



DEPARTMENT FAHRZEUGTECHNIK UND FLUGZEUGBAU

Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME

Flugzeugentwurf WS 07/08

Datum: 28.01.2008

Bearbeitungszeit: 180 Minuten

Name:	Vorname:
Matrikelnummer:	
Punkte: von 82	Note:

1. Klausurteil

23 Punkte, 45 Minuten, ohne Unterlagen

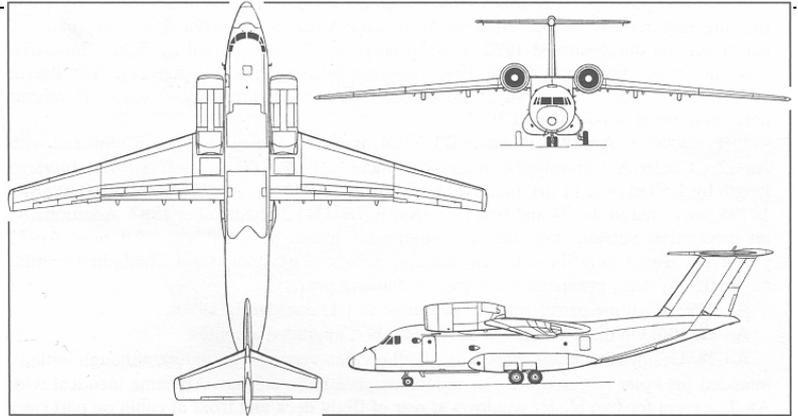
1.1) Nennen Sie die entsprechende Bezeichnung folgender Luftfahrtausdrücke in deutscher Sprache.

1. center of pressure
2. cantilever wing
3. ratio of specific heats
4. plain flap
5. downwash
6. super velocity
7. dive speed
8. taper ratio
9. mass break down
10. clean wing
11. ventral fin
12. wetted area

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

1. Dimensionierung
2. Ausgabe
3. Einstellwinkel
4. Flügelschnitt
5. Schüttelgrenze
6. Triebwerksgondel
7. Randbedingung
8. Nasenklappe
9. Grenzschicht
10. Profil
11. Startflugbahn
12. Bodeneffekt

- 1.3) Gezeigt ist die Dreiseitenansicht einer Antonov AN-74. 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) Ein Flugzeug starte mit maximaler Abflugmasse. Dabei betrage die Kraftstoffmasse 35% der maximalen Abflugmasse. Die Betriebsleermasse betrage 50% der maximalen Abflugmasse. Die Nutzlast für den Flug ist mit 18000 kg angegeben. Berechnen Sie die maximale Abflugmasse!
- 1.5) Welchen Wert nimmt der Oswald-Faktor e etwa an bei Transportflugzeugen
a) in Reiseflugkonfiguration?
b) bei ausgefahrenen Landeklappen?
- 1.6) Die *mission segment mass fraction*, M_{ff} beträgt 0,8. Berechnen Sie den Kraftstoffmassenanteil!
- 1.7) Wie verändern (vergrößert, verkleinert, bleibt gleich) sich bei Flugzeugen mit **vorwärts**-gepfeilten Flügeln mit **zunehmendem** Pfeilwinkel ?
• maximaler Auftriebsbeiwert, • Masse des Flügels, • statische Stabilität um die Längsachse, • Neigung zum Aufnicken des Flugzeugs im überzogenen Flugzustand.
- 1.8) Nennen Sie 5 Forderungen an ein Fahrwerk, die sich aus den Zulassungsvorschriften ergeben!
- 1.9) Beschreiben Sie kurz die Aufgabe des Flugzeugentwurfs! Gehen Sie dabei ein auf die Begriffe „Anforderung“ „Randbedingung“ und „Entwurfsziel“.
- 1.10) Ein strahlgetriebenes Flugzeug hat eine maximale Startmasse von 7900 kg und ist für die Beförderung von weniger als 19 Passagieren vorgesehen. Welche Bauvorschrift der EASA ist anzuwenden?
- 1.11) Was versteht man unter der Geschwindigkeit V_2 ?
- 1.12) Welchen Wert hat der Wellenwiderstandsbeiwert bei der kritischen Machzahl M_{crit} ?
- 1.13) Wie unterscheiden sich Zuspitzung und Streckung bei einem Seitenleitwerk, wenn das Seitenleitwerk a) Teil eines Normalleitwerkes ist, b) Teil eines T-Leitwerkes ist?
- 1.14) Nennen Sie fünf verschiedene Hochauftriebssysteme!
- 1.15) Die DOC-Methode der AEA von 1989 berechnet die Abschreibung nach der Formel

$$C_{DEP} = \frac{P_{total} - P_{residual}}{n_{DEP}} \cdot P \text{ steht dabei für Preis. Die Materialkosten für die Flugzeugtriebwerke}$$

pro Flugstunde werden für 1989 abgeschätzt mit den Technologieparametern k_1 , k_2 und k_3 zu

$$C_{M,M,E,f} = n_E \cdot 2.56 \frac{\text{US\$}}{\text{h}} \cdot k_1 (k_2 + k_3) \cdot \left(1 + 1.02 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{N}} \cdot T_{T/O,E}\right)^{0.8} \cdot \left(1 + \frac{1.3 \text{ h}}{t_f}\right)$$

Mit welchem Faktor müssen die Gleichungen jeweils multipliziert werden, um die Zahlen für 2008 zu erhalten? Begründen Sie!

- 1.16) Nennen Sie die in der „Vision 2020“ formulierten Umweltziele!
- 1.17) Wie lange soll man gemäß den Zielen der „Vision 2020“ maximal vor dem Start und nach der Landung eines Kurzstreckenfluges sich im Flughafen aufhalten müssen?
- 1.18) In welcher Relation steht der spezifische Widerstand $D/(mg)$ der Transportmittel Auto, Bus, Zug und Flugzeug? Diskutieren Sie die Zusammenhänge!
- 1.19) Nennen Sie 6 Merkmale der Geschäftsstrategie der Low Cost Airlines (LCA)!
- 1.20) Welchen Vorteil haben LCA auf Kurzstrecke gegenüber der Langstrecke? Begründen Sie Ihre Antwort.

Name:**2. Klausurteil**

59 Punkte, 135 Minuten, mit Unterlagen und Laptop

Aufgabe 2.1 (17 Punkte)

Es soll eine Boeing B777-200LR überschlägig nachentworfen werden. Dazu ist die Dimensionierung mit Hilfe der Tabellenkalkulation aus der Vorlesung vorzunehmen.

Folgende Forderungen werden an das Flugzeug gestellt:

- Nutzlast: 301 Passagiere mit Gepäck für einen Flug wie unten angegeben, Zusatzfracht 11,5 t.
- Reichweite 9300 NM bei oben gegebener Nutzlast (International Reserves nach FAR Part 121 mit 5% Zusatzkraftstoff auf die Flugstrecke, Flugstrecke zum Ausweichflugplatz: 200 NM, Missionskraftstofffaktoren nach dem Berechnungsschema).
- Das Verhältnis von Reisefluggeschwindigkeit zur Geschwindigkeit des geringsten Widerstand V_{CR}/V_{md} beträgt 0,93.
- Sicherheitsstartstrecke $s_{TOFL} \leq 3574$ m (35 °C in Meereshöhe).
- Sicherheitslandestrecke $s_{LFL} \leq 1676$ m (ISA, MSL).
- 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:

- Maximaler Auftriebsbeiwert des Flugzeugs in Landekonfiguration $C_{L,max,L} = 2,63$.
- Korrelationsfaktor für den Landeanflug $k_{APP} = 1,76$.
- Maximaler Auftriebsbeiwert des Flugzeugs in Startkonfiguration $C_{L,max,TO} = 1,92$.
- Zu ermitteln: Gleitzahl E in Startkonfiguration und Gleitzahl E in Landekonfiguration. Dabei: Flügelstreckung $A = 9,5$, $C_{D,0} = 0,02$ und Oswaldfaktor $e = 0,7$.
- E_{max} im Reiseflug ist gemäß RAYMER zu ermitteln mit $S_{wet} / S_w = 6,2$.
- Oswald-Faktor im Reiseflug $e = 0,85$.
- Die Reiseflugmachzahl M_{CR} ist so zu bestimmen, dass sich ein günstiges Entwurfsdiagramm ergibt (zwei Nachkommastellen)!
- Das Verhältnis aus maximaler Landemasse zu maximaler Startmasse beträgt $m_{ML}/m_{MTO} = 0,642$.
- Der Betriebsleermassenanteil m_{OE}/m_{MTO} wird mit 0,417 angenommen.
- Das Nebenstromverhältnis (BPR) der Triebwerke wird angenommen mit: $\mu = 7,34$.
- Schubspezifischer Kraftstoffverbrauch im Reiseflug und Warteflug wird für das Triebwerk angenommen mit $c = 14,3$ mg/N/s.
- Anzahl der Triebwerke gemäß Original.

Bestimmen Sie:

- die Machzahl im Reiseflug,
- die Reiseflughöhe,
- die maximale Abflugmasse,
- die Betriebsleermasse,
- die Flügelfläche,
- den notwendigen Schub eines einzelnen Triebwerks und
- das erforderliche Tankvolumen.

Hinweise: Nutzen die Tabellenkalkulation aus der Vorlesung. Tragen Sie Ihre Ergebnisse in das Formblatt im Anhang ein! Zeichnen Sie das Entwurfsdiagramm!

Aufgabe 2.2 (5 Punkte)

Ein Flugzeug hat im Reiseflug (40000 ft) eine Gleitzahl von 19 und ein Nebenstromverhältnis der Strahltriebwerke von 8. Wie viel Prozent vom Schub ist im Reiseflug noch vorhanden, wenn der Startschub zu 100 % angesetzt wird? Welches Schub-Gewichtsverhältnis ist beim Start erforderlich, damit ein Reiseflug mit maximaler Abflugmasse gelingt?

Aufgabe 2.3 (13 Punkte)

Es ist in der Literatur der Grundriss eines Flügels gegeben. Es handelt sich um einen Doppeltrapezflügel. Aus der Zeichnung wird abgelesen:

- Profiltiefe an der Flügelwurzel (auf der Symmetrielinie): 10 m
- Profiltiefe am Kink: 5 m
- Profiltiefe an der Flügelspitze: 2 m
- Spannweite: 39 m
- Entfernung des Kinks von der Symmetrielinie: 8 m

Berechnen Sie sowohl

- für den Innenflügel (links und rechts)
- für den Außenflügel (links und rechts)
- für den gesamten Flügel (links und rechts):

die Werte:

- Zuspitzung, λ
- mittlere aerodynamische Profiltiefe (mean aerodynamic chord, MAC)
- Entfernung der mittlere aerodynamische Profiltiefe von der Symmetrielinie (bzw. vom Kink)
- Fläche (einschließlich der virtuellen Fläche im Rumpf)

Berechnen Sie dazu die Streckung des gesamten Flügels! (Insgesamt sind also 13 Werte gefragt.)

Aufgabe 2.4 (10 Punkte)

Ein Flugzeug hat einen ungepfeilten, unverwundenen Flügel mit symmetrischem Profil und Streckung 10. Direkt nach dem Start vom Hamburger Flughafen steigt das Flugzeug bei Windstille mit 2000 ft/min und einer wahren Eigengeschwindigkeit von 200 kt. Der Auftriebsbeiwert hat jetzt den Wert 0,5. Wenn jetzt mit dem Bordservice begonnen werden sollte, müssten die Flugbegleiter die Essenswagen von der im Heck liegenden Küche (galley) "bergauf" schieben. Welchen Winkel ginge es mit den Essenswagen (trolleys) bergauf?

Aufgabe 2.5 (5 Punkte)

Beim Flugzeughersteller soll aus einem Flugzeugtyp, der seit Jahren gut verkauft wird eine gestreckte Version entwickelt werden. Folgende Steigerungen in Parametern wurden bereits festgelegt bzw. abgeschätzt:

- Spannweite: 10% größer
 - Flügelfläche: 8% größer
 - Rumpf: 10% länger
 - Abflugmasse: 9% schwerer
- a) Um wie viel Prozent muss das Seitenleitwerk vergrößert bzw. verkleinert werden? Begründen Sie sorgfältig.
- b) Um wie viel Prozent wird (nach TORENBEEK) das Flugsteuerungssystem schwerer?

Aufgabe 2.6 (5 Punkte)

Der Beiwert $C_{N,\beta,W}$ wurde im letzten Semester abgeschätzt nach einem Zitat aus:

JUST, W.: *Flugmechanik*. Stuttgart : Flugtechnik, 1965.

Danach ergab sich für die Daten des Airbus A320 $C_{N,\beta,W} = 0,01004$ 1/rad

Schätzen Sie diesmal den Wert ab nach DATCOM und vergleichen Sie mit dem Ergebnis nach JUST!

Revised February 1972

5.1.3 WING SIDESLIP DERIVATIVE C_{n_β}

5.1.3.1 WING SIDESLIP DERIVATIVE C_{n_β} IN THE LINEAR ANGLE-OF-ATTACK RANGE

The yawing moment of a wing in sideslip is primarily caused by the asymmetrical induced-drag distribution associated with the asymmetrical lift distribution. The wing contribution to the derivative C_{n_β} is important only at large incidences.

Methods are presented in this section for estimating the wing yawing moment due to sideslip in the subsonic and supersonic speed regimes. Methods for estimating this derivative in the transonic speed regime are not available.

A. SUBSONIC

The Datcom method presented herein is based on the same theory as that used to determine wing side force due to sideslip, and the general discussion of Paragraph A of Section 5.1.1.1 is directly applicable here. The method is valid in the linear angle-of-attack region.

DATCOM METHOD

The yawing moment derivative at low speeds is given in Reference 1 as

$$\frac{C_{n_\beta}}{C_L^2} = \frac{1}{57.3} \left[\frac{1}{4\pi A} - \frac{\tan \Lambda_{c/4}}{\pi A(A + 4 \cos \Lambda_{c/4})} \left(\cos \Lambda_{c/4} - \frac{A}{2} - \frac{A^2}{8 \cos \Lambda_{c/4}} + 6 \frac{\bar{x}}{\bar{c}} \frac{\sin \Lambda_{c/4}}{A} \right) \right]$$

(per deg) 5.1.3.1-a

where \bar{x} is the longitudinal distance (positive rearward) from the coordinate origin (usually the center of gravity) to the wing aerodynamic center.

The wing contribution to the yawing moment due to sideslip at low speeds is shown to be independent of both taper ratio and dihedral in References 2 and 3, respectively.

Daten des Airbus A320 (beispielhaft):

Rumpfdurchmesser: 3,95 m

Rumpflänge: 37,57 m

Spannweite: 34,10 m

Flügelfläche: 122,6 m²

Zuspitzung: 0,246

V-Form: 5,1°

Pfeilwinkel der 25%-Linie: 25°

Auftriebsbeiwert: 0,28

Es wird angenommen, dass der Schwerpunkt des Flugzeugs und der Neutralpunkt des Flügels an der gleichen Stelle liegen.

Aufgabe 2.7 (4 Punkte)

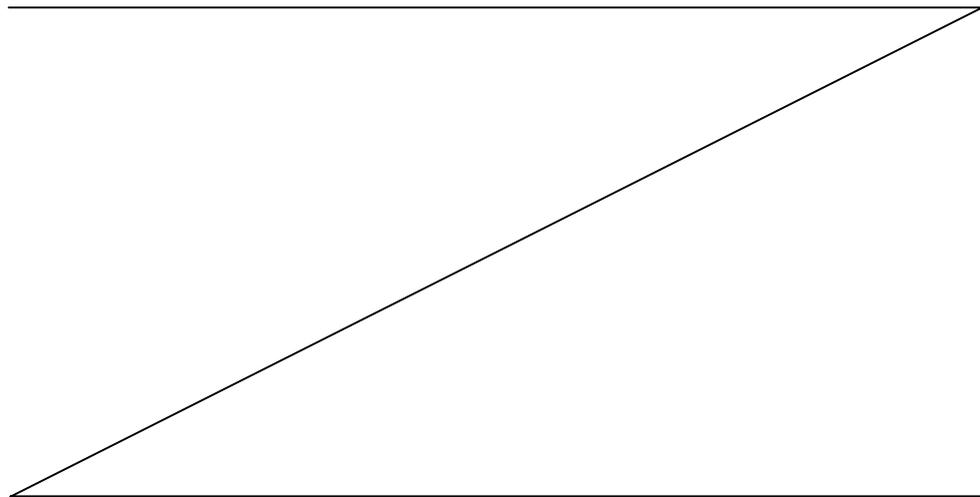
Zur wechselseitigen Umrechnung der Anforderungen an Anfluggeschwindigkeit und Sicherheitsladestrecke ist in der Vorlesung eine Gleichung gegeben, die auf Parametern älterer Flugzeuge beruht.

Ermitteln Sie den Zusammenhang neu, basierend auf den unten gegebenen Werten!
Beschreiben Sie dabei Ihre Vorgehensweise!

Hersteller	AIRBUS	AIRBUS	AIRBUS	AIRBUS	AIRBUS
Typ	A300-	A310-	A319-	A320-	A321-
Model	600R	300	100	200	200
s_LFL (ISA MSL) [m]	1489	1490	1350	1440	1580
V_APP [kt]	136	138	131	134	138

Hersteller	AIRBUS	AIRBUS	AIRBUS	AIRBUS
Typ	A330-	A340-	A340-	A340-
Model	300	300	500	600
s_LFL (ISA MSL) [m]	1600	1964	2090	2240
V_APP [kt]	136	136	139	144

Nutzen Sie zur Bearbeitung diese Aufgabe ein Tabellenkalkulationsprogramm auf Ihrem Laptop.



Ergebnisse zu Aufgabe 2.1

Bitte tragen Sie hier Ihre Ergebnisse und Zwischenergebnisse ein!

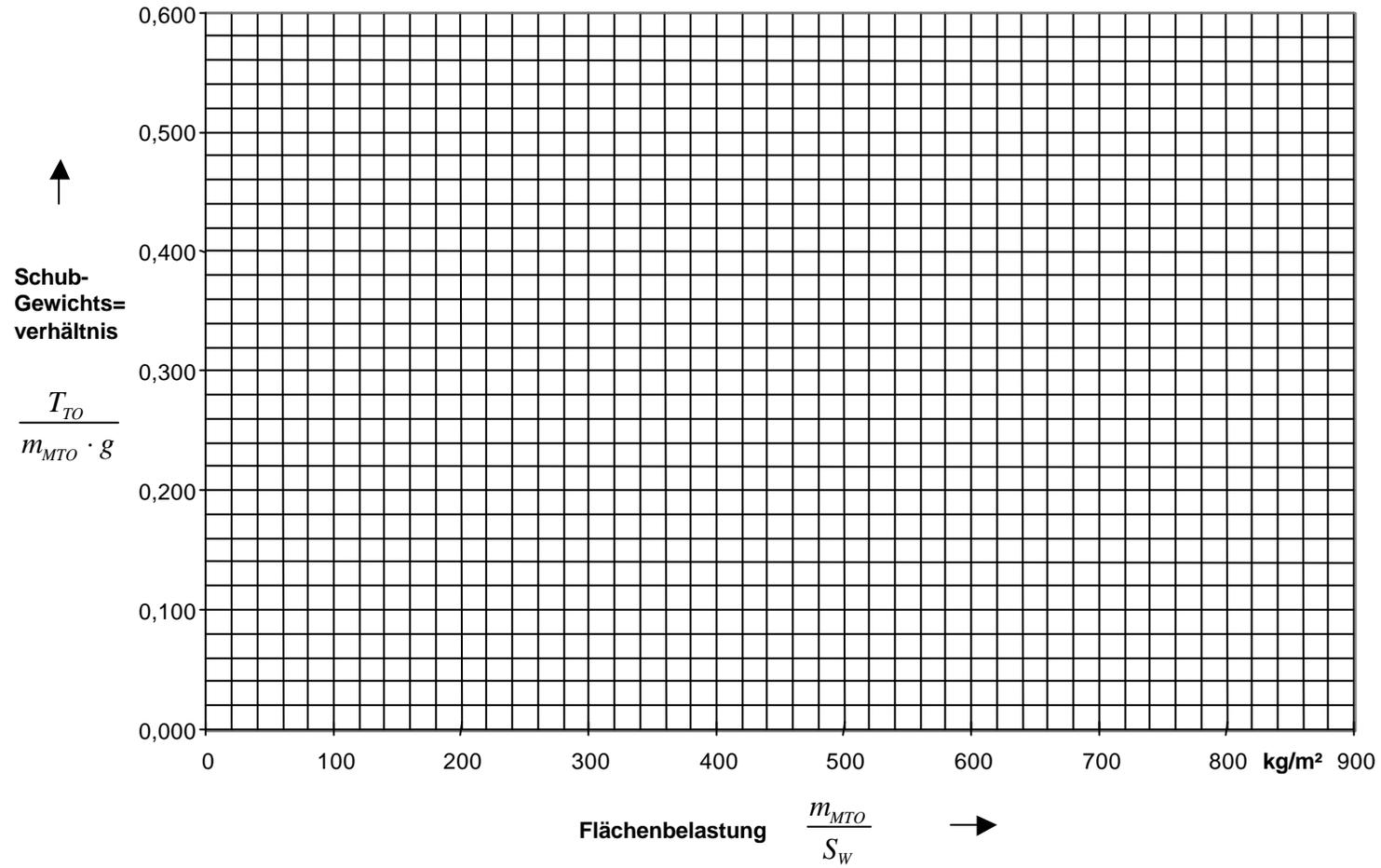
- Flächenbelastung aus Forderung zur Sicherheitslandestrecke:
- Schub-Gewichtsverhältnis / Flächenbelastung aus Forderung zur Sicherheitsstartstrecke:

- Gleitzahl im 2. Segment:
- Gleitzahl beim Durchstarten:
- Schub-Gewichtsverhältnis aus der Forderung zum Steiggradienten im 2. Segment:

- Schub-Gewichtsverhältnis aus der Forderung zum Steiggradienten beim Durchstarten:

- Gleitzahl im Reiseflug:
- Reiseflugmachzahl M_{CR} :
- Entwurfspunkt
 - Schub-Gewichtsverhältnis:
 - Flächenbelastung:
- Reiseflughöhe (in ft):
- maximale Abflugmasse:
- maximale Landemasse:
- Betriebsleermasse:
- Flügelfläche:
- Schub aller Triebwerke gemeinsam:
- erforderliches Tankvolumen:

Entwurfsdiagramm



2. Segment
Durchstarten
Start
Reiseflug
Landung