



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Projekt 2

Fachbereich Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau

Maximale Gleitzahl, Streckung und benetzte Fläche

Verfasser: André John Schlüter

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

Abgabedatum: 16 Juli 2006

Kurzreferat

In dieser Projektarbeit ist untersucht worden, in wie weit es möglich ist, einen Zusammenhang von E_{\max} und S_{wet} zu S_{ref} mit einem Faktor k_E herzustellen. Dieser ist nicht nur mit Formeln ausgedrückt worden, sondern auch in Diagrammform dargestellt. Es ist gezeigt worden, dass für die hier betrachteten Flugzeuge, dieser Zusammenhang mit einer guten Näherung, hergestellt werden konnte. Als Referenz für diese Aussage sind Werte aus **Berechnungsschema zur Flugzeug-Dimensionierung (Prof. Scholz 1999)** genommen worden, die mit **Daten aus Raymer 1992** entstanden sind.

Zusätzlich ist hier untersucht worden, in wie weit es möglich ist, die hier untersuchten Flugzeuge, in Gruppen aufzuteilen. Dabei ist überprüft worden, ob die bereits gute Näherung, die mit allen betrachteten Flugzeugen gemacht wurde, noch verbessert werden kann. Es hat sich gezeigt, dass sich bei einer sinnvollen Gruppierung der Flugzeuge, durchaus eine gewisse Verbesserung der Werte erzielen lässt.





Aufgabenstellung

Maximale Gleitzahl, Streckung und benetzte Fläche

Aufgabenstellung für ein Projekt 2

Hintergrund

Die maximale Gleitzahl eines Flugzeuges ist nicht nur von der aerodynamischen Formgebung und der Streckung A abhängig, sondern auch von der gesamten Oberfläche des Flugzeuges unter Berücksichtigung von Rumpf, Leitwerken, Triebwerksaufhängungen und Triebwerksgondeln.

Aufgabe

Für verschiedene Flugzeugtypen und Flugzeugkonfigurationen sollen berechnet werden:

- 1.) Das Verhältnis aus benetzter Fläche und Flügelfläche S_{wet} / S_{ref}
- 2.) Die maximale Gleitzahl E_{max} aus veröffentlichten Daten und realistisch angenommenen Werten zum spezifischen Kraftstoffverbrauch.

Anschließend sollen die Ergebnisse nach 1.) und 2.) zunächst grafisch in Beziehung gesetzt werden:

$$E_{\max} = f\left(\frac{A}{S_{wet} / S_{ref}}\right)$$

Anschließend sollen für die unterschiedlichen Flugzeugtypen Gleichungen bestimmt werden.

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

Inhalt

Kurzreferat.....	2
Aufgabenstellung	3
Inhalt	4
Verzeichnis der Bilder.....	6
Verzeichnis der Tabellen.....	6
Liste der Formelzeichen	7
Griechische Formelzeichen	9
Indizes	9
1 Einleitung	10
2 Berechnung der Referenzflügelfläche.....	11
2.1 Allgemeine Größen am Flügel	11
2.2 Referenzflügelfläche des Doppeltrapezflügels nach Datcom	12
2.3 Referenzflügelfläche nach Fokker & McDonnell Douglas(MD)	13
2.4 Referenzflügelfläche nach Airbus.....	14
2.5 Referenzflügelfläche nach Boing.....	15
3 Berechnung der benetzten Oberfläche des gesamten Flugzeuges	16
3.1 Benetzte Rumpffläche ($S_{wet,F}$)	16
3.2 Benetzte Flügelfläche ($S_{wet,W}$).....	17
3.3 Benetzte Leitwerksfläche ($S_{wet,H}$, $S_{wet,V}$)	17
3.4 Benetzte Triebwerksfläche.....	18
3.4.1 Benetzte Triebwerksfläche für Turbofantriebwerke	18
3.4.2 Benetzte Triebwerksfläche für zylindrische Verkleidungen.....	19
3.5 Triebwerkspylon	19
4 Verhältnis der Flächen S_{wet}/S_{ref}	20
4.1 Berechnung von benetzter Flugzeugoberfläche und Referenzflügelfläche	20
4.2 Auswertung von benetzter Flugzeugoberfläche zu Referenzflügelfläche	21
5 Gleitzahl im Reiseflug	22
5.1 Breguetsche Reichweitenformel	22
5.2 Flugzeugmassen	23
5.2.1 Nutzlast und Kraftstoffmasse.....	23
5.2.2 Reservekraftstoffmassen	24
5.3 Reichweite.....	24
5.4 Reisefluggeschwindigkeit	25
5.5 Spezifischer Kraftstoffverbrauch	25
5.6 Ermittlung von E_{cr} ohne Berücksichtigung von Reservekraftstoff ($E_{cr,ohne}$) und Missionssegmenten	26
5.7 Ermittlung von E_{cr} mit Berücksichtigung aller Kraftstoffreserven ($E_{cr,mit}$) und Missionssegmenten.....	26
5.7.1 Treibstoffmassenanteil für einen gesamten Flug	27
5.7.2 Herleitung des Faktors B_s	28
6 Maximale Gleitzahl.....	30

6.1	Maximale Gleitzahl ermittelt mit Reiseflug Gleitzahl.....	30
6.2	Maximale Gleitzahl ermittelt mit dem Faktor k_E	31
7	Berechnung der Gleitzahlen.....	33
7.1	Grafischer Vergleich von E_{\max} und $E_{\max,kE}$	34
7.2	Aufteilung der Flugzeuge in Gruppen	34
8	Zusammenfassung.....	37
8.1	Ergebnis der Untersuchung.....	37
8.2	Schlussbemerkung	38
	Literaturverzeichnis.....	39
	Anhang A	40

Verzeichnis der Bilder

Bild 2.1	Geometrie des Doppeltrapezflügels	11
Bild 2.2	Geometrie des Dreifachtrapezflügels	11
Bild 2.3	Doppeltrapezflügel nach Datcom.....	12
Bild 2.4	Referenzflügelfläche nach Fokker & MD.....	13
Bild 2.5	Referenzflügelfläche nach Airbus	14
Bild 2.6	Referenzflügelfläche nach Boing	15
Bild 3.1	Benetzte Triebwerksflächen	18
Bild 3.2	Einfache Triebwerksverkleidung	19
Bild 5.1	Nutzlast-Reichweiten-Diagramm.....	23
Bild 7.1	Maximale Gleitzahl über Streckung und Flächenverhältnis	34
Bild 7.2	Maximale Gleitzahl über Streckung und Flächenverhältnis nach Reichweiten gruppiert.....	36
Bild 7.3	Maximale Gleitzahl über Streckung und Flächenverhältnis nach Anzahl Aisle gruppiert.....	37

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 4.1	Benetzte Flugzeugoberfläche zu Referenzflügelfläche	20
Tabelle 4.2	Mittelwert von benetzter Flugzeugoberfläche zu Referenzflügelfläche.....	21
Tabelle 5.1	Daten für Schallgeschwindigkeit und Luftdruck in verschiedenen Höhen bei Standardatmosphäre	25
Tabelle 5.2	Treibstoffmassenanteile der Missionssegmente (Prof. Scholz 1999).....	27
Tabelle 7.1	Berechnete Gleitzahlen	33
Tabelle 7.2	Mögliche Gruppierungsmerkmale	35
Tabelle 7.3	Gruppierung nach Reichweite	35
Tabelle 7.4	Gruppierung nach Singel Aisle und Wide Body	36

Liste der Formelzeichen

a	Schallgeschwindigkeit
A	Streckung (aspect ratio)
b	Spannweite
B_s	Reichweitenfaktor
B_t	Reichweitenfaktor Zeitfaktor
c	Spezifischer Kraftstoffverbrauch
c_D	Widerstandsbeiwert
c_{D0}	Widerstandsbeiwert bei Nullauftrieb
c_{Di}	Widerstandsbeiwert des induzierten Widerstandes
c_L	Auftriebsbeiwert
c_{rf}	Profiltiefe am Flugzeugrumpf
c_k	Profiltiefe am Profilknick
c_{kl}	Profiltiefe am äußeren Profilknick
c_t	Profiltiefe an der Profilspitze (tip)
c_r	Profiltiefe an der Profilwurzel (root)
c_{r0}	Profiltiefe an der Profilwurzel, welche sich aus der Verlängerung des Außentrapezes ergibt
$c_{r1...3}$	Geometrische Hilfsgrößen für Profiltiefen
d	Durchmesser
d_F	Rumpfdurchmesser
D	Widerstand (drag)
D_{ef}	Durchmesser Fanauslass
D_{eg}	Durchmesser Gasgeneratorauslass
D_g	Durchmesser Gasgeneratoreinlass
D_{hl}	Durchmesser Faneinlass
D_m	Mittlerer Durchmesser von Faneinlass und D_n
D_n	max. Durchmesser der Fanverkleidung
D_p	Durchmesser des Triebwerkplug am Gasgenerator
e	Oswald's efficiency factor
E	Gleitzahl
E_{cr}	Reisefluggleitzahl
$E_{cr,ohne}$	Reisefluggleitzahl ohne Berücksichtigung von Treibstoffreserven
$E_{cr,mit}$	Reisefluggleitzahl mit Berücksichtigung von Treibstoffreserven
E_{max}	Maximale Gleitzahl
$E_{max,kE}$	Maximale Gleitzahl mit dem Faktor k_E berechnet
g	Erdbeschleunigung
l_l	Länge vom Triebwerkseinlass bis zum max. Triebwerksverkleidungsdurchmesser
l_E	Gesamtlänge der Triebwerksverkleidung
l_F	Rumpflänge
l_g	Länge der Gasgeneratorverkleidung (Gasgenerator cowling)

l_n	Länge der Fanverkleidung (Fan cowling)
l_p	Länge des plug am Triebwerk
L	Auftrieb (Lift)
m	Masse
M	Machzahl
m_F	Kraftstoffmasse
m_{MTO}	max. Startmasse
M_{ff}	Treibstoffmassenanteil
n	Anzahl
n_E	Anzahl der Triebwerke
q	Staudruck
R	Reichweite
R_a	Entfernung zum Ausweichflugplatz
R_{nom}	Reichweite ohne Reserven
$R_{theo.}$	Theoretische Reichweite
s	Strecke
S	Fläche
SPC	Spezifischer Kraftstoffverbrauch
S_{exp}	Flügelfläche die sich außerhalb vom Rumpf befindet
S_{ref}	Referenzfläche
$S_{ref,Ai}$	Referenzflügelfläche nach Airbus
$S_{ref,Ai3}$	Referenzflügelfläche nach Airbus für den Dreifachtrapezflügel
$S_{ref,Bo}$	Referenzflügelfläche nach Boing
$S_{ref,Da}$	Referenzflügelfläche nach Datcom
$S_{ref,Da3}$	Referenzflügelfläche nach Datcom für den Dreifachtrapezflügel
$S_{ref,Fo}$	Referenzflügelfläche nach Fokker und McDonnell Douglas
$S_{ref,He}$	Referenzflügelfläche nach Herstellerangabe
$S_{ref,Hb}$	Referenzflügelfläche nach Herstellerdefinition nachgerechnet
S_{wet}	Benetzte Flugzeugfläche
t	Zeit
t_i	Relative Profiltiefe an der Profilspitze (tip)
t_r	Relative Profiltiefe an der Profilwurzel (root)
U_F	Rumpfumfang
V	Geschwindigkeit
V_{cr}	Reisefluggeschwindigkeit
V_{md}	Fluggeschwindigkeit bei minimalem Widerstand
y_k	Abstand von Flugzeugsymmetrielinie zum Profilkink
y_{kl}	Abstand von Flugzeugsymmetrielinie zum äußeren Profilkink
$y_{1...3}$	Geometrische Hilfsabstände zur Flugzeugsymmetrielinie

Griechische Formelzeichen

π	Kreiskonstante
λ	Zuspitzung des Flügels
λ_F	Rumpfschlankheitsgrad
λ_i	Zuspitzung des Innentrapezes
η_k	Verhältnis der Lage des Flügelkinks zur halben Flügelspannweite
τ	Verhältnis der relativen Profildicken von Flügelspitze zu Flügelwurzel
ρ	Luftdichte

Indizes

() _{CLB}	Steigflug
() _{CR}	Reiseflug
() _{DES}	Sinkflug
() _F	Rumpf (fuselage) bei Massen ist es Kraftstoff (fuel)
() _{fan-cowl.}	Fan-Verkleidung des Triebwerks
() _{gas-gen.}	Gasgenerator-Verkleidung des Triebwerks
() _{plug}	Plug des Triebwerks
() _H	Höhenleitwerk (horizontal tailplane)
() _L	Landung
() _{LOI}	Warteflug
() _{MPL}	maximum pay load
() _{MZF}	maximum zero fuel
() _N	Triebwerksverkleidung
() _{OE}	operating empty
() _{PAX}	Passagiere
() _{pylons}	Triebwerksaufhängung
() _{res}	Flug zum Ausweichflugplatz
() _{RES}	Reserveflugstrecke
() _{std}	Standardflug
() _{TO}	Start
() _w	Flügel (wing)
() _v	Seitenleitwerk (vertical tailplane)

1 Einleitung

Um ein Flugzeug neu zu entwerfen ist es nötig, dass man Daten hat, mit denen man rechnen kann. Da man bei einem Neuentwurf am Anfang aber nur wenig Daten zur Verfügung hat, ist es notwendig, sich hier zu behelfen. Aus diesem Grunde wird im Bereich Flugzeugentwurf sehr viel auf Erfahrungswerte zurückgegriffen. Mit diesen Erfahrungswerten lassen sich dann Größenordnungen für die Neuentwicklung abschätzen.

In dieser Arbeit soll nun untersucht werden, wie sich die maximale Gleitzahl eines Flugzeuges verhält. Von besonderem Interesse ist hier der Zusammenhang von der benetzten Oberfläche des Flugzeuges, der Flügelreferenzfläche und der Gleitzahl. In einem ersten Schritt wird hier das Verhältnis von benetzter Flugzeuoberfläche zur Flügelreferenzfläche betrachtet.

In einem zweiten Schritt wird dann versucht, mit diesem Verhältnis der Flügelstreckung und einem Faktor (k_E) auf eine maximale Gleitzahl des Flugzeuges zu schließen.

Als Ergebnis soll dann ein Faktor k_E herauskommen, der die maximale Gleitzahl mit Hilfe von Flügelstreckung und Flächenverhältnis möglichst genau abschätzt.

2 Berechnung der Referenzflügelfläche

Die Referenzflügelfläche (S_{ref}) ist je nach Flugzeughersteller unterschiedlich definiert. In diesem Abschnitt werden vier dieser unterschiedlichen Definitionen kurz aufgeführt.

2.1 Allgemeine Größen am Flügel

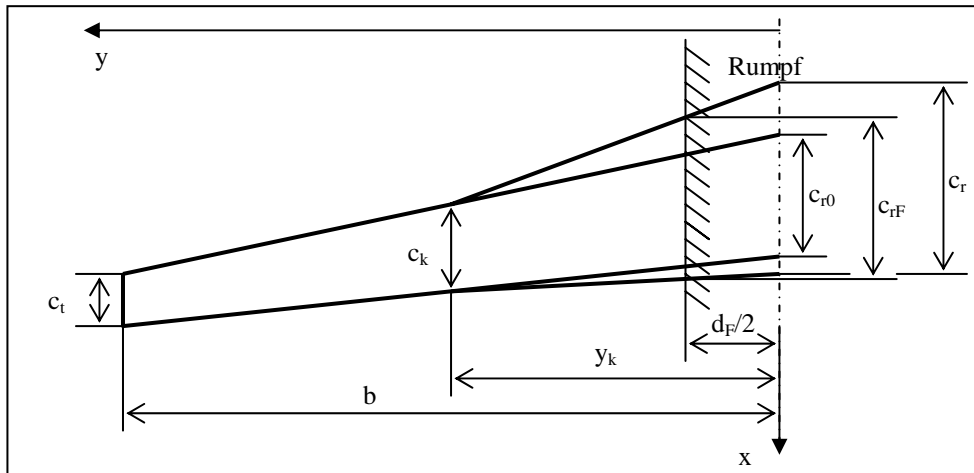


Bild 2.1 Geometrie des Doppeltrapezflügels

Die hier im Bild dargestellten Maße und Formelzeichen werden für die unterschiedlichen Definitionen der Flügelreferenzfläche benötigt. Der Anteil des äußeren Trapezes ist bei allen Definitionen enthalten. Der Anteil vom Innentrapez und Rumpf ist dagegen jedesmal anders.

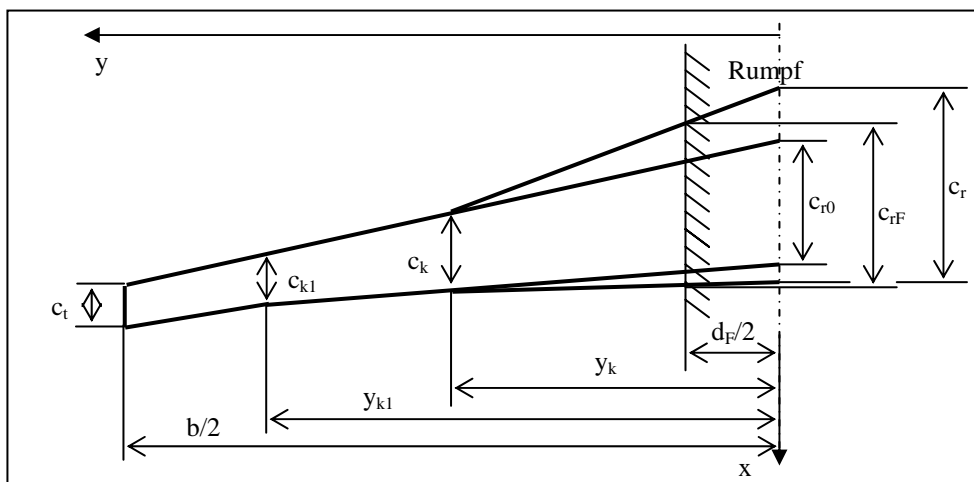


Bild 2.2 Geometrie des Dreifachtrapezflügels

Für den Fall, dass es sich um einen Dreifachtrapezflügel handelt, ist das Außentrapez noch einmal durch einen Kink in zwei Flächen geteilt, wie in Bild 2.2 gezeigt.

2.2 Referenzflügelfläche des Doppeltrapezflügels nach Datcom

Bei **Datcom 1987** wird die Flügelfläche in zwei Flächen unterteilt. Die eine erstreckt sich vom Flügeltip bis zum Flügelkink und die andere vom Flügelkink bis zur Symmetrielinie des Flugzeuges. Diese beiden Flächen werden jeweils als Trapezfläche angesehen.

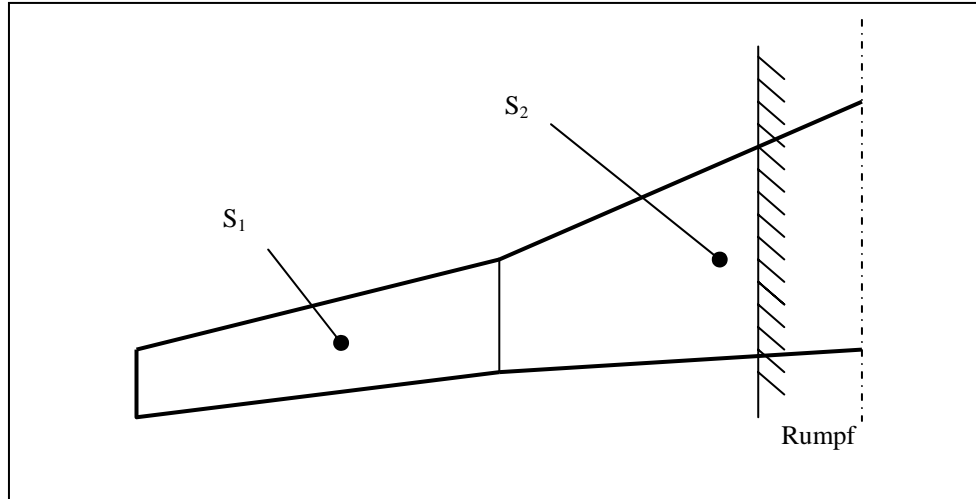


Bild 2.3 Doppeltrapezflügel nach Datcom

Für den Doppeltrapezflügel nach **Datcom 1987** wurde folgende Formel verwendet um die Referenzflügelfläche zu berechnen.

$$S_{ref, Da} = cr \cdot \frac{b}{2} \cdot \left[\frac{y_K}{\frac{b}{2}} \cdot (1 - \lambda) + \frac{c_k}{c_r} + \lambda \right] \quad (2.1)$$

λ ist die Zuspitzung des Flügels und setzt sich zusammen aus c_t / c_r

Bei dem Dreifachtrapezflügel, teilt sich die Fläche S1 durch einen weiteren Kink in zwei Trapezflächen. Die Flügeltiefe an der Stelle des Kinkes ist mit c_{k1} bezeichnet und der Abstand des Kinkes zur Flugzeugsymmetrielinie mit y_{k1} . Zur Berechnung ist folgende Formel aufgestellt worden.

$$S_{ref, Da3} = 2 \cdot \left[\left(\frac{c_t + c_{k1}}{2} \right) \cdot \left(\frac{b}{2} - y_{k1} \right) + \left(\frac{c_{k1} + c_k}{2} \right) \cdot (y_{k1} - y_k) + \left(\frac{c_k + c_r}{2} \right) \cdot y_k \right] \quad (2.2)$$

2.3 Referenzflügelfläche nach Fokker & McDonnell Douglas(MD)

Bei Fokker und MD ist die Referenzflügelfläche als ein Trapez zu betrachten. Hier wird das Außentrapez über die Stelle des Kinkes, bis hin zur Flugzeugsymmetrielinie, verlängert. Die so berechnete Fläche wird also etwas kleiner sein als nach der Datcommethode.

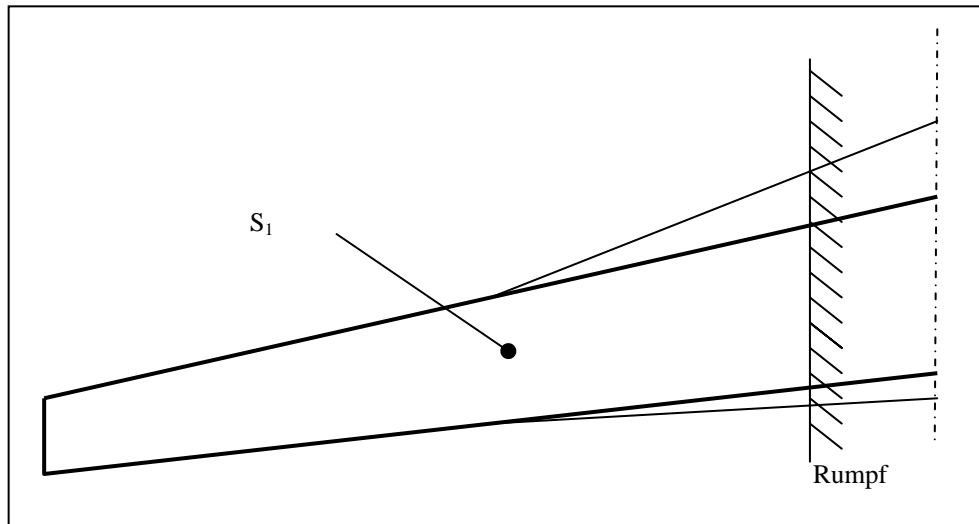


Bild2.4 Referenzflügelfläche nach Fokker & MD

Berechnet wird diese Fläche mit der Formel nach **Arbeit Platz**

$$S_{ref, Fo} = c_r \cdot \frac{b}{2} \cdot \left[\frac{(\lambda - \lambda_i)}{(\eta_k - 1)} + 2 \cdot \lambda \right] \quad (2.3)$$

η_k ist das Verhältnis von der Lage des Flügelkinks zur halben Flügelspannweite

$$\eta_k = \frac{y_k}{\frac{b}{2}} \quad (2.4)$$

λ_i ist das Verhältnis der Flügeltiefen für den inneren Flügelteil bei Doppeltrapezflügeln und berechnet sich aus den Flügeltiefen von Flügelkink und Flügeltip

$$\lambda_i = \frac{c_k}{c_r} \quad (2.5)$$

2.4 Referenzflügelfläche nach Airbus

Die mit den dicken Linien und der Symmetrielinie eingeschlossene Fläche entspricht der Referenzfläche nach Airbus. Zur einfacheren Berechnung ist diese hier in drei Flächen unterteilt worden. Airbus teilt seine Referenzfläche in vier Teile auf. Die erste Fläche ist die des Außentrapezes, verlängert bis zum Flugzeugrumpf, angedeutet durch die Strichpunktlinien. Die zweite und dritte Fläche ist jeweils das Dreieck ober- und unterhalb des so entstandenen (verlängerten) Außentrapezes. Die vierte Fläche entspricht genau der Fläche S3.

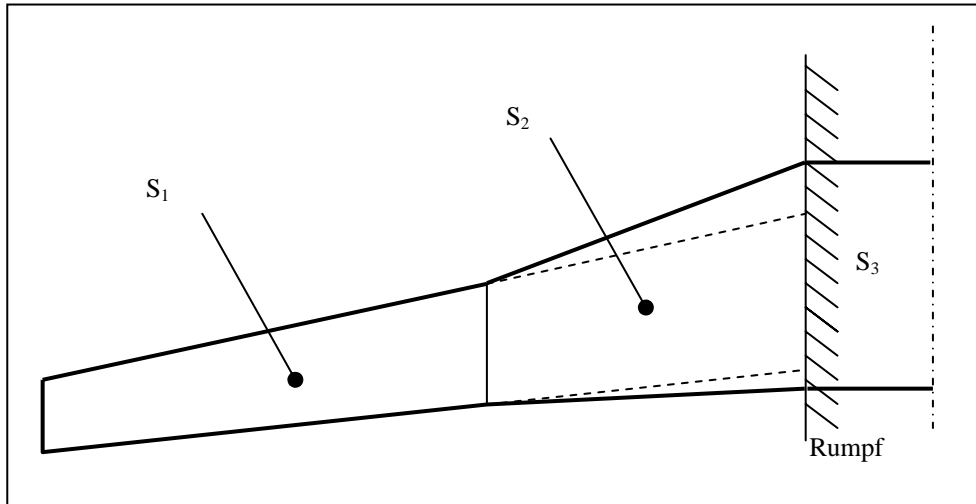


Bild 2.5 Referenzflügelfläche nach Airbus

Berechnet wird die Fläche durch Aufsummieren der drei Einzelflächen. S_1 und S_2 sind mit der Formel für das einfache Trapez berechnet und S_3 mit der Rechteckformel. Um nun auf die Gesamtreferenzfläche zu kommen, wurde das ganze mal zwei genommen.

$$S_{ref,Ai} = 2 \cdot \left[\left(\frac{c_t + c_k}{2} \right) \cdot \left(\frac{b}{2} - y_k \right) + \left(\frac{c_{rf} + c_k}{2} \right) \cdot \left(y_k - \frac{d_F}{2} \right) + \left(c_{rf} \cdot \frac{d_F}{2} \right) \right] \quad (2.6)$$

Beim A330 und A340 handelt es sich um einen Dreifachtrapezflügel; das heißt, die Fläche S_1 enthält einen weiteren Kink. Für den Abstand des Kinkes zur Flugzeugsymmetrielinie ist der Formelbuchstabe y_{k1} verwendet worden, für die Flügeltiefe an dieser Stelle steht c_{k1} . Die Formel für diesen Dreifachtrapezflügel sieht damit wie folgt aus.

$$S_{ref,Ai,3} = 2 \cdot \left[\left(\frac{c_t + c_{k1}}{2} \right) \cdot \left(\frac{b}{2} - y_{k1} \right) + \left(\frac{c_{k1} + c_k}{2} \right) \cdot (y_{k1} - y_k) + \left(\frac{c_{rf} + c_k}{2} \right) \cdot \left(y_k - \frac{d_F}{2} \right) + \left(c_{rf} \cdot \frac{d_F}{2} \right) \right] \quad (2.7)$$

2.5 Referenzflügelfläche nach Boing

Bei Boing wird auch das Außentrapez bis zur Flugzeugsymmetrielinie verlängert, wie diese auch schon für die Berechnung bei Fokker und MD geschehen ist. Boing vernachlässigt aber nicht die Flächen S_2 und S_3 ganz, sondern läßt sie jeweils zur Hälfte mit in die Referenzflügelfläche eingehen.

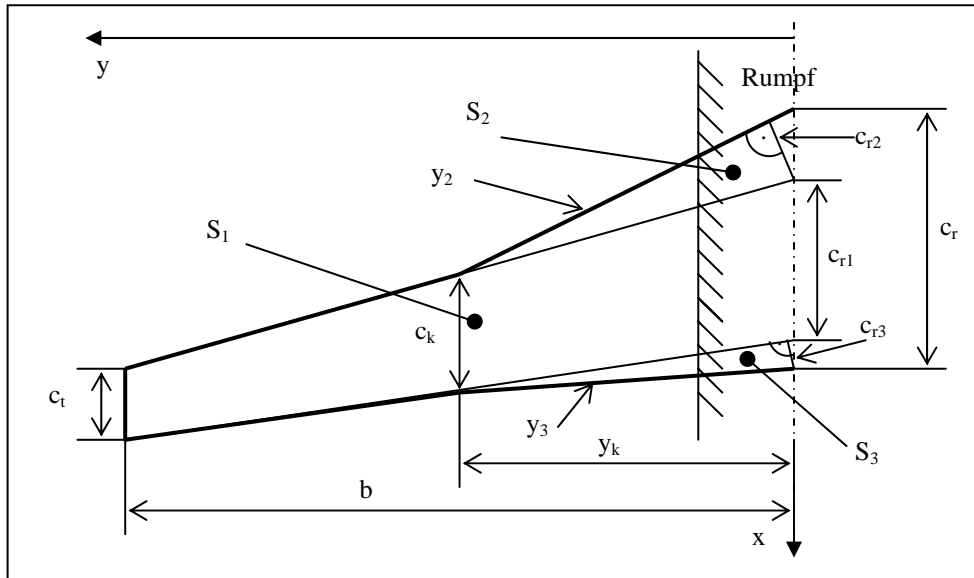


Bild 2.6 Referenzflügelfläche nach Boing

Die allgemeine Formel dafür sieht dann so aus.

$$S_{ref,Bo} = S_1 + \frac{1}{2} \cdot S_2 + \frac{1}{2} \cdot S_3 \quad (2.8)$$

S_1 berechnet sich nach der Formel des einfachen Trapezflügels. Für S_2 und S_3 ist auf die Geometriegleichung des Dreieckes zurückgegriffen worden. Mit den in Bild 2.6 dargestellten Größen sieht die Formel für $S_{ref,Bo}$ wie folgt aus.

$$S_{ref,Bo} = \frac{1}{2} \cdot ((c_t + c_{r1}) \cdot b + c_{r2} \cdot y_2 + c_{r3} \cdot y_3) \quad (2.9)$$

Bei der Boing 747 ist darauf zu achten, dass die Referenzflügelfläche anders, als hier beschrieben, definiert ist und somit nicht mit den oben stehenden Formeln zu berechnen ist. Die Definition für die 747 ist hier nicht weiter aufgeführt.

3 Berechnung der benetzten Oberfläche des gesamten Flugzeuges

Die benetzte Oberfläche des Flugzeuges (S_{wet}) setzt sich aus der Summe der Einzeloberflächen der Flugzeugkomponenten zusammen. Üblicherweise sind für ein Passagierflugzeug folgende Komponenten zu berücksichtigen.

- Flugzeugrumpf
- Tragflügel
- Höhenleitwerk
- Seitenleitwerk
- Triebwerksgondeln
- Triebwerkspylone

Diese Komponenten sind in der Gleichung nach Skript **Scholz 1999** zusammengefasst.

$$S_{wet} = S_{wet,F} + S_{wet,W} + S_{wet,H} + S_{wet,V} + n_E \cdot S_{wet,N} + n_E \cdot S_{wet,pylons} \quad (3.1)$$

3.1 Benetzte Rumpffläche ($S_{wet,F}$)

Die erste Teilfläche, die hier betrachtet wird, ist der Rumpf. Für Rumpfe mit zylindrischem Mittelteil und einem Rumpfschlankheitsgrad $\lambda_F \geq 4.5$ kann nach **Torenbeek 1988** folgende Formel angewandt werden.

$$S_{wet,F} = \pi \cdot d_F \cdot l_F \cdot \left(1 - \frac{2}{\lambda_F}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot \left(1 + \frac{1}{\lambda_F^2}\right) \quad (3.2)$$

Der Rumpfschlankheitsgrad λ_F für kreisförmige Rumpfe berechnet sich hier aus l_F / d_F , bei nicht kreisförmigen Rumpfen muß d_F aus Rumpfumfang durch π berechnet werden.

$$\lambda_F = \frac{l_F}{d_F} \quad (3.3)$$

oder für nicht kreisförmige Rumpfe.

$$\lambda_F = \frac{l_F \cdot \pi}{U_F} \quad (3.4)$$

3.2 Benetzte Flügelfläche ($S_{\text{wet},W}$)

Für die Berechnung der Flügel wird die Formel nach **Torenbeek 1988** angewendet.

$$S_{\text{wet},W} = 2 \cdot S_{\text{exp},W} \cdot \left(1 + 0,25 \cdot \left(\frac{t}{c} \right)_r \cdot \frac{1 + \tau \cdot \lambda}{1 + \lambda} \right) \quad (3.5)$$

τ beschreibt das Verhältnis der relativen Profildicken von Flügelspitze zu Flügelwürzel.

$$\tau = \frac{\left(\frac{t}{c} \right)_t}{\left(\frac{t}{c} \right)_r} \quad (3.6)$$

$S_{\text{exp},W}$ steht für die Flügelfläche, wobei es sich nur um die Fläche handelt, die sich außerhalb des Rumpfes befindet. Diese Fläche wird mit einfachen Geometrieformeln berechnet.

$S_{\text{exp},W}$ berechnet sich für den einfachen Trapezflügel nach folgender Formel.

$$S_{\text{exp},W} = 2 \cdot \left[\left(\frac{c_{rF} + c_t}{2} \right) \cdot \left(\frac{b - d_F}{2} \right) \right] \quad (3.7)$$

$S_{\text{exp},W}$ für den Doppeltrapezflügel wird diese Formel verwendet.

$$S_{\text{exp},W} = 2 \cdot \left[\left(\frac{c_t + c_k}{2} \right) \cdot \left(\frac{b}{2} - y_k \right) + \left(\frac{c_{rF} + c_k}{2} \right) \cdot \left(y_k - \frac{d_F}{2} \right) \right] \quad (3.8)$$

3.3 Benetzte Leitwerksfläche ($S_{\text{wet},H}$, $S_{\text{wet},V}$)

Die Formel (1.3) für die benetzte Flügelfläche lässt sich auch auf das Höhenleitwerk und das Seitenleitwerk anwenden. Allerdings sind die erforderlichen Daten, um diese Formel zu nutzen, meist nicht dokumentiert. Üblicherweise findet man nur für den Tragflügel die benötigten Informationen. Für das Leitwerk sind meist nur die Gesamtfläche und die Spannweite zu finden, nicht aber Leitwerksdicken oder -tiefen. Für die Fälle, wo keine genaueren Leitwerksdaten in der Literatur gefunden wurden, sind die entsprechenden Daten aus Dreiseitenansichten gemessen worden. Um abschätzen zu können, ob die Messwerte den realen Abmaßen entsprechen, wurde die berechnete benetzte Leitwerksfläche mit der vom Hersteller verglichen. Wenn die zweifache, vom Hersteller gegebene, Leitwerksfläche etwas geringer ist als die berechnete benetzte Leitwerksfläche, kann davon ausgegangen werden, dass die Messergebnisse aus der Dreiseitenansicht hinreichend genau waren.

3.4 Benetzte Triebwerksfläche

3.4.1 Benetzte Triebwerksfläche für Turbofantriebwerke

Die benetzte Triebwerksfläche für Turbofantriebwerke setzt sich nach **Torenbeek 1988** aus drei Teilflächen zusammen, wie sie in Bild 3.1 dargestellt sind. Danach ist die Fläche

$$S_{wet, N} = S_{wet, fan-cowl} + S_{wet, gas-gen} + S_{wet, plug} \quad (3.9)$$

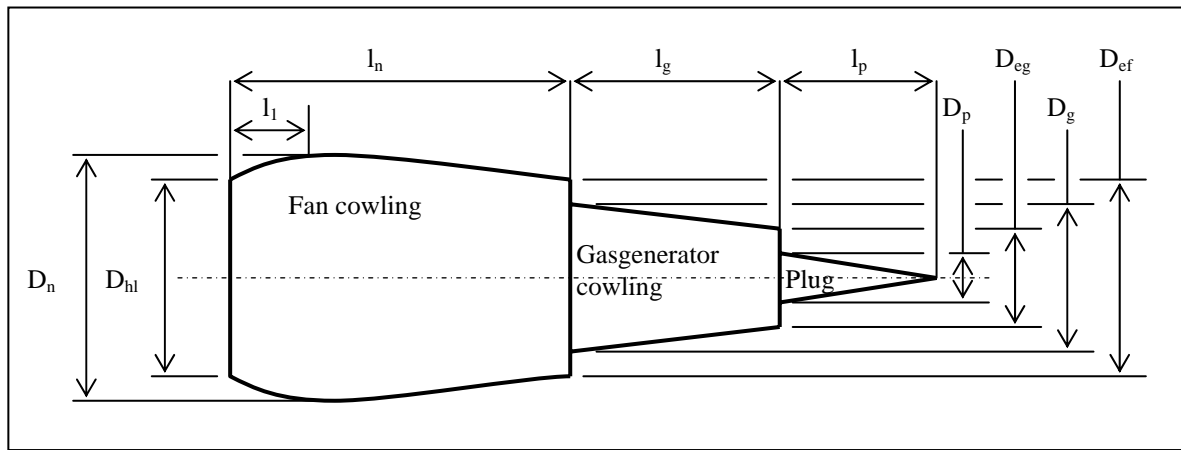


Bild 3.1 benetzte Triebwerksflächen

Die größte Fläche ist die Fanverkleidung (Fan cowling) und berechnet sich nach **Torenbeek 1988** so.

$$S_{wet, fan-cowl} = l_n \cdot D_n \cdot \left[2 + 0,35 \cdot \frac{l_1}{l_n} + 0,8 \cdot \frac{l_1 \cdot D_{hl}}{l_n \cdot D_n} + 1,15 \cdot \left(1 - \frac{l_1}{l_n} \right) \cdot \frac{D_{ef}}{D_n} \right] \quad (3.10)$$

Die Gasgeneratorverkleidung (Gasgenerator cowling) berechnet sich nach **Torenbeek 1988** mit.

$$S_{wet, gas-gen} = \pi \cdot l_g \cdot D_g \cdot \left[1 - \frac{1}{3} \cdot \left(1 - \frac{D_{eg}}{D_g} \right) \cdot \left(1 - 0,18 \cdot \left(\frac{D_g}{l_g} \right)^{\frac{5}{3}} \right) \right] \quad (3.11)$$

Und die Fläche des Plug wird nach **Torenbeek 1988** mit dieser Formel berechnet.

$$S_{wet, plug} = 0,7 \cdot \pi \cdot l_p \cdot D_p \quad (3.12)$$

3.4.2 Benetzte Triebwerksfläche für zylindrische Verkleidungen

Triebwerke die voll verkleidet sind, weisen meist eine zylindrische Form auf, wie in Bild 3.2. Für diese Fälle wurde näherungsweise die benetzte Oberfläche als Zylinderfläche betrachtet.

$$S_{wet, N} = \pi \cdot D_m \cdot l_E \quad (3.13)$$

Als Durchmesser D_m wurde der Mittelwert von Faneinlaßdurchmesser und dem maximalen Durchmesser der Triebwerksverkleidung gebildet.

$$D_m = D_{hl} \cdot D_n \quad (3.14)$$

Da auch für die Triebwerksverkleidungen nur in den seltensten Fällen die Daten zur Verfügung stehen, um die Oberflächen zu berechnen, sind diese wieder aus drei Seitenansichten gemessen worden.

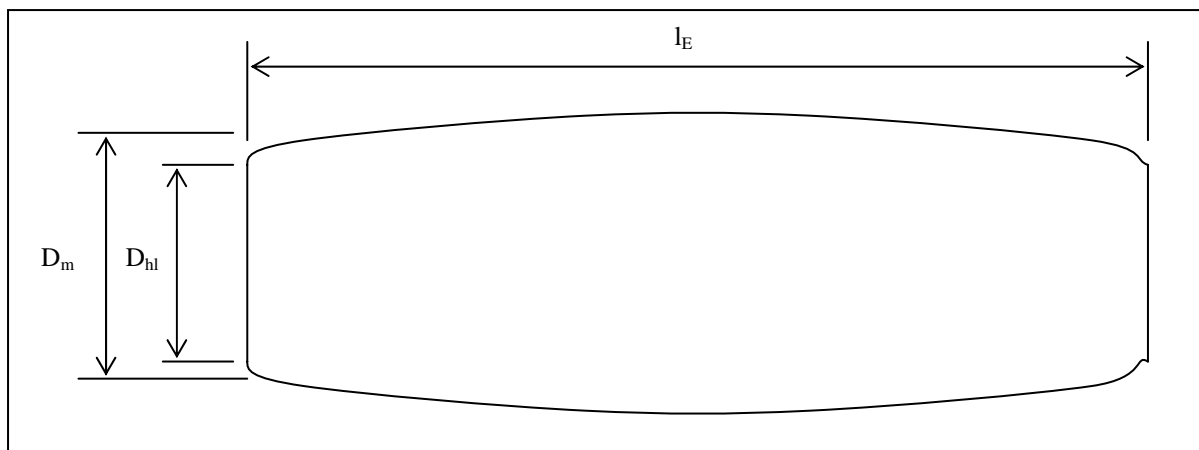


Bild 3.2 Einfache Triebwerksverkleidung

3.5 Triebwerkspylon

Die Pylons der Triebwerke stellen die kleinste benetzte Teilfläche des Gesamtflugzeuges dar, die hier betrachtet wird. Die Fläche der Pylons wurde hier mit einfachen Geometrieformeln berechnet. Je nach Formgebung wurden die Flächenformeln für Dreiecke, Rechtecke oder Trapeze verwendet. Da nur Messwerte aus Dreiseitenansichten zur Verfügung standen, ist die zweidimensional berechnete Fläche mal zwei genommen worden, um so beide Seiten des Pylons zu berücksichtigen. Die Einbeziehung der Breite des Pylons, die eine Vergrößerung der Fläche bedeuten würde, ist nicht mit berücksichtigt worden. Hier wurde die Annahme getroffen, dass durch die Flächenberechnung mit einfachen Geometrien, ohne Berücksichtigung von Kurven, die zweidimensional errechnete Fläche ausreichend nah an die tatsächlich benetzte Oberfläche herankommt.

4 Verhältnis der Flächen $S_{\text{wet}}/S_{\text{ref}}$

In den beiden vorangegangenen Kapiteln ist aufgeführt worden, wie S_{wet} und S_{ref} berechnet werden können. In diesem Kapitel soll nun für einige ausgesuchte Flugzeuge dieses Verhältnis bestimmt werden. Aus Platzgründen ist in der Tabelle für Einordnungsformeln nur ein Buchstabe aufgeführt. Damit entspricht [A]=Jane's 1989-90 und [B]=Jane's 1992-93. Bei Verwendungen von Gleichungen sind die Gleichungsnummern ebenfalls in eckigen Klammern geschrieben.

4.1 Berechnung von benetzter Flugzeugoberfläche und Referenzflügelfläche

Tabelle 4.1 benetzte Flugzeugoberfläche zu Referenzflügelfläche

Flugzeug	S_{wet}		$S_{\text{ref,H}}$		$S_{\text{ref,Hb}}$		$S_{\text{ref,Da}}$		b [m]	b^2/S_{wet} [-]	$S_{\text{wet}}/S_{\text{ref,Da}}$ [-]	$S_{\text{wet}}/S_{\text{ref,H}}$ [-]	
	[m ²]	[3.1]	[m ²]	[B]	[m ²]	[2.6]	[m ²]	[2.1]					
A300-600R	1569,11	[3.1]	260,00	[B]	260,60	[2.6]	263,80	[2.1]	44,84	[B]	1,28	5,95	6,04
A310-300	1342,81	[3.1]	219,00	[B]	219,24	[2.6]	224,82	[2.1]	43,89	[B]	1,43	5,97	6,13
A320-200	791,13	[3.1]	122,40	[B]	122,47	[2.6]	124,62	[2.1]	33,91	[B]	1,45	6,35	6,46
A321-200	874,15	[3.1]	122,40	[B]	122,48	[2.6]	124,64	[2.1]	33,91	[B]	1,32	7,01	7,14
A340-300	2033,09	[3.1]	363,10	[B]	363,20	[2.6]	369,16	[2.2]	60,30	[B]	1,79	5,51	5,60
B737-300	645,85	[3.1]	105,40	[B]	104,03	[2.9]	108,34	[2.1]	28,90	[B]	1,29	5,96	6,13
B757-200	1113,79	[3.1]	185,25	[B]	187,70	[2.9]	198,39	[2.1]	38,05	[B]	1,30	5,61	6,01
B767-300	1580,69	[3.1]	283,30	[B]	289,76	[2.9]	290,78	[2.1]	47,57	[B]	1,43	5,44	5,58
Fokker 100	581,47	[3.1]	93,50	[A]	93,46	[2.3]	92,87	[2.1]	28,08	[A]	1,36	6,26	6,22
MD-11	2051,80	[3.1]	338,90	[B]	333,48	[2.3]	368,77	[2.1]	51,77	[B]	1,31	5,56	6,05
MD-87	742,27	[3.1]	112,30	[B]	119,31	[2.3]	127,22	[2.1]	32,87	[B]	1,46	5,83	6,61
MD-90-30	818,79	[3.1]	112,30	[B]	119,76	[2.3]	124,81	[2.1]	32,87	[B]	1,32	6,56	7,29
TU-154-M	1072,42	[3.1]	201,45	[B]	.	.	211,60	[2.1]	37,55	[B]	1,31	5,07	5,32

Im ersten Schritt ist in der Tabelle 4.1, mit den Formeln aus Kapitel 3, die benetzte Oberfläche des Flugzeuges bestimmt worden. Im zweiten Schritt ist dann die Referenzflügelfläche betrachtet worden. Wie in Kapitel 2 schon beschrieben, definiert jeder Hersteller seine Referenzflügelfläche anders. Aus diesem Grunde sind in der Tabelle auch drei Referenzflügelflächen aufgeführt. $S_{\text{ref,H}}$ ist der vom Hersteller angegebene Wert, der nach seiner eigenen Definition bestimmt ist. Der Wert $S_{\text{ref,Hb}}$ ist der nachgerechnete Wert mit der jeweiligen Herstellerdefinition. Die meisten Daten, die zur Berechnung von $S_{\text{ref,Hb}}$ benötigt werden, sind Messdaten aus Dreiseitenansichten. Die Nachrechnung von $S_{\text{ref,H}}$ diente hier dafür, allgemein die Genauigkeit der Messdaten zu überprüfen. Bei dem Vergleich von $S_{\text{ref,H}}$ und $S_{\text{ref,Hb}}$ wird deutlich, dass die Messwerte hinreichend genau sind, da sich die Werte bei allen nur in der ersten Vorkommastelle unterscheiden. Die Hälfte der Rechenwerte unterscheidet sich sogar erst in der ersten Nachkommastelle.

Die Fläche $S_{\text{ref,Da}}$ ist berechnet worden, um für alle Flugzeuge eine Referenzflügelfläche mit der gleichen Definition zu bekommen.

4.2 Auswertung von benetzter Flugzeugoberfläche zu Referenzflügelfläche

Für den Flugzeugentwurf ist es nun von Interesse, wie sich das Verhältnis von S_{wet} zu S_{ref} verhält. In der Tabelle 4.1 ist daher das Verhältnis von S_{wet} zu S_{ref} einmal mit der $S_{\text{ref,Da}}$ und einmal mit der $S_{\text{ref,H}}$ bestimmt worden. Wenn man sich den Verhältnisbereich mit Datcomdefinition anschaut, liegen die Werte zwischen 5,07 und 7,01. Der Mittelwert, der sich aus diesen Verhältnissen ergibt, ist 5,93. Wenn man jetzt die gleiche Betrachtung für die Verhältnisse mit der jeweiligen Herstellerreferenzfläche macht, haben wir einen Wertebereich von 5,32 bis 7,29. Hier stellt sich dann ein Mittelwert von 6,20 ein.

In dem **Berechnungsschema zur Flugzeug-Dimensionierung (Scholz 1999)** finden wir als Auslegungstipp, dass das Verhältnis $S_{\text{wet}}/S_{\text{ref}}$ zwischen 6,0 und 6,2 zu wählen ist. Mit den hier berechneten Mittelwerten von 5,93 und 6,20 kann dieser Tipp bestätigt werden.

Die Verhältniswerte über dem Wert 7 in der Tabelle lassen sich damit erklären, dass es sich in beiden Fällen um eine verlängerte Version eines bereits bestehenden Flugzeuges handelt. Daher haben die A321-200 und die MD-90-30 im Vergleich zu den anderen Flugzeugen diese große Verhältniszahl. Auf der anderen Seite haben wir bei der Tupolev 154-M die geringsten Verhältniswerte.

Tabelle 4.2 Mittelwert von benetzter Flugzeugoberfläche zu Referenzflügelfläche

F l u g z e u g	S_{wet}/S_{ref,Da}	S_{wet}/S_{ref,H}
A 3 0 0 - 6 0 0 R	5 , 9 5	6 , 0 4
A 3 1 0 - 3 0 0	5 , 9 7	6 , 1 3
A 3 2 0 - 2 0 0	6 , 3 5	6 , 4 6
A 3 4 0 - 3 0 0	5 , 5 1	5 , 6 0
B 7 3 7 - 3 0 0	5 , 9 6	6 , 1 3
B 7 5 7 - 2 0 0	5 , 6 1	6 , 0 1
B 7 6 7 - 3 0 0	5 , 4 4	5 , 5 8
F o k k e r 1 0 0	6 , 2 6	6 , 2 2
M D - 1 1	5 , 5 6	6 , 0 5
M D - 8 7	5 , 8 3	6 , 6 1
M i t t e l w e r t	5 , 8 4	6 , 0 8

Bei einer zweiten Mittelwertberechnung in Tabelle 4.2 sind diese drei Maschinen (A321-200, MD-90-30 und TU-154-M) außen vor geblieben und es haben sich die Mittelwerte 5,84 ($S_{\text{ref,Da}}$) und 6,08 ($S_{\text{ref,H}}$) eingestellt. Wenn man diese Zahlen wiederum dem Tipp von 6,0 bis 6,2 gegenüberstellt, bemerken wir, dass wiederum nur der Verhältniswert, der mit der Herstellerreferenzfläche gebildet wurde, dort hineinpasst. Daraus lässt sich schließen, dass der Auslegungstipp auf Grund von Herstellerangaben mit unterschiedlichen Definitionen gemacht wurde. Oder anders ausgedrückt, wenn man einen neuen Flugzeugentwurf macht, sollte man sich im Klaren sein, nach welcher Definition S_{ref} bestimmt wird. Wenn S_{ref} nach der **Datcom 1987** Definition bestimmt wird, sollte der Verhältniswert eher von 5,7 bis 5,9 angenommen werden.

5 Gleitzahl im Reiseflug

Die Gleitzahl (E) macht eine Aussage über die aerodynamische Beschaffenheit eines Flugzeuges. Je nach Flugzustand weist ein Flugzeug unterschiedliche Gleitzahlen auf. Hier soll nun, in einem ersten Schritt, die Gleitzahl im Reiseflug (E_{cr}) ermittelt werden. Wobei diese einmal ohne Berücksichtigung von Reservekraftstoff und Missionssegmenten betrachtet wird und einmal mit allen Reserven und Missionssegmenten.

5.1 Breguetsche Reichweitenformel

Die Gleitzahl im Reiseflug wird mit Hilfe der Breguetschen Reichweitenformel für Jets, bestimmt. Der Reichweitenfaktor B_s ist nach **Breguet** wie folgt definiert.

$$B_s = \frac{E \cdot V}{c \cdot g} \quad (5.1)$$

Um diese Formel nutzen zu können, ist es notwendig zu wissen, dass sich der Reichweitenfaktor aus einer Reichweite und dem dazugehörigen Treibstoffmassenanteil zusammensetzt. Für B_s kann auch allgemein geschrieben werden

$$B_s = \frac{s}{\ln \left(\frac{m_0}{m_1} \right)} \quad (5.2)$$

s ist hier die zurückgelegte Strecke, m_0 die Masse am Anfang und m_1 die am Ende der Flugstrecke. Da diese Daten (s , m_0 , m_1) nicht immer direkt so angegeben sind, wird in den nächsten Abschnitten gezeigt, wie die Reichweite und Flugzeugmasse zusammenhängt.

5.2 Flugzeugmassen

Das Nutzlast-Reichweiten-Diagramm zeigt die Abhängigkeit von maximaler Nutzlast (m_{MPL}) und der zugehörigen Reichweite (R) auf.

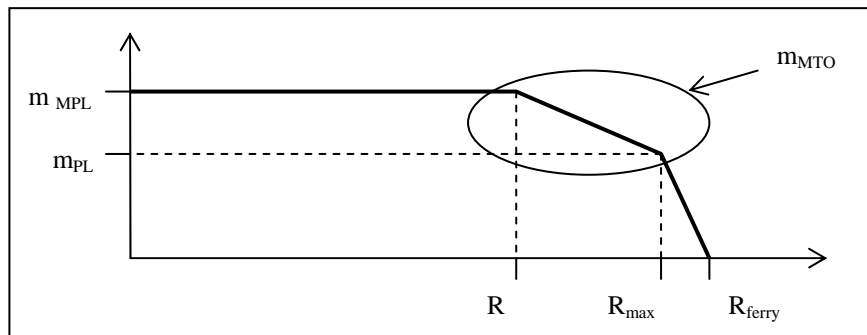


Bild 5.1 Nutzlast-Reichweiten-Diagramm

Für die Gleichung 5.2 wird nun ein Wertepaar gesucht, das sich in dem hier eingekreisten Bereich befindet. Der Vorteil an diesem Bereich ist, dass das Flugzeug hier immer mit der maximalen Startmasse (m_{MTO}) losfliegt.

Für die in der Literatur angegebene Reichweite muss nun bekannt sein, mit welcher Beladung und Fluggeschwindigkeit diese zustande gekommen ist. Weil zu der angegebenen Reichweite meist nicht die hierfür benötigte Kraftstoffmasse direkt angegeben ist, kann diese mit Hilfe von anderen Massen bestimmt werden. Beim Flugzeug gibt es einen Gewichtsanteil der Zuladung, der entweder aus Kraftstoff oder Nutzlast besteht. Das heißt, die mitgeführte Kraftstoffmenge hängt direkt von der mitgeführten Nutzlast ab. Daher kann bei maximaler Reichweite (R_{max}) auch nicht die maximale Nutzlast mitgenommen werden.

5.2.1 Nutzlast und Kraftstoffmasse

Die maximale Nutzlast ergibt sich aus der maximalen Kraftstoffleermasse (m_{MZF}) und dem operativen Leergewicht (m_{OE}) des Flugzeuges.

$$m_{MPL} = m_{MZF} - m_{OE} \quad (5.3)$$

Wenn diese Massen nicht zur Verfügung stehen, kann man nach **Scholz 1999** auch die Anzahl der Passagiere mit einem durchschnittlichen Gewicht malnehmen, um so auf m_{MPL} zu kommen. Für Kurz- und Mittelstrecken nimmt man ein Gewicht ($m_{PAX, incl. bag}$) pro Passagier und dessen Gepäck von 93 kg an. Bei Langstrecken erhöht es sich auf 97,5 kg.

$$m_{MPL} = n_{PAX} \cdot m_{PAX, incl. bag} \quad (5.4)$$

Mit m_{MPL} kann nun die mitgeführte Kraftstoffmasse wie folgt ermittelt werden

$$m_F = m_{MZF} + m_{PL} \quad (5.5)$$

oder auch mit

$$m_F = m_{MTO} - m_{OE} - m_{MPL} \quad (5.6)$$

In dieser Kraftstoffmasse m_F ist der gesamte mitgeführte Kraftstoff enthalten, mit allen Reserven.

Für den Fall, dass man den gesamten Kraftstoff, der sich in den Tanks befindet, ausfliegt, ergibt sich die Landemasse (m_L) wie folgt

$$m_L = m_{MTO} - m_F \quad (5.7)$$

5.2.2 Reservekraftstoffmassen

Die Kraftstoffreserve, die ein Flugzeug mitführen muss, setzt sich aus zwei Forderungen zusammen. Zum einen aus einer Entfernung zum Ausweichflugplatz (R_a) und zum anderen aus einer Warteflugzeit (t). Für Kurz- und Mittelstrecken ist nach FAR Part 121 $R_{res}=R_a=200\text{NM}=370400\text{m}$, für Langstrecken ist nach FAR Part 121 $R_{res}=0,10 \cdot R + R_a$ oder nach üblicher internationaler Auslegung auch $R_{res}=0,05 \cdot R + R_a$

Die Warteflugzeit beträgt nach FAR Part 121 für Kurz- und Mittelstrecken $t_{LOI}=2700\text{s}=45\text{min}$. für Langstrecken beträgt sie $t_{LOI}=1800\text{s}=30\text{min}$.

5.3 Reichweite

Welche Reichweite ist gegeben? Diese Frage muss man sich stellen, damit man die zugehörigen Massen richtig wählt. In den vorangegangenen Abschnitten sind die Massen betrachtet worden. Dort ist eine Formel aufgeführt, die die gesamte mitgeführte Kraftstoffmasse berechnet. Zu dieser Kraftstoffmasse gibt es auch eine Reichweite und zwar eine theoretische Reichweite ($R_{theo.}$). Die theoretische Reichweite setzt sich wie folgt zusammen.

$$R_{theo.} = R_{nom} + R_{res} + R_{LOI} \quad (5.8)$$

Die Reichweite R_{nom} ist vom Hersteller gegeben, mit der Angabe bei welcher Beladung diese erreicht wird.

Die Reservereichweite zum Ausweichflugplatz R_{res} für Kurz- und Mittelstrecken ist

$$R_{res} = R_a = 200 \text{ NM} = 370400 \text{ m} \quad (5.9)$$

Bei Langstrecken wurde diese Formel verwendet.

$$R_{res} = 0,10 \cdot R_{nom} + R_a \quad (5.10)$$

Die Warteflugstrecke R_{LOI} errechnet sich aus der geforderten Warteflugzeit und der dazu gehörigen Fluggeschwindigkeit. Da meist eine Wartefluggeschwindigkeit (V_{LOI}) nicht angegeben ist, kann hier auch näherungsweise die Reisefluggeschwindigkeit (V_{cr}) eingesetzt werden.

$$R_{LOI} = t_{LOI} \cdot V_{LOI} \quad (5.11)$$

5.4 Reisefluggeschwindigkeit

Die Reisefluggeschwindigkeit ist entweder als Geschwindigkeit oder als Machzahl angegeben. Wenn sie als Machzahl angegeben ist, muss diese erst umgerechnet werden. Dafür wird dann zusätzlich die Reiseflughöhe benötigt, da sich bekanntlich mit der Höhe auch die Luftdichte und somit auch die Schallgeschwindigkeit ändert. In der Tabelle 5.1 ist die Schallgeschwindigkeit für verschiedene Flughöhen angegeben. Damit berechnet sich dann V_{cr} wie folgt

$$V_{cr} = M_{cr} \cdot a(h) \quad (5.12)$$

Tabelle 5.1 Daten für Schallgeschwindigkeit und Luftdruck in verschiedenen Höhen bei Standardatmosphäre

h [km]	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0
H [ft]	27887	29527	31168	32808	34448	36089	37729	39370
a [m/s]	305,935	303,793	301,636	299,463	297,274	295,069	295,069	295,069
ρ [kg/m ³]	0,495089	0,466347	0,438900	0,412706	0,387725	0,363918	0,336327	0,310828

5.5 Spezifischer Kraftstoffverbrauch

Der spezifische Kraftstoffverbrauch (SPC) wird von den Triebwerksherstellern meist nur für den Bodenstandfall angegeben, welcher sich deutlich vom spezifischen Reiseflugkraftstoff-

verbrauch unterscheidet. Aus diesem Grunde ist es notwendig, einen SPC für den Reiseflug zu finden. Wenn keine Daten zur Verfügung stehen, kann man für aktuelle Triebwerke einen spezifischen Kraftstoffverbrauch von $SPC = 16 \cdot 10^{-6} \frac{kg}{Ns}$ annehmen. Für die allerneuesten Triebwerke, wie sie z.B. am A380 oder A350 zu finden sind, ist $SPC = 14 \cdot 10^{-6} \frac{kg}{Ns}$ ein realistischer Wert. Besser sind natürlich immer Werte, die direkt vom Flugzeug bzw. Triebwerk stammen.

5.6 Ermittlung von E_{cr} ohne Berücksichtigung von Reservekraftstoff ($E_{cr,ohne}$) und Missionssegmenten

In den vorangegangenen Abschnitten ist erläutert worden, welche Werte zum Berechnen von E_{cr} benötigt werden und woraus sie sich zusammensetzen. Wenn wir die Gleichungen 5.1 und 5.2 zusammenführen und nach E umstellen, erhalten wir folgende allgemeine Form.

$$E = \frac{R \cdot c \cdot g}{V \cdot LN \left(\frac{m_0}{m_1} \right)} \quad (5.13)$$

Für den theoretischen Spezialfall, dass der gesamte Kraftstoff, mit allen Reserven, im Reiseflug verfliegen wird, sieht die Formel so aus.

$$E_{cr,ohne} = \frac{R_{theo.} \cdot SPC \cdot g}{V_{cr} \cdot LN \left(\frac{m_{MTO}}{m_L} \right)} \quad (5.14)$$

Für eine erste Näherung ist E_{cr} für die aufgelisteten Flugzeuge mit dieser Formel berechnet worden.

5.7 Ermittlung von E_{cr} mit Berücksichtigung aller Kraftstoffreserven ($E_{cr,mit}$) und Missionssegmenten.

In dem vorangegangenen Abschnitt ist $E_{cr,ohne}$ für den theoretischen Fall ausgerechnet worden, dass der gesamte mitgeführte Kraftstoff im Reiseflug verfliegen wird. Die so entstandene $E_{cr,ohne}$ ist deutlich kleiner als die tatsächliche. In dem folgenden Abschnitt wird mit Hilfe der einzelnen Treibstoffmassenanteile ein Reichweitenfaktor B_s ermittelt, mit dem dann die $E_{cr,mit}$ ausgerechnet wird.

5.7.1 Treibstoffmassenanteil für einen gesamten Flug

Der Gesamtflug eines Flugzeuges lässt sich in mehrere Abschnitte aufteilen. Zu jedem dieser Flugabschnitte gehört auch ein gewisser Treibstoffmassenanteil. Die Aufteilung dieser Treibstoffmassenanteile ist den Vorlesungsunterlagen von **Scholz 1999** entnommen.

Im Abschnitt 5.2.1 ist die gesamte mitgeführte Kraftstoffmasse ausgerechnet worden. Mit Hilfe des m_{MTO} bekommen wir nun einen Treibstoffmassenanteil M_{ff} für den gesamten Flug heraus

$$M_{ff} = 1 - \frac{m_F}{m_{MTO}} \quad (5.15)$$

Dieses errechnete M_{ff} lässt sich in zwei Anteile aufteilen; zum einen in den Standard- und zum anderen in den Reserveanteil.

$$M_{ff} = M_{ff, std} \cdot M_{ff, res} \quad (5.16)$$

Zunächst wird hier der Reserveanteil ($M_{ff, res}$) in Steigflug- ($M_{ff, clb}$), Reserveflugstrecke- ($M_{ff, RES}$), Warteflug- ($M_{ff, LOI}$) und Sinkfluganteil ($M_{ff, DES}$), aufgeteilt.

$$M_{ff, res} = M_{ff, CLB} \cdot M_{ff, RES} \cdot M_{ff, LOI} \cdot M_{ff, DES} \quad (5.17)$$

Der Standardflug setzt sich aus diesen Anteilen zusammen; Start ($M_{ff, TO}$), Steigflug ($M_{ff, CLB}$), Reiseflug ($M_{ff, CR}$), Sinkflug ($M_{ff, DES}$), Landung ($M_{ff, L}$)

$$M_{ff, std} = M_{ff, TO} \cdot M_{ff, CLB} \cdot M_{ff, CR} \cdot M_{ff, DES} \cdot M_{ff, L} \quad (5.18)$$

Einige dieser Treibstoffmassenanteile sind in der nachfolgenden Tabelle, für Strahlverkehrsflugzeuge und Buisness Jets aufgeführt. Diese können in Tabellenform vorgegeben werden, weil sie bei jedem Flugzeug in gleicher Weise auftreten und unabhängig von Reserven oder Reichweite sind.

Tabelle 5.2 Treibstoffmassenanteile der Missionssegmente (**Scholz 1999**)

Flugphase	Index	$M_{ff, flieghtphase}$	
		Strahlverkehrsflugzeuge	Buisness Jet
take off	TO	0,995	0,995
climb	CLB	0,998	0,998
descent	DES	0,990	0,990
landing	L	0,992	0,992

Der Treibstoffmassenanteil für den Warteflug $M_{ff,LOI}$ setzt sich wie folgt zusammen.

$$M_{ff,LOI} = e^{-\frac{t_{LOI}}{B_t}} \quad (5.19)$$

Die Zeit t_{LOI} die hier aufgeführt wird, ist dem Abschnitt 5.2.2 zu entnehmen. Der Faktor B_t hingegen setzt sich aus dem Faktor B_s und der Fluggeschwindigkeit V_{LOI} zusammen.

$$B_t = \frac{B_s}{V_{LOI}} \quad (5.20)$$

Da eine Warteflugzeit V_{LOI} meist nicht angegeben ist, kann hier näherungsweise auch die Reisefluggeschwindigkeit eingesetzt werden.

Der Treibstoffmassenanteil für die Reserveflugstrecke lässt sich nach dieser Formel berechnen.

$$M_{ff,RES} = e^{-\frac{R_{res}}{B_s}} \quad (5.21)$$

Die Reserveflugstrecke R_{res} ist aus Abschnitt 5.2.2 zu entnehmen, wo diese beschrieben ist.

Zuletzt haben wir noch den Treibstoffmassenanteil für den Reiseflug, der sich aus dieser Gleichung ergibt.

$$M_{ff,cr} = e^{-\frac{R}{B_s}} \quad (5.22)$$

5.7.2 Herleitung des Faktors B_s

Die Grundlage, um den Faktor B_s zu berechnen, haben wir im vorigen Abschnitt geschaffen. In diesem Abschnitt werden nun die Formeln zusammengefasst und nach B_s umgestellt.

Zuerst werden die Formeln 5.16, 5.17 und 5.18 zusammengeführt.

$$M_{ff} = M_{ff,TO} \cdot M_{ff,CLB} \cdot M_{ff,CR} \cdot M_{ff,DES} \cdot M_{ff,L} \cdot M_{ff,CLB} \cdot M_{ff,RES} \cdot M_{ff,LOI} \cdot M_{ff,DES} \quad (5.23)$$

Um diese Formel wieder etwas übersichtlicher zu machen, werden die Werte aus Tabelle 4.2 eingesetzt und zu einem Faktor zusammengefasst.

$$M_{ff} = 0,963532 \cdot M_{ff,CR} \cdot M_{ff,RES} \cdot M_{ff,LOI} \quad (5.24)$$

In den verbliebenen drei Teiltreibstoffmassenanteilen ist der gesuchte Faktor B_s enthalten. Durch Einsetzen der Formel 5.20 bis 5.22 in 5.24, wird dieser sichtbar.

$$M_{ff} = 0,963532 \cdot e^{-\frac{R}{B_s}} \cdot e^{-\frac{R_{RES}}{B_s}} \cdot e^{-\frac{t_{LOI} \cdot V_{LOI}}{B_s}} \quad (5.25)$$

Wenn man jetzt auch noch 5.15 in 5.26 einsetzt und nach B_s umstellt, erhält man diese Gleichung für B_s .

$$B_s = \frac{R + R_{RES} + t_{LOI} \cdot V_{LOI}}{\ln \left(\frac{0,963532}{1 - \frac{m_F}{m_{MTO}}} \right)} \quad (5.26)$$

Da das Ziel eine Formel für E_{cr} bzw $E_{cr,mit}$ ist, greifen wir hier wieder auf die Gleichung 5.1 zurück und setzen die Werte für den Reiseflug ein. Damit sieht 5.1 dann wie folgt aus.

$$B_s = \frac{E_{cr,mit} \cdot V_{cr}}{c_{cr} \cdot g} \quad (5.27)$$

Jetzt wird 5.27 nach $E_{cr,mit}$ umgestellt und 5.26 für B_s eingesetzt. Damit erhalten wir diese Gleichung für die Reisefluggleitzahl $E_{cr,mit}$.

$$E_{cr,mit} = \frac{c \cdot g \cdot (R + R_{RES} + t_{LOI} \cdot V_{LOI})}{V_{cr} \cdot \ln \left(\frac{0,963532}{1 - \frac{m_F}{m_{MTO}}} \right)} \quad (5.28)$$

Mit dieser Formel ist die $E_{cr,mit}$ für die ausgesuchten Flugzeuge berechnet worden.

6 Maximale Gleitzahl

In diesem Kapitel kommen wir nun zu der maximalen Gleitzahl (E_{\max}) des Flugzeuges. Im ersten Abschnitt wird E_{\max} mit Hilfe der zuvor bestimmten $E_{cr,mit}$ berechnet. Im zweiten Abschnitt wird eine Formel hergeleitet, die ebenfalls zu dem E_{\max} des Flugzeuges führen soll.

6.1 Maximale Gleitzahl ermittelt mit Reiseflug Gleitzahl

Über die Reiseflug Gleitzahl ($E_{cr,mit}$) soll nun die maximale Gleitzahl E_{\max} berechnet werden. Nach **Scholz 1999** besteht zwischen E_{cr} und E_{max} folgende Beziehung

$$E_{cr} = \frac{2 \cdot E_{\max}}{\left(\frac{C_{L,cr}}{C_{L,md}}\right) + \left(\frac{C_{L,cr}}{C_{L,md}}\right)} \quad (6.1)$$

Für das Verhältnis der Auftriebsbeiwerte kann man auch den Kehrwert des quadrierten Geschwindigkeitsverhältnisses nehmen, das dann so aussieht.

$$\frac{C_{L,cr}}{C_{L,md}} = \frac{1}{\left(\frac{V_{cr}}{V_{md}}\right)^2} \quad (6.2)$$

Wenn wir jetzt Gl.(6.1) und (6.2) in einander einsetzen und nach E_{max} umstellen, sieht die Gleichung wie folgt aus, wobei darauf zu achten ist, dass das berechnete $E_{cr,mit}$ für E_{cr} eingesetzt wird.

$$E_{\max} = \frac{E_{cr}}{2} \cdot \left[\left(\frac{V_{cr}}{V_{md}}\right)^2 + \frac{1}{\left(\frac{V_{cr}}{V_{md}}\right)^2} \right] \quad (6.3)$$

Zur maximalen Gleitzahl gehört eine Geschwindigkeit (V_{md}), bei der der Gesamtwiderstand des Flugzeuges am geringsten ist. Es wird die Annahme getroffen, dass die Geschwindigkeit bei Long range cruise $V_{cr,L}$ in etwa der Geschwindigkeit V_{md} entspricht. Diese Annahme beruht darauf, dass es üblich ist, das Flugzeug, gerade für Langstreckenflüge, so nah wie möglich an der maximalen Gleitzahl E_{\max} zu betreiben. Für kürzere Strecken hingegen, wird meist eine maximale Reisefluggeschwindigkeit angestrebt, woraus sich eine etwas kleinere Gleitzahl ergibt. Der Grund hierfür liegt in der Wirtschaftlichkeit und der Anforderung von Kunden, möglichst kurze Flugzeiten zu haben.

6.2 Maximale Gleitzahl ermittelt mit dem Faktor k_E

Für die maximale Gleitzahl (E_{\max}), finden wir im **Berechnungsschema zur Flugzeug-Dimensionierung (Scholz 1999)** folgenden Ausdruck.

$$E_{\max} = k_E \cdot \sqrt{\frac{A}{S_{wet}/S_{ref}}} \quad (6.4)$$

Da stellt sich nun die Frage, wie man auf diesen Ausdruck kommt. Aus der Flugmechanik ist bekannt, dass sich die maximale Gleitzahl einstellt, wenn der Nullwiderstandsbeiwert c_{D0} und der Induziertewiderstandsbeiwert c_{Di} gleich groß sind. Der Gesamtwiderstandsbeiwert c_D setzt sich aus diesen beiden zusammen.

$$c_D = c_{D0} + c_{Di} \quad (6.5)$$

Der Induziertewiderstandsbeiwert lässt sich auch wie folgt ausdrücken.

$$c_{Di} = \frac{c_L^2}{\pi \cdot A \cdot e} \quad (6.6)$$

Die Flügelstreckung A die in dieser Formel steckt, setzt sich aus der quadrierten Flügelspannweite und der Referenzflügelfläche zusammen.

$$A = \frac{b^2}{S_{ref}} \quad (6.7)$$

Der Widerstand D_0 des Flugzeuges wird mit folgenden Formeln berechnet.

$$D_0 = q \cdot c_{D0} \cdot S_{ref} = q \cdot \overline{c_f} \cdot S_{wet} \quad (6.8)$$

Mit dem Wissen, dass $c_{D0} = c_{Di}$ ist bei E_{\max} , wird Gleichung 6.6 und 6.7 in Gleichung 6.8 eingesetzt und der Staudruck q herausgekürzt.

$$\frac{c_L^2 \cdot S_{ref}}{\pi \cdot e \cdot b^2} \cdot S_{ref} = \overline{c_f} \cdot S_{wet} \quad (6.9)$$

Um einen Ausdruck für $c_L \cdot S_{ref}$ zu bekommen, wird Gl.6.9 umgestellt und die Wurzel gezogen.

$$c_L \cdot S_{ref} = b \cdot \sqrt{c_f \cdot S_{wet} \cdot \pi \cdot e} \quad (6.10)$$

Wenn man sich jetzt noch mal anschaut, dass sich E_{max} aus Auftrieb zu Widerstand zusammensetzt, bzw deren Beiwerten, können wir folgende Beziehung aufschreiben.

$$E_{max} = \frac{L}{D} = \frac{q \cdot c_L \cdot S_{ref}}{q \cdot c_D \cdot S_{ref}} \quad (6.11)$$

Für den Widerstandsbeiwert $c_D \cdot S_{ref}$ können wir mit den Informationen aus Gl.6.5 bis 6.7 dann diese Beziehung aufschreiben.

$$c_D \cdot S_{ref} = 2 \cdot \frac{c_L^2 \cdot S_{ref}}{\pi \cdot e \cdot b^2} \cdot S_{ref} = 2 \cdot \overline{c_f} \cdot S_{wet} \quad (6.12)$$

In die Gleichung 6.11 werden nun die Ausdrücke aus 6.10 und 6.12 eingesetzt und der Staudruck herausgekürzt.

$$E_{max} = \frac{b \cdot \sqrt{c_f \cdot S_{wet} \cdot \pi \cdot e}}{2 \cdot \overline{c_f} \cdot S_{wet}} \quad (6.13)$$

Durch Umstellen der Gleichung 6.13 erhalten wir den uns bekannten Ausdruck aus der Gl. 6.4

$$E_{max} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot e}{c_f}} \cdot \sqrt{\frac{b^2}{S_{wet}}} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot e}{c_f}} \cdot \sqrt{\frac{A}{S_{wet}/S_{ref}}} \quad (6.14)$$

Daraus folgt, dass sich hinter dem Faktor k_E folgender Ausdruck verbirgt.

$$k_E = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot e}{c_f}} \quad (6.15)$$

Nach Daten von **Raymer 1992** ist $k_E=15,8$. Im Kapitel 7 wird mit eigenen Flugzeugdaten ein k_E ermittelt und mit diesem Wert verglichen.

7 Berechnung der Gleitzahlen

In den vorangegangenen Kapiteln ist gezeigt worden, wie die Gleitzahlen berechnet werden. Hier sollen nun die Gleitzahlen einmal für die ausgesuchten Flugzeuge gegenübergestellt werden. Aus Platzgründen ist in den Tabellen für Einordnungsformeln nur ein Buchstabe aufgeführt. Damit entspricht [A]=Jane's 1989-90 , [B]=Jane's 1992-93 und [C]=www F. Bei Verwendungen von Gleichungen sind die Gleichungsnummern ebenfalls in eckigen Klammern geschrieben.

Tabelle 7.1 Berechnete Gleitzahlen

Flugzeug	b		S _{wet}		b ² /S _{wet}		E _{cr,ohne}		E _{cr,mit}		E _{max}		E _{max,k_E}		E _{max} Δ ²	
	[m]	[B]	[m ²]	[3.1]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
A300-600R	44,84	[B]	1569,11	[3.1]	1,28	16,68	[5.14]	19,33	[5.28]	19,43	[6.3]	18,09	[6.4]	1,79		
A310-300	43,89	[B]	1342,81	[3.1]	1,43	17,33	[5.14]	19,94	[5.28]	20,06	[6.3]	19,14	[6.4]	0,84		
A320-200	33,91	[B]	791,13	[3.1]	1,45	14,08	[5.14]	17,40	[5.28]	17,65	[6.3]	19,27	[6.4]	2,64		
A321-200	33,91	[B]	874,15	[3.1]	1,32	13,66	[5.14]	16,31	[5.28]	16,51	[6.3]	18,33	[6.4]	3,31		
A340-300	60,3	[B]	2033,09	[3.1]	1,79	19,96	[5.14]	21,89	[5.28]	22,00	[6.3]	21,38	[6.4]	0,39		
B737-300	28,9	[B]	645,85	[3.1]	1,29	15,01	[5.14]	19,38	[5.28]	20,09	[6.3]	18,18	[6.4]	3,66		
B757-200	38,05	[B]	1113,79	[3.1]	1,30	16,00	[5.14]	18,07	[5.28]	18,52	[6.3]	18,22	[6.4]	0,09		
B767-300	47,57	[B]	1580,69	[3.1]	1,43	18,04	[5.14]	19,97	[5.28]	20,12	[6.3]	19,13	[6.4]	0,99		
Fokker 100	28,08	[A]	581,47	[3.1]	1,36	13,06	[5.14]	16,28	[5.28]	16,58	[6.3]	18,61	[6.4]	4,12		
MD-11	51,77	[B]	2051,80	[3.1]	1,31	19,38	[5.14]	21,35	[5.28]	21,57	[6.3]	18,27	[6.4]	10,90		
MD-87	32,87	[B]	742,27	[3.1]	1,46	16,21	[5.14]	19,48	[5.28]	20,12	[6.3]	19,28	[6.4]	0,70		
MD-90-30	32,87	[B]	818,79	[3.1]	1,32	14,51	[5.14]	16,66	[5.28]	16,74	[6.3]	18,36	[6.4]	2,62		
TU-154-M	37,55	[B]	1072,42	[3.1]	1,31	12,99	[5.14]	14,75	[5.28]	15,13	[6.3]	18,33	[6.4]	10,20		
											k _E	15,98	Summe Δ ²		42,23	

In der Tabelle 7.1 sind alle Flugzeuge enthalten, die hier untersucht wurden. Wenn man jetzt die E_{cr,ohne} und die E_{cr,mit} vergleicht, stellt man fest, dass die Gleitzahl mit Berücksichtigung der Kraftstoffreserven und der Missionssegmente um einiges größer sind, als die ohne. Das zeigt, dass es durchaus notwendig ist, diese Korrektur mit Hilfe der Treibstoffmassenanteile der Missionssegmente durchzuführen.

Wenn man sich den Unterschied zwischen E_{cr,mit} und E_{max} anschaut, stellt man fest, dass die Abweichungen hier eher gering sind. Daraus lässt sich schließen, dass die Flugzeughersteller bei der Auslegung der Flugzeuge darauf achten, den Reiseflugzustand möglichst nah an den der maximalen Gleitzahl heranzuführen.

Das hier aufgeführte E_{max,k_E} ist mit dem k_E=15,98 berechnet worden. Dieser k_E Wert ist mit Hilfe der Summe der maximalen Fehlerquadrate und der Zielwertsuche in Excel bestimmt worden.

7.1 Grafischer Vergleich von E_{\max} und E_{\max, k_E}

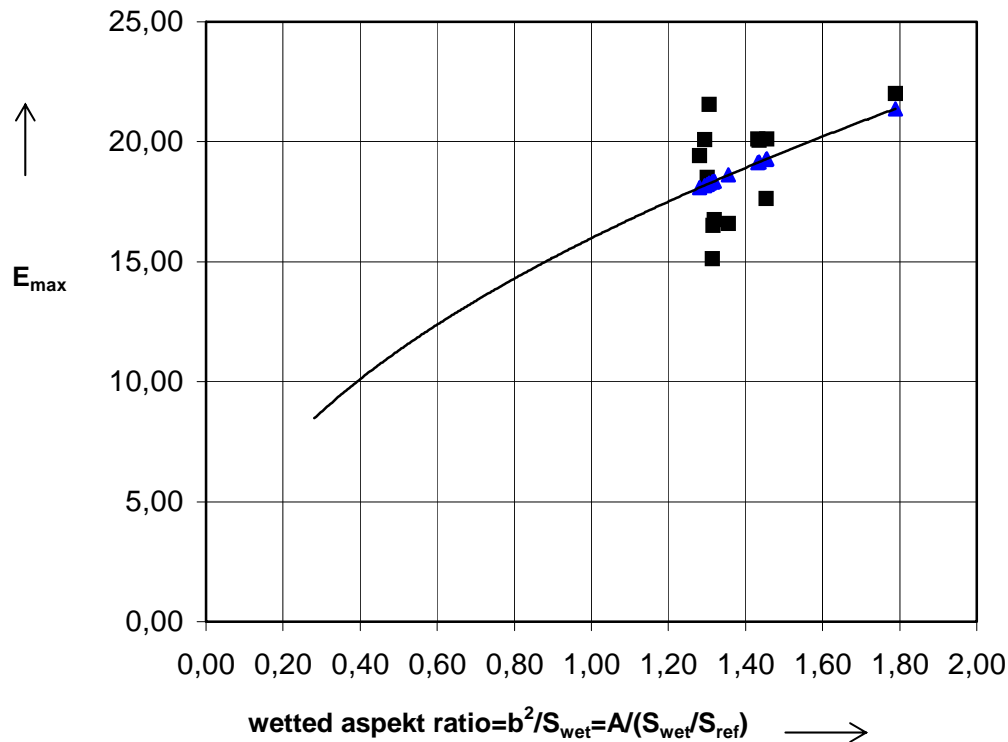


Bild 7.1 Maximale Gleitzahl über Streckung und Flächenverhältnis

In Bild 7.1 sind die Ergebnisse von E_{\max} sowie von S_{wet} zu S_{ref} grafisch dargestellt. Die quadratischen Datenpunkte gehören hier direkt zu den Flugzeugen. Die dreieckigen Punkte ergeben sich aus dem Statistischen $k_E=15,98$. Diese statistischen Datenpunkte sind hier durch eine Trendlinie verbunden worden. Im Abschnitt 6.2 ist darauf verwiesen worden, dass nach Daten von **Raymer 1992** ein k_E von 15,8 heraus gekommen ist. Wenn wir diese beiden Werte nun vergleichen, sehen wir, dass sie nah beieinander liegen. Bei dem Versuch, auch für ein k_E von 15,8 eine Trendlinie ins Diagramm aufzunehmen, hat sich dieses als nicht sinnvoll herausgestellt. Die beiden Trendlinien würden so nah beieinander liegen, dass man sie nicht mehr richtig unterscheiden könnte. Daraus können wir schließen, dass man mit einem solchen k_E Wert, mit guter Näherung, eine Abschätzung der maximalen Gleitzahl machen kann.

7.2 Aufteilung der Flugzeuge in Gruppen

In einem zweiten Schritt, soll hier nochmal genauer auf die Größe der Fehlerquadrate eingegangen werden. Wenn man sich die Spalte in Tabelle 7.1 mit den einzelnen Deltaquadraten von E_{\max} zu E_{\max, k_E} anschaut, stellt man fest, dass hier doch ein paar Werte recht große Abweichungen haben. Aus diesem Grunde ist die Tabelle 7.2 entstanden. Hier wird überprüft, ob es möglich ist, die Flugzeuge in einzelne Gruppen zu unterteilen. Für jede Gruppe wird dann ein eigener k_E Wert berechnet.

Tabelle 7.2 Mögliche Gruppierungsmerkmale

Flugzeug	E _{max}		E _{max,kE}		Δ ²		λ _F =		ne		aisle		PAX		Range	
	[-]		[-]		[-]		[-]								[nm]	
A300-600R	19,43	[6.3]	18,09	[6.4]	1,79	9,45	[3.3]	2	[B]	2	[B]	375	[C]	3283	[C]	
A310-300	20,06	[6.3]	19,14	[6.4]	0,84	8,00	[3.3]	2	[B]	2	[B]	280	[B]	3645	[C]	
A320-200	17,65	[6.3]	19,27	[6.4]	2,64	9,29	[3.3]	2	[B]	1	[B]	179	[B]	1637	[C]	
A321-200	16,51	[6.3]	18,33	[6.4]	3,31	11,00	[3.3]	2	[B]	1	[B]	220	[B]	1955	[C]	
A340-300	22,00	[6.3]	21,38	[6.4]	0,39	11,08	[3.3]	4	[B]	2	[B]	440	[B]	6371	[C]	
B737-300	20,09	[6.3]	18,18	[6.4]	3,66	8,66	[3.3]	2	[B]	1	[B]	149	[B]	1578	[C]	
B757-200	18,52	[6.3]	18,22	[6.4]	0,09	11,60	[3.3]	2	[B]	1	[C]	239	[C]	3812	[C]	
B767-300	20,12	[6.3]	19,13	[6.4]	0,99	10,67	[3.3]	2	[B]	2	[B]	255	[C]	5050	[C]	
Fokker 100	16,58	[6.3]	18,61	[6.4]	4,12	9,85	[3.3]	2	[A]	1	[A]	107	[A]	1290	[C]	
MD-11	21,57	[6.3]	18,27	[6.4]	10,90	9,74	[3.3]	3	[B]	2	[C]	405	[B]	5994	[C]	
MD-87	20,12	[6.3]	19,28	[6.4]	0,70	10,06	[3.3]	2	[B]	1	[C]	130	[B]	1863	[C]	
MD-90-30	16,74	[6.3]	18,36	[6.4]	2,62	11,91	[3.3]	2	[B]	1	[C]	182	[C]	2648	[B]	
TU-154-M	15,13	[6.3]	18,33	[6.4]	10,20	11,45	[3.3]	3	[B]	1	[C]	180	[B]	2100	[B]	
k_E	15,98		Summe Δ²		42,23											

Die erste Idee die hier verfolgt wird ist, dass E_{max} im Zusammenhang mit der Reichweite des Flugzeuges steht. Die hier angegebenen Reichweiten beziehen sich immer auf maximum payload und nicht auf die maximale Tankkapazität. In der Tabelle 7.3 sind die Flugzeuge nach ihren Reichweiten in Kurz-, Mittel- und Langstrecken-Flugzeuge aufgeteilt worden. Für jede Gruppe ist dann wieder ein eigenes k_E bestimmt worden

Tabelle 7.3 Gruppierung nach Reichweite

Kurzstrecke	b ² /S _{wet}		E _{max}		E _{max,kE}		Δ ²		Reichweite	
	[-]		[-]		[-]		[-]		[nm]	
A320-200	1,45	17,65	[6.3]	18,26	[6.4]	0,38	1637	[C]		
A321-200	1,32	16,51	[6.3]	17,37	[6.4]	0,73	1955	[C]		
B737-300	1,29	20,09	[6.3]	17,22	[6.4]	8,21	1578	[C]		
Fokker 100	1,36	16,58	[6.3]	17,64	[6.4]	1,11	1290	[C]		
MD-87	1,46	20,12	[6.3]	18,27	[6.4]	3,41	1863	[C]		
TU-154-M	1,31	15,13	[6.3]	17,37	[6.4]	4,98	2100	[B]		
k_E	15,15		Summe Δ²		18,83					
Mittelstrecke	b ² /S _{wet}		E _{max}		E _{max,kE}		Δ ²		Reichweite	
	[-]		[-]		[-]		[-]		[nm]	
A300-600R	1,28	19,43	[6.3]	18,32	[6.4]	1,23	3283	[C]		
A310-300	1,43	20,06	[6.3]	19,39	[6.4]	0,45	3645	[C]		
B757-200	1,30	18,52	[6.3]	18,46	[6.4]	0,00	3812	[C]		
MD-90-30	1,32	16,74	[6.3]	18,60	[6.4]	3,43	2648	[B]		
k_E	16,19		Summe Δ²		5,11					
Langstrecke	b ² /S _{wet}		E _{max}		E _{max,kE}		Δ ²		Reichweite	
	[-]		[-]		[-]		[-]		[nm]	
A340-300	1,79	22,00	[6.3]	23,08	[6.4]	1,15	6371	[C]		
B767-300	1,43	20,12	[6.3]	20,65	[6.4]	0,28	5050	[C]		
MD-11	1,31	21,57	[6.3]	19,72	[6.4]	3,42	5994	[C]		
k_E	17,25		Summe Δ²		4,85					

In der Tabelle 7.3 sehen wir jetzt für jede Gruppe ein eigenes k_E. In dieser Betrachtung zeigt sich die Tendenz, dass mit zunehmender Reichweite des Flugzeuges auch der Faktor k_E etwas größer anzunehmen ist. Im grafischen Zusammenhang ist dieses in dem Bilde 7.2 zu sehen.

Reichweiten

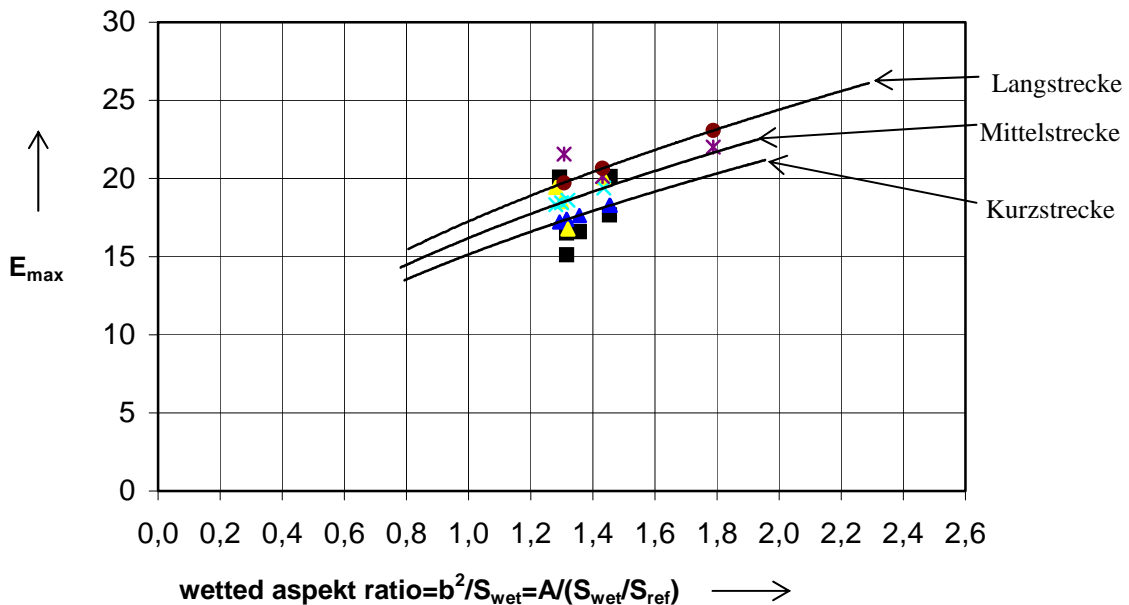


Bild 7.2 Maximale Gleitzahl über Streckung und Flächenverhältnis nach Reichweiten gruppiert

In einer weiteren Untersuchung sind die Flugzeuge nach der Anzahl ihrer Gänge (aisle) aufgeteilt worden. Damit haben wir in Tabelle 7.4 eine Singel Aisle Gruppe mit nur einem Gang und eine Wide Body Gruppe mit zwei Gängen. In der Singel Aisle Gruppe finden wir fast nur Flugzeuge, die in Tabelle 7.1 als Kurzstreckenflugzeuge eingeteilt waren. Wenn man mal von der B757-200 absieht, kann man auch sagen, dass Singel Aisle Flugzeuge eine Reichweite bei maximalem Payload bis 3000nm haben. Die Wide Body Flugzeuge haben bei maximalem Payload eine Reichweite ab 3000nm.

Tabelle 7.4 Gruppierung nach Singel Aisle und Wide Body

Singel Aisle	b^2/S_{wet} [-]	E_{max} [-]	$E_{max,kE}$ [-]	Δ^2 [-]	Aisle	Reichweite [nm]
A320-200	1,45	17,65 [6.3]	18,33 [6.4]	0,47	1 [B]	1637 [C]
A321-200	1,32	16,51 [6.3]	17,44 [6.4]	0,86	1 [B]	1955 [C]
B737-300	1,29	20,09 [6.3]	17,29 [6.4]	7,82	1 [B]	1578 [C]
Fokker 100	1,36	16,58 [6.3]	17,71 [6.4]	1,26	1 [A]	1290 [C]
MD-87	1,46	20,12 [6.3]	18,35 [6.4]	3,15	1 [C]	1863 [C]
TU-154-M	1,31	15,13 [6.3]	17,44 [6.4]	5,30	1 [C]	2100 [B]
B757-200	1,30	18,52 [6.3]	17,34 [6.4]	1,39	1 [C]	3812 [C]
MD-90-30	1,32	16,74 [6.3]	17,47 [6.4]	0,52	1 [C]	2648 [B]
k_E		15,21	Summe Δ^2		20,78	
Wide Body	b^2/S_{wet} [-]	E_{max} [-]	$E_{max,kE}$ [-]	Δ^2 [-]	Aisle	Reichweite [nm]
A300-600R	1,28	19,43 [6.3]	19,41 [6.4]	0,00	2 [B]	3283 [C]
A310-300	1,43	20,06 [6.3]	20,54 [6.4]	0,22	2 [B]	3645 [C]
A340-300	1,79	22,00 [6.3]	22,93 [6.4]	0,86	2 [B]	6371 [C]
B767-300	1,43	20,12 [6.3]	20,51 [6.4]	0,16	2 [B]	5050 [C]
MD-11	1,31	21,57 [6.3]	19,60 [6.4]	3,90	2 [C]	5994 [C]
k_E		17,15	Summe Δ^2		5,14	

Anzahl Aisle

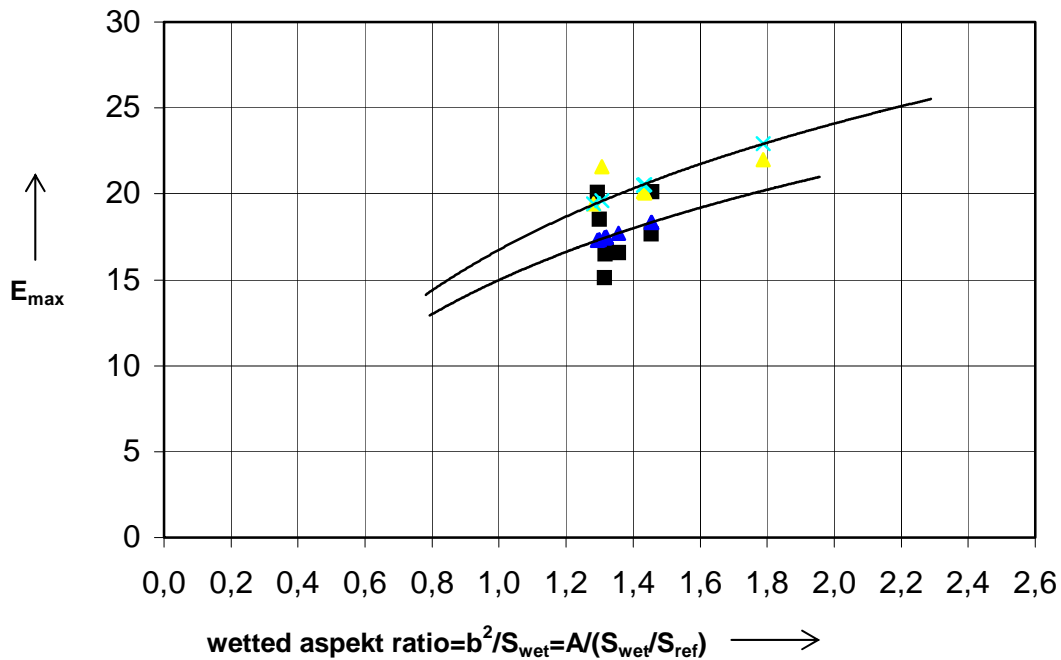


Bild 7.3 Maximale Gleitzahl über Streckung und Flächenverhältnis nach Anzahl Aisle Gruppierung

In Bild 7.3 können wir wieder die grafische Beziehung zwischen E_{max} und b^2/S_{ref} bei diesen Gruppierungen sehen.

8 Zusammenfassung

In diesem Kapitel soll nun abschließend über die Ergebnisse aus den vorangegangenen Kapiteln diskutiert werden. Es wird geprüft, in wie weit die bestehenden k_E Werte bestätigt werden können, oder eine Empfehlung für verbesserte Werte ausgesprochen wird.

8.1 Ergebnis der Untersuchung

Das Ziel dieser Arbeit ist es, einen Zusammenhang von E_{max} und S_{wet}/S_{ref} über den Faktor k_E zu bekommen. In der Tabelle 7.1 ist für den Faktor k_E ein Wert von 15,98 ermittelt worden. Diesen haben wir dem k_E Wert von 15,8 der im **Berechnungsschema zur Flugzeug-Dimensionierung (Scholz 1999)** steht und aus Daten von **Raymer 1992** entstanden ist, gegenübergestellt. Es zeigt sich, dass diese beiden Werte für k_E sehr nah beieinander liegen. Es

wird daraus geschlossen, dass man für eine Abschätzung von E_{\max} , mit diesem k_E eine gute Näherung des Wertes bekommt.

Trotz dieser guten Näherung ist hier untersucht worden, ob durch Aufstellen von Flugzeuggruppen mit bestimmten Merkmalen, sich ein neuer Wert für k_E einstellt, oder der hier vorhandene erneut bestätigt werden kann.

In der ersten Gruppierung sind die Flugzeuge nach ihren Reichweiten sortiert worden. Hier hat sich gezeigt, dass ein $k_E=15,8$ nicht für alle Flugzeuge die beste Näherung ist. Viel mehr lässt sich aus den Ergebnissen schließen, dass mit zunehmender Reichweite auch der Faktor k_E etwas größer werden muß.

In der zweiten Gruppe sind die Flugzeuge nach der Anzahl ihrer Gänge aufgeteilt worden. Auch hier hat sich für die beiden Gruppen jeweils ein eigener k_E Wert eingestellt. Für die Flugzeuge mit einem Gang ist ein Wert von $k_E=15,21$ und für die mit zwei Gängen ein Wert von $k_E=17,15$ ermittelt worden. Interessant ist es jetzt, wenn wir bei dieser Gruppierung erneut auf die dazugehörigen Reichweiten schauen. Bei den eingängigen Flugzeugen finden wir bis auf eine Ausnahme nur Reichweiten unter 3000nm und bei den zweigängigen, ausschließlich Reichweiten über 3000nm.

8.2 Schlussbemerkung

Aus diesem Grunde kommen wir zu dem Schluss, dass es günstig ist, für die Abschätzung der maximalen Gleitzahl nach dieser Formel

$$E_{\max} = k_E \cdot \sqrt{\frac{A}{S_{wet}/S_{ref}}}$$

zu berechnen, wenn bekannt ist, welche Reichweite bei maximum Payload erzielt wird. Mit diesem Zusatzwissen könnte man dann für Flugzeuge unter 3000nm Reichweite einen k_E Wert in der Nähe von 15,21 nutzen. Für Flugzeuge mit Reichweiten von über 3000nm sollte der k_E Wert hingegen eher in Richtung 17,15 gewählt werden.

Literaturverzeichnis

- Arbeit Platz** PLATZ, E. F. P.: *Flächen- und Volumenberechnung charakteristischer Komponenten von Passagierflugzeugen*, FH Hamburg, Fachbereich Fahrzeugtechnik, 1999
- HAW** SCHOLZ, Dieter: *Excel Dateien mit Daten von Flugzeugen*. Fachhochschule Hamburg, Fachbereich Fahrzeugtechnik, 06.2006
- Datcom 1978** HOAK, D.E.: USAF Stability and Control Datcom. Wright-Patterson Air Force Base, Air Force Flight Dynamics Laboratory, Flight Control Division, Ohio: NTIS, 1978
- Jane's 1989-90** TALYOR, John W R (Bearb.): *Jane' all the Worlds Aircraft 1989-90*, Couldson: Jane's Information Group, 1989-90
- Jane's 1992-93** LAMBERT, Mark (Bearb.): *Jane' all the Worlds Aircraft 1992-93*, Couldson: Jane's Information Group, 1992-93
- Raymer 1992** RAYMER, Daniel P.: *Aircraft Design: A Conceptual Approach*, AIAA Education Series, Washington D.C.: AIAA, 1992
- Torenbeek 1988** TORENBEEK, E.: *Synthesis of Subsonic Airplane Design*, Delft: Delft University Press, 1988
- Scholz 1999** SCHOLZ, Dieter: *Skript zur Vorlesung Flugzeugentwurf*. Fachhochschule Hamburg, Fachbereich Fahrzeugtechnik, 1999
- WWW-F** JANKINSON, L, SIMPKEN, P, RHODES, D, *Civil Jet Aircraft Design*
<http://www.bh.com/companions/034074152X/appendices/default.htm>
 ,06 2006

Anhang A

Im Anhang A sind die recherchierten Daten der Flugzeuge in tabellarischer Form mit ihrer jeweiligen Quelle aufgeführt. Wenn es sich um Messdaten aus einem Buch gehandelt hat, ist dieses in eckigen Klammern mit dem Wort *meß* gekennzeichnet. Die Tabellen enthalten auch berechnete Werte; wenn das der Fall ist, wurde die Gleichungsnummer in eckigen Klammern dahinter geschrieben. Die in Tabelle A aufgeführten Flugzeuge sind im Anhang A zu finden.

Tabelle A Flugzeuge im Anhang

Flugzeug	Seite
A 300-600R	41
A 310-300	43
A 320-200	45
A 321-200	47
A 340-300	49
B 737-300	51
B 757-200	53
B 767-300	55
Fokker 100	57
MD-11	59
MD-87	61
MD-90-30	63
TU-154-M	65

A300-600R

Beschreibung	Formelzeichen	Wert	Einheit	Quelle
Rumpf				
Rumpfdurchmesser	d_F	5,64	m	Jane's 1992-93
Rumpflänge	l_F	53,30	m	Jane's 1992-93
Schlankheitsgrad des Rumpfes	λ_F	9,45	---	[3.3]
benetzte Rumpffläche	$S_{wet,F}$	814,98	m ²	[3.2]
Tragflügel				
Profildicke am Flügel-tip	t_t	0,29	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe am tip	c_t	2,75	m	HAW-Daten
Flügeltiefe am Kink	c_k	5,90	m	HAW-Daten
Flügeltiefe am Flugzeugrumpf	c_{rF}	9,31	m	HAW-Daten
Profildicke an der Flügel-wurzel	t_r	1,13	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe an der Flugzeugsymmetrielinie	c_r	10,79	m	HAW-Daten
Abstand von Flugzeugsymmetrielinie bis Kink	y_k	8,71	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügelspannweite	b	44,84	m	Jane's 1992-93
Halbe Flügelspannweite	$b/2$	22,42	m	
relative Profildicke am Flügel-tip	$(t/c)_t$	10,50	%	HAW-Daten
relative Profildicke an der Flügel-wurzel	$(t/c)_r$	10,50	%	HAW-Daten
Verhältnis der relativen Profildicken am Flügel	τ	1,00	---	[3.6]
Zuspitzung	λ	0,25	---	[2.5]
Flügelfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,W}$	208,08	m ²	[3.8]
benetzte Tragflügelfläche	$S_{wet,W}$	427,08	m ²	[3.5]
Flügelstreckung	A	7,73	---	www-F
Referenzflügelfläche	S_{ref}	260,00	m ²	www-F
Flügelfläche nach Datcom	$S_{ref Da}$	263,80	m ²	[2.1]
Flügelfläche nach Fokker & MD	$S_{ref Fo}$	238,63	m ²	[2.3]
Flügelfläche nach Airbus	$S_{ref Ai}$	260,60	m ²	[2.6]
Höhenleitwerk				
Profildicke am Flügel-tip (Höhenleitwerk)	t_{tH}	0,27	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhenleitwerkstiefe am tip	c_{tH}	2,61	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel (Höhenleitwerk)	t_{rH}	0,67	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhenleitwerkstiefe am Flugzeugrumpf	c_{rH}	4,69	m	Jane's 1992-93 [meß]
Spannweite Höhenleitwerk	b_H	16,26	m	www-F
Verhältnis der relativen Profildicken Höhenleitwerk	τ_H	0,72	---	[3.6]
Zuspitzung Höhenleitwerk	λ_H	0,56	---	[2.5]
Höhenleitwerksfläche	S_H	69,45	m ²	www-F
Höhenleitwerksfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,H}$	59,37	m ²	[3.8]
Doppelte-Höhenleitwerksfläche	$2*S_H$	138,90	m ²	
benetzte Höhenleitwerksfläche	$S_{wet,H}$	122,56	m ²	[3.5]
Seitenleitwerk				
Profildicke am Flügel-tip (Seitenleitwerk)	t_{tV}	0,34	m	Jane's 1992-93 [meß]
Seitenleitwerkstiefe am tip	c_{tV}	3,08	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel (Seitenleitwerk)	t_{rV}	0,94	m	Jane's 1992-93 [meß]
Seitenleitwerkstiefe am Flugzeugrumpf	c_{rV}	7,64	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhe Seitenleitwerk	h_V	8,60	m	www-F
Verhältnis der relativen Profildicken Seitenleitwerk	τ_V	0,89	---	[3.6]
Zuspitzung Seitenleitwerk	λ_V	0,40	---	[2.5]
Seitenleitwerksfläche	S_V	45,20	m ²	www-F
Seitenleitwerksfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,V}$	46,10	m ²	[3.8]
Doppelte-Seitenleitwerksfläche	$2*S_V$	90,40	m ²	
benetzte Seitenleitwerksfläche	$S_{wet,V}$	94,93	m ²	[3.5]

A300-600R

Beschreibung	Formelzeichen	Wert	Einheit	Quelle
Triebwerk				
Anzahl der Triebwerke	n_e	2,00	---	
Gesamtlänge Triebwerk	l_E		m	Jane's 1992-93 [meß]
max. Durchmesser der fan cowling	D_n	2,70	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser des Triebwerkseinlasses fan cowl.	D_{hl}	2,41	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser des Triebwerksauslasses fan cowl.	D_{ef}	2,41	m	Jane's 1992-93 [meß]
länge von Triebwerkseinlass bis max. ϕ fan cowl.	l_1	0,36	m	Jane's 1992-93 [meß]
Länge fan cowling	l_n	4,36	m	Jane's 1992-93 [meß]
Fläche Fan cowling	$S_{wet,fan-cowl}$	33,42	m ²	[3.10]
Durchmesser der gas gen. cowl. am Eingang	D_g	1,94	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser der gas gen. cowl. am Ausgang	D_{eg}	1,21	m	Jane's 1992-93 [meß]
länge der gas gen.cowl.	l_g	1,81	m	Jane's 1992-93 [meß]
benetzte Fläche des Gasgenerators	$S_{wet,gas-gen.}$	9,93	m ²	[3.11]
Durchmesser des plug	D_p	0,67	m	Jane's 1992-93 [meß]
länge des plug	l_p	1,07	m	Jane's 1992-93 [meß]
benetzte Fläche des Plug	$S_{wet,plug}$	1,58	m ²	[3.12]
Benetzte Fläche des ganzen Triebwerkes	$S_{wet,N}$	44,93	m ²	[3.9]
benetzte Pylonfläche	$S_{wet,Pylons}$	9,86	m ²	Jane's 1992-93 [meß]
Passagieranzahl	PAX	375	---	www-F
max. Take of weight	m_{MTO}	170500	kg	www-F
operating empty weight	m_{OE}	88900	kg	www-F
max. Payload	m_{pay}	41100	kg	www-F
max. Pax+Pax,baggage weight	$m_{PAX,ges}$	34875	kg	[5.4]
max. fuel weight	m_F	40500	kg	[5.6]
Treibstoffmassenanteil	M_{ff}	0,762463343	---	[5.15]
Treibstoffmassenanteil Take of	$M_{ff,TO}$	0,995	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil climb	$M_{ff,CLB}$	0,998	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil descent	$M_{ff,DES}$	0,990	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil landing	$M_{ff,L}$	0,992	---	Scholz 1999
Reisefluggeschwindigkeit	V	480	kt	www-F
Reisefluggeschwindigkeit	V	246,91	m/s	
Reichweite	R	3283,00	nm	www-F
Reichweite	R	6080116	m	
Reserveflugstrecke	R_{res}	370400	m	FAR Part 121
Reserveflugzeit im Warteflug	t	2700	s	FAR Part 121
Reichweitenfaktor B_s	B_s	30408605,57	m	[5.26]
Spezifischer Kraftstoffverbrauch	SFC	0,000016	kg/Ns	Scholz 1999
Erdbeschleunigungskonstante	g	9,81	m/s ²	[Konstante]
max. Gleitzahl ohne Berücksichtigung von $m_{F,res}$	$E_{cr,ohne}$	16,68	---	[5.15]
max. Gleitzahl mit Berücksichtigung von $m_{F,res}$	$E_{cr,mit}$	19,33	---	[5.28]
max. Gleitzahl mit $k_E=15,8$	$E_{max,KE}$	17,89	---	[6.4]
theoretische Reichweite	R_{theo}	7117178,4	m	[5.8]
Landemasse	m_L	130000	kg	[5.7]
Reisefluggeschwindigkeit	V_{cr}	480	kt	www-F
Geschwindigkeit bei min. drag	V_{md}	456	kt	www-F
Maximale Gleitzahl	E_{max}	19,43	---	[6.3]

A310-300

Beschreibung	Fromel- zeichen	Wert	Einheit	Quelle
Rumpf				
Rumpfdurchmesser	d_F	5,640	m	www-F
Rumpflänge	l_F	45,130	m	www-F
Schlankheitsgrad des Rumpfes	λ_F	8,002	---	[3.3]
benetzte Rumpffläche	$S_{wet,F}$	670,430	m ²	[3.2]
Tragflügel				
Profildicke am Flügel-tip	t_t	0,219	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe am tip	c_t	2,175	m	HAW-Daten
Flügeltiefe am Kink	c_k	4,946	m	HAW-Daten
Flügeltiefe am Flugzeugrumpf	c_{rF}	8,381	m	HAW-Daten
Profildicke an der Flügel-wurzel	t_r	1,544	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe an der Flugzeugsymmetrielinie	c_r	10,160	m	HAW-Daten
Abstand von Flugzeugsymmetrielinie bis Kink	y_k	8,584	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügelspannweite	b	43,890	m	Jane's 1992-93
Halbe Flügelspannweite	$b/2$	21,945	m	
relative Profildicke am Flügel-tip	$(t/c)_t$	10,08	%	HAW-Daten
relative Profildicke an der Flügel-wurzel	$(t/c)_r$	15,20	%	HAW-Daten
Verhältnis der relativen Profildicken am Flügel	τ	0,663	---	[3.6]
Zuspitzung	λ	0,214	---	[2.5]
Flügelfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,W}$	171,967	m ²	[3.8]
benetzte Tragflügelfläche	$S_{wet,W}$	356,227	m ²	[3.5]
Flügelstreckung	A	8,800	---	www-F
Referenzflügelfläche	S_{ref}	219,00	m ²	www-F
Flügelfläche nach Datcom	$S_{ref Da}$	224,819	m ²	[2.1]
Flügelfläche nach Fokker & MD	$S_{ref Fo}$	195,346	m ²	[2.3]
Flügelfläche nach Airbus	$S_{ref Ai}$	219,237	m ²	[2.6]
Höhenleitwerk				
Profildicke am Flügel-tip (Höhenleitwerk)	t_{tH}	0,290	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhenleitwerkstiefe am tip	c_{tH}	2,668	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel (Höhenleitwerk)	t_{rH}	0,464	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhenleitwerkstiefe am Flugzeugrumpf	c_{rH}	4,756	m	Jane's 1992-93 [meß]
Spannweite Höhenleitwerk	b_H	16,26	m	www-F
Verhältnis der relativen Profildicken Höhenleitwerk	τ_H	1,114	---	[3.6]
Zuspitzung Höhenleitwerk	λ_H	0,561	---	[2.5]
Höhenleitwerksfläche	S_H	64,000	m ²	www-F
Höhenleitwerksfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,H}$	60,357	m ²	[3.8]
Doppelte-Höhenleitwerksfläche	$2*S_H$	128,000	m ²	
benetzte Höhenleitwerksfläche	$S_{wet,H}$	123,779	m ²	[3.5]
Seitenleitwerk				
Profildicke am Flügel-tip (Seitenleitwerk)	t_{tV}	0,435	m	Jane's 1992-93 [meß]
Seitenleitwerkstiefe am tip	c_{tV}	3,190	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel (Seitenleitwerk)	t_{rV}	0,986	m	Jane's 1992-93 [meß]
Seitenleitwerkstiefe am Flugzeugrumpf	c_{rV}	7,250	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhe Seitenleitwerk	h_V	8,100	m	www-F
Verhältnis der relativen Profildicken Seitenleitwerk	$\tau_V =$	1,003	---	[3.6]
Zuspitzung Seitenleitwerk	$\lambda_V =$	0,440	---	[2.5]
Seitenleitwerksfläche	$S_V =$	45,200	m ²	www-F
Seitenleitwerksfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,V}$	42,282	m ²	[3.8]
Doppelte-Seitenleitwerksfläche	$2*S_V$	90,400	m ²	
benetzte Seitenleitwerksfläche	$S_{wet,V}$	87,442	m ²	[3.5]

A310-300

Beschreibung	Formelzeichen	Wert	Einheit	Quelle
Triebwerk				
Anzahl der Triebwerke	n_e	2	---	
Gesamtlänge Triebwerk	l_E		m	Jane's 1992-93 [meß]
max. Durchmesser der fan cowling	D_n	2,700	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser des Triebwerkseinlasses fan cowl.	D_{hl}	2,320	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser des Triebwerksauslasses fan cowl.	D_{ef}	2,320	m	Jane's 1992-93 [meß]
länge von Triebwerkseinlass bis max.φ fan cowl.	l_1	0,352	m	Jane's 1992-93 [meß]
Länge fan cowling	l_n	4,524	m	Jane's 1992-93 [meß]
Fläche Fan cowling	$S_{wet,fan-cowl}$	34,320	m ²	[3.10]
Durchmesser der gas gen. cowl. am Eingang	D_g	1,740	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser der gas gen. cowl. am Ausgang	D_{eg}	0,812	m	Jane's 1992-93 [meß]
länge der gas gen.cowl.	l_g	2,146	m	Jane's 1992-93 [meß]
benetzte Fläche des Gasgenerators	$S_{wet,gas-gen.}$	9,910	m ²	[3.11]
Durchmesser des plug	D_p	0,000	m	Jane's 1992-93 [meß]
länge des plug	l_p	0,000	m	Jane's 1992-93 [meß]
benetzte Fläche des Plug	$S_{wet,plug}$	0,000	m ²	[3.12]
Benetzte Fläche des ganzen Triebwerkes	$S_{wet,N}$	44,230	m ²	[3.9]
benetzte Pylonfläche	$S_{wet,Pylons}$	8,235	m ²	Jane's 1992-93 [meß]
Passagieranzahl	PAX	280	---	www-F
max. Take of weight	m_{MTO}	150000	kg	www-F
operating empty weight	m_{OE}	79666	kg	www-F
max. Payload	m_{pay}	33300	kg	www-F
max. Pax+Pax,baggage weight	$m_{PAX,ges}$	26040	kg	[5.4]
max. fuel weight	m_F	37034	kg	[5.6]
Treibstoffmassenanteil	M_{ff}	0,753	---	[5.15]
Treibstoffmassenanteil Take of	$M_{ff,TO}$	0,995	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil climb	$M_{ff,CLB}$	0,998	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil descent	$M_{ff,DES}$	0,990	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil landing	$M_{ff,L}$	0,992	---	Scholz 1999
Reisefluggeschwindigkeit	V	484	kt	www-F
Reisefluggeschwindigkeit	V	248,97	m/s	
Reichweite	R	3645,00	nm	www-F
Reichweite	R	6750540	m	
Reserveflugstrecke	R_{res}	370400	m	FAR Part 121
Reserveflugzeit im Warteflug	t	2700	s	FAR Part 121
Reichweitenfaktor Bs	B_s	31628202	m	[5.26]
Spezifischer Kraftstoffverbrauch	SFC	0,000016	kg/Ns	Scholz 1999
Erdbeschleunigungskonstante	g	9,81	m/s ²	[Konstante]
max. Gleitzahl ohne Berücksichtigung von $m_{F,res}$	$E_{cr,ohne}$	17,33	---	[5.15]
max. Gleitzahl mit Berücksichtigung von $m_{F,res}$	$E_{cr,mit}$	19,94	---	[5.28]
max. Gleitzahl mit $k_E=15,8$	$E_{max,KE}$	18,92	---	[6.4]
theoretische Reichweite	R_{theo}	7793157	m	[5.8]
Landemasse	m_L	112966	kg	[5.7]
Reisefluggeschwindigkeit	V_{cr}	484	kt	www-F
Geschwindigkeit bei min. drag	V_{md}	458	kt	www-F
Maximale Gleitzahl	E_{max}	20,06	---	[6.3]

A320-200

Beschreibung	Fromel- zeichen	Wert	Einheit	Quelle
Rumpf				
Rumpfdurchmesser	d_F	4,045	m	Jane's 1992-93
Rumpflänge	l_F	37,570	m	Jane's 1992-93
Schlankheitsgrad des Rumpfes	λ_F	9,288	---	[3.3]
benetzte Rumpffläche	$S_{wet,F}$	410,871	m ²	[3.2]
Tragflügel				
Profildicke am Flügel-tip	t_t	0,163	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe am tip	c_t	1,500	m	HAW-Daten
Flügeltiefe am Kink	c_k	3,760	m	HAW-Daten
Flügeltiefe am Flugzeugrumpf	c_{rF}	6,070	m	HAW-Daten
Profildicke an der Flügel-wurzel	t_r	1,085	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe an der Flugzeugsymmetrielinie	c_r	7,160	m	HAW-Daten
Abstand von Flugzeugsymmetrielinie bis Kink	y_k	6,261	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügelspannweite	b	33,910	m	Jane's 1992-93
Halbe Flügelspannweite	$b/2$	16,955	m	
relative Profildicke am Flügel-tip	$(t/c)_t$	10,84	%	HAW-Daten
relative Profildicke an der Flügel-wurzel	$(t/c)_r$	15,15	%	HAW-Daten
Verhältnis der relativen Profildicken am Flügel	τ	0,716	---	[3.6]
Zuspitzung	λ	0,209	---	[2.5]
Flügelfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,W}$	97,915	m ²	[3.8]
benetzte Tragflügelfläche	$S_{wet,W}$	202,881	m ²	[3.5]
Flügelstreckung	A	9,390	---	www-F
Referenzflügelfläche	S_{ref}	122,40	m ²	www-F
Flügelfläche nach Datcom	$S_{ref Da}$	124,621	m ²	[2.1]
Flügelfläche nach Fokker & MD	$S_{ref Fo}$	111,617	m ²	[2.3]
Flügelfläche nach Airbus	$S_{ref Ai}$	122,468	m ²	[2.6]
Höhenleitwerk				
Profildicke am Flügel-tip (Höhenleitwerk)	t_{tH}	0,215	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhenleitwerkstiefe am tip	c_{tH}	1,338	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel (Höhenleitwerk)	t_{rH}	0,335	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhenleitwerkstiefe am Flugzeugrumpf	c_{rH}	3,442	m	Jane's 1992-93 [meß]
Spannweite Höhenleitwerk	b_H	12,45	m	www-F
Verhältnis der relativen Profildicken Höhenleitwerk	τ_H	1,651	---	[3.6]
Zuspitzung Höhenleitwerk	λ_H	0,389	---	[2.5]
Höhenleitwerksfläche	S_H	31,000	m ²	www-F
Höhenleitwerksfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,H}$	29,756	m ²	[3.8]
Doppelte-Höhenleitwerksfläche	$2*S_H$	62,000	m ²	
benetzte Höhenleitwerksfläche	$S_{wet,H}$	61,223	m ²	[3.5]
Seitenleitwerk				
Profildicke am Flügel-tip (Seitenleitwerk)	t_{tV}	0,263	m	Jane's 1992-93 [meß]
Seitenleitwerkstiefe am tip	c_{tV}	1,864	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel (Seitenleitwerk)	t_{rV}	0,478	m	Jane's 1992-93 [meß]
Seitenleitwerkstiefe am Flugzeugrumpf	c_{rV}	5,497	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhe Seitenleitwerk	h_V	6,260	m	www-F
Verhältnis der relativen Profildicken Seitenleitwerk	τ_V	1,623	---	[3.6]
Zuspitzung Seitenleitwerk	λ_V	0,339	---	[2.5]
Seitenleitwerksfläche	S_V	21,500	m ²	www-F
Seitenleitwerksfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,V}$	23,040	m ²	[3.8]
Doppelte-Seitenleitwerksfläche	$2*S_V$	43,000	m ²	
benetzte Seitenleitwerksfläche	$S_{wet,V}$	47,240	m ²	[3.5]

Beschreibung	Formelzeichen	Wert	Einheit	Quelle
Triebwerk				
Anzahl der Triebwerke	n_e	2	---	Jane's 1992-93
Gesamtlänge Triebwerk	l_E		m	Jane's 1992-93 [meß]
max. Durchmesser der fan cowling	D_n	2,370	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser des Triebwerkseinlasses fan cowl.	D_{hl}	1,577	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser des Triebwerksauslasses fan cowl.	D_{ef}	1,769	m	Jane's 1992-93 [meß]
länge von Triebwerkseinlass bis max. ϕ fan cowl.	l_1	0,338	m	Jane's 1992-93 [meß]
Länge fan cowling	l_n	3,442	m	Jane's 1992-93 [meß]
Fläche Fan cowling	$S_{wet,fan-cowl}$	22,074	m ²	[3.10]
Durchmesser der gas gen. cowl. am Eingang	D_g	1,338	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser der gas gen. cowl. am Ausgang	D_{eg}	1,052	m	Jane's 1992-93 [meß]
länge der gas gen.cowl.	l_g	1,004	m	Jane's 1992-93 [meß]
benetzte Fläche des Gasgenerators	$S_{wet,gas-gen.}$	4,007	m ²	[3.11]
Durchmesser des plug	D_p	0,191	m	Jane's 1992-93 [meß]
länge des plug	l_p	0,143	m	Jane's 1992-93 [meß]
benetzte Fläche des Plug	$S_{wet,plug}$	0,060	m ²	[3.12]
Benetzte Fläche des ganzen Triebwerkes	$S_{wet,N}$	26,141	m ²	[3.9]
benetzte Pylonfläche	$S_{wet,Pylons}$	8,317	m ²	Jane's 1992-93 [meß]
Passagieranzahl	PAX	179	---	www-F
max. Take of weight	m_{MTO}	73500	kg	www-F
operating empty weight	m_{OE}	41310	kg	www-F
max. Payload	m_{pay}	19190	kg	www-F
max. Pax+Pax,baggage weight	$m_{PAX,ges}$	16647	kg	[5.4]
max. fuel weight	m_F	13000	kg	[5.6]
Treibstoffmassenanteil	M_{ff}	0,823129252	---	[5.15]
Treibstoffmassenanteil Take of	$M_{ff,TO}$	0,995	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil climb	$M_{ff,CLB}$	0,998	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil descent	$M_{ff,DES}$	0,990	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil landing	$M_{ff,L}$	0,992	---	Scholz 1999
Reisefluggeschwindigkeit	V	448	kt	www-F
Reisefluggeschwindigkeit	V	230,45	m/s	
Reichweite	R	1637,00	nm	www-F
Reichweite	R	3031724	m	
Reserveflugstrecke	R_{res}	370400	m	FAR Part 121
Reserveflugzeit im Warteflug	t	2700	s	FAR Part 121
Reichweitenfaktor B_s	B_s	25552571	m	[5.26]
Spezifischer Kraftstoffverbrauch	SFC	0,000016	kg/Ns	Scholz 1999
Erdbeschleunigungskonstante	g	9,81	m/s ²	[Konstante]
max. Gleitzahl ohne Berücksichtigung von $m_{F,res}$	$E_{cr,ohne}$	14,08	---	[5.15]
max. Gleitzahl mit Berücksichtigung von $m_{F,res}$	$E_{cr,mit}$	17,40	---	[5.28]
max. Gleitzahl mit $k_E=15,8$	$E_{max,KE}$	19,05	---	[6.4]
theoretische Reichweite	R_{theo}	4024342	m	[5.8]
Landmasse	m_L	60500	kg	[5.7]
Reisefluggeschwindigkeit	V_{cr}	487	kt	www-F
Geschwindigkeit bei min. drag	V_{md}	448	kt	www-F
Maximale Gleitzahl	E_{max}	17,64	---	[6.3]

Beschreibung	Formelzeichen	Wert	Einheit	Quelle
Rumpf				
Rumpfdurchmesser	d_F	4,045	m	Jane's 1992-93
Rumpflänge	l_F	44,510	m	Jane's 1992-93
Schlankheitsgrad des Rumpfes	λ_F	11,004	---	[3.3]
benetzte Rumpffläche	$S_{wet,F}$	498,907	m ²	[3.2]
Tragflügel				
Profildicke am Flügel-tip	t_t	0,163	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe am tip	c_t	1,500	m	HAW-Daten
Flügeltiefe am Kink	c_k	3,760	m	HAW-Daten
Flügeltiefe am Flugzeugrumpf	c_{rF}	6,070	m	HAW-Daten
Profildicke an der Flügel-wurzel	t_r	1,085	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe an der Flugzeugsymmetrielinie	c_r	7,160	m	HAW-Daten
Abstand von Flugzeugsymmetrielinie bis Kink	y_k	6,264	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügelspannweite	b	33,910	m	Jane's 1992-93
Halbe Flügelspannweite	$b/2$	16,955	m	
relative Profildicke am Flügel-tip	$(t/c)_t$	10,84	%	HAW-Daten
relative Profildicke an der Flügel-wurzel	$(t/c)_r$	15,15	%	HAW-Daten
Verhältnis der relativen Profildicken am Flügel	τ	0,716	---	[3.6]
Zuspitzung	λ	0,209	---	[2.5]
Flügelfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,W}$	97,929	m ²	[3.8]
benetzte Tragflügelfläche	$S_{wet,W}$	202,910	m ²	[3.5]
Flügelstreckung	A	9,390	---	www-F
Referenzflügelfläche	S_{ref}	122,40	m ²	www-F
Flügelfläche nach Datcom	$S_{ref Da}$	124,638	m ²	[2.1]
Flügelfläche nach Fokker & MD	$S_{ref Fo}$	111,635	m ²	[2.3]
Flügelfläche nach Airbus	$S_{ref Ai}$	122,482	m ²	[2.6]
Höhenleitwerk				
Profildicke am Flügel-tip (Höhenleitwerk)	t_{tH}	0,215	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhenleitwerkstiefe am tip	c_{tH}	1,338	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel (Höhenleitwerk)	t_{rH}	0,335	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhenleitwerkstiefe am Flugzeugrumpf	c_{rH}	3,442	m	Jane's 1992-93 [meß]
Spannweite Höhenleitwerk	b_H	12,45	m	www-F
Verhältnis der relativen Profildicken Höhenleitwerk	τ_H	1,651	---	[3.6]
Zuspitzung Höhenleitwerk	λ_H	0,389	---	[2.5]
Höhenleitwerksfläche	S_H	31,000	m ²	www-F
Höhenleitwerksfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,H}$	29,756	m ²	[3.8]
Doppelte-Höhenleitwerksfläche	$2 \cdot S_H$	62,000	m ²	
benetzte Höhenleitwerksfläche	$S_{wet,H}$	61,223	m ²	[3.5]
Seitenleitwerk				
Profildicke am Flügel-tip (Seitenleitwerk)	t_{tV}	0,263	m	Jane's 1992-93 [meß]
Seitenleitwerkstiefe am tip	c_{tV}	1,864	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel (Seitenleitwerk)	t_{rV}	0,478	m	Jane's 1992-93 [meß]
Seitenleitwerkstiefe am Flugzeugrumpf	c_{rV}	5,497	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhe Seitenleitwerk	h_V	6,260	m	www-F
Verhältnis der relativen Profildicken Seitenleitwerk	τ_V	1,623	---	[3.6]
Zuspitzung Seitenleitwerk	λ_V	0,339	---	[2.5]
Seitenleitwerksfläche	S_V	21,500	m ²	www-F
Seitenleitwerksfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,V}$	23,040	m ²	[3.8]
Doppelte-Seitenleitwerksfläche	$2 \cdot S_V$	43,000	m ²	
benetzte Seitenleitwerksfläche	$S_{wet,V}$	47,240	m ²	[3.5]

Beschreibung	Formelzeichen	Wert	Einheit	Quelle
Triebwerk				
Anzahl der Triebwerke	n_e	2	---	Jane's 1992-93
Gesamtlänge Triebwerk	l_E		m	Jane's 1992-93 [meß]
max. Durchmesser der fan cowling	D_n	2,370	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser des Triebwerkseinlasses fan cowl.	D_{hl}	1,512	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser des Triebwerksauslasses fan cowl.	D_{ef}	1,620	m	Jane's 1992-93 [meß]
länge von Triebwerkseinlass bis max. ϕ fan cowl.	l_1	0,338	m	Jane's 1992-93 [meß]
Länge fan cowling	l_n	3,240	m	Jane's 1992-93 [meß]
Fläche Fan cowling	$S_{wet,fan-cowl}$	20,372	m ²	[3.10]
Durchmesser der gas gen. cowl. am Eingang	D_g	1,350	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser der gas gen. cowl. am Ausgang	D_{eg}	0,648	m	Jane's 1992-93 [meß]
länge der gas gen.cowl.	l_g	1,620	m	Jane's 1992-93 [meß]
benetzte Fläche des Gasgenerators	$S_{wet,gas-gen.}$	5,838	m ²	[3.11]
Durchmesser des plug	D_p	0,000	m	Jane's 1992-93 [meß]
länge des plug	l_p	0,000	m	Jane's 1992-93 [meß]
benetzte Fläche des Plug	$S_{wet,plug}$	0,000	m ²	[3.12]
Benetzte Fläche des ganzen Triebwerkes	$S_{wet,N}$	26,210	m ²	[3.9]
benetzte Pylonfläche	$S_{wet,Pylons}$	5,724	m ²	Jane's 1992-93 [meß]
Passagieranzahl	PAX	220	---	www-F
max. Take of weight	m_{MTO}	89000	kg	www-F
operating empty weight	m_{OE}	48000	kg	www-F
max. Payload	m_{pay}	22780	kg	www-F
max. Pax+Pax,baggage weight	$m_{PAX,ges}$	20460	kg	[5.4]
max. fuel weight	m_F	18220	kg	[5.6]
Treibstoffmassenanteil	M_{ff}	0,795	---	[5.15]
Treibstoffmassenanteil Take of	$M_{ff,TO}$	0,995	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil climb	$M_{ff,CLB}$	0,998	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil descent	$M_{ff,DES}$	0,990	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil landing	$M_{ff,L}$	0,992	---	Scholz 1999
Reisefluggeschwindigkeit	V	450	kt	www-F
Reisefluggeschwindigkeit	V	231,48	m/s	
Reichweite	R	1955,00	nm	www-F
Reichweite	R	3620660	m	
Reserveflugstrecke	R_{res}	370400	m	FAR Part 121
Reserveflugzeit im Warteflug	t	2700	s	FAR Part 121
Reichweitenfaktor B_s	B_s	24053170	m	[5.26]
Spezifischer Kraftstoffverbrauch	SFC	0,000016	kg/Ns	Scholz 1999
Erdbeschleunigungskonstante	g	9,81	m/s ²	[Konstante]
max. Gleitzahl ohne Berücksichtigung von $m_{F,res}$	$E_{cr,ohne}$	13,66	---	[5.15]
max. Gleitzahl mit Berücksichtigung von $m_{F,res}$	$E_{cr,mit}$	16,31	---	[5.28]
max. Gleitzahl mit $k_E=15,8$	$E_{max,KE}$	18,12	---	[6.4]
theoretische Reichweite	R_{theo}	4616056	m	[5.8]
Landmasse	m_L	70780	kg	[5.7]
Reisefluggeschwindigkeit	V_{cr}	487	kt	www-F
Geschwindigkeit bei min. drag	V_{md}	450	kt	www-F
Maximale Gleitzahl	E_{max}	16,51	---	[6.3]

Beschreibung	Formelzeichen	Wert	Einheit	Quelle
Rumpf				
Rumpfdurchmesser	d_F	5,640	m	Jane's 1992-93
Rumpflänge	l_F	62,470	m	Jane's 1992-93
Schlankheitsgrad des Rumpfes	λ_F	11,076	---	[3.3]
benetzte Rumpffläche	$S_{wet,F}$	977,166	m ²	[3.2]
Tragflügel				
Profildicke am Flügel-tip	t_t	0,395	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe am tip	c_t	2,480	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe am Kink	c_k	7,742	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe am Kink	c_{k1}	3,476	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe am Flugzeugrumpf	c_{rF}	10,560	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel	t_r	2,054	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe an der Flugzeugsymmetrielinie	c_r	12,320	m	HAW-Daten
Abstand von Flugzeugsymmetrielinie bis Kink	y_k	7,900	m	Jane's 1992-93 [meß]
Abstand von Flugzeugsymmetrielinie bis Kink	y_{k1}	22,752	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügelspannweite	b	60,300	m	Jane's 1992-93
Halbe Flügelspannweite	$b/2$	30,150	m	
relative Profildicke am Flügel-tip	$(t/c)_t$	15,90	%	HAW-Daten
relative Profildicke an der Flügel-wurzel	$(t/c)_r$	16,67	%	HAW-Daten
Verhältnis der relativen Profildicken am Flügel	τ	0,954	---	[3.6]
Zuspitzung	λ	0,201	---	[2.5]
Flügelfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,W}$	320,414	m ²	[3.8]
benetzte Tragflügelfläche	$S_{wet,W}$	667,330	m ²	[3.5]
Flügelstreckung	A	9,260	---	www-F
Referenzflügelfläche	S_{ref}	363,10	m ²	Jane's 1992-93
Flügelfläche nach Datcom	$S_{ref Da3}$	369,16	m ²	[2.2]
Flügelfläche nach Airbus	$S_{ref Ai3}$	363,205	m ²	[2.7]
Höhenleitwerk				
Profildicke am Flügel-tip (Höhenleitwerk)	t_{tH}	0,237	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhenleitwerkstiefe am tip	c_{tH}	2,449	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel (Höhenleitwerk)	t_{rH}	0,474	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhenleitwerkstiefe am Flugzeugrumpf	c_{rH}	4,977	m	Jane's 1992-93 [meß]
Spannweite Höhenleitwerk	b_H	19,06	m	www-F
Verhältnis der relativen Profildicken Höhenleitwerk	τ_H	1,016	---	[3.6]
Zuspitzung Höhenleitwerk	λ_H	0,492	---	[2.5]
Höhenleitwerksfläche	S_H	72,900	m ²	www-F
Höhenleitwerksfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,H}$	70,770	m ²	[3.8]
Doppelte-Höhenleitwerksfläche	$2 \cdot S_H$	145,800	m ²	
benetzte Höhenleitwerksfläche	$S_{wet,H}$	144,927	m ²	[3.5]
Seitenleitwerk				
Profildicke am Flügel-tip (Seitenleitwerk)	t_{tV}	0,316	m	Jane's 1992-93 [meß]
Seitenleitwerkstiefe am tip	c_{tV}	2,765	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel (Seitenleitwerk)	t_{rV}	0,632	m	Jane's 1992-93 [meß]
Seitenleitwerkstiefe am Flugzeugrumpf	c_{rV}	7,742	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhe Seitenleitwerk	h_V	8,450	m	www-F
Verhältnis der relativen Profildicken Seitenleitwerk	τ_V	1,400	---	[3.6]
Zuspitzung Seitenleitwerk	λ_V	0,357	---	[2.5]
Seitenleitwerksfläche	S_V	45,200	m ²	www-F
Seitenleitwerksfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,V}$	44,392	m ²	[3.8]
Doppelte-Seitenleitwerksfläche	$2 \cdot S_V$	90,400	m ²	
benetzte Seitenleitwerksfläche	$S_{wet,V}$	90,787	m ²	[3.5]

Beschreibung	Formelzeichen	Wert	Einheit	Quelle
Triebwerk				
Anzahl der Triebwerke	n_e	4	---	Jane's 1992-93
Gesamtlänge Triebwerk	l_E		m	Jane's 1992-93 [meß]
max. Durchmesser der fan cowling	D_n	2,291	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser des Triebwerkseinlasses fan cowl.	D_{hi}	1,580	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser des Triebwerksauslasses fan cowl.	D_{ef}	1,264	m	Jane's 1992-93 [meß]
länge von Triebwerkseinlass bis max. ϕ fan cowl.	l_1	1,817	m	Jane's 1992-93 [meß]
Länge fan cowling	l_n	4,740	m	Jane's 1992-93 [meß]
Fläche Fan cowling	$S_{wet,fan-cowl}$	28,871	m ²	[3.10]
Durchmesser der gas gen. cowl. am Eingang	D_g	0,000	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser der gas gen. cowl. am Ausgang	D_{eg}	0,000	m	Jane's 1992-93 [meß]
länge der gas gen.cowl.	l_g	0,000	m	Jane's 1992-93 [meß]
benetzte Fläche des Gasgenerators	$S_{wet,gas-gen.}$	0,000	m ²	[3.11]
Durchmesser des plug	D_p	0,000	m	Jane's 1992-93 [meß]
länge des plug	l_p	0,000	m	Jane's 1992-93 [meß]
benetzte Fläche des Plug	$S_{wet,plug}$	0,000	m ²	[3.12]
Benetzte Fläche des ganzen Triebwerkes	$S_{wet,N}$	28,871	m ²	[3.9]
benetzte Pylonfläche	$S_{wet,Pylons}$	9,349	m ²	Jane's 1992-93 [meß]
Passagieranzahl	PAX	440	---	www-F
max. Take of weight	m_{MTO}	271000	kg	www-F
operating empty weight	m_{OE}	129500	kg	www-F
max. Payload	m_{pay}	48150	kg	www-F
max. Pax+Pax,baggage weight	$m_{PAX,ges}$	40920	kg	[5.4]
max. fuel weight	m_F	93350	kg	[5.6]
Treibstoffmassenanteil	M_{ff}	0,655535055	---	[5.15]
Treibstoffmassenanteil Take of	$M_{ff,TO}$	0,995	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil climb	$M_{ff,CLB}$	0,998	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil descent	$M_{ff,DES}$	0,990	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil landing	$M_{ff,L}$	0,992	---	Scholz 1999
Reisefluggeschwindigkeit	V	500	kt	www-F
Reisefluggeschwindigkeit	V	257,20	m/s	
Reichweite	R	6371,00	nm	www-F
Reichweite	R	11799092	m	
Reserveflugstrecke	R_{res}	1550309,2	m	FAR Part 121
Reserveflugzeit im Warteflug	t	1800	s	FAR Part 121
Reichweitenfaktor B_s	B_s	35861908,05	m	[5.26]
Spezifischer Kraftstoffverbrauch	SFC	0,000016	kg/Ns	Scholz 1999
Erdbeschleunigungskonstante	g	9,81	m/s ²	[Konstante]
max. Gleitzahl ohne Berücksichtigung von $m_{F,res}$	$E_{cr,ohne}$	19,96	---	[5.15]
max. Gleitzahl mit Berücksichtigung von $m_{F,res}$	$E_{cr,mit}$	21,89	---	[5.28]
max. Gleitzahl mit $k_E=15,8$	$E_{max,KE}$	21,13	---	[6.4]
theoretische Reichweite	R_{theo}	13812361,2	m	[5.8]
Landemasse	m_L	177650	kg	[5.7]
Reisefluggeschwindigkeit	V_{cr}	500	kt	www-F
Geschwindigkeit bei min. drag	V_{md}	475	kt	www-F
Maximale Gleitzahl	E_{max}	22,00	---	[6.3]

Beschreibung	Formelzeichen	Wert	Einheit	Quelle
Rumpf				
Rumpfdurchmesser	d_F	3,730	m	Jane's 1992-93
Rumpflänge	l_F	32,300	m	Jane's 1992-93
Schlankheitsgrad des Rumpfes	λ_F	8,660	---	[3.3]
benetzte Rumpffläche	$S_{wet,F}$	321,944	m ²	[3.2]
Tragflügel				
Profildicke am Flügel-tip	t_t	0,226	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe am tip	c_t	1,750	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe am Kink	c_k	3,770	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe am Flugzeugrumpf	c_{rF}	6,010	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel	t_r	0,963	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe an der Flugzeugsymmetrielinie	c_r	7,469	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügelvorderkantenlänge von S2	y_2	5,723	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhe der Fläche S2	c_{r2}	0,776	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügelhinterkantenlänge von S3	y_3	4,996	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhe der Fläche S3	c_{r3}	1,455	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe des verlängerten Außentrapetzes an der Flugzeugsymmetrielinie	c_{r1}	5,044	m	Jane's 1992-93 [meß]
Abstand von Flugzeugsymmetrielinie bis Kink	y_k	4,996	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügelspannweite	b	28,900	m	Jane's 1992-93
Halbe Flügelspannweite	$b/2$	14,450	m	
relative Profildicke am Flügel-tip	$(t/c)_t$	12,89	%	www-F
relative Profildicke an der Flügel-wurzel	$(t/c)_r$	12,89	%	www-F
Verhältnis der relativen Profildicken am Flügel	τ	1,000	---	[3.6]
Zuspitzung	λ	0,234	---	[2.5]
Flügelfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,W}$	82,807	m ²	[3.8]
benetzte Tragflügelfläche	$S_{wet,W}$	170,951	m ²	[3.5]
Flügelstreckung	A	9,170	---	www-F
Referenzflügelfläche	S_{ref}	105,40	m ²	Jane's 1992-93
Flügelfläche nach Boeing	$S_{ref Bo}$	104,03	m ²	[2.9]
Flügelfläche nach Datcom	$S_{ref Da}$	108,336	m ²	[2.1]
Flügelfläche nach Fokker & MD	$S_{ref Fo}$	95,189	m ²	[2.3]
Flügelfläche nach Airbus	$S_{ref Ai}$	105,225	m ²	[2.6]
Höhenleitwerk				
Profildicke am Flügel-tip (Höhenleitwerk)	t_{tH}	0,194	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhenleitwerkstiefe am tip	c_{tH}	1,067	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel (Höhenleitwerk)	t_{rH}	0,485	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhenleitwerkstiefe am Flugzeugrumpf	c_{rH}	3,250	m	Jane's 1992-93 [meß]
Spannweite Höhenleitwerk	b_H	12,70	m	www-F
Verhältnis der relativen Profildicken Höhenleitwerk	τ_H	1,218	---	[3.6]
Zuspitzung Höhenleitwerk	λ_H	0,328	---	[2.5]
Höhenleitwerksfläche	S_H	31,310	m ²	www-F
Höhenleitwerksfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,H}$	27,413	m ²	[3.8]
Doppelte-Höhenleitwerksfläche	$2 \cdot S_H$	62,620	m ²	
benetzte Höhenleitwerksfläche	$S_{wet,H}$	56,982	m ²	[3.5]
Seitenleitwerk				
Profildicke am Flügel-tip (Seitenleitwerk)	t_{tV}	0,388	m	Jane's 1992-93 [meß]
Seitenleitwerkstiefe am tip	c_{tV}	1,503	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel (Seitenleitwerk)	t_{rV}	0,630	m	Jane's 1992-93 [meß]
Seitenleitwerkstiefe am Flugzeugrumpf	c_{rV}	4,850	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhe Seitenleitwerk	h_V	6,000	m	www-F
Verhältnis der relativen Profildicken Seitenleitwerk	τ_V	1,987	---	[3.6]
Zuspitzung Seitenleitwerk	λ_V	0,310	---	[2.5]
Seitenleitwerksfläche	S_V	23,130	m ²	www-F

Beschreibung	Formelzeichen	Wert	Einheit	Quelle
Seitenleitwerksfläche außerhalb des Rumpfes mit Zusatzfläche	$S_{exp,V}$	21,223	m ²	[3.8]
Doppelte-Seitenleitwerksfläche	$2 \cdot S_V$	46,260	m ²	
benetzte Seitenleitwerksfläche	$S_{wet,V}$	44,146	m ²	[3.5]
Zusatzfläche Seitenleitwerk		2,164	m ²	Jane's 1992-93 [meß]
Triebwerk				
Anzahl der Triebwerke	n_e	2	---	Jane's 1992-93
Gesamtlänge Triebwerk	l_E		m	Jane's 1992-93 [meß]
max. Durchmesser der fan cowling	D_n	1,940	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser des Triebwerkseinlasses fan cowl.	D_{hl}	1,261	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser des Triebwerksauslasses fan cowl.	D_{ef}	1,261	m	Jane's 1992-93 [meß]
länge von Triebwerkseinlass bis max. ϕ fan cowl.	l_1	1,358	m	Jane's 1992-93 [meß]
Länge fan cowling	l_n	3,152	m	Jane's 1992-93 [meß]
Fläche Fan cowling	$S_{wet,fan-cowl}$	16,603	m ²	[3.10]
Durchmesser der gas gen. cowl. am Eingang	D_g	1,116	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser der gas gen. cowl. am Ausgang	D_{eg}	0,825	m	Jane's 1992-93 [meß]
länge der gas gen.cowl.	l_g	0,630	m	Jane's 1992-93 [meß]
benetzte Fläche des Gasgenerators	$S_{wet,gas-gen.}$	2,106	m ²	[3.11]
Durchmesser des plug	D_p	0,485	m	Jane's 1992-93 [meß]
länge des plug	l_p	1,019	m	Jane's 1992-93 [meß]
benetzte Fläche des Plug	$S_{wet,plug}$	1,087	m ²	[3.12]
Benetzte Fläche des ganzen Triebwerkes	$S_{wet,N}$	19,796	m ²	[3.9]
benetzte Pylonfläche	$S_{wet,Pylons}$	6,116	m ²	Jane's 1992-93 [meß]
Passagieranzahl	PAX	149	---	www-F
max. Take of weight	m_{MTO}	56470	kg	www-F
operating empty weight	m_{OE}	31869	kg	www-F
max. Payload	m_{pay}	16030	kg	www-F
max. Pax+Pax,baggage weight	$m_{PAX,ges}$	13857	kg	[5.4]
max. fuel weight	m_F	8571	kg	[5.6]
Treibstoffmassenanteil	M_{fr}	0,848	---	[5.15]
Treibstoffmassenanteil Take of	$M_{fr,TO}$	0,995	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil climb	$M_{fr,CLB}$	0,998	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil descent	$M_{fr,DES}$	0,990	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil landing	$M_{fr,L}$	0,992	---	Scholz 1999
Reisefluggeschwindigkeit	V	491	kt	www-F
Reisefluggeschwindigkeit	V	252,57	m/s	
Reichweite	R	1578,00	nm	www-F
Reichweite	R	2922456	m	
Reserveflugstrecke	R_{res}	370400	m	FAR Part 121
Reserveflugzeit im Warteflug	t	2700	s	FAR Part 121
Reichweitenfaktor Bs	B_s	31183307	m	[5.26]
Spezifischer Kraftstoffverbrauch	SFC	0,000016	kg/Ns	Scholz 1999
Erdbeschleunigungskonstante	g	9,81	m/s ²	[Konstante]
max. Gleitzahl ohne Berücksichtigung von $m_{F,res}$	$E_{cr,ohne}$	15,01	---	[5.15]
max. Gleitzahl mit Berücksichtigung von $m_{F,res}$	$E_{cr,mit}$	19,38	---	[5.28]
max. Gleitzahl mit $k_E=15,8$	$E_{max,KE}$	17,97	---	[6.4]
theoretische Reichweite	R_{theo}	3974796	m	[5.8]
Landemasse	m_L	47899	kg	[5.7]
Reisefluggeschwindigkeit	V_{cr}	491	kt	www-F
Geschwindigkeit bei min. drag	V_{md}	429	kt	www-F
Maximale Gleitzahl	E_{max}	20,09	---	[6.3]

Beschreibung	Formelzeichen	Wert	Einheit	Quelle
Rumpf				
Rumpfdurchmesser	d_F	4,050	m	Jane's 1992-93
Rumpflänge	l_F	46,960	m	Jane's 1992-93
Schlankheitsgrad des Rumpfes	λ_F	11,595	---	[3.3]
benetzte Rumpffläche	$S_{wet,F}$	530,560	m ²	[3.2]
Tragflügel				
Profildicke am Flügel-tip	t_t	0,297	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe am tip	c_t	1,900	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe am Kink	c_k	5,583	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe am Flugzeugrumpf	c_{rF}	8,316	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel	t_r	1,485	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe an der Flugzeugsymmetrielinie	c_r	9,445	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügelvorderkantenlänge von S2	y_2	0,000	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhe der Fläche S2	c_{r2}	0,000	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügelhinterkantenlänge von S3	y_3	7,484	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhe der Fläche S3	c_{r3}	1,841	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe des verlängerten Außentrapetzes an der Flugzeugsymmetrielinie	c_{r1}	7,604	m	Jane's 1992-93 [meß]
Abstand von Flugzeugsymmetrielinie bis Kink	y_k	7,425	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügelspannweite	b	38,050	m	Jane's 1992-93
Halbe Flügelspannweite	$b/2$	19,025	m	
relative Profildicke am Flügel-tip	$(t/c)_t$	15,63	%	www-F
relative Profildicke an der Flügel-wurzel	$(t/c)_r$	15,43	%	www-F
Verhältnis der relativen Profildicken am Flügel	τ	1,013	---	[3.6]
Zuspitzung	λ	0,201	---	[2.5]
Flügelfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,W}$	161,857	m ²	[3.8]
benetzte Tragflügelfläche	$S_{wet,W}$	336,467	m ²	[3.5]
Flügelstreckung	A	7,820	---	www-F
Referenzflügelfläche	S_{ref}	185,25	m ²	www-F
Flügelfläche nach Boeing	$S_{ref Bo}$	187,70	m ²	[2.9]
Flügelfläche nach Datcom	$S_{ref Da}$	198,386	m ²	[2.1]
Flügelfläche nach Fokker & MD	$S_{ref Fo}$	187,214	m ²	[2.3]
Flügelfläche nach Airbus	$S_{ref Ai}$	195,537	m ²	[2.6]
Höhenleitwerk				
Profildicke am Flügel-tip (Höhenleitwerk)	t_{tH}	0,178	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhenleitwerkstiefe am tip	c_{tH}	1,782	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel (Höhenleitwerk)	t_{rH}	0,653	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhenleitwerkstiefe am Flugzeugrumpf	c_{rH}	4,217	m	Jane's 1992-93 [meß]
Spannweite Höhenleitwerk	b_H	15,21	m	www-F
Verhältnis der relativen Profildicken Höhenleitwerk	τ_H	0,645	---	[3.6]
Zuspitzung Höhenleitwerk	λ_H	0,423	---	[2.5]
Höhenleitwerksfläche	S_H	50,350	m ²	www-F
Höhenleitwerksfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,H}$	45,622	m ²	[3.8]
Doppelte-Höhenleitwerksfläche	$2 \cdot S_H$	100,700	m ²	
benetzte Höhenleitwerksfläche	$S_{wet,H}$	94,405	m ²	[3.5]
Seitenleitwerk				
Profildicke am Flügel-tip (Seitenleitwerk)	t_{tV}	0,356	m	Jane's 1992-93 [meß]
Seitenleitwerkstiefe am tip	c_{tV}	2,376	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel (Seitenleitwerk)	t_{rV}	0,772	m	Jane's 1992-93 [meß]
Seitenleitwerkstiefe am Flugzeugrumpf	c_{rV}	6,653	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhe Seitenleitwerk	h_V	7,330	m	www-F
Verhältnis der relativen Profildicken Seitenleitwerk	τ_V	1,291	---	[3.6]
Zuspitzung Seitenleitwerk	λ_V	0,357	---	[2.5]
Seitenleitwerksfläche	S_V	34,370	m ²	www-F

Beschreibung	Formelzeichen	Wert	Einheit	Quelle
Seitenleitwerksfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,V}$	33,091	m ²	[3.8]
Doppelte-Seitenleitwerksfläche	$2 \cdot S_V$	68,740	m ²	
benetzte Seitenleitwerksfläche	$S_{wet,V}$	68,250	m ²	[3.5]
Triebwerk				
Anzahl der Triebwerke	n_e	2	---	Jane's 1992-93
Gesamtlänge Triebwerk	l_E		m	Jane's 1992-93 [meß]
max. Durchmesser der fan cowling	D_n	2,554	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser des Triebwerkseinlasses fan cowl.	D_{hi}	2,019	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser des Triebwerksauslasses fan cowl.	D_{ef}	1,901	m	Jane's 1992-93 [meß]
länge von Triebwerkseinlass bis max. ϕ fan cowl.	l_1	1,782	m	Jane's 1992-93 [meß]
Länge fan cowling	l_n	4,158	m	Jane's 1992-93 [meß]
Fläche Fan cowling	$S_{wet,fan-cowl}$	29,866	m ²	[3.10]
Durchmesser der gas gen. cowl. am Eingang	D_g	1,277	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser der gas gen. cowl. am Ausgang	D_{eg}	0,713	m	Jane's 1992-93 [meß]
länge der gas gen.cowl.	l_g	1,010	m	Jane's 1992-93 [meß]
benetzte Fläche des Gasgenerators	$S_{wet,gas-gen.}$	3,613	m ²	[3.11]
Durchmesser des plug	D_p	0,000	m	Jane's 1992-93 [meß]
länge des plug	l_p	0,000	m	Jane's 1992-93 [meß]
benetzte Fläche des Plug	$S_{wet,plug}$	0,000	m ²	[3.12]
Benetzte Fläche des ganzen Triebwerkes	$S_{wet,N}$	33,479	m ²	[3.9]
benetzte Pylonfläche	$S_{wet,Pylons}$	8,574	m ²	Jane's 1992-93 [meß]
Passagieranzahl	PAX	239	---	www-F
max. Take of weight	m_{MTO}	115900	kg	www-F
operating empty weight	m_{OE}	58040	kg	www-F
max. Payload	m_{pay}	25690	kg	www-F
max. Pax+Pax,baggage weight	$m_{PAX,ges}$	22227	kg	[5.4]
max. fuel weight	m_F	32170	kg	[5.6]
Treibstoffmassenanteil	M_{ff}	0,722	---	[5.15]
Treibstoffmassenanteil Take of	$M_{ff,TO}$	0,995	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil climb	$M_{ff,CLB}$	0,998	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil descent	$M_{ff,DES}$	0,990	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil landing	$M_{ff,L}$	0,992	---	Scholz 1999
Reisefluggeschwindigkeit	V	513	kt	www-F
Reisefluggeschwindigkeit	V	263,89	m/s	
Reichweite	R	3812,00	nm	www-F
Reichweite	R	7059824	m	
Reserveflugstrecke	R_{res}	370400	m	FAR Part 121
Reserveflugzeit im Warteflug	t	2700	s	FAR Part 121
Reichweitenfaktor B_s	B_s	28275194	m	[5.26]
Spezifischer Kraftstoffverbrauch	SFC	0,00001719	kg/Ns	Scholz 1999
Erdbeschleunigungskonstante	g	9,81	m/s ²	[Konstante]
max. Gleitzahl ohne Berücksichtigung von $m_{F,res}$	$E_{cr,ohne}$	16,00	---	[5.15]
max. Gleitzahl mit Berücksichtigung von $m_{F,res}$	$E_{cr,mit}$	18,07	---	[5.28]
max. Gleitzahl mit $k_E=15,8$	$E_{max,KE}$	18,01	---	[6.4]
theoretische Reichweite	R_{theo}	8142719	m	[5.8]
Landmasse	m_L	83730	kg	[5.7]
Reisefluggeschwindigkeit	V_{cr}	513	kt	www-F
Geschwindigkeit bei min. drag	V_{md}	459	kt	www-F
Maximale Gleitzahl	E_{max}	18,52	---	[6.3]

Beschreibung	Formelzeichen	Wert	Einheit	Quelle
Rumpf				
Rumpfdurchmesser	d_F	5,030	m	Jane's 1992-93
Rumpflänge	l_F	53,670	m	Jane's 1992-93
Schlankheitsgrad des Rumpfes	λ_F	10,670	---	[3.3]
benetzte Rumpffläche	$S_{wet,F}$	744,990	m ²	[3.2]
Tragflügel				
Profildicke am Flügel-tip	t_t	0,240	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe am tip	c_t	2,328	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe am Kink	c_k	7,116	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe am Flugzeugrumpf	c_{rF}	10,042	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel	t_r	1,717	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe an der Flugzeugsymmetrielinie	c_r	11,372	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügelvorderkantenlänge von S2	y_2	0,000	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhe der Fläche S2	c_{r2}	0,000	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügelhinterkantenlänge von S3	y_3	7,381	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhe der Fläche S3	c_{r3}	1,796	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe des verlängerten Außentrapetzes an der Flugzeugsymmetrielinie	c_{r1}	9,576	m	Jane's 1992-93 [meß]
Abstand von Flugzeugsymmetrielinie bis Kink	y_k	7,315	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügelspannweite	b	47,570	m	Jane's 1992-93
Halbe Flügelspannweite	$b/2$	23,785	m	
relative Profildicke am Flügel-tip	$(t/c)_t$	10,30	%	Jane's 1992-93 [meß]
relative Profildicke an der Flügel-wurzel	$(t/c)_r$	15,10	%	Jane's 1992-93 [meß]
Verhältnis der relativen Profildicken am Flügel	τ	0,682	---	[3.6]
Zuspitzung	λ	0,205	---	[2.5]
Flügelfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,W}$	237,901	m ²	[3.8]
benetzte Tragflügelfläche	$S_{wet,W}$	492,793	m ²	[3.5]
Flügelstreckung	A	7,990	---	www-F
Referenzflügelfläche	S_{ref}	283,30	m ²	www-F
Flügelfläche nach Boeing	$S_{ref Bo}$	289,76	m ²	[2.9]
Flügelfläche nach Datcom	$S_{ref Da}$	290,782	m ²	[2.1]
Flügelfläche nach Fokker & MD	$S_{ref Fo}$	275,205	m ²	[2.3]
Flügelfläche nach Airbus	$S_{ref Ai}$	288,412	m ²	[2.6]
Höhenleitwerk				
Profildicke am Flügel-tip (Höhenleitwerk)	t_{tH}	0,299	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhenleitwerkstiefe am tip	c_{tH}	1,796	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel (Höhenleitwerk)	t_{rH}	0,599	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhenleitwerkstiefe am Flugzeugrumpf	c_{rH}	5,919	m	Jane's 1992-93 [meß]
Spannweite Höhenleitwerk	b_H	18,62	m	www-F
Verhältnis der relativen Profildicken Höhenleitwerk	τ_H	1,645	---	[3.6]
Zuspitzung Höhenleitwerk	λ_H	0,303	---	[2.5]
Höhenleitwerksfläche	S_H	77,690	m ²	www-F
Höhenleitwerksfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,H}$	71,827	m ²	[3.8]
Doppelte-Höhenleitwerksfläche	$2 \cdot S_H$	155,380	m ²	
benetzte Höhenleitwerksfläche	$S_{wet,H}$	147,833	m ²	[3.5]
Seitenleitwerk				
Profildicke am Flügel-tip (Seitenleitwerk)	t_{tV}	0,399	m	Jane's 1992-93 [meß]
Seitenleitwerkstiefe am tip	c_{tV}	2,594	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel (Seitenleitwerk)	t_{rV}	0,931	m	Jane's 1992-93 [meß]
Seitenleitwerkstiefe am Flugzeugrumpf	c_{rV}	7,714	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhe Seitenleitwerk	h_V	9,010	m	www-F
Verhältnis der relativen Profildicken Seitenleitwerk	τ_V	1,274	---	[3.6]
Zuspitzung Seitenleitwerk	λ_V	0,336	---	[2.5]
Seitenleitwerksfläche	S_V	46,140	m ²	www-F

Beschreibung	Formelzeichen	Wert	Einheit	Quelle
Seitenleitwerksfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,V}$	46,438	m ²	[3.8]
Doppelte-Seitenleitwerksfläche	$2 \cdot S_V$	92,280	m ²	
benetzte Seitenleitwerksfläche	$S_{wet,V}$	95,871	m ²	[3.5]
Triebwerk				
Anzahl der Triebwerke	n_e	2	---	Jane's 1992-93
Gesamtlänge Triebwerk	l_E	---	m	Jane's 1992-93 [meß]
max. Durchmesser der fan cowling	D_n	2,793	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser des Triebwerkseinlasses fan cowl.	D_{hl}	2,261	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser des Triebwerksauslasses fan cowl.	D_{ef}	2,218	m	Jane's 1992-93 [meß]
länge von Triebwerkseinlass bis max. ϕ fan cowl.	l_1	2,128	m	Jane's 1992-93 [meß]
Länge fan cowling	l_n	3,525	m	Jane's 1992-93 [meß]
Fläche Fan cowling	$S_{wet,fan-cowl}$	28,471	m ²	[3.10]
Durchmesser der gas gen. cowl. am Eingang	D_g	1,596	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser der gas gen. cowl. am Ausgang	D_{eg}	0,998	m	Jane's 1992-93 [meß]
länge der gas gen.cowl.	l_g	2,926	m	Jane's 1992-93 [meß]
benetzte Fläche des Gasgenerators	$S_{wet,gas-gen.}$	12,959	m ²	[3.11]
Durchmesser des plug	D_p	0,000	m	Jane's 1992-93 [meß]
länge des plug	l_p	0,000	m	Jane's 1992-93 [meß]
benetzte Fläche des Plug	$S_{wet,plug}$	0,000	m ²	[3.12]
Benetzte Fläche des ganzen Triebwerkes	$S_{wet,N}$	41,429	m ²	[3.9]
benetzte Pylonfläche	$S_{wet,Pylons}$	8,173	m ²	Jane's 1992-93 [meß]
Passagieranzahl	PAX	255	---	www-F
max. Take of weight	m_{MTO}	175540	kg	www-F
operating empty weight	m_{OE}	83788	kg	www-F
max. Payload	m_{pay}	35652	kg	www-F
max. Pax+Pax,baggage weight	$m_{PAX,ges}$	23715	kg	[5.4]
max. fuel weight	m_F	56100	kg	[5.6]
Treibstoffmassenanteil	M_{ff}	0,680	---	[5.15]
Treibstoffmassenanteil Take of	$M_{ff,TO}$	0,995	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil climb	$M_{ff,CLB}$	0,998	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil descent	$M_{ff,DES}$	0,990	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil landing	$M_{ff,L}$	0,992	---	Scholz 1999
Reisefluggeschwindigkeit	V	488	kt	www-F
Reisefluggeschwindigkeit	V	251,03	m/s	
Reichweite	R	5050,00	nm	www-F
Reichweite	R	9352600	m	
Reserveflugstrecke	R_{res}	370400	m	FAR Part 121
Reserveflugzeit im Warteflug	t	2700	s	FAR Part 121
Reichweitenfaktor B_s	B_s	29895579	m	[5.26]
Spezifischer Kraftstoffverbrauch	SFC	0,000016	kg/Ns	Scholz 1999
Erdbeschleunigungskonstante	g	9,81	m/s ²	[Konstante]
max. Gleitzahl ohne Berücksichtigung von $m_{F,res}$	$E_{cr,ohne}$	16,89	---	[5.15]
max. Gleitzahl mit Berücksichtigung von $m_{F,res}$	$E_{cr,mit}$	18,69	---	[5.28]
max. Gleitzahl mit $k_E=15,8$	$E_{max,KE}$	18,90	---	[6.4]
theoretische Reichweite	R_{theo}	10400773	m	[5.8]
Landemasse	m_L	119440	kg	[5.7]
Reisefluggeschwindigkeit	V_{cr}	488	kt	www-F
Geschwindigkeit bei min. drag	V_{md}	459	kt	www-F
Maximale Gleitzahl	E_{max}	18,83	---	[6.3]

Beschreibung	Formelzeichen	Wert	Einheit	Quelle
Rumpf				
Rumpfdurchmesser	d_F	3,30	m	Jane's 1989-90
Rumpflänge	l_F	32,50	m	Jane's 1989-90
Schlankheitsgrad des Rumpfes	λ_F	9,848	---	[3.3]
benetzte Rumpffläche	$S_{wet,F}$	292,603	m ²	[3.2]
Tragflügel				
Profildicke am Flügel-tip	t_t	0,121	m	Jane's 1989-90 [meß]
Flügeltiefe am tip	c_t	1,260	m	Jane's 1989-90 [meß]
Flügeltiefe am Kink	c_k	3,906	m	Jane's 1989-90 [meß]
Flügeltiefe am Flugzeugrumpf	c_{rF}	5,106	m	Jane's 1989-90 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel	t_r	0,649	m	Jane's 1989-90 [meß]
Flügeltiefe an der Flugzeugsymmetrielinie	c_r	5,280	m	Jane's 1989-90 [meß]
Abstand von Flugzeugsymmetrielinie bis Kink	y_k	5,060	m	Jane's 1989-90 [meß]
Flügelspannweite	b	28,080	m	Jane's 1989-90
Halbe Flügelspannweite	$b/2$	14,040	m	
relative Profildicke am Flügel-tip	$(t/c)_t$	9,60	%	Jane's 1989-90
relative Profildicke an der Flügel-wurzel	$(t/c)_r$	12,30	%	Jane's 1989-90
Verhältnis der relativen Profildicken am Flügel	τ	0,780	---	[3.6]
Zuspitzung	λ	0,239	---	[2.5]
Flügelfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,W}$	77,122	m ²	[3.8]
benetzte Tragflügelfläche	$S_{wet,W}$	158,786	m ²	[3.5]
Flügelstreckung	A	8,40	---	Jane's 1989-90
Referenzflügelfläche	S_{ref}	93,50	m ²	Jane's 1989-90
Flügelfläche nach Datcom	$S_{ref Da}$	92,872	m ²	[2.1]
Flügelfläche nach Fokker & MD	$S_{ref Fo}$	93,464	m ²	[2.3]
Flügelfläche nach Airbus	$S_{ref Ai}$	93,971	m ²	[2.6]
Höhenleitwerk				
Profildicke am Flügel-tip (Höhenleitwerk)	t_{tH}	0,132	m	Jane's 1989-90 [meß]
Höhenleitwerkstiefe am tip	c_{tH}	1,276	m	Jane's 1989-90 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel (Höhenleitwerk)	t_{rH}	0,264	m	Jane's 1989-90 [meß]
Höhenleitwerkstiefe am Flugzeugrumpf	c_{rH}	3,168	m	Jane's 1989-90 [meß]
Spannweite Höhenleitwerk	b_H	10,04	m	Jane's 1989-90 [meß]
Verhältnis der relativen Profildicken Höhenleitwerk	τ_H	1,241	---	[3.6]
Zuspitzung Höhenleitwerk	λ_H	0,403	---	[2.5]
Höhenleitwerksfläche	S_H	21,720	m ²	www-F
Höhenleitwerksfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,H}$	22,309	m ²	[3.8]
Doppelte-Höhenleitwerksfläche	$2 \cdot S_H$	43,440	m ²	
benetzte Höhenleitwerksfläche	$S_{wet,H}$	45,612	m ²	[3.5]
Seitenleitwerk				
Profildicke am Flügel-tip (Seitenleitwerk)	t_{tV}	0,308	m	Jane's 1989-90 [meß]
Seitenleitwerkstiefe am tip	c_{tV}	3,080	m	Jane's 1989-90 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel (Seitenleitwerk)	t_{rV}	0,440	m	Jane's 1989-90 [meß]
Seitenleitwerkstiefe am Flugzeugrumpf	c_{rV}	4,644	m	Jane's 1989-90 [meß]
Höhe Seitenleitwerk	h_V	4,004	m	Jane's 1989-90 [meß]
Verhältnis der relativen Profildicken Seitenleitwerk	τ_V	1,055	---	[3.6]
Zuspitzung Seitenleitwerk	λ_V	0,663	---	[2.5]
Seitenleitwerksfläche	S_V	12,300	m ²	www-F
Seitenleitwerksfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,V}$	15,463	m ²	[3.8]
Doppelte-Seitenleitwerksfläche	$2 \cdot S_V$	24,600	m ²	
benetzte Seitenleitwerksfläche	$S_{wet,V}$	31,676	m ²	[3.5]

Beschreibung	Formelzeichen	Wert	Einheit	Quelle
Triebwerk				
Anzahl der Triebwerke	n_e	2	---	
Gesamtlänge Triebwerk	l_E	5,000	m	Jane's 1989-90 [meß]
max. Durchmesser der fan cowling	D_n	1,540	m	Jane's 1989-90 [meß]
Durchmesser des Triebwerkseinlasses fan cowl.	D_{hl}	1,118	m	Jane's 1989-90 [meß]
Durchmesser des Triebwerksauslasses fan cowl.	D_{ef}	---	m	Jane's 1989-90 [meß]
länge von Triebwerkseinlass bis max. ϕ fan cowl.	l_1	---	m	Jane's 1989-90 [meß]
Länge fan cowling	l_n	---	m	Jane's 1989-90 [meß]
Fläche Fan cowling	$S_{wet, fan-cowl}$	0,000	m ²	[3.10]
Durchmesser der gas gen. cowl. am Eingang	D_g	---	m	Jane's 1989-90 [meß]
Durchmesser der gas gen. cowl. am Ausgang	D_{eg}	---	m	Jane's 1989-90 [meß]
länge der gas gen.cowl.	l_g	---	m	Jane's 1989-90 [meß]
benetzte Fläche des Gasgenerators	$S_{wet, gas-gen.}$	0,000	m ²	[3.11]
Durchmesser des plug	D_p	---	m	Jane's 1989-90 [meß]
länge des plug	l_p	---	m	Jane's 1989-90 [meß]
benetzte Fläche des Plug	$S_{wet, plug}$	0,000	m ²	[3.12]
Benetzte Fläche des ganzen Triebwerkes	$S_{wet, N}$	20,876	m ²	[3.9]
benetzte Pylonfläche	$S_{wet, Pylons}$	5,520	m ²	Jane's 1989-90 [meß]
Passagieranzahl	PAX	107	---	Jane's 1989-90
max. Take of weight	m_{MTO}	43090	kg	Jane's 1989-90
operating empty weight	m_{OE}	24593	kg	Jane's 1989-90
max. Payload	m_{pay}	11108	kg	Jane's 1989-90
max. Pax+Pax, baggage weight	$m_{PAX, ges}$	9951	kg	[5.4]
max. fuel weight	m_F	7389	kg	[5.6]
Treibstoffmassenanteil	M_{ff}	0,829	---	[5.15]
Treibstoffmassenanteil Take of	$M_{ff, TO}$	0,995	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil climb	$M_{ff, CLB}$	0,998	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil descent	$M_{ff, DES}$	0,990	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil landing	$M_{ff, L}$	0,992	---	Scholz 1999
Reisefluggeschwindigkeit	V	414	kt	Jane's 1989-90
Reisefluggeschwindigkeit	V	212,96	m/s	
Reichweite	R	1290,00	nm	Jane's 1989-90
Reichweite	R	2389080	m	
Reserveflugstrecke	R_{res}	370400	m	FAR Part 121
Reserveflugzeit im Warteflug	t	2700	s	FAR Part 121
Reichweitenfaktor B_s	B_s	22088057	m	[5.26]
Spezifischer Kraftstoffverbrauch	SFC	0,000016	kg/Ns	Scholz 1999
Erdbeschleunigungskonstante	g	9,81	m/s ²	[Konstante]
max. Gleitzahl ohne Berücksichtigung von $m_{F, res}$	$E_{cr, ohne}$	13,06	---	[5.15]
max. Gleitzahl mit Berücksichtigung von $m_{F, res}$	$E_{cr, mit}$	16,28	---	[5.28]
max. Gleitzahl mit $k_E=15,8$	$E_{max, KE}$	18,40	---	[6.4]
theoretische Reichweite	R_{theo}	3334476	m	[5.8]
Landmasse	m_L	35701	kg	[5.7]
Reisefluggeschwindigkeit	V_{cr}	456	kt	Jane's 1989-90
Geschwindigkeit bei min. drag	V_{md}	414	kt	Jane's 1989-90
Maximale Gleitzahl	E_{max}	16,58	---	[6.3]

Beschreibung	Formelzeichen	Wert	Einheit	Quelle
Rumpf				
Rumpfdurchmesser	d_F	6,020	m	Jane's 1992-93
Rumpflänge	l_F	58,650	m	Jane's 1992-93
Schlankheitsgrad des Rumpfes	λ_F	9,743	---	[3.3]
benetzte Rumpffläche	$S_{wet,F}$	961,701	m ²	[3.2]
Tragflügel				
Profildicke am Flügel-tip	t_t	0,246	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügelstiefe am tip	c_t	2,706	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügelstiefe am Kink	c_k	7,470	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügelstiefe am Flugzeugrumpf	c_{rF}	11,869	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel	t_r	1,832	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügelstiefe an der Flugzeugsymmetrielinie	c_r	13,940	m	Jane's 1992-93 [meß]
Abstand von Flugzeugsymmetrielinie bis Kink	y_k	9,379	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügelspannweite	b	51,770	m	Jane's 1992-93
Halbe Flügelspannweite	$b/2$	25,885	m	
relative Profildicke am Flügel-tip	$(t/c)_t$	9,10	%	Jane's 1992-93 [meß]
relative Profildicke an der Flügel-wurzel	$(t/c)_r$	13,14	%	Jane's 1992-93 [meß]
Verhältnis der relativen Profildicken am Flügel	τ	0,693	---	[3.6]
Zuspitzung	λ	0,194	---	[2.5]
Flügelfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,W}$	291,135	m ²	[3.8]
benetzte Tragflügelfläche	$S_{wet,W}$	600,442	m ²	[3.5]
Flügelstreckung	A	7,500	---	Jane's 1992-93
Referenzflügelfläche	S_{ref}	338,90	m ²	Jane's 1992-93
Flügelfläche nach Datcom	$S_{ref Da}$	368,769	m ²	[2.1]
Flügelfläche nach Fokker & MD	$S_{ref Fo}$	333,476	m ²	[2.3]
Flügelfläche nach Airbus	$S_{ref Ai}$	362,587	m ²	[2.6]
Höhenleitwerk				
Profildicke am Flügel-tip (Höhenleitwerk)	t_{tH}	0,410	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhenleitwerkstiefe am tip	c_{tH}	2,706	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel (Höhenleitwerk)	t_{rH}	0,738	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhenleitwerkstiefe am Flugzeugrumpf	c_{rH}	5,658	m	Jane's 1992-93 [meß]
Spannweite Höhenleitwerk	b_H	18,03	m	www-F
Verhältnis der relativen Profildicken Höhenleitwerk	τ_H	1,162	---	[3.6]
Zuspitzung Höhenleitwerk	λ_H	0,478	---	[2.5]
Höhenleitwerksfläche	S_H	85,500	m ²	www-F
Höhenleitwerksfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,H}$	75,401	m ²	[3.8]
Doppelte-Höhenleitwerksfläche	$2 \cdot S_H$	171,000	m ²	
benetzte Höhenleitwerksfläche	$S_{wet,H}$	155,978	m ²	[3.5]
Seitenleitwerk				
Profildicke am Flügel-tip (Seitenleitwerk)	t_{tV}	0,369	m	Jane's 1992-93 [meß]
Seitenleitwerkstiefe am tip	c_{tV}	3,116	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel (Seitenleitwerk)	t_{rV}	0,820	m	Jane's 1992-93 [meß]
Seitenleitwerkstiefe am Flugzeugrumpf	c_{rV}	7,052	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhe Seitenleitwerk	h_V	11,160	m	www-F
Verhältnis der relativen Profildicken Seitenleitwerk	τ_V	1,018	---	[3.6]
Zuspitzung Seitenleitwerk	λ_V	0,442	---	[2.5]
Seitenleitwerksfläche	S_V	56,200	m ²	www-F
Seitenleitwerksfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,V}$	56,737	m ²	[3.8]
Doppelte-Seitenleitwerksfläche	$2 \cdot S_V$	112,400	m ²	
benetzte Seitenleitwerksfläche	$S_{wet,V}$	116,792	m ²	[3.5]

Beschreibung	Formelzeichen	Wert	Einheit	Quelle
Triebwerk				
Anzahl der Triebwerke	n_e	3	---	Jane's 1992-93
Gesamtlänge Triebwerk	l_E		m	Jane's 1992-93 [meß]
max. Durchmesser der fan cowling	D_n	3,034	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser des Triebwerkseinlasses fan cowl.	D_{hl}	2,132	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser des Triebwerksauslasses fan cowl.	D_{ef}	2,132	m	Jane's 1992-93 [meß]
länge von Triebwerkseinlass bis max. ϕ fan cowl.	l_1	1,968	m	Jane's 1992-93 [meß]
Länge fan cowling	l_n	4,510	m	Jane's 1992-93 [meß]
Fläche Fan cowling	$S_{wet, fan-cowl}$	37,799	m ²	[3.10]
Durchmesser der gas gen. cowl. am Eingang	D_g	1,558	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser der gas gen. cowl. am Ausgang	D_{eg}	0,738	m	Jane's 1992-93 [meß]
länge der gas gen.cowl.	l_g	2,214	m	Jane's 1992-93 [meß]
benetzte Fläche des Gasgenerators	$S_{wet, gas-gen.}$	9,126	m ²	[3.11]
Durchmesser des plug	D_p	0,492	m	Jane's 1992-93 [meß]
länge des plug	l_p	1,230	m	Jane's 1992-93 [meß]
benetzte Fläche des Plug	$S_{wet, plug}$	1,331	m ²	[3.12]
Benetzte Fläche des ganzen Triebwerkes	$S_{wet, N}$	48,256	m ²	[3.9]
benetzte Pylonfläche	$S_{wet, Pylons}$	11,980	m ²	Jane's 1992-93 [meß]
Fläche Triebwerk 3	$S_{wet, Eng3}$	96,420	m ²	Jane's 1992-93 [meß]
Passagieranzahl	PAX	405	---	www-F
max. Take of weight	m_{MTO}	283720	kg	www-F
operating empty weight	m_{OE}	134081	kg	www-F
max. Payload	m_{pay}	55566	kg	www-F
max. Pax+Pax, baggage weight	$m_{PAX, ges}$	37665	kg	[5.4]
max. fuel weight	m_F	94073	kg	[5.6]
Treibstoffmassenanteil	M_{ff}	0,668	---	[5.15]
Treibstoffmassenanteil Take of	$M_{ff, TO}$	0,995	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil climb	$M_{ff, CLB}$	0,998	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil descent	$M_{ff, DES}$	0,990	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil landing	$M_{ff, L}$	0,992	---	Scholz 1999
Reisefluggeschwindigkeit	V	510,15	kt	www-F
Reisefluggeschwindigkeit	V	262,42	m/s	
Reichweite	R	5994,00	nm	www-F
Reichweite	R	11100888	m	
Reserveflugstrecke	R_{res}	1480488	m	FAR Part 121
Reserveflugzeit im Warteflug	t	1800	s	FAR Part 121
Reichweitenfaktor B_s	B_s	35697739,02	m	[5.26]
Spezifischer Kraftstoffverbrauch	SFC	0,000016	kg/Ns	Scholz 1999
Erdbeschleunigungskonstante	g	9,81	m/s ²	[Konstante]
max. Gleitzahl ohne Berücksichtigung von $m_{F, res}$	$E_{cr, ohne}$	19,38	---	[5.15]
max. Gleitzahl mit Berücksichtigung von $m_{F, res}$	$E_{cr, mit}$	21,35	---	[5.28]
max. Gleitzahl mit $k_E=15,8$	$E_{max, KE}$	18,06	---	[6.4]
theoretische Reichweite	R_{theo}	13053734	m	[5.8]
Landemasse	m_L	189647	kg	[5.7]
Reisefluggeschwindigkeit	V_{cr}	510,15	kt	www-F
Geschwindigkeit bei min. drag	V_{md}	474,97	kt	www-F
Maximale Gleitzahl	E_{max}	21,57	---	[6.3]

Beschreibung	Formel- zeichen	Wert	Einheit	Quelle
Rumpf				
Rumpfdurchmesser	d_F	3,610	m	Jane's 1992-93
Rumpflänge	l_F	36,300	m	Jane's 1992-93
Schlankheitsgrad des Rumpfes	λ_F	10,055	---	[3.3]
benetzte Rumpffläche	$S_{wet,F}$	358,616	m ²	[3.2]
Tragflügel				
Profildicke am Flügel-tip	t_t	0,282	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe am tip	c_t	1,504	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe am Kink	c_k	4,418	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe am Flugzeugrumpf	c_{rF}	6,110	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel	t_r	0,986	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe an der Flugzeugsymmetrielinie	c_r	7,285	m	Jane's 1992-93 [meß]
Abstand von Flugzeugsymmetrielinie bis Kink	y_k	5,170	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügelspannweite	b	32,870	m	Jane's 1992-93
Halbe Flügelspannweite	$b/2$	16,435	m	
relative Profildicke am Flügel-tip	$(t/c)_t$	18,75	%	Jane's 1992-93 [meß]
relative Profildicke an der Flügel-wurzel	$(t/c)_r$	13,54	%	Jane's 1992-93 [meß]
Verhältnis der relativen Profildicken am Flügel	τ	1,385	---	[3.6]
Zuspitzung	λ	0,206	---	[2.5]
Flügelfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,W}$	102,138	m ²	[3.8]
benetzte Tragflügelfläche	$S_{wet,W}$	211,646	m ²	[3.5]
Flügelstreckung	A	9,620	---	Jane's 1992-93
Referenzflügelfläche	S_{ref}	112,30	m ²	Jane's 1992-93
Flügelfläche nach Datcom	$S_{ref Da}$	127,216	m ²	[2.1]
Flügelfläche nach Fokker & MD	$S_{ref Fo}$	119,308	m ²	[2.3]
Flügelfläche nach Airbus	$S_{ref Ai}$	124,195	m ²	[2.6]
Höhenleitwerk				
Profildicke am Flügel-tip (Höhenleitwerk)	t_{tH}	0,235	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhenleitwerkstiefe am tip	c_{tH}	1,457	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel (Höhenleitwerk)	t_{rH}	0,517	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhenleitwerkstiefe am Flugzeugrumpf	c_{rH}	3,055	m	Jane's 1992-93 [meß]
Spannweite Höhenleitwerk	b_H	12,24	m	www-F
Verhältnis der relativen Profildicken Höhenleitwerk	τ_H	0,953	---	[3.6]
Zuspitzung Höhenleitwerk	λ_H	0,477	---	[2.5]
Höhenleitwerksfläche	S_H	29,170	m ²	www-F
Höhenleitwerksfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,H}$	27,613	m ²	[3.8]
Doppelte-Höhenleitwerksfläche	$2*S_H$	58,340	m ²	
benetzte Höhenleitwerksfläche	$S_{wet,H}$	57,528	m ²	[3.5]
Seitenleitwerk				
Profildicke am Flügel-tip (Seitenleitwerk)	t_{tV}	0,611	m	Jane's 1992-93 [meß]
Seitenleitwerkstiefe am tip	c_{tV}	4,136	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel (Seitenleitwerk)	t_{rV}	0,705	m	Jane's 1992-93 [meß]
Seitenleitwerkstiefe am Flugzeugrumpf	c_{rV}	4,888	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhe Seitenleitwerk	h_V	4,200	m	www-F
Verhältnis der relativen Profildicken Seitenleitwerk	τ_V	1,024	---	[3.6]
Zuspitzung Seitenleitwerk	λ_V	0,846	---	[2.5]
Seitenleitwerksfläche	S_V	18,500	m ²	www-F
Seitenleitwerksfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,V}$	18,950	m ²	[3.8]
Doppelte-Seitenleitwerksfläche	$2*S_V$	37,000	m ²	
benetzte Seitenleitwerksfläche	$S_{wet,V}$	39,283	m ²	[3.5]

Beschreibung	Formelzeichen	Wert	Einheit	Quelle
Triebwerk				
Anzahl der Triebwerke	n_e	2	---	Jane's 1992-93
Gesamtlänge Triebwerk	l_E	6,439	m	Jane's 1992-93 [meß]
max. Durchmesser der fan cowling	D_n	1,833	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser des Triebwerkseinlasses fan cowl.	D_{hl}	1,175	m	Jane's 1992-93 [meß]
Benetzte Fläche des ganzen Triebwerkes	$S_{wet,N}$	30,424	m ²	[3.9]
benetzte Pylonfläche	$S_{wet,Pylons}$	7,175	m ²	Jane's 1992-93 [meß]
Passagieranzahl	PAX	130	---	www-F
max. Take of weight	m_{MTO}	63500	kg	www-F
operating empty weight	m_{OE}	33253	kg	www-F
max. Payload	m_{pay}	17619	kg	www-F
max. Pax+Pax,baggage weight	$m_{PAX,ges}$	12090	kg	[5.4]
max. fuel weight	m_F	12628	kg	[5.6]
Treibstoffmassenanteil	M_{ff}	0,801	---	[5.15]
Treibstoffmassenanteil Take of	$M_{ff,TO}$	0,995	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil climb	$M_{ff,CLB}$	0,998	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil descent	$M_{ff,DES}$	0,990	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil landing	$M_{ff,L}$	0,992	---	Scholz 1999
Reisefluggeschwindigkeit	V	499	kt	www-F
Reisefluggeschwindigkeit	V	256,69	m/s	
Reichweite	R	1863,00	nm	www-F
Reichweite	R	3450276	m	
Reserveflugstrecke	R_{res}	370400	m	FAR Part 121
Reserveflugzeit im Warteflug	t	2700	s	FAR Part 121
Reichweitenfaktor B_s	B_s	24454328	m	[5.26]
Spezifischer Kraftstoffverbrauch	SFC	0,00002084	kg/Ns	Jane's 1992-93
Erdbeschleunigungskonstante	g	9,81	m/s ²	[Konstante]
max. Gleitzahl ohne Berücksichtigung von $m_{F,res}$	$E_{cr,ohne}$	16,21	---	[5.15]
max. Gleitzahl mit Berücksichtigung von $m_{F,res}$	$E_{cr,mit}$	19,48	---	[5.28]
max. Gleitzahl mit $k_E=15,8$	$E_{max,KE}$	19,06	---	[6.4]
theoretische Reichweite	R_{theo}	4513727	m	[5.8]
Landemasse	m_L	50872	kg	[5.7]
Reisefluggeschwindigkeit	V_{cr}	499	kt	www-F
Geschwindigkeit bei min. drag	V_{md}	439	kt	www-F
Maximale Gleitzahl	E_{max}	20,12	---	[6.3]

MD-90-30

Beschreibung	Formelzeichen	Wert	Einheit	Quelle
Rumpf				
Rumpfdurchmesser	d_F	3,610	m	Jane's 1992-93
Rumpflänge	l_F	43,000	m	Jane's 1992-93
Schlankheitsgrad des Rumpfes	λ_F	11,911	---	[3.3]
benetzte Rumpffläche	$S_{wet,F}$	434,467	m ²	[3.2]
Tragflügel				
Profildicke am Flügel-tip	t_t	0,212	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe am tip	c_t	1,484	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe am Kink	c_k	4,452	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe am Flugzeugrumpf	c_{rF}	6,148	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel	t_r	0,848	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe an der Flugzeugsymmetrielinie	c_r	6,784	m	Jane's 1992-93 [meß]
Abstand von Flugzeugsymmetrielinie bis Kink	y_k	5,141	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügelspannweite	b	32,870	m	Jane's 1992-93
Halbe Flügelspannweite	$b/2$	16,435	m	
relative Profildicke am Flügel-tip	$(t/c)_t$	14,30	%	Jane's 1992-93 [meß]
relative Profildicke an der Flügel-wurzel	$(t/c)_r$	12,50	%	Jane's 1992-93 [meß]
Verhältnis der relativen Profildicken am Flügel	τ	1,144	---	[3.6]
Zuspitzung	λ	0,219	---	[2.5]
Flügelfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,W}$	102,403	m ²	[3.8]
benetzte Tragflügelfläche	$S_{wet,W}$	211,371	m ²	[3.5]
Flügelstreckung	A	9,620	---	Jane's 1992-93
Referenzflügelfläche	S_{ref}	112,30	m ²	Jane's 1992-93
Flügelfläche nach Datcom	$S_{ref Da}$	124,805	m ²	[2.1]
Flügelfläche nach Fokker & MD	$S_{ref Fo}$	119,762	m ²	[2.3]
Flügelfläche nach Airbus	$S_{ref Ai}$	124,597	m ²	[2.6]
Höhenleitwerk				
Profildicke am Flügel-tip (Höhenleitwerk)	t_{tH}	0,212	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhenleitwerkstiefe am tip	c_{tH}	1,272	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel (Höhenleitwerk)	t_{rH}	0,318	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhenleitwerkstiefe am Flugzeugrumpf	c_{rH}	3,657	m	Jane's 1992-93 [meß]
Spannweite Höhenleitwerk	b_H	12,24	m	www-F
Verhältnis der relativen Profildicken Höhenleitwerk	τ_H	1,917	---	[3.6]
Zuspitzung Höhenleitwerk	λ_H	0,348	---	[2.5]
Höhenleitwerksfläche	S_H	33,000	m ²	www-F
Höhenleitwerksfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,H}$	30,165	m ²	[3.8]
Doppelte-Höhenleitwerksfläche	$2*S_H$	66,000	m ²	
benetzte Höhenleitwerksfläche	$S_{wet,H}$	61,953	m ²	[3.5]
Seitenleitwerk				
Profildicke am Flügel-tip (Seitenleitwerk)	t_{tV}	0,212	m	Jane's 1992-93 [meß]
Seitenleitwerkstiefe am tip	c_{tV}	3,975	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel (Seitenleitwerk)	t_{rV}	0,636	m	Jane's 1992-93 [meß]
Seitenleitwerkstiefe am Flugzeugrumpf	c_{rV}	4,717	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhe Seitenleitwerk	h_V	4,700	m	www-F
Verhältnis der relativen Profildicken Seitenleitwerk	τ_V	0,396	---	[3.6]
Zuspitzung Seitenleitwerk	λ_V	0,843	---	[2.5]
Seitenleitwerksfläche	S_V	21,400	m ²	www-F
Seitenleitwerksfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,V}$	20,426	m ²	[3.8]
Doppelte-Seitenleitwerksfläche	$2*S_V$	42,800	m ²	
benetzte Seitenleitwerksfläche	$S_{wet,V}$	41,849	m ²	[3.5]

MD-90-30

Beschreibung	Formelzeichen	Wert	Einheit	Quelle
Triebwerk				
Anzahl der Triebwerke	n_e	2	---	Jane's 1992-93
Gesamtlänge Triebwerk	l_E	4,929	m	Jane's 1992-93 [meß]
max. Durchmesser der fan cowling	D_n	2,014	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser des Triebwerkseinlasses fan cowl.	D_{hl}	1,590	m	Jane's 1992-93 [meß]
Benetzte Fläche des ganzen Triebwerkes	$S_{wet,N}$	27,904	m ²	[3.9]
benetzte Pylonfläche	$S_{wet,Pylons}$	6,671	m ²	Jane's 1992-93 [meß]
Passagieranzahl	PAX	182	---	www-F
max. Take of weight	m_{MTO}	70760	kg	www-F
operating empty weight	m_{OE}	39415	kg	www-F
max. Payload	m_{pay}	13659,4	kg	www-F
max. Pax+Pax,baggage weight	$m_{PAX,ges}$	16926	kg	[5.4]
max. fuel weight	m_F	17685,6	kg	[5.6]
Treibstoffmassenanteil	M_{ff}	0,750	---	[5.15]
Treibstoffmassenanteil Take of	$M_{ff,TO}$	0,995	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil climb	$M_{ff,CLB}$	0,998	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil descent	$M_{ff,DES}$	0,990	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil landing	$M_{ff,L}$	0,992	---	Scholz 1999
Reisefluggeschwindigkeit	V	437	kt	www-F
Reisefluggeschwindigkeit	V	224,79	m/s	
Reichweite	R	2648,00	nm	Jane's 1992-93
Reichweite	R	4904096	m	
Reserveflugstrecke	R_{res}	370400	m	FAR Part 121
Reserveflugzeit im Warteflug	t	2700	s	FAR Part 121
Reichweitenfaktor Bs	B_s	23483497	m	[5.26]
Spezifischer Kraftstoffverbrauch	SFC	0,00001626	kg/Ns	Jane's 1992-93
Erdbeschleunigungskonstante	g	9,81	m/s ²	[Konstante]
max. Gleitzahl ohne Berücksichtigung von $m_{F,res}$	$E_{cr,ohne}$	14,51	---	[5.15]
max. Gleitzahl mit Berücksichtigung von $m_{F,res}$	$E_{cr,mit}$	16,66	---	[5.28]
max. Gleitzahl mit $k_E=15,8$	$E_{max,KE}$	18,15	---	[6.4]
theoretische Reichweite	Rtheo	5881436	m	[5.8]
Landemasse	mL	53074,4	kg	[5.7]
Reisefluggeschwindigkeit	Vcr	459	kt	Jane's 1992-93
Geschwindigkeit bei min. drag	Vmd	437	kt	www-F
Maximale Gleitzahl	E _{max}	16,74	---	[6.3]

TU-154-M

Beschreibung	Formelzeichen	Wert	Einheit	Quelle
Rumpf				
Rumpfdurchmesser	d_F	3,800	m	Jane's 1992-93
Rumpflänge	l_F	43,500	m	Jane's 1992-93
Schlankheitsgrad des Rumpfes	λ_F	11,447	---	[3.3]
benetzte Rumpffläche	$S_{wet,F}$	460,392	m ²	[3.2]
Tragflügel				
Profildicke am Flügel-tip	t_t	0,289	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe am tip	c_t	2,254	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe am Kink	c_k	6,704	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe am Flugzeugrumpf	c_{rF}	9,075	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel	t_r	1,433	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügeltiefe an der Flugzeugsymmetrielinie	c_r	10,693	m	Jane's 1992-93 [meß]
Abstand von Flugzeugsymmetrielinie bis Kink	y_k	5,144	m	Jane's 1992-93 [meß]
Flügelspannweite	b	37,550	m	www-F
Halbe Flügelspannweite	$b/2$	18,775	m	www-F
relative Profildicke am Flügel-tip	$(t/c)_t$	12,80	%	Jane's 1992-93 [meß]
relative Profildicke an der Flügel-wurzel	$(t/c)_r$	13,40	%	Jane's 1992-93 [meß]
Verhältnis der relativen Profildicken am Flügel	τ	0,955	---	[3.6]
Zuspitzung	λ	0,211	---	[2.5]
Flügelfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,W}$	173,294	m ²	[3.8]
benetzte Tragflügelfläche	$S_{wet,W}$	358,107	m ²	[3.5]
Flügelstreckung	A	7,000	---	Jane's 1992-93
Referenzflügelfläche	S_{ref}	201,45	m ²	Jane's 1992-93
Flügelfläche nach Datcom	$S_{ref Da}$	211,597	m ²	[2.1]
Flügelfläche nach Fokker & MD	$S_{ref Fo}$	199,716	m ²	[2.3]
Flügelfläche nach Airbus	$S_{ref Ai}$	207,779	m ²	[2.6]
Höhenleitwerk				
Profildicke am Flügel-tip (Höhenleitwerk)	t_{tH}	0,231	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhenleitwerkstiefe am tip	c_{tH}	2,139	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel (Höhenleitwerk)	t_{rH}	0,405	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhenleitwerkstiefe am Flugzeugrumpf	c_{rH}	4,219	m	Jane's 1992-93 [meß]
Spannweite Höhenleitwerk	b_H	13,40	m	www-F
Verhältnis der relativen Profildicken Höhenleitwerk	τ_H	1,125	---	[3.6]
Zuspitzung Höhenleitwerk	λ_H	0,507	---	[2.5]
Höhenleitwerksfläche	S_H	42,200	m ²	www-F
Höhenleitwerksfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,H}$	42,599	m ²	[3.8]
Doppelte-Höhenleitwerksfläche	$2*S_H$	84,400	m ²	
benetzte Höhenleitwerksfläche	$S_{wet,H}$	87,328	m ²	[3.5]
Seitenleitwerk				
Profildicke am Flügel-tip (Seitenleitwerk)	t_{tV}	0,462	m	Jane's 1992-93 [meß]
Seitenleitwerkstiefe am tip	c_{tV}	4,682	m	Jane's 1992-93 [meß]
Profildicke an der Flügel-wurzel (Seitenleitwerk)	t_{rV}	0,636	m	Jane's 1992-93 [meß]
Seitenleitwerkstiefe am Flugzeugrumpf	c_{rV}	7,167	m	Jane's 1992-93 [meß]
Höhe Seitenleitwerk	h_V	5,600	m	www-F
Verhältnis der relativen Profildicken Seitenleitwerk	τ_V	1,112	---	[3.6]
Zuspitzung Seitenleitwerk	λ_V	0,653	---	[2.5]
Seitenleitwerksfläche	S_V	31,700	m ²	www-F
Seitenleitwerksfläche außerhalb des Rumpfes	$S_{exp,V}$	33,177	m ²	[3.8]
Doppelte-Seitenleitwerksfläche	$2*S_V$	63,400	m ²	
benetzte Seitenleitwerksfläche	$S_{wet,V}$	67,892	m ²	[3.5]

TU-154-M

Beschreibung	Formelzeichen	Wert	Einheit	Quelle
Triebwerk				
Anzahl der Triebwerke	n_e	3	---	Jane's 1992-93
Gesamtlänge Triebwerk	l_E	7,167	m	Jane's 1992-93 [meß]
max. Durchmesser der fan cowling	D_n	2,139	m	Jane's 1992-93 [meß]
Durchmesser des Triebwerkseinlasses fan cowl.	D_{hl}	1,618	m	Jane's 1992-93 [meß]
Benetzte Fläche des ganzen Triebwerkes	$S_{wet,N}$	42,296	m ²	[3.9]
benetzte Pylonfläche	$S_{wet,Pylons}$	7,056	m ²	Jane's 1992-93 [meß]
Fläche Triebwerk 3	$S_{wet,Eng3}$	39,360	m ²	Jane's 1992-93 [meß]
Passagieranzahl	PAX	180	---	www-F
max. Take of weight	m_{MTO}	100000	kg	www-F
operating empty weight	m_{OE}	55300	kg	www-F
max. Payload	m pay	18000	kg	www-F
max. Pax+Pax,baggage weight	$m_{PAX,ges}$	16740	kg	[5.4]
max. fuel weight	m_F	26700	kg	[5.6]
Treibstoffmassenanteil	M_{ff}	0,733	---	[5.15]
Treibstoffmassenanteil Take of	$M_{ff,TO}$	0,995	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil climb	$M_{ff,CLB}$	0,998	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil descent	$M_{ff,DES}$	0,990	---	Scholz 1999
Treibstoffmassenanteil landing	$M_{ff,L}$	0,992	---	Scholz 1999
Reisefluggeschwindigkeit	V	459	kt	www-F
Reisefluggeschwindigkeit	V	236,11	m/s	
Reichweite	R	2100,00	nm	Jane's 1992-93
Reichweite	R	3889200	m	
Reserveflugstrecke	R_{res}	370400	m	FAR Part 121
Reserveflugzeit im Warteflug	t	2700	s	FAR Part 121
Reichweitenfaktor Bs	B_s	17907894	m	[5.26]
Spezifischer Kraftstoffverbrauch	SFC	0,00001983	kg/Ns	Jane's 1989-90
Erdbeschleunigungskonstante	g	9,81	m/s ²	[Konstante]
max. Gleitzahl ohne Berücksichtigung von $m_{F,res}$	$E_{cr,ohne}$	12,99	---	[5.15]
max. Gleitzahl mit Berücksichtigung von $m_{F,res}$	$E_{cr,mit}$	14,75	---	[5.28]
max. Gleitzahl mit $k_E=15,8$	$E_{max,KE}$	18,12	---	[6.4]
theoretische Reichweite	Rtheo	4897095	m	[5.8]
Landemassee	mL	73300	kg	[5.7]
Reisefluggeschwindigkeit	Vcr	514	kt	www-F
Geschwindigkeit bei min. drag	Vmd	459	kt	www-F
Maximale Gleitzahl	E _{max}	15,13	---	[6.3]