

**Klausur**  
**Flugzeugentwurf**

Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME

Datum: 02.02.1999

Bearbeitungsdauer: 180 Minuten

Name:  
Vorname:  
Matrikelnummer.:

Punkte:                                  von 100 Punkten.                                  Note:

**1. Klausurteil**                                  **(keine Hilfsmittel - 45 min. - 25 Punkte)**

1.1) Nennen Sie die entsprechende Bezeichnung in deutscher Sprache:

downwash angle  
missed approach  
empennage  
type certificate  
ferry range  
galley  
lift curve slope  
entry into service  
take-off field length  
loiter

1.2) Nennen Sie die entsprechende Bezeichnung in englischer Sprache:

gieren  
Grenzschicht  
schräg fliegendes Nurflügelflugzeug  
Pfeilung  
Randbedingung  
Rückenflosse  
Schüttelgrenze  
Schwerpunkt  
V-Form  
Zuspitzung

- 1.3) Was versteht man unter "deep stall" ?
- 1.4) Welche Masse kann im Flugzeugentwurf angesetzt werden für einen Passagier einschließlich seines Gepäcks bei einem Langstreckenflug?
- 1.5) Der Widerstandsbeiwert  $C_D$  hängt ab vom Nullauftriebswiderstandsbeiwert  $C_{D,0}$ , dem Auftriebsbeiwert  $C_L$ , der Flügelstreckung  $A$  und dem Oswald-Faktor  $e$ . Wie lautet der formelmäßige Zusammenhang?
- 1.6) Welchen Wert nimmt der Oswald-Faktor  $e$  etwa an bei Transportflugzeugen  
a) in Reiseflugkonfiguration?  
b) bei ausgefahrenen Landeklappen?
- 1.7) Welchen Wert nimmt der Nullauftriebswiderstandsbeiwert  $C_{D,0}$  etwa an bei Transportflugzeugen in Reiseflugkonfiguration?
- 1.8) Wie verhält sich die maximale Gleitzahl  $(L/D)_{max}$  von Flugzeugen (steigt oder sinkt) wenn  
a) die Streckung  $A$  steigt,  
b) das Verhältnis aus benetzter Oberflächen  $S_{wet}$  und Referenzflügelfläche  $S_{ref}$  steigt.
- 1.9) In einem Rumpfqerschnitt sollen 7 Sitze nebeneinander angeordnet werden, wieviele Gänge müssen mindestens vorgesehen werden?
- 1.10) Es soll ein Flugzeug für 175 Passagiere gebaut werden. Wieviel Sitze für Flugbegleiter (flight attendants) müssen mindestens vorgesehen werden?
- 1.11) Ein Trapezflügel hat eine Profiltiefe an der Flügelwurzel  $c_r = 10$  m und eine Profiltiefe an der Flügelspitze  $c_t = 6$  m. Die Spannweite beträgt  $b = 40$  m. Berechnen Sie die Zuspitzung  $\lambda$ , die Flügelfläche  $S$  und die Flügelstreckung  $A$ .
- 1.12) Wie verändert (vergrößert oder verkleinert) sich das Tankvolumen mit  
steigender Flügelstreckung  $A$ ,  
steigender Flügelfläche  $S$ ,  
steigender relativer Profildicke des Flügels  $t/c$  ?
- 1.13) Wie verändert (vergrößert oder verkleinert) sich die Flügelmasse mit  
steigender Flügelstreckung  $A$ ,  
steigender Flügelpfeilung  $\phi$ ,  
steigender relativer Profildicke des Flügels  $t/c$ ,  
steigendem  $\lambda$  (Zuspitzung),  
steigender Flügelfläche  $S$  ?
- 1.14) Gegenüber einem ersten Flügelentwurf sollen Parameter so verändert werden, daß die Machzahl des Widerstandsanstiegs  $M_{DD}$  einen größeren Wert annimmt. Welche Parameter können wie verändert (vergrößert oder verkleinert) werden, um das Ziel zu erreichen?
- 1.15) Mit einem Flugzeug werden zwei Anflüge bei gleicher Masse und Geschwindigkeit durchgeführt auf dem Gleitweg eines Instrumentenlandesystems. Beim ersten Anflug sind nur die Vorflügel (slats) ausgefahren, beim zweiten Anflug sind nur die Landeklappen (flaps) ausgefahren. Wie unterscheidet sich der Nicklagewinkel  $\Theta$  (Winkel zwischen Kabinenboden und Horizont) bei den beiden Anflügen?
- 1.16) Der Gradient des Nickmomentenbeiwertes eines Flugzeug  $\partial C_M / \partial \alpha = -1.3$  1/rad. Was können Sie über die statische Stabilität der Längsbewegung aussagen?

## 2. Klausurteil

(mit Hilfsmitteln - 135 min. - 75 Punkte)

### Aufgabe 2.1 (60 Punkte)

Es soll ein vierstrahliges Langstreckenpassagierflugzeug dimensioniert werden.

Folgende Forderungen werden an das Flugzeug gestellt:

- Zu befördern sind 295 Passagiere mit Gepäck und zusätzlich 18750 kg Fracht.
- Reiseflugmachzahl  $M_{CR} = 0.86$ .
- Reichweite 6650 NM. Die nach den Vorschriften geforderten Kraftstoffreserven werden hier berücksichtigt durch die Forderung nach einer Zusatzflugstrecke von 1000 NM. Es wird also eine theoretische Reichweite von 7650 NM gefordert.
- Sicherheitsstartstrecke  $s_{TOFL} \leq 3000$  m (Standardatmosphäre in Meereshöhe).
- Sicherheitslandestrecke  $s_{LFL} \leq 1800$  m (Standardatmosphäre in Meereshöhe).
- Es sollen weiterhin die Forderungen nach JAR-25.121(b) (2. Segment) sowie JAR-25.121(d) (Durchstartmanöver) erfüllt werden.

In der Dimensionierungsrechnung sollen folgende Parameter gewählt werden:

- Maximaler Auftriebsbeiwert des Flugzeugs Startkonfiguration  $C_{L,max,TO} = 2.3$
  - Maximaler Auftriebsbeiwert des Flugzeugs in Landekonfiguration  $C_{L,max,L} = 2.9$
  - Gleitzahl  $L/D$  in Startkonfiguration bei eingefahrenem Fahrwerk: 10
  - Gleitzahl  $L/D$  in Landekonfiguration bei eingefahrenem Fahrwerk: 9.3
  - Maximale Gleitzahl  $(L/D)_{max}$  im Reiseflug: 22
  - Auftriebsbeiwert  $C_L$  im Reiseflug: 0.73
  - Das Verhältnis aus maximaler Landemasse und maximaler Startmasse  $m_{ML} / m_{MTO} = 0.74$
  - Nebenstromverhältnis der Triebwerke  $BPR = 5$
  - Das Verhältnis aus Betriebsleermasse und maximaler Startmasse (der Betriebsleermassenanteil  $m_{OE} / m_{MTO}$ ) ist 0.49
  - Schallgeschwindigkeit in Reiseflughöhe: 295 m/s
  - Schubspezifischer Kraftstoffverbrauch im Reiseflug  $SFC_T = 16$  mg/(Ns)
- a) Ermitteln Sie das Schubgewichtsverhältnis  $T_{TO} / (m_{MTO} \cdot g)$  sowie die Flächenbelastung  $m_{MTO} / S_w$  aus einem Entwurfsdiagramm.
- b) Bestimmen Sie die Reiseflughöhe  $h_{CR}$ .
- c) Berechnen Sie das Verhältnis aus Kraftstoffmasse und maximaler Startmasse  $m_F / m_{MTO}$ .
- d) Berechnen Sie die maximale Startmasse  $m_{MTO}$  des Flugzeugs, den erforderlichen Startschub  $T_{TO}$  und die Flügelfläche  $S_w$ .

#### Hinweise:

- I) Nutzen Sie entsprechende Statistikgleichungen aus der Literatur. Geben Sie Ihre Quellen an.
- II) Führen Sie die Rechnung zum Reiseflug durch bei einer Flughöhe von 11 km, 12 km und 13 km.
- III) Um die Berechnung des Kraftstoffanteils zu vereinfachen, rechnen Sie nur mit dem Reiseflug (über 7650 NM) als einziger Flugphase.

**Aufgabe 2.2** (8 Punkte)

Die 2-sitzige Cessna 150 ist nach FAR/JAR-23 zugelassen als Nutzflugzeug (utility category aeroplane). Ein verstärktes Muster, die Cessna 150 Aerobat ist zugelassen als Kunstflugzeug (aerobatic category aeroplane). Nutzen Sie entsprechende Gleichungen aus der Literatur (bitte die Quelle angeben) und berechnen Sie, um wieviel Prozent der Flügel der Cessna Aerobat vermutlich schwerer sein wird als der Flügel der Basisversion. Die maximal zulässige Abflugmasse  $m_{MTO}$  sei für beide Versionen der Cessna 150 gleich.

**Aufgabe 2.3** (7 Punkte)

Ein Strahlverkehrsflugzeug soll nach den unten zitierten Paragraphen der Federal Aviation Regulations entworfen werden. Das Flugzeug soll von Washington D.C. aus ins Ausland fliegen können zu einem Zielflugplatz, der (unter Berücksichtigung von Wetterbedingungen und Fluggeschwindigkeiten) in 10 Flugstunden zu erreichen ist. Der im Flugplan vorgeschriebene Ausweichflugplatz ist vom Zielflugplatz eine Flugstunde entfernt.

Für welche Gesamtflugzeit muß das Flugzeug ausgelegt werden?

**Hinweis:**

Flugzeiten für Start, Landung und (gegebenenfalls erforderliche) Durchstartmanöver sollen hier vernachlässigt werden.

Zitat aus FAR Part 121:

**§ 121.639 Fuel supply: All domestic operations.**

No person may dispatch or takeoff an airplane unless it has enough fuel -

- (a) To fly to the airport to which it is dispatched;
- (b) Thereafter, to fly to and land at the most distant alternate airport (where required) for the airport to which dispatched; and
- (c) Thereafter, to fly for 45 minutes at normal cruising fuel consumption ...

**§ 121.645 Fuel supply: Turbine engine powered airplanes**

- (a) Any certificate holder conducting ... operations within the 48 contiguous United States and the District of Columbia may use the fuel requirements of § 121.639.
- (b) For any certificate holder conducting ... operations outside the 48 contiguous United States and the District of Columbia, ... , no person may release for flight or takeoff a turbine engine powered airplane (other than a turbopropeller powered airplane) unless, considering wind and other weather conditions expected, it has enough fuel -
  - (1) To fly to and land at the airport to which it is released;
  - (2) After that, to fly for a period of 10 percent of the total time required to fly from the airport of departure to, and land at, the airport to which it was released;
  - (3) After that, to fly to and land at the most distant alternate airport specified in the flight release, if an alternate is required; and
  - (4) After that, to fly for 30 minutes at holding speed at 1,500 feet above the alternate airport (or the destination airport if no alternate is required) under standard temperature conditions.
- (c) No person may release a turbine engine powered airplane (other than a turbopropeller airplane) to an airport for which an alternate is not specified ... unless it has enough fuel, considering wind and other weather conditions expected, to fly to that airport and thereafter to fly for at least two hours at normal cruising fuel consumption ...