



DEPARTMENT FAHRZEUGTECHNIK UND FLUGZEUGBAU

Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME

Flugzeugentwurf WS 11/12

Datum: 27.01.2011

Bearbeitungszeit: 180 Minuten

Name:	Vorname:
Matrikelnummer.:	
Punkte: von 65	Note:

1. Klausurteil

27 Punkte, 50 Minuten, ohne Unterlagen

1.1) Bitte übersetzen Sie ins Deutsche!

Bitte schreiben Sie deutlich. Unleserliche Darstellung führt zu Punktabzug!

1. break-even-point
2. cockpit
3. tab
4. high lift system
5. payload range diagram
6. dihedral
7. landing field length
8. landing distance
9. V-tail
10. dorsal fin
11. stick
12. rudder pedals

1.2) Bitte übersetzen Sie ins Englische!

Bitte schreiben Sie deutlich. Unleserliche Darstellung führt zu Punktabzug!

1. benetzte Fläche
2. Gleitzahl
3. Teppich
4. Vorhang
5. Erste Klasse
6. Handgepäck
7. Hauptfahrwerk
8. Hilfstriebwerk
9. Zuspitzung
10. V-Winkel
11. Nurflügelflugzeug
12. abgestützter Flügel

1.3) Gezeigt ist das Boeing-Forschungsprojektflugzeug *SUGAR high*. Teile des Flügels, der Flügelstreben und des Seitenleitwerks haben im Bild eine andere Farbe. Diese Flächen stehen für dort vorhandene laminare Strömung. Bitte nennen Sie 4 Vor- und Nachteile oder nennen Sie Dinge, die Einfluss auf den Flugbetrieb haben.!



- 1.4) Skizzieren und beschriften Sie bitte das Nutzlast-Reichweiten-Diagramm!
- 1.5) Wann beginnt das zweite Segment (2. Segment)?
- 1.6) Warum ist der Oswald-Faktor bei ausgefahrenen Landeklappen kleiner als bei eingefahrenen Landeklappen (im Reiseflug)?
- 1.7) Wie lautet die „Erste Hauptgleichung des Flugzeugentwurfs“ zur Berechnung der maximalen Startmasse?
- 1.8) Woran kann man in der „Ersten Hauptgleichung des Flugzeugentwurfs“ erkennen, dass ein Entwurf nicht realisiert werden kann?
- 1.9) Welchen Wert haben bei Passagierflugzeugen
- die Gleitzahl,
 - der maximale Auftriebsbeiwert bei voll ausgefahrenen Klappen des Hochauftriebssystems?
- 1.10) Welchen Wert haben bei Passagierflugzeugen
- der Nullwiderstandsbeiwert,
 - der äquivalente Oberflächenwiderstandsbeiwert?
- 1.11) Es wird ein Flugzeug für 169 Passagiere geplant. Wie viele Sitze sollten in der Economy Class nebeneinander angeordnet werden?
- 1.12) Wie viel Prozent der Rumpflänge macht etwa die Länge des Frachtraumes aus?
- 1.13) Gegeben sind die Gepäckmasse und die Masse der Zusatzfracht. Wie müssen Sie rechnerisch vorgehen um herauszufinden, ob Gepäck und Fracht im Rumpf genug Platz finden?
- 1.14) Welchen Einfluss haben Flugmachzahl, Pfeilwinkel, Auftriebsbeiwert und der Innovationsgrad des Profils auf die im Flügelentwurf zu wählende mittlere Flügeldicke?
- 1.15) Wie kann aus dem Höhenleitwerksvolumenbeiwert und der Rumpflänge die Fläche des Höhenleitwerks abgeschätzt werden?

- 1.16) Wie wirkt ein rückwärts gepfeilter Flügel hinsichtlich des Giermomentes bei Schiebewinkel?
Wie wirkt ein Rumpf bei Schiebewinkel hinsichtlich des Giermomentes?
- 1.17) Die Flugmachzahl liegt 0,05 Mach unter der kritischen Machzahl. Welchen Wert hat der Wellenwiderstand?
- 1.18) Was versteht man unter Seat-Mile-Costs?
- 1.19) Was bedeutet Abschreibung?

Fragen zur Vortragsreihe

- 1.20) Nennen Sie drei Errungenschaften der Flugtechnik, die ihren Ursprung in Deutschland haben.
- 1.21) Es wird eine weitere Steigerung der Passagierkilometer im Luftverkehr erwartet. Das Luftverkehrssystem wird dabei aber an seine Grenzen stossen. Was wird sich dabei zunehmend am Flughafen als Nadelöhr herausstellen?
- 1.22) Um wie viel Prozent hat sich (ungefähr) die aerodynamische Effizienz ($M_{CR} \cdot (L/D)_{max}$) der A350-XWB im Vergleich zur A300 verbessert?

2. Klausurteil

Name: _____

38 Punkte, 130 Minuten, mit Unterlagen und Laptop

Aufgabe 2.1 (23 Punkte)

Boeing zeigt in einer Studie den Flugzeugentwurf *SUGAR High* :



Quelle: http://www.nasa.gov/topics/aeronautics/features/future_airplanes.html

Die Aufgabe besteht darin, die Idee des Entwurfs mit einer Flügelstrebe (braced wing) aufzunehmen und auf den Airbus A320 anzuwenden. So entsteht eine *A320 Braced* mit den Daten wie unten gegeben (Ursprungsdaten der A320 in Klammern).

Dies sind die Anforderungen an das Flugzeug:

- Nutzlast: 180 Passagiere mit Gepäck für einen Flug wie beschrieben. Zusatzfracht: 2516 kg.
- Reichweite 1510 NM bei einer Nutzlast wie oben gegeben (Kraftstoffreserven nach FAR Part 121 International mit 5% Kraftstoffreserven auf die Flugstrecke. Entfernung zum Ausweichflugplatz: 200 NM).
- Sicherheitsstartstrecke $s_{TOFL} \leq 1770$ m (ISA, MSL).
- Sicherheitslandestrecke $s_{LFL} \leq 1450$ m (ISA, MSL).
- Weiterhin müssen die Anforderungen FAR Part 25 §121(b) (2. Segment) und FAR Part 25 §121(d) (missed approach) erfüllt werden.

Für die Rechnung

- Der Faktor für den Anflug $k_{APP} = 1,82$.
- Der Faktor für die Landung k_L wird berechnet aus k_{APP} .
- Der Faktor für den Start k_{TO} wird entsprechend der Vorlesung gewählt.
- Maximaler Auftriebsbeiwert des Flugzeugs in der Landekonfiguration $C_{L,max,L} = 2,98$.
- Maximaler Auftriebsbeiwert des Flugzeugs in der Startkonfiguration $C_{L,max,TO} = 2,58$.
- Zu ermitteln: Die Gleitzahl E in Startkonfiguration und Gleitzahl E in Landekonfiguration mit Streckung $A = 13,0$ (A320: 9,5), $C_{D,0} = 0,02$ und Oswald-Faktor $e = 0,7$.
- Zu ermitteln: Die maximal Gleitzahl im Reiseflug: E_{max} mit Oswald-Faktor $e = 0,783$
 $S_{wet} / S_w = 6,3$, äquivalenter Oberflächenwiderstandsbeiwert $C_{f, equiv} = 0,003$
- Machzahl im Reiseflug: 0,76.
- Das Verhältnis aus Reisefluggeschwindigkeit und der Geschwindigkeit geringsten Widerstands V_{CR}/V_{md} muss so ermittelt werden, dass sich ein vorteilhaftes Entwurfsdiagramm ergibt. Ermitteln Sie V_{CR}/V_{md} so, dass es durch zwei Nachkomma beschrieben wird.
- Das Verhältnis Landemasse zu Startmasse $m_{ML}/m_{MTO} = 0,89$ (A320: 0,88)
- Das Betriebsleermassenverhältnis $m_{OE} / m_{MTO} = 56,1$ % .
- Das Nebenstromverhältnis BPR der beiden CFM-56 Triebwerke ist angegeben mit $\mu = 6$; der schubspezifischen Kraftstoffverbrauch im Reiseflug und im Warteflug $c = 16$ mg/(Ns).
- Nutzen Sie diese Werte für die "Mission-Segment Fuel Fractions": Triebwerksstart: 1,0; Rollen: 0,997; Start: 0,992; Steigflug: 0,992; Sinkflug: 0,992; Landung: 0,992.

Ergebnisse zu Aufgabe 2.1

Bitte tragen Sie hier Ihre Ergebnisse und Zwischenergebnisse zur *A320 Braced* ein!

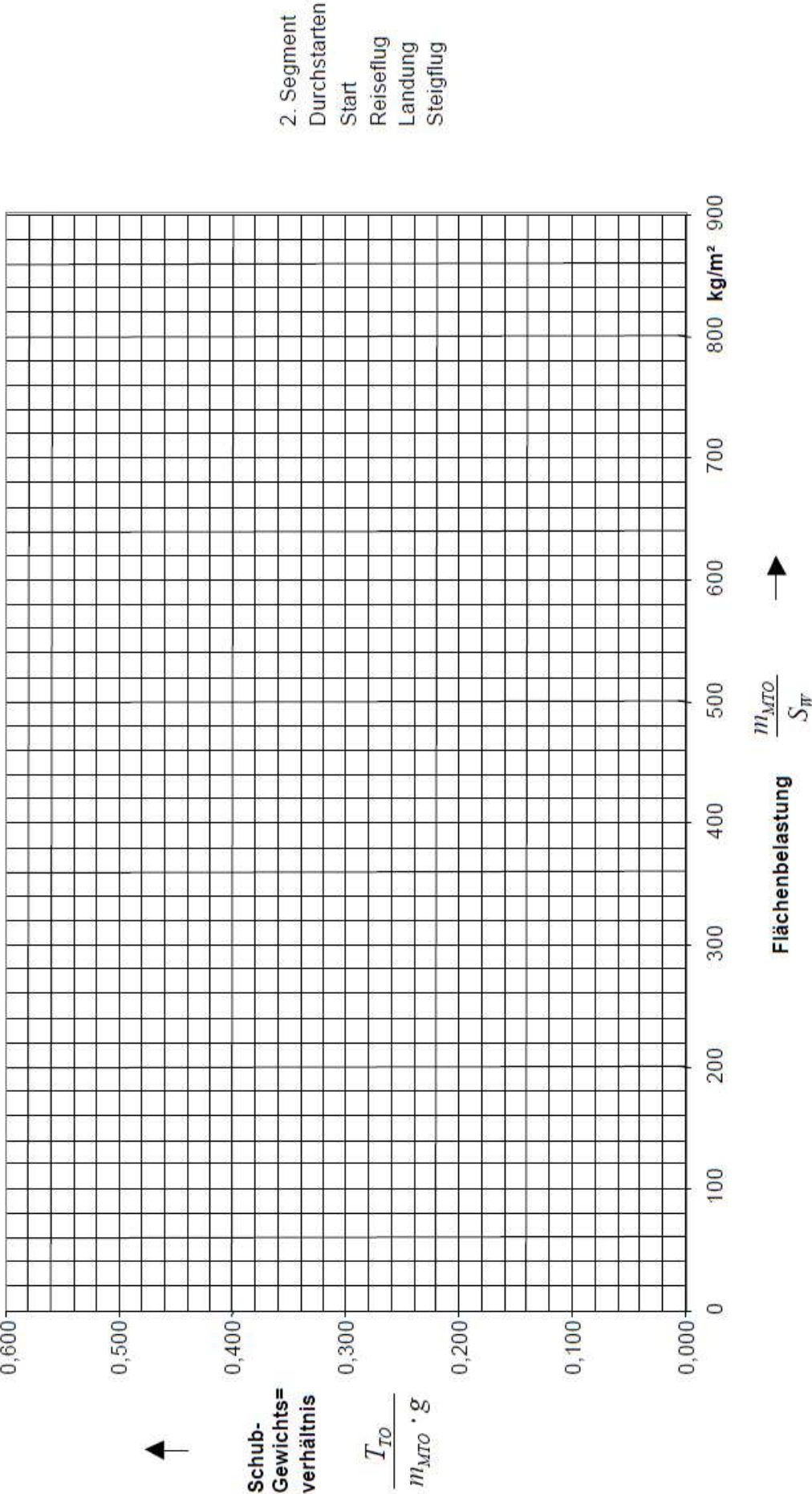
- Flächenbelastung aus Forderung zur Sicherheitslandestrecke:
- Schub-Gewichtsverhältnis aus Forderung zur Sicherheitsstartstrecke (bei der Flächenbelastung, die aus der Landestrecke folgt):
- Gleitzahl im 2. Segment:
- Gleitzahl beim Durchstarten:
- Schub-Gewichtsverhältnis aus der Forderung zum Steiggradienten im 2. Segment:
- Schub-Gewichtsverhältnis aus der Forderung zum Steiggradienten beim Durchstarten:

- Maximale Gleitzahl im Reiseflug E_{max} :
- V_{CR}/V_{md} :
- Entwurfspunkt
 - Schub-Gewichtsverhältnis:
 - Flächenbelastung:
- Reiseflughöhe **in ft**:
- maximale Abflugmasse:
- maximale Landemasse:
- Kraftstoffmasse für den Flug:
- Flügelfläche:
- Schub beider Triebwerke zusammen **in N**:
- erforderliches Tankvolumen:

Geben Sie jetzt für die A320 (Ursprungsdaten) die folgenden Ergebnisse an sowie die Abweichungen der *A320 Braced* dazu in Prozent (also 4 weitere Zahlen):

- Maximale Gleitzahl im Reiseflug E_{max} :
- Kraftstoffmasse für den Flug:

Zeichnen Sie das Entwurfsdiagramm der *A320 Braced* in das gegebene Diagramm!



- 2. Segment
- Durchstarten
- Start
- Reiseflug
- Landung
- Steigflug

Aufgabe 2.2 (2 Punkte)

Nutzen Sie das Programm **PreSTo-Cabin_1.0** (<http://PreSTo.ProfScholz.de>) mit den Daten des Airbus A320. Der Rumpf soll in der Economy Class 6 Passagiere (95% American Male: Body Size of the 40-Year-Old American Male for Year 2000 in One Gravity Conditions) nebeneinander aufnehmen. Kabinenmaße wie im Programm angegeben. Container des Typs LD3-45W sollen im Frachtraum transportiert werden können.

Bestimmen Sie das optimale Verhältnis Kabinenhöhe / Kabinenbreite (bzw. Rumpfhöhe / Rumpfbreite) so, dass der äquivalente Durchmesser des Rumpfes (und somit die benetzte Fläche des Rumpfes) möglichst klein wird! Dabei soll die Lage des Kabinenbodens ebenfalls optimiert werden.

Aufgabe 2.3 (3 Punkte)

Wir betrachten einen Trapezflügel. Die Flügelfläche soll konstant gehalten werden.

- In welchem Verhältnis ändert sich die Spannweite, wenn sich die Streckung ändert?
- In welchem Verhältnis ändert sich die Dicke des Profils, wenn sich die Profiltiefe ändert?
- In welchem Verhältnis ändert sich die Dicke des Flügels an der Wurzel, wenn die Spannweite verändert wird.

Aufgabe 2.4 (4 Punkte)

Wir gehen aus von der Gleichung nach TORENBEEK zur Berechnung der Flügelmasse großer Flugzeuge. Wie ändert sich die Masse des Flügels, wenn die Streckung geändert wird und wenn gleichzeitig auch noch eine Flügelstrebe Anwendung findet?

Aufgabe 2.5 (3 Punkte)

Gegeben sind die beiden Gleichungen (dürften bekannt sein) in denen der Index "md" für "minimum drag" steht:

$$\frac{1}{2} \rho V_{md}^2 \cdot C_{Lmd} \cdot S = mg$$

$$C_{Lmd} = \sqrt{C_{D0} \pi A e}$$

Bei der A320 Braced wird die Streckung so hoch gewählt, dass die Flügelmasse die gleiche ist, wie bei der A320 in der derzeitigen Ausführung. Die Flächenbelastung ist durch die Sicherheitslandstrecke festgelegt. Beide

Flugzeuge fliegen in der Stratosphäre bei gegebener Reiseflugmachzahl. Wie ändert sich die flugmechanisch optimale Flughöhe (höher, tiefer, gleich?) der A320 Braced gegenüber der A320. Begründen Sie Ihre Antwort gründlich.

Aufgabe 2.6 (3 Punkte)

$$F_{max} = k_E \sqrt{\frac{A}{S_{wet}/S_w}}$$

$$C_{D0} = \bar{C}_f \cdot \frac{S_{wet}}{S_w}$$

Gegeben ist diese Gleichung zur Abschätzung der maximalen Gleitzahl. Weiterhin gibt es eine Gleichung zur Abschätzung des Nullwiderstandsbeiwertes aus der benetzten Fläche und dem äquivalenten Oberflächenwiderstandsbeiwert.

Ergänzen Sie die Ausführungen und leiten Sie daraus eine Gleichung zur Berechnung des Faktors k_E her!