



**DGLR-Seminar
Kabine / Kabinensysteme**

***Kabinenarchitekturen*
*und Luftrecht***

Prof. Dr.Ing. Hans J. Flüh

Prof. Dr.Ing. Michael Seibel (Vortragender)

Fachbereich Fahrzeugtechnik + Flugzeugbau

Hochschule für Angewandte Wissenschaften - Hamburg

Dresden, September 2004

1. EINLEITUNG	Einleitung - 1
1.1 GENERELLE TRANSPORTANFORDERUNGEN	Einleitung - 2
1.2 BESCHREIBUNG DER TRANSPORTGÜTER	Einleitung - 2
2. GRUNDSÄTZLICHE AUSLEGUNGSKRITERIEN	Einleitung - 3
2.1 MINDESTVORGABEN	Einleitung - 3
2.1.1 GESETZLICHE VORGABEN	Einleitung - 3
2.1.2 TECHNISCHE RANDBEDINGUNGEN	Einleitung - 4
2.1.3 OPERATIONELLE RANDBEDINGUNGEN	Einleitung - 4
2.2 OPTIONALE VORGABEN	Einleitung - 4
3. GESETZLICHE VORGABEN NACH JAR/FAR	Vorgaben - 1
3.1 DIMENSIONIERUNGSVORGABEN	Vorgaben - 2
3.1.1 DEFINITION DES LASTVIELFACHEN	Vorgaben - 2
3.1.2 BERÜCKSICHTIGUNG VON NOTLANDEBEDINGUNGEN	Vorgaben - 3
3.1.3 RESULTIERENDE ECKWERTE FÜR LASTVIELFACHE	Vorgaben - 4
3.1.4 BEANSPRUCHUNG, SICHERHEITSAKTOREN UND DIMENSIONIERUNGSLASTEN	Vorgaben - 6
3.1.5 FESTIGKEITSNACHWEIS ÜBER RESERVEFAKTOREN	Vorgaben - 8
3.1.6 BERÜCKSICHTIGUNG VON FATIGUE	Vorgaben - 8
3.2 GESTALTUNGSVORGABEN	Vorgaben - 10
3.2.1 UNTERBRINGUNG VON PERSONEN UND FRACHT	Vorgaben - 10
3.2.2 BERÜCKSICHTIGUNG VON EINZELNEN, MASSENBEHAFTETEN GEGENSTÄNDEN	Vorgaben - 10
3.2.3 INFORMATIONEN-SYMBOLS	Vorgaben - 11
3.3 VORGABEN FÜR NOTFÄLLE	Vorgaben - 12
3.3.1 NOTEVAKUIERUNG	Vorgaben - 12
3.3.2 NOTAUSGÄNGE	Vorgaben - 13
3.3.3 FLUCHTWEGE	Vorgaben - 15
3.3.4 UNTERFLUR-EINRICHTUNGEN	Vorgaben - 18
3.3.5 NOTWASSERUNG	Vorgaben - 19
3.3.6 KLIMATISIERUNG	Vorgaben - 21
3.3.7 FEUERSCHUTZ	Vorgaben - 23
3.3.8 WEITERE AUSRÜSTUNGSGEGENSTÄNDE	Vorgaben - 27
3.4 ANDERE REGELWERKE	Vorgaben - 29
3.4.1 BETRIEBSVORSCHRIFTEN NACH JAR - OPS 1	Vorgaben - 29

4. TECHNISCHE VORGABEN	Technik - 1
4.1 RUMPFSCHALE	Technik - 1
4.2 SITZE, SITZSCHIENEN	Technik - 4
4.3 KLIMAAANLAGE, BELÜFTUNG	Technik - 6
4.4 ELEKTRISCHE SYSTEME	Technik - 8
4.5 KÜCHEN / GALLEYS	Technik - 9
4.6 LAVATORIES	Technik - 11
4.7 WASSER, ABWASSER	Technik - 12
4.8 TÜREN, TORE	Technik - 14
4.9 SICHERHEITSEINRICHTUNGEN	Technik - 15
4.10 FRACHTBEHÄLTER	Technik - 17
5. KABINENAUSLEGUNG	Auslegung - 1
5.1 RUMPFABMESSUNGEN	Auslegung - 1
5.1.1 TECHNISCHE VORGABEN	Auslegung - 1
5.1.2 ABSCHÄTZUNG VON QUERSCHNITT UND RUMPLÄNGE	Auslegung - 4
5.2 RUMPFQUERSCHNITTE UND SITZANORDNUNG	Auslegung - 6
5.2.1 TYPISCHE ABMESSUNGEN UND ABSTAND DER SITZREIHEN	Auslegung - 6
5.2.2 AUFTEILUNG IN KLASSEN	Auslegung - 7
5.2.3 BERÜCKSICHTIGUNG VON WEITEREN AUFWENDUNGEN IN DER KABINE	Auslegung - 8
5.2.4 BERÜCKSICHTIGUNG DER EVAKUIERUNGSANFORDERUNGEN	Auslegung - 10
5.2.5 HAT-RACKS UND ANDERE STAUÄRÄUME	Auslegung - 11
5.3 FRACHT	Auslegung - 12
5.3.1 FRACHTRAUMVOLUMEN	Auslegung - 12
5.3.2 BENÖTIGTES GEPÄCKVOLUMEN	Auslegung - 13
5.3.3 FRACHTCONTAINER	Auslegung - 14
5.4 TURN-AROUND PROZESS	Auslegung - 15
5.5 KOMFORTASPEKTE	Auslegung - 18
5.5.1 MULTIMEDIA	Auslegung - 18
5.5.2 NUTZUNG UNTERFLURBEREICHE	Auslegung - 19
5.6 ZUKÜNFTIGE ANFORDERUNGEN / WÜNSCHE	Auslegung - 21

1. *Einleitung*

□ **Inhalt dieses Moduls**

- “ **Grundsätzliche Regeln für die Auslegung von Flugzeugkabinen**
- “ **Beschränkung auf**
 - heutige Verkehrsflugzeuge
 - den Bereich der Passagierkabine
- “ **angrenzende Bereiche/Themen werden angesprochen, soweit erforderlich, wie z.B.**
 - Frachtraum
 - Türen
 - Service-Einrichtungen
 - Evakuierung

1.1 Generelle Transportanforderungen

Beförderung von Transportgut von A nach B

- .. schnell
- .. wirtschaftlich
- .. sicher

1.2 Beschreibung der Transportgüter

Personen

- .. aller Altersgruppen
- .. mit guter und schlechter körperlicher Kondition
- .. große und kleine
- .. aus verschiedensten Kulturkreisen

Fracht

- .. Reisegepäck der Passagiere
- .. zusätzliche Fracht
- .. gelegentlich nur Fracht (auch in einem Passagierflugzeug)
- .. kleine und sperrige Frachtstücke
- .. leichte und schwere
- .. billigere, oft jedoch teure Gegenstände

Tiere

- .. **Pferde, Kühe, Schafe**
- .. **Fische, Papeien, Affen**
- .. **Tiger, Löwen, Bären**
- .. **usw.**

 Planzen, Früchte

- .. **Erdbeeren, Kiwis**
- .. **Salate**
- .. **Blumen, Orchideen**

➤ ***EINFACH ALLES !!***

2. *Grundsätzliche Auslegungskriterien*

 Allgemeine Darstellung der maßgeblichen Kriterienbereiche

2.1 Mindestvorgaben

2.1.1 Gesetzliche Vorgaben

Der Flugzeugbau ist durch ein ausführliches und umfangreiches Gesetzeswerk reglementiert, was auch für die Kabine zutrifft.

 Mindestvorgaben, die eingehalten werden müssen!

- .. **Beispiele: s. nachfolgende Abschnitte**

2.1.2 Technische Randbedingungen

Viele der oben angesprochenen Vorgaben ergeben sich auch ganz selbstverständlich aus technischen und physikalischen Randbedingungen.

Mindestvorgaben, die einzuhalten sind!

- .. **Beispiele: Druckbelüftung, Klimaanlage**

2.1.3 Operationelle Randbedingungen

Diese Kriterien ergeben sich aus absoluter Notwendigkeit einen sicheren Betrieb eines Flugzeuges zu gewährleisten.

Mindestvorgaben, die einzuhalten sind!

- .. **Beispiele: Sitzanordnung, Toiletten, Fluchtwege**

2.2 Optionale Vorgaben

Steigerung der Konkurrenzfähigkeit

- .. **des Herstellers**
- .. **der Luftverkehrsgesellschaften (Kundenwünsche)**

über eine bessere Wirtschaftlichkeit

- .. **zur Reduzierung der Flugpreise**

❑ über größeren Komfort

•• zur Realisierung höherer Flugpreise

•• Beispiele:

- kein Essen, ® keine Kücheneinrichtung,
® mehr Passagiere, ® niedrigere Preise
- Internetanschluss, ® mehr Geschäftsleute als Fluggäste, ® höhere Preise

➤ *Zuerst die SICHERHEIT, aber dann gleich*

➤ *die WIRTSCHAFTLICHKEIT !!*

3. *Gesetzliche Vorgaben nach JAR/FAR*

- **JAR: Joint European Airworthiness Rules der JAA (Joint Aviation Authorities)**
- **FAR: Federal Aviation Regulations der FAA (Federal Aviation Administration, Department of Transportation)**

FAR PART:	Airworthiness Standards for
23	Normal, Utility, Acrobatic and Commuter Category Airplanes
25	Transport Category Airplanes
27	Normal Category Rotorcraft
29	Transport Category Rotorcraft
33	Aircraft Engines
35	Propellers

- **zusätzliche Vereinbarungen (in Verbindung mit der Einführung neuer Technologien)**
- **weitere Informationen: www.jaa.nl ; www.faa.gov**

3.1 Dimensionierungsvorgaben

3.1.1 Definition des Lastvielfachen

- .. **Ein wesentliche Angabe zur Beschreibung der wirkenden Kräfte!**
- .. **Resultierend aus unterschiedlichen Betriebszuständen!**
- Massenlasten (gleich Masse * Beschleunigung aus ...)**
 - .. **Starrkörperbewegung**
 - .. **Relativbewegungen**
 - .. **Schwingungsverhalten**

statisch oder dynamisch betrachtet
für die verschiedensten Flugzustände
- Betriebszustände**
 - Bodenmanöver**
 - .. **Rollen**
 - .. **Beschleunigung, Bremsen**
 - Flugmanöver**
 - .. **Start, Steigflug**
 - .. **Horizontalflug, Abfangbogen, Kurvenflug**
 - .. **Sinkflug, Landung**
 - Böenbeanspruchung**
 - .. **vertikale und laterale Böen**
 - Flugzwischenfälle**
 - .. **Ausweichmanöver**
 - .. **plötzlicher Sinkflug**
 - .. **Bruchlandung**

3.1.2 Berücksichtigung von Notlandebedingungen

Beschreibung der nachzuweisenden Lastvielfachen im Crash-Fall

Emergency Landing Conditions:

JAR 25.561 General

....

The structure must be designed to give each occupant every **reasonable chance of escaping serious injury** in a minor crash landing

- .. **gültig für die gesamte Kabinenausstattung alle Kabinengegenstände**

JAR 25.562 Emergency landing dynamic conditions

Genauere und umfangreiche Ausführungen zu den Kräften die am Sitz auftreten und auf eine Person einwirken können bzw. dürfen.

- .. **Definition des max. zulässigen HIC: = Head Injury Criterion**

$$\text{HIC} = \left\{ (t_2 - t_1) \cdot \left[\frac{1}{(t_2 - t_1)} \right] \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt \right\}_{\max} \quad a(t) := \text{zeitabhängige Beschleunigung in g}$$

max. zulässigen **HIC**: = 1000

- .. **wichtig für die Auspolsterung von Wänden**
und bei einer

Notwasserung ?

JAR 25.563 Structural ditching provisions

Structural strength considerations of ditching provisions must be in accordance with JAR 25.801 (e).

.. weitere Dimensionierungsvorgaben für

JAR 25.785 Seats, berths, safety belts and harnesses

(Sitze, Liegeplätze, Sicherheitsgurte und Gurtzeug)

➤ *zusammengefasst zu ...*

3.1.3 Resultierende Eckwerte für Lastvielfache

Der jeweils kritische Fall ist für die Dimensionierung heranzuziehen!

.. aus dem normalen Betrieb

Lastfall	Lastvielfaches	JAR/FAR - § 25.
Manövervielfaches	$n_{z \max} \geq 2.5$	337
	$n_{z \min} = -1.0$	
im Landeanflug	$n_{z \max} = 2.0$	
	$n_{z \min} = 0.0$	
Böenlastvielfaches	je nach Parameter	341
Stoßvielfaches bei der Landung	$e_z = 1.3 - 3$	471 + ff
	(je nach Fahrwerksparameter)	

.. **aus Crash-Fällen**

Crashvielfache (maßgeblich für Interieur)	$- 9.0 \leq \mathbf{n}_x \leq 1.5$	561
	$\mathbf{n}_y = \pm 3.0$ (± 4.0 für Sitze)	
	$- 6.0 \leq \mathbf{n}_z \leq 3.0$	
Crashvielfache (dynamischer Nachweis für Sitze)	$- 16.0 \leq \mathbf{n}_x$ $- 14.0 \leq \mathbf{n}_z$	562

.. **aus dynamischem Verhalten**

axiale Lastvielfache	$n = \pm 24$ (vertikale Achsen)	393
	$n = \pm 12$ (horizontale Achsen)	
für Lagerungen von z.B. Rudern		

.. **Definition über forward/downward**

statisch:	9 g forward
	4 g sideward
	3 g upward
	6 g downward
	1,5 g rearward
dynamisch:	16 g forward
	14 g downward

3.1.4 Beanspruchung, Sicherheitsfaktoren und Dimensionierungslasten

□ Beanspruchende Lasten

Angabe der Lasten als \Rightarrow "**sichere Last**" (engl.: **limit load**)

D.h. ein Flugzeug **kann** im Laufe seines Lebens diesen Belastungen ausgesetzt sein. Die Struktur muss nicht nur diese Beanspruchung selbstverständlich ertragen, sondern sie darf bei "limit load" auch **keine bleibende Verformung** erfahren ($S_{\text{vorh.}} \leq R_{p0.2}$) (FAR § 25.303).

□ Sicherheitsfaktor

Mit einem  Sicherheitsfaktor j

werden die Unsicherheiten in folgenden Bereichen abgedeckt.

- Belastungsermittlung (· 1.15)
- Berechnungsverfahren (· 1.15)
- Fertigungsfehler (· 1.15)

und es gilt: .. **Bruchlast = j * sichere Last** oder (engl.)

.. **ultimate load = j * limit load** mit

.. **j = 1.15 · 1.15 · 1.15 = 1.5**

□ zusätzliche Sicherheitsfaktoren

für einzelne Strukturelemente bei erhöhten Unsicherheiten

- Kraftein- und -umleitungen $j_R = 1.15$ (FAR § 25.625)
- Gußbauteile $j_R = 1.0 - 1.2$ (FAR § 25.621)
- Faserverbundbauteile $j_R = 1.15$

grundsätzlicher Zusammenhang :

limit load : $F_{\max} = n \cdot m \cdot g$ vorhandene Belastung

ultimate load : $F_{\text{Bruch}} = j \cdot \{j_R\} \cdot n \cdot m \cdot g$

□ Dimensionierende Belastung

Die Dimensionierung erfolgt für ultimate load !

Sicherheitsfaktoren entfallen bei außergewöhnlichen Vorfällen

- **Crash** - Fällen
- **fail safe** - Ereignissen

3.1.5 Festigkeitsnachweis über Reservefaktoren

□ Reservefaktor (RF)

Verhältnis von

$$\text{RF} = \frac{\text{Versagenslast}}{\text{Bruchlast}} = \frac{\text{failure load}}{\text{ultimate load}} \stackrel{!}{\geq} 1$$

• Versagenslast, failure load

aus

- statischem **Bruchversuch** und / oder
- erprobtem und anerkanntem **Berechnungsverfahren**

3.1.6 Berücksichtigung von Fatigue

□ Material-Ermüdung

• dimensionierende statische Lasten

theoretisch nur wenige Male im Flugzeugleben
praktisch jedoch oft niemals.

• Fatiguebelastung

abhängig von

- Einsatzspektrum
- Lastkollektiv Ermüdungslasten

.. **Betriebs-Definitionen:**

- **h, Flüge** rißfreies Leben
- Lebensdauer mit kleineren Schäden und Reparaturen
- **economic repair life** (Leben mit wirtschaftlich vertretbaren Reparaturen)
- Blockzeiten

.. **Wartungsintervalle**

Auch, wenn insbesondere für die Primär-Struktur von Bedeutung, sollten die Ermüdungsprobleme für die Kabinen-Elemente nicht unterschätzt werden!

- klappernde Verkleidungen
- aufspringende Hat-Rack-Deckel
- wacklige Sitze
- usw.

sind störend und schmälern das Vertrauen in das Flugzeug!

Fatigue-Nachweis Primär-Struktur:

Es ist die Gesamtsicherheit gegen Ermüdung nachzuweisen !

- .. **rechnerisch** und im Regelfall
- .. **experimentell an Großzellen** (nur in Ausnahmefällen allein theoretisch)
 - zivile Flugzeuge **3-fache**
 - militärische **4-fache Lebensdauer.**

3.2 Gestaltungsvorgaben

3.2.1 Unterbringung von Personen und Fracht

JAR 25.785 Seats, berths, safety belts and harnesses
(Sitze, Liegeplätze, Sicherheitsgurte und Gurtwerke)

Sitzplätze für alle Personen:

who has reached his or her second birthday.

mit der Sicherheitsanforderung:

(b) Each seat, berth, safety belt, harness, and adjacent part of the aeroplane at each station designated as occupiable during take-off and landing must be designed so that

25.562.

3.2.2 Berücksichtigung von einzelnen, massenbehafteten Gegenständen

JAR 25.787 Stowage compartments

JAR 25.789 Retention of items of mass in passenger and crew compartments and galleys

❑ Sichere Lagerung in Stauräumen oder entsprechende Befestigungen

• Beispiele:

- Gepäck im hatrack (*Whiskey-Flaschen!*)
- Telefonhörer in seiner Halterung
- Bildschirme in Wänden
- Küchengegenstände

aber jeweils nur bis zur **angegebenen zulässigen Beladung** eines Stauraumes!

❑ Hatracks sind immer überladen!!

3.2.3 Informations-Symbole

JAR 25.791 Passenger information signs and placards

Eine Vielzahl von Beschriftungen und Symbolen muss für jeden Passagier sichtbar und unmissverständlich zu deuten sein!

• Beispiele:

- No Smoking!
- Fasten Seat Belts
- Life Vest under Your Seat
- Oxygen

3.3 Vorgaben für Notfälle

3.3.1 Notevakuierung

JAR 25.803 Emergency evacuation

shown that the maximum seating capacity, including the number of crew members required by the operating rules for which certification is requested, can be evacuated from the aeroplane to the ground under simulated emergency conditions **within 90 seconds**.

Evakuierung

- .. **in 90 Sek.**
- .. **bei jeder Lage des Flugzeugs**
- .. **über nur eine Seite des Flugzeugs**
- .. **bis an den Boden heran (Notrutschen)**

Nachweis durch realitätsnahe Versuche

- .. **max. Passagierzahl**
- .. **keine Fachleute als Testpersonen**
- .. **bei Dunkelheit**
- .. **nur über eine Flugzeugseite**

3.3.2 Notausgänge

JAR 25.807 Emergency exits

□ Einteilung in Notausstiegs-Typen

Türtyp	Stufe innen ?	Stufe außen ?	lichte Breite >	lichte Höhe >	Eckradius
<i>Type I</i>	nein, ebenerdig	nein, ebenerdig	24 inches (609.6mm)	48 inches (1.219 m)	1/3 der Breite
<i>Type II</i> wenn im Flügelbereich, Stufe zulässig	10 inches (254 mm)	17 inches (431.8 mm)	20 inches (508 mm)	44 inches (1.12 m)	1/3 der Breite
<i>Type III</i>	20 inches (508 mm)	27 inches (685.8 mm)	20 inches (508 mm)	36 inches (914.4 mm)	1/3 der Breite
<i>Type IV</i> über der Tragfläche	29 inches (736.6 mm)	36 inches (914.4 mm)	19 inches (482.6 mm)	26 inches (660.4 mm)	1/3 der Breite
<i>Type A</i>	nein, ebenerdig	nein, ebenerdig	42 inches (1.067 m)	72 inches (1.829 m)	1/6 der Breite
<i>Ventral</i>	durch Unterseite des Flugzeuges; kaum realisiert				
<i>Tail cone</i>	im Rumpfheck; bei einigen Flugzeugtypen möglich (B727)				

- **Für alle Türöffnungen wird eine rechteckige Öffnung mit ausgerundeten Ecken angenommen!**

□ Zuordnung Passagieranzahl zu Notausstiegstüren

Passenger seating configuration (crewmember seats not included)	Emergency exits for each side of the fuselage			
	Type I	Type II	Type III	Type IV
1 to 9				1
10 to 19			1	
20 to 39		1	1	
40 to 79	1		1	
80 to 109	1		2	
110 to 139	2		1	
140 to 179	2		2	

□ Vorgaben für zusätzliche Notausstiegstüren für Passagierzahlen > 179

Additional emergency exits (each side of fuselage)	Increase in passenger seating configuration allowed
Type A	110
Type I	45
Type II	40
Type III	35

- **Kein Sitz darf weiter als 60 ft (18,288 m) von einem Notausgang entfernt sein**
- **Bei einer Notwasserung dürfen nur Türen oberhalb der Wasserlinie berücksichtigt werden!**

JAR 25.809 Emergency exit arrangement

Betätigung der Türen

- **einfach und offensichtlich**
- **ohne außergewöhnliche Anstregungen**
- **von innen und von außen**
- **muss auch wieder geschlossen werden können**
- **der Verriegelungszustand muss direkt visuell erkennbar sein**

3.3.3 Fluchtwege

sichere Evakuierung im Falle einer Notlandung gewährleisten sollen!

JAR 25.810 Emergency egress assist means and escape routes

Definition von Notrutschen und Fluchtwegen

JAR 25.811 Emergency exit marking **Markierung der Notausgänge**

- .. sichtbar auch bei Rauch
- .. Kennzeichnung des Weges
- .. Kennzeichnung der Betätigung (OPEN « CLOSE)

JAR 25.812 Emergency lighting **Notbeleuchtung**

- .. div. Vorschriften für eine Notbeleuchtung unabhängig von der normalen Versorgung

JAR 25.813 Emergency exit access **Zugang zu Notausstiegen**

- .. möglichst gleichmäßige Verteilung Notausstiege
- .. freier Zugangsweg (® Querweg) vom Hauptgang zu Ausstiegen der Typen A, I und II
- .. bei 2 oder mehr Gängen ist eine Querverbindung erforderlich
- .. erforderliche Breiten der Querwege:
 - 36 inches (914.4 mm) zu einem Ausgang Typ A
 - 20 inches (508 mm) bei allen anderen
- .. neben den Ausgängen: Platz für Helfer vorsehen!

JAR 25.815 Width of aisle

- aisle = engl. Gang, (Schneise)

☐ Vorgaben für die Gangbreite

- abhängig von der Passagierzahl
- abhängig vom Abstand zum Fußboden

- Tabelle:

Passenger seating capacity	Minimum passenger aisle width (inches)	
	Less than 25 inches from floor	25 inches and more from floor
10 or less	12 ^{*)}	15
11 to 19	12	20
20 or more	15	20

- *) A narrower width not less than 9 inches may be approved when substantiated by tests found necessary by the Authority.

JAR 25.817 Maximum number of seats abreast

- abreast = engl. Seite an Seite, nebeneinander

☐ Max. Sitzanzahl/Reihe

no more than 3 seats abreast may be placed on each side of the aisle in any one row

3.3.4 Unterflur-Einrichtungen

JAR 25.819 Lower deck service compartments (including galleys)

For aeroplanes with a service compartment located below the main deck, which may be occupied during the taxi or flight but **not during take-off or landing**, ...

sichere Evakuierung gewährleisten durch

- .. **mind. zwei Wege**
- .. **keine energieabhängige Betätigung von Zugängen**
- .. **mind. zwei getrennte Kommunikationskanäle**
- .. **akustisches Alarmsystem**

die üblichen Anforderungen bezüglich

- .. **Sitze, allerdings ohne Notlandeanforderung**
- .. **Betriebssignale (*fasten seat belts!*)**
- .. **Klima**
- .. **Sauerstoff-Notversorgung**

spezielle Anforderungen für Aufzüge

- .. **Kontrolle innerhalb und außerhalb des Aufzuges**
- .. **Sicherung gegen Betätigung bei geöffneten Türen**
- .. **Notstopp mit sofortiger Wirkung**
- .. **Manuelle Notbetätigung bei Energieausfall**

3.3.5 Notwasserung

einer Notwasserung!

JAR 25.801 Ditching

the aeroplane, must be taken to minimise the probability that in an emergency landing on water, the behaviour of the aeroplane would cause immediate injury to the occupants or would make it impossible for them to escape.

Das Flugzeug sollte

- .. **möglichst lange schwimmen**
- .. **waagrecht im Wasser liegen**
- .. **Notausgänge oberhalb der Wasserlinie**

Safety Equipment:**JAR 25.1411 General****JAR 25.1415 Ditching equipment** **Notausrüstung für mögliche Notwasserung:**

- .. **Schwimmwesten (life vest, life preserver)**
- .. **Rettungsflöße (rafts)**
- .. **Rettungsleinen (life line)**
- .. **Notfall-Sender großer Reichweite**

 Stauraum für die Notausrüstung

- .. **klar und verständlich gekennzeichnet**
- .. **gut erreichbar**
- .. **Schutz vor unbeabsichtigter Benutzung**
- .. **Schutz vor Beschädigung**

3.3.6 Klimatisierung

Reiseflug üblicherweise in Höhen von 10 000 m und mehr!

- .. **Luftdruck (in 13 000 m) 197 hPa**
- .. **Temperatur bis -50 oder -60 °C**

⇒ Eine sehr lebensfeindliche Umgebung!

⇒ Eine entsprechende Klimatisierung ist erforderlich!

JAR 25.831 Ventilation

☐ Luftzufuhr

- .. **ausreichende Frischluft**
- .. **mit angemessener Temperatur**
- .. **frei von Kohlenmonoxyd und anderen giftigen Gasen**
- .. **Möglichkeiten für einen Rauchabzug**
- .. **unterhalb einer vorgegebenen Konzentration von Kohlendioxyd**
- .. **getrennt regelbar für das Cockpit**

JAR 25.841 Pressurised cabins**☐ druckbelüftete Kabine für**

- **Kabinendruck entsprechend 8 000 ft (2 400 m) Höhe bei maximaler Reiseflughöhe (ca. 13 000 m)**
 - Druck in 2 400 m Höhe: 753 hPa
 - resultierender Differenzdruck: $753 - 197 = 556$ hPa
- **bei eventueller Fehlfunktion: mind. ein Kabinendruck entsprechend 15 000 ft (4 500 m) Höhe**

mit umfangreichen Vorschriften zur Regelung!

⇒ Es sind umfangreiche und komplexe Systeme erforderlich, die entsprechend in die Kabine integriert werden müssen!

JAR 25.843 Tests for pressurised cabins

umfangreiche Vorschriften zum Funktionsnachweis!

3.3.7 Feuerschutz

Feuer in einem Flugzeug, vor allem während des Fluges, stellt eine sehr große Gefährdung dar.

⇒ Es sind daher entsprechende Maßnahmen zur Entdeckung und zur Bekämpfung von Feuerherden erforderlich!

□ **Feuerschutz-Zonen**

- .. **Einteilung des Flugzeuges in Bereiche unterschiedlicher Feuergefährdung**
- .. **unter Berücksichtigung der Entdeckungsmöglichkeiten**
- .. **zur sinnvollen Definition des Feuerschutzaufwandes**

JAR 25.851 Fire extinguishers**☐ Handfeuerlöscher****.. Anzahl in Abhängigkeit von der Passagierzahl**

Passenger capacity	Number of extinguishers
7 to 30	1
31 to 60	2
61 to 200	3
201 to 300	4
301 to 400	5
401 to 500	6
501 to 600	7
601 to 700	8

.. zusätzlich im

- Cockpit
- jeder einzelnen Galley
- Frachtraum

.. sicher verstaut, aber gut erreichbar**.. Füllung so, dass keine unnötigen toxischen Gase****.. Füllung abhängig von den zu erwartenden Brandherden****.. mind. 1 Feuerlöscher mit Halon**

❑ automatische Feuerlöscheinrichtungen

JAR 25.853 Compartment interiors

❑ Auslegung unter Berücksichtigung der Feuergefährdung

- **besonders restriktive Materialauswahl**

- schwer entflammbar
- ohne Feuerquelle selbst verlöschend
- Minimierung von toxischen Gasen

- **Nachweis durch Tests**

❑ Entdecken von Feuer

Feuer ist immer dann besonders gefährlich, wenn es nicht bzw. zu spät entdeckt wird!

⇒ Maßnahmen zur automatischen Erkennen von Feuer und Rauch in Bereichen, die ohne ständige Beobachtung durch Besatzung bzw. Passagiere sind!

- **Toiletten (daher dort Rauchverbot!)**
- **Frachtraum**

natürlich auch in anderen Nicht-Kabinen-Bereichen, wie

- **Triebwerke, Fahrwerksbucht, Klimaanlage, APU usw.**

JAR 25.854 Lavatory fire protection

JAR 25.855 Cargo or baggage compartments

JAR 25.857 Cargo compartment classification

JAR 25.858 Cargo compartment fire detection systems

JAR 25.859 Combustion heater fire protection

JAR 25.863 Flammable fluid fire protection

JAR 25.869 Fire protection: systems

⇒ umfangreiche Regelungen zur Vermeidung und Entdeckung von Feuer!

3.3.8 Weitere Ausrüstungsgegenstände

Miscellaneous Equipment

Eine besondere Bedeutung kann der Übermittlung von Informationen und Verhaltensmaßregeln zukommen. Dies ist unbedingt zu gewährleisten!

JAR 25.1423 Public address system

☐ Durchsagen an die Passagiere

- .. **unabhängig einsatzbereit vom Bordnetz (mind. 10 Min. lang)**
- .. **funktionsbereit innerhalb 3 Sek. von jeder beliebigen Mikrofonstation aus**
- .. **insbesondere von der Cockpit-Besatzung**
- .. **ebenfalls von jedem Notausstieg der Typen A, I und II**
- .. **funktionsstüchtig auch bei beschädigten oder ausgefallenen Mikrofonen**
- .. **vernehmbar in allen möglichen Bereichen des Flugzeuges, wo sich Personen aufhalten könnten**
- .. **unabhängig von dem Kommunikationssystem der Besatzung**

JAR 25.1439 Protective breathing equipment**☐ Atemschutzmasken für die Besatzung**

- .. **Einsatzbereitschaft bei Feuer und Rauch**
- .. **Organisation der Rettungsmaßnahmen**

In Notfällen kommt der Sauerstoffversorgung eine große Bedeutung zu. Vorranging

genauestens geregelt!

JAR 25.1441 Oxygen equipment and supply**JAR 25.1443 Minimum mass flow of supplemental oxygen****JAR 25.1445 Equipment standards for the oxygen distributing system****JAR 25.1447 Equipment standards for oxygen dispensing units****JAR 25.1449 Means for determining use of oxygen****JAR 25.1450 Chemical oxygen generators****JAR 25.1453 Protection of oxygen equipment from rupture**

3.4 Andere Regelwerke

3.4.1 Betriebsvorschriften nach JAR - OPS 1

JAR - OPS 1.001 Applicability

(a) JAR - OPS Part 1 prescribes requirements applicable to the operation of any civil aeroplane for the purpose of commercial air transportation by any operator whose principal place of business is in police services.

(b) The requirements in JAR-OPS Part 1 are applicable:

- (1) For operators of aeroplanes over 10 tonnes Maximum Take-Off Mass or a maximum approved below this discriminant, no later than 1 April 1998 unless otherwise indicated.
- (2) For operators of all other aeroplanes, no later than 1 April 1999 unless otherwise indicated.

4. *Technische Vorgaben*

Nachfolgend wird immer auf den **heutzutage gültigen Standard** von Verkehrsflugzeugen Bezug genommen!

4.1 Rumpfschale

□ orthogonal ausgesteifte metallische (Al-Legierungen) Schale

- .. trägt die Massenlasten
- .. überträgt die Leitwerkskräfte
- .. erträgt den Differenzdruck
- .. besteht aus
 - Haut
 - Stringer (Aussteifungen in Längsrichtung)
 - Spante (Aussteifungen in Umfangsrichtung)
 - Fußboden-Querträger (eventuell mit zusätzlichen Stützen)
 - Fußboden-Längsträger
 - Frachtraumfußboden

- .. muss Ausschnitte ertragen können
 - Fenster
 - Türen
 - Notausstiege
 - Gepäckklappen
 - Frachttore

Zwischen der metallischen Struktur und den eigentlichen Kabinenelementen sind zu integrieren ...

- **thermische Isolierung**
 - wirksam, aber dünn und leicht
 - nicht brennbar, zumindest schwer entflammbar
 - Kondenswasser !
- **Schallisolierung**
 - wirksam, aber leicht (physikalisch fast unmöglich!)
- **elektrische Systeme (nicht nur für die Kabinenelektronik)**
 - kompakte Kabelbündel
 - eindeutige optische Kennzeichnung (aufwendige Symbolik!)
 - Trennstellen, Abzweige, Kontrollmöglichkeiten
 - sichere Befestigung (Scheuerstellen!)
 - elektromagnetische Verträglichkeit
 - für primäre Systeme 3 räumlich weit auseinanderliegende Wege
- **hydraulische Systeme**
 - Entsprechendes wie zuvor!
 - Folgen von möglichen Leckagen konstruktiv abmindern
 - Hydraulikflüssigkeit von Flugzeugen (Skydrol) ist sehr aggressiv!

- **Rohre für Klima und Belüftung**

- Querschnitte für erforderlichen Durchsatz ...

groß: → geringe Strömungsgeschwindigkeit, leise, aber hoher Platzbedarf

klein: → hohe Strömungsgeschwindigkeit, laut, aber geringer Platzbedarf

- **Sauerstoffnotversorgung**

- **im Unterflurbereich zusätzlich**

- **Wasser, Abwasser**

- Leitungen zu variablen Positionen von Küchen und Toiletten
- sichere Befestigung, mögliche Leckagen konstruktiv berücksichtigen
- Wärmeisolierung (Frostschutz)

- **Feuerschutz**

- Feuer- / Rauchdetektoren
- automatische Feuerlöscher

Dann erst folgt als optisch auffälliges Kabinen-Element die ...

- **Innenverkleidung der Rumpfschale**

- leicht, aber formstabil → Sandwichplatten
- zusätzliche Isolationswirkung (thermisch und Schall)
- einfach und schnell zu montieren und demontieren
- optisch ansprechend

4.2 Sitze, Sitzschienen

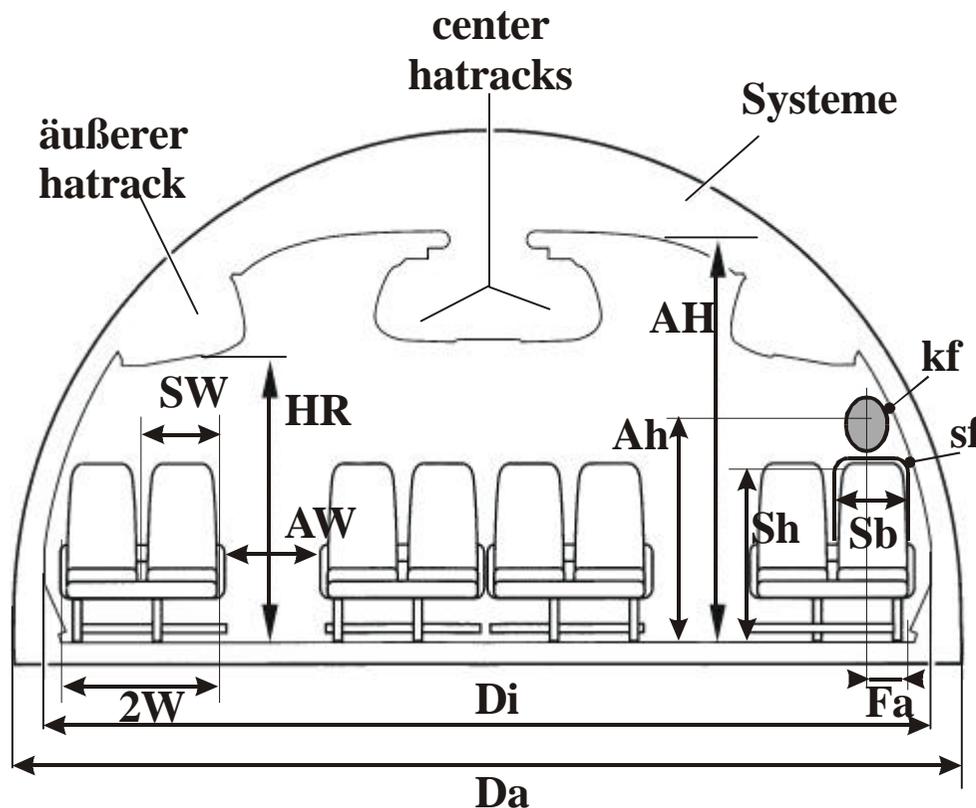
Die Sitze sind für den Passagier subjektiv ein ganz wesentliches Kabinenelement!

- **direkter Kontakt zu Flugzeug**
- **persönlicher Bereich**
- **lange Verweilzeit**

Folgende Abmessungen sind am gängigen Standard orientiert. Der gesetzliche Mindestwert für die Gangbreite (20 inch) wird fast immer übertroffen!

•• Abmessungen des Kabinen-Querschnitts

Legende



Da	≡ R-Durchmesser außen	outer fuselage diameter
Di	≡ R-Durchmesser innen	inner fuselage diameter
HR	≡ Kopfhöhe	headroom
AH	≡ Ganghöhe	aisle height
AW	≡ Gangbreite	aisle width
SW	≡ Sitzbreite	seat width
2W	≡ Breite 2er Bank	
Ah	≡ Augenhöhe	
Sh	≡ Schulterhöhe	
Fa	≡ Fußabstand	
sf	≡ Schulterfreiheit	
kf	≡ Kopffreiheit	

□ Querschnittsangaben

.. Lage der Fußbodenquerträger:

- so, dass optimale Schulterbreite erreicht wird!

⇒ geringfügig unter dem Mittelpunkt (Mittelwert: 0.6 m)

.. Rumpfdurchmesser (aus statistischer Betrachtung):

- $d_a = 1.045 \cdot d_i + 0.084$ in [m] (nach MARCKWARDT <1>)

.. weitere Angaben:

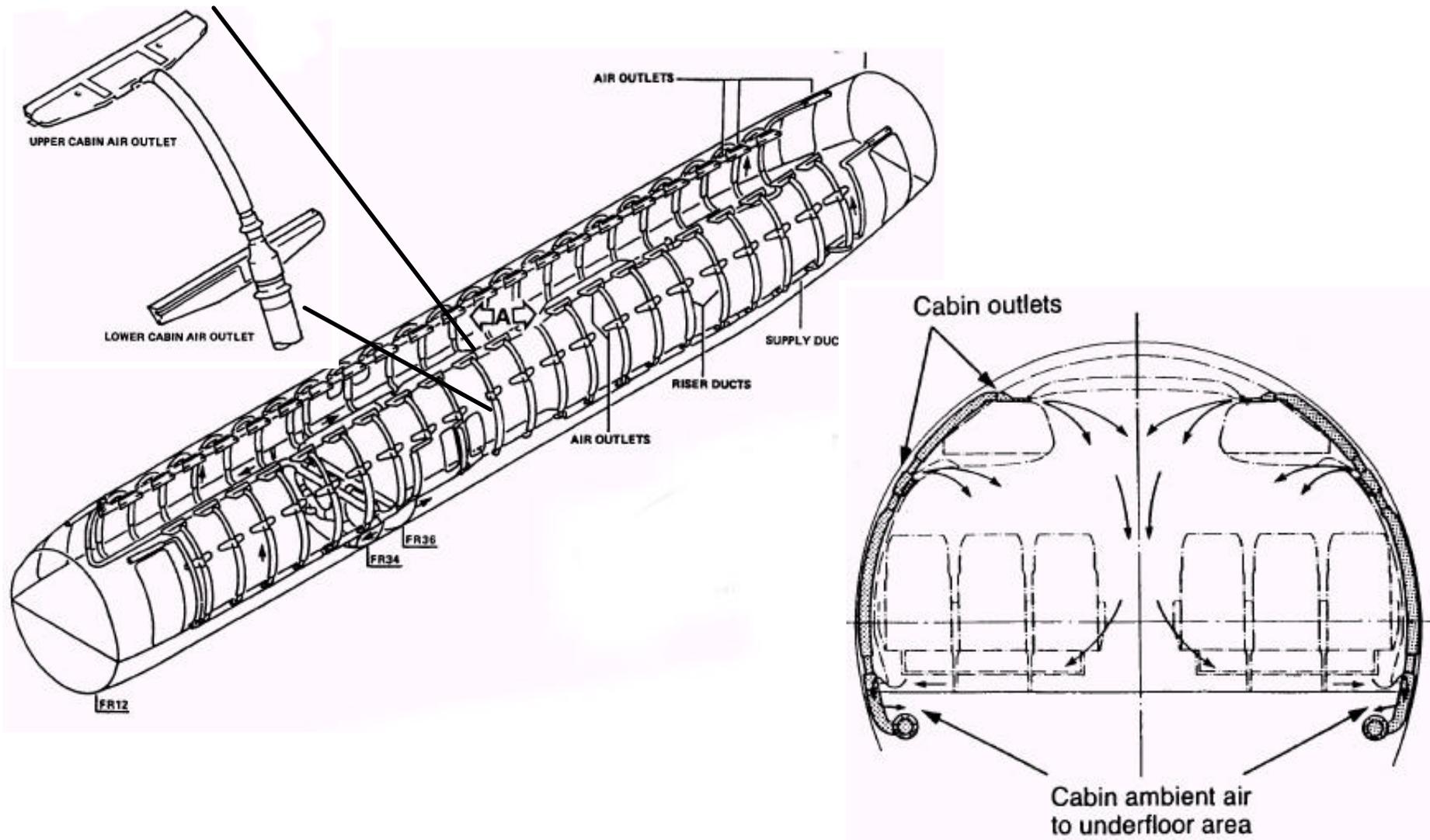
Abmessungen			Einheit	First class	Economy	High density ^{*1)}
SP	≡	Sitzabstand seat pitch		38 - 40	34 - 36	30 - 32
SW	≡	Sitzbreite seat width		20 - 28	17 - 22	16 - 18
HR	≡	Kopfhöhe headroom	[in]	> 65	> 65	-
AW	≡	Gangbreite aisle width		20 - 28	18 - 20	≥ 12
AH	≡	Ganghöhe aisle height		> 76	> 76	> 60
2W	≡	Breite 2er Bank		48 - 53	48 - 50	40

Ah	≡	Augenhöhe		1.19
Sh	≡	Schulterhöhe		0.89
Fa	≡	Fußabstand	[m]	0.16
sf	≡	Schulterfreiheit		0.04
kf	≡	Kopffreiheit		0.06

Quellen: RAYMER <2>
SCHMITT <3>

4.3 Klimaanlage, Belüftung

Bei der Kabinenauslegung sind der Raumbedarf und die technischen sowie physikalischen Zusammenhänge zu berücksichtigen!



□ Anforderungen an die Belüftung

- **zugfrei bei einem ausreichenden Durchsatz**
 - große Querschnitte und Aus- sowie Eintrittsöffnungen
 - geringe Strömungsgeschwindigkeit, aber trotzdem ...
- **individuelle Frischluftduschen**
 - erfordern höhere Strömungsgeschwindigkeit
- **genauestens temperierbar**
 - wärmer: → die Passagiere werden müde und friedlich (Schlafenszeit)
 - kälter: → Aufwecken der Passagiere (z.B. für das Essen)
 - bei hoher Passagierzahl:
 - möglichst unterschiedlich für verschiedene Kabinenbereiche
- **sparsam im Energieverbrauch**
 - Umlufttechnik mit einem Mindestanteil an Frischluftzufuhr
 - gute Filtertechnik

4.4 Elektrische Systeme

Ebenso sind im Rumpf sehr viele elektrischen Systeme unterzubringen:

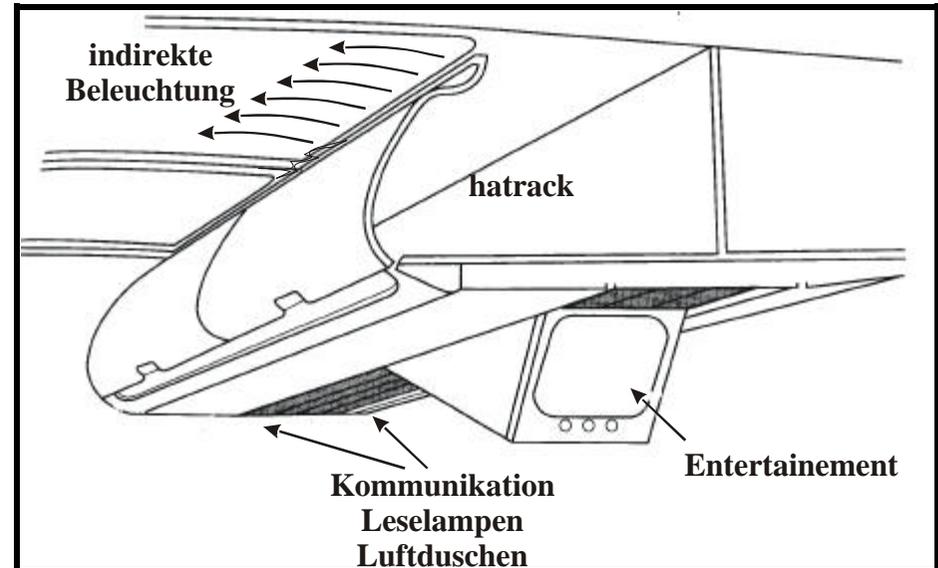
❑ Nicht-Kabinensysteme

<ul style="list-style-type: none"> .. Flugsteuerung .. Cockpitsysteme 	<ul style="list-style-type: none"> .. APU-Regelung .. Fahrwerksansteuerung
---	--

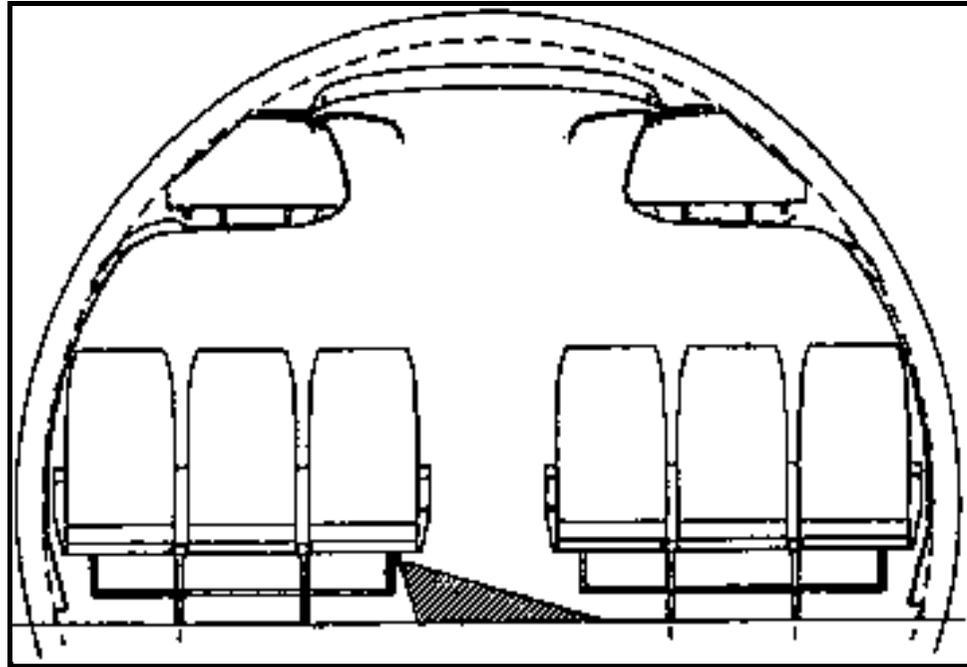
❑ Kabinensysteme

<ul style="list-style-type: none"> .. Kommunikationssysteme .. Licht 	<ul style="list-style-type: none"> .. Multimedia .. Unterhaltungselektronik
--	---

.. Modernes Kommunikationspanel und Passagier-Interface



•• **Gangbeleuchtung**



4.5 **Küchen / Galleys**

□ **Aufgaben**

•• **Stauraum für Speisen und Getränke**

- fertig portionierte Speisen
- Servierwagen / Trolleys als Stauraum
- optional Trolleycontainer im Unterflurraum
- Getränke in Flaschen (schwer!), Dosen, Kartons

.. Erhitzen

- elektrisch (Heizdrähte)
- elektrisch (induktiv)

.. Kühlen

- elektrisch (zentral)
- elektrisch (dezentral)

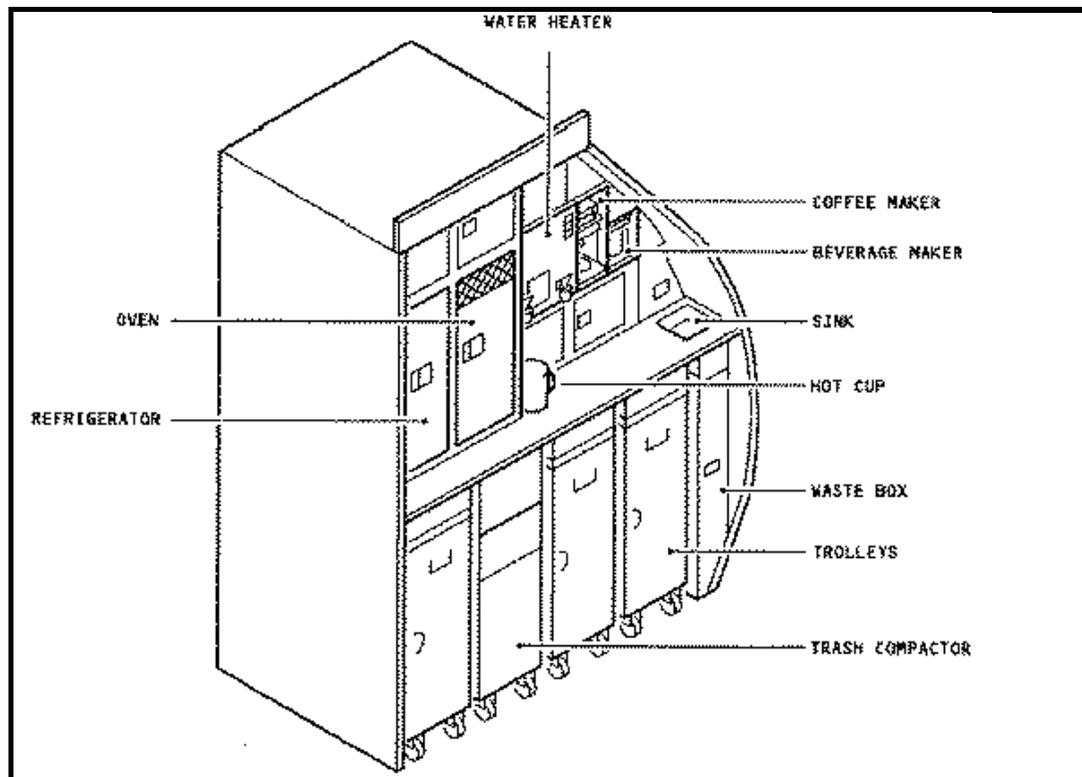
.. Geschirr

- heutzutage kein Einweggeschirr mehr
- Platzbedarf, Gewicht

.. Abfall

- zusätzlicher Platzbedarf
- verringert durch → Abfallpresse

.. typische Galley



- Galleys sind sehr schwer und brauchen zudem besondere Anschlüsse.
- Dies verlangt eine besondere Verstärkung der Fußbodenstruktur
- Sie können **nicht beliebig** in allen Bereichen eines Flugzeuges positioniert werden!

4.6 Lavatories

Aufgaben

- für die natürlichen Dinge des Lebens

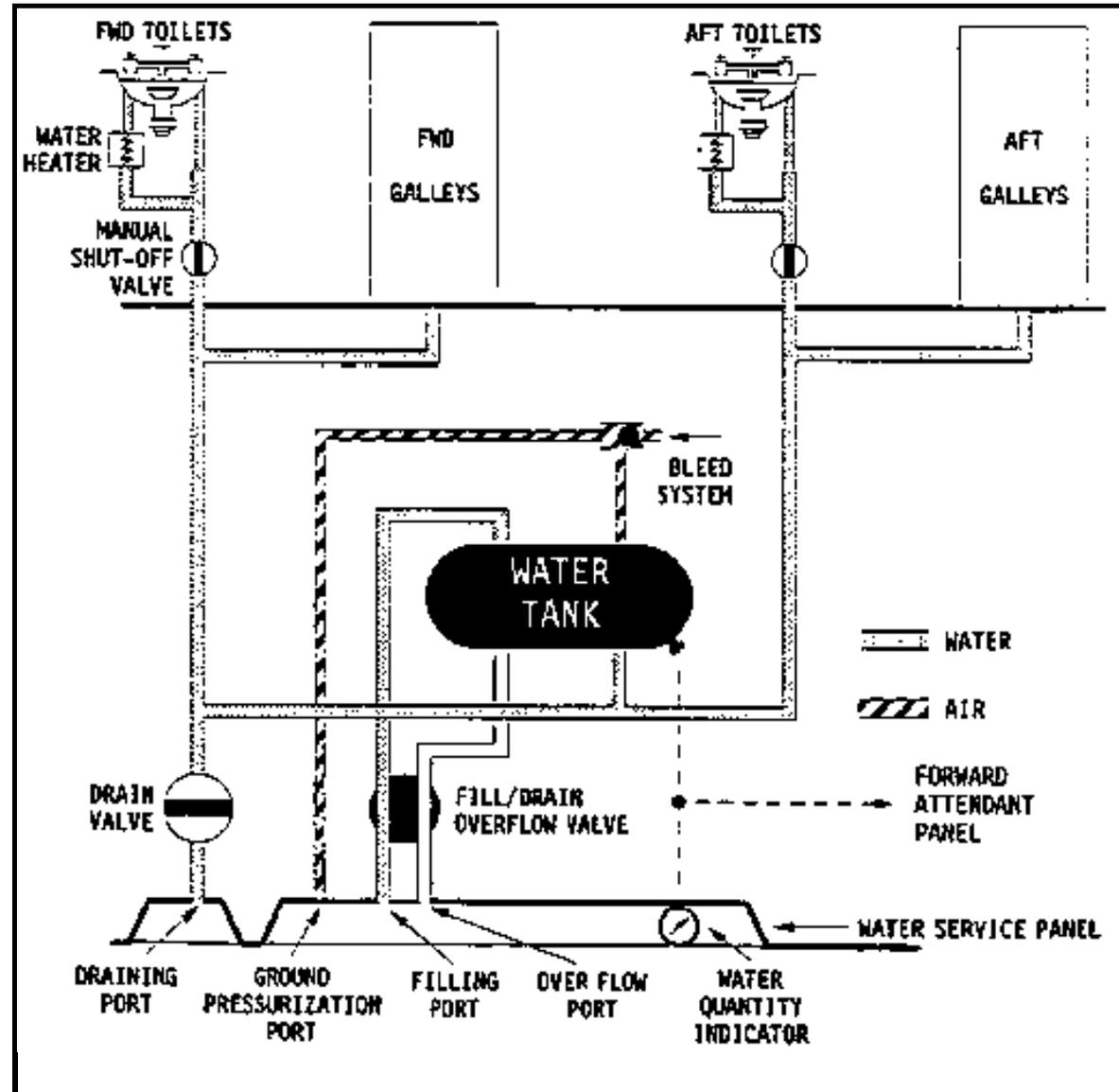
Besonderheiten

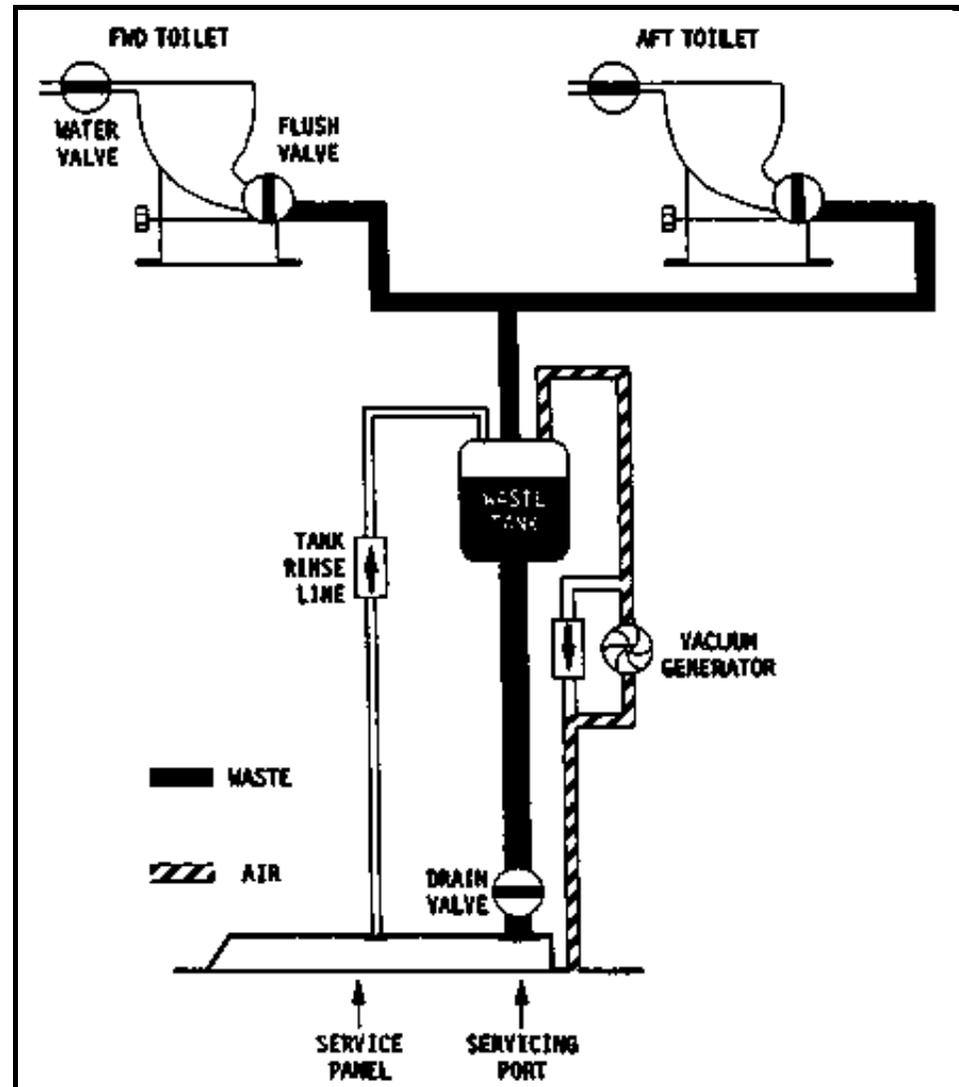
- alle üblichen Systeme müssen vorhanden sein
 - Kommunikation
 - Belüftung
 - Licht
 - Sauerstoffnotversorgung
- ein unbeobachteter Raum, daher ..
 - extra Feuer- / Rauchüberwachung
- spezielle Anschlüsse
 - auch Toiletten können nicht an jeder beliebigen Position stehen

4.7 Wasser, Abwasser

□ in Verbindung mit Toiletten und Küchen

.. Frischwasserzufuhr



.. **Abwasser**.. **Wasser ist schwer!**

- gutes Wassermanagement für geringen Wasserbedarf!

4.8 Türen, Tore

Struktur- oder Kabinenelement ??

□ Anforderungen

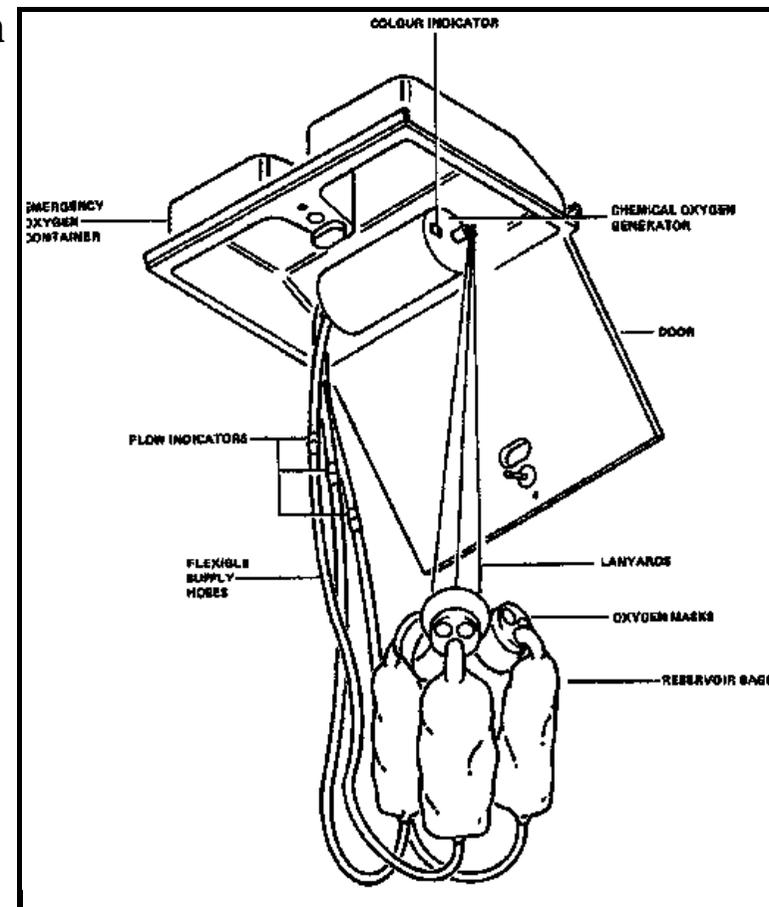
- .. **zuverlässig dicht (Differenzdruck!)**
- .. **logischer und leicht verständlicher Bedienmechanismus**
- .. **einfach zu öffnen unter allen Bedingungen**
 - Schräglage des Flugzeuges bei Notlandung
 - starker Winddruck
- .. **nicht zu öffnen solange ein minimaler Differenzdruck überschritten ist**
- .. **elektrische Zustandsanzeige im Cockpit**
- .. **visuelle Zustandsanzeige auf mechanischer Basis**

⇒ ein sehr komplexes Gebilde!

4.9 Sicherheitseinrichtungen

□ Sauerstoff-Notversorgung

- bei Bedarf automatische Bereitstellung für die Passagiere
 - bei plötzlichem Druckabfall in der Kabine
 - die Masken müssen für die Passagiere dann leicht zu ergreifen sein
- aktivierte Sauerstoffmasken



☐ **Feuer**

- **Feuer- / Rauchmelder**
 - in nicht überwachten Räumen
- **Feuerlöscher**
 - Handfeuerlöscher an gut zugänglichen Stellen, gut gesichert
 - automatische Feuerlöscheinrichtungen an unzugänglichen Stellen
 - in Abhängigkeit der wahrscheinlichen Feuergefährdung

☐ **Schwimmweste**

- **zumeist unter dem Sitz angebracht**
 - erhebliche Gefährdung durch Diebstahl!

☐ **Notrutschen**

- **aus aufgeblasenem Schlauchsystem gebildet**
- **Integration**
 - in den Türen
 - unter dem Türrahmen
- **Aktivierung**
 - 1. durch Crew-Mitglied (Feststellung eines entsprechenden Notfalles)
 - 2. automatisch nach entsprechendem Öffnungsablauf der Tür

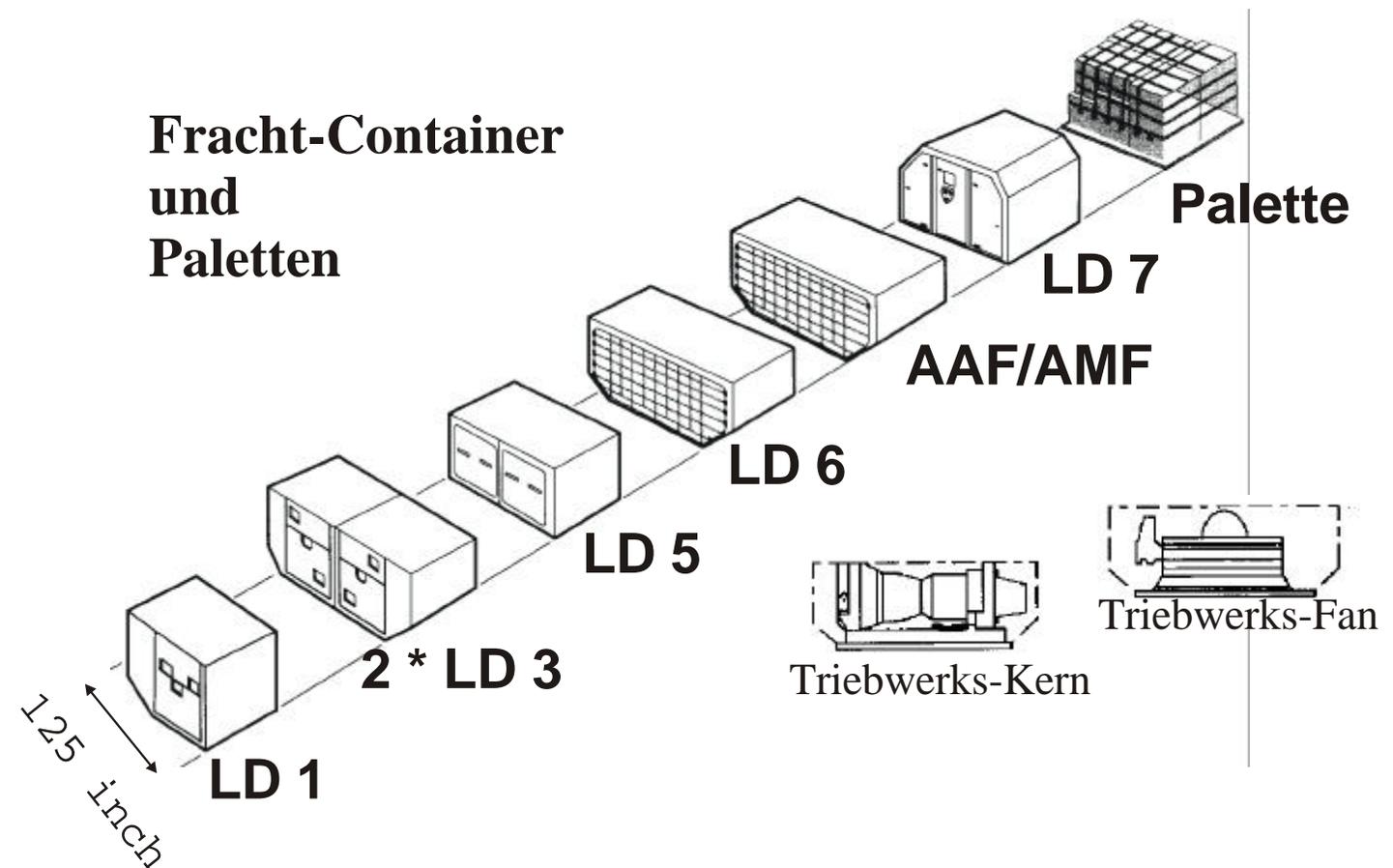
4.10 Frachtbehälter

Die Beförderung von Fracht sollte möglichst mit

- Container und
- Paletten

erfolgen, um schnelles und sicheres Be- und Entladen zu gewährleisten!

.. Überblick:



•• **weitere Daten:**

• **Volumen und Eigenmasse**

Typ	Nutzvolumen	Leermasse
LD 1	4.9	75
LD 3	4.5	70
LD 5	6.9	180
LD 9	9.9	200
	[m ³]	[kg]

• **Abmessungen von Paletten**

in [m] * [m]	in [inch] * [inch]
2.24 * 1.38	88 * 54
2.24 * 2.75	88 * 108
2.24 * 3.18	88 * 125
2.44 * 3.18	96 * 125

•• **Verladung und Befestigung**

- Eingangsbereiche mit "Kugel-Matten"
- Rollen-Schienen
- Verriegelung an vordefinierten Rasterpositionen

5. *Kabinenauslegung*

5.1 Rumpfabmessungen

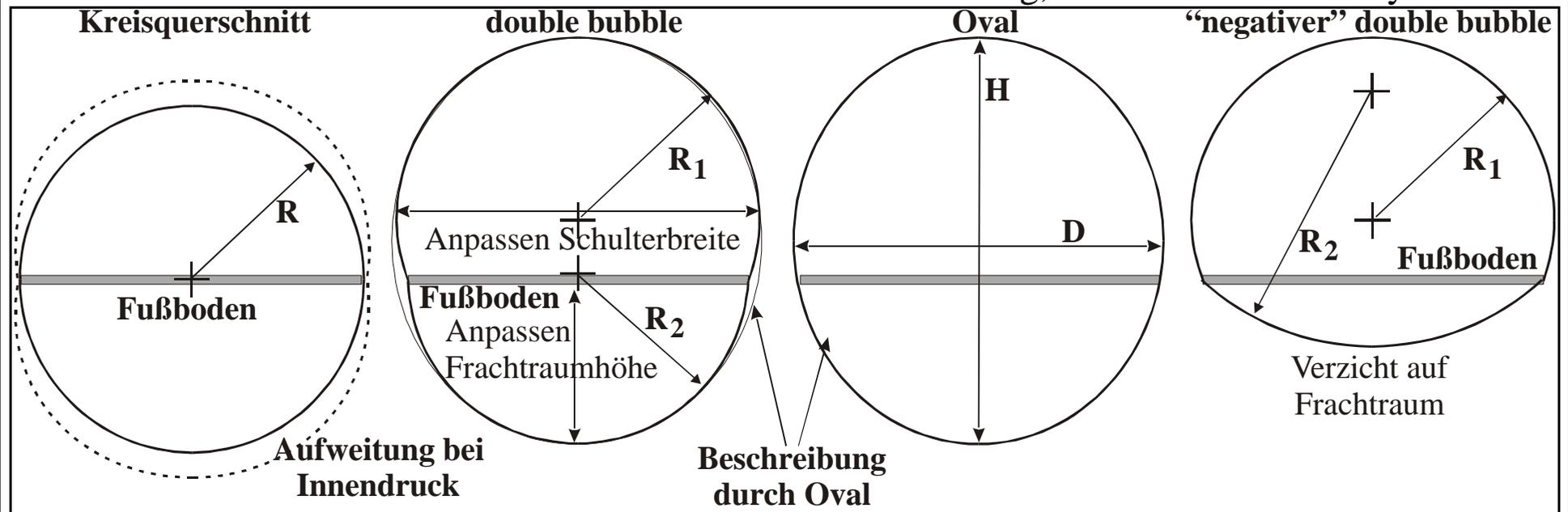
5.1.1 Technische Vorgaben

□ konstanter Querschnitt

- “ für kostengünstige Fertigung
- “ für Längenvariation bei Modell-Derivaten

□ strukturmechanische Vorgabe

- “ (nahezu) Kreisquerschnitt
 - Beanspruchung durch Differenzdruck
 - Alternativen: "Double Bubble", ovaler Querschnitt
 - Ausnahmen: rechteckig, wenn keine Druckbelüftung, aber schlechte Aerodynamik



□ aerodynamische Vorgaben für geringsten Widerstand

•• **kreisförmiger/ovaler Querschnitt**

•• **Definition**

- effektiver Rumpfdurchmesser : $D_{\text{eff}} = \sqrt{D \cdot H}$

•• **[tropfenförmig ® Widerspruch, s.o.]**

•• **Verhältnis Rumpflänge/Rumpfdurchmesser für Widerstandminimum**

- Rumpf alleine: 6
- Rumpf als Leitwerksträger: 8

kurzer Rumpf (Hebelarm): große Leitwerksflächen erforderlich, hoher Leitwerkswiderstand, kleiner Rumpfwiderstand

langer Rumpf (Hebelarm): kleine Leitwerksflächen erforderlich, kleiner Leitwerkswiderstand, großer Rumpfwiderstand

Optimales Verhältnis für Gesamtwiderstand ROSKAM <4>: $\frac{l_F}{d_F} = 8$

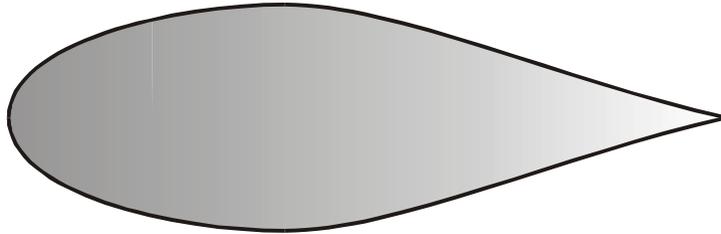
F: = fuselage, engl. für Rumpf

•• **Schlankheitsgrad $SGR = D_F/L_F$ (theor. Optimum 0.125)**

- Diese Angabe bezieht sich auf die gesamte Rumpflänge.
- Für die Kabinenkapazität ist der konische Anteil von Bug und Heck entsprechend zu berücksichtigen!

Prinzipielle Gestaltung der Rumpfoberfläche

ideale Tropfenform



realistische Rumpfform

aerodynamisch
geformte Bugsektion

mittlere Sektion mit fertigungsgerechtem, konstantem Querschnitt

aerodynamisch
geformte Hecksektion



Vorteile

- standardisierte Fertigung für große Bereiche des Rumpfes
- einfache Anpassung an erforderliche Passagierkapazität durch Längenvariation der mittleren Sektion

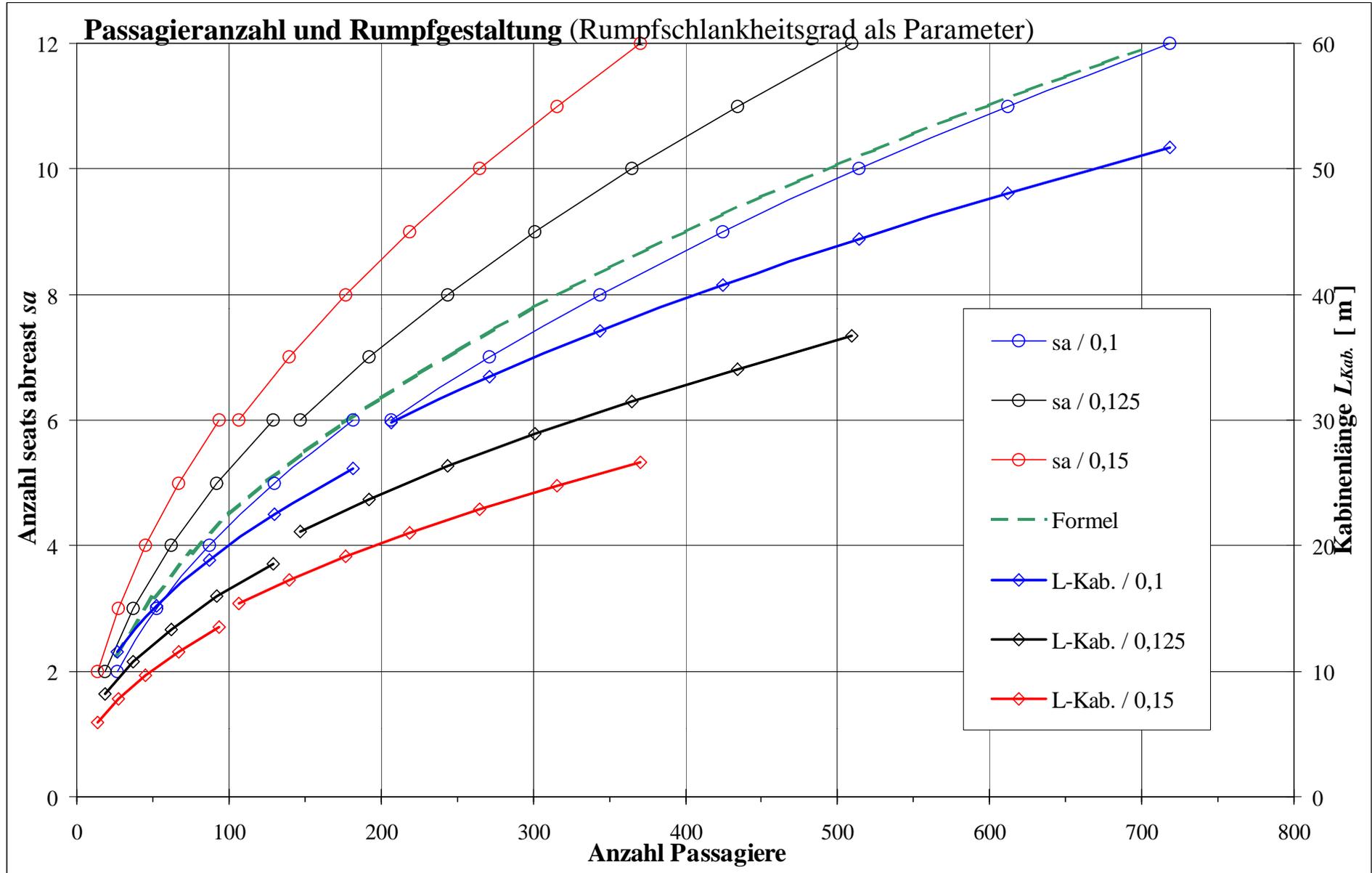
5.1.2 Abschätzung von Querschnitt und Rumpflänge

„ grobe Abschätzung für eine Einklassen-Auslegung

- Gangbreite 20 inch (ges. Minimum)
- Sitzbreite 20 inch als Mittelwert
- Sitzabstand 34 inch als Mittelwert

Anzahl Sitze pro Reihe	n_{SA}	SA := seats abreast
Sitzbreite	sw	
Sitzabstand	sp	p := pitch
Anzahl Längsgänge	m_A	
Gangbreite	aw	
Passagierzahl	n_{PAX}	
Schlankheitsgrad Rumpf	SGR	
Rumpfdurchmesser	$D_i = n_{SA} \cdot sw + m_A \cdot aw$	
Rumpfdurchmesser	$D_F = 1.045 \cdot D_i + 0.084$	[m]
Kabinenlänge	$L_{Kabine} = \left(\frac{1}{SGR} - 3.12 \right) \cdot D_F$	
resultierende Passagierzahl	$n_{PAX} = \frac{L_{Kabine}}{sp} \cdot n_{SA}$	
theoretische Formel	$n_{SA} = 0.45 \cdot \sqrt{n_{PAX}}$	

Graphische Darstellung



5.2 Rumpfquerschnitte und Sitzanordnung

.. bei realistischen Vorgaben

5.2.1 Typische Abmessungen und Abstand der Sitzreihen

- vergl. Technik-7

Abmessungen			Einheit	First class	Economy	High density ^{*1)}
SP	≡	Sitzabstand	seat pitch	38 - 40	34 - 36	30 - 32
SW	≡	Sitzbreite	seat width	20 - 28	17 - 22	16 - 18
HR	≡	Kopfhöhe	headroom	> 65	> 65	-
AW	≡	Gangbreite	aisle width	20 - 28	18 - 20	≥ 12
AH	≡	Ganghöhe	aisle height	> 76	> 76	> 60
2W	≡	Breite 2er Bank		48 - 53	48 - 50	40

Ah	≡	Augenhöhe		1.19
Sh	≡	Schulterhöhe		0.89
Fa	≡	Fußabstand	[m]	0.16
sf	≡	Schulterfreiheit		0.04
kf	≡	Kopffreiheit		0.06

Quellen: RAYMER <2>
SCHMITT <3>

5.2.2 Aufteilung in Klassen

der unterschiedlichen finanziellen Möglichkeiten

- **Typische 3-Klassenauslegung**

- First Class 8 %
- Business Class 18 %
- Economy Class 74 %

⇒ Das Puzzlespiel wird gleich um einiges komplizierter!
Üblicherweise erfolgt eine

- **Trennung der einzelnen Klassen durch**

- Trennwände und Vorhänge

- **wichtige, erschwerende Randbedingung:**

- Anzahl der Sitze pro Klasse ist variabel zu halten:

⇒ Sowohl Sitze, als auch Trennwände müssen einfach und schnell anders angeordnet werden können.

Extrembeispiel: Durch einen ausgeklügelten Faltmechanismus kann eine 2er-Bank in eine 3er und zurück verwandelt werden, je nach Bedarf
(Verbreitungsgrad unbekannt!)

5.2.3 Berücksichtigung von weiteren Aufwendungen in der Kabine

In Abhängigkeit von Flugstrecke und Klasse ist ein entsprechender Aufwand zu

das Fliegen auch möglichst angenehm zu machen, denn man will sie als Kunden behalten. Dies gilt für die ...

- Anzahl Flugbegleiter
- Größe und Anzahl Galleys
- Größe und Anzahl Lavatories

Allerdings wird dadurch auch noch einmal die Anzahl der Passagiere reduziert!

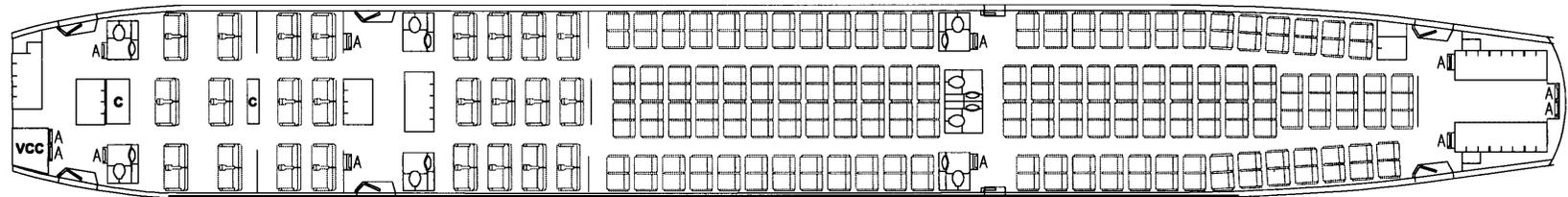
		Kurzstrecke SR ≤ 3000 nm	Mittelstreckestrecke 3000 nm < MR < 5500 nm		Langstrecke LR > 5500 nm		
		YC	FC	YC	FC	BC	YC
Sitze	Sitze in %	100	8 - 10	90 - 92	5 - 7	18 - 20	73 - 77
	Sitzabstand [inch]	32	40	32	60	38	32
	Sitzlehnenneigung [inch]	5	7.5	5	15	7	5
	Sitzbreite (2er Bank)	40	48	40	53	50	40
Kabinenpersonal pro Pax		1 / 45	1 / 8	1 / 35	1 / 8	1 / 20	1 / 35
Toiletten pro Pax		1 / 60	1 / 14	1 / 45	1 / 14	1 / 25	1 / 45
Galleyvolumen [Tablets/Pax]		1.7	9	2.3	9	7	2.7

nach SCHMITT

- 8 Toiletten:
 - 1 für die FC
 - 2 für die BC
 - 5 für die YC
- 913 Tablettts:
 - 108 für die FC
 - 252 für die BC
 - 553 für die YC
- ⇒ 34 Trolleys mit je 26 Tablettts
- ⇒ 6 Galleys mit je 4 - 8 Trolleys
(hier 6 Galleys unterschiedlicher Größe)

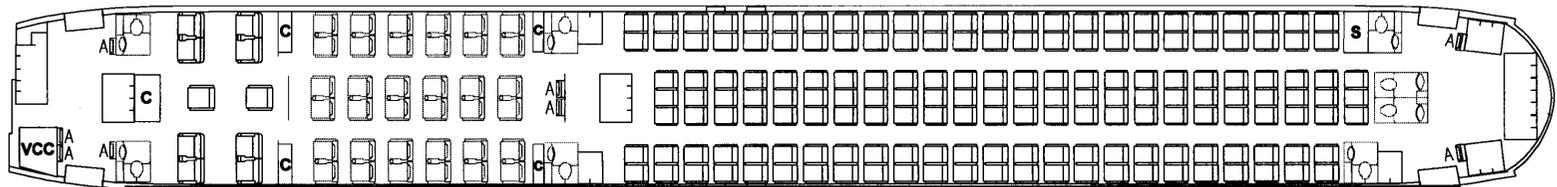
•• **Das Ergebnis: Seatlayout mit einem direkten Vergleich zur Konkurrenz**

A330-200



12 First + 36 Business + 205 Economy = 253 seats

767-300ER

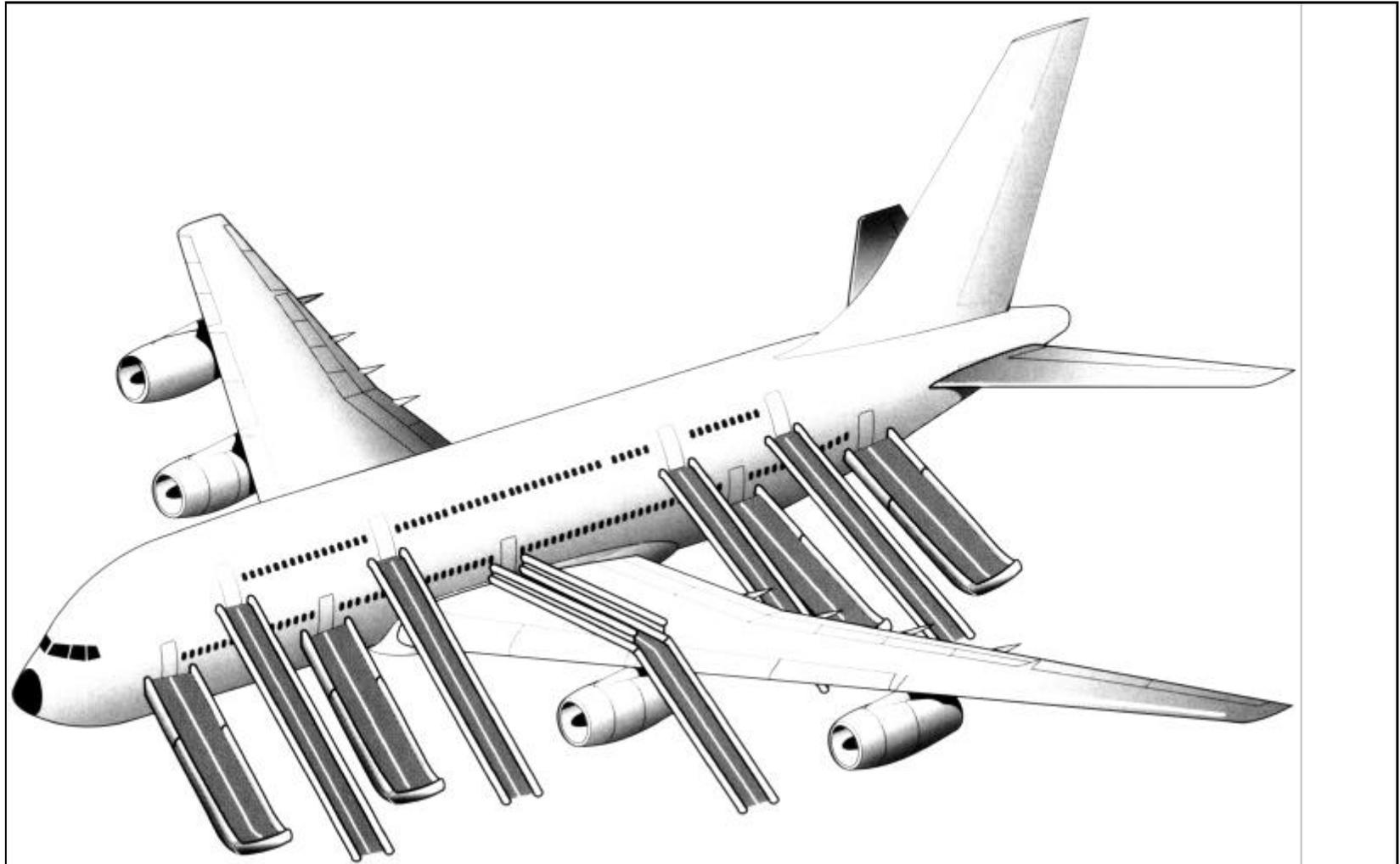


10 First + 36 Business + 168 Economy = 214 seats

5.2.4 Berücksichtigung der Evakuierungsanforderungen

Alle gefundenen Konzepte sind bezüglich der Evakuierungsanforderungen zu

„ Beispiel: Zahl und Anordnung der Notrutschen A380

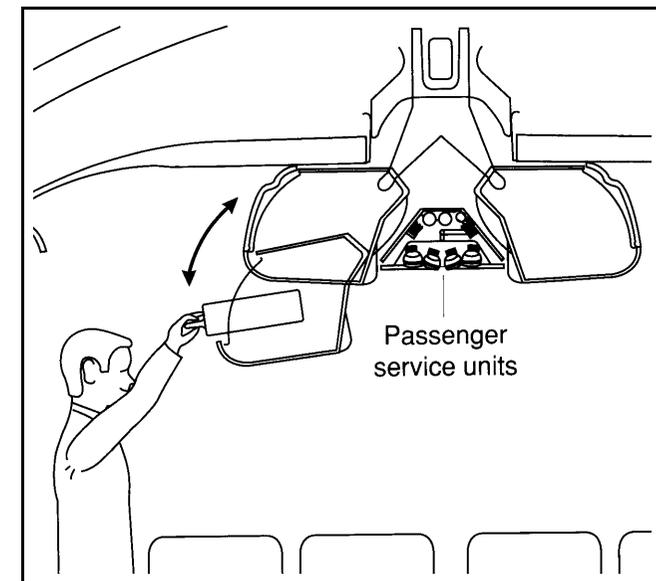
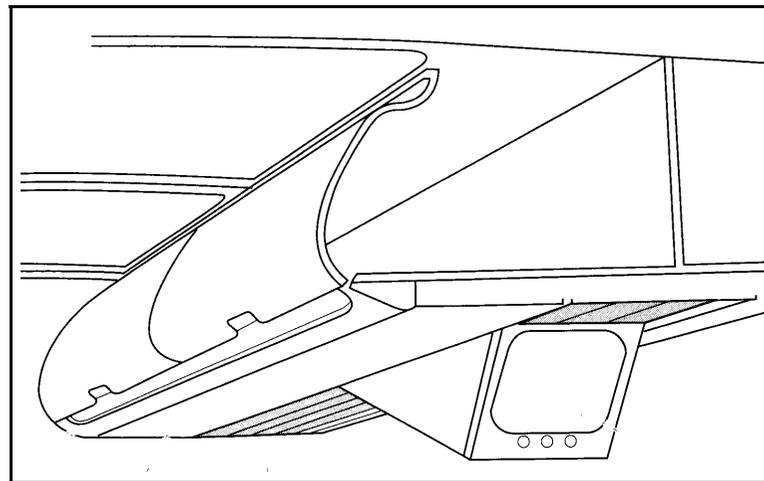


5.2.5 Hat-Racks und andere Stauräume

Für Handgepäck und Mäntel, Jacken o.ä. sind ebenfalls Stauräume erforderlich. In der First Class wird echter Garderobenstauraum angeboten, während in den übrigen Klassen der overhead stowage zum Einsatz kommt. Dieser ist besser bekannt als hat-rack, also Hutablage. Dennoch wird er sehr massiv beladen. Gängige Werte für die max. Beladung sind ca. 30 kg.

Verkaufsargument. Hier finden sehr viele Entwicklungsaktivitäten statt. In einer

• Beispiel für festen und absenkbaren hat-rack



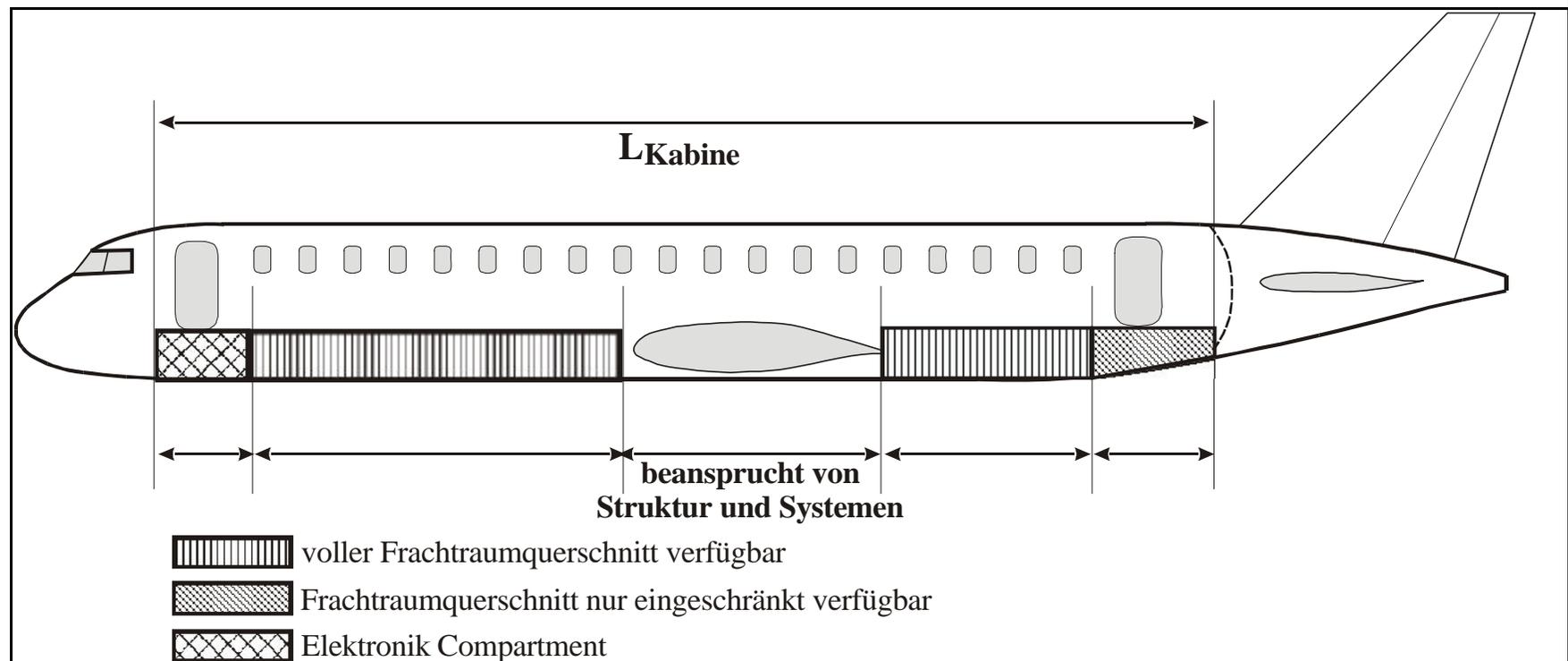
5.3 Fracht

Fracht müssen im Flugzeug untergebracht werden.

5.3.1 Frachtraumvolumen

Als Frachtraumvolumen steht typischerweise der Unterflurbereich zur Verfügung.

Kabine ab.



5.3.2 Benötigtes Gepäckvolumen

- **Masse pro Passagier (Mittelwert incl. Gepäck)**

- Kurzstrecke 93 kg
- Langstrecke 97 kg

- **Annahme Gepäckmasse pro Passagier für Gepäckraum: 20 kg**

- **Annahme Masse Handgepäck: 5 kg**

- **Bestimmung Gepäckvolumen pro Passagier**

- mittlere Dichte Gepäck: 170 kg/m³ TORENBEEK < >

⇒ erforderliches Gepäckvolumen: $VOL_{\text{Gepäck}} = \frac{25}{170} = 0.15 \text{ [m}^3\text{]}$

- **verfügbares Volumen für Handgepäck: 0.05 m³**
(für moderne Großraumflugzeuge!)

- **erforderliches Volumen im Gepäckraum: 0.10 m³**

□ Kontrolle am Beispiel A330-200

- **253 Passagiere:**

- 25.3 m³ Frachtraumbedarf
- verfügbar 26 LD3 Container mit je 4.5 m³ = 117 m³ (mehr als genug!)
- aktuelle payload 253 * 97 kg = 24 541 kg < max. payload = 45 000 kg

⇒ Zusätzliche, Kosten reduzierende Fracht kann mitgenommen werden!

□ Problem:

- Frachtaufkommen häufig unterschiedlich vom Passagieraufkommen
- ⇒ Zunehmend getrennter Einsatz von reinen Frachtflugzeugen!
- Was ist zu tun mit dem verfügbaren Freiraum?
- ⇒ Verlagerung von Passagierdeckkapazitäten in den Frachtraum:
- Lagerung von Trolleys reduziert erforderliche Grundflächen für Küchen
 - Lavatorys im Unterflurbereich
 - Crew-rest Compartments im Unterflurbereich

5.3.3 Frachtcontainer

Be- und Entladen der Flugzeuge üblicherweise möglichst mit Containern. Nur im eingeschränkten Frachtraumbereichen dem ...

- Baggage Compartment
über Fließbänder und von Hand!

5.4 Turn-around Prozess

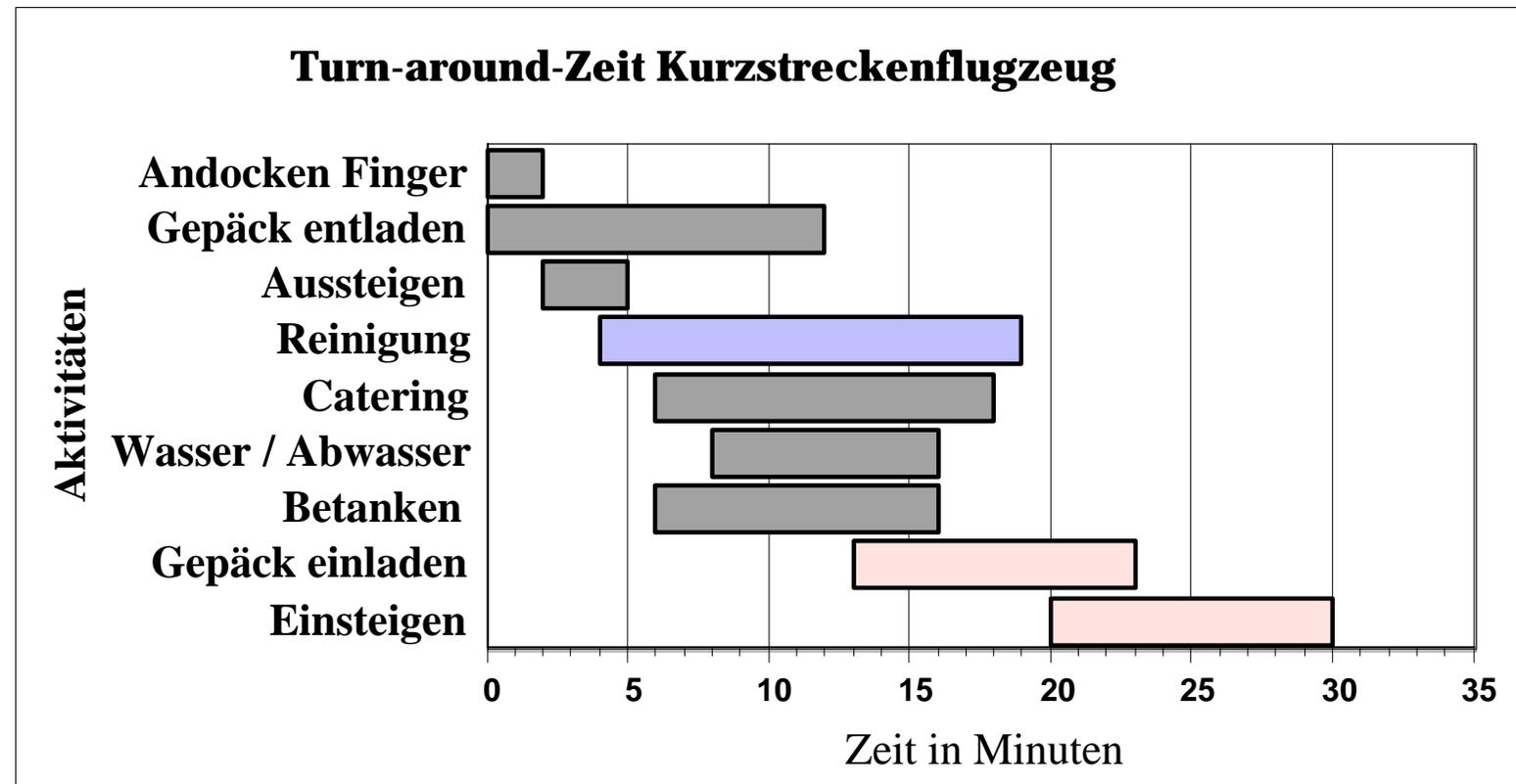
□ **Kostenaspekt: Standzeit am Boden**

- Nur im Fluge verdient ein Flugzeug sein Geld!
- Bodenzeiten sind unbedingt zu reduzieren
 - Andocken an Finger (alternativ fahrbare Treppen)
 - Beginn Entladung Fracht
 - Aussteigen (disembarking)
 - **Reinigung (cleaning)**
 - Catering
 - **Einsteigen (boarding)**
 - Wasser / Abwasser
 - Treibstoff
 - Abdocken
 - Frachtbeladung fertig
 - Start der Maschinen

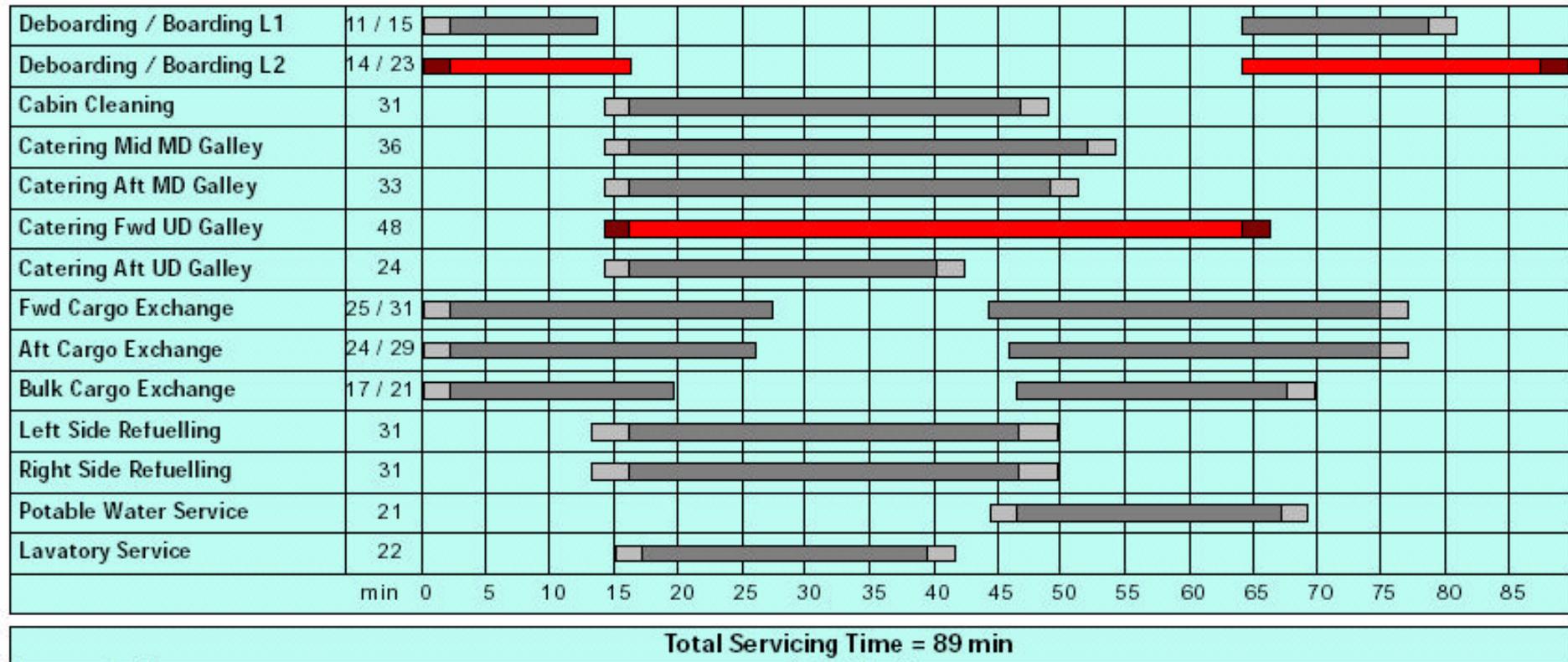
Die zeitkritischen Phasen sind **fett** hervorgehoben!

- **durch geschicktes Kabinenlayout günstig beeinflussen!**

** Zeitplan für Kurzstreckenflugzeug



Zeitplan für Langstreckenflugzeug (nach AIRBUS)



□ Anpassung an Bodensysteme bzw. Anpassung der Bodensysteme

„ für eine effektive Abfertigung

- möglichst viele Zugangsmöglichkeiten
- möglichst unabhängig von einander
- keine kreuzenden Wege

5.5 Komfortaspekte

- **komfortsteigernde Maßnahmen**
 - Steigerung der Akzeptanz von Langstreckenflügen
 - Verbesserung der Konkurrenzfähigkeit
 - sinnvolle Nutzung der Unterflurbereiche
- **vielfältige Entwicklungs-Aktivitäten**

5.5.1 Multimedia

- **In-Flight-Entertainment**
 - Audio- / Videosysteme an jedem Platz
 - vielfältige, individuelle Programmauswahl
 - on-board camera
(Darstellung der aktuellen Flugsituation aus verschiedenen Blickwinkeln)
- **Internet-Anschluss**
- **Satelliten-Telefon**

5.5.2 Nutzung Unterflurbereiche

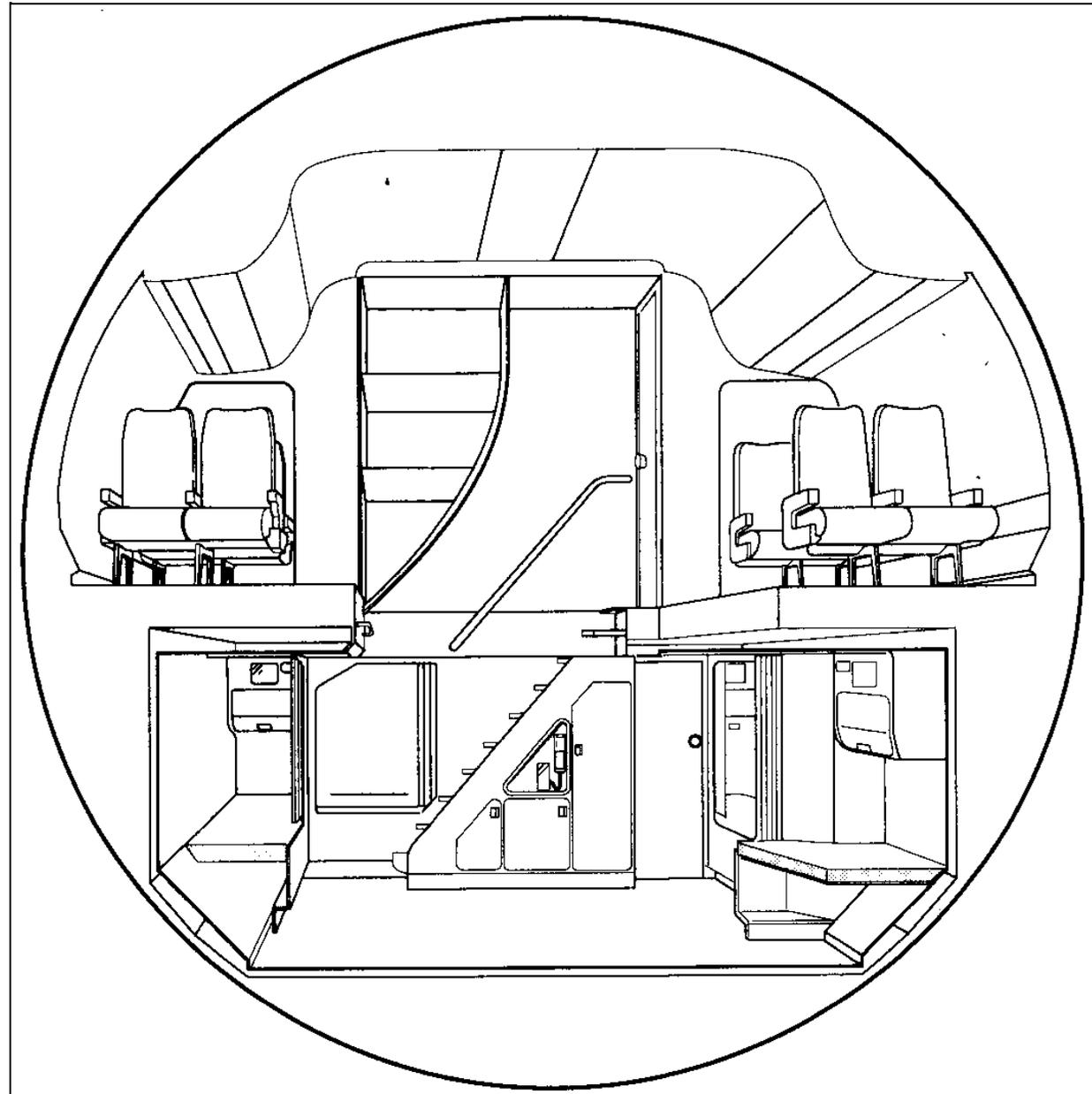
- Konferenzraum
- Ruheraum
- Bar
- Raucherzonen
- Shopping Center
- Schlafkabinen
- Fitnessbereich
- medizinische Ambulanz
- Dusch- / Sanitärkabinen

□ Beispiele

• Plasma-Bildschirme



.. **Unterflur-Ruheraum**



5.6 Zukünftige Anforderungen / Wünsche

• von den Airlines

- verbesserte Sitzidentifizierung
- hat racks: bessere Absicherung gegen herausfallende Gegenstände, gute Erreichbarkeit
- kratzfeste Fenster
- Kommunikationsräume
- Galleys: Verbesserung der Wartungsfreundlichkeit und Zuverlässigkeit, verbessertes Arbeitsumfeld
- Toiletten: höhere Ausfallsicherheit
- Klima: zonenbezogene Regulierung, Zuverlässigkeit, geringes Systemgewicht
- Geräusch: reduzierter Lärmpegel, bessere Akustik der Durchsagen
- Kabinenlayout: mehr Sitze pro Fläche, schnelleres Boarding ermöglichen, weniger Behinderung für Service, schnelles Umstellen auf anderes Layout
- turbulenz- und vibrationsfreier Flug
- Multimedia

.. von den Passagieren

- verbesserte Sitzidentifizierung
- hat racks: bessere Absicherung gegen herausfallende Gegenstände, Zuordnung zum eigenen Sitz, Kopffreiheit, mehr Volumen, bessere Erreichbarkeit
- kratzfeste und beschlagfreie Fenster, verbesserte Isolierung, bessere Verdunklung
- große und viele Fenster
- Kommunikationsräume von Kabine getrennt
- Galleys: geräuscharmes Catering
- Toiletten: verbesserte Hygiene, geräuscharm, übersichtlichere Bedienung, mehr Raum
- Klima: zugluftfrei, geräuscharm, gleichmäßige Temperaturverteilung
- Kabinenlayout: ungehinderter Passagierfluss, erhöhtes Stauvolumen am Sitz
- turbulenz- und vibrationsfreier Flug
- Multimedia

⇒ tlws. Zielkonflikte

- Kabinenlayout (Gänge, Sitze, Zonen)
- Hatrack (Volumen)
- Fenster (Anzahl, Größe)
- Galleys (Positionierung, Funktion)

□ Entwicklungsbeispiele in Zahlen

“ Entwicklung Sitzabstände seit 1989

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

Quelle: Lufthansa

“ Kosten für Sitze und Entertainment

Jahr	First Class		Comfort Class		Mixed Class	Entertainment	
	2er-Sitz	Antrieb	2er-Sitz	Antrieb	2er-Sitz	System	Preis/Passagier
1989	16.000	elektr.	5.000	mech.	4.000	Musik/Leinwand	600
1991	16.000	elektr.	10.000	mech.	4.000	Kabel TV	3.500
1998	30.000	elektr.	14.000	mech.	4.000	Indiv. Videothek	10.000
2003	??	elektr.	35.000 (gesch.)	elektr.	??/??	Internet	
	in [\$]		in [\$]		in [\$]		in [\$]

Quelle: Lufthansa