

fachhochschule hamburg

FACHBEREICH FAHRZEUGTECHNIK

Studiengang Flugzeugbau

Berliner Tor 5

D - 20099 Hamburg

theoretische Arbeit

- Flugzeugbau -

## Erstellung einer Datenbasis mit Entwurfsdaten für Passagierflugzeuge

Verfasser: Marco Niederkleine  
Karsten Schliemann

Abgabedatum: 10.09.99

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



## Kurzreferat

Beim Flugzeugentwurf an der Hochschule wird das Fehlen von Entwurfsdaten oft als gravierendes Hindernis bei der Arbeit angesehen. Diese Arbeit soll einen Beitrag leisten, Entwurfsdaten besser verfügbar zu machen. Der Bericht erläutert die Vorgehensweise bei der Beschaffung, Aufbereitung und Darstellung von Entwurfsdaten zur Auslegung von Passagierflugzeugen. Weiterhin wurde versucht, ein übersichtliches Format für die Darstellung der Daten zu finden. Entschieden wurde schließlich, Gruppen verwandter Entwurfsdaten zusammen für alle untersuchten Flugzeuge aufzulisten. Diese Art der Darstellung wurde umgesetzt in Microsoft Word, Microsoft Excel und im HTML-Format. Ein wesentlicher Teil der hier geleisteten Arbeit muß sicher in der Datenbeschaffung gesehen werden, die sich als zeitaufwendig erwiesen hat. Es ist schwer detaillierte Flugzeugdaten aus öffentlich zugänglichen Quellen zu beziehen. Wo keine Angaben vorlagen, wurden erforderliche Daten aus vorhandenem Material errechnet oder unter besonderer Sorgfalt aus Zeichnungen abgelesen.

## Erstellung einer Datenbasis mit Entwurfsdaten für Passagierflugzeuge

*Theoretische Arbeit* nach § 11 (3) Ziffer 6 der Prüfungsordnung.  
Gemeinschaftsaufgabe für zwei Studenten.

### Hintergrund

Zum Entwurf neuer Flugzeuge werden Vergleichsdaten bereits gebauter Flugzeuge benötigt. Die Standardquelle für Flugzeugdaten ist "Jane's all the World's Aircraft". "Jane's" erscheint jährlich mit neuen Daten. Für eine vollständigen Datenübersicht sind mehrere Bände notwendig, die für viele Studenten nicht verfügbar sind. Zudem sind erforderliche Daten teilweise auch in Jane's nicht vorhanden. Einzelne Parameter (z.B. Flügelfläche) können abhängig vom jeweiligen Flugzeughersteller unterschiedlich definiert sein und sind somit nicht vergleichbar.

### Aufgabe

Es soll eine Datenbasis mit Entwurfsdaten erstellt werden. Die einzelnen Arbeitsschritte sind:

- Festlegung der Flugzeuge, über die in der Datenbasis Daten gesammelt werden sollen.
- Festlegung der Parameter, die in die Datenbasis aufgenommen werden sollen.
- Bestimmung der Parameter, für die unterschiedliche Definitionen gelten.
- Festlegung je Parameter, welche Definition(en) berücksichtigt werden sollen.
- Entwurfsdaten sammeln.
- Suchen nach zunächst nicht verfügbaren Daten, Datenbasis ergänzen.
- Parameter gemäß der gewählten Definitionen berechnen.
- Erarbeitung einer geeigneten Form zur Speicherung der Daten auf dem PC und im Internet.
- Eingabe der Daten in den gewählten Formaten. z.B.:
- Eingabe der Daten im HTML-Format (für Internet-Zugang).
- Eingabe der Daten im Excel-Format. (für Ablage auf eigenem PC).

Die Vorgehensweise und die Ergebnisse sollen in einem gemeinsamen Bericht beschrieben werden. Bei der Erstellung des Berichtes sollen die entsprechenden DIN-Normen beachtet werden.

### Hinweis

Kennzeichnen Sie, welcher Autor welche Abschnitte des Berichts verfaßt hat. Geben Sie eine kurze Stellungnahme ab, aus der hervorgeht, welcher Bearbeiter sich mit welchen Teilen der Aufgabenstellung befaßt hat und/oder welche Teile der Aufgabenstellung untrennbar von beiden Bearbeitern erstellt wurden.

# Inhalt

	Seite
Verzeichnis der Bilder .....	6
Verzeichnis der Tabellen .....	7
Liste der Symbole .....	8
Liste der Abkürzungen .....	9
Verzeichnis der Begriffe und Definitionen .....	10
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>11</b>
<b>2 Datensammlung</b> .....	<b>12</b>
2.1 Festlegung der Flugzeuge und Parameter .....	12
2.2 Datensammlung, Quellen.....	16
<b>3 Erläuterung und Darstellung einiger gesammelter Parameter</b> .....	<b>17</b>
3.1 Generell .....	17
3.2 Flügel .....	19
3.2.1 Allgemeines .....	19
3.2.2 Fläche .....	19
3.2.3 Streckung .....	21
3.2.4 Zuspitzung .....	22
3.2.5 MAC .....	23
3.2.6 Weitere Parameter .....	23
3.3 Hochauftriebssystem .....	27
3.4 Leitwerke .....	30
3.5 Geometrie Rumpf .....	30
3.6 Schwerpunktlagen.....	31
3.7 Triebwerke .....	34
3.8 Sonstige Parameter .....	34
<b>4 Internetdarstellung</b> .....	<b>35</b>
<b>4 Zusammenfassung</b> .....	<b>38</b>
<b>6 Schlußbemerkung</b> .....	<b>38</b>
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>39</b>
<b>Anhang A Dreiseitenansichten</b> .....	<b>41</b>
<b>Anhang B Weitere Parameter</b> .....	<b>52</b>

## Verzeichnis der Bilder

<b>Bild 3.1</b>	Ground Clearances.....	18
<b>Bild 3.2</b>	Flügelfläche Boeing.....	19
<b>Bild 3.3</b>	Flügelfläche Airbus. ....	20
<b>Bild 3.4</b>	Weight and Balance Boeing 737-500.....	32
<b>Bild 4.1</b>	Verknüpfungsflußdiagramm .....	35
<b>Bild 4.2</b>	Startseite.....	36
<b>Bild 4.3</b>	Auswahlseite.....	36
<b>Bild 4.4</b>	Datenseite Schwerpunktlagen .....	37
<b>Bild A.1</b>	A300-600 .....	41
<b>Bild A.2</b>	A310-300 .....	42
<b>Bild A.3</b>	A319-100 .....	43
<b>Bild A.4</b>	A320-200 .....	44
<b>Bild A.5</b>	A321-100 .....	45
<b>Bild A.6.1</b>	A340-300 .....	46
<b>Bild A.6.2</b>	A340-300 .....	47
<b>Bild A.7</b>	Boeing 747-400 .....	48
<b>Bild A.8</b>	Boeing 737-300 .....	49
<b>Bild A.9</b>	Boeing 737-400 .....	50
<b>Bild A.10</b>	Boeing 737-500 .....	51

## Verzeichnis der Tabellen

<b>Tabelle 3.1</b>	Außenmaße .....	17
<b>Tabelle 3.2</b>	Geometrie Flügel 1 .....	24
<b>Tabelle 3.3</b>	Geometrie Flügel 2 .....	25
<b>Tabelle 3.4</b>	Geometrie Flügel 3 .....	26
<b>Tabelle 3.5.1</b>	Hochauftriebssystem 1 .....	28
<b>Tabelle 3.5.2</b>	Hochauftriebssystem 2 .....	29
<b>Tabelle 3.6</b>	Geometrie Rumpf .....	30
<b>Tabelle 3.7</b>	Schwerpunktslagen .....	33
<b>Tabelle 3.8</b>	Triebwerke .....	34
<b>Tabelle B.1</b>	Flugzeugform .....	52
<b>Tabelle B.2</b>	Operationelle Parameter.....	53
<b>Tabelle B.3</b>	Massen .....	54
<b>Tabelle B.4.1</b>	Daten von Querruder und Spoiler.....	55
<b>Tabelle B.4.2</b>	Daten von Querruder und Spoiler 2.....	56
<b>Tabelle B.5</b>	Geometrie Höhenleitwerk .....	57
<b>Tabelle B.6</b>	Daten Höhenruder .....	58
<b>Tabelle B.7</b>	Geometrie Seitenleitwerk.....	58
<b>Tabelle B.8</b>	Daten Seitenruder .....	59

## Liste der Symbole

$A$	Streckung (aspect ratio)
$b$	Spannweite
$S$	Fläche
$c$	Profiltiefe
$m$	Meter
$ft$	feet
$kg$	Kilogramm
$x_m$	Abstand von der Flugzeugnase bis zum Schwerpunkt
$kN$	Kilonewton
$Y_E$	Abstand vom Triebwerk bis zur Flugzeugsymmetrielinie

## Griechische Symbole

$\lambda$	Zuspitzung
$\varphi$	Pfeilwinkel

## Indizes

$t$	tip (Spitze)
$r$	root (Wurzel)
$k$	kink (Knick)

## Liste der Abkürzungen

MAC	mean aerodynamic chord
TW	Triebwerke
Op	operating
ISA	International standard atmosphere
A/C	Aircraft
MTOW	maximum take off weight
OEW	operating empty weight
MLW	maximum landing weight
MZFW	maximum zero fuel weight
TW	Triebwerk

# Verzeichnis der Begriffe und Definitionen

## **Root, kink, tip**

Root, kink und tip werden im Zusammenhang mit der Flügel- oder Leitwerksbemaßung benötigt und bezeichnen eine Stelle mit einer bestimmten Flügelspannweite. Beim Zusatz **root** ist es dabei oft nicht eindeutig ob hiermit die Stelle gemeint ist, an welche der Flügel auf den Rumpf trifft oder die gedachte Stelle an welcher der verlängerte Flügel auf die Flugzeugsymmetrielinie trifft. In unseren Tabellen ist die kenntlich gemacht. Der Begriff **kink** bezeichnet die Stelle an welcher der Flügel scheinbar einen Knick hat. In den Draufsichten ist dies gut zu erkennen. Die Bezeichnung **tip** bezeichnet die Flügelspitze.

## **Aircraft Maintenance Manual (AMM)**

Das AMM ist eine Herstelleranweisung, die die Vorgehensweise bei Ausbau, Inspektion und Einbau einzelner Komponenten eines Flugzeuges beschreibt. Desweiteren werden Angaben zu Werkzeugen und Testmethoden gemacht

## **Weight and Balance Manual (WBM)**

Das WBM enthält Herstellerangaben zu Gewichten und Schwerpunkten des Flugzeugs und seiner Komponenten. Sowie Angaben zur Berechnung von Customer abhängigen Modifikationen.

## **Structure Repair Manual**

Jedes Flugzeugmuster besitzt für alle gängigen Strukturreparaturen, welche im Laufe eines Flugzeuglebens zu erwarten sind, eine musterbezogene Reparaturanweisung, das sogenannte Structure Repair Manual (SRM).

# 1 Einleitung

Um den Flugzeugentwurf durchführen zu können, ist es notwendig, Daten von bereits existierenden Flugzeugen in übersichtlicher Form verfügbar zu haben. Bisher ist die Quelle für diese Informationen meist *Janes all the world's aircraft*. Hier sind die gesuchten Informationen oft über mehrere Bände verstreut und für viele Studenten nur in der Bücherei zugänglich. Außerdem sind einige Angaben im *Janes* vom Flugzeugherstellern übernommen und daher nicht unbedingt miteinander vergleichbar.

Diese Arbeit soll dazu beitragen den Flugzeugentwurf in diesem Bereich zu erleichtern. Es sollten also Daten gesammelt, aufbereitet und in einer übersichtlichen Form zusammengestellt werden. Der vorliegende Bericht beschreibt das Vorgehen bei diesen Arbeitsschritten. Es werden, wenn notwendig, die Parameter und ihre Ermittlung erläutert.

Die in der Arbeit behandelten Flugzeuge stellen nur eine Auswahl der gewünschten Typen dar. Die Sammlung soll also erweitert werden. Für Interessierte, die dieses beabsichtigen, kann dieser Bericht hilfreich bei der eigenen Arbeit sein.

## 2 Datensammlung

### 2.1 Festlegung der Flugzeuge und Parameter

Zuerst wurde eine Liste mit Passagierflugzeugen in der Klasse über 100 Sitze erstellt. Gleichzeitig wurden Parameter vereinbart, die in die Datenbank aufgenommen werden sollten. Einen Anhaltspunkt gab das Skript für die Vorlesung Flugzeugentwurf von Prof. Scholz. Es stellte sich schnell heraus, daß zum Beispiel für osteuropäische Flugzeuge kaum brauchbare Daten zu bekommen waren. Ebenfalls sollten nur Typen in die Datenbank aufgenommen werden, die in größerer Zahl noch im Einsatz bei den Fluggesellschaften stehen und noch produziert werden.

Es wurden schließlich folgende Flugzeuge ausgewählt:

- Airbus A300-600
- Airbus A310-300
- Airbus A319-100
- Airbus A320-200
- Airbus A321-100
- Airbus A340-300
- Boeing 747-400
- Boeing 747-200
- Boeing 737-300
- Boeing 737-400
- Boeing 737-500

Die am Anfang angestrebte Liste von Parametern mußte mehrmals während der Datensuche geändert und auch teilweise gekürzt werden. Einige Lücken sind aber trotzdem noch vorhanden. Nachfolgende Parameter wurden gesammelt.

#### **Flugzeugform (Tabelle B.1)**

- Antriebsart
- Anzahl der Triebwerke
- Triebwerksanordnung
- Fahrwerkstyp
- Fahrwerksintegration

**Operationelle Parameter** (Tabelle B.2)

- Nutzlast
- Reichweite
- Machzahl
- Geschwindigkeit
- Sicherheitsstartstrecke
- Sicherheitslandestrecke
- Dienstgipfelhöhe
- Anzahl der Sitzplätze
- Frachtdaten

**Massen** (Tabelle B.3)

- MTOW
- OEW
- MZFW
- MLW
- max. Kraftstoffmasse
- max. Nutzlast

**Geometrie Generell, Außenmaße** (Tabelle 3.1)

- Länge
- Höhe
- Breite

**Geometrie Flügel** (Tabelle 3.2 bis 3.4)

- Flügellage
- Fläche Airbus
- Fläche Boeing
- Fläche Hersteller
- Streckung Airbus
- Streckung Boeing
- Streckung Hersteller
- Zuspitzung
- MAC
- Pfeilung (25% Linie)
- Rel. Profildicke
- V-Winkel
- Winglets / Größe
- Profiltiefe (Symmetrielinie)

- Profiltiefe (Wurzel)
- Profiltiefe (Kink)
- Profiltiefe (Spitze)
- Pfeilung (Innenflügel Vorderkante)
- Pfeilung (Außenflügel Vorderkante)
- Pfeilung (Innenflügel Hinterkante)
- Pfeilung (Außenflügel Hinterkante)

### **Daten Querruder und Spoiler** (Tabelle B.4.1 und B.4.2)

- Anzahl
- Fläche
- Abstand zur A/C-Symmetrielinie

### **Hochauftriebssystem** (Tabelle 3.5.1 und 3.5.2)

- Art
- Anzahl
- Fläche

### **Geometrie Höhenleitwerk** (Tabelle B.5)

- Fläche (Hersteller)
- Fläche (nachgerechnet)
- Spannweite
- Streckung (Hersteller)
- Streckung (nachgerechnet)
- Zuspitzung (Hersteller)
- Zuspitzung (nachgerechnet)
- Profiltiefe (Symmetrielinie)
- Profiltiefe (Spitze)
- Pfeilung (25% Linie)
- Pfeilung (Vorderkante)
- V-Winkel
- MAC
- Hebelarm

### **Daten Höhenruder** (Tabelle B.6)

- Anzahl
- Fläche (gesamt)

**Geometrie Seitenleitwerk** (Tabelle B.7)

- Fläche (Hersteller)
- Halbspannweite
- Fläche (nachgerechnet)
- Streckung (gerechnet)
- Zuspitzung (gerechnet)
- Pfeilung (25% Linie)
- Pfeilung (Vorderkante)
- MAC
- Hebelarm des Seitenleitwerks

**Daten Seitenruder** (Tabelle B.8)

- Anzahl
- Fläche (gesamt)

**Geometrie Rumpf** (Tabelle 3.6)

- Druckkabine
- Länge
- Durchmesser (vertikal)
- Durchmesser (horizontal)
- Anzahl der Gänge
- Anzahl der Sitze pro Reihe
- Heckwinkel
- Lage des Bodens über Grund

**Schwerpunktslagen** (Tabelle 3.7)**Triebwerk** (Tabelle 3.8)

- Triebwerkstyp
- Startschub
- Nebenstromverhältnis
- Abstand vom Triebwerk bis zur Flugzeugsymmetrielinie,  $Y_E$

## 2.2 Datensammlung, Quellen

Die Quellen der Daten sind das in der Aufgabenstellung genannte „Jane’s all the World’s Aircraft,, die Aircraft Maintenance Manuals (AMM) und das Weight and Balance Manual (WBM) der entsprechenden Flugzeuge. Wir hatten die Möglichkeit durch das praktische Studiensemester bei der Lufthansa Technik AG das AMM sowie das WBM einsehen zu können.

Die Quellen der Daten sind in diesem Bericht kenntlich gemacht. *Kursive* Angaben sind von uns berechnet oder basieren auf diesen Daten. Angaben im Standard Format stammen von Herstellern (AMM, WBM, SRM), aus Lufthansa Internen Quellen oder aus „Jane’s all the World’s Aircraft,. In den zur Veröffentlichung im Internet aufbereiteten Daten haben wir auf diese Kennzeichnung verzichtet.

Für alle geforderten Angaben waren nicht immer Herstellerangaben zu finden. Daher mußten einige Zahlen aus Dreiseitenansichten und Detailzeichnungen herausgemessen werden. Weiterhin haben wir uns entschieden die Zahlenwerte in den in Deutschland gebräuchlichsten Einheiten anzugeben.

### 3 Erläuterung und Darstellung einiger gesammelter Parameter

#### 3.1 Generell

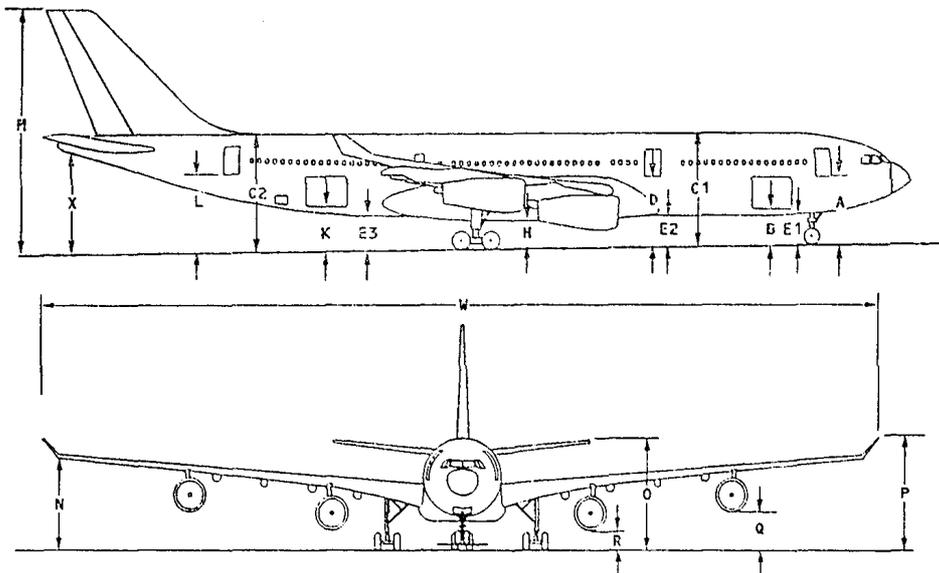
Hier wurden zunächst die Außenmaße der Flugzeuge gesammelt. Weiterhin wurde eine Dreiseitenansicht gescannt um diese auch für die spätere Ansicht im Internet verfügbar zu haben. Dreiseitenansichten sind im **Anhang A** beigefügt. Die zugehörigen Außenmaße sind in der **Tabelle 3.1** aufgeführt.

**Tabelle 3.1:** Außenmaße

	Länge m	Höhe m	Breite m
A300-600	54,08	16,53	44,84
A310-300	46,66	15,8	43,89
A319-100	33,84	11,76	ohne Winglets: 33,91; mit Winglets: 34,10
A320-200	37,57	11,8	
A321-100	44,51	11,81	
A340-300	63,65	16,91	60,3
747-200	70,66	19,33	59,64
747-400	70,66	19,3	64,44
737-300	33,40	11,13	28,89
737-400	36,45	11,13	28,89
737-500	31,01	11,13	28,89

### Anmerkung

Die äußeren Maße eines Flugzeuges bleiben nicht konstant sonder ändern sich mit Betankung und Beladung. **Bild 2.1** zeigt anhand des Airbus A340 einige Beispiele dafür.



	OPERATING WEIGHT EMPTY CG 32.3 %		MAXIMUM RAMP WEIGHT CG 20.7 %		MAXIMUM RAMP WEIGHT CG 30 %		MAXIMUM RAMP WEIGHT CG 38.2 %	
	m	ft	m	ft	m	ft	m	ft
A	4.58	15.02	4.40	14.43	4.44	14.56	4.50	14.76
B	2.73	8.95	2.54	8.33	2.58	8.33	2.63	8.62
C1	7.78	25.52	7.56	24.80	7.59	24.89	7.63	25.03
C2	8.43	27.65	8.24	27.02	8.20	26.90	8.16	26.76
D	4.86	15.94	4.67	15.31	4.69	15.38	4.71	15.45
E1	2.14	7.02	1.93	6.33	1.95	6.40	1.99	6.53
E2	2.26	7.41	2.07	6.78	2.08	6.82	2.10	6.89
E3	2.66	8.72	2.47	8.10	2.45	8.03	2.42	7.94
H	2.02	6.62	1.84	6.03	1.83	6.00	1.83	6.00
K	3.45	11.31	3.25	10.66	3.22	10.56	3.19	10.46
L	5.70	18.69	5.51	18.07	5.47	17.94	5.41	17.74
M	17.03	56.86	16.84	55.23	16.77	55.00	16.68	54.71
N	6.37	20.89	6.03	19.78	6.01	19.71	5.98	19.61
O	8.18	26.83	7.99	26.21	7.92	25.98	7.88	25.85
P	7.95	26.08	7.59	24.89	7.56	24.80	7.53	24.70
Q	2.60	8.53	2.35	7.70	2.34	7.67	2.34	7.67
R	1.41	4.62	1.22	4.00	1.22	4.00	1.24	4.06
W	60.41	198.14	60.47	198.38	60.47	198.38	60.47	198.38
X	7.33	24.04	7.14	23.42	7.07	23.19	6.98	22.89

**Bild 3.1:** Ground Clearances

## 3.2 Flügel

### 3.2.1 Allgemeines

Zunächst sind Angaben über die Art des Flügels gesammelt worden. Diese Angaben zeigen, daß die Anforderungen an ein Passagierflugzeug mit über 100 Sitzen für Geschwindigkeitsbereich von über Mach 0,7 offenbar nur einen freitragenden Flügel in Mittellage als beste Lösung zulassen.

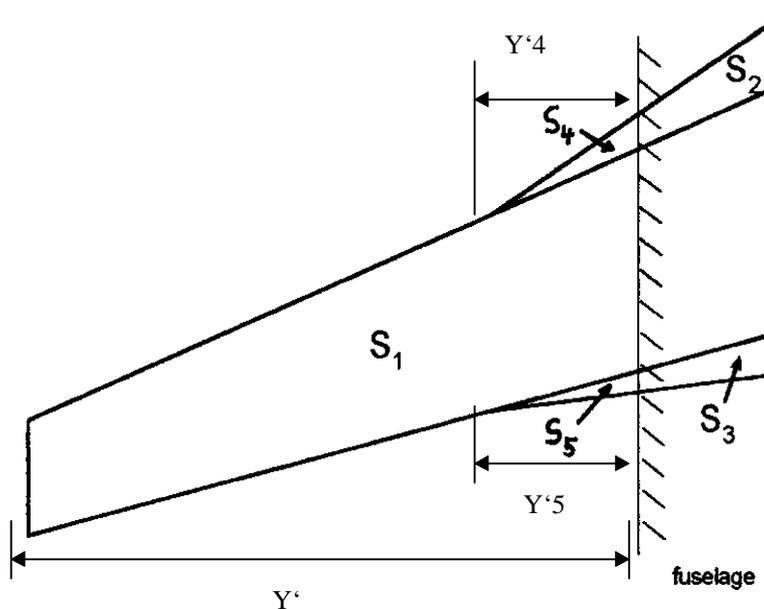
#### Anmerkung

Für die A320 Familie gibt es zwei Flügel. Diese unterscheiden sich äußerlich am ehesten dadurch, daß einer dieser Flügel mit Winglets versehen ist. Daher ist dieses Unterscheidungsmerkmal auch in den Tabellen angegeben.

### 3.2.2 Fläche

Die Angabe der Flügelfläche ist bei den Herstellern Airbus und Boeing nicht identisch. Hier war daher das Ziel eine Berechnung vorzunehmen, die einen Vergleich der Hersteller zuläßt. Wir haben drei Angaben in die Tabelle aufgenommen:

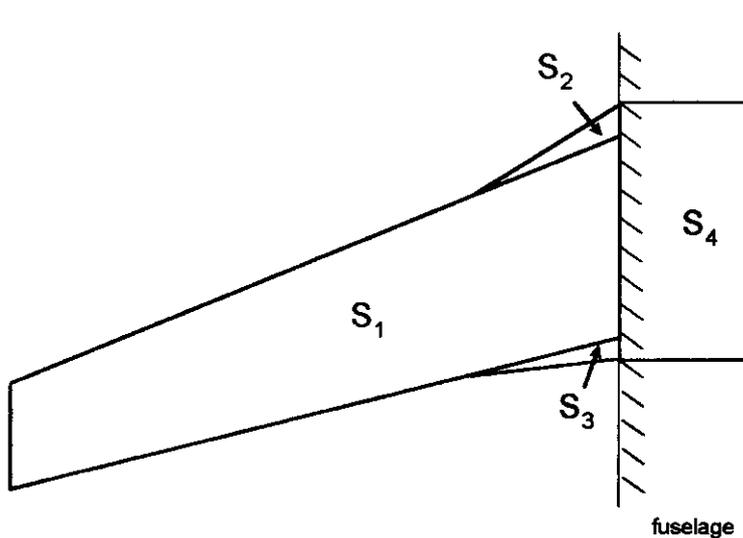
- Fläche Boeing **Bild 2.2**
- Fläche Airbus **Bild 2.3**
- Fläche Hersteller



**Bild 3.2:** Flügelfläche Boeing

Die Flügelfläche nach Boeing Definition berechnet sich nach folgender Gleichung:

$$S = 2 * \left( S_1 + S_4 + S_5 + S_2 * \frac{Y'4}{Y'} + S_3 * \frac{Y'5}{Y'} \right) \quad (3.1)$$



**Bild 3.3:** Flügelfläche Airbus

Die Flügelfläche nach Airbus Definition berechnet sich nach folgender Gleichung:

$$S = 2 * (S_1 + S_2 + S_3 + S_4) \quad (3.2)$$

Dies sind jeweils die Flächen die nach der Definition der beiden Hersteller von uns ausgerechnet wurden und die Fläche die der Hersteller in seinen Unterlagen angibt. Auch die Flügelfläche der Boeing 747 ist nach diesen Definitionen gerechnet. Zur Berechnung der Flügelflächen wurden die Flügelbemaßungen der Hersteller herangezogen. Bei einigen Flugzeugen waren diese aber nicht zu erhalten, bei der Boeing 747 zum Beispiel mußten viele Maße aus Zeichnungen durch Messen entnommen werden. Mit diesen Maßen wurde mit Hilfe eines CAD-Programmes eine Zeichnung des Flügels erstellt. Entsprechend der gewünschten Definition ist es möglich das Programm die gewünschte Fläche berechnen zu lassen.

Auffällig an den Ergebnissen ist, daß die nach der Airbus-Definition gerechneten Flächen größer sind als die nach der Boeing-Definition. Wenn man sich die Definitionen allerdings genauer ansieht (**Bild 3.1** und **Bild 3.2**) ist dies nachvollziehbar, da jenes Stück welches bei der Berechnung nach Boeing Definition an der Vorderkante zusätzlich berechnet wird kleiner ist als jenes was an der Hinterkante durch die Korrektur mit den Spannweitenfaktoren weniger berechnet wird.

Grundsätzlich fällt auf das die Ergebnisse der Nachrechnung bei den Airbus Flugzeugen gut mit den Angaben des Herstellers übereinstimmen. Das legt den Schluß nahe, daß hier die Definition des Herstellers mit der gewählten Definition übereinstimmt.

In den Unterlagen für die Boeing-Flugzeuge findet sich bei der Angabe zur Flügelfläche noch der Zusatz *basis*. Der mit diesem Zusatz versehene Wert liegt weit von denen entfernt, die wir nach den gewählten Definitionen berechnet haben. Die von uns errechneten Flächen sind deutlich größer als die von Boeing angegebenen. Also muß bei Boeing Berechnung ein großer Teil des Flügels nicht berücksichtigt werden.

Fehler sind bei dieser Berechnung natürlich nicht auszuschließen. Zum Beispiel kann es zu Meßfehlern kommen wenn die Maße von der durch Kopieren vergrößerten Zeichnung abgenommen werden. Das Vergrößern per Kopierer ist ebenfalls eine Quelle für Ungenauigkeiten. Außerdem ist zu berücksichtigen das der Tragflügel eine V-Stellung von bis zu 7° haben kann. Diese verkleinert die projizierte Fläche im Vergleich zur tatsächlich vorhandenen Fläche. Es war für uns nicht zu klären ob diese Tatsache in den Berechnungen der Hersteller berücksichtigt werden.

### 3.2.3 Streckung

Die Definition für die Streckung lautet:

$$A = \frac{b^2}{S} \quad (3.3)$$

Die Streckung des Flügels hängt von der getroffenen Auswahl der Flügelberechnung ab. Darum sind in den Tabellen ebenfalls wieder drei Spalten angegeben:

- Streckung Airbus
- Streckung Boeing
- Streckung Hersteller

Die Herstellerangaben können dabei von dem Ergebnis abweichen welches man erhält wenn man die Ebenfalls vom Hersteller gelieferten Angaben zur Berechnung der Streckung heranzieht. Als Beispiel der Flügel der A320 Familie mit Winglets.

Mit Herstellerangaben ergeben sich:

$$A = \frac{34,1^2 * m^2}{126,0m^2} = 9,23 \quad (3.4)$$

Airbus gibt in seinen Unterlagen allerdings eine Streckung von 9,10 an. Auch dies konnte nicht geklärt werden. Ein möglicher Grund ist daß bei diesem Flügel mit Winglets diese Fläche der Winglets zu der Fläche des Flügels hinzuaddiert wird um die Streckung zu berechnen.

$$A = \frac{34,1^2 * m^2}{126m^2 + 2 * (0,6m^2)} = 9,14 \quad (3.5)$$

An dieser Stelle fällt ebenfalls auf, daß die Herstellerangaben unterschiedlich gerundet sind. Für die A320 Familie ohne Winglets wird vom Hersteller eine Streckung von 9,396 und für die A320 Familie mit Winglets eine Streckung von 9,1 angegeben. Wir haben uns an dieser Stelle auf eine für uns sinnvoll erscheinende Angabe entschieden.

### 3.2.4 Zuspitzung

Die Zuspitzung ist als Verhältnis der Profiltiefen an tip (Spitze) : zu root (Wurzel) definiert.

$$I = \frac{C_t}{C_r} \quad (3.6)$$

Hierbei ist die Wurzelprofiltiefe jene, die theoretisch entsteht wenn man die Flügel bis zur Symmetrielinie des Flugzeuges verlängert. Die Abweichungen zu den Herstellerangaben beruhen darauf, daß Airbus für diese Berechnung den Wert der Flügeltiefe an der Stelle verwendet wo sich Rumpf und Flügel treffen. Beim A300 fällt allerdings auf, daß der von Airbus angegebene Wert nicht mit denen aus der Nachrechnung übereinstimmt.

### 3.2.5 MAC

MAC bedeutet mittlere aerodynamische Flügeltiefe (mean aerodynamic chord). Darunter ist die Flügeltiefe eines aerodynamisch vergleichbaren unverwundenen und ungefeilten Rechteckflügels zu verstehen der die selben aerodynamischen Eigenschaften wie der original Flügel hat. Aerodynamische Eigenschaften sind hier gleicher Auftrieb und gleiches Nickmoment. Wenn diese Angabe vom Hersteller nicht gegeben war ist es für uns auch nicht möglich diese auf rechnerischem Wege zu ermitteln.

### 3.2.6 Weitere Parameter

Für die jetzt kurz besprochenen Flügelparameter wird nicht jeweils eine eigene Kapitelnummer vergeben sondern sie werden hier, wenn notwendig behandelt.

Bei der **Pfeilung**  $\phi$  ist es üblich diese jeweils für die 25%-Linie als auch für die Vorder- und Hinterkante anzugeben. Auffällig bei diesen Werten ist, daß die Pfeilung der Boeing-Flügel deutlich größer ist, als jene der Airbus-Flügel. Bei der Boeing 747 ist der Grund hierfür die höhere zu erreichende Machzahl. Außerdem ist die Pfeilung der 25%-Linie immer geringer als die der Flügelvorderkante.

Die **relative Profildicke** errechnet sich aus dem Verhältnis der maximalen Profildicke an einer Stelle des Flügels zu der dazugehörigen Profiltiefe. Die Angabe erfolgt in Prozent. Dieser Wert ändert sich über die Flügelspannweite und ist deshalb -soweit vorhanden- für drei Stellen angegeben.

Die zugehörigen Daten zur Flügelgeometrie sind in den nachfolgenden **Tabellen 3.2, 3.3, 3.4** bereitgestellt.

Tabelle 3.2: Geometrie Flügel 1

	Flügelage	Fläche Airbus m <sup>2</sup>	Fläche Boeing m <sup>2</sup>	Fläche Hersteller m <sup>2</sup>	Streckung Airbus	Streckung Boeing	Streckung Hersteller	Zuspitzung Hersteller	Zuspitzung nach- gerechnet	MAC m
A300-600	Mittellage, freitragend	260,12	254,06	260	7,73	7,91	7,7	0,37	0,2523	6,608
A310-300	Mittellage, freitragend	218,54	211,10	219	8,81	9,13	8,8	0,2595	0,2141	5,829
A319/20/21 ohne Winglets	Mittellage, freitragend	123,66	121,21	122,4	9,30	9,49	9,4	0,25	0,2095	4,19
A319/20/21 mit Winglets	Mittellage, freitragend	128,46	126,04	126	9,05	9,23	9,1	0,24	0,2143	4,34
A340-300	Mittellage, freitragend	363	360,8	361,63	10,02	10,08	9,26	0,235	0,2013	7,27
747-200	Mittellage, freitragend	.	.	511 Wing(basic)	.	.	6,96	0,245	0,2452	9,8
747-400	Mittellage, freitragend	588	587,6	525 Wing(basic)	7,06	7,07	7,28	0,213	0,2126	9,68
737-300	Mittellage, freitragend	125,66	123,23	91,04 Wing(basic)	6,64	6,77	9,16	0,24	0,2091	3,73
737-400	Mittellage, freitragend	125,66	123,23	91,04 Wing(basic)	6,64	6,77	9,16	0,24	0,2091	3,73
737-500	Mittellage, freitragend	125,66	123,23	91,04 Wing(basic)	6,64	6,77	9,16	0,24	0,2091	3,73

Tabelle 3.3: Geometrie Flügel 2

	Pfeilung 25% Linie (Außenflügel) °	rel. Profildicke %			V-Winkel °	Winglets /Grösse m <sup>2</sup>	Profiltiefe Sym- metrielinie m	Profiltiefe Wurzel am Rumpf m	Profiltiefe Kink m	Profiltiefe Spitze m
		Root	Kink	Tip						
A300-600	28	10,5	10,5	10,5	reference area 4,7359	nein	10,89	9,4006	5,7289	2,7471
A310-300	27,974	15,2	11,8	10,8	reference area 3,9638	nein	10,16	8,3812	4,9462	2,1751
A319/20/21 ohne Winglets	24,967	15,15	11,75	10,84	reference area 5,11	nein	7,16	6,07	3,76	1,5
A319/20/21 mit Winglets	24,967	14,7	11,2	10,84	reference area 5,11	ja /0,6	7	6,26	3,94	1,5
A340-300	29,8	.	.	.	4,97	ja/2,3	12,32	10,56	.	2,48
747-200	37,5	.	.	.	reference area 7	nein	16,56	14,75	9,05	4,06
747-400	37,5	.	.	.	reference area 7	ja/.	16,56	14,75	9,05	3,52
737-300	25	.	.	.	reference area 6	nein	8,37	6,01	3,77	1,75
737-400	25	.	.	.	reference area 6	nein	8,37	6,01	3,77	1,75
737-500	25	.	.	.	reference area 6	nein	8,37	6,01	3,77	1,75

Tabelle 3.4: Geometrie Flügel 3

	Pfeilung Innenflügel Vorderkante ◦	Pfeilung Außenflügel Vorderkante ◦	Pfeilung Innenflügel Hinterkante ◦	Pfeilung Außenflügel Hinterkante ◦
A300-600	30	30	0	20
A310-300	31	31	0	21
A319/20/21 ohne Winglets	28	28	0	17,5
A319/20/21 mit Winglets	27	27	0	16,5
A340-300	31	31	0	21
747-200	42	42	18	30
747-400	42	42	18	30
737-300	37	28	0	16,5
737-400	37	28	0	16,5
737-500	37	28	0	16,5

### 3.3 Hochauftriebssystem

Hier werden die verstellbaren Flächen am Flügel behandelt die zu Erhöhung des Auftriebes in niedrigen Geschwindigkeitsbereichen gehören also meist bei Start und Landung. Die Auftriebshilfen sind nach Vorder- und Hinterkante unterschieden. Die in der Spalte „Art., angegebenen Bezeichnungen wurden aus den Herstellerangaben übernommen. Die Flächen der einzelnen Flächen sind die projizierten Größen die in der Draufsicht auf den Flügel erscheinen. Die Reihenfolge, der in der Tabelle genannten Flächen entspricht dabei der Reihenfolge am Flügel vom Rumpf zur Flügelspitze.

Die Daten zu dem Hochauftriebssystem sind in der nachfolgenden **Tabelle 3.5** dargestellt.

Tabelle 3.5.1: Hochauftriebssystem 1

	Vorderkante			Hinterkante		
	Art	Anzahl pro Fläche	Fläche m <sup>2</sup>	Art	Anzahl pro Fläche	Fläche m <sup>2</sup>
A300-600	Slat (Vorflügel)	1	4,75	inboard Flap (Landeklappe)	1	8,28
	Slat (Vorflügel)	1	5,68	center Flap (Landeklappe)	1	8,6
	Slat (Vorflügel)	1	4,72	outboard Flap (Landeklappe)	1	6,77
	Krueger Flap (inboard of slats)	1	.	-	-	-
A310-300	Slat (Vorflügel)	1	3,82	inboard Flap (Landeklappe)	1	7,852
	Slat (Vorflügel)	1	5,78	outboard Flap (Landeklappe)	1	11,3
	Slat (Vorflügel)	1	4,67	-	-	-
	Krueger Flap (inboard of slats)	1	.	-	-	-
A319/20/21	Slat (Vorflügel)	1	1,58	inboard Flap (Landeklappe)	1	4,65
ohne WL	Slat (Vorflügel)	1	1,41	outboard Flap (Landeklappe)	1	5,9
	Slat (Vorflügel)	1	1,19	-	-	-
	Slat (Vorflügel)	1	1,12	-	-	-
	Slat (Vorflügel)	1	1,02	-	-	-
A319/20/21	Slat (Vorflügel)	1	1,58	inboard Flap (Landeklappe)	1	4,36
mit WL	Slat (Vorflügel)	1	1,41	outboard Flap (Landeklappe)	1	4,85
	Slat (Vorflügel)	1	1,19	-	-	-
	Slat (Vorflügel)	1	1,12	-	-	-
	Slat (Vorflügel)	1	1,02	-	-	-
A340-300	Slat (Vorflügel)	1	5,23	inboard Flap (Landeklappe)	1	8,25
	Slat (Vorflügel)	1	3,44	outboard Flap (Landeklappe)	1	7,75
	Slat (Vorflügel)	1	2,85	-	-	-
	Slat (Vorflügel)	1	2,31	-	-	-
	Slat (Vorflügel)	1	2,35	-	-	-
	Slat (Vorflügel)	1	1,86	-	-	-
	Slat (Vorflügel)	1	1,68	-	-	-

**Tabelle 3.5.2:** Hochauftriebssystem 2

	<b>Vorderkante</b>			<b>Hinterkante</b>		
	Art	Anzahl pro Fläche	Fläche m <sup>2</sup>	Art	Anzahl pro Fläche	Fläche m <sup>2</sup>
747-200	krueger flaps	3	41,62 (retracted)	inboard flap	1	78,69 (retracted)
	camber flaps	5		outboard flap	1	
	camber flaps	5		-	-	-
747-400	krueger flaps	3	41,62 (retracted)	inboard flap	1	78,69 (retracted)
	camber flaps	5		outboard flap	1	
	camber flaps	6		-	-	-
737-300	Slat (Vorflügel)	3	3,62	inboard Flap (Landeklappen)	1	8,44
	leading edge Flaps	2	.	outboard Flap (Landeklappen)	1	
737-400	siehe 737-300					
737-500	siehe 737-300					

### 3.4 Leitwerke

In diesem Kapitel wird ausschließlich auf die Berechnung des MAC der Leitwerke eingegangen. Alle sonstigen Parameter bedürfen keiner weiteren Erklärung. Die Tabellen mit den Leitwerksdaten sind deshalb auch im **Anhang B** zu finden. Die Leitwerke werden als einfache Trapezflügel angenommen. Der MAC berechnet sich laut *Skript zur Vorlesung Flugzeugentwurf* wie folgt:

$$MAC = \frac{2}{3} * Cr * \frac{1 + I + I^2}{1 + I} \quad (3.7)$$

### 3.5 Geometrie Rumpf

Aufgrund der vorhandenen Dienstgipfelhöhen unserer gewählten Flugzeugmuster, sind alle Kabinen als Druckkabinen ausgelegt. Die in der **Tabelle 3.6** angegebenen Rumpflängen beziehen sich auf die Datum Length, d.h. von der Flugzeugnase bis zum hinteren Druckschott. Bei einigen Flugzeugmustern hat der Rumpf eine Ovalform, darum wurde der Rumpfdurchmesser horizontal und vertikal angegeben. Bei der Boeing 747-200/-400 beziehen sich diese Angaben auf den hinteren Rumpfteil.

**Tabelle 3.6:** Geometrie Rumpf

	Druckkabine	Länge m	Durchmesser vertikal m	Durchmesser horizontal m	Anz. der Gänge	No. Ab- reast	Heckwinkel °	Lage Boden über Grund m
A300-600	Ja	44,66	5,64	5,64	2	9	11	4,689
A310-300	Ja	37,24	5,64	5,64	2	9	13	4,689
A319-100	Ja	27,38	4,14	3,95	1	6	14	.
A320-200	Ja	31,12	4,14	3,95	1	6	13	.
A321-100	Ja	38,05	4,14	3,95	1	6	9	.
A340-300	Ja	54,23	5,64	5,64	2	9	10	.
747-200	Ja	56,39	6,8	6,5	2	10	12	5,03; 7,92
747-400	Ja	56,39	6,8	6,5	2	10	12	5,03; 7,93
737-300	Ja	24,18	4,01	3,76	1	6	9	.
737-400	Ja	.	4,01	3,76	1	6	8	.
737-500	Ja	21,79	4,01	3,76	1	6	10	.

### 3.6 Schwerpunktlagen

Die Forderung einen Parameter in die Datenbank aufzunehmen der eine Aussage über den Schwerpunkt machen kann ist nicht zu erfüllen. Die Schwerpunktlagen ändern sich selbstverständlich mit jeder Ausstattungsänderung und mit jeder Beladung. Wir haben uns daher entschieden einen Bereich anzugeben in dem der Schwerpunkt bei einem bestimmten Gewicht und bei einer bestimmten Flugphase liegen darf und dieses in **Tabelle 3.7** aufgeführt. Die Angaben hierfür haben wir dem WBM entnommen. Die Angabe der Schwerpunkte des gesamten Flugzeuges und seiner Komponenten werden im WBM mit der Bezeichnung Balance Arm (B.A.) gekennzeichnet. Der Balance Arm ist der Abstand zu einem fiktiven Punkt, der sich in einer bestimmten Entfernung vor der Flugzeugspitze oder zum Beispiel vor dem ersten Hauptspant des Flugzeuges befindet. Hierfür gibt es zwei Gründe. Zuerst erhält man zum Beispiel bei der Berechnung eines Flugzeuges mit einer neuen Innenausstattung nur Momente mit einem Vorzeichen. Und zum Zweiten gibt es auch bei eventuell nur um einige Spante gestreckten Version keine negativen Entfernungsangaben vom Bezugspunkt. Die Schwerpunktlagen sind in einem Diagramm abhängig vom aktuellen Gewicht und vom aktuellen Flugzustand eingezeichnet. Ein Beispiel zeigt **Bild 3.4**

Die Lage des Schwerpunkts ist hier in %MAC angegeben. Das bedeutet also in der prozentualen Flügeltiefe des den realen Flügel ersetzenden Rechteckflügels. Diese Angabe kann mit einer vom Hersteller gelieferten Formel in eine Angabe bezogen auf Balance Arm umgerechnet werden.

**Bild 3.4** zeigt auch, daß es zahlreiche Begrenzungen gibt. In unseren Tabellen haben wir daher nur drei Gewichtszustände berücksichtigt.

- Maximum Take Off Weight (MTOW)
- Maximum Landing Weight (MLW)
- Maximum Zero Fuel Weight (MZFW)

Die Angaben der beiden Hersteller sind unterschiedlich. Bei Airbus war es uns möglich innerhalb der drei oben genannten Gewichte noch einmal nach den Flugzuständen Start und Landung zu unterscheiden.



WEIGHT AND BALANCE  
CONTROL AND LOADING MANUAL

CERTIFIED CENTER OF GRAVITY LIMITATIONS

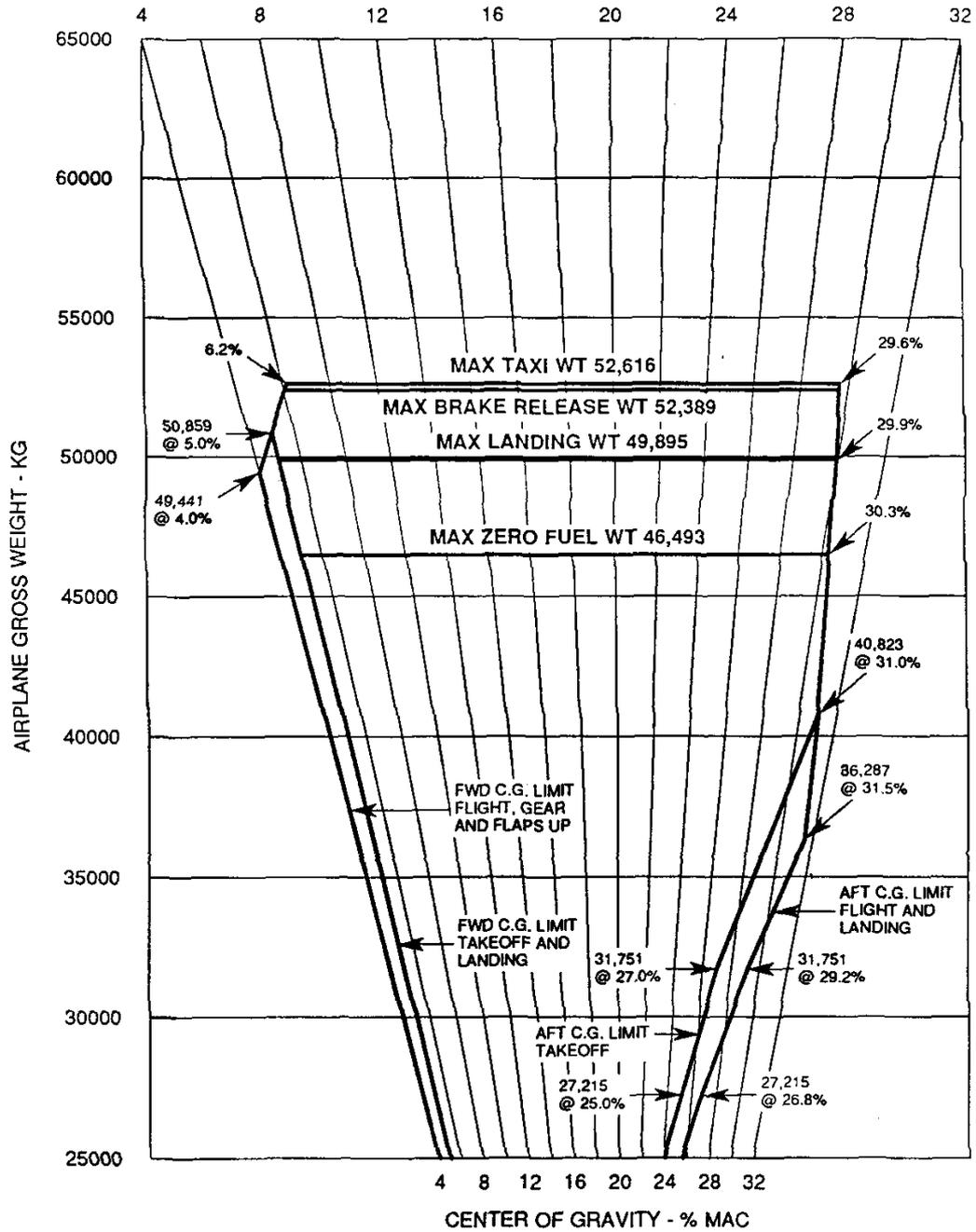


Bild 3.4: Weight and Balance Boeing 737-500

Als Beispiel hier eine Berechnung für die Boeing 737-500:

Gewicht: 49895 kg (MLW)  
 →Diagramm  
 vordere Schwerpunktlage: 5%MAC  
 hintere Schwerpunktlage: 29,9%MAC

die Formel zur Umrechnung in eine Längeneinheit lautet:

$$B.A. = (1,345 * \%MAC) + 625,6$$

$$\text{daraus ergeben sich: } B.A._{vorn} = (1,345 * 5\%) + 625,6 = 632,325inch$$

Die Angabe B.A. bezieht sich auf einen Punkt der bei der 737-500 540 inch vor dem „front spar,“ liegt. Dieser Punkt liegt damit gleichzeitig 104 inch vor der Flugzeugnase. Außerdem wird noch die Umrechnung in Millimeter durchgeführt.

$$B.A._{vorn} = (632,325inch - 104inch) * 25,4 \frac{mm}{inch} = 1342mm$$

$$\text{Für die hintere Grenze ergeben sich damit: } B.A._{hinten} = 1424mm$$

**Tabelle 3.7:** Schwerpunktlagen

	Xm m					
	MTOW		MLW		MZFW	
	Take Off	Flight	Take Off	Landing	Take Off	Landing
	vordere Grenze - hintere Grenze					
A300-600	23,16 - 24,21	23,16 - 24,35	23,16 - 24,21	23,16 - 24,35	23,16 - 24,21	23,03 - 24,35
A310-300	19,88 - 21,05	19,88 - 21,05	.	.	19,88 - 20,84	19,77 - 20,96
A319-100	14,54 - 15,23	14,46 - 15,28	14,49 - 15,30	14,49 - 15,30	14,25 - 15,29	14,25 - 15,29
A320-200	16,06 - 16,94	15,97 - 17,15	15,97 - 17,06	15,97 - 17,10	15,95 - 17,02	15,95 - 17,10
A321-100	20,26 - 21,25	20,18 - 21,29	20,08 - 21,23	20,08 - 21,25	20,02 - 21,25	20,03 - 21,15
A340-300	29,79 - 30,92	29,71 - 30,97	29,46 - 31,19	29,46 - 31,19	29,46 - 31,20	29,46 - 31,20
	vordere Grenze	hintere Grenze	vordere Grenze	hintere Grenze	vordere Grenze	hintere Grenze
747-200	30,39	31,67	30,75	32,41	30,75	32,41
747-400	30,46	32,29	30,75	32,41	30,75	32,41
737-300	14,96	15,61	14,83	15,63	14,79	15,64
737-400	16,65	17,34	16,62	17,45	16,62	17,46
737-500	13,45	14,26	13,42	14,24	13,42	14,28

### 3.7 Triebwerke

Die in **Tabelle 3.8** angegebenen Triebwerke sind nur eine Auswahl aus den möglichen Antriebsoptionen für das jeweilige Flugzeugmuster. Es gibt nicht nur verschiedene Hersteller die Triebwerke für ein Flugzeug anbieten, sondern auch verschiedene Konfigurationen je Hersteller, die sich auch in den technische Daten unterscheiden. Der Abstand zu Flugzeugsymmetrielinie bleibt in jedem Fall gleich.

**Tabelle 3.8:** Triebwerke

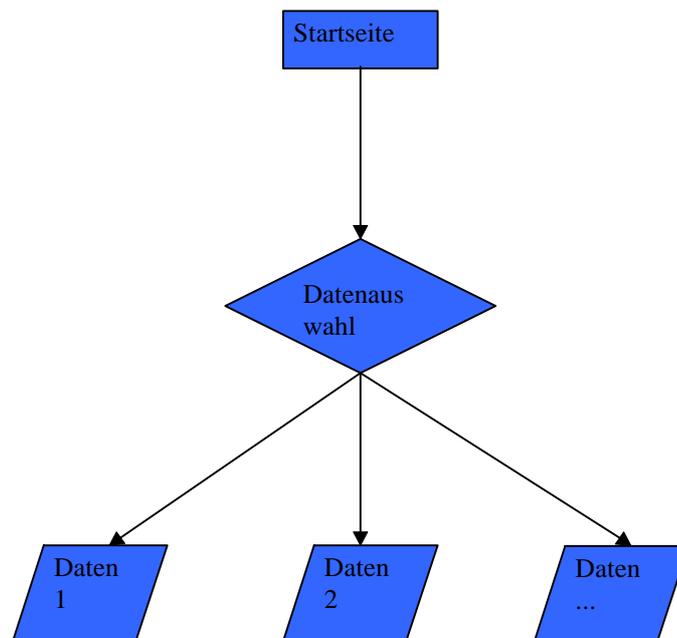
	Triebwerkstyp	Startschub kN	Nebenstrom -verhältnis	$Y_E$ m
A300-600	CF6-80C2	233-273	5,05	7,94
	PW4000	232-276	4,8-5,0	7,94
A310-300	CF6-80C2	233-274	5,05	7,69
	PW4000	232-276	4,8-5,0	7,69
A319-100	CFM56-5A4	195,8	5,9-6,0	5,75
A320-200	CFM56-4A1	224,4	5,9-6,2	5,75
A321-100	CFM56-5B1	266,8	5,4-6,0	5,75
A340-300	CFM56-5C	555,2	6,4-6,6	9,37; 19,60
747-200	CF6-80C2	1008,2	5-5,2	11,94; 21,18
747-400	CF6-80C2B1F	1008	5,0-5,2	11,94; 21,18
737-300	CFM56-3C	195,8	5,0-5,1	4,85
737-400	CFM56-3C	195,8	5,0-5,2	4,85
737-500	CFM56-3C	177,94	5,0-5,3	4,85

### 3.8 Sonstige Parameter

Die bisher nicht erwähnten Parameter bedürfen keiner weiteren Erläuterung und befinden sich im **Anhang B**.

## 4 Internetdarstellung

Ein Punkt in der Aufgabenstellung ist es die Gesammelten Daten so aufzubereiten, daß sie im Internet dargestellt werden können. Die Daten sollen für viele Leute zugänglich gemacht werden um Reaktionen, Verbesserungsvorschläge und noch fehlende Daten zu erhalten. Die Darstellung im Internet umfaßt alle in diesem Bericht enthaltenen Daten. Definitionen und Erläuterungen zu den einzelnen Parametern können diesem Bericht entnommen werden. Die Daten werden in Tabellenform im HTML-Format bereitgestellt. Die Dreiseitenansichten werden im PDF-Format gespeichert um eine Ansicht zum Beispiel mit dem Acrobat Reader zu ermöglichen. Die gesammelte Datenmenge erscheint uns noch nicht ausreichen um hier ein Datenbankprogramm zu benutzen. Der Verknüpfungsaufbau der Internetseiten ist in **Bild 4.1** dargestellt.



**Bild 4.1** Verknüpfungsflußdiagramm

Beispiele für die Startseite, Auswahlseite und Tabellenseite, sind in den **Bildern 4.2, 4.3** und in **Bild 4.4** abgebildet.

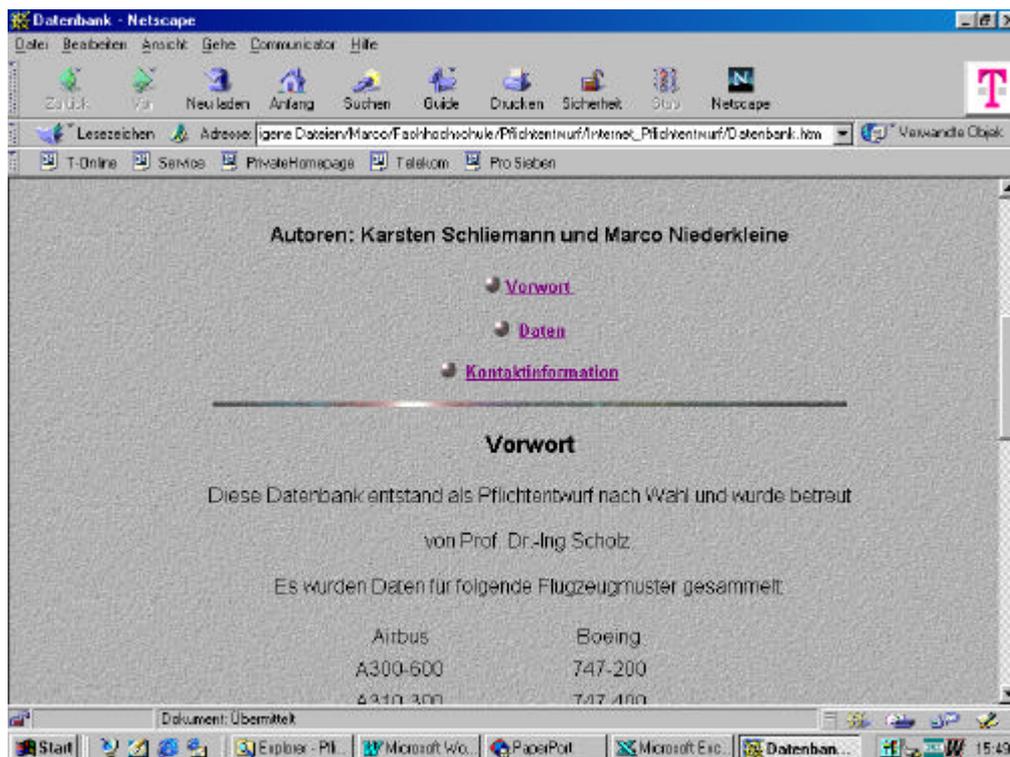


Bild 4.2 Startseite

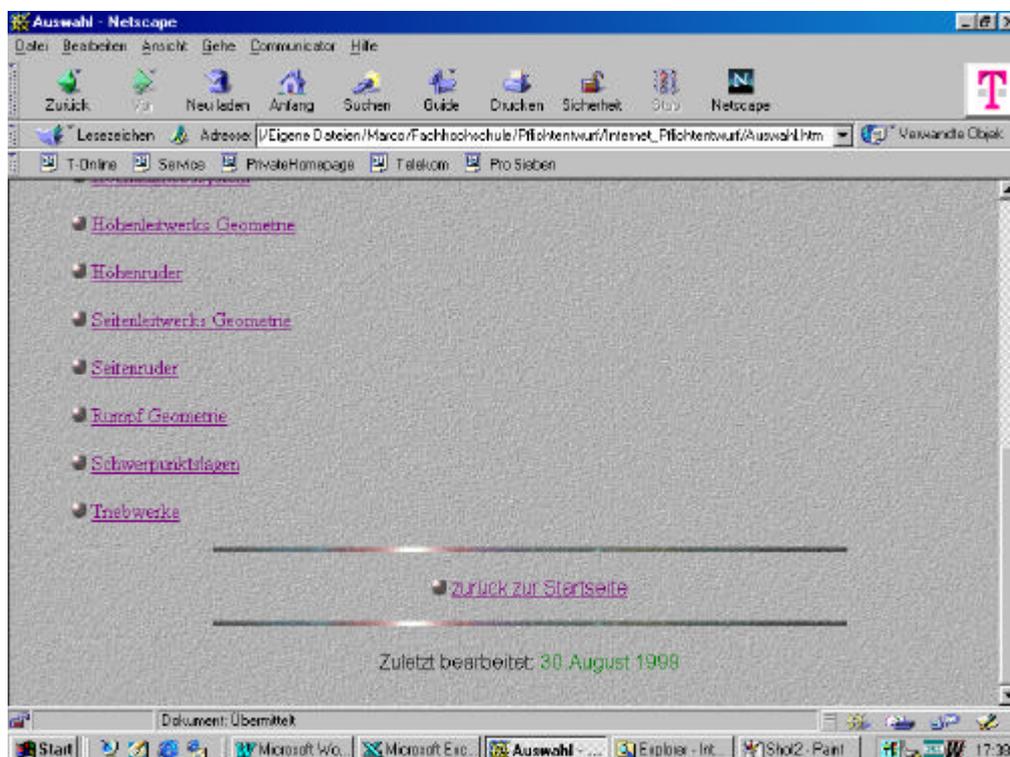


Bild 4.3 Auswahlseite

The screenshot shows a Netscape browser window with the title 'Schwerpunktslagen'. The address bar shows the URL: 'stein/Marco/Fachhochschule/Pflichtentwurf/Internet\_Pflichtentwurf/Schwerpunktslagen.htm'. The main content area displays a table with the following structure:

	Kriterium					
	MTOW		MLW		MZFW	
	Take off	Flight	Take off	Flight	Take off	Flight
	vordere Gr -					
	hintere Grenze					
A300-600	23,16 - 24,21	23,16 - 24,35	23,16 - 24,21	23,16 - 24,35	23,16 - 24,21	23,03 - 24,35
A310-300	19,88 - 21,05	19,88 - 21,05			19,88 - 20,84	19,77 - 20,96
A319-100	14,54 - 15,23	14,46 - 15,28	14,49 - 15,30	14,49 - 15,30	14,25 - 15,29	14,25 - 15,29
A320-200	16,06 - 16,94	15,97 - 17,15	15,97 - 17,06	15,97 - 17,10	15,95 - 17,02	15,95 - 17,10
A321-100	20,26 - 21,25	20,18 - 21,29	20,08 - 21,29	20,08 - 21,25	20,02 - 21,25	20,03 - 21,15
A340-300	29,79 - 30,92	29,71 - 30,97	29,46 - 31,19	29,46 - 31,19	29,46 - 31,20	29,46 - 31,20

Bild 4.4 Datenseite Schwerpunktslagen

## 5 Zusammenfassung

Die anfangs geforderte Zahl der Flugzeugmuster mußte reduziert werden, da sich die Datenbeschaffung als schwieriger herausstellte, als anfangs angenommen. Es wurden schließlich einige der meistbetriebenen Flugzeugtypen der Hersteller Boeing und Airbus ausgewählt. Bei der Aufbereitung der Daten gab es ein überraschendes Ergebnis: eine auffällige Abweichung der vom Hersteller angegebenen Flügelflächen zu den von uns errechneten Werten. Es konnte keine vollständige Erklärung hierfür gefunden werden. Für einige gewünschte Angaben wie zum Beispiel den Startschub kann keine genaue Aussage getroffen werden, da es viele verschiedene Antriebsmöglichkeiten für einzelne Flugzeugmuster gibt. Der Gedanke die Daten in einer Datenbank abzulegen wurde aufgrund der überschaubaren Datenmenge nicht weiter verfolgt. Die Art der Darstellung erscheint in der jetzigen Form durchaus übersichtlich.

Da es laufend neue Flugzeuge geben wird und einige gewünschte Daten über bestimmte Flugzeugtypen nicht zu beschaffen waren, (zum Beispiel: russische Flugzeughersteller) wird die Datensammlung dieser Arbeit nicht als abgeschlossen angesehen. Es können also weiterhin Daten hinzugefügt werden. Dies gilt auch für einige Lücken die bei der jetzigen Flugzeugauswahl geblieben sind. Abhängig von der Masse und Übersichtlichkeit der Daten kann dann auch eine andere Form der Darstellung gewählt werden.

## 6 Schlußbemerkung

Diese Aufgabe hat uns einen Einblick in verschiedene Quellen verschafft. Die Vergleiche haben gezeigt, daß es sinnvoll ist Quellen kritisch zu betrachten, da es durchaus sein kann, daß verschiedene Quellen Daten auf Basis unterschiedlicher Definitionen enthalten. Außerdem haben wir einen Einblick in die Internet-Programmierung bekommen.

## Literaturverzeichnis

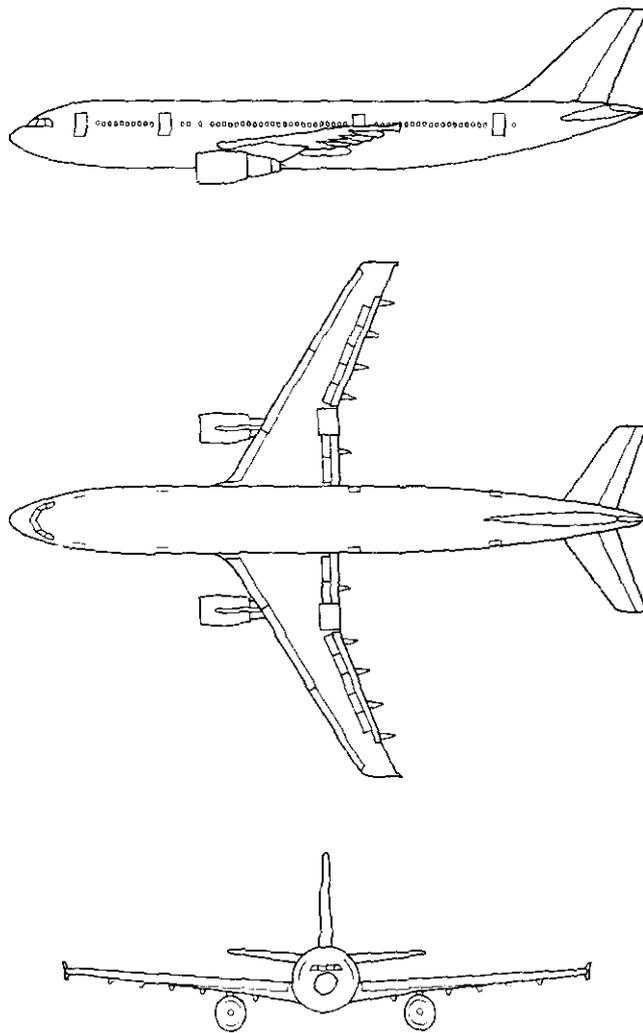
- SCHOLZ 1999** SCHOLZ, Dieter: *Skript zur Vorlesung Flugzeugentwurf*. Hamburg, Fachhochschule Hamburg, Fachbereich Fahrzeugtechnik, Vorlesungsskript, 1999
- LAMBERT 1997** LAMBERT, M: *Jane's all the World's Aircraft*, 1997. – Erscheint jährlich, Jane's Information Group, 163 Brighton Road, Coulsdon, Surrey CR5 2NH, UK
- A300-600 AMM** AIRBUS INDUSTRIES; Technical Documentation: *Aircraft Maintenance Manual*, 1999. – Vertrieb: Customer Service Directorate, 31707 Blagnac Cedex, France
- A300-600 SRM** AIRBUS INDUSTRIES; Technical Documentation: *Structure Repair Manual*, 1999. – Vertrieb: Customer Service Directorate, 31707 Blagnac Cedex, France
- A310-300 AMM** AIRBUS INDUSTRIES; Technical Documentation: *Aircraft Maintenance Manual*, 1999. – Vertrieb: Customer Service Directorate, 31707 Blagnac Cedex, France
- A310-300 SRM** AIRBUS INDUSTRIES; Technical Documentation: *Structure Repair Manual*, 1999. – Vertrieb: Customer Service Directorate, 31707 Blagnac Cedex, France
- A319/20/21 AMM** AIRBUS INDUSTRIES; Technical Documentation: *Aircraft Maintenance Manual*, 1999. – Vertrieb: Customer Service Directorate, 31707 Blagnac Cedex, France
- A319/20/21 SRM** AIRBUS INDUSTRIES; Technical Documentation: *Structure Repair Manual*, 1999. – Vertrieb: Customer Service Directorate, 31707 Blagnac Cedex, France
- A340-300 AMM** AIRBUS INDUSTRIES; Technical Documentation: *Aircraft Maintenance Manual*, 1999. – Vertrieb: Customer Service Directorate, 31707 Blagnac Cedex, France

- A340-300 SRM** AIRBUS INDUSTRIES; Technical Documentation: *Structure Repair Manual*, 1999. – Vertrieb: Customer Service Directorate, 31707 Blagnac Cedex, France
- 747-400 MM** BOEING COMERCIAL AIRPLANE GROUP: *Maintenance Manual*, 1999 – A Division of the Boeing Company, Seattle, Washington, USA, DOC D633U101-99
- 747-400 SRM** Boeing Comercial Airplane Group: *Structure Repair Manual*, 1999 – A Division of the Boeing Company, Seattle, Washington, USA, DOC D634U102
- 747-200 MM** Boeing Comercial Airplane Group: *Maintenance Manual*, 1999 – A Division of the Boeing Company, Seattle, Washington, USA, DOC D6-30099
- 747-200 SRM** Boeing Comercial Airplane Group: *Structure Repair Manual*, 1999 – A Division of the Boeing Company, Seattle, Washington, USA, DOC D6-13592
- 737-300 SRM** Boeing Comercial Airplane Group: *Structure Repair Manual*, 1999 – A Division of the Boeing Company, Seattle, Washington, USA, DOC D6-37635
- 737-400 SRM** Boeing Comercial Airplane Group: *Structure Repair Manual*, 1999 – A Division of the Boeing Company, Seattle, Washington, USA, DOC D6-38246
- 737-500 SRM** Boeing Comercial Airplane Group: *Structure Repair Manual*, 1999 – A Division of the Boeing Company, Seattle, Washington, USA, DOC D6-38441

## Anhang A

### Dreiseitenansichten

In diesem Anhang werden nacheinander die Dreiseitenansichten der behandelten Flugzeugmuster dargestellt. Die Bilder wurden aus den jeweiligen Maintenance Manuals entnommen.



**Bild A.1:** A300-600

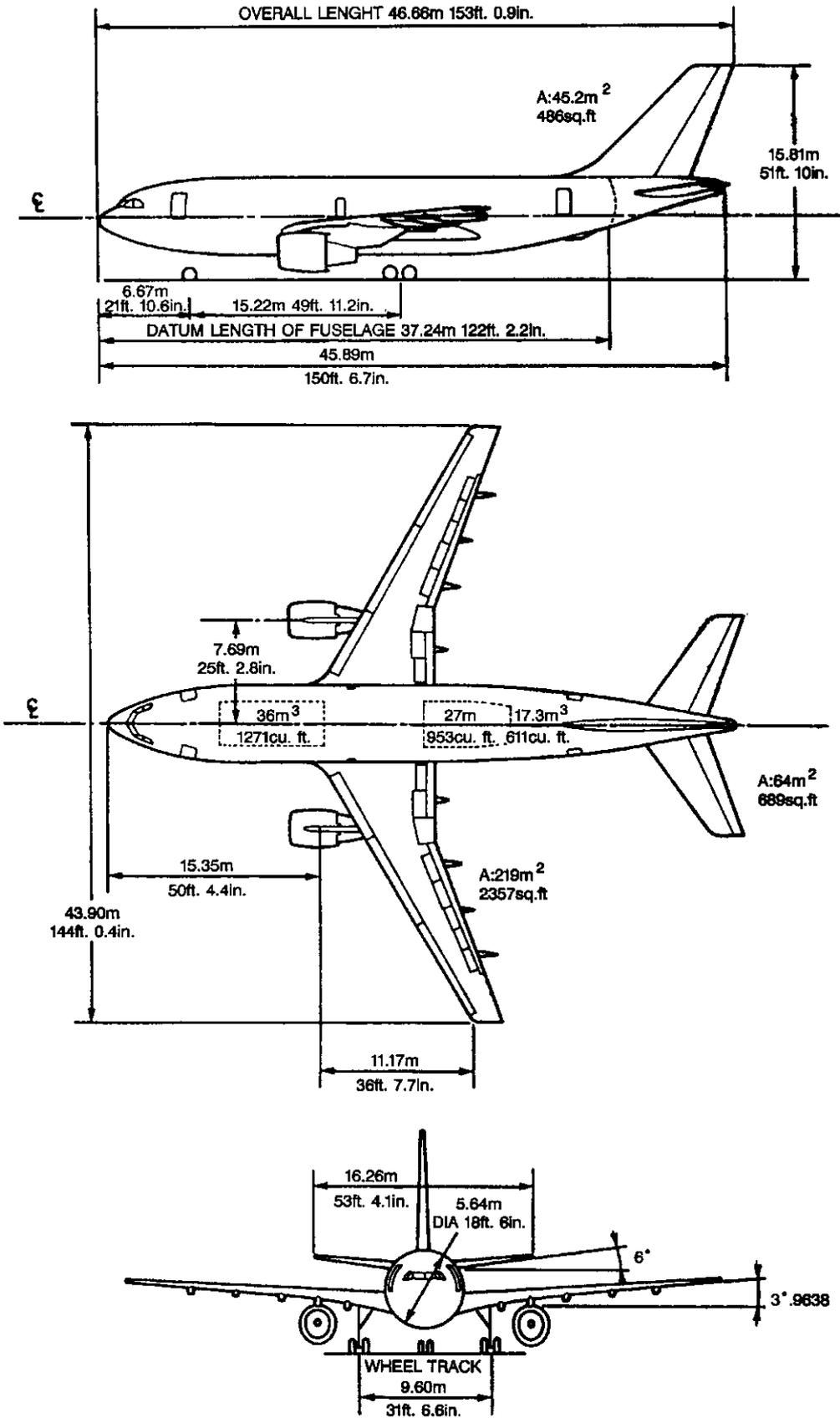
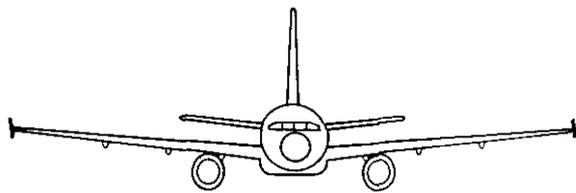
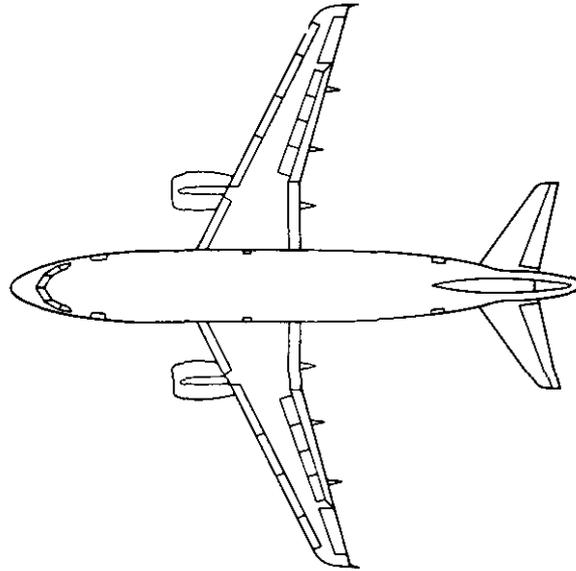
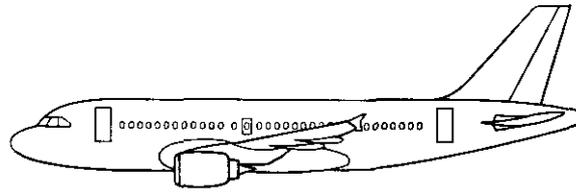
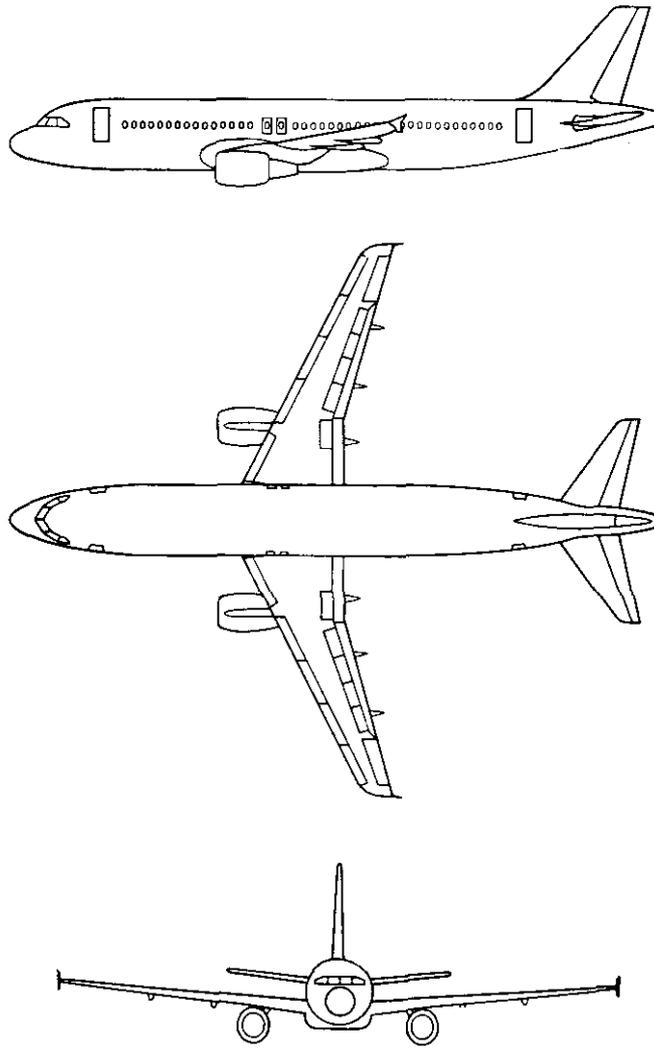


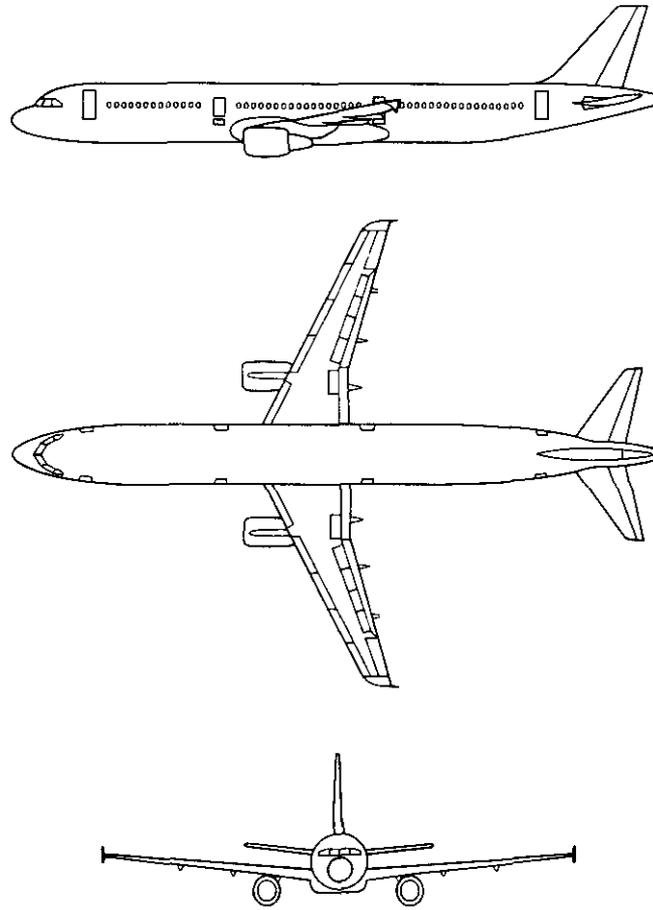
Bild A.2: A310-300



**Bild A.3:** A319-100



**Bild A.4:** A320-200



**Bild A.5:** A321-100

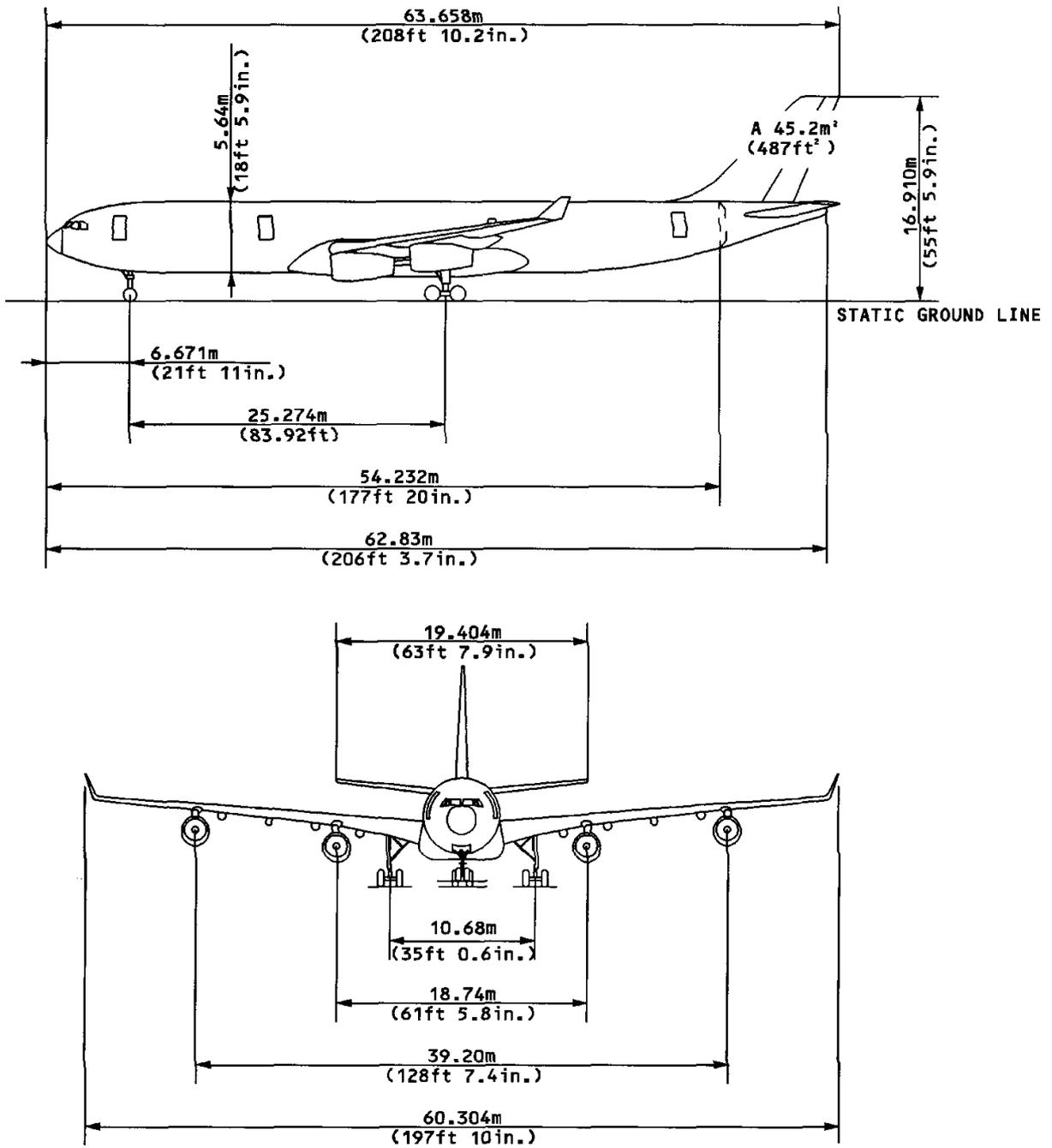


Bild A.6.1: A340-300

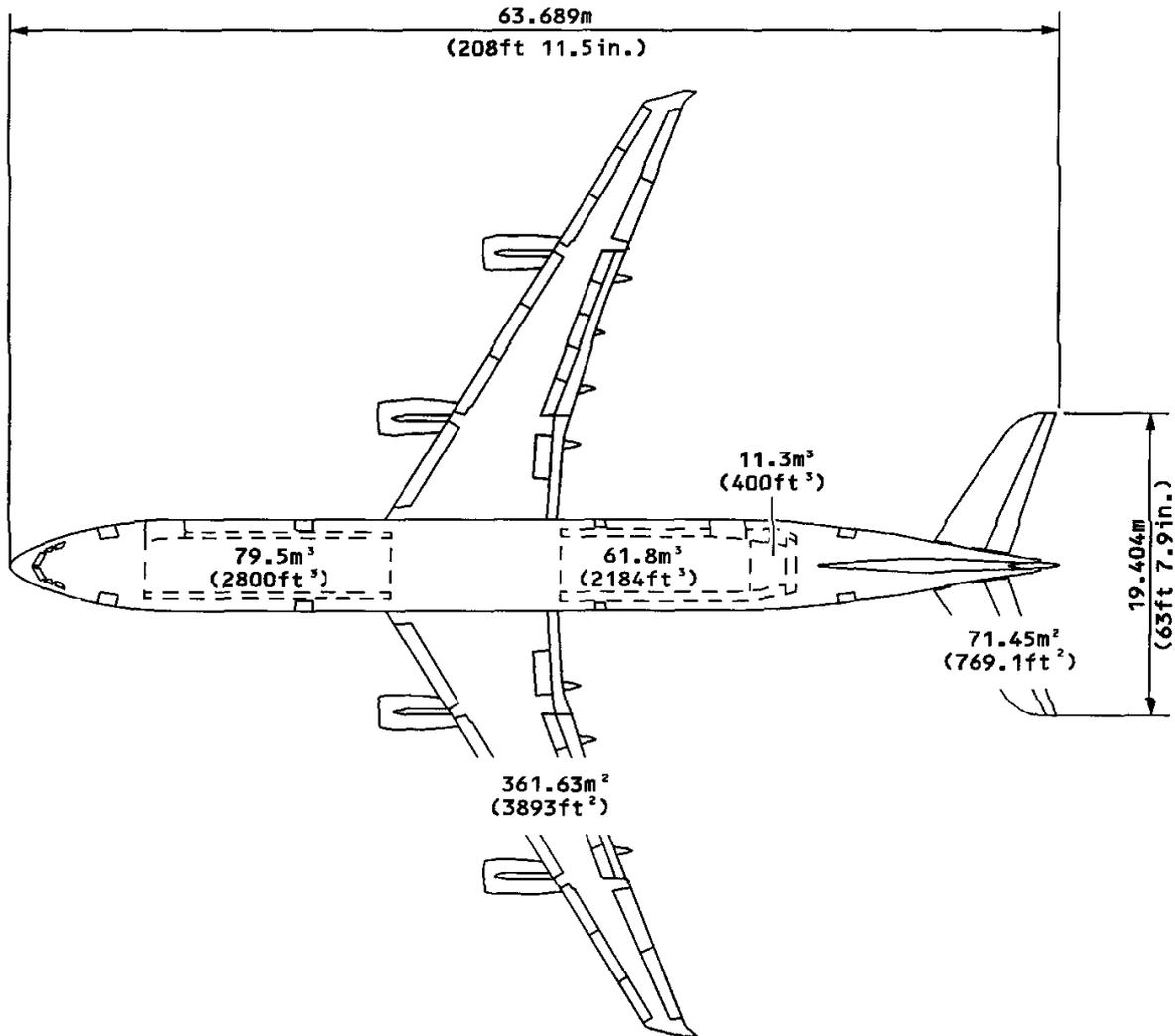


Bild A.6.2: A340-300

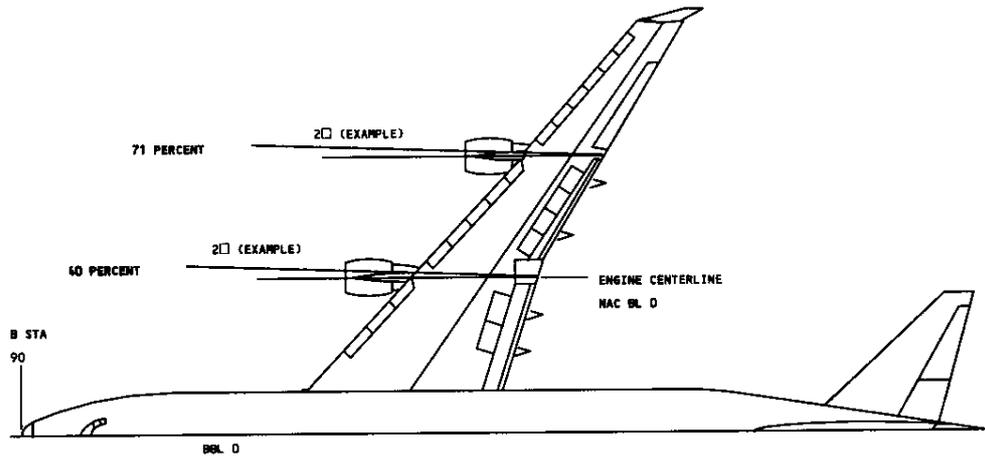
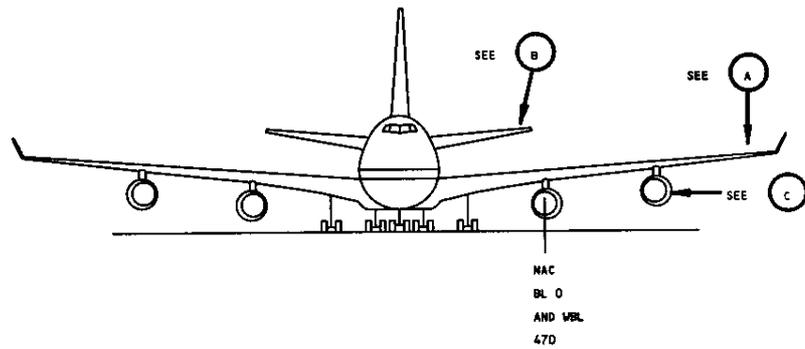
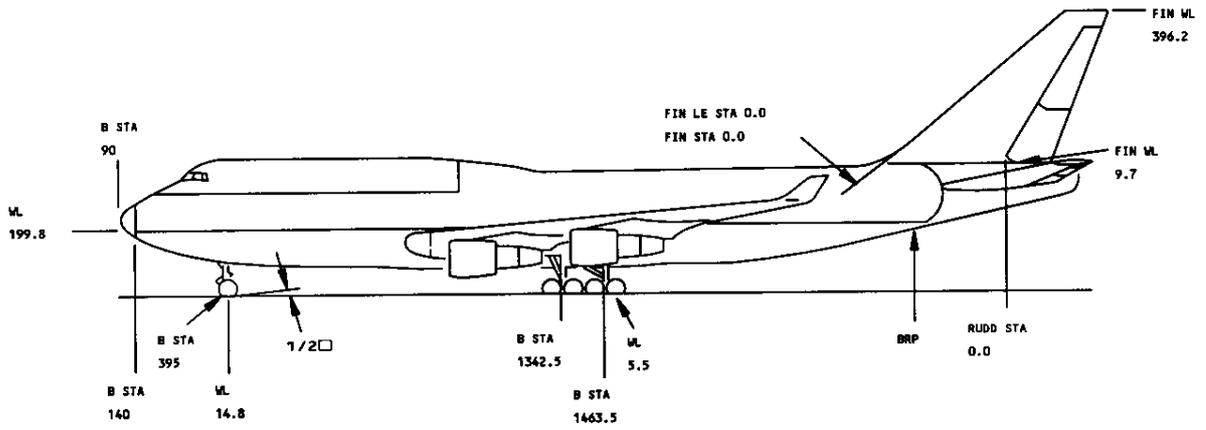


Bild A.7: Boeing 747-400

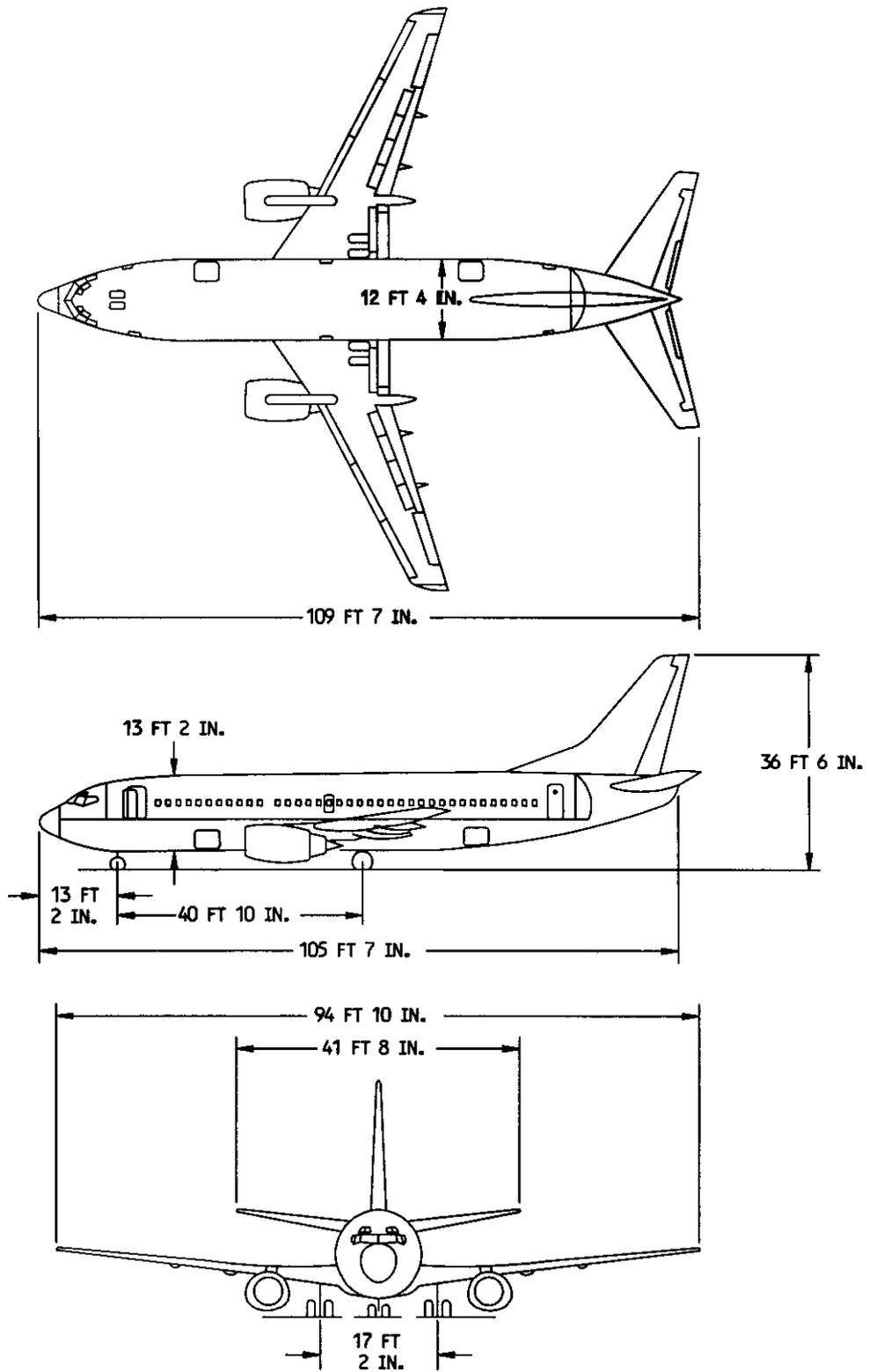


Bild A.8: Boeing 737-300

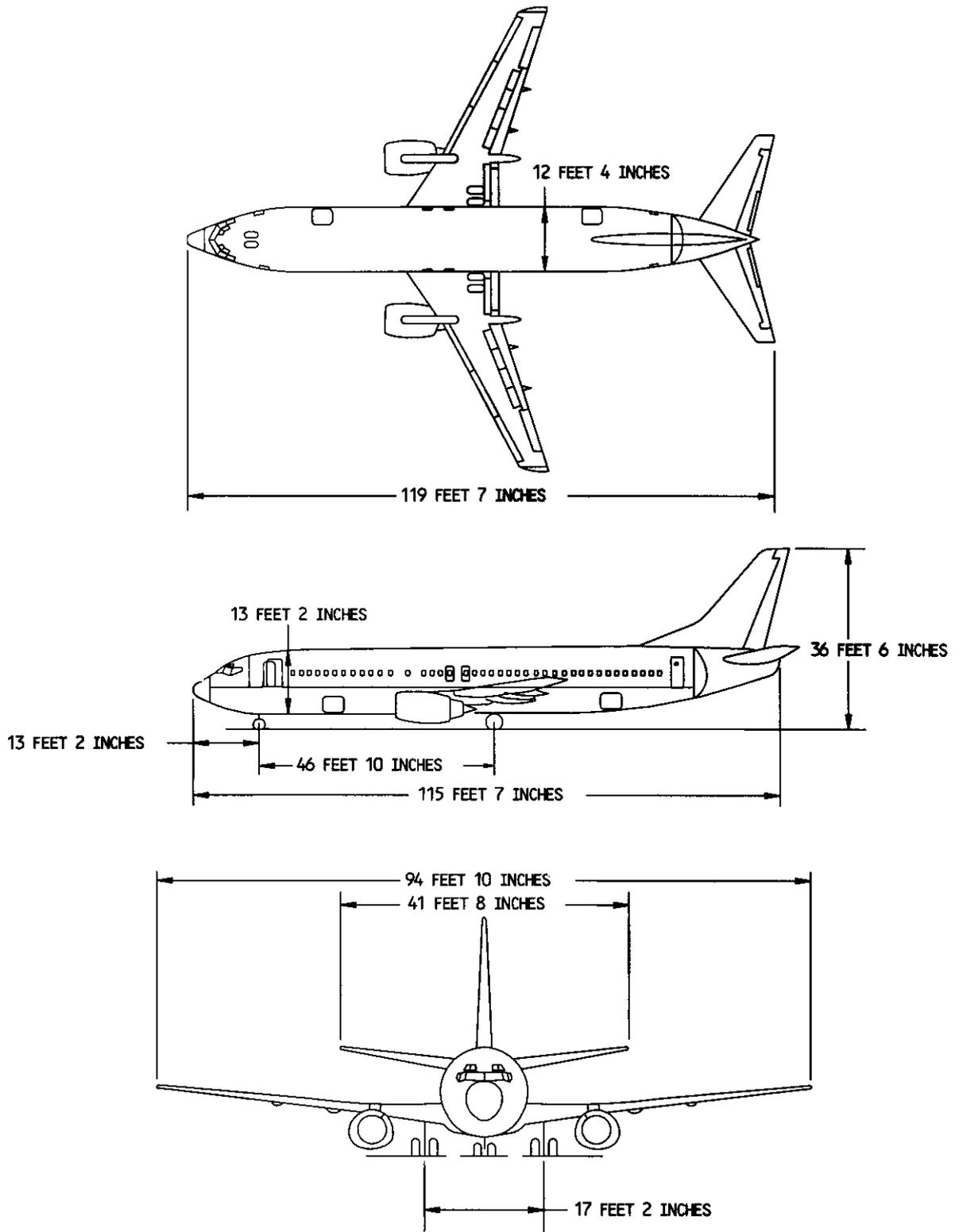


Bild A.9: Boeing 737-400

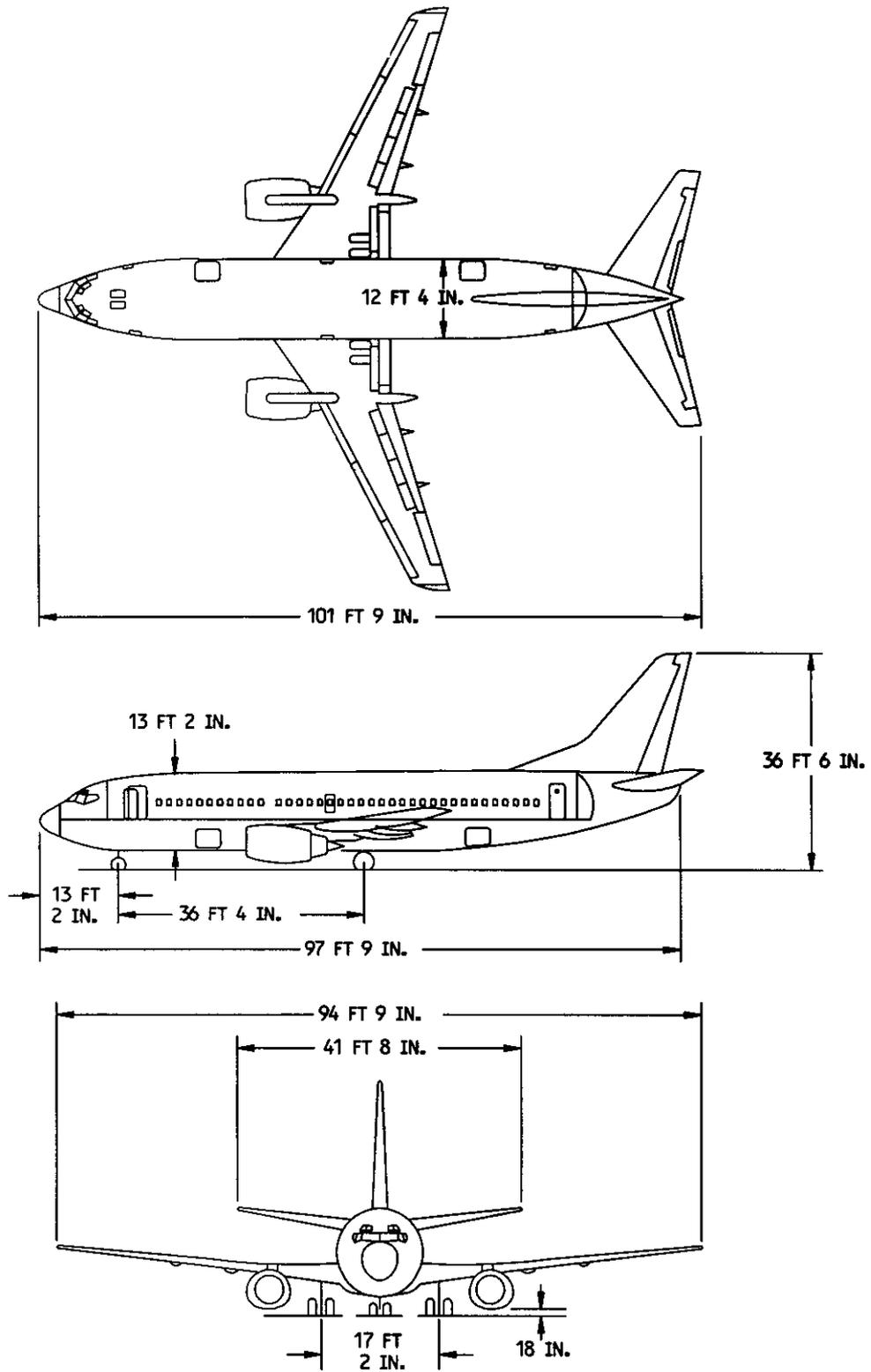


Bild A.10: 737-500

## Anhang B

### Weitere Parameter

Dieser Anhang enthält Parameter von Flugzeugmustern, die nicht im Bericht erläutert wurden, da sie eindeutig und ohne Zweifel zu übernehmen waren.

**Tabelle B.1:** Flugzeugform

	Antriebsart	Anz. TW	TW- Anordnung	Fahrwerkstyp	Fahrwerksintegration
A300-600	Turbofan	2	Gondel unter Tragflügel	Dreipunktfahrwerk mit Bugfahrwerk	Maingear am Flügel fährt in Rumpf ein
A310-300	Turbofan	2	Gondel unter Tragflügel	Dreipunktfahrwerk mit Bugfahrwerk	Maingear am Flügel fährt in Rumpf ein
A319-100	Turbofan	2	Gondel unter Tragflügel	Dreipunktfahrwerk mit Bugfahrwerk	Maingear am Flügel fährt in Rumpf ein
A320-200	Turbofan	2	Gondel unter Tragflügel	Dreipunktfahrwerk mit Bugfahrwerk	Maingear am Flügel fährt in Rumpf ein
A321-100	Turbofan	2	Gondel unter Tragflügel	Dreipunktfahrwerk mit Bugfahrwerk	Maingear am Flügel fährt in Rumpf ein
A340-300	Turbofan	4	Gondel unter Tragflügel	Vierpunktfahrwerk mit Bugfahrwerk	Maingear am Flügel fährt in Rumpf ein Centergear am Rumpf fährt in Rumpf ein
747-200	Turbofan	4	Gondel unter Tragflügel	Fünfpunktfahrwerk mit Bugfahrwerk	Maingear am Flügel fährt in Rumpf ein Centergear fährt in Rumpf ein
747-400	Turbofan	4	Gondel unter Tragflügel	Fünfpunktfahrwerk mit Bugfahrwerk	Maingear am Flügel fährt in Rumpf ein Centergear fährt in Rumpf ein
737-300	Turbofan	2	Gondel unter Tragflügel	Dreipunktfahrwerk mit Bugfahrwerk	Maingear am Flügel fährt in Rumpf ein
737-400	Turbofan	2	Gondel unter Tragflügel	Dreipunktfahrwerk mit Bugfahrwerk	Maingear am Flügel fährt in Rumpf ein
737-500	Turbofan	2	Gondel unter Tragflügel	Dreipunktfahrwerk mit Bugfahrwerk	Maingear am Flügel fährt in Rumpf ein

Tabelle B.2: Operationelle Parameter

	max. Nutzlast kg	Reichweite + 370 km Reserve (MTOW) km	Machzahl (Reiseflug / max. Op.)	Geschwindigkeit (max. Op.) km/h	Sicherheits- startstrecke ISA + 15° m	Sicherheits- landestrecke m	Dienstgipfel- höhe m	Anzahl der Sitzplätze	Fracht Masse / Anzahl / Art der Container
A300-600	39885	6852	0,82 / 0,82	621	2280	1536	12000	266	68400 kg / 22 / LD3
A310-300	32117	7693	. / 0,84	667	2408	1479	12500	220	. / 14 / LD3
A319-100	16851	3518	. / 0,89	705	1829	1356	12500	124	. / 7 / LD3
A320-200	19220	4907	. / 0,82	648	2336	1470	12500	150	. / 7 / LD3
A321-100	21648	4074	. / 0,82	648	2339	1587	12500	185	. / 7 / LD3
A340-300	47127	12416	0,82 / 0,86	648	3100	2090	.	295	. / 26 / LD3
747-200	66088	12778	. / 0,92	694	3097	1881	13715	366	-
747-400	61170	13150	. / 0,92	675	3322	2072	.	400	. / 46 / LD1
737-300	16030	5278	. / 0,82	630	1939	1396	.	128	.
737-400	17740	5000	. / 0,82	630	2222	1582	.	146	.
737-500	15530	3150	. / 0,82	630	1832	1362	.	108	.

**Tabelle B.3:** Massen

	MTOW kg	OEW kg	MZFW kg	MLW kg	max. Kraftstoff- masse kg	max. Nutzlast kg
A300-600	165000	90115	130000	138000	49786	39885
A310-300	150000	80344	113000	123000	49039	32117
A319-100	64000	40149	57000	61000	.	16851
A320-200	73500	41782	61000	64500	19159	19220
A321-100	83500	47852	69500	73500	19031	21648
A340-300	257000	126873	174000	186000	.	47127
747-200	351534	172728	238815	255825	164141	66088
747-400	362875	181030	242670	260360	.	61170
737-300	56470	32704	47625	51720	.	16030
737-400	62820	34382	51255	54885	.	17740
737-500	52390	31660	46495	49895	.	15530

Tabelle B.4.1: Daten von Querruder und Spoiler

	Querruder			Spoiler		
	Anzahl pro Fläche	Fläche m <sup>2</sup>	Abstand zu A/C-Sym m	Anzahl pro Fläche	Fläche m <sup>2</sup>	Abstand zu A/C-Sym m
A300-600	1 (all speed aileron)	3,53	7,73	1	1,12	3,86
	-	-	-	1	1,12	5,68
	-	-	-	1	1,35	10,25
	-	-	-	1	1,35	11,94
	-	-	-	1	1,35	13,64
	-	-	-	1	1,35	15,34
	-	-	-	1	1,35	17,15
A310-300	1 (all speed aileron)	2,53	7,94	1	1,41	3,80
	-	-	-	1	1,71	5,81
	-	-	-	1	1,54	10,54
	-	-	-	1	1,54	12,52
	-	-	-	1	1,10	14,29
	-	-	-	1	1,01	15,84
	-	-	-	1	1,01	17,39
A319/20/21 ohne WL	1	1,37	15,00	1	1,18	5,33
	-	-	-	1	1,17	7,75
	-	-	-	1	1,11	9,28
	-	-	-	1	1,02	10,73
	-	-	-	1	1,02	12,21
A319/20/21 mit WL	1	1,37	15,00	1	1,18	5,33
	-	-	-	1	1,17	7,75
	-	-	-	1	1,11	9,28
	-	-	-	1	1,02	10,73
	-	-	-	1	1,02	12,21
A340-300	1 (inboard aileron)	3,25	22,36	1	.	.
	1 (outboard aileron)	3,70	26,33	1	.	.
	-	-	-	1	1,54	15,37
	-	-	-	1	1,58	14,49
	-	-	-	1	1,66	16,80
	-	-	-	1	1,56	18,47

Tabelle B.4.2: Daten von Querruder und Spoiler 2

	Querruder			Spoiler		
	Anzahl pro Fläche	Fläche m <sup>2</sup>	Abstand zu A/C-Sym m	Anzahl pro Fläche	Fläche m <sup>2</sup>	Abstand zu A/C-Sym m
747-200	1 (inboard aileron)	3,20	11,83	1(ground spoiler)	2,95	7,27
	1 (outboard aileron)	6,90	22,02	1(inboard flight spoiler)	2,95	9,41
	-	-	-	1(flight spoiler)	1,85	14,19
	-	-	-	1(flight spoiler)	1,85	15,82
	-	-	-	1(flight spoiler)	1,85	17,39
	-	-	-	1(flight spoiler)	1,85	18,89
747-400	1 (inboard aileron)	3,20	11,83	1(ground spoiler)	2,95	7,27
	1 (outboard aileron)	6,90	22,02	1(inboard flight spoiler)	2,95	9,41
	-	-	-	1(flight spoiler)	1,85	14,19
	-	-	-	1(flight spoiler)	1,85	15,82
	-	-	-	1(flight spoiler)	1,85	17,39
	-	-	-	1(flight spoiler)	1,85	18,89
737-300	1	1,25	11,67	1(ground spoiler)	0,69	9,61
	-	-	-	1(ground spoiler)	0,69	8,34
	-	-	-	1(ground spoiler)	1,11	3,18
	-	-	-	1(flight spoiler)	0,66	7,05
	-	-	-	1(flight spoiler)	0,66	5,81
737-400	siehe 737-300					
737-500	siehe 737-300					

Tabelle B.5: Geometrie Höhenleitwerk

	Fläche Hersteller m <sup>2</sup>	Fläche nachgerechnet m <sup>2</sup>	Spannweite m	Streckung Hersteller	Streckung nachgerechnet	Zuspitzung Hersteller	Zuspitzung nachgerechnet	Profiltiefe Symmetrielinie m	Profiltiefe Spitze	Pfeilung 25% Linie °	Pfeilung Vorderkante °	V-Winkel °	MAC m	Abstand 0,25 MAC Flügel; 0,25 MAC Leitwerk m
A300-600	64	62,5	16,26	.	4,23	0,365	0,437	5,35	2,34	34	36	6	4,04	25,60
A310-300	64	62,5	16,26	.	4,23	0,395	0,437	5,35	2,34	34	36	6	4,04	22,50
A319-100	31	31	12,45	.	5,00	0,303	0,352	3,69	1,3	29	31	.	2,69	11,67
A320-200	31	31	12,45	.	5,00	0,303	0,352	3,69	1,3	29	31	.	2,69	13,53
A321-100	31	31	12,45	.	5,00	0,303	0,352	3,69	1,3	29	31	.	2,69	16,20
A340-300	70	69,6	19,4	.	5,41	0,35	0,350	5,32	1,86	29,7	33	.	3,87	26,50
747-200	136,6	136,7	22,17	3,6	3,60	0,25	0,249	9,86	2,46	37,5	43,5	7	6,90	32,50
747-400	136,6	136,7	22,17	3,6	3,60	0,25	0,249	9,86	2,46	37,5	47	7	6,90	32,50
737-300	31,31	31,5	12,7	5,15	5,12	0,26	0,292	3,84	1,12	30	35	7	2,73	14,78
737-400	31,31	31,5	12,7	5,15	5,12	0,26	0,292	3,84	1,12	30	35	7	2,73	16,00
737-500	31,31	31,5	12,7	5,15	5,12	0,26	0,292	3,84	1,12	30	35	7	2,73	14,00

**Tabelle B.6:** Daten Höhenruder

	Anzahl bei- de Seiten	Fläche ge- samt m <sup>2</sup>
A300-600	2	17,78
A310-300	2	17,78
A319-100	2	6,62
A320-200	2	6,62
A321-100	2	6,62
A340-300	2	17,78
747-200	4	32,5
747-400	4	32,5
737-300	2	6,55
737-400	2	6,55
737-500	2	6,55

**Tabelle B.7:** Geometrie Seitenleitwerk

	Fläche Hersteller m <sup>2</sup>	Halbspann- weite m	Fläche nach- gerechnet m <sup>2</sup>	Streckung gerechnet	Zuspitzung gerechnet
A300-600	45,2	8,2	45,6	5,90	0,390
A310-300	45,2	8,2	45,6	5,90	0,390
A319-100	21,5	5,8	21,2	6,35	0,334
A320-200	21,5	5,8	21,2	6,35	0,334
A321-100	21,5	5,8	21,2	6,35	0,334
A340-300	45,2	8,2	45,6	5,90	0,390
747-200	77,1	9,82	74,8	5,16	0,340
747-400	77,1	9,82	74,8	5,16	0,340
737-300	34,37	6,15	23,18	6,53	0,295
737-400	34,37	6,15	23,18	6,53	0,295
737-500	34,37	6,15	23,18	6,53	0,295

	Pfeilung 25% Linie °	Pfeilung Vorderkante °	MAC m	Abstand 0,25 MAC Flügel; 0,25 MAC Leitwerk m
A300-600	40	45	5,97	24,9
A310-300	40	45	5,97	20,2
A319-100	34	41,5	3,96	10,67
A320-200	34	41,5	3,96	12,53
A321-100	34	41,5	3,96	15,2
A340-300	40	45	5,97	25,5
747-200	45	50,7	13,3	32,5
747-400	45	50,7	13,3	32,5
737-300	35	40,3	5,89	14,78
737-400	35	40,3	5,89	14,78
737-500	35	40,3	5,89	14,78

**Tabelle B.8:** Daten Seitenruder

	Anzahl	Fläche gesamt m <sup>2</sup>
A300-600	1	13,4
A310-300	1	13,4
A319-100	1	6,67
A320-200	1	6,67
A321-100	1	6,67
A340-300	1	13,4
747-200	2	22,9
747-400	2	22,9
737-300	1	5,2
737-400	1	5,2
737-500	1	5,2