



DEPARTMENT FAHRZEUGTECHNIK UND FLUGZEUGBAU

Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME

Flugzeugentwurf SS 2009

Datum: 08.07.2009

Bearbeitungszeit: 180 Minuten

Name:	Vorname:
Matrikelnummer.:	
Punkte: von 70	Note:

1. Klausurteil

29 Punkte, 60 Minuten

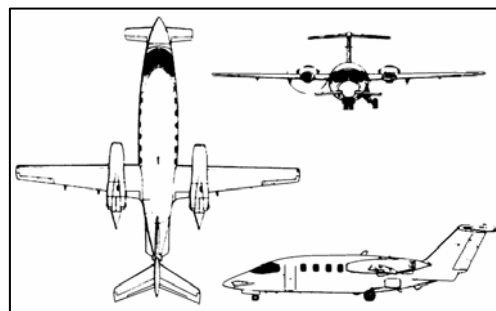
1.1) Nennen Sie die entsprechende Bezeichnung folgender Luftfahrtausdrücke in deutscher Sprache. **Schreiben Sie deutlich; unleserliche Schreibweise führt zu Punktabzug!**

1. loiter
2. buffet onset boundary
3. lift-to-drag ratio
4. dihedral
5. cargo
6. mass break down
7. trolley
8. seaplane
9. center of pressure
10. descent
11. empennage
12. vertical fin

1.2) Nennen Sie die entsprechende Bezeichnung folgender Luftfahrtausdrücke in englischer Sprache. **Schreiben Sie deutlich; unleserliche Schreibweise führt zu Punktabzug!**

1. Drachenflugzeug
2. Reiseflug
3. Überziehgeschwindigkeit
4. Wölbung
5. Startstrecke
6. Gang
7. Flügelfläche
8. Entwurfsdiagramm
9. Anstellwinkel
10. Version, verkürzte
11. Pfeilung, rückwärts
12. Schub-Gewichtsverhältnis

1.3) Wie bezeichnet man diese Flugzeugkonfiguration, und nennen Sie zwei weitere.



1.4) Nennen Sie vier 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:

2:

3:

4:

1.5) Ergänzen Sie:

1 ft	=	_____ m
0 °C	=	_____ °F
1 kn	=	_____ km/h
1 lb	=	_____ kg

1.6) Ordnen Sie die Zulassungsvorschriften den jeweiligen Flugzeugen zu!

FAR Part 25	<input type="radio"/>	Cessna C172
CS-23 (commuter aeroplanes)	<input type="radio"/>	Boeing B737
CS-23 (normal, utility and aerobatic aeroplanes)	<input type="radio"/>	Dornier Do228

1.7) Wofür stehen die Abkürzungen RC und NRC? Nennen Sie jeweils ein Beispiel aus Sicht einer Fluggesellschaft!

RC		
NRC		

1.8) Worin unterscheiden sich die FAR Part 25 und die CS-25 hinsichtlich der Anforderung "Durchstarten nach Missed Approach"? Welche stellt den höheren Anspruch dar?

Beim Nachweis gemäß FAR Part 25	
Beim Nachweis gemäß CS-25	
Höherer Anspruch:	<input type="radio"/> CS-25 <input type="radio"/> FAR Part 25

1.9) Welche Steigrate ist gemäß CS-25 im zweiten Segment für ein Flugzeug mit zwei Triebwerken bei einem Triebwerksausfall nach dem Start nachzuweisen? Antwort: _____ %

1.10) Welchen Wert nimmt der Oswald-Faktor e etwa an bei Transportflugzeugen

a) in Reiseflugkonfiguration?	<input type="radio"/> 0,55	<input type="radio"/> 0,7	<input type="radio"/> 0,85	<input type="radio"/> 1,0	<input type="radio"/> 1,15
b) in Landekonfiguration?	<input type="radio"/> 0,55	<input type="radio"/> 0,7	<input type="radio"/> 0,85	<input type="radio"/> 1,0	<input type="radio"/> 1,15

1.11) Was versteht man unter den Geschwindigkeiten V_1 , V_2 , V_R , V_{APP} und $V_{S,L}$?

V_1	
V_2	
V_R	
V_{APP}	
$V_{S,L}$	

1.12) Nennen Sie die BREGUETSche Reichweitengleichung für einen Jet und benennen Sie die verwendeten Symbole!

Reichweite $R =$	

1.13) Die Spannweite eines Flugzeugs mit Trapezflügel (Pfeilwinkel der Hinterkante: 0°) beträgt $b = 8$ m, die Flügelfläche $S = 20$ m² und die Zuspitzung $\lambda = 0,25$. Berechnen Sie:

- a) die Profiltiefe an der Flügelwurzel, $c_r = \underline{\hspace{2cm}}$ m
- b) die Profiltiefe an der Flügelspitze, $c_t = \underline{\hspace{2cm}}$ m
- d) die Streckung $A = \underline{\hspace{2cm}}$

1.14) Nennen Sie **fünf** der sieben Anforderungen, die in die Flugzeugdimensionierung eingehen!

1:	4:
2:	5:
3:	

1.15) Die effektive Flügelstreckung berücksichtigt im Gegensatz zur geometrischen Streckung den Einfluss von Winglets von Superkritischen Profilen
 der Klappenstellung der Machzahl

1.16) Die Abbildung rechts zeigt eine _____ - Klappe.



1.17) Wie heißen die drei charakteristischen Reichweiten eines Transportflugzeugs?

1:

2:

3:

1.18) Complete: The world annual air traffic growth in terms of RPK is expected to be about ___ % for the next 20 years.

1.19) Erklären Sie **kurz** den Begriff "Fuel Hedging".

1.20) Was versteht man unter "wing wharping"?

1.21) What are contrails? How is it possible to avoid contrail formation?

1.22) ETRW is the ratio of energy liberated to revenue work done. What needs to be done to reduce ETRW and hence to get an optimum airplane? (Name a minimum of 4 measures!)

1:

2:

3:

4:

1.23) Wie unterscheidet sich der englische Begriff "design" vom deutschen Begriff "Design"?

1.24) What is science?

1.25) Ist es realistisch anzunehmen, dass bis zum Jahr 2020 der Kraftstoffverbrauch der Flugzeuge auf 50 % des Wertes des Jahres 2000 gesenkt werden kann? Warum oder warum nicht?

1.26) Wie könnten erneuerbare Energien in das Flugzeug gelangen?

2. Klausurteil

Name: _____

41 Punkte, 120 Minuten, mit Unterlagen und Laptop

Aufgabe 2.1 (21 Punkte)

Es soll ein Suchoi Superjet 100-95 überschlägig nachentworfen werden. Dazu ist die Dimensionierung mit Hilfe der Tabellenkalkulation aus der Vorlesung vorzunehmen.

Folgende Forderungen werden an das Flugzeug gestellt:

- Nutzlast: 98 Pax mit Gepäck (je 97,5 kg) für einen Flug wie angegeben, keine Zusatzfracht.
- Reichweite 1590 NM bei oben gegebener Nutzlast (Reserven gemäß FAR Part 121 domestic, Flugstrecke zum Ausweichflugplatz: 200 NM, Missionskraftstofffaktoren nach dem Berechnungsschema).
- Sicherheitsstartstrecke $s_{TOFL} \leq 1534$ m (ISA, MSL).
- Sicherheitslandestrecke $s_{LFL} \leq 1534$ 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 $C_{L,max,L} = 3,11$.
- Korrelationsfaktor für den Landeanflug k_L gemäß Berechnungsschema.
- Maximaler Auftriebsbeiwert des Flugzeugs in Startkonfiguration $C_{L,max,TO} = 2,255$.
- Zu ermitteln: Gleitzahl E in Startkonfiguration und Gleitzahl E in Landekonfiguration. Dabei: Flügelstreckung $A = 10,04$, $C_{D,0} = 0,02$ und Oswaldfaktor $e = 0,7$.
- E_{max} im Reiseflug ist zu ermitteln mit $S_{wet}/S_w = 6,1$ und $k_E = 13,35$.
- Oswald-Faktor im Reiseflug $e = 0,85$.
- Die Machzahl im Reiseflug beträgt $0,78$.
- Das Verhältnis von Reisefluggeschwindigkeit zur Geschwindigkeit des geringsten Widerstands V_{CR}/V_{md} ist so zu bestimmen, dass sich ein günstiges Entwurfsdiagramm ergibt (zwei Nachkommastellen)!
- Das Verhältnis aus maximaler Landemasse zu maximaler Startmasse beträgt $m_{ML}/m_{MTO} = 0,927$.
- Der Betriebsleermassenanteil m_{OE}/m_{MTO} wird mit $0,5618$ angenommen.
- Das Nebenstromverhältnis (BPR) der zwei PowerJet SaM146-Triebwerke beträgt: $\mu = 4,43$; ihr schubspezifischer Kraftstoffverbrauch im Reise- und Warteflug wird angenommen mit $c = 17$ mg/(Ns).

Bestimmen Sie:

- die Reiseflughöhe,
- die maximale Abflugmasse
- die maximale Landemasse,
- die Flügelfläche,
- den notwendigen Schub eines einzelnen Triebwerks und
- das erforderliche Tankvolumen
- Tragen Sie Ihre Ergebnisse in das Formblatt ein (mit allen dort geforderten Zwischenwerten)!
Zeichnen Sie das Entwurfsdiagramm!

Ergebnisse zu Aufgabe 2.1

Bitte tragen Sie hier Ihre Ergebnisse und Zwischenergebnisse ein!

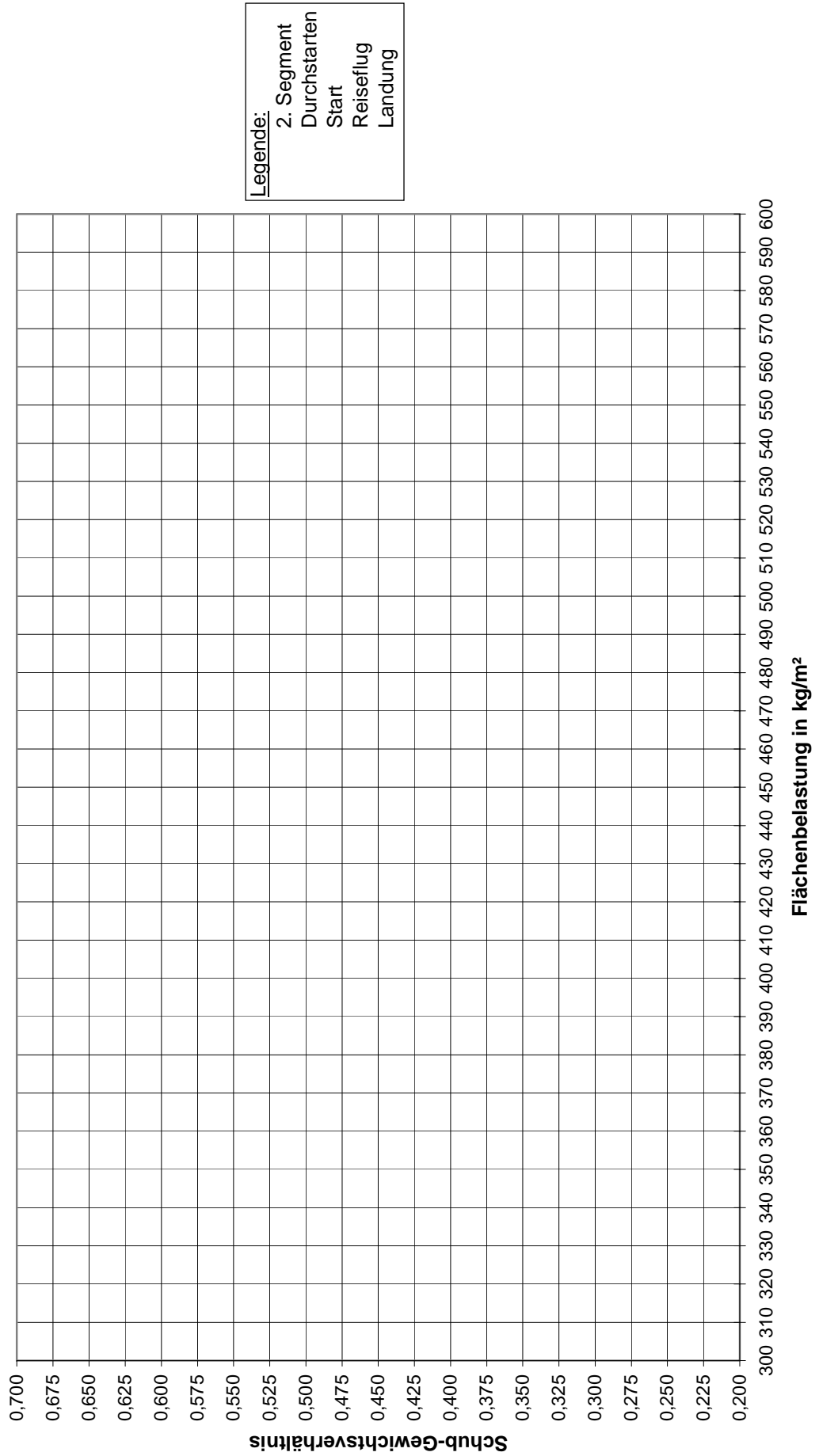
- Flächenbelastung aus Forderung zur Sicherheitslandestrecke:
- Schub-Gewichtsverhältnis / Flächenbelastung aus Forderung zur Sicherheitsstartstrecke:

- 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:
- V_{CR}/V_{md} :
- Entwurfspunkt
 - Schub-Gewichtsverhältnis:
 - Flächenbelastung:
- Reiseflughöhe (**FL**, auf volle Zehnerstelle gerundet, z. B. 210, 220, 230,...):
- maximale Abflugmasse **in kg**:
- maximale Landemasse **in kg**:
- Flügelfläche **in m²**:
- Schub eines Triebwerks **in N**:
- erforderliches Tankvolumen **in m³**:

Entwurfsdiagramm



Aufgabe 2.2 (3 Punkte)

Ein Flugzeug mit zwei Triebwerken ist charakterisiert durch:

- Gleitzahl in Landekonfiguration: 10
- Verhältnis aus maximaler Landemasse und maximaler Startmasse: 0,9

Berechnen Sie das **Schub-Gewichtsverhältnis**, welches sich ergibt aus der Forderungen für das Durchstarten gemäß FAR Part 25. Hinweis: Das Schub-Gewichtsverhältnis wird immer so angegeben, dass es sich auf die maximale Startmasse bezieht.

Aufgabe 2.3 (7 Punkte)

Der Gesamtwiderstand eines Passagierflugzeuges setzt sich aus einem vom Auftrieb unabhängigen Anteil $C_{D,P}$ (Profilwiderstand) und einen davon abhängigen Anteil C_{Di} (induzierter Widerstand) zusammen:

$$C_D = C_{D,P} + C_{Di} = C_{D,P} + \frac{C_L^2}{\pi \cdot A \cdot e}$$

- Der **Nullwiderstand** eines Passagierjets (ähnlich einer B727) wird mit 150 cts angegeben, die Reiseflugmachzahl mit 0.83. Berechnen Sie den Profilwiderstand unter der Annahme einer kritischen Machzahl von 0.65. (Stichwort: Wellenwiderstand!)
- Mit Hilfe dieser Angaben soll nun die **maximale Gleitzahl** im Reiseflug, und der **Gesamtwiderstand** bei maximaler Gleitzahl ermittelt werden. (Stichworte: Lilienthalpolare, erste Ableitung, Maxima oder Minima).

Weitere Angaben:

$$A = 9.5$$

$$e = 0.8$$

$$\text{aus } \left(\frac{g}{h}\right)' = \frac{g' \cdot h - g \cdot h'}{h^2} \quad \text{folgt} \quad \frac{dC_L / C_D}{dC_L} = \frac{C_{D,P} - \frac{C_L^2}{\pi \cdot A \cdot e}}{\left(C_{D,P} - \frac{C_L^2}{\pi \cdot A \cdot e}\right)^2}$$

Aufgabe 2.4 (6 Punkte)

Durch unterschiedliche Definitionen der Flügelfläche eines Flugzeugs liegen für ein und dasselbe Flugzeuge zwei verschiedene Referenzflügelflächen vor. Dabei ist die Referenzflügelfläche nach Definition 2 um 12 % größer als die Referenzflügelfläche nach Definition 1.

In welchem **Verhältnis** stehen die folgenden Parameter:

- Streckung 1 zu Streckung 2?
- Auftriebsbeiwert 1 zu Auftriebsbeiwert 2?
- Induzierter Widerstandsbeiwert 1 zu induzierter Widerstandsbeiwert 2?
- Induzierter Widerstand 1 zu induzierter Widerstand 2?

Aufgabe 2.5 (4 Punkte)

Zur Berechnung der DOC wird auch ein **durchschnittlicher Zinssatz** des zur Finanzierung des Flugzeugs erforderlichen Kapitals benötigt. Berechnen Sie diesen! Zinssatz, nominal 7%, Abschreibung über 15 Jahre, vollständige Tilgung des Kredits nach 14 Jahren.