



Flugzeugentwurf WS 04/05

Datum: 21.01.2005

Bearbeitungszeit: 180 Minuten

Name:		Vorname:	
Matrikelnummer.:			
Punkte:	von 85	Note:	

1. Klausurteil

23 Punkte, 60 Minuten

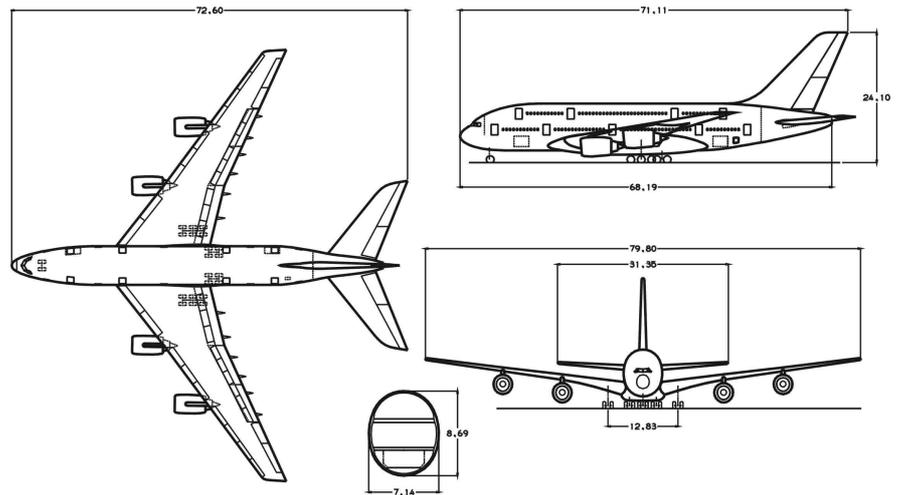
1.1) Nennen Sie die entsprechende Bezeichnung folgender Luftfahrtausdrücke in deutscher Sprache.

1. pitch up
2. flight manual
3. equipment
4. operating empty mass
5. position of maximum thickness
6. preliminary sizing
7. tail aft aircraft
8. take-off decision speed
9. matching chart
10. abgestützter Flügel
11. flight level
12. altitude

1.2) Nennen Sie die entsprechende Bezeichnung folgender Luftfahrtausdrücke in englischer Sprache. Schreiben Sie deutlich, denn falsche oder unleserliche Schreibweise ergibt Punktabzug!

1. Anstellwinkelschwingung
2. Flächenbelastung
3. Auftriebsbeiwert
4. Bahnneigungswinkel
5. Drei-Flächen-Flugzeug
6. Einstellwinkel
7. Aufsetzen des Hecks auf die Startbahn
8. Entwicklungsbeginn
9. Essenswagen
10. Abwindgradient
11. benetzte Fläche
12. rückwärts gepfeilter Flügel

- 1.3) Gezeigt ist die Dreiseitenansicht eines Megaliners. Nennen Sie 4 besondere Merkmale dieser Konfiguration und diskutieren Sie kurz die Vor- und Nachteile der Merkmale bzw. nennen Sie die aus den Merkmalen folgenden Konsequenzen für den Flugbetrieb!



- 1.4) a) Wann haben wir einen zulässigen Entwurf?
b) Wann haben wir einen optimalen Entwurf?

- 1.5) Für einen Doppeltrapezflügel wurde bereits berechnet:

Mittlere Flügeltiefe (MAC) des Innenflügels: 5,00 m

Mittlere Flügeltiefe (MAC) des Außenflügels: 2,79 m

Fläche des Innenflügels: 66,49 m²

Fläche des Außenflügels: 55,91 m²

Berechnen Sie die mittlere Flügeltiefe des gesamten Flügels!

- 1.6) Nennen Sie drei Verordnungen zum Luftverkehrsgesetz!

- 1.7) Ein ziviles Flugzeug wird für eine maximale Abflugmasse von 8500 kg entworfen und soll 19 Passagiere aufnehmen können. Nach welchen Zulassungsvorschriften – abhängig vom Antriebssystem – kann dieses Flugzeug in den USA zugelassen werden?

- 1.8) Wie soll die kritische Machzahl der Leitwerke gewählt werden im Vergleich zur kritischen Machzahl des Flügels?

- 1.9) Was versteht man unter einer "gewöhnlichen Flugzeugkonfiguration" im Unterschied zu einer "ungewöhnlichen Flugzeugkonfiguration"?

- 1.10) Welchen Wert hat der Wellenwiderstandsbeiwert bei der Machzahl des Widerstandsanstiegs M_{DD} ?

- 1.11) Welche Anforderungen werden gemäß dem Dimensionierungsverfahren nach LOFTIN in das Entwurfsdiagramm eingezeichnet?

- 1.12) Welche Anforderung muss ein Flugzeug beim Durchstartmanöver (FAR 25.121) erfüllen? Nennen Sie konkret die Anforderungen abhängig von der Triebwerksanzahl!

- 1.13) "Wetted Aspect Ratio" ist $\frac{A}{S_{wet}/S_W}$, $\frac{b^2}{S_{wet}}$ wurde "bespülte Streckung" genannt. Zeigen Sie, dass es sich

bei den beiden Termen um den gleichen Ausdruck handelt! Welche aerodynamische Größe wird von diesem Parameter maßgeblich beeinflusst?

- 1.14) Wie wird aus dem "mission fuel fraction" der Kraftstoffmassenanteil m_F / m_{MTO} berechnet?

- 1.15) Ein Flugzeug hat eine maximale Abflugmasse von 50000 kg. 90 % davon lasten auf den beiden Hauptfahrwerksbeinen. Jedes Hauptfahrwerk hat nur ein Rad. Berechnen Sie die Aircraft Classification Number (ACN)!

- 1.16) In welcher Richtung fährt ein Bugfahrwerk aus? Begründung!

- 1.17) Wie groß ist die Box in die hinein ein großes Flugzeug aus Gründen der Kompatibilität am Flughafen passen muss?

- 1.18) Welche Umstände haben Einfluss auf die gewählte Flügelform (jede zutreffende Aussage bitte ankreuzen)?

- Entfaltung der Notrutsche über der Flügelnase
- Entfaltung der inneren Notrutsche vor dem laufenden Triebwerk
- Triebwerksscheibenbruch und Abstand des Triebwerks zum Flügel
- Stellplatzsituation am Flughafen
- Entfaltung der Notrutschen hinter den Landeklappenträgern

- 1.19) Wie lautet die aerodynamische Forderung an eine Rumpfnase abhängig von der Reiseflugmachzahl?

- 1.20) Kennzeichnen Sie die richtigen Aussagen durch ein Kreuz:

Zur Bestimmung des verfügbaren Anstellwinkels wird ...

- ... bei der **Landung** vom **eingefederten** Fahrwerk ausgegangen.
- ... bei der **Landung** vom **ausgefederten** Fahrwerk ausgegangen.
- ... beim **Start** vom **eingefederten** Fahrwerk ausgegangen.
- ... beim **Start** vom **ausgefederten** Fahrwerk ausgegangen.

2. Klausurteil

62 Punkte, 120 Minuten

Aufgabe 2.1 (32 Punkte)

Es soll eine Gulfstream IV (ein zweistrahliger Business Jet) nachentworfen werden. Dazu ist zunächst die Dimensionierung vorzunehmen.

Folgende **Forderungen** werden **an das Flugzeug** gestellt:

- Maximale Nutzlast: 1814 kg.
- Reichweite 3633 NM bei maximaler Nutzlast (internationale Kraftstoffreserven entsprechend FAR Part 121, Zusatzflugstrecke von 200 NM, Missionskraftstofffaktoren nach dem Berechnungsschema).
- Reiseflugmachzahl $M_{CR} = 0,80$.
- Sicherheitsstartstrecke $s_{TOFL} \leq 1609$ m (Standardatmosphäre in Meereshöhe).
- Sicherheitslandestrecke $s_{LFL} \leq 1032$ m (Standardatmosphäre in Meereshöhe).
- Es sollen weiterhin die Forderungen nach FAR Part 25 §121(b) (2. Segment) sowie FAR Part 25 §121(d) (Durchstartmanöver) erfüllt werden.

Für die Rechnung:

- Für Business Jet: **Faktor der Landestrecke** $k_L = 0,1854$ kg/m³.
- Maximaler Auftriebsbeiwert des Flugzeugs in Landekonfiguration $C_{L,max,L} = 1,57$.
- Maximaler Auftriebsbeiwert des Flugzeugs in Startkonfiguration $C_{L,max,TO} = 1,34$.
- Zu ermitteln: Gleitzahl E in Startkonfiguration und E in Landekonfiguration. Dabei ist der Zusatzwiderstand durch Klappenausschlag zu vernachlässigen.
- E_{max} im Reiseflug zu ermitteln nach Berechnungsschema mit $S_{wet}/S_w = 5,14$ und k_E nach RAYMER.
- Streckung $A = 5,92$; Oswald-Faktor im Reiseflug $e = 0,85$
- Im Reiseflug wird mit der Geschwindigkeitsverhältnis $V/V_{md} = 0,915$ geflogen. V_{md} ist dabei die Fluggeschwindigkeit für minimalen Widerstand.
- Das Verhältnis aus maximaler Landemasse und maximaler Startmasse wird zunächst angenommen mit $m_{ML}/m_{MTO} = 0,8$.
- Nebenstromverhältnis der Triebwerke, BPR: $\mu = 3,04$.
- Das Verhältnis aus Betriebsleermasse und maximaler Startmasse (der Betriebsleermassenanteil m_{OE}/m_{MTO}) beträgt 0,581.
- Schubspezifischer Kraftstoffverbrauch im Reiseflug und Warteflug: $c = 20,5$ mg/(Ns)

Berechnen Sie:

- Reiseflughöhe (in ft)
- die maximale Abflugmasse, die maximale Landemasse, die Betriebsleermasse
- die Flügelfläche
- den Schub aller Triebwerke gemeinsam
- das erforderliche Tankvolumen.

Überprüfen Sie die Annahme: $m_{ML}/m_{MTO} = 0,8$!

Hinweise: Nutzen Sie das Berechnungsschema im Anhang zu dieser Klausur. Führen Sie die Rechnung zum Reiseflug durch bei einer Flughöhe von 13 km und 14 km.

Aufgabe 2.2 (11 Punkte)

Bestimmen Sie den maximalen Auftriebsbeiwert eines Flügels (Zuspitzung $\lambda = 1$; Pfeilung $\varphi_{25} = 20^\circ$) bei niedrigen Machzahlen nach DATCOM. Der Flügel mit dem Profil NACA 2412 ($c_{l,max} = 1,7$) ist mit einer Doppelspaltklappe bester Ausführung ausgestattet (BEST 2-SLOT). Die Klappe kann maximal auf 35° ausgeschlagen werden und erstreckt sich über 70% der Spannweite. Die Klappentiefe beträgt 20% der Flügeltiefe. Der Flügel hat keine Vorderkantenklappen.

Aufgabe 2.3 (3 Punkte)

Berechnen Sie die erforderliche Höhenleitwerksfläche eines Passagierflugzeugs nach Skript mit Hilfe des Leitwerksvolumens. Gegeben: Flügelfläche 122 m^2 ; mittlere aerodynamische Flügeltiefe $4,2 \text{ m}$; Höhenleitwerkshebelarm $15,5 \text{ m}$.

Aufgabe 2.4 (4 Punkte)

Schätzen Sie die installierte Masse aller vier Triebwerke einer B747-100 mit Gleichungen nach Skript. Der Startschub eines Triebwerkes beträgt 208 kN , das Nebenstromverhältnis $4,8$. Die Triebwerke sind mit einer Schubumkehrinrichtung ausgestattet.

Aufgabe 2.5 (2 Punkte)

Flugzeug A: Spannweite: 60 m
 benetzte Oberfläche: 2000 m^2
 maximale Gleitzahl: $19,4$
 Flugzeug B: Spannweite: 58 m
 benetzte Oberfläche: 1650 m^2

Schätzen Sie die maximale Gleitzahl für Flugzeug B ab. Es wird dabei unterstellt, dass sowohl die Oberflächenwiderstandsbeiwerte als auch die Oswald Faktoren der beiden Flugzeuge gleich sind.

Aufgabe 2.6 (4 Punkte)

Von einem modernen Passagierflugzeug sind bekannt:

Rumpflänge: $73,46 \text{ m}$
 Rumpfdurchmesser: $5,64 \text{ m}$
 Projektionsfläche des Rumpfes in der Seitenansicht: 380 m^2
 Projektionsfläche des Rumpfes in der Draufsicht: 360 m^2

Berechnen Sie die Rumpfoberfläche

- nach TORENBEEK,
- mit Hilfe der Projektionsflächen aus der Dreiseitenansicht.

Aufgabe 2.7 (6 Punkte)

Berechnen Sie mit Hilfe der DOC-Methode der Association of European Airlines (AEA) die Materialkosten pro Flugstunde (im Jahr 2005) für die Ersatzteile aller Triebwerke an einem vierstrahligen Flugzeug. Es wird eine Flugmission angenommen mit einer Flugzeit von 10 Stunden. Die AEA-Methode stammt aus dem Jahr 1989. Es wird eine Inflationsrate von 3% pro Jahr unterstellt. Das Triebwerk ist gekennzeichnet durch folgende Parameter:

Startschub eines Triebwerkes: 208 kN
 Nebenstromverhältnis: $4,8$
 Druckverhältnis: $26,7$
 Anzahl der Wellen: 2
 Anzahl der Verdichterstufen (einschließlich des Fan): 15