optimierte Eindeckkabinenlayouts mit einer Verkürzung von je 2 Metern, unter Beibehaltung der neuen gemeinsamen Türpositionen. Ausschlaggeber dieser Verkürzung sind vor allem die Verlagerung der CRC auf das Oberdeck, die Neupositionierung der seitlichen Türen und die Optimierung der Quergangbreiten und -positionen. Die neu modifizierten Konfigurationen erfüllen alle Anforderungen bezüglich der Kabine, der operationellen Abläufe und der Notevakuierung. Somit ist eine Eindeckvariante, unter Voraussetzung neuer Innovationen und Neudiskussion der Gesetze, als machbar anzusehen. Die detaillierte Zusammenfassung zur Vorgehensweise der Eindeckoptimierung befindet sich im Kapitel 4.7.

Der zweite Teil dieser Ausarbeitung, welcher auch den Schwerpunkt dieser Diplomarbeit bildet, befasst sich mit einer Neuauslegung des Nurflüglers in einer Zweideckkonfiguration. Hierzu sollten Kabinenkomponenten aus dem Hauptdeck in den leeren, ungenutzten Freiraum des Oberdecks verlagert werden. Es wurde eine Zweideckkonfiguration erstellt, welche die komplette First Class auf dem Oberdeck vorsieht. Die nach oben verlagerte First Class Kabine musste dabei mindestens denselben Standard und Luxus aufweisen, wie auf dem Hauptdeck. Neben der FC- Kabine wurden außerdem die Schlaf- und Ruheräume der Kabinenbesatzung (CRC) auf dem Oberdeck untergebracht. Beide Passagierdecks sollten analog zu den Hauptgesichtspunkten der Eindeckoptimierung ausgelegt werden.

Nachdem die Untersuchung des Freiraums auf dem Oberdeck abgeschlossen war, fanden im ersten Schritt die Auslegungen und Positionierungen einer Zugangstreppe, eines Trolleylifts und einer CRC-Treppe statt. Diese Komponenten sind nötig, da ein separates Boarding und Catering des Oberdecks, aufgrund der Flugzeugesamtgeometrie, nicht möglich ist. Erschwerend war, dass der auf dem Oberdeck zur Verfügung stehende Platz der Mindeststehhöhe, durch die Optimierung der Eindeckkonfiguration (2 m), ebenfalls geschrumpft ist. Nach mehreren iterativen Schritten wurde dennoch ein erstes akzeptables Oberdeckkabinenlayout erstellt.

Aufgrund der Verlagerung der kompletten First Class, wurden in einem zweiten Schritt anschließend die Auswirkungen auf dem Hauptdeck untersucht. Die Business und Economy Class wurden neu angeordnet und nach vorne verlagert, so dass eine zusätzliche Verkürzung von insgesamt 3 Metern erreicht werden konnte. Diese Verkürzung bringt jeweils Vor- und Nachteile mit sich. Positiv ist, dass durch die Verkürzung ein Türpaar auf dem Hauptdeck

entfällt und dort somit Strukturdurchbrüche und zusätzliches Gewicht reduziert werden. Dagegen werden aber vier zusätzliche Luken auf dem Oberdeck nötig, was den Vorteil auf dem Hauptdeck wieder ausgleicht oder sogar überschattet. Ein weiterer gravierender Nachteil ist die Auswirkung auf die Nurflügel-Flugzeuggesamtgeometrie. Durch die Verkürzung der Profiltiefe schrumpft, bei gleichbleibender relativer Profildicke, ebenfalls die absolute Profildicke. Dies hatte zur Folge, dass die Mindeststehhöhe (79''- 84'') auf dem Oberdeck nicht mehr gewährleistet wurde. Um diesem Aspekt entgegenzutreten, wurde eine an die Flugzeugoberseite angepasste Profilstruktur in, Form eines „Buckels“, vorgesehen. Der Buckel sollte, aus aerodynamischen Gründen, möglichst minimal gehalten werden und trotzdem innerhalb der Kabine die notwendigen Mindeststehhöhen garantieren. Um zwischen der Kabinengeometrie und der Flugzeuggesamtgeometrie ein Optimum zu finden war ein iterativer Abgleich zwischen den 2-D-Layouts und dem 3-D-Modell in nötig.

Sowohl das Hauptdeck, als auch das Oberdeck wurden, entsprechend den Vorschriften, unabhängig voneinander betrachtet. Die Konsequenz daraus war, dass das Oberdeck ebenfalls über eigene Fluchtmöglichkeiten besitzen musste. Aufgrund der Kabinenbeschaffenheit, wurden zwei Lukenpaare, mit den dazugehörigen Fluchttreppen, neu ausgelegt und positioniert. Um die Gefahren der Desorientierung und Hilflosigkeit der Passagiere auf dem Profil, sowie eine mögliche Kollision/ Behinderungen unter den Notrutschen, dem Triebwerk und den Flügel, zu vermeiden, mussten Lösungen hinsichtlich einer sicheren Passagierleitung über das Profil gefunden und die bestmögliche Notrutschenpositionierung ermittelt werden. Das Ergebnis war eine Notrutschenanordnung zwischen den vorderen Türen 2 und 3, und eine Führungsvorrichtung auf dem Oberdeck mittels einer „Gummiwulst“.

Die operationellen Anforderungen werden von der Zweideckkonfiguration voll erfüllt. Die gesamte Turn-Round-Time beträgt hier 85 Minuten und ist damit 5 Minuten kürzer, als die Eindeckkonfiguration. Eine große Herausforderung war die Nachweisführung der Notevakuierungszeit. Während die Evakuierung des Hauptdecks keine schwerwiegenden Probleme darstellt, verläuft die Notevakuierung des Oberdecks wesentlich komplizierter. Es sind zum einen verschiedene Evakuierungsphasen, sowie Wege zu bewältigen. Die Passagiere des Oberdecks müssen erst die Notevakuierungstreppen besteigen, anschließend bis zu ca. 12 m über das Profil laufen, um dann letztendlich auf die Notrutsche springen zu können. Besonders beim Wegbrechen eines Fahrwerkbeins und der entsprechenden Schräglage des Nurflüglers, besteht die Gefahr der Kollision und Behinderung der Notrutschen beider Decks, sowie einer Desorientierung oder Stauung seitens der Passagiere auf dem Profil. Die gesamte Notevakuierungsdauer dauert, mit 86 Sekunden, länger als die Eindeckkonfiguration, liegt aber trotzdem unter den geforderten 90 Sekunden. Eine Notevakuierung beider Decks ist somit als machbar anzusehen.

Eine weitere große Herausforderung an die Notevakuierung ist der Fall der Notwasserung. Hierzu können, aufgrund fehlender Informationen, momentan noch keine konkreten Aussagen

gemacht werden. Die Gefahr besteht darin, dass sich sämtliche Türen des Hauptdecks unter Wasser befinden und somit nur noch die Flucht nach oben auf das Profil bleibt. Hierzu wären weitere Studien nötig. Andernfalls würde der Nurflügler niemals zugelassen werden, oder es müsste eine Neuauslegung der Gesamtkonfiguration, beispielsweise durch das Herabsetzen der Flügel, erfolgen. Nichtsdestotrotz wird auf eine mögliche Notwasserung, unter Einbezug von Zukunftsideen, eingegangen.

Der Nurflügler stellt mit einer noch nie dagewesenen breiten Kabine neue Herausforderungen und Anforderungen an die Zukunft. Es müssen sich dementsprechend Gedanken über neue Trends und Aussichten auf die Zukunft zur Optimierung des Passagierkomforts, der operationellen Abläufe, Notevakuierung etc. gemacht werden. Hinsichtlich dessen, behandelt der letzte Abschnitt (Kapitel 6) neue Innovationen, Ideen, Trends und Vorschläge für die Lösung zukünftiger Herausforderungen. Die hier zusammengestellte Sammlung ist in weiteren Studien zu vervollständigen und fortzusetzen.

Diese Diplomarbeit zeigt, dass eine Auslegung der Zweideckkonfiguration erheblichen Aufwand und gravierende Anpassung der gesamten Flugzeuggeometrie mit sich zieht. Was wiederum Einfluss auf den Konstruktions- und Entwicklungsaufwand hat und mit hohen Kosten verbunden ist. Welche Konfiguration besser ist, lässt sich nicht so einfach sagen. Anhand der im vorangegangenen Kapitel 7 erstellten Bewertungsmatrix und der Untersuchung der Unterscheidungsmerkmale beider Konfigurationen ist jedoch erkennbar, dass eine Eindeckkonfiguration einen leichten Vorteil gegenüber einer Zweideckkonfiguration besitzt. Während die aerodynamischen und operationellen Vorteile für eine Zweideckkonfiguration sprechen, stehen dem die strukturellen Nachteile, sowie der große Aufwand für eine Realisierung der Evakuierungszeit gegenüber. Die Vor- und Nachteile gleichen sich somit, in der Bewertungsmatrix, nahezu aus.

Detaillierte Aussagen über die Auswirkungen der Betriebskosten beider Konfigurationen lassen sich zu diesem Zeitpunkt noch nicht machen. Es ist aber abzusehen, dass die Zweideckkonfiguration durch die kürzere Turn-Round-Time und der besseren aerodynamischen Vorteilen in den Betriebskosten günstiger wäre. Der konstruktive Entwicklungsaufwand, wäre demgegenüber jedoch gewaltig. Um große konstruktive Maßnahmen und hohe Entwicklungskosten zu vermeiden, wäre es am sinnvollsten, daher die Idee der Eindeckkonfiguration näher zu verfolgen. Dieses müsste in weitergehenden Studien eingehender untersucht werden.

Diese Diplomarbeit befasst sich mit mehreren unterschiedlichen Themen. Da nicht alle Themen bis ins Detail untersucht werden konnten, sind weitere Studien denkbar, die direkt an diese Diplomarbeit anknüpfen könnten.

## **Evakuierung/ Sicherheit**



Die Arbeit zeigt deutlich, dass im Bereich der Kabinensicherheit und der Notevakuierung noch viel Entwicklungsbedarf besteht. Es sind neue Evakuierungskonzepte zu erstellen und zu verbessern. Folgende Punkte sollten eingehender untersucht werden:

- Untersuchungen des Passagierflusses innerhalb der Kabine bei einer Notevakuierung, Auswirkungen auf die Kabinengestaltung,
- Lokalisierung von Staubereichen, Gefahrenbereiche,
- Computergestützte Simulation, operationelle Tests in einem Nurflügelkabinen-„Mock Up“,
- Veränderungen der Quergangbreiten/ -gestaltung, z. B. zu den Notausgängen hin konisch breiter werdende Fluchtwege, Ermittlung neuer Mindestbreiten vor den Notausgängen,
- Untersuchung und Optimierung der Lage und Anzahl der Fluchttüren/ -luken,
- Entwicklung neuer Fluchtwege, insbesondere nach oben auf das Profil,
- Neue Notevakuierungskonzepte für den Fall Ditching,
- Verbesserung des Kabinenmanagements für eine organisierte und schnelle Evakuierung.

### **Passagierkomfort**

Prinzipiell zeigt sich eine breite Passagierkabine für den Passagier als unübersichtlich. Es besteht die Gefahr, dass Passagiere sich im Flugzeug verlaufen und es dadurch zu Verzögerungen kommen kann. Auch hier ist eine Modifizierung der Quergang- und Kabinengestaltung zur Optimierung des Passagierflusses nötig. Des weiteren sollten Konzepte zur besseren Orientierung in der Kabine untersucht und die Stau- und Kreuzungsbereiche ermittelt werden. Die schmalen und zudem fensterlosen Sektionen bergen die Gefahr einer Art „Tunneleffekt“. Damit ist das subjektive Gefühl des „Eingesperrtseins“ und der „Enge“ gemeint, welches einen erheblichen Nachteil auf das Sicherheitsempfinden der Passagiere haben kann. Es müssen daher Veränderungen an der Kabine stattfinden, wie z. B. Videobildschirme an den Wänden, die den Passagier davon ablenken.

### **Frachtraum**

Durch die Kabinenverkürzung wird nicht nur das Freivolumen auf dem Oberdeck, sondern auch im Frachtbereich dezimiert. Es wäre daher zu untersuchen, wie viel Platz für die Unterbringung der LD3 Container gewährleistet ist. Des weiteren sind neue Frachtverladekonzepte zu erarbeiten (hinteres Frachttor ist nicht senkrecht sondern waagrecht), evtl. andere Anordnungen, andere Beladekonzepte, neue Technologien. Abschließend müsste eine Bewertung der Fruchttüren bezüglich Anzahl, Art und Positionierung erfolgen.

### **Betriebskosten**

Eine Aussage, welche Konfiguration aus Sicht der Betriebskosten günstiger ist kann nicht getroffen werden. Hierzu wären genauere Untersuchungen hinsichtlich der Aerodynamik, des konstruktiven Aufwands und der weitere Betriebskostenanalysen erforderlich.

### **Untersuchung der momentanen Gesetzeslage**

Einige der heutigen Gesetze lassen sich, aufgrund der hier dargestellten Erkenntnisse und neue Technologien (z. B. feuerhemmende Materialien wie GLARE => 90 Sekunden-Regel) nicht ganz auf den Nurflügler übertragen. Es wäre zu untersuchen, welche Gesetze nicht mehr in Frage kommen bzw. modifiziert werden müssen. Hierbei ist die Herkunft dieser Vorschriften zu hinterfragen und entsprechend neu zu formulieren.

### **Boarding**

Um genauere Aussagen zum Boardingvorgang an den Türen und in der Kabine machen zu können, wären auch hier Simulationen möglich. Denkbar wäre es, einen Eingangsbereich als Modell nachzubauen, um anschließend Testpersonen in operationellen Tests durchlaufen zu lassen, um neue Boarding-/ Deplaningraten zu ermitteln. Und Passagierleitkonzepte zu prüfen.

Des Weiteren ist zu beachten, dass das Boarding nicht beim Betreten des Flugzeuges sondern schon viel früher beginnt. Der Reiseantritt kann privat oder geschäftlich starten, wobei es verschiedene Möglichkeiten gibt den Flughafen (PKW, ÖPNV, Taxi) und das Boarding-Gate zu erreichen. Es wäre interessant zu untersuchen wie ein Reiseantritt in der Zukunft aussieht und was die Folgen einer eventuellen Verspätung für das Einchecken und für das jeweilige Boardingkonzept in der Nurflügelkabine bedeuten würde.

### **Service**

Es wären weitere Studien bezüglich des Services innerhalb einer derartig breiten Nurflügelkabine zu untersuchen. Durch Service-Simulationen (computerunterstützt oder „Mock Up“) könnten so die optimalsten Küchen- und Toilettenpositionen ermittelt werden, was erheblichen Einfluss auf die weitere Kabinengestaltung hätte.

### **Behindertengerechte Flugreisen**

Behinderte Passagiere nehmen heutzutage eine Sonderstellung hinsichtlich des Boardings/ Deplanings und der Notevakuierung ein. Es wäre in weiteren Studien behindertengerechte Kabinenlayouts zu erstellen. Interessant wäre es; in weiteren Studien neue Anforderungen und Profile in der Flugzeugbranche bezüglich „behindertengerechte Flugreisen in zukünftigen Flugzeugkabinen“, zu ermitteln.

## Literaturverzeichnis

- A380 AC-PD** AIRBUS INDUSTRIE: *A380 Airplane Characteristics For Airport Planning, Preliminary Data*. Chapter 3; July 2001/ 2002;  
[http://www.airbus.com/product/a380\\_planning.asp](http://www.airbus.com/product/a380_planning.asp) (2002-09)
- ABD0065** AIRBUS INDUSTRIE: Airbus Directives (ABD) and Procedures: *Ramp Compatibilty, Ground handling/Servicing*. Issues: E, France: Blagnac, Sept. 2000
- AP3 1997** BMWI AP3: *Sichere Evakuierung*. Ausgabe 1, Hamburg: TU Harburg, EADS, 31.01.1997, <http://www.eads-nv.com>
- AP3 1998** BMWI AP3: *Evakuierung, Schlussbericht des Verbundvorhabens Passagiersysteme*. Förderkennzeichen WiF 9503 A, Hamburg: TU Harburg, EADS, Dez. 1998, <http://www.eads-nv.com>
- AC 25.785** AC 25.785 (FAA): *Flight Attendant Seat and Torso Restraint Systems*. <http://www.faa.gov>
- AJC 25.785c** ACJ.785c: *Seats and Belts. Acceptable Means of Compliance*; JAA; <http://www.jaa.nl>
- Becker 2001** BECKER, Matthias: Report: *Passengers with a disability in air transport*. EDD/152/01 (compiled by Joern Kleffmann), Hamburg: Airbus Deutschland GmbH, 09.08.2001
- Bristol 2002** UNIVERSITY OF BRISTOL: A final Year research project by Will Darra-cott and Andy Johnson: *Evacuation Problems and Solutions for Blended Wing Body Aircraft*. England: Bristol, March 2002
- Brünger 2000** BRÜNGER, Christian Moritz: Diplomarbeit: *Strukturelle Konzeption und Analyse eines neuartigen Frachtflugzeuges in Nurflügelkonfiguration*. Hamburg: Airbus Deutschland GmbH, Dez. 2000
- CCG A340** CABIN CONFIGURATION GUIDE: *A340-500/600*. Airbus Industrie: prepared by: AI/EE-D, AI/EE-D 452.0304/00, May 2000
- CCG A380<sub>a</sub>** CABIN CONFIGURATION GUIDE: *A380-800 Volume 1 (seats, placards, partitions, colors & misc. cabin systems)*. Airbus Industrie: prepared

by: BGCE, in accordance with: A380-800 L 000 08000 issue 03, Draft issue 1, July 2002

- CCG A380<sub>b</sub>** CABIN CONFIGURATION GUIDE: *A380-800 Volume 2 (galleys)*. Airbus Industrie: prepared by: BGCE, in accordance with: A380-800 L 000 08000 issue 03, Draft issue 1, July 2002
- CCG A380<sub>c</sub>** CABIN CONFIGURATION GUIDE: *A380-800 Volume 3 (lavatories)*. Airbus Industrie: prepared by: BGCE, in accordance with: A380-800 L 000 08000 issue 03, Draft issue 1, July 2002
- Cranfield** CRANFIELD UNIVERSITY (UK): Studie: *Blended Wing Body Airliner - The Next Generation of Civil Transport Aircraft*. England, <http://www.cranfield.ac.uk>
- DIN 33402-1** Norm DIN 33402-1 Januar 1978. *Körpermaße des Menschen; Begriffe, Messverfahren*  
<http://www.arsmartialis.com/technik/laenge/laenge.html>
- Doebertin 2001** DOEBERTIN, Oliver: Study: *Cabin Criteria for Flying Wing Proposal Selection*. Hamburg: Airbus Deutschland GmbH, July 2001
- DOT** Department of Transportation (USA): *DOT Website – Inhalt*.  
<http://www.dot.gov>
- EHCA 2001** EHCA: Daten und Anforderungen : *Technical concept description Part I (Standards and Requirements)*. Hamburg: Airbus Deutschland GmbH, 13.03.2001
- Erdmann 2001** ERDMANN, Matthias: Diplomarbeit: *Mehrfachnutzung von Kabinenkomponenten und Kabinenbereichen für den Airbus A3XX*. Hamburg: Airbus Deutschland GmbH, Feb. 2001
- ETXCU** ETXCU: Future Project Office Airbus Abteilung: Fuselage and Payload (Cabin): *Bilderarchiv*. Hamburg: Airbus Deutschland GmbH
- FAAWS** Federeal Aviation Administration Website: *FAA Website – Inhalt*.  
<http://www.faa.gov>
- Granzeier 2002** GRANZEIER, Werner: Design Study HAW Hamburg and TU Munich: *New Cabin Design Concept for Blended Wing Body Aircraft/ A20.30*

*Aircraft for up to 900 Pax.* AIAA-2002-5888, 2. AIAA Aircraft Technology, Integration and Operations Forum, USA: California: Los Angeles, 1.-3. Oct. 2002

- Hulin 2002** HULIN, Martyn: Study: *Feasibility Study Of A 750 Seat Passenger Flying Wing Aircraft.* Reference: EDU/FLW/MKH/18213A, England: Filton, FPO Airbus, 14th January 2002
- IATA 2001** INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION: *Airport Handling Manual.* 21<sup>st</sup> Edition, Montreal: Geneva, Effective 1 January 2001  
<http://www.iata.org>
- IFCA** INTERNATIONAL FLIGHT CATERING ASSOCIATION: *Flight Catering Book.* <http://www.ifcanet.com/book>
- JAAWS** Joint Aviation Authorities Website: *JAA Website – Inhalt.*  
<http://www.jaa.nl>
- JAR OPS 1.305** Joint Airworthiness Requirements Operations: *JAR OPS 1.305: Refuelling/ Defuelling with passengers embarking, on board or disembarking.* <http://www.jaa.nl/section1/jars/39/45/394578/394578.pdf>  
[http://www.lba.de/dokumente/organi/gfp/info\\_1/amcfcl1.pdf](http://www.lba.de/dokumente/organi/gfp/info_1/amcfcl1.pdf)
- JAR 25.783** Joint Airworthiness Requirements: *JAR 25.783: Doors.*  
<http://www.jaa.nl>
- JAR 25.785** Joint Airworthiness Requirements: *JAR 25.785: Seats, Berths, Safety Belts and Harnesses.* <http://www.jaa.nl>
- JAR 25.803** Joint Airworthiness Requirements: *JAR 25.803 Emergency Evacuation.* <http://www.jaa.nl>
- JAR 25.807** Joint Airworthiness Requirements: *JAR 25.807: Emergency Exits.*  
<http://www.jaa.nl>
- JAR 25.809** Joint Airworthiness Requirements: *JAR 25.809 Emergency Exit Arrangements.* <http://www.jaa.nl>
- JAR 25.810** Joint Airworthiness Requirements: *JAR 25.810 Emergency Egress Assist Means And Escape Routes.* <http://www.jaa.nl>

- JAR 25.813** Joint Airworthiness Requirements: *JAR 25.809: Emergency Exit Access*. <http://www.jaa.nl>
- JAR 25.815** Joint Airworthiness Requirements: *JAR 25.815: Width of Aisles*. <http://www.jaa.nl>
- JARAPJ** Joint Airworthiness Requirements: *JAR 25 Appendix J: Emergency Demonstration*. <http://www.jaa.nl>
- Kleffmann 2001** KLEFFMANN, Joern: Diplomarbeit: *Konzeptionierung der Passagierkabine für ein Nurflügelgroßraumflugzeug*. Hamburg: Airbus Deutschland GmbH, Nov. 2001
- Liebeck 2002** LIEBECK, R.H.: Presentation: *Design of the Blended-Wing-Body Subsonic Transport*. AIAA-2002-0002, 40th AIAA Aerospace Sciences Meeting & Exhibit 14-17 January 2002/ Reno NV, The Boeing Company, USA: California, Long Beach, January 2002  
<http://www.mae.eng.uci.edu/liebeck.htm>;  
<http://www.aero.stanford.edu/BWBProject.html>
- Lee 2001** LEE, Stefan: Anforderungsliste: *Guidelines for A380 Flight Crew/Cabin Crew Rest Compartments (FCRC/ CCRC)*. Issue 04. Oct. 01, EDD-193-01, ACMT Interior (BNDC), Harry Kwik (ETXCU), Hamburg: Airbus Deutschland GmbH, Oct. 2001
- Lee 2002** LEE, Stefan: Studie: *Comparison of Passenger Lift and Stairlift in the A380 Cabin*. Matthias Becker (ETXCU), Hamburg: Airbus Deutschland GmbH, Jan. 2002
- Mueller 1999** MUELLER, Jochen: Diplomarbeit: *Ditching- Rechnerunterstützte Untersuchung der Schwimmlage und der Schwimmzeit der Airbus-Flugzeuge A340-500 und A3XX-100R*. Hamburg: Airbus Deutschland GmbH, März 1999
- Neufert 1992** NEUFERT, Ernst: Handbuch für den Baufachmann, Bauherrn, Lehrenden und Lernenden: *BAUENTWURFSLEHRE- Grundlagen, Normen, Vorschriften über Anlage, Gestaltung, Raumbedarf, Raumbeziehungen, Maße für Gebäude, Räume, Einrichtungen, Geräte*. Wiesbaden: Vieweg, 1992

- Pohlmann 1983** POHLMANN, Hermann: *Prof. Junkers nannte es „Die Fliege“*. Eine >>technische Plauderei<< aus 75 Jahren miterlebter Flugzeuggeschichte mit dem Leitfaden >>Nurflügel-Flugzeug<<. Stuttgart: Motorbuch Verlag, 1983
- Stavenhagen 2002** STAVENHAGEN, Tom: Master Thesis: Analysis of the aircraft turnaround for modelling and improving the cabin cleaning process. Hamburg: Airbus Deutschland GmbH, Nov. 2002
- Szameit 2001** SZAMEIT, Jan: Diplomarbeit: *Konzeptstudie eines integrierten Lasten- und Personenaufzuges für Großraumflugzeuge*. Hamburg: Airbus Deutschland GmbH, 20.Sept. 2001
- TLAR 1999** AIRBUS INDUSTRIE: *A380 Top Level Aircraft Requirements*. Issue 4, BNEGC 821.0481/99, 1999
- TLCRD 1999** AIRBUS INDUSTRIE: *A380 Top Level Cabin Requirement Document*. LE-C 821.0102/99, 1999
- TU München 2002** TU MÜNCHEN: Luftverkehrsszenario am Lehrstuhl für Luftfahrttechnik im WS 2001/02: *Kabine Blended Wing Body 2002<sup>+</sup>*, LT-TB 02/14. Garchin, Februar 2002; Ansprechpartner: Stephan Eelman, Axel Becker; <http://www.tum.de>
- VELA** AIRBUS INDUSTRIE: Data for *VELA (Very efficient large aircraft) Configuration*. Issue X.X, ED (HAM) XXX-XX/XX
- Bolsunovsky 2001** BOLSUNOVSKY, A.L.; BUZOVERYA, N.P.; GUREVICH, B.I.; DUNAEVSKY, A.I.; SHKADOV, L.M.; SONIN, O.V. ; UDZHUU, A.J.; ZHURIHIN, J.P.: Invited Paper: *Flying Wing-problems and decisions*. Aircraft Design 4 (2001) 193-219, Russia: Moscow Region, Zhukowsky, Pergamon, 2001, <http://www.elsevier.com/locate/airdes>

**Zeitungsartikel:**

- Abendblatt 2002<sub>a</sub>** HAMBURGER ABENDBLATT: Artikel: Wissen: *Nurflügler: Flügel mit Fünf-Sterne-Hotel*. Christoph Rind, Ausgabe: 27. August 2002
- Abendblatt 2002<sub>b</sub>** HAMBURGER ABENDBLATT: Artikel: Luftfahrt Hamburg, Extra Journal: *Die Zukunft des Fliegens (Nurflügler)*. Hans Jörg Munke, Ausgabe: 17. September 2002
- Abendblatt 2002<sub>c</sub>** HAMBURGER ABENDBLATT: Artikel: Aus aller Welt: *Airbags machen Schiffe unsinkbar*. (SAD) XXXXXXXX, Ausgabe: 28. Dezember 2002
- Abendblatt 2003** HAMBURGER ABENDBLATT: Artikel: Wissen: *Hamburg bringt das Netz in den Himmel- Internetanbindung*. Ausgabe: 14. Januar 2003; weitere Infos: <http://www.flynet.lufthansa.com>; <http://www.lufthansa-technik.com>

### Weitere Internetlinks

- <http://www.geocities.com> Informationen zum Nurflügler
- <http://www.boeing.com> Homepage der Boeing Company
- <http://www.hirolift.de> Hersteller: Treppenlift, Plattformlift
- <http://www.airbus.com> Homepage der Airbus GmbH
- <http://www.innovint.de> „On board wheelchair“- Hersteller
- <http://www.arsmartialis.com> Informationen zur Ergonomie des Menschen

### Ansprechpartner



- AA ANGER, André: *Nurflügler, Flugzeugkonfiguration VELA (Very Efficient Large Aircraft)*. FPO, Airbus Deutschland GmbH, Kreetstag 10, D - 21129 Hamburg, Abteilung: EDGX, Haus 53, Tel.: 040-743-75803
- AB BLANCK, Andreas: *Sitze*. Airbus Deutschland GmbH, Kreetstag 10, D - 21129 Hamburg, Abteilung: ECGC4, Haus 23, Tel.: 040-743-75626
- BT TRAHMER, Bernd: *Konfiguration A380*. FPO, Airbus Deutschland GmbH, Kreetstag 10, D - 21129 Hamburg, Abteilung: EDGI, Haus 53, Tel.: 040-743-72669
- GC CIERNIOCH, Gunnar: *Operational Ground Handling, Airport Compatibilities*. FPO, Airbus Deutschland GmbH, Kreetstag 10, D - 21129 Hamburg, Abteilung: ETXCU, Haus 52, Tel.: 040-743-74896
- HK KWIK, Harry: *Kabine*. FPO, Airbus Deutschland GmbH, Kreetstag 10, D - 21129 Hamburg, Abteilung: ETXCU, Haus 52, Tel.: 040-743-74241
- IK KUTZNER, Ingrid: *Flex Konzept; Sitzschienen; Kabine*. FPO, Airbus Deutschland GmbH, Kreetstag 10, D - 21129 Hamburg, Abteilung: ETXCU, Haus 52, Tel.: 040-743-74242
- JG GOOS, Joern: *Struktur*. FPO, Airbus Deutschland GmbH, Kreetstag 10, D - 21129 Hamburg, Abteilung: EDCS, Haus 52, Tel.: 040-743-73295
- JL LOERKE, Joachim: *Aerodynamik*. FPO, Airbus Deutschland GmbH, Kreetstag 10, D - 21129 Hamburg, Abteilung: EDGG, Haus 53, Tel.: 040-743-73485
- MB BECKER, Matthias: *Treppenauslegung A380*. FPO, Airbus Deutschland GmbH, Kreetstag 10, D - 21129 Hamburg, Abteilung: ETXCU, Haus 52, Tel.: 040-743-75908
- ME ERDMANN, Matthias: *A380 Trolleylift*. Airbus Deutschland GmbH, Kreetstag 10, D - 21129 Hamburg, Abteilung: ECGC3, Haus 23, Tel.: 040-743-80368

- MEc ECKERT, Michael: *Toiletten A340/ A380*. Airbus Deutschland GmbH, Kreetstag 10, D - 21129 Hamburg, Abteilung: ECGC3, Haus 23, Tel.: 040-743-72039
- ML LAU, Michael: *Design, Mindeststehhöhen des A380*. Airbus Deutschland GmbH, Kreetstag 10, D - 21129 Hamburg, Abteilung: ECAA, Haus 56, Tel.: 040-743-78620
- MM MOLL, Michael: *A380 Trolleylift*. Airbus Deutschland GmbH, Kreetstag 10, D - 21129 Hamburg, Abteilung: ECGC3, Haus 23, Tel.: 040-743-77383
- OD DOEBERTIN, Oliver: *Notrutschen*. EADS Forschung/ Airbus Deutschland GmbH, Kreetstag 10, D - 21129 Hamburg, Abteilung: ECDT1, Haus 51, Tel.: 040-743-81118
- WB BOGDAHN, Wolfgang: *Steile Treppe, Lower Deck Crew Rest Compartment A340*. Airbus Deutschland GmbH, Kreetstag 10, D - 21129 Hamburg, Abteilung: BLOE32, Haus 25, Tel.: 040-743-74275

## **Anhang A**

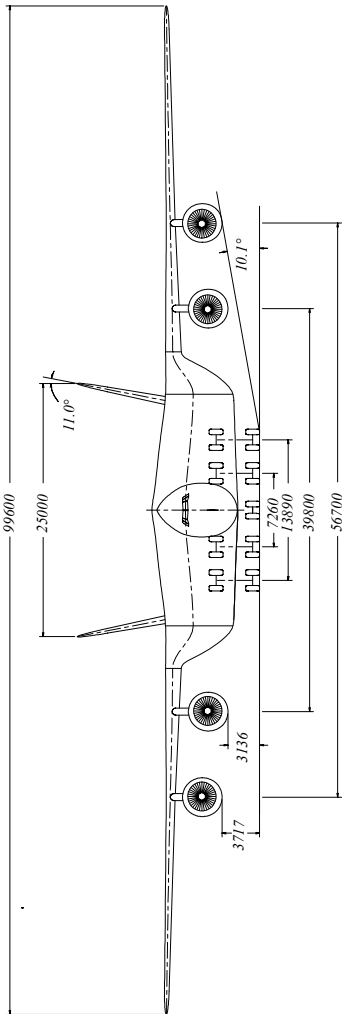
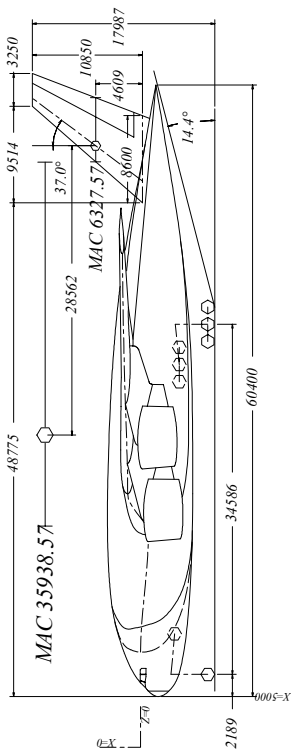
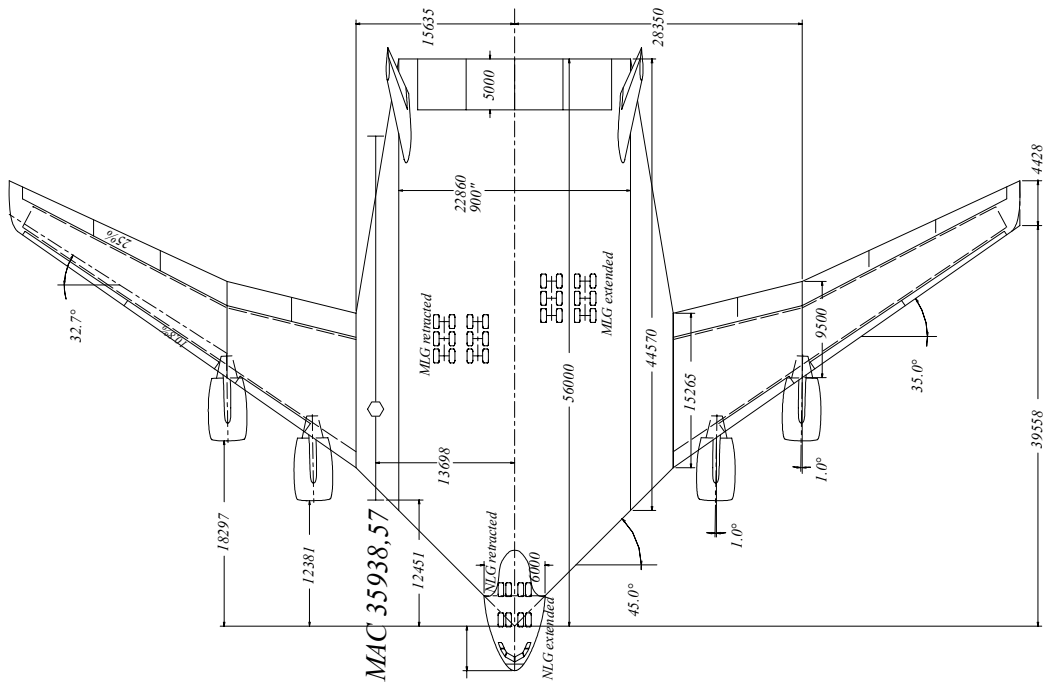
### **General Arrangement (2D- Zeichnungen)**

Dieser Anhang beinhaltet die Drei-Seiten-Ansicht und verschiedene Schnitte der Referenzstartkonfiguration des Nurflüglers VELA1 von Airbus.

Des weiteren sind die 2-D Kabinenlayouts, welche im Rahmen dieser Diplomarbeit erstellt wurden, vergrößert dargestellt. Es soll dadurch eine bessere Betrachtung der jeweiligen Kabinenlayouts ermöglicht werden.

## Verzeichnis der Bilder

<b>Bild A.1</b>	Drei-Seiten-Ansicht der Startkonfiguration (VELA1) .....	173
<b>Bild A.2</b>	Schnitte der Startkonfiguration.....	174
<b>Bild A.3</b>	Längsschnitte der Startkonfiguration .....	175
<b>Bild A.4</b>	Querschnitte der Startkonfiguration .....	176
<b>Bild A.5</b>	Frachtraum der Startkonfiguration .....	177
<b>Bild A.6</b>	Kabinenlayout der Startkonfiguration .....	178
<b>Bild A.7</b>	Optimiertes Eindeckkabinenlayout Konfiguration A (Catering durch Tür 6L/ 6R).....	179
<b>Bild A.8</b>	Optimiertes Eindeckkabinenlayout Konfiguration B (Catering durch Tür 7L/ 7R).....	180
<b>Bild A.9</b>	High-Density Layout der Konfiguration A (1060 Pax).....	181
<b>Bild A.10</b>	Kabinenlayout: Hauptdeck der Zweideckkonfiguration (10 Türen an jeder Seite) .....	182
<b>Bild A.11</b>	High-Density Kabinenlayout Hauptdeck 10 Türen (Zweideckkonfiguration)....	183
<b>Bild A.12</b>	Kabinenlayout: Hauptdeck der Zweideckkonfiguration (9 Türen an jeder Seite) .....	184
<b>Bild A.13</b>	High-Density Kabinenlayout Hauptdeck 9 Türen (Zweideckkonfiguration).....	185



750 PAX 3 class VLR

Engines: Trent900fl5 (116"fan)

Door positions tbd

Area sqm	Wing	Fin
20122	2 X	64.3
Aspect ratio	4.871	1.831
Taper ratio	0.0803	0.378

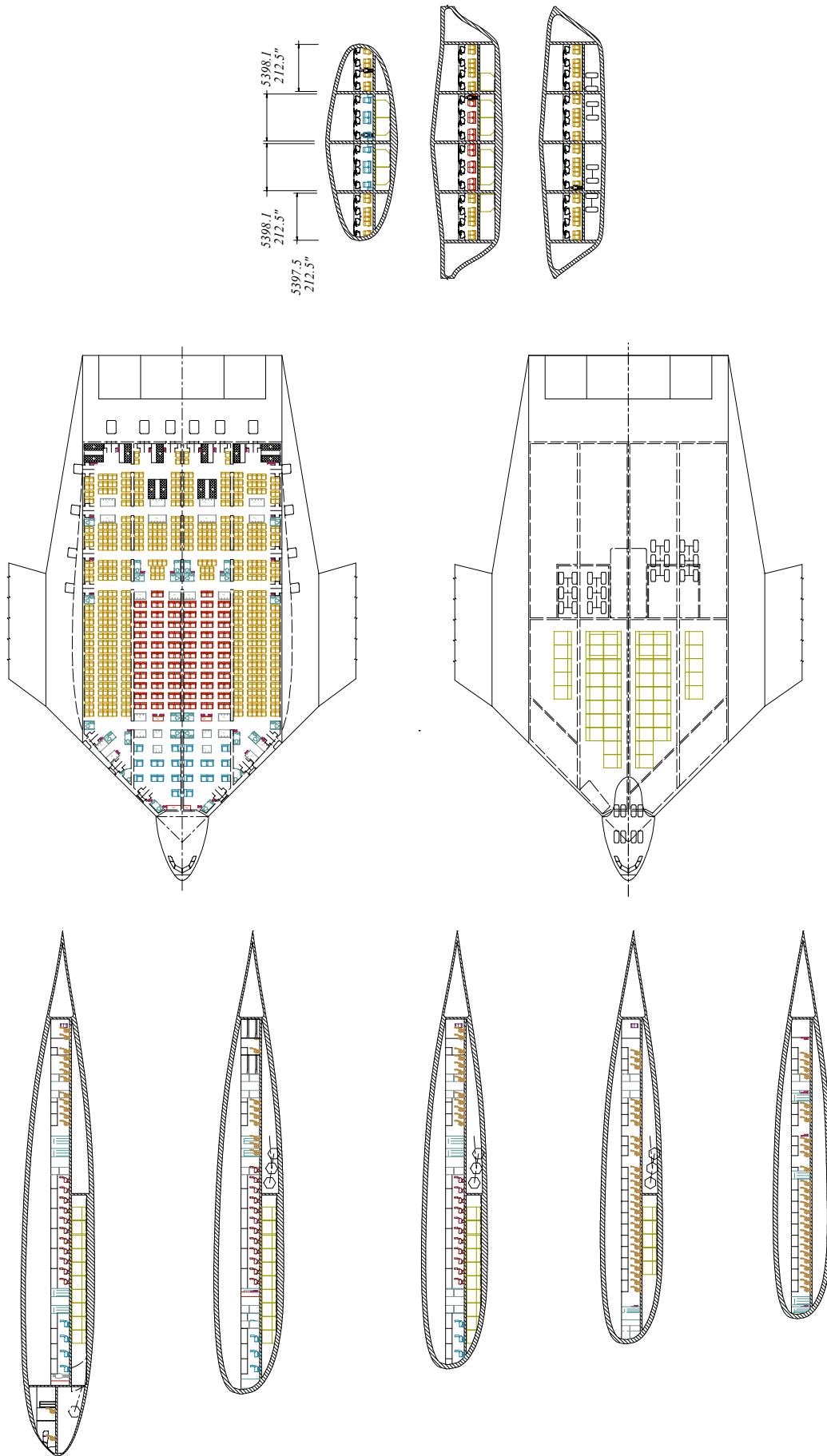
for information only

DATE	NAME	ENGINE NUMBER	REPLACED BY	SCALE
2002	ANGER			1:100
			VELA 1/GA03	
			REPLACEMENT FOR VELA 1/GA02	
	Airbus			

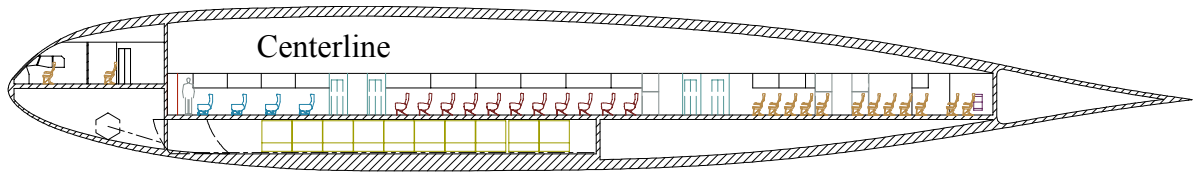
**VELA 1 Baseline**

Bild A.1

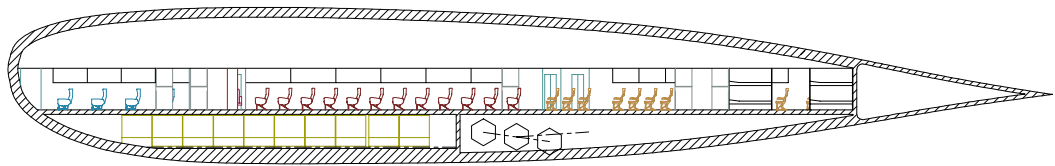
Drei-Seiten-Ansicht der Startkonfiguration (VELA1)



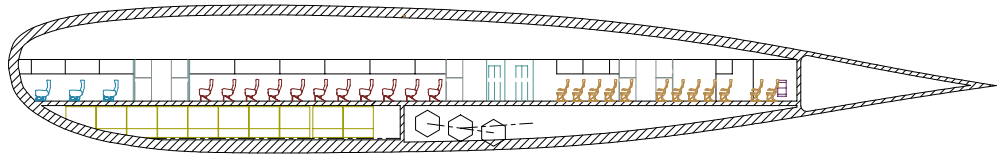
**Bild A.2**      Schnitte der Startkonfiguration



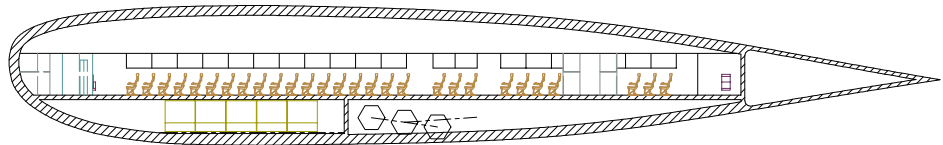
STN (Y) = 3000



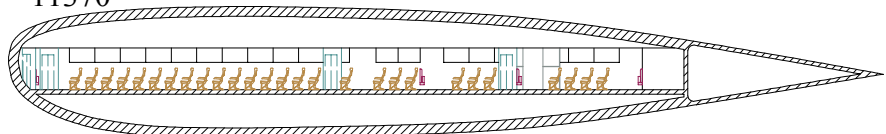
STN (Y) = 5610



STN (Y) = 8500

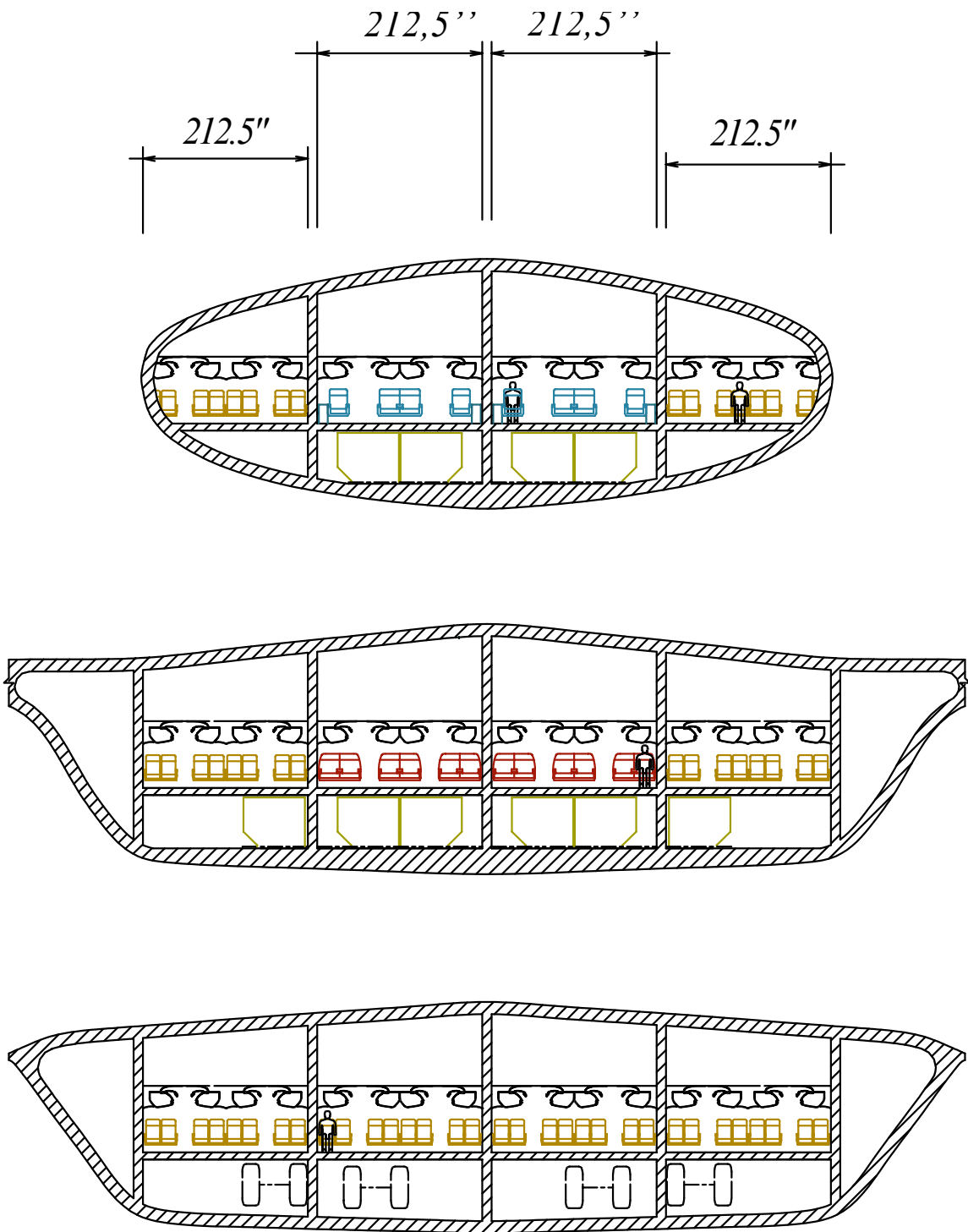


STN (Y) = 11370



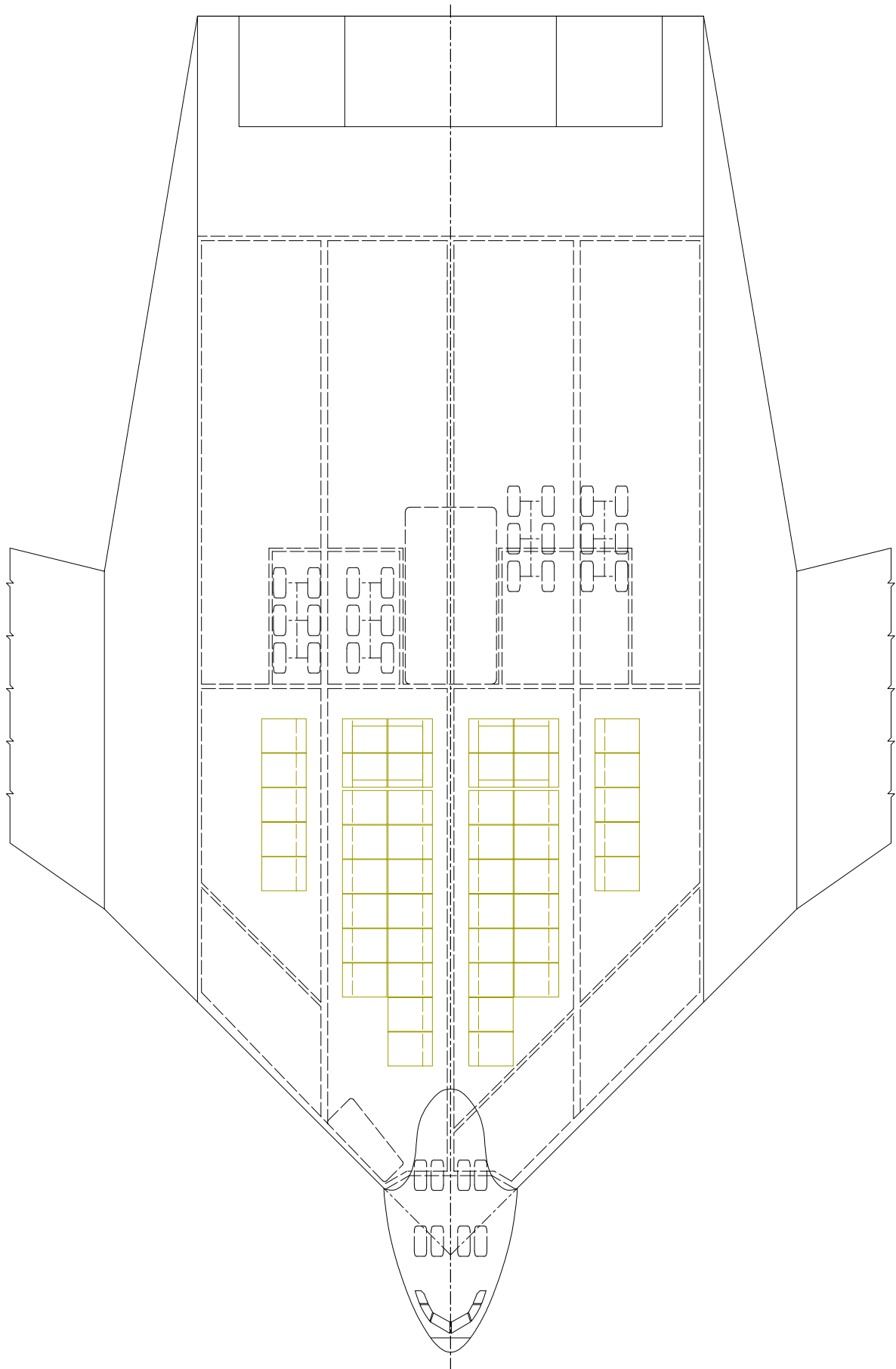
**Bild A.3**

Längsschnitte der Startkonfiguration

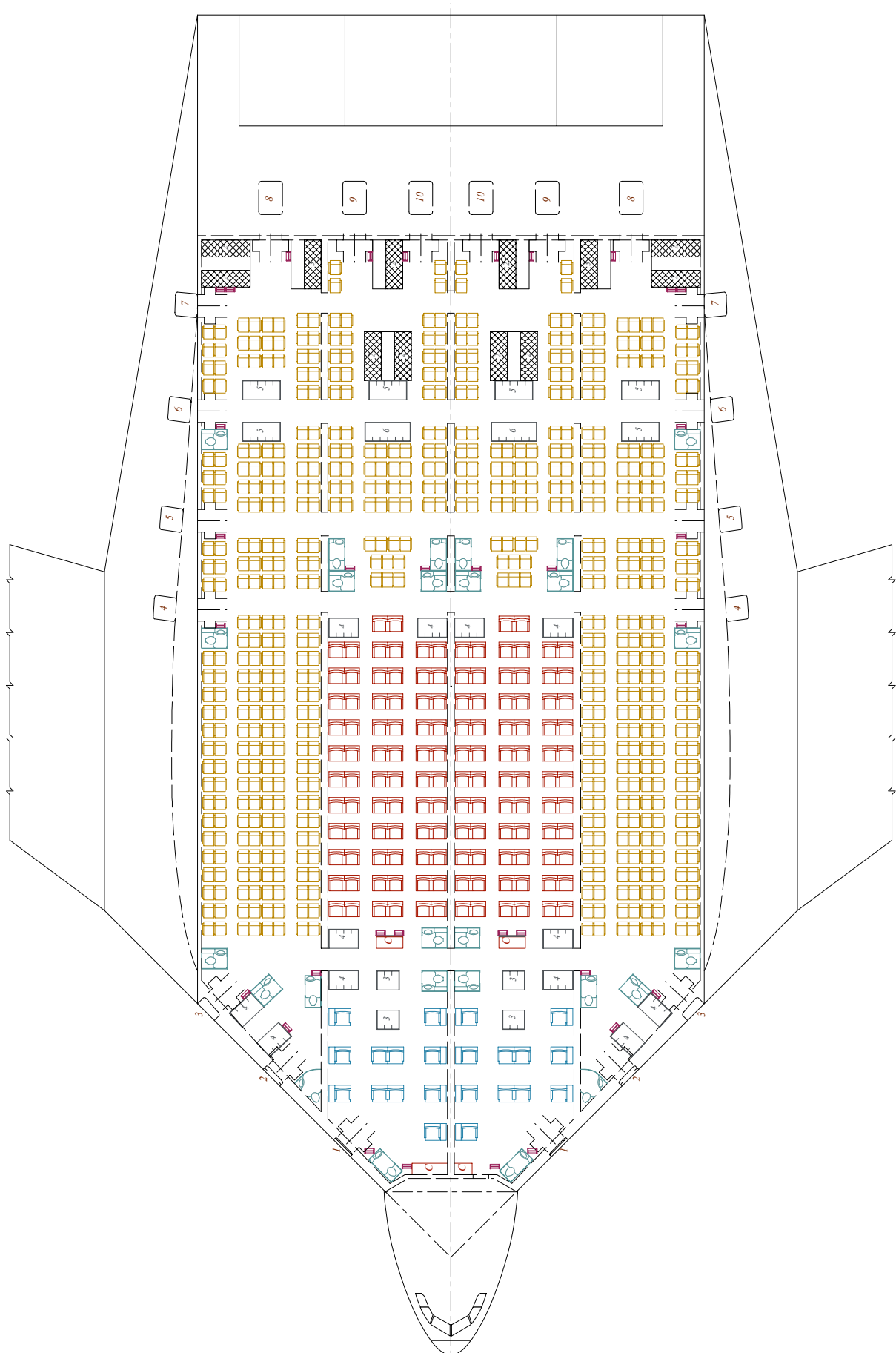


**Bild A.4** Querschnitte der Startkonfiguration

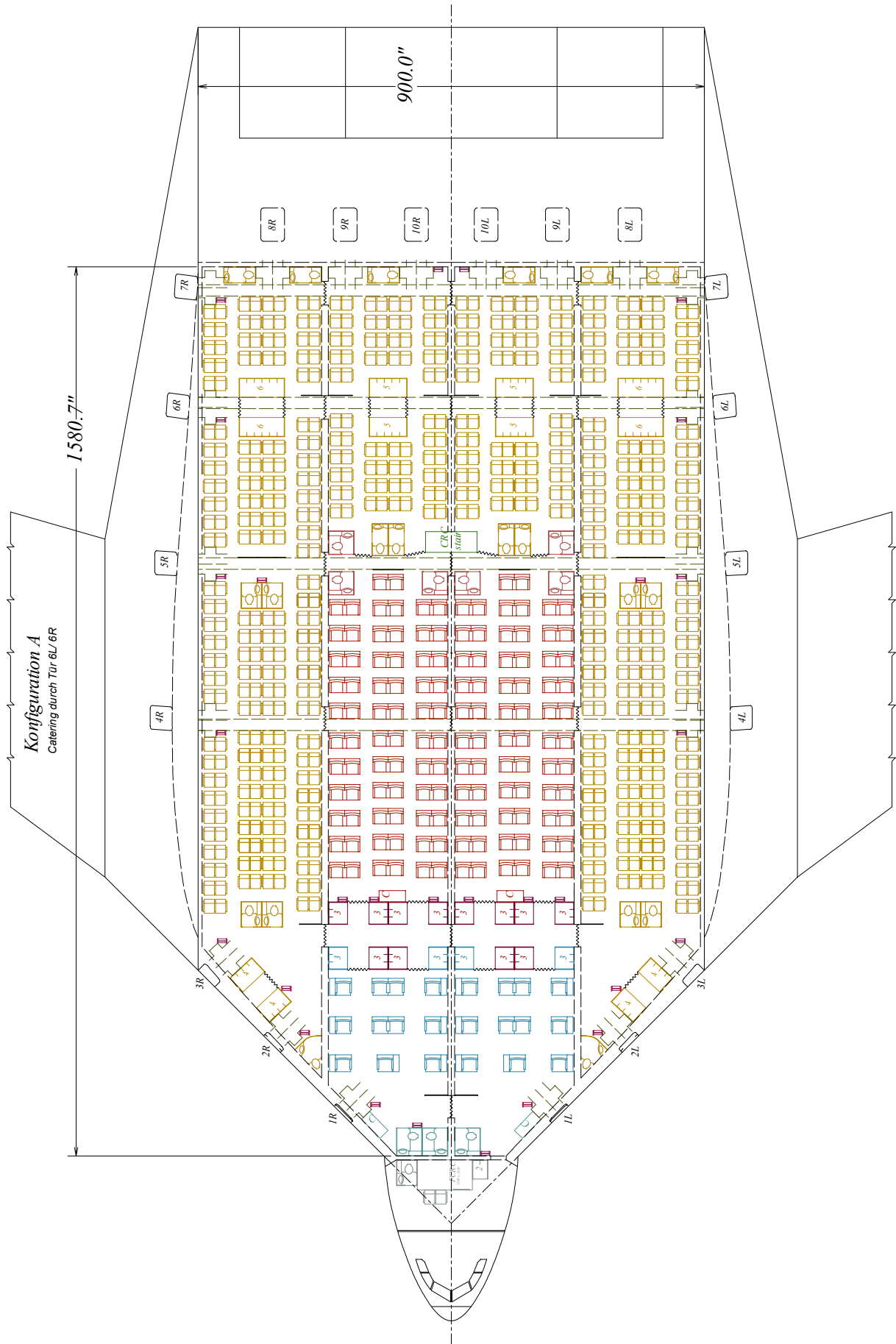




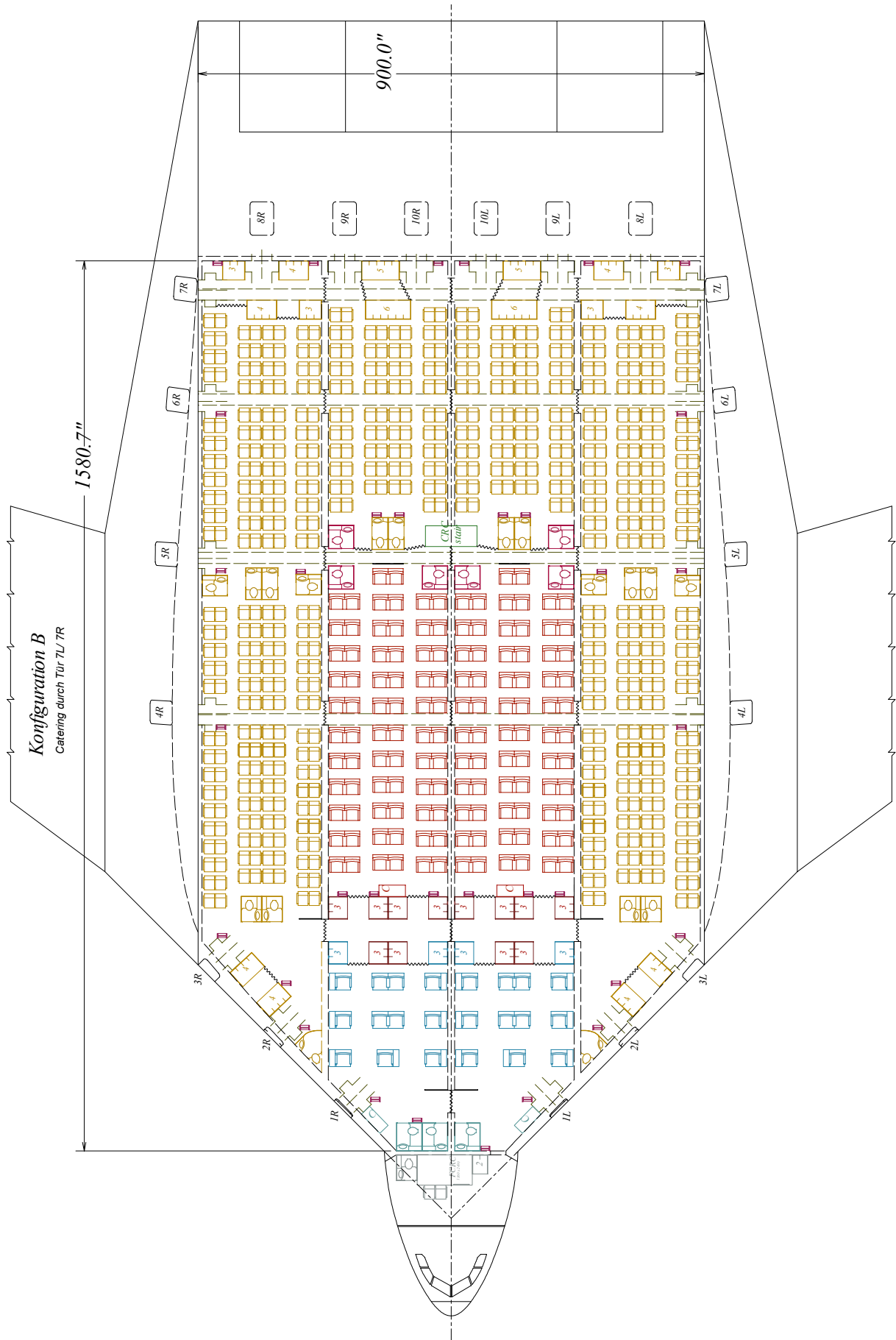
**Bild A.5** Frachtraum der Startkonfiguration



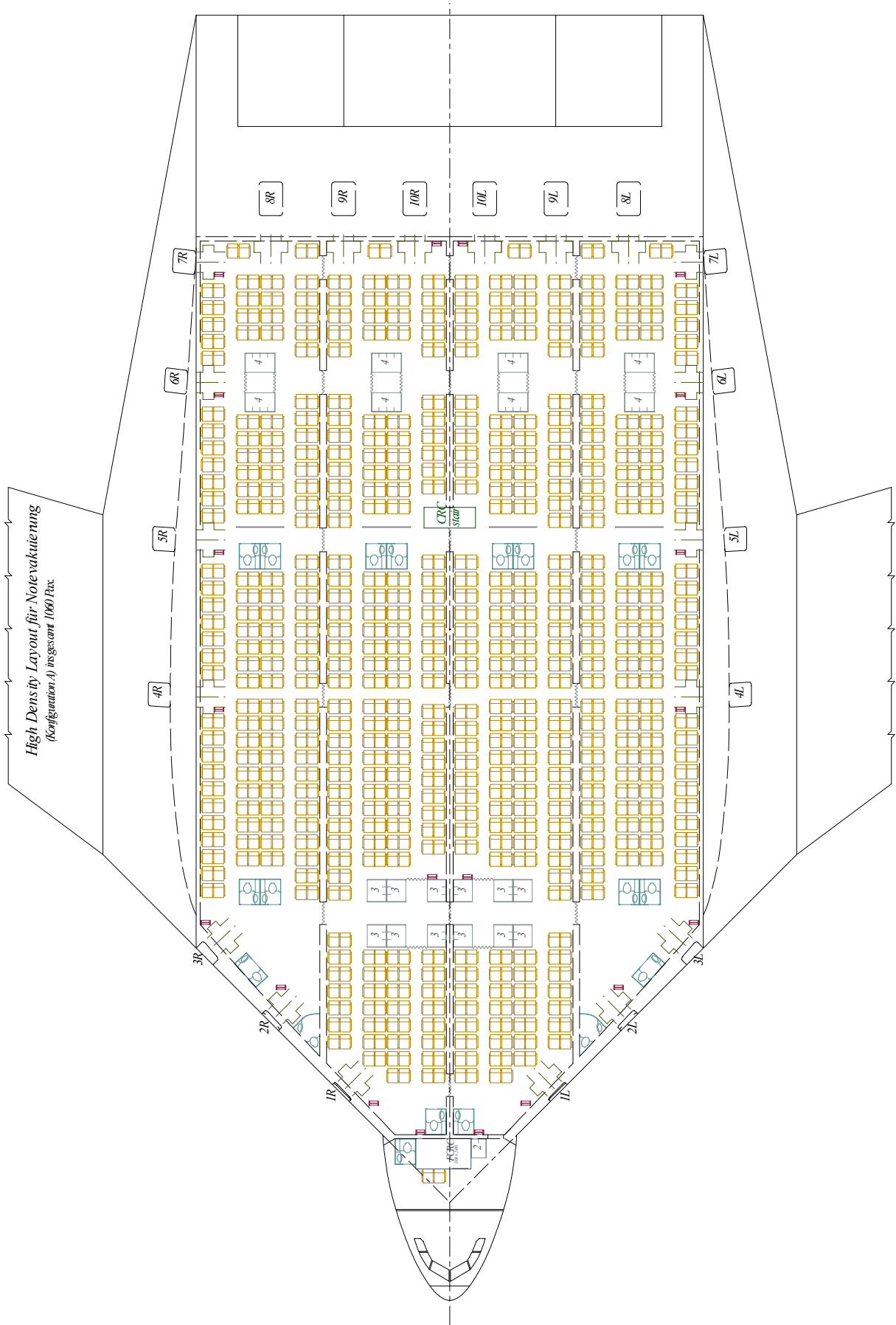
**Bild A.6** Kabinenlayout der Startkonfiguration



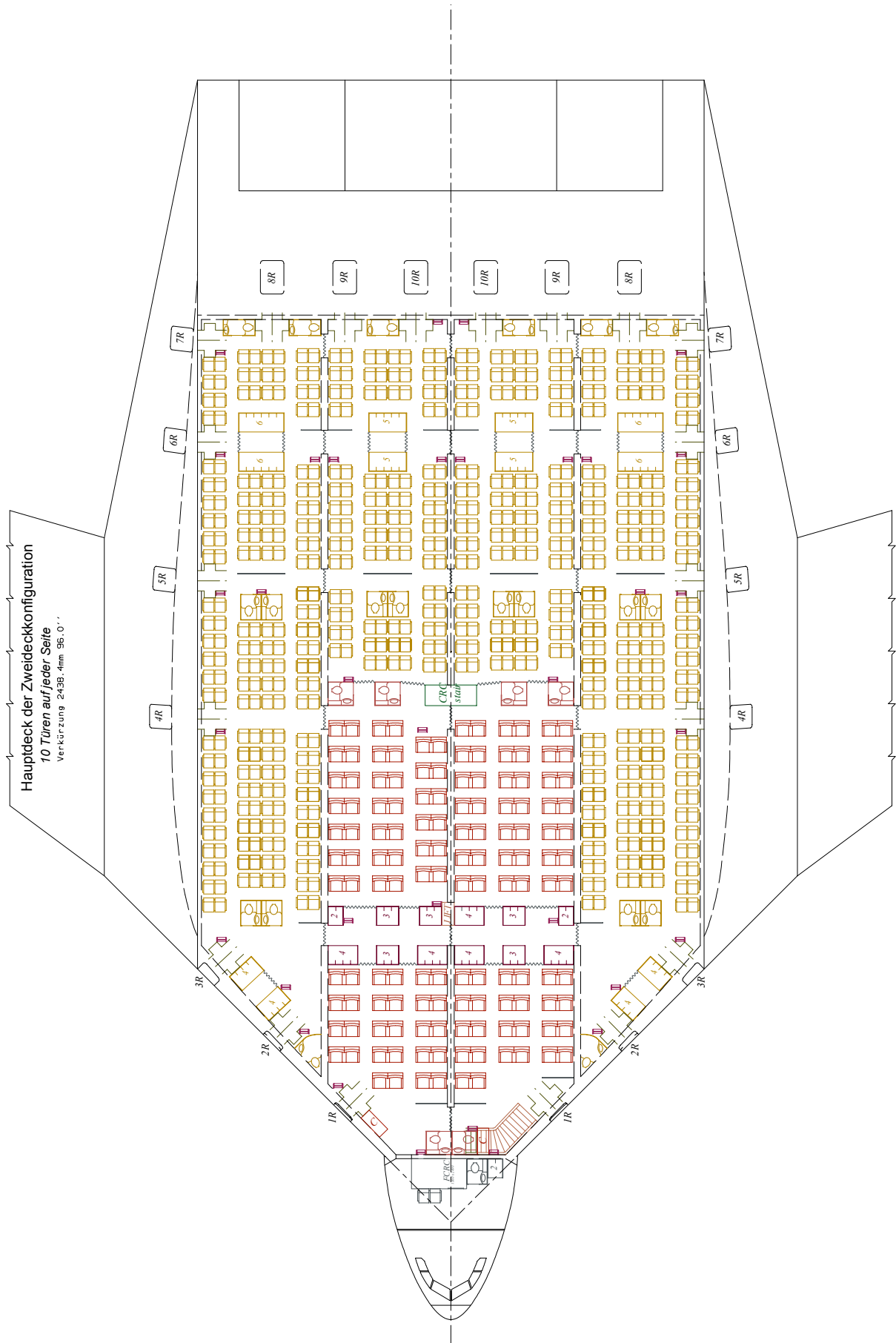
**Bild A.7** Optimiertes Eindeckkabinenlayout Konfiguration A (Catering durch Tür 6L/ 6R)



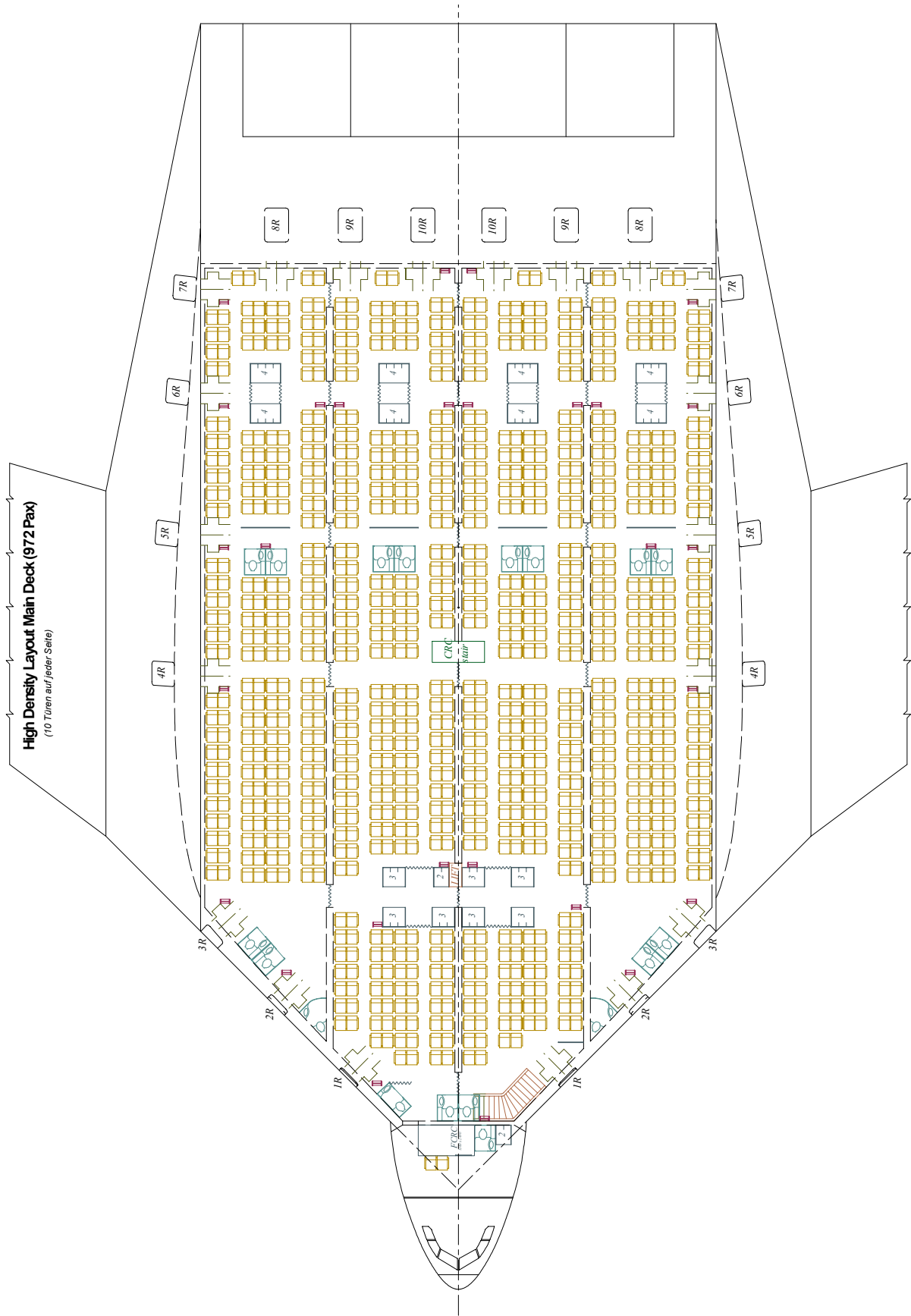
**Bild A.8** Optimiertes Eindeckkabinenlayout Konfiguration B (Catering durch Tür 7L/ 7R)



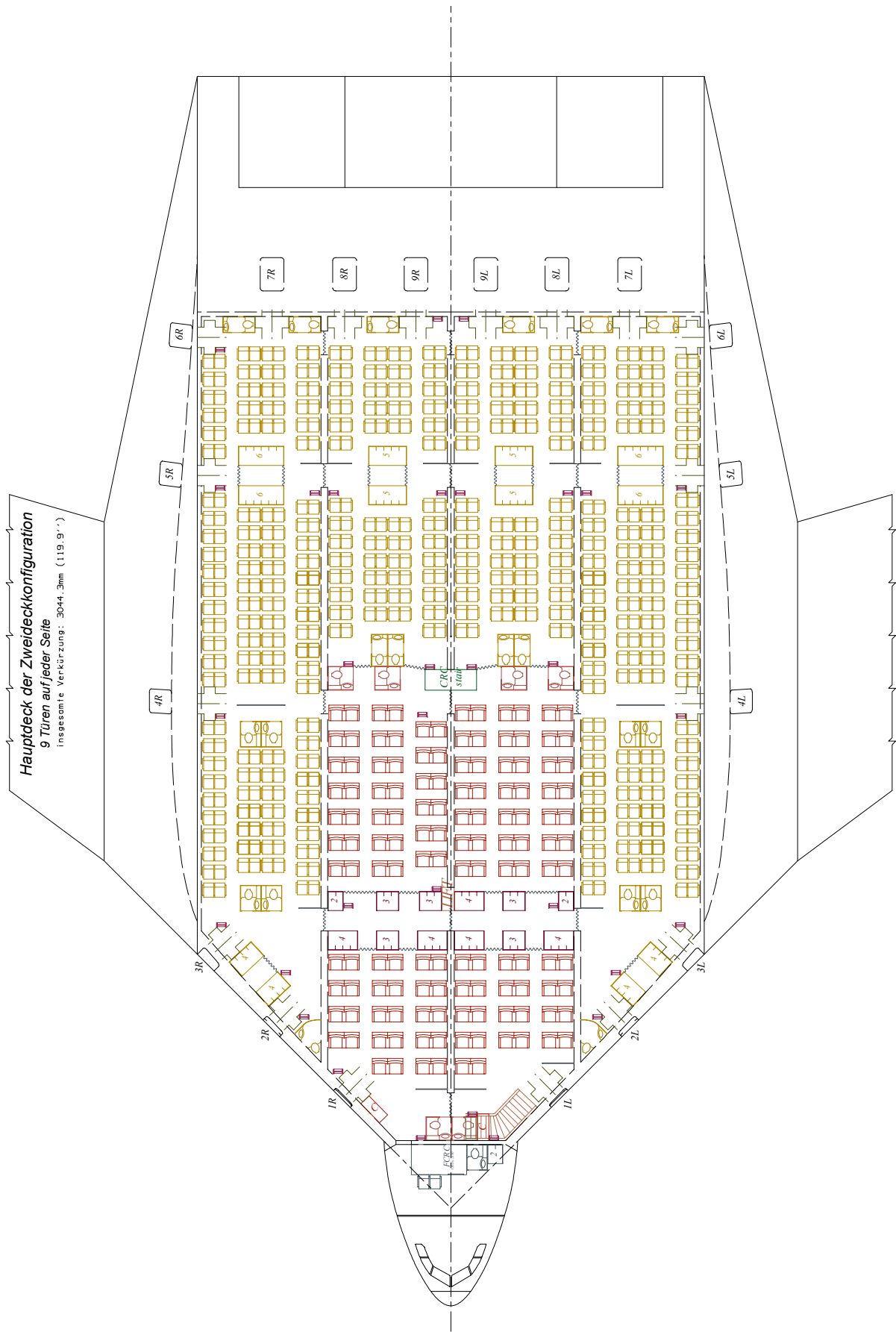
**Bild A.9** High-Density-Layout der Konfiguration A (1060 Pax)



**Bild A.10** Kabinenlayout: Hauptdeck der Zweideckkonfiguration (10 Türen an jeder Seite)

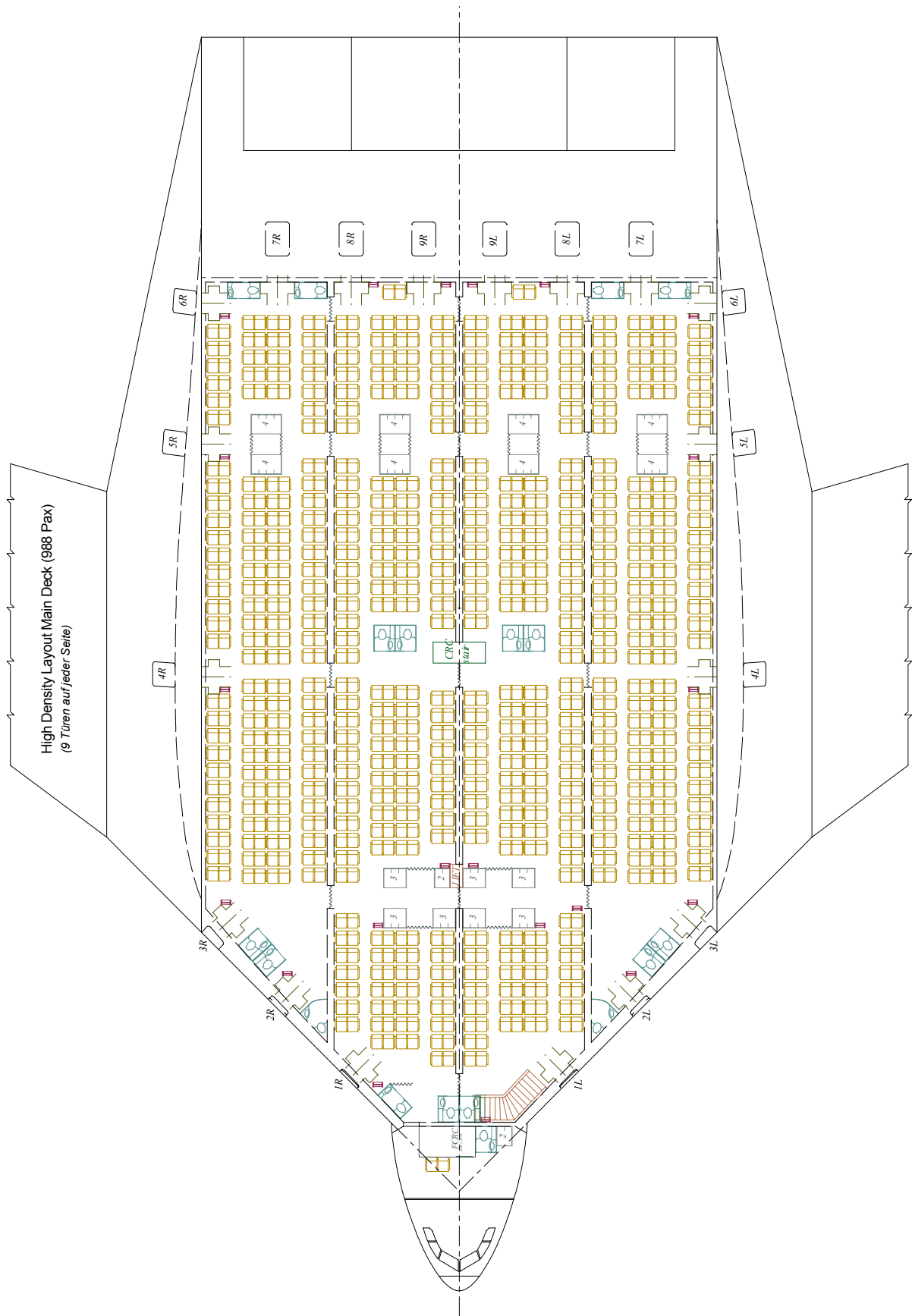


**Bild A.11** High-Density Kabinenlayout Hauptdeck 10 Türen (Zweideckkonfiguration)



**Bild A.12** Kabinenlayout: Hauptdeck der Zweideckkonfiguration (9 Türen an jeder Seite)





High Density Layout Main Deck (988 Pax)  
(9 Türen auf jeder Seite)

**Bild A.13** High-Density Kabinenlayout Hauptdeck 9 Türen (Zweideckkonfiguration)

## Anhang B

### Anforderungsliste

#### Flying Wing Guidelines (Cabin Specific)

In diesem Anhang befindet sich eine ausführliche, in englisch verfasste, Anforderungsliste, welche während der Diplomarbeit stetig vervollständigt wurde. Sie umfasst feste Anforderungen (wie z. B. Vorschriften, Standards, Richtlinien, etc.) und Wunschanforderungen (wie z. B. Zukunftstrends, neue Geometrien, etc.). Des Weiteren wurden während der Ausarbeitung verschiedene Fachbereiche befragt und deren Informationen, Erfahrungswerte, Vorschläge, Ideen sowie Meinungen mit erfasst. Die dadurch gewonnenen Anforderungen werden mit der jeweiligen Ansprechperson als Quelle in die Liste mit aufgenommen und entsprechend vermerkt.

Da es sich beim Thema Nurflügler um ein Zukunftsprojekt handelt, ist dieser ständig neuen Herausforderungen und Ideen ausgesetzt. So entstehen teilweise gänzlich neue Anforderungen, oder es werden einige bestehende Anforderungen gestrichen bzw. modifiziert. Einige Anforderungen unterstehen ständigen Diskussionen. Die Anforderungslisten sind daher in einem „lebenden“ Prozess fortzusetzen.

Da hier nur die wichtigsten Aspekte zusammengefasst sind, ist für weitere Entwicklungsarbeiten ein **Nachlesen** der vollständigen Gesetzestexte (JAR/ FAR) **unbedingt erforderlich**.

# Contents

## **1. Functional Guidelines/ Design Requirements**

- 1.1 Cabin-Geometrie
- 1.2 Cabin-Structure

## **2. Design Standards/ Cabin Comfort**

- 2.1 Cabin/ Cabin Comfort
- 2.2 Seats
- 2.3 Lavatories
- 2.4 Galleys
- 2.5 Overhead Stowage
- 2.6 Doors
- 2.7 Freight
- 2.8 Aisles
- 2.9 Crew Rest Area/ Cabin Attendant Seats
- 2.10 Crew Rest Compartments

## **3. Emergency Evacuation/ Safety**

- 3.1 Doors
- 3.2 Leading Edge Doors
- 3.3 Underfloor Hatches
- 3.4 Ceiling Hatches
- 3.5 Underwing Exits
- 3.6 Overwing Exits
- 3.7 Midmounted Doors
- 3.8 Slides
- 3.9 Ditching

## **4. Ground Handling/ Turn-Round-Time**

- 4.1 Boarding/ Deplaning
- 4.2 Catering
- 4.3 Cabin Cleaning
- 4.4 Cargo
- 4.5 Refuelling

## **5. Double Deck**

- 5.1 Accessibility Stairs
- 5.2 Trolleylift
- 5.3 Upper Deck-Escape routes

**6. Further Guidelines**

## 6.1 Design Standards/ Performance

-To be Continued-

R = Requirement : Anforderung

W = Wish/ Assumption : Wunsch/ Annahme

	<b>Statement</b>	<b>R</b>	<b>W</b>	<b>Source ID</b>
<b>1.</b>	<b>Functional Guidelines/ Design Requirements</b>			
1.1	A clear differentiation versus the A380 is recommended, therefore a 750 Pax in a three-class-layout (22/ 136/ 592) has be investigated.	X		EHCA 2001, Kleffmann 2001
1.2	The overall length of the Flying Wing is not considered for any concept.		X	EHCA 2001
1.3	Freight Capability >10 t	X		EHCA 2001
1.4	Range capability ~7650 NM	X		EHCA 2001
1.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Mach number= 0,85</li> <li>· VMO/MMO = 340 kt/ 0,89</li> <li>· wingspan = &lt;100 m</li> <li>· Cabin width= &lt; 24 m</li> <li>· Landing Gear wheel track= &lt;16 m</li> </ul>	X		EHCA 2001
1.6	Runway loading (ACN, Flex. B) (-) < 70	X		EHCA 2001
1.7	TOFL (MTOW, SL, ISA + 15°C) < 3355 m	X		EHCA 2001
1.8	Other Performance Targets: <ul style="list-style-type: none"> <li>· Initial Cruise Altitude (300 ft/min, max. climb) &gt;35000 ft</li> <li>· Time to climb to I.C.A. (ISA) &lt;30 min</li> <li>· Max. operating altitude &gt; 43000 ft (cruise optimum dependant)</li> <li>· Approach speed &lt; 145 kt (MLW, Sl, ISA-Vref +5kt)</li> </ul>	X		EHCA 2001
1.9	External noise (Cumulative-EPNDB) Margin vs Stage 3 (Targin for E.I.S.) = 35	X		EHCA 2001
1.10	VELA 1 has an A340 type fuselage complete with cockpit, nose landing gear, passenger door and a lower deck cargo bay door	X		Hulin 2002
1.11	The Flying Wing Body is split into several longitudinal cabins which are themselves split to create 2 decks that contain passengers on the MD and freight on the LD	X		Hulin 2002
1.12	With support pillars running vertically through the cabin and freight bay, the freight bay and passenger cabin had to be laid out simultaneously to prevent the pillars from passing through the cabin furnishings or the containers.	X		Hulin 2002
1.13	The cabin length should be shortened as much as possible		X	AA, HK, Sept. 2002
<b>1.1</b>	<b>Cabin- Geometrie</b>			
1.1.1	cabin width (fixed) = 900" (fixed)	X		AA, Sept. 2002
1.1.2	cabin length (variable) = 1658,6" (not fixed)		X	AA, Sept. 2002
1.1.3	Baywidth = 212,5"	X		AA, Sept. 2002
1.1.4	bay structure partition width = 12"	X		AA, JG Sept 2002
1.1.5	cross aisle width (for Catering and Boarding) = 36" - 40"		X	Kleffmann 2001

<b>1.2</b>	<b>Cabin-Configuration</b>			
1.2.1	The cabin shall not require special designed monuments regarding the shape of the cabin		X	OD 2001
1.2.2	Straight aisles and direct door access have to be ensured	X		OD 2001
1.2.3	The cabin shall allow a high degree of flexibility due to layout, Pax / Freighter Conversion and military usage		X	OD 2001
<b>1.3</b>	<b>Cabin-Structure</b>			
1.3.1	The structure has to allow cut outs for lifts and stairs between the decks		X	OD 2001
1.3.2	Easy attachments for hatracks and monuments shall be provided		X	OD 2001
1.3.3	Floor thickness = 9,1" for main deck (assumption)	X		Experience and sense by AA Sept. 2002
1.3.4	To avoid big expense the floor thickness of the upper deck should be the similar to the main deck, although there are different loads on the structure.		X	Experience and sense by AA, JG
1.3.5	There are 4 bays in twin aisle configuration installed.	X		
1.3.6	Between the 4 bays there are structural partitions like pillars or half timbering	X		JG, Oct. 2002
<b>2.</b>	<b>Design Standards/ Cabin Comfort</b>			
2.1	All geometries for seats (pitch, legroom, recline, etc.), aisle width, standing height, etc. are based on the A380 standard. [A3XX'Data Basis for Design- Preliminary Status 14- AI/LE-C 821.0507/99 23/12/99 and A3XX' Top Level Aircraft Requirements'-Issue 3 - AI/LE-C 821.0481/99 (published 18/02/00)]	X		EHCA 2001
2.2	If there should be an upper deck installed, it has to be proofed if there is enough space. In case of lack of space the needed space should be realized by something like a "hump" fitted on the airfoilstructure.		X	Idea by AA, HK
2.3	The class distribution depends on the passenger comfort. Because of the flight physics the outer cabin is released to unusual high accelerations during turns around the longitudinal axis. Therefore it is sensible to install the first class near to the Centerline. Right afterwards the business class and then in the outer cabin area the economy class should be installed.		X	Kleffmann 2001
<b>2.1</b>	<b>Cabin/ Cabin Comfort</b>			
2.1.1	Cabin is divided for 750 Passengers in FC, BC and EC Class Split:(22/ 136/ 592)	X		Kleffmann 2001
2.1.2	The actual standing height : 84"		X	Michael Lau, Sept. 2002

2.1.3	Maintenance: Easy installation and exchange of cabin parts shall be provided		X	OD 2001
2.1.4	Effects on passengers and monuments caused by vertical movements in lateral cabin area have to be minimal		X	OD 2001
2.1.5	The cabin shall not show the impression of a tunnel or a cinema effect		X	OD 2001
2.1.6	The cabin shall have as many windows as possible due to psychological reasons		X	OD 2001
2.1.7	Sound effects to passengers caused by engines and aerodynamic effects have to be minimal		X	OD 2001
2.1.8	Passengers should be able to move between the cabins		X	HK, Oct. 2002
<b>2.2</b>	<b>Seats</b>			
2.2.1	There must be minimum 3 Cabin Attendant Seats (CAS) in the FC (8 Pax/ Att.)	X		Kleffmann 2001
2.2.2	There must be minimum 6 Cabin Attendant Seats (CAS) in the BC (24Pax/ Att.)	X		Kleffmann 2001
2.2.3	There must be minimum 17 Cabin Attendant Seats (CAS) in the EC (34 Pax./ Att.)	X		VELA
2.2.4	<b>FC-Seat:</b> 22 Pax · pitch = 68" · recline= 16" · aisle width= 25" · legroom= 27"	X		EHCA 2001, Kleffmann 2001
2.2.5	<b>BC-Seat:</b> 136 Pax · pitch = 46" · recline= 8" · aisle width= 23" · legroom= 22"	X		EHCA 2001, Kleffmann 2001
2.2.6	<b>EC-Seat:</b> 592 Pax · pitch = 68" · recline= 16" · aisle width= 25" · legroom= 22"	X		EHCA 2001, Kleffmann 2001
2.2.7	There should be an offset of 2" from the walls to the seats	X		Kleffmann 2001
2.2.8	Eight abreast seats in EC are the best in comfort aspect.		X	HK, Oct. 2002
2.2.9	Passenger seats in flight direction (Passenger wish) is better for passenger comfort. Because of the angle of attack. It would be positive in case of crash.		X	OD 2001
2.2.10	head clearance over the all seats : minimum 1650-1700 mm		X	Setted by HK and Stefan Lee Nov. 2002
2.2.11	There should be no "One Excuse Me Seats" in the First Class. Every seat must be reached by an aisle.		X	Setted by HK and Stefan Lee Nov. 2002
2.2.12	"One Excuse me seats" in BC are allowed		X	Setted by HK and Stefan Lee Nov. 2002
2.2.13	"Double Excuse Me Seats in EC are allowed		X	Setted by HK and Stefan Lee Nov. 2002

2.2.14	Seat widths: FC: 39"; BC: 26,5"; EC: 22"	X		Kleffmann 2001
2.2.15	All seats are fitted on seatrails, with a track width of 503 mm	X		Discussed and decided by IK, Stefan Lee Nov. 2002
2.2.16	There should be an uniform seat distribution consisting of two and four seats in EC, two seats in BC		X	HK, Oct. 2002
2.2.17	There shouldn't be galleys or toilets between seats. (Avoidness of smell, noise and damage e.g. trolleys)		X	HK, Oct. 2002
<b>2.3</b>	<b>Lavatories</b>			
2.3.1	There must be minimum 3 Lavatories in the FC (10 Pax./ Lav.)	X		EHCA 2001, OD 2001
2.3.2	There must be minimum 6 Lavatories in the BC (25 Pax./ Lav.)	X		EHCA 2001, OD 2001
2.3.3	There must be minimum 14 Lavatories in the EC (45 Pax./ Lav.) sum: 23 lavatories	X		EHCA 2001, OD 2001
2.3.4	To guarantee comfort and symmetry of the flying wing there are 4 FC Lavatories, 6 BC Lav. and 16 EC-Lav. For the one deck configuration A		X	Discussed and decided by HK, Stefan Lee 02. Oct. 2002
2.3.5	· No use during approach (->vertical acceleration of lateral cabin area in curve flight); · Consideration of turbulences; · Aircraft's sensitiveness for squalls  => Position in lateral cabin area is possible	X		OD 2001
2.3.6	In future the size and the standards of the toilets will be bigger then today (45,7" x 37"). FC- Lavatories 50" x 45,7" BC- Lavatories 45,7" x 42" EC- Lavatories 57" x 28,9" or 45,7" x 37"		X	Discussed and decided by HK, Stefan Lee 02. Oct. 2002
2.3.7	There should not be seats between or in the front of toilets. (avoid noise and smell)		X	Discussed and decided by HK, Stefan Lee 02. Oct. 2002
2.3.8	Galley and toilets should be separated.		X	Discussed and decided by HK, Stefan Lee 02. Oct. 2003
2.3.9	Toilets should be distributed in the fuselage.		X	HK, Oct. 2002
2.3.10	It must be possible to access the toilets also during catering and service process		X	HK, Oct. 2002
2.3.11	If one toilet is occupied it should be possible to reach another toilet.		X	HK, Oct. 2002
<b>2.4</b>	<b>Galleys</b>			
2.4.1	There must be minimum 11 Trolleys in the FC (2 Pax./ Trolley)	X		EHCA 2001, OD 2001
2.4.2	There must be minimum 34 Trolleys in the BC (4 Pax./ Trolley)	X		EHCA 2001, OD 2001
2.4.3	There must be minimum 60 Trolleys in the EC (10 Pax./ Trolley) sum: 105 Trolleys	X		EHCA 2001, OD 2001



2.4.4	The working area in front of the galleys needs the minimum width of 36"	X		Kleffmann 2001
2.4.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Consideration of vertical acceleration in lateral cabin area during curve flight;</li> <li>· In use during approach;</li> <li>· Consideration of turbulences;</li> <li>· Aircraft's sensitiveness for squalls;</li> <li>· Galley complexes &gt; 8 Trolleys;</li> <li>· Catering: Short distances to catering- door;</li> <li>· Service: Short service paths;</li> </ul> <p>=&gt; Galleys near to AD</p>	X		OD 2001
2.4.6	The cabin service ways and time during cruise shouldn't exceed the A380 standard (max. 15 m). Therefore the galleyposition must be optimized.		X	Discussed and decided by HK, Stefan Lee 02. Oct. 2002
2.4.7	There should be no seats between galleys		X	Discussed and decided by HK, Stefan Lee 02. Oct. 2002
2.4.8	Galley and toilets should be separated.		X	Discussed and decided by HK, Stefan Lee 02. Oct. 2003
<b>2.5</b>	<b>Overhead Stowage</b>			
2.5.1	Longitudinal: <ul style="list-style-type: none"> <li>· More stowage space;</li> <li>· High flexibility in longitudinal direction</li> </ul>	X		OD 2001
2.5.2	Transversal: <ul style="list-style-type: none"> <li>· OSC over front seats;</li> <li>· Not in aisle area;</li> <li>· Every box has to be fixed in X/Y/Z – direction;</li> <li>· Less stowage space;</li> <li>· No flexibility in longitudinal direction</li> </ul> <p>=&gt; Longitudinal OHSC to be applied</p>	X		OD 2001
<b>2.6</b>	<b>Doors</b>			
	More Information's see chapter 3. Evacuation			
<b>2.7</b>	<b>Freight</b>			
2.7.1	LD3 (FC/ BC/ EC) => (2/ 7/ 18) sum: 27	X		VELA

2.7.2	LD3 containers shall be stowed conventionally to simplify stowage and to retain family commonality with the existing Airbus twin aisle aircraft	X		Hulin 2002
2.7.3	The LD3 containers are restrained longitudinally within the freight bay by foot-locks that clamp on to the LD3 container base plate and laterally by guide rails that butt up against the side of the LD3 base plate	X		Hulin 2002
2.7.4	46 LD3 Container must be carried as payload.	X		VELA
<b>2.8</b>	<b>Aisles</b>			
2.8.1	For each bay there are two aisles. All aisles widths are kept on the respective classes.	X		Kleffmann 2001
2.8.2	The aislewidth must be at least (FC=25", BC= 23", EC= 20")	X		Kleffmann 2001, JAR 25.813
2.8.3	There should be at least 4-5 cross aisles (depends on the side door positions) in similar position to each other. To optimize the passenger flow during boarding/ deplaning and emergency evacuation, the aisle width should be at least 40". So that it is for two passengers possible to pass each other without problems.		X	Kleffmann 2001
2.8.4	All longitudinal aisles must be reached by the cross aisles.	X		Kleffmann 2001
2.8.5	The aisle width between fixed installation (e.g. lavatories, etc.) should be 30"		X	Kleffmann 2001, HK, Stefan Lee Oct. 2002
2.8.6	The working area in front of the galleys should have the minimum width of 36"	X		Kleffmann 2001
2.8.7	For Type 1 exits, the cross aisle should overlap by 5% with the 20-inch width of exit passageway.	X		CCG A340; JAR 25.813
2.8.8	For type A exits fed by three approach paths the cross aisle should overlap 100% (20 inch) with 36 inch width of exit passageway	X		CCG A340: JAR 25.803
2.8.9	The aislepositions should be similar to the doordistribution.	X		Kleffmann 2001
2.8.10	The aisles can be positioned flexible inside the doorwidth of 42"		X	HK, Oct. 2002
<b>2.9</b>	<b>Cabin Crew Area/ Cabin Attendant Seats</b>			
2.9.1	There should be 3 Attendants in the FC (8 Pax./ Lav.)	X		EHCA 2001, OD 2001
2.9.2	There should be 6 Attendants in the BC (25 Pax./ Lav.)	X		EHCA 2001, OD 2001
2.9.3	There should be 17 Attendants in the EC (35 Pax./ Lav.) sum: minimum 26 Attendants	X		EHCA 2001, OD 2001
2.9.4	At all cabin doors there should be flight attendant areas considered. Furthermore every important area like crossing points during the evacuation has to be considered with assist spaces.	X		Kleffmann 2001, JAR 25.813 (2)
2.9.5	Cabin Attendant Seats (CAS). At all doors; At strategic important points of evacuation paths ; Consideration of Direct View	X		OD 2001, JAR 25.785 (h) (1)
2.9.6	CAS must be installed in flight direction	X		GC Oct. 2002
2.9.7	Assist Spaces must be kept free from any equipment.	X		GC Oct. 2002

<b>2.10</b>	<b>Crew Rest Compartments</b>			
2.10.1	Flight crew rest facilities for dual use: -as sleeping quarter: to achieve recuperative sleep -as rest area: to relax in a comfortable environment	X		Lee 2001
2.10.2	The flight crew rest facility (facilities) shall be separated from, but located as close as possible to, the flight deck. Proximity to the flight deck is considered to be important for convenience and for ready access in case of emergency	X		Lee 2001
2.10.3	Rest area standing height: The ceiling height shall be sufficient that the occupant can change clothes, min. 1.75 m (for a floor area of 0.85 x 0.85 m)	X		Lee 2001
2.10.4	sleeping surface 2.00 x 0.76 m	X		Lee 2001
2.10.5	Sufficient space shall be provided in a rest area to permit resting seats to be extended to their fully reclined position while preserving space for movement within the rest area.	X		Lee 2001
2.10.6	Sufficient space with sufficient standing headroom to permit changing clothes while standing shall be provided. Such space may be measured with a resting seat in its upright position	X		Lee 2001
2.10.7	Two flight crew rest bunks shall be available near the flight deck.	X		Lee 2001
2.10.8	Crew Rest Bunks: 2 flight crew +half of cabin crew	X		Lee 2001
2.10.9	CRC should be installed on the upper deck, for a better usage of the free volume. Not on the MD because of the reducing of the seat place.		X	Discussed and decided by HK, Stefan Lee Nov. 2002
2.10.10	A CRC accessibility stair must be installed near to the Center Line to make an easy ascent for the crew possible.		X	Discussed and decided by HK, Stefan Lee Nov. 2002
2.10.11	The Flight Crew Rest Compartments should be installed near to the cockpit. The geometry is based on the A380 standard.	X		Lee 2001
2.10.12	The Cabin Crew Rest Compartments should be installed in the upper deck. The geometry is based on the A380 standard.		X	HK, Oct. 2002
2.10.13	The Accessibility should be realized by stairs or ladders.		X	HK, Oct. 2002
2.10.14	There are bunks for the half of the cabin crew needed.	X		Lee 2001
2.10.15	In sleep areas incorporating two sleeping surfaces in an over-and-under arrangement, unencumbered space above each sleeping surface shall still be provided. Where vertical space is limited it is suggested that provision of such space might be achieved by longitudinal displacement or orthogonal orientation of sleeping surfaces. See Figure 3, AIPA-RS 001-1998, it illustrates one possible arrangement.	X		Lee 2001
2.10.16	The free height above a bunk at head level will not be less than 1.1m for a minimum of length 1m (local minor reduction may be accepted if adequately positioned to avoid disturbing sleeping or seating positions)	X		Lee 2001
<b>3.</b>	<b>Emergency Evacuation/ Safety</b>			
3.1	Emergency equipment Slide rafts (kg/m of door sill height) 18 for Type A ,15 for Type B, 12 for Type I and C, 9 for Type III	X		EHCA 2001

3.2	The evacuation must not take longer than 90 seconds. In a high density layout. “For airplanes having a seating capacity of more than 44 passengers, it must be shown that the maximum seating capacity, including the number of crewmembers required by the operating rules for which certification is requested, can be evacuated from the airplane to the ground under simulated emergency conditions within 90 seconds.”	X		JAR 25.803 (c)
3.3	No passenger emergency exit shall be more than 60 feet away from the other one; “For an aeroplane that is required to have more than one passenger emergency exit for each side of the fuselage, no passenger emergency exit shall be more than 60 feet from any adjacent passenger exit on the same side of the same deck of the fuselage, as measured parallel to the aeroplane’s longitudinal axis between the nearest exit edges.”	X		JAR 25.807 (f)(4)
3.4	A type ‘A’ slide raft is approximately three times wider than a type ‘A’ exit	X		Hulin 2002
3.5	For simplicity, it is assumed that disabled people will be sat close enough to conventional slide exits		X	Bristol 2002
3.6	10 seconds is the time stated in FAR 25.810 in which slides at Type C exits must be inflated and ready for use, as measured from the start of deployment.	X		Bristol 2002
3.7	Passenger hesitation at the top of slides can be a significant cause of delay in evacuation	X		Bristol 2002
3.8	“(Each) passenger emergency exit which is also a passenger entrance door or a service door must be provided with means to prevent deployment of the assisting means when it is opened from either the inside or the outside under non-emergency conditions for normal use.”	X		JAR 25.810
3.9	The configurations shall have a sufficient number of doors to guarantee a quick evacuation	X		OD 2001
3.10	Position of door exits shall lead to safe areas outside of the aircraft (fuel fire, distance to engines etc.)	X		OD 2001
3.11	The cabin shall allow understandable and visible evacuation paths without steps and zigzags	X		OD 2001
3.12	Low height of exit door levels due to smaller slide rafts	X		OD 2001
3.13	The cabin shall ensure easy access with a stretcher	X		OD 2001
3.14	Emergency paths must be kept free from monuments, seats, etc.		X	Discussed and decided by HK, Stefan Lee 02. Oct. 2002
<b>3.1</b>	<b>Doors</b>			
3.1.1	There must be enough doors for boarding/ deboarding, catering and emergency evacuation	X		Kleffmann 2001
3.1.2	The geometry of the doors depends to the usage. (Doors for Boarding must be bigger for a better passenger flow)		X	HK, Stefan Lee Oct. 2002
3.1.3	The door positions are depending on the aisle positions and the escape routes.		X	Kleffmann 2001
3.1.4	Door 4 must be positioned forward as far as possible to get a better door distribution. Safety distances to the engines and the wing must be observed		X	HK, Stefan Lee Oct. 2002
3.1.5	Distribute the doors evenly where possible along the fuselage		X	Hulin 2002
3.1.6	Check that the doors are located in sensible and safe positions with regard to aircraft moving parts such as Engines, Flaps and Spoilers.	X		Hulin 2002

3.1.7	Check that evacuation slides are a minimum of one meter away from aircraft moving parts such as Fairings, Flaps and spoilers that may prevent or damage the slide during deployment.	X		Hulin 2002
3.1.8	Check that if all of the doors on one side of the aircraft are out of action, there is sufficient exit capacity in the remaining doors to evacuate the aircraft within 90 seconds, when configured in a single class high density cabin layout at 30 inch seat pitch.	X	X	Hulin 2002
3.1.9	1056 passengers in a high density layout would require ten sets of type 'A' doors, installed evenly on either side of the flying wing aircraft.	X		Hulin 2002
3.1.10	Type 'A' doors are the largest certified passenger doors currently available and have a exit rating for 110 passengers.	X		Hulin 2002
3.1.11	The final door solution for the flying wing aircraft will have to be very similar to current conventional aircraft door technology, otherwise how will attendants be able to open the evacuation doors in the event of an emergency and the loss of all power		X	Hulin 2002
3.1.12	The design and location of the emergency exits has a large impact upon the speed of egress			Bristol 2002
3.1.13	There should be an uniform distribution of the doors.	X		JAR 25.813
<b>3.2</b>	<b>Leading Edge Doors</b>			
3.2.1	The combined width of the three slides in the wing leading edge prevents more exit doors being installed		X	Hulin 2002
3.2.2	In the event of a crash landing, the leading edge exits could be rendered unusable due to impact damage or by being embedded into the ground		X	Hulin 2002
3.2.3	Concentration of doors in a vulnerable area is not practical or realistic.		X	Hulin 2002
3.2.4	Doors need to be evenly distributed around the perimeter of the aircraft to give passengers a better chance of survival in the event of a crash landing		X	Hulin 2002
<b>3.3</b>	<b>Underfloor Hatches</b>			
3.3.1	If the aircraft ditches in water, the under floor hatches will be submerged which isn't suitable for the evacuation of large numbers of untrained personnel who may be panic stricken and possibly unable to swim		X	Hulin 2002
3.3.2	Evacuation through an underfloor hatch will be time consuming and is unlikely to meet the 90 second evacuation rule for evacuation on land. Further delays could be experienced if the under floor hatch is located in the middle of the passenger cabin because the passengers would have to pass through the freight hold.		X	Hulin 2002
3.3.3	If the aircraft makes a crash landing and comes to rest on an embankment or mountain or lands wheels up. One could not guarantee that there will be sufficient headroom available between the ground and the under floor hatch to be able to evacuate the trapped passengers. One can not always guarantee that the aircraft will land on its landing gear and that the landing gear remains intact.		X	Hulin 2002
3.3.4	Attendants are more likely to fall out of a hatch type door rather than out of a conventional type door. With hatch type doors located up to 17 feet above the runway, any attendant who falls out whilst attempting to open or close the door would be badly injured or killed		X	Hulin 2002

<b>3.4</b>	<b>Ceiling Hatches</b>			
3.4.1	Hatches in the ceiling haven't yet been ruled out for ditching on water, but they have been ruled out for evacuating the aircraft on land.		X	Hulin 2002
3.4.2	In the event of a fire ceiling hatches would act like a chimney and draw smoke and flames into the cabin.		X	Hulin 2002
3.4.3	Evacuation of disabled or injured personnel through a ceiling hatch would prove to be extremely difficult if not impossible		X	Hulin 2002
3.4.4	The only foreseeable reason for using ceiling hatches would be if the normal evacuation doors are liable to flood the aircraft if opened after ditching the aircraft on water.		X	Hulin 2002
<b>3.5</b>	<b>Underwing Exits</b>			
3.5.1	There is enough space to install several under-wing exits in areas clear of the wings moving parts (such as slats flats)		X	Hulin 2002
3.5.2	Fuel may drip on to evacuating passengers using these doors if the wing suffered impact damage.		X	Hulin 2002
<b>3.6</b>	<b>Overwing Exits</b>			
3.6.1	One option that needs further investigation would be to lower the wing and install several over wing exits. Admittedly lowering the wing and the loss of wing blending would have an impact on the aircraft's efficiency.		X	Hulin 2002
<b>3.7</b>	<b>Midmounted Doors</b>			
3.7.1	This study did not have time to assess mid mounted doors, therefore they should not be discounted until they have been properly evaluated. (Further investigation required).		X	Hulin 2002
<b>3.8</b>	<b>Slides</b>			
3.8.1	<b>Escape means – aircraft geometry</b> Definition of main parameters of slides		X	OD, Jan. 2003
3.8.2	<b>Cant angle</b> Falling out when jumping in Airbus: 15 Degree. Maximum: 25 Degree.	X		OD, Jan. 2003
3.8.3	<b>Vertical angle</b> Depends on crash position Normal 28-36 Degree. Maximum: 50 Degree. Minimum: Sitting at slide	X		OD, Jan. 2003
3.8.4	<b>Min. distance to other slide</b> no slide on top of each other in case of wind Minimum: 1,5m	X		OD, Jan. 2003

3.8.5	<b>Engine intake area</b> Basis: 25kn wind + Ground Idle Depends on engine Minimum 2,5m	X		OD, Jan. 2003
3.8.6	<b>Flat area</b> movement of slides in case of wind – damages at flat actuator covers Minimum 2,0m	X		OD, Jan. 2003
<b>3.9</b>	<b>Ditching</b>			
3.9.1	For Ditching see JAR 25.801 and JAR 25.807	X		JAR 25.801; JAR 25.807
3.9.2	Door Ditching Simulation see FAR 121 Appendix D	X		FAR 121 Appendix D
<b>4.</b>	<b>Ground Handling/ Turn-Round-Time</b>			
4.1	Today's airports are limited in their dimensions. There is just an 80 m airport box. (flying wing: wing span 100m overall length) The airport infrastructure must be adapted to the flying wing dimensions		X	Hulin 2002
4.2	The ground operational vehicles must not disturb each other while Turn Round. There must be enough space and accessibility to position and remove the vehicles.	X		GC, Stefan Lee Oct. 2002
4.3	The Turn- Round Time shouldn't exceed the 90 Minutes of conventional aircrafts.		X	GC, Stefan Lee Oct. 2002
4.4	The positioning and removing of almost all vehicles and bridges takes 2 min.			A380 AC-PD
<b>4.1</b>	<b>Boarding/ Deplaning</b>			
4.1.1	The cabin shall ensure a short turn round time with conventional airport infrastructure		X	OD 2001
4.1.2	Parallel use of two or more boarding bridges would be desirable		X	OD 2001
4.1.3	New boarding bridges must be developed which allows the usage of door 1L, 2L and 3L in the same time.		X	GC, Stefan Lee Oct. 2002
4.1.4	There is a boardingrate of 15 Pax/ Minute		X	FPO Airbus, AA
4.1.5	There is a deplaningrate of 25 Pax/ Minute		X	FPO Airbus, AA
4.1.6	The boarding and deplaningbridges are installed on the left side at door 1L, 2L and 3L	X		FPO Airbus, AA
4.1.7	During the Boarding/ Deplaning there are ideal assumptions: - passengers are following the rules and the boardingconcepts - there are no waiting periods, tailback, disorientation and no get lost of passengers - the cabin is clear and obviously understandable		X	Stefan Lee, Nov. 2002
4.1.8	waiting periods have to be minimized		X	Stefan Lee, Nov. 2002

<b>4.2</b>	<b>Catering</b>			
4.2.1	The cabin shall have an accommodation of galleys near to floor level doors due to quick catering of trolleys		X	OD 2001
4.2.2	Galleys have to be distributed consistent to the whole cabin		X	OD 2001
4.2.3	The cabin shall ensure short service distances		X	OD 2001
4.2.4	Straight service paths are recommended		X	OD 2001
4.2.5	The possibility of parallel boarding and catering shall be feasible		X	OD 2001
4.2.6	The catering runs through the doors 2R, 3R, 6R and 6L (Configuration A)	X		
4.2.7	There are 2 Agents per catering truck	X		Kleffmann 2001
4.2.8	One catering truck can carry 40-45 Trolleys	X		GC, Oct. 2002
4.2.9	Parallel work must be possible (aislewidth minimum 36")	X		
4.2.10	Time for a whole change of one trolley takes 1,5 minutes		X	GC, Oct. 2002
4.2.11	The speed by pushing the 100 kg trolleys through the cabin is 0,5 m/s		X	Kleffmann 2001
4.2.12	There are optimal conditions: - constant speed - easy handling, good accessibility - no barriers or difficulties			GC, Stefan Lee Oct. 2002
4.2.13	The catering runs parallel to the refuelling, cargo and cabin cleaning.	X		GC, IATA
<b>4.3</b>	<b>Cabin Cleaning</b>			
4.3.1	The cabin cleaning team finds access via door 7L and 7R or by passenger stairs at doors 5L, 5R.		X	GC, Stefan Lee Oct. 2002
4.3.2	The cabin cleaning team shouldn't disturb the catering personal.		X	GC, Stefan Lee Oct. 2003
4.3.3	For the cleaning the cabin components following times are needed: - Toilets/ Washing Room: 4,5 min. - one galley area (10-12 Trolleys): 10 min. - EC seat: 0,55 min (consists the time which is needed to go from one seat to the next) - FC/ BC seat: 1,33 min (consists the time which is needed to go from one seat to the next)			Stavenhagen 2002
4.3.4	There are 40 persons in the cabin cleaning team required. (comparison A380: min. 20- max. 40)		X	Stavenhagen 2002
<b>4.4</b>	<b>Cargo</b>			
4.4.1	There are two cargogates. The forward one is located under door 1R and the rear one is positioned between the main landing gear.	X		AA Sept. 2002
4.4.2	Average loading time of one LD3 Container takes: 1,7 min		X	GC; FPO Airbus
4.4.3	Average unloading time of one LD3 Container takes: 1,4 min		X	GC; FPO Airbus
<b>4.5</b>	<b>Refuelling</b>			



4.5.1	The MFW takes 296760 kg fuel (369564 l)	X	EHCA 2001, VELA
4.5.2	Dispenser positioning and removal = 3 min. (fuel truck change (if any) = 5 min.)	X	A380 AC-PD
4.5.3	Block fuel for nominal range through 4 dispenser (8 nozzles) at 40 psi	X	Stefan Lee, A380 AC-PD
4.5.4	The refuelling shouldn't take longer then 50 Minutes (A380: 48 min.)	X	Stefan Lee, A380 AC-PD
4.5.5	Passengers embarking or disembarking during fuelling operations should be kept outside the appropriate restricted zone.	X	IATA 2001 (Chapter 1; 2.7)
<b>5.</b>	<b>Double deck</b>		
5.1	The upper deck must have the same standard and luxury as on the main deck.	X	HK, Stefan Lee Nov. 2002
5.2	There must be an accessibility stair between the upper and the main deck.	X	HK, Stefan Lee Nov. 2002
5.3	Only the first class is integrated on the upper deck. The BC and EC must be newpositioned		X HK, Stefan Lee Nov. 2002
5.4	The door and aisle positions must be setted new.		X HK, Stefan Lee Nov. 2002
5.5	There are no " One Excuse me seats" allowed for the FC in the upper-deck	X	HK, Stefan Lee, Dez. 02
5.6	If double seats are used on the upperdeck, there should be a seat pitch of 83" (68" + 15") to guarantee the privacy of each passenger		X Stefan Lee, Dez. 2002
<b>5.1</b>	<b>Accessibility Stairs</b>		
5.1.1	There must be a forwardstair between main deck and upper deck	X	HK, Stefan Lee, Jan. 03
5.1.2	The stair must make a fast, safe boarding /deplaning possible.	X	HK, Stefan Lee, Jan. 03
5.1.3	The stair should be positioned near the entrance/ boarding door.		X HK, Stefan Lee, Jan. 03
5.1.4	The passenger should have the possibility to walk during cruise between both decks.		X HK, Stefan Lee, Jan. 03
5.1.5	Two persons must cross each other without any space problem. Therefore the usable stairwidth should be minimum 815 mm	X	HK, Stefan Lee, Jan. 03
5.1.6	Minimum standing height and overhead clearance must be available at the entrance and exit of the stair. (79"- 84")	X	HK, Stefan Lee, Jan. 03
5.1.7	The stair must also be used for handicapped passengers (wheelchair)		X HK, Stefan Lee, Jan. 03
5.1.8	The stair can be used as a second escape route, if the upper deck emergency exits are overloaded.		X AP3 1997
<b>5.2</b>	<b>Trolleylift</b>		
5.2.1	There must be vertical trolleylift to carry trolleys from the main deck to the upper deck.	X	HK, Stefan Lee, Szameit 2001
5.2.2	One turn for the lift takes 40 sec. (full trolley to the upper deck, changing the trolleys, empty trolley to the main deck) there are 45 sec. required for the A380 (real: 38 sec.)	X	Michael Moll, Matthias Erdmann, Oct. 2002

5.2.3	One way should take less than 10 sec. for the trolleylift	X	Michael Moll, Matthias Erdmann, Oct. 2002
5.2.4	The trolleylift must be positioned near to the galleys.	X	GC, Stefan Lee Oct. 2002
5.2.5	The trolleylift position on the Upperdeck must be equal to the main-deck.	X	Szameit 2001
5.2.6	Failure probability must be < 10 E-5	X	Szameit 2001
<b>5.3</b>	<b>Upper Deck-escape route</b>		
5.3.1	The upper deck must have own escape routes. The accessibility stair can be used only in case of overload at the hatches on	X	AP3 1997
5.3.2	There should be 4 escape routes. Realized by 4 hatches and 4 emergency stairs.	X	HK, Stefan Lee, Jan. 03
5.3.3	The upper deck, in high density layout, must be evacuated within 90 sec. Through the half emergency hatches.	X	HK, Stefan Lee, Jan. 03
5.3.4	The emergency stair must guarantee a quick passengerflow.	X	HK, Stefan Lee, Jan. 03
5.3.5	AS before each stair are required.	X	HK, Stefan Lee, Jan. 03
5.3.6	There must be a 20" aisle between a pair of hatches.	X	JAR 25.813
5.3.7	Passenger must be available to go up the stairs easily. Therefore hand-rails are required to minimize the risk of trip.	X	MB, Jan. 03
5.3.8	The stairdimension should be optimal as possible.	X	MB, Jan. 03
5.3.9	The hatches width must be similar to the stairwidth. It should be possible to evacuate twp pax in same time.	X	Stefan Lee, MB Jan. 03
5.3.10	To keep the escape route on the airfoil surface free, the hatch should open in upwards direction.	X	Stefan Lee Jan. 03
5.3.11	To opening mechanism of the hatches must be realized by a pyrotechnic technic.	X	Stefan Lee Jan. 03
5.3.12	There must be leading gadgets for the passenger on the airfoil.	X	Stefan Lee Jan. 03
5.3.13	Leading gadgets can be realized through walls, net, cable, rope, rubber bulge, etc.	X	Stefan Lee Jan. 03
<b>6.</b>	<b>Further Guidelines</b>		
<b>6.1</b>	<b>Design Standards- Performance</b>		
6.1.1	GENERAL DATA : · Fuel calorific value 18590 (btu/lb) · Fuel density 6.7 (lb/USG) or 0,803 (kg/liter) · Mission cruise Mach number 0.85 · Diversion Cruise Mach number 0.65 · Holding speed 250 (Kt CAS)	X	EHCA 2001
6.1.2	Fuel mark up (for phases above 1500 ft) = 0%	X	EHCA 2001

6.1.3	MISSION PHASES : 1 . Engine start taxi) 2 . Taxi-out 3 . Take off and initial climb 250 kt CAS 4 . Climb tit CAS / Mach 0.85 5 . Cruise optimisation if possible 6 . Descent CAS / 250 kt CAS 7 . Approach and landing 8 . Taxi in 9 . En route allowance 10 . Overshoot 11 . Diversion climb 12 . Diversion cruise altitude 13 . Diversion descent 14 . Holding 15 . Approach and landing	fixed fuel value (typical 2 min of 9 min from SL to 1500 ft, acceleration to minimum fuel - 250 kt CAS / Op- step cruise technique (4 000 ft) – minimum fuel-Mach 0.85/ Opti 4 min 5 min 5 % of trip fuel 80 % take-off fuel minimum fuel 25 000 ft minimum fuel 30 min at 1 500 ft 4 min	X	EHCA 2001
	TBC			

## **Anhang C**

### **Grundlagen zur Kabinengestaltung**

Diese Sammlung zu den „Grundlagen zur Kabinengestaltung“ soll einen allgemeine Übersicht vermitteln und beinhaltet generelle Informationen, die maßgeblich die Gestaltung und Architektur einer Flugzeug-Passagierkabine beeinflussen.

# Inhalt

<b>C.1</b>	<b>Lufffahrtbehörden</b> .....	206
C.1.1	Joint Aviation Authorities (JAA) .....	206
C.1.2	Federal Aviation Administration (FAA) .....	206
<b>C.2</b>	<b>Primäre Aufgaben der Passagierkabine</b> .....	207
<b>C.3</b>	<b>Sicherheitsanforderungen</b> .....	207
C.3.1	Problemzonen bei der Evakuierung.....	209
C.3.2	Verhaltensweisen der Fluggäste .....	209
<b>C.4</b>	<b>Operationelle Anforderungen</b> .....	210
C.4.1	Cateringablauf bei konventionellen Flugzeugen .....	211
C.4.2	Boarding/ Deplaning.....	211
C.4.3	Kabinenservice .....	212
<b>C.5</b>	<b>Grundbegriffe der Passagierkabine</b> .....	213
<b>C.6</b>	<b>Komponenten der Passagierkabine</b> .....	213
C.6.1	Passagiersitze.....	214
C.6.2	Flugbegleitersitz .....	214
C.6.3	Sitzschienen .....	215
C.6.4	Staufächer (Overhead Stowage Bins).....	215
<b>C.7</b>	<b>Feste Einbauten</b> .....	216
C.7.1	Toiletten.....	216
C.7.2	Küchen.....	217
C.7.3	Flight/ Cabin Crew Rest Compartments (FCRC/ CCRC) .....	218
<b>C.8</b>	<b>Gesetzliche Maßvorgaben</b> .....	218
C.8.1	Sitzreferenzpunkt.....	218
C.8.2	Abstand von Passagiersitz zu Einbauten .....	219
C.8.3	Abstand von Flugbegleitersitz zu Passagiersitz .....	219
C.8.4	Abstand von Flugbegleitersitz zu Einbauten .....	219
C.8.5	Sitzreihenabstand.....	220
C.8.6	Abstand der Rückenlehne zu Einbauten (Recline).....	221
C.8.7	Türtypen.....	221
C.8.8	Gangbreiten .....	222
C.8.9	Quergänge.....	223
C.8.10	Türpositionen.....	224
C.8.11	Assist Space .....	224
C.8.12	Direct View.....	225

## **C.1 Luftfahrtbehörden**

In Europa und den USA unterliegen sowohl die Flugzeughersteller als auch die betreibenden Fluggesellschaften einer Reihe von gesetzlichen Vorgaben welche durch die jeweiligen Behörden festgelegt werden. Darüber hinaus verfügen die einzelnen Staaten wie z. B. Kanada über eigene Behörden welche jedoch hier nicht weiter berücksichtigt werden. Aus diesem Grund werden in den folgenden Abschnitten nur die europäischen und US amerikanischen Gesetzgeber kurz vorgestellt.

### **C.1.1 Joint Aviation Authorities (JAA)**

Innerhalb der europäischen Union, werden die gesetzlichen Rahmenbedingungen für den zivilen Luftverkehr von der JAA festgelegt. Sie ist Bestandteil der European Civil Aviation Conference (ECAC), welche die Zivilluftfahrtbehörden der beteiligten europäischen Länder repräsentiert. Ursprüngliche Aufgabe der JAA war die Festlegung von einheitlichen Zertifizierungsstandards für Flugzeuge und Triebwerke. Um einheitliche, rechtliche Rahmenbedingungen in Europa zu schaffen, wurde der Aufgabenbereich der JAA auf operationelle Vorgaben, wie z. B. Instandhaltung, Lizenzierung, Konstruktion und Zertifizierung für alle Flugzeugklassen ausgeweitet. Die JAA ist somit verantwortlich für die Festlegung und Veröffentlichung der von ihr verabschiedeten Gesetze, den Joint Aviation Regulations (JAR). Ein großer Teil dieser Gesetze und Vorschriften deckt sich mit denen der amerikanischen Luftfahrtbehörde FAA. (JAAWS)

### **C.1.2 Federal Aviation Administration (FAA)**

Die Federal Aviation Administration (FAA) ist ein Teil des US-amerikanischen „Department of Transportation“ (DOT) und legt, wie die JAA, die gesetzlichen Rahmenbedingungen für die amerikanischen Zivilluftfahrtunternehmen fest. Die Zuständigkeit der FAA erstreckt sich ebenfalls auf operationelle Vorgaben, Instandhaltung, Lizenzierung, Konstruktion und Zertifizierung. Die Vorschriften der FAA werden in den Federal Aviation Regulations (FAR) festgelegt und veröffentlicht. (FAAWS)

## C.2 Primäre Aufgaben der Passagierkabine

Neben der Unterbringung der Passagiere, müssen für die Auslegung einer Passagierkabine einer Reihe von Anforderungen erfüllt werden. Diese Anforderungen setzen sich aus sicherheitstechnischer, wirtschaftlicher und arbeitsoptimierender (Verbesserung des Ground Handlings) Sicht zusammen. Die folgenden Kapitel C.3 und C.4 beschreiben die Bereiche, welche maßgeblichen Einfluss auf die Gestaltung der Passagierkabine eines Flugzeuges haben.

## C.3 Sicherheitsanforderungen

Oberste Priorität bei der Entwicklung eines Kabinenkonzepten ist die größtmögliche Sicherheit für die Fluggäste. Hierbei ist die Reduzierung der Evakuierungszeiten für die Passagiere im Notfall von vorrangiger Bedeutung. Dieser Abschnitt beinhaltet im wesentlichen eine Zusammenfassung des Airbus internen Arbeitspakets 3- Sichere Evakuierung (**AP3 1997; 1998**):

Notfallsituationen ergeben sich durch Notlandungen mit oder ohne Fahrwerk sowie Notwasserungen. Müssen Passagiere ein Flugzeug lediglich als Vorsichtsmaßnahme verlassen (z. B. Bombenalarm, Geruch/ Rauch in der Kabine) und das Heranbringen von Treppen in vertretbarem Zeitraum ist nicht möglich, dann wird im Gegensatz zur Evakuierung von "kontrolliertem Aussteigen" gesprochen.

Laut bisher geltenden Vorgaben für Standardflugzeuge in Rumpf-Flügel Bauweise, müssen sämtliche Passagiere eines Flugzeuges innerhalb von neunzig Sekunden an einer Seite des Flugzeuges, d. h. eine Tür pro Türpaar, evakuiert werden können. Diese Vorgabe ist bei Standardrumpf-Auslegungen durch ein ausreichendes Verhältnis von Passagieren pro Ausgang zu erreichen. Sind die Türen nicht über einer Tragfläche angeordnet, so erfolgt der Notausstieg durch in die Türen integrierte Notrutschen, die in sehr kurzer Zeit von einem an Bord mitgeführten Druckbehälter mit Luft befüllt werden. Dadurch erhalten die Notrutschen die entsprechende Stabilität um den flüchtenden Passagieren als Rutsche auf den Erdboden zu dienen. Bei einer Notwasserung dienen die Notrutschen nach der Evakuierung der Passagiere als Rettungsboote. (**AP3 1997**)

Beispielsweise werden beim Airbus A380, mit einer Standardkapazität von 555 Passagieren, 8 Türpaare , d. h. also insgesamt 16 Türen, vorgesehen. Zusätzlich begünstigt wird die Evakuierung des A380 dadurch, dass die Passagiere aus zwei Decks parallel ablaufen kann. Beim Nurflügler ist dies nur bedingt möglich. Aufgrund der Kabinengeometrie, können nicht überall Türen hingesezt werden- Daher muss eine verhältnismäßig hohe Anzahl von Passagieren stellenweise durch eine geringe Anzahl von Türen aus einem Deck evakuiert werden. Es sind daher die Kabinenbereiche, in denen eine Passagierstauung erfolgt, entsprechende Veränderung erforderlich, die einen konstanten Passagierfluss garantieren. Des weiteren ist

nung erforderlich, die einen konstanten Passagierfluss garantieren. Des Weiteren ist ein gut durchdachtes Passagierleitsystem für Boarding/ Deplaning und Notevakuierung eines Nurflüglers unbedingt erforderlich.

Bei der Entwicklung eines Nurflüglers mit bis zu 750 Passagieren werden deshalb besondere Anforderungen an die Schutz- und Sicherheitsmaßnahmen gestellt. Dazu müssen die jetzt gültigen Auflagen, wie behördliche Zulassungs- und Betriebsvorschriften, Anweisungen der Luftfahrtgesellschaften oder die Herstellerspezifikationen hinsichtlich ihrer ursprünglichen Zielsetzung unter der Berücksichtigung der gewachsenen Dimensionen und der neuartigen Geometrie ständig erneut betrachtet werden. In manchen Punkten muss, wie bereits in der Einleitung erwähnt, gegebenenfalls mit den zuständigen Behörden über eine Änderung der betreffenden Anordnung diskutiert werden (z. B. 90 Sek.- Regel).

Für eine Kabinenauslegung bezüglich Sicherheit müssen folgende Punkte beachtet werden. Sie stellen Schwerpunkte der zukünftigen Flugzeugentwicklung dar:

- Anzahl der Passagierzurordnung pro Tür – Typ
- Evakuierungszeit von 90 Sekunden
- Beachtung der Umgebungsbedingungen (z. B. Treibstoffbrand)
- Durchbrandverhalten der Rumpfhülle
- Feuerlöschanlage im gesamten Flugzeug
- Brandabschottung zur Abschottung des Brandherdes innerhalb der Flugzeugzelle
- Brandverhalten neuer Werkstoffe
- Alternative Evakuierungssysteme

Die Evakuierung ist ein äußerst risikoreiches Verfahren und wird nur bei zwingender Notwendigkeit angewendet. Die Gefahr des Ausbruchs eines panikartigen Zustands ist grundsätzlich gegeben und bei der Konzeption von Evakuierungsmaßnahmen zu berücksichtigen. Um die Evakuierbarkeit eines neuen Flugzeugtyps nachzuweisen gelten laut behördlichen Vorgaben folgende Simulationsbedingungen:

- Deplaning mit 25 Passagieren pro Minute pro Tür (Typ A).
- Dunkelheit (simulierte Nacht)
- Normale Flugzeuglage (Fahrwerk ausgefahren)
- Layout mit maximaler Passagierzahl
- Nur Notbeleuchtung
- Normale Elektrik ausgeschaltet
- Türen und Vorhänge in „Take off“ – Konfiguration (d.h. offen)
- Sitzgurte müssen angelegt sein
- Repräsentative Passagierauswahl (Geschlecht / Alter)
- Verstreut liegendes Gepäck in den Gängen und den Haupt-, Quer- und Türzugängen



- Benutzung von 50 % der Notausgänge, d.h. eine Tür pro Türpaar

Es müssen sämtlich genannte Anforderungen und Überlegungen bei der Konzeption einer Kabine berücksichtigt werden. Darüber hinaus ergeben sich bei einer Notlandung eine Reihe von Umständen, welche eine geordnete Evakuierung massiv behindern. In den folgenden Abschnitten wird auf diese Probleme gesondert eingegangen. (**AP3 1997/ 1998, JAR 25.803, JARAPJ**)

### **C.3.1 Problemzonen bei der Evakuierung**

In der Flugzeugkabine zeigt sich bei einer Notevakuierung folgende Situation:

- Benutzung von 50 % der Notausgänge, d.h. eine Tür pro Türpaar
- Die Fluchtwege werden durch abgerissene Ausrüstungsbestandteile und herumliegendes Gepäck versperrt. Die daraus hervorgerufenen Staus im Evakuierungsfluss verzögern eine schnelle Evakuierung.
- Blockierte Notausgänge und verformte Fußbodenstrukturen erschweren zusätzlich den Ablauf.
- Auftretender Rauch aufgrund brennender Kabinenverkleidung und Stauffächer verschlechtern massiv die Sicht im oberen Kabinenbereich.
- Hohe Ausstiegshöhen und steile Rutschwinkel der Notrutschen bei einer ungünstigen Lage des Flugzeuges führen zu Verzögerungen im Passagierfluss und zu Verletzungen.
- Durch Beschädigung und Fehlfunktion der Notrutschen sind einige Fluchwege blockiert. Alle Türen müssen mit einer gleichmäßigen Anzahl von Passagieren beaufschlagt werden. (**AP3 1997/1998**)

### **C.3.2 Verhaltensweisen der Fluggäste**

Hinsichtlich einer schnellen Notevakuierung, spielen die Reaktionen und Verhaltensweisen der Fluggäste eine wichtige Rolle. In Notfällen sind verschiedene Verhaltensweisen vorstellbar. Dieser Abschnitt stellt jene Faktoren dar, die durch eine entsprechende Kabinenarchitektur beeinflusst werden können.

Nach einer Notlandung herrscht an Board von Passagierflugzeugen Panik. Die Passagiere sehen sich mit einer nahezu ausweglosen Situation konfrontiert. Daraus hervorgehend wird die logische Entscheidungs- und Handlungsfähigkeit durch Angst, Stress, Desorientierung und Bedrängnis stark beeinträchtigt. Im Normalfall sind die Passagiere nicht in der Lage, ohne die

Hilfe des Kabinenpersonals richtig und schnell zu handeln. Hierbei spielen Panik, Reizüberflutung, soziale Bindungen und der ungewohnte Umgang mit Verletzten oder sogar Toten eine große Rolle. Des Weiteren können während einer Notevakuierung Überlebensinstinkte geweckt werden, welche zu Aggression und sogar Anwendung von Gewalt zwischen Passagieren und gegenüber der Besatzung führen können. Andere Passagiere verharren in einem Schockzustand (Apathie) und sind nur durch deutliche und energische Kommandos der Besatzung zu einer Handlung zu bewegen. Dies kann bis zur erforderlichen Anwendung von Gewalt seitens des Kabinenpersonals führen um die Passagiere zum Verlassen des Flugzeuges zu bewegen. Reizüberflutung kann ein weiterer negativer Faktor sein, der eine schnelle Evakuierung nach einer Notlandung verzögert. Sicherheitseinweisungen des Kabinenpersonals vor Antritt des Fluges, sowie Anweisungen während der Evakuierung, werden vom Passagier nicht verstanden. In vielen Fällen wissen die Passagiere weder wo sich die Notausgänge befinden, wie diese zu öffnen sind, noch sind sie in der Lage durch die plötzliche Reizüberflutung die Leuchtzeichen und Markierungen zu verstehen. Schnell aufkommender Rauch oder Feuer beeinträchtigen zusätzlich die Verhaltensweisen der Passagiere.

Zum größten Teil (ca. 90 %) benutzen Passagiere in Notfällen den nächsten Notausgang. Der Rest wechselt aus unterschiedlichsten Gründen die Fluchtrichtung. Ein Teil der Passagiere klettert über Sitze um Staus in den Gängen zu umgehen und so schneller zum Notausgang zu gelangen. Zudem kann das Öffnen der Türen durch drängelnde Passagiere erheblich behindert werden. (AP3 1997/ 1998)

## **C.4 Operationelle Anforderungen**

Neben den Sicherheitsanforderungen, sind eine Reihe von operationellen Anforderungen in der Kabine einzuhalten, um so die Turn-Round-Time möglichst gering zu halten. Dazu gehört im wesentlichen ein optimiertes Catering, die Ermöglichung eines schnellen Boarding/ Deplaning, sowie ein für Passagier und Flugbegleiter komfortabler und angenehmer Ablauf des Services. Die wesentlichen operationellen Anforderungen, wie sie an heutige Flugzeuge gestellt werden, sind in den folgenden Abschnitten dargestellt.

### **C.4.1 Cateringablauf bei konventionellen Flugzeugen**

In den meisten Fällen werden Passagierflugzeuge direkt nach der Landung auf den nächsten Flug vorbereitet. Ein Bereich der dazu gehört ist die Entleerung und Neubestückung der Bordküchen sowie die Reinigung der Passagierkabine.

Sobald das Flugzeug seine Parkposition auf dem Flugfeld erreicht hat, beginnt die Vorbereitung auf den nächsten Flug. Wenn die Passagiere das Flugzeug verlassen haben, beginnt der Ent- und Beladevorgang der Küchen. Die vorbereiteten Speisen werden vom Cateringpersonal mit einem speziell konstruierten Transporter (Catering Vehicle) an das Flugzeug heran gebracht. Der Frachtraum des Transporters ist hydraulisch höhenverstellbar und wird auf Kabinehöhe angehoben. Als Zugang dienen die, der Boarding-Seite, gegenüberliegenden Kabinentüren. Im ersten Arbeitsgang werden die benutzten Ausrüstungsgegenstände sowie Abfall vom Cateringpersonal von Bord gebracht und im Transporter verstaut. Anschließend werden die vorbereiteten Trolleys und Küchenausrüstungen an Bord gebracht und in den jeweils vorgesehen Küchen der unterschiedlichen Klassen verstaut und fixiert. Kleinere Kurz- und Mittelstreckenflugzeuge werden im Normalfall nur von einem Transporter aus beladen, während Langstreckenflugzeuge zur Reduzierung der Bodenzeiten oft von zwei Cateringteams gleichzeitig beladen werden. Eine Reduzierung der Ent- und Beladezeiten wird durch eine Positionierung der Bordküchen in der Nähe der Hauptzugangstüren begünstigt.

(IFCA)

### **C.4.2 Boarding / Deplaning**

Unter Boarding bzw. Deplaning versteht man den Vorgang, innerhalb dessen die Passagiere kurz vor Antritt des Fluges das Flugzeug verlassen bzw. betreten. Viele Fluggesellschaften praktizieren bei Langstreckenflügen einen sequentiellen Boardingvorgang, in dem die einzelnen Klassen nacheinander das Flugzeug betreten. Falls es die Infrastruktur des Flughafens erlaubt, ist allerdings auch ein teilweises paralleles Boarding der unterschiedlichen Klassen möglich. Der Boardingvorgang wird zudem oft nach spezifischen Personengruppen getrennt durchgeführt. Ein typische Reihenfolge für das Boarding lautet folgendermaßen:

1. Behinderte Passagiere
2. alleinreisende Kinder
3. Familien mit Kleinkindern
4. restliche Passagiere in mehreren Gruppen

Der eigentliche Boardingvorgang erstreckt sich vom Betreten des Flugzeuges, über das Finden des Sitzplatzes, das Verstauen des mitgeführten Handgepäcks bis zur Einnahme des Sitz-

platzes. Dabei kann es leicht zu Rückstaus innerhalb der Gänge kommen. Um diese Aspekte möglichst gering zu halten, sollte ein Flugzeug mit einer hohen Passagierkapazität in mehreren kleinen Gruppen das Flugzeug betreten. Gleiches gilt für das Verlassen des Flugzeuges, wobei ebenfalls, durch z. B. Handhabung des Handgepäcks, Stausituationen in den Gängen entstehen können. Ein entsprechend konzipiertes Kabinenmanagement, kann diese Effekte in einem vertretbaren Rahmen halten und sich positiv auf die Reduzierung der Turn-Round-Time auswirken. (IFCA)

### **C.4.3 Kabinenservice**

Der Service des Kabinenpersonals an den Fluggästen, umfasst im wesentlichen das Servieren von Speisen und Getränken, sowie die Durchführung von Notfallmaßnahmen. Durch den Kabinenservice kann keine Reduzierung der Bodenzeiten erfolgen. Dennoch sollte der Kabinenservice durch eine entsprechende Kabinenauslegung möglich sein, um so den Vorgang, möglichst vor Übergang in den direkten Landeanflug, abzuschließen. Aus diesem Grund sollten die Küchen an Bord eines Flugzeuges so verteilt sein, dass die einzelnen Kabinenbereiche gleichzeitig von den Flugbegleitern bedient werden können. Da jeder Essenswagen (Trolley) nur eine begrenzte Anzahl von Mahlzeiten aufnehmen kann, müssen die Flugbegleiter mehrmals zur Küche zurück, um die leeren Trolleys gegen volle auszutauschen. Somit sind lange Wege durch die Verteilung der Küchen zu vermeiden. Da es sich bei einem Nurflügler um ein Langstreckenflugzeug handelt, ist eine Minimierung der Servicezeiten in diesem Fall von mittlerer Priorität, da hierfür mehr Zeit während des Fluges zur Verfügung steht.

Die Serviceprozeduren lassen sich nicht verallgemeinert darstellen, da jede Fluggesellschaft ihre eigenen Abläufe festlegt. Auf Langstreckenflügen werden den Fluggästen häufig Getränke gereicht, bevor Menüs serviert werden. Die Gänge in der Kabine sollten so ausgelegt sein, dass sich die Passagiere vom Ablauf des Service nicht gestört fühlen und die Trolleys vom Personal möglichst bequem durch die Kabine bewegt und gehandhabt werden können.

## **C.5 Grundbegriffe der Passagierkabine**

Ist die Passagierkabine eines Flugzeuges so ausgelegt, dass sie über nur einen Mittelgang verfügt, spricht man von einer Single-Aisle Konfiguration. Zu den Single-Aisle Flugzeugen von Airbus gehören die A318, A319, A320 und A321. Single Aisle Flugzeuge werden aufgrund ihrer Größe und Reichweite vorwiegend auf Kurz- und Mittelstrecken eingesetzt. Verfügt die Passagierkabine über zwei parallel verlaufende Längsgänge, so spricht man in diesem Zusammenhang von Twin Aisle Konfigurationen. In diesem Sektor bietet Airbus neben dem A300-600 und der A310 zur Zeit den Airbus A330 und A340 an. Twin Aisle Flugzeuge sind auf Mittel- und Langstrecken ausgelegt.

Die Anzahl der im Flugzeug mitzuführenden Passagiere hängt neben der Größe des Flugzeugs und damit der Kabine, auch von der Art des Layouts ab. Es gibt unterschiedliche Arten von Klassen-Bestuhlungen in einem Passagierflugzeug. Charterfluggesellschaften bevorzugen beispielsweise ein Ein-Klassen-Layout. Dabei ist das ganze Flugzeug in Economy-Class Konfiguration ausgestattet. Darüber hinaus sind aber auch Konfigurationen in Zwei- und Drei- Klassen Anordnung möglich. Bei einem Drei-Klassen-Layout sind drei unterschiedliche Passagierbereiche untergebracht, die den unterschiedlichen Ansprüchen hinsichtlich Reisekomfort und Raumangebot Rechnung tragen. Die Unterteilung erfolgt im allgemeinen in First-, Business- und Economy-Class wobei die First-Class den höchsten Komfortstandard bietet, während die Economy-Class die größte Passagierkapazität aufweist. Die folgende Abbildung zeigt den Kabinenplan eines Single Aisles Flugzeuges (hier: Airbus A321) in einem Zwei- Klassen- Layout. Die Business-Class kennzeichnet sich durch einen, gegenüber der Economy- Class, erhöhten Reisekomfort wobei Rücksicht auf eine möglichst hohe Passagierzahl genommen wird. Sie richtet sich in erster Linie an Geschäftsreisende während die Economy- Class eher am Massenflugverkehr ausgerichtet ist. Die First-Class entspricht dem höchsten Komfortstandard an Bord des Flugzeuges obwohl an dieser Stelle erwähnt werden sollte, dass einige Airlines weitere Klassen wie z. B. die Super-First-Class etablieren.

## **C.6 Komponenten der Passagierkabine**

Neben den festen Einbauten wie Küchen und Toiletten, enthält die Passagierkabine weitere Komponenten, die wesentlich zur Kabinengestaltung beitragen. Dazu sind in erster Linie die Passagiersitze, Flugbegleitersitze, Sitzschienen, Staufächer für Handgepäck und Verkleidungen zu nennen. Des Weiteren sind Stauschränke, Trennwände und Vorhänge in einer Kabine vorzufinden, welche hier jedoch nicht explizit erklärt werden.

### C.6.1 Passagiersitze

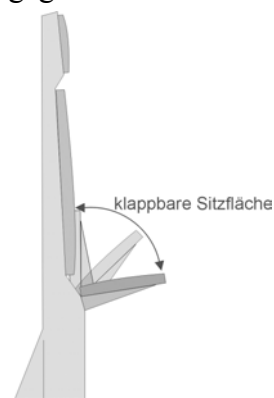
Die Passagiersitze sind unterschiedlich komfortabel gestaltet und werden dementsprechend in unterschiedlichen Abständen zueinander im Flugzeug installiert. Da es mehrere Hersteller von Passagiersitzen gibt, werden für Layoutentwürfe Standardgeometrien festgelegt. Es gibt unterschiedliche Anordnungen von Sitzen. Beispielsweise sind in der Economy-Class Sitzreihen mit bis zu vier Sitzen möglich während in der First- Class aus Komfortgründen maximal zwei Sitze direkt nebeneinander angeordnet werden (Forderung: keine „One-Excuse-Me Sitze“). Bild C.1 zeigt die Standardsitze, welche auch in dieser Ausarbeitung Verwendung finden.



**Bild C.1** 3D Standardgeometrien der Passagiersitze (FC/ BC/ EC)

### C.6.2 Flugbegleitersitz

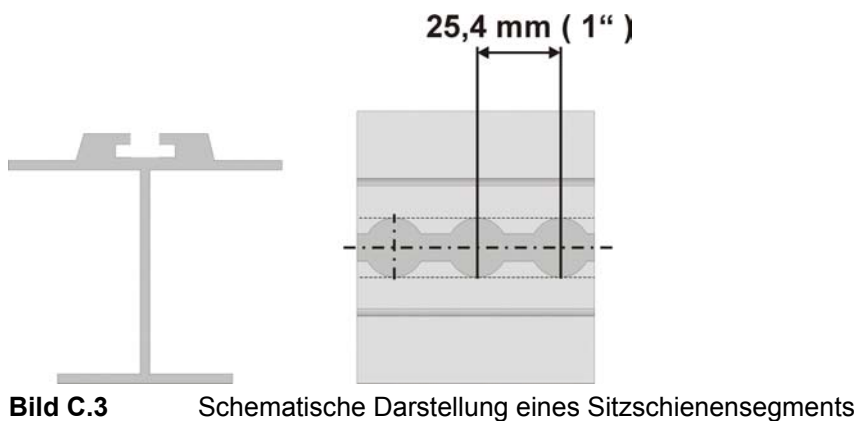
Während der Start- und Landephase sitzen die Flugbegleiter auf speziellen Sitzen (sog. Cabin Attendant Seat oder CAS) (Bild C.2). Sie sind an den durch die JAR/ FAR-Vorschriften vorgegebenen Stellen zu positionieren.



**Bild C.2** Flugbegleitersitz (CAS)

### C.6.3 Sitzschienen

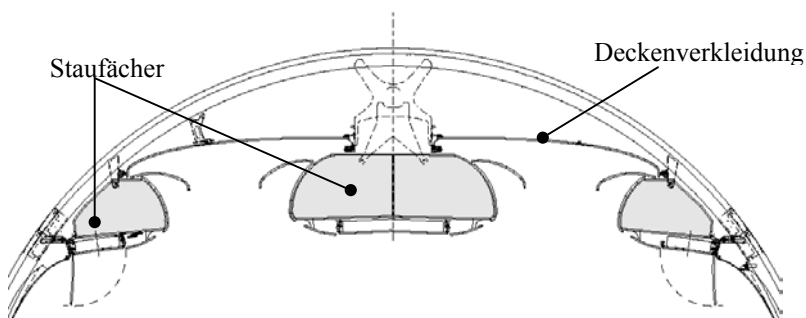
Sämtliche Sitze werden auf den im Boden integrierten Sitzschienen verankert. Diese Sitzschienen sind in Längsrichtung im Fußbodensystem integriert und bestehen aus einem Doppel-T-Profil, auf dessen oberen Schenkel Führungsleisten für die Befestigung der unterschiedlichen Sitze eingearbeitet sind. Sitzschienen ermöglichen eine flexible Sitzanordnungen in einem Raster mit einer Schrittweite von 1 Zoll (siehe Bild C.3). Die Sitze sämtlicher Klassen sind so ausgelegt, dass sie auf einer einheitlichen Sitzschiene befestigt werden können. Für Flugbegleitersitze werden im Bedarfsfall zusätzliche Hilfsschienensegmente in den benötigten Bereichen installiert. Sitzschienen dienen nicht nur als Befestigungselement für die Passagiersitze sondern sind gleichzeitig ein Element der Flugzeugprimärstruktur.



**Bild C.3** Schematische Darstellung eines Sitzschienensegments

### C.6.4 Staufächer (Overhead Stowage Bins)

Ein weiterer Bestandteil der Passagierkabine sind die Staufächer oberhalb der Passagiersitze. Die sogenannten Stowage Bins dienen der Unterbringung von Handgepäck oder anderem in der Kabine zu verstauenden Gegenständen. Darüber hinaus werden in den Staukästen die Sauerstoffmasken für Notfallsituationen sowie Leselampen und Serviceschalter untergebracht (Bild C.4).



**Bild C.4** Staufächer und Deckenverkleidung A340 (OHSC)



**Bild C.5** Absenkbare Staufächer im A340

Bild C.5 zeigt ein absenkbares Staufach aus dem Airbus A340. Die Staufächer sind über spezielle Trägersysteme mit der Primärstruktur des Flugzeuges verbunden und existieren in den unterschiedlichsten Ausführungen auf die an dieser Stelle jedoch nicht weiter eingegangen werden soll.

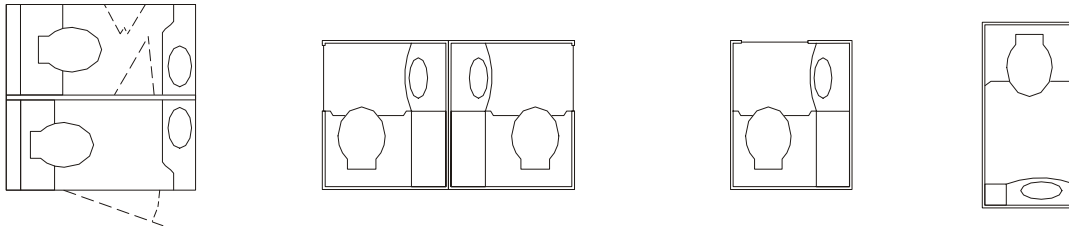
## **C.7 Feste Einbauten**

In einer Flugzeugkabine werden neben den dargestellten Komponenten auch weitere feste Einbauten (sog. Monumente) installiert. Die wichtigsten Einbauten werden in den folgenden Abschnitten dargestellt.

### **C.7.1 Toiletten**

Jedes Flugzeug verfügt über eine bestimmte Anzahl von Bordtoiletten (sog. Lavatory) deren Anzahl von der Passagierkapazität des Flugzeuges abhängt. Im Regelfall werden die Bordtoiletten auf den Sitzschienen montiert. Die Bordtoiletten existieren in unterschiedlichen Ausführungen. Bei Monumenten wird generell zwischen deren Lage unterschieden. Die erste Möglichkeit ist eine Lage in der Rumpfmittle. Hier spielt die Krümmung der Rumpfaußenhaut keine wesentliche Rolle. Liegt das Monument jedoch an den Seiten der Kabine, so muss sie der Krümmung der Rumpfstruktur angepasst werden. Für beide Fälle werden bei der Kabinenentwicklung die gleichen Typen von Standard-Toiletten definiert. Diese unterscheiden sich im wesentlichen durch ihren Grundriss. Darüber hinaus existieren noch konvertierbare Toiletten (Multifunktionstoiletten), die speziell auf die Benutzung durch behinderte Passagiere ausgelegt sind. Dabei handelt es sich in den meisten Fällen um zwei nebeneinander liegende Einzeltoiletten, die durch eine klappbare Mittelwand voneinander getrennt sind. Bei Bedarf kann diese Trennwand zur Seite geklappt werden um so den Raum zu vergrößern und die Benutzung, beispielsweise durch einen Rollstuhlfahrer, zu erleichtern. In den folgenden Abbildungen sind die Grundrisse der Standardtoiletten dargestellt.



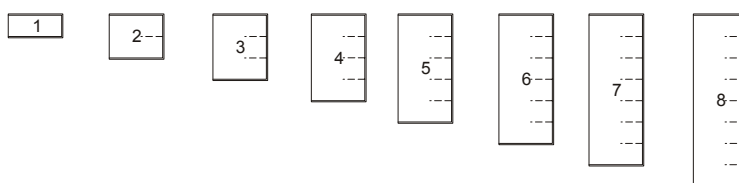


**Bild C.6** Standard-Toiletten

Die in Bild C.6 dargestellten Grundrisse, werden für die Erstellung von Kabinenlayouts ungeachtet der Position verwendet. Die Möglichkeit des Einbaus speziell in den konischen und gekrümmten Kabinenbereichen muss nach der Layouterstellung in einem 3D-CAD Modell überprüft werden. Gegebenenfalls muss anschließend das Layout entsprechend modifiziert werden. In dieser Ausarbeitung wurden neben diesen Standardtoiletten auch größere Toiletten verwendet, die heutzutage noch nicht angedacht werden (siehe Kap. 6).

### C.7.2 Küchen

Ein weiteres primäres Gestaltungsmerkmal einer Flugzeugkabine, sind die Bordküchen (Galley). Sie dienen der Aufbewahrung und Zubereitung der mitgeführten Nahrungsmittel. Gelagert werden die Speisen in Servierwagen (Trolley), die fertig bestückt vor dem Start an Bord genommen und in den Küchen verstaut werden. Die Trolleys sind so ausgelegt, dass sie in den Hauptgängen der Kabine benutzt werden können. Allgemein unterscheidet man zwischen quer und längs zur Flugrichtung stehenden Bordküchen, sowie zwischen Küchen für den Rumpfmitten- und Rumpfaußenbereich. Letzterer kennzeichnet sich, wie bereits bei den Toiletten erwähnt, durch die Krümmung der Kabine. Die Anzahl der vorzusehenden Bordküchen hängt im wesentlichen von dem operationellen Einsatzgebiet ab. Für Langstreckenflüge ist eine hohe Anzahl von Küchen notwendig, da auf derartigen Flügen mehrere Mahlzeiten serviert werden. Bei Kurz- und Mittelstreckenflügen ist die erforderliche Kapazität im Normalfall geringer. Abhängig von den jeweiligen Klassen und dem unterschiedlichen Serviceangebot, wird für jede Klasse das Verhältnis von Passagier pro Trolley separat festgelegt (Siehe Ratios). Für die Kabinengestaltung wird hier, ähnlich wie bei den Sitzen, eine Standardgeometrie festgelegt. Je nach Anzahl der benötigten Trolleys für die Klassen, werden die unterschiedlichen Küchen miteinander kombiniert um die Anforderungen an die Gesamtkapazität zu erfüllen. Folgendes Bild C.7 zeigt die hier in den Kabinenlayouts verwendeten Küchensymbole.



**Bild C.7** Küchenstandardgeometrien

### C.7.3 Flight/ Cabin Crew Rest Compartments (FCRC/ CCRC)

Langstreckenflugzeuge, wie z. B. der Airbus A330, A340 und A380 mit Reichweiten von bis zu 14000 Kilometern, werden aufgrund der Flugdauer und der damit verbundenen Arbeitsbelastung für Piloten und Kabinencrew mit einer zweiten Crew vorgesehen. Um ihnen eine möglichst ungestörte Ruhepause zu ermöglichen, werden in Langstreckenflugzeugen sog. Crew Rest Compartments eingebaut. Es sind nach **TLCRD Airbus Industrie/LE-C 821.0102/99** mindestens für die Hälfte der Besatzung Schlaf- und Ruheräume, auf Langstreckenflügen vorzusehen. Diese Compartments befinden sich an den Stellen in der Flugzeugkabine, wo keine Sitze bzw. wenige Sitzplätze verdrängt werden. Direkt hinter dem Cockpit befinden sich die Ruheräume der Piloten, in der Größenordnung der A380 FCRC. Im Falle eines Notfalles wären die Piloten somit in Cockpitnähe. Ein FCRC ist für eine zweite mitgeführte Cockpitcrew vorgesehen. Sie umfasst im allgemeinen 2 Ruheplätze für Pilot und Co- Pilot. Ein CCRC ist für die Kabinenbesatzung vorgesehen und hat je nach betreibender Fluggesellschaft unterschiedliche Kapazitäten. Im Falle des Nurflüglers würde sich eine Unterbringung auf dem Oberdeck oder im Frachtraum eignen.

## C.8 Gesetzliche Maßvorgaben

Durch die europäischen und amerikanischen Luftfahrtbehörden, werden eine Reihe von Abstände und Maße festgelegt, die bei der Gestaltung einer Passagierkabine einzuhalten sind. In erster Linie werden diese Maße aus sicherheitstechnischen Gründen festgelegt, um im Notfall den größtmöglichen Schutz der Passagiere vor Verletzungen zu garantieren. Darüber hinaus, soll eine möglichst schnelle Evakuierung durch die Festlegung von Mindestgangbreiten von Längs- und Quergängen erreicht werden. Es ist zu erwarten, dass bei der Ausarbeitung eines Konzeptes für die Passagierkabine eines Nurflüglers nicht immer eine Einhaltung dieser Vorschriften möglich ist. In diesem Fall sind die Problematiken zu untersuchen und ggf. Alternativvorschläge zu machen. Der folgende Abschnitt erläutert die wesentlichsten Vorgaben der FAA und JAA.

### C.8.1 Sitzreferenzpunkt

Der Sitzreferenzpunkt (SRP) dient zur eindeutigen Bestimmung der Lage eines Sitzes unabhängig von dessen Geometrie. Er ist definiert als der Schnittpunkt zwischen der Mitte der unverformten Rückenlehne in Normalposition und der Mitte der Sitzfläche eines Passagiersitzes. Vom Sitzreferenzpunkt gehen z. B. die Mindestmaßangaben für den Abstand zwischen Passagiersitz und Flugbegleitersitz aus. (**AC 25.785**) (siehe Bild C.8)

## **C.8.2 Abstand von Passagiersitz zu Einbauten**

Der Abstand von Passagiersitz zu Einbauten wird von der JAA und FAA unterschiedlich definiert. Bei der weiteren Ausarbeitung findet jedoch nur die JAA Vorschrift Berücksichtigung. Der Vollständigkeit halber werden beide Vorschriften dargestellt.

### **JAA - Vorschrift**

Um den größt möglichen Schutz des Passagiers im Falle einer Notlandung zu gewährleisten, ist der Abstand von Einbauelementen (Monumenten) zu dahinter liegenden Passagiersitzen festgelegt. Die Gefahr von Kopfverletzungen ist hierbei besonders groß. Im Falle einer Beschleunigung nach vorne, werden Beine sowie der Oberkörper, aufgrund der Trägheit, nach vorne beschleunigt. Um das Risiko solcher Kopfverletzungen auf ein vertretbares Maß zu reduzieren wird ein Mindestabstand mit den in der Zeichnung dargestellten Abmessungen in den Vorschriften der JAA festgelegt. (**JAR 25.785, ACJ 25.785 c**) (siehe Bild C.8)

### **FAA - Vorschrift**

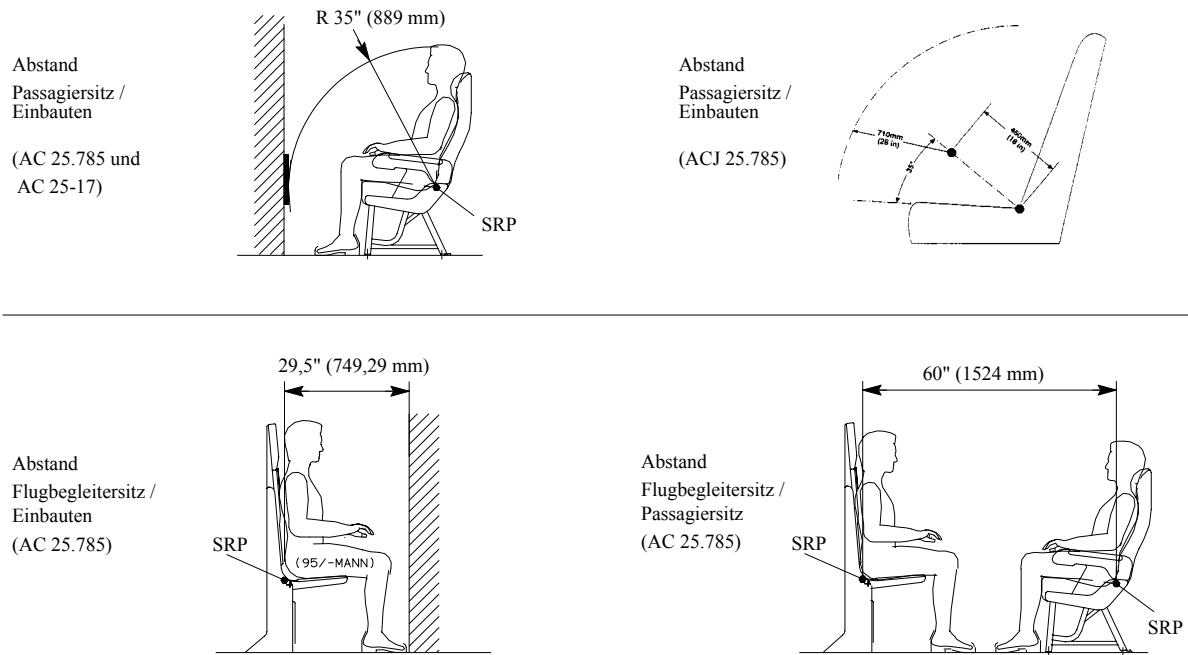
In den Vorschriften der FAA wird laut AC 25.785 der Abstand von Passagiersitzen zu Kabineneinbauten mit einem Radius von 35 Zoll um den Sitzreferenzpunkt festgelegt. (siehe Bild C.8)

## **C.8.3 Abstand von Flugbegleitersitz zu Passagiersitz**

Auch der Mindestabstand zwischen Flugbegleitersitz und Passagiersitz berücksichtigt Überlegungen hinsichtlich der Körperbewegungen während Notsituationen, wie Notlandung oder starken Turbulenzen. Durch einen ausreichend großen Abstand von Passagier- und Flugbegleitersitz soll das Risiko von Kopfverletzungen aufgrund von heftigen Zusammenstößen minimiert werden. Der Abstand der Sitze wird über deren jeweiligen Sitzreferenzpunkt definiert und beträgt 60 Zoll. (**JAR 25.785, ACJ 25.785 c**) (siehe Bild C.8)

## **C.8.4 Abstand von Flugbegleitersitz zu Einbauten**

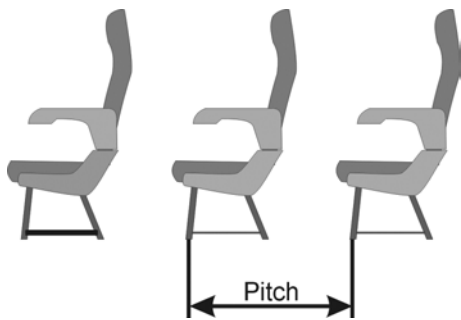
Der Abstand von Flugbegleitersitzen zu Einbauten ist mit einem Abstand von 29,5 Zoll zum Sitzreferenzpunkt festgelegt. (**AP3 1997, AC 25.785**) (siehe Bild C.8)



**Bild C.8** Sitzabstände

### C.8.5 Sitzreihenabstand (Seat Pitch)

Ein wesentliches Gestaltungsmerkmal der Kabine ist der Sitzreihenabstand (Seat Pitch). Dieser beschreibt den Abstand der hintereinander liegenden Sitzreihen in den einzelnen Klassen (siehe Bild C.9). Die Größe des Sitzreihenabstandes unterliegt in erster Linie wirtschaftlichen und ergonomischen Gesichtspunkten und wird bisher nicht durch die FAA- und JAA-Vorschriften festgelegt.



**Bild C.9** Sitzreihenabstand

Im heutigen zivilen Passagierflugzeugbau, hat sich ein Mindestmaß für den Sitzreihenabstand von 30 bis 32 Zoll etabliert, jedoch werden die genauen Sitzabstände von den betreibenden Fluggesellschaften festgelegt. Beispielsweise kann zur Verbesserung des Reisekomforts, z. B. der Beinfreiheit, der Pitch erhöht werden. Im umgekehrten Fall könnte dieser jedoch ebenfalls, z. B. zur Erhöhung der Passagierkapazität, auf ein Mindestmaß reduziert werden. Im

letzteren Fall sind jedoch Überlegungen hinsichtlich der Flugdauer zu berücksichtigen, da auf längeren Flügen die Gefahr der Thromboseerkrankungen ein Rolle spielt.

### C.8.6 Abstand der Rückenlehne zu Einbauten (Recline)

Um den Passagieren, die auf Sitzen vor Monumenten sitzen, ebenfalls eine angenehme Sitzposition zu ermöglichen, wird ein bestimmter Abstand für die Verstellung der Rückenlehne vorgesehen. Diesen Abstand zwischen Sitz und Monument bezeichnet man als Recline (siehe Bild C.10) und ist ebenfalls für die Klassen unterschiedlich definiert. Wie der Sitzreihenabstand unterliegt auch der Recline keinen gesetzlichen Vorgaben durch die europäischen und amerikanischen Luftfahrtbehörden.

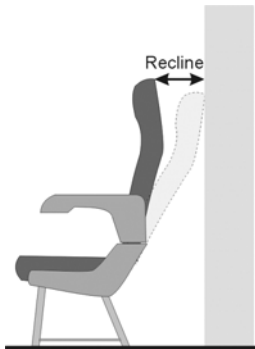


Bild C.10 Recline

### C.8.7 Türtypen

Im Flugzeugbau finden verschiedene Türtypen Verwendung. Sie unterscheiden sich im wesentlichen durch ihre Maße, ihre Position und ihre Verwendung. Flugzeugtüren sind grundsätzlich von innen nach außen zu öffnen, so dass sie im geöffneten Zustand nicht in die Kabine hineinreichen. Durch die FAR/ JAR 25-Vorschriften, sind die Abmaße der Breite und Höhe für die in einem Flugzeug zu verwendenden Türen festgehalten. Es werden zudem auch die maximal zulässigen Eckenradien für jeden Türtyp festgelegt. Über die Maße hinaus, wird auch die Anzahl der maximal für eine Tür zu berechnenden Passagiere im Falle einer Evakuierung angegeben. Des weiteren schreiben die Vorschriften die Höchstmaße für die Lage der unteren Türkanten fest. Dabei wird zwischen Absatzhöhe (Step-Up) und Absatztiefe (Step-Down) unterschieden. Unter Absatzhöhe versteht man den maximalen Abstand der Türunterkante zum Kabinenboden des Flugzeugs. Mit der Absatztiefe wird der Abstand der Türunterkante zu den außerhalb des Flugzeuges liegenden Flächen (z. B. Tragfläche) definiert, die als Fußhalt dienen können. Unterschieden wird zwischen Türen, deren Unterkante in einer Ebene mit dem Kabinenboden liegen (Floor-Level Türen) und Türen, die nach oben versetzt angeordnet sein können. (siehe Bild C.11)

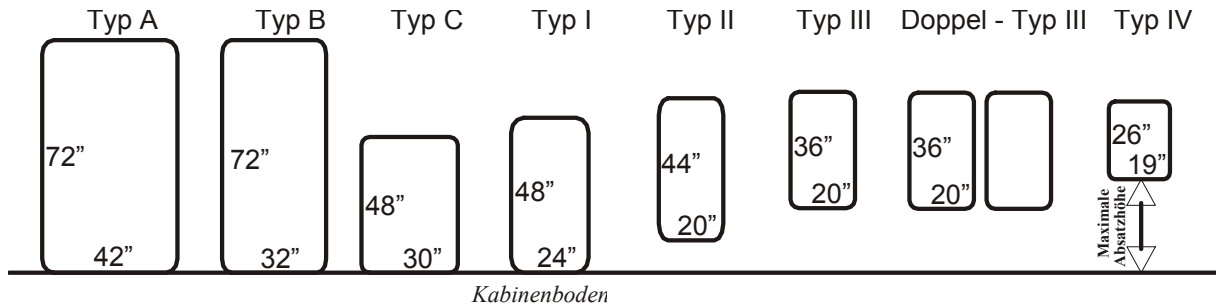


Bild C.11 Türtypen

Die Türen des Typs II, III und Doppel- III werden meistens über den Tragflächen angeordnet und werden ausschließlich für Evakuierungszwecke genutzt. Man spricht in diesem Fall von Over-Wing-Exits. Eine Übersicht über die zulässigen Passagierzahlen während einer Evakuierung, sowie Maße und Absatzmaße sind in Tabelle C.1 dargestellt. (**JAR 25.807**)

Tabelle C.1 Türtypen

Türtyp	A	B	C	I	II	III	Doppel III
Floor Level	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein
Breite in Zoll	42	32	30	24	20	20	Je 20
Höhe in Zoll	72	72	48	48	44	36	Je 36
Passagiere pro Tür	110	75	55	45	40	35	65
Absatzhöhe in Zoll	0	0	0	0	10	20	20
Absatztiefe in Zoll	0	0	0	0	27	36	36

## C.8.8 Gangbreiten

Die in einem Flugzeug mindestens einzuhaltenden Breiten für die Kabinengänge sind in den Vorschriften der Luftfahrtbehörden definiert. In diesem Zusammenhang werden zwei Maße festgelegt, welche die Gangbreiten eindeutig festlegen. Das erste Maß beschreibt die Gangbreite vom Kabinenboden bis zu einer Höhe von 25 Zoll. Das zweite Maß legt die Breite des Kabinenganges ab einer Höhe von 25 Zoll fest. Darüber hinaus sind die Mindestgangbreiten für unterschiedliche Passagierkapazitäten festgelegt. (**JAR 25.815**) (Siehe Tabelle C.2).

Tabelle C.2 Gangbreiten (**JAR 25.815**)

Passagierkapazität	Mindestgangbreite (Zoll)	
	Bodenhöhe bis zu einer Höhe von 25 Zoll	Ab einer Höhe von 25 Zoll
10 und weniger	12*	15
11 bis 19	12	20
20 und mehr	15	20

Die Gangbreite zwischen hohen Kabineneinbauten, wie beispielsweise zwischen einer Bordtoilette und einer Küche, sollte mindestens 30 Zoll betragen. Dieses Maß ist zwar derzeit noch nicht in den Vorschriften der JAA oder FAA verankert, wird aber in absehbarer Zeit dort Berücksichtigung finden. Bereits heute wird dieses Maß bei der Entwicklung von Kabinenkonzepten, z. B. bei der Entwicklung des Großraumflugzeuges Airbus A380, angewandt.

### C.8.9 Quergänge

Da aufgrund der Flugzeuggeometrie eines Nurflüglers mit Türanlagen zu rechnen ist, die nicht in den Vorschriften der JAA und FAA definiert sind, müssen die Vorschriften entsprechend, für die jeweilige Türkonfiguration, interpretiert werden. Für konventionelle Flugzeuge sind die Vorschriften wie folgt definiert: Bei zwei oder mehr Hauptgängen muss ein Quergang zu jedem Zugang zwischen Tür und Hauptgang vorgesehen werden. Quergänge verlaufen zwischen den Innenseiten zweier Längsgänge. Der Verlauf eines Querganges muss weder rechtwinklig zum Längsgang noch gerade ausgelegt sein. Quergänge sind als nicht zu versperrende Bereich zu betrachten. Das bedeutet, dass der Raum zwischen Wand und/ oder Sitzen bei zurückgelehnten Sitzen das Mindestmaß für die jeweilige Breite nicht unterschreiten darf. Von jedem Hauptgang muss ein Quergang zu Türen des Typs I, Typ II und Typ A führen. Jeder Gang, der zu einer Tür des Typs A führt, muss mindestens 36 Zoll breit sein. Andere Quergänge müssen eine Mindestbreite von 20 Zoll aufweisen (Bild C.12)(JAR 25.813, AP3 1997)



**Bild C.12** Quergänge

### C.8.10 Türpositionen

Bei den Türpositionen handelt es sich, wie bei den Quergängen, um Vorgaben die sich auf ein konventionelles Konzept in Rumpf-Flügel Bauweise beziehen. Auch hier müssen die Vorschriften für einen Nurflügler entsprechend neu interpretiert werden. Bei Flugzeugen mit

mehr als einer Tür pro Seite dürfen die Türen einen maximalen Abstand von 60 Fuß (18,288 Meter) zwischen zwei benachbarten Türen einer Seite aufweisen.

Zudem muss mindestens ein Notausgang nahe jedem Ende der Kabine angeordnet sein. Die Notausgänge müssen entsprechend der Passagierverteilung gleichmäßig auf die Kabine verteilt werden. Die Position von Notausgängen auf beiden Seiten der Kabine muss weder symmetrisch noch vom selben Türtyp sein. Ist die Kabine so aufgeteilt, dass Passagiere vor dem ersten oder hinter dem letzten Notausgang sitzen, so darf die Anzahl dieser Passagiere 75% der maximal für den verwendeten Türtyp zugelassenen Passagierzahl nicht überschreiten.

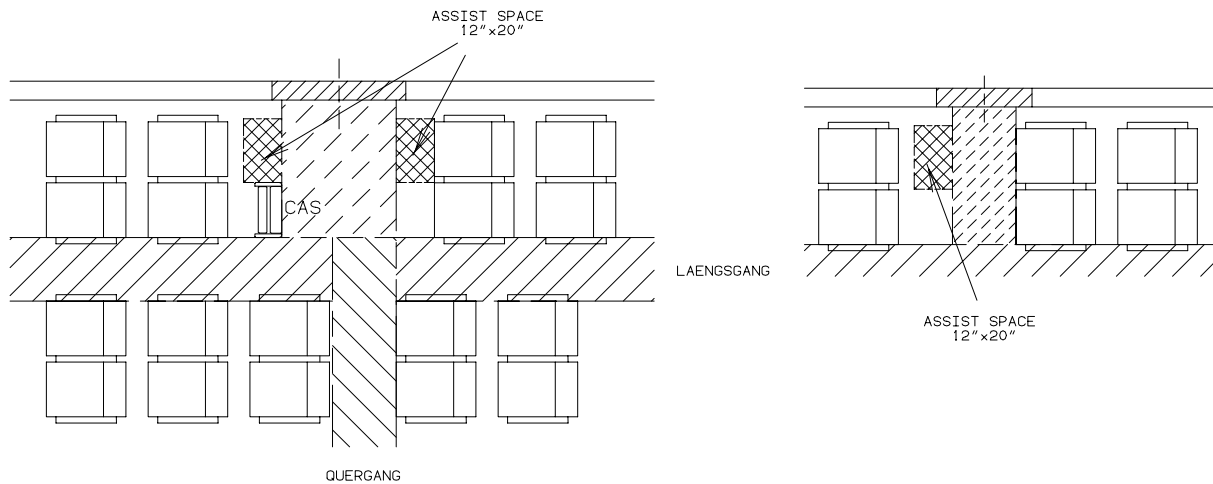
**(JAR 25.807, JAR 25.783)**

### **C.8.11 Assist Space**

Um die Passagiere während einer Notevakuierung möglichst effizient unterstützen zu können, ist an den Türen ein Bereich vorzusehen, in dem sich die Flugbegleiter während des Notausstiegs aufhalten. Während eines Notausstiegs stehen die Flugbegleiter auf dieser Position, dem sogenannten Assist Space (AS) und koordinieren die Evakuierung bzw. unterstützen die Passagiere beim Ausstieg über die Notrutschen. Der Assist Space darf die vorgeschriebene Breite des Türzugangs nicht verringern. Die Größe des Assist Space hat eine vorgeschriebene Mindestlänge von 20 Zoll und eine Mindestbreite von 12 Zoll, wobei die lange Seite parallel zum Türgang verlaufen muss. Der Flugbegleiter muss auf dem Assist Space aufrecht stehen, und die erforderliche Hilfestellung leisten können. Sollte dies durch die Krümmung der Rumpfstruktur nicht möglich sein, ist zusätzlicher Platz vorzusehen. Passagiersitze dürfen nur dann in den Assist Space hineinreichen, wenn der Sitz nach vorne geschoben werden kann und/ oder die Sitzkissen eindrückbar sind. Der Assist Space muss nicht direkt an den Ausgang angrenzen und kann im geringem Abstand dazu liegen. Er muss jedoch außerhalb des Hauptganges liegen. Darüber hinaus ist die Anzahl der Assist Spaces für bestimmte Türtypen unterschiedlich definiert. An Typ A/ B Türen sind je ein Assist Spaces auf beiden Seiten des Ganges vorzusehen. An allen anderen Türtypen ist mindestens ein Assist Space vorzusehen, wenn sich der Ausgang *nicht* über dem Flügel befindet. Eine schematische Darstellung der jeweiligen Anforderung sind den folgenden Abbildungen zu entnehmen. **(JAR 25.809, JAR 25.810, AP3 1997)** (siehe Bild C.13)



## Assist Space



Typ A / Typ B Tür

alle anderen Tür-Typen

**Bild C.13** Assist Spaces vor den Türen**C.8.12 Direct View**

Die Flugbegleitersitze (CAS) sind möglichst so zu positionieren, dass sie sich nahe der Not-evakuierungstüren befinden (**JAR 25.785** (h) (1) (2)). Eine weitere Vorschrift besagt, dass die Flugbegleiter während der Start- und Landephase, von ihren Sitzen aus, mindestens 50 – 80 % des ihnen zugeteilten Passagierbereichs überblicken können (**AC 25.785-1A 9**; **GC**). Hilfsmittel wie Spiegel oder Videosysteme sind im Normalfall bislang noch nicht zugelassen.

Da hier nur die wichtigsten Aspekte zusammengefasst sind, ist für weitere Entwicklungsarbeiten ein **Nachlesen** der vollständigen Gesetzestexte **unbedingt erforderlich**.