



DEPARTMENT FAHRZEUGTECHNIK UND FLUGZEUGBAU

Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME

Flugzeugentwurf SS 07

Datum: 12.07.2007

Bearbeitungszeit: 180 Minuten

Name:		Vorname:	
Matrikelnummer.:			
Punkte:	von 59	Note:	

1. Klausurteil

22 Punkte, 45 Minuten

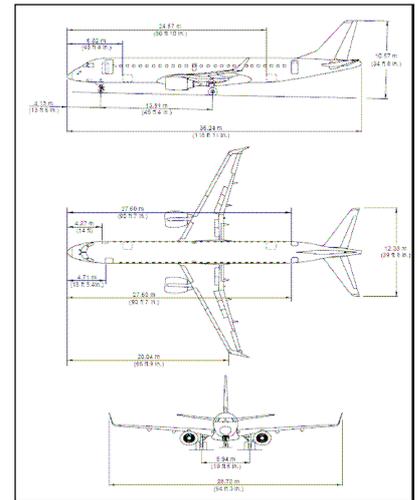
1.1) Nennen Sie die entsprechende Bezeichnung folgender Luftfahrtausdrücke in deutscher Sprache.

1. canard
2. cruciform tail
3. loiter
4. dorsal fin
5. (mean) camber line
6. preliminary sizing
7. braced wing
8. friction drag
9. rear spar
10. tail strike
11. airport performance
12. approach

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

1. Entwicklungsbeginn
2. Nutzlast
3. Vorderkante
4. Drachenflugzeug
5. Dreiseitenansicht
6. Indienststellung
7. Rumpf
8. Flughandbuch
9. Wölbung
10. Flügelstreckung
11. Fahrwerk
12. Gleitzahl

1.3) Gezeigt ist die Dreiseitenansicht einer Embraer ERJ-190. 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) Was versteht man unter "deep stall"?

1.5) Der Wellenwiderstandsbeiwert hat den Wert 0,002. Wie nennt man die Machzahl, bei der das Flugzeug gerade fliegt?

1.6) Warum wird bei Passagierflugzeugen als Tiefdecker in der Regel ein Doppeltrapezflügel eingesetzt mit einem Knick in der Flügelhinterkante?

1.7) Der konische Teil der Rumpfnase eines konventionellen Unterschallverkehrsflugzeugs sollte etwa die 1,7- bis 1,85-fache Länge des Rumpfdurchmessers aufweisen. Was wären die Folgen, wenn man dieses Maß deutlich über- bzw. unterschreitet?

1.8) Was sind RC und NRC aus Sicht des Flugzeugherstellers?

1.9) Welche Masse kann im Flugzeugentwurf angesetzt werden für einen Passagier einschließlich seines Gepäcks bei einem Kurz- und Mittelstreckenflug?

1.10) Durch welche **drei** Prinzipien vergrößert eine Fowler-Doppelspaltklappe den Auftrieb?

1.11) Erklären Sie kurz das "Square-Cube-Law"!

1.12) Welche Nachteile ergeben sich aus der Positionierung der Triebwerke unter den Tragflächen?

1.13) Nennen Sie die Gleichung mit der aus Nutzlast, Kraftstoffanteil und Betriebsleermassenanteil, die Abflugmasse berechnet werden kann!

1.14) Beschreiben Sie kurz die Vor- und Nachteile von empirischen gegenüber analytischen Methoden der Masseabschätzung von Flugzeugen und ihrer Komponenten!

1.15) Es soll ein Flugzeug für 215 Passagiere gebaut werden. Wie viel Sitze für Flugbegleiter (flight attendants) müssen mindestens vorgesehen werden?

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

1.17) Auf welche Sinkrate (Landestoß) muss ein Hauptfahrwerk ausgelegt werden?

1.18) Nach CS 25.803 (und weiteren Vorschriften) muss die Notevakuierung eines Flugzeugs innerhalb von 90 s erreicht werden. Wie viel Prozent der Türen stehen dabei zur Verfügung?

1.19) Was versteht man in der Luftfahrt unter "Global Market Forecast"? Nennen Sie Zahlen für den Passagierluftverkehr und den Frachtluftverkehr in diesem Zusammenhang!

2. Klausurteil

37 Punkte, 135 Minuten

Aufgabe 2.1 (17 Punkte)

Es soll das Kurz- und Mittelstreckenflugzeug (siehe 1. Klausurteil) Embraer ERJ-190 nachentworfen werden. Dazu ist die Dimensionierung mit Hilfe der Tabellenkalkulation aus der Vorlesung vorzunehmen.

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

- Nutzlast: 100 Passagiere mit Gepäck, Zusatzfracht 500 kg.
- Reichweite 2400 NM bei oben gegebener Nutzlast (Domestic Reserves nach FAR Part 121, Flugstrecke zum Ausweichflugplatz: 100 NM, Missionskraftstofffaktoren nach dem Berechnungsschema).
- Maximale Nutzlast: 12760 kg .
- Reiseflugmachzahl $M_{CR} = 0,78$.
- Sicherheitsstartstrecke $s_{TOFL} \leq 2056$ m (Standardatmosphäre in Meereshöhe).
- Sicherheitslandestrecke $s_{LFL} \leq 1323$ 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:

- Faktor: $k_{APP} = 1,80 \text{ (m/s}^2\text{)}^{0.5}$ (etwas überdurchschnittliche Bremsseigenschaften).
- Maximaler Auftriebsbeiwert des Flugzeugs in Landekonfiguration $C_{L,max,L} = 2,94$.
- Maximaler Auftriebsbeiwert des Flugzeugs in Startkonfiguration $C_{L,max,TO} = 1,84$.
- Zu ermitteln: Gleitzahl E in Startkonfiguration und Gleitzahl E in Landekonfiguration. Dabei: Flügelstreckung $A = 8,92$, $C_{D,0} = 0,02$ und Oswaldfaktor $e = 0,7$.
- E_{max} im Reiseflug zu ermitteln mit $S_{wet} / S_w = 6,1$ und äquivalentem Oberflächenwiderstandsbeiwerts $\overline{C_f} = 0,00326$.
- Oswald-Faktor im Reiseflug $e = 0,85$.
- V_{md} ist die Fluggeschwindigkeit für minimalen Widerstand. Das Geschwindigkeitsverhältnis V/V_{md} im Reiseflug ist so zu bestimmen, dass sich ein günstiges Entwurfsdiagramm ergibt!
- Das Verhältnis aus maximaler Landemasse und maximaler Startmasse wird zunächst angenommen mit $m_{ML} / m_{MTO} = 0,855$.
- Das Verhältnis aus Betriebsleermasse und maximaler Startmasse (der Betriebsleermassenanteil m_{OE} / m_{MTO}) wird mit 0,551 angenommen.
- Nebenstromverhältnis (BPR) der modernen Triebwerke wird angenommen mit: $\mu = 5,4$.
- Schubspezifischer Kraftstoffverbrauch im Reiseflug und Warteflug wird für das Triebwerk angenommen mit $c = 19,8 \text{ mg/(Ns)}$.

Berechnen Sie:

- V/V_{md} im Reiseflug
- Reiseflughöhe (in ft)
- die maximale Abflugmasse, die maximale Landemasse, die Betriebsleermasse
- die Flügelfläche, den Schub aller Triebwerke gemeinsam, das erforderliche Tankvolumen.

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

Aufgabe 2.2 (2 Punkte)

Schätzen Sie die im Entwurf (maximal) zu wählende relative Dicke des Flügels ab! Der Auftriebsbeiwert im Reiseflug beträgt 0,25. Sie haben ein Profil der NACA-6-Serie gewählt. Der Flügel soll eine Pfeilung von 15° erhalten. Das Flugzeug soll im Reiseflug mit einer Machzahl von 0,72 fliegen. Dies ist auch die Machzahl des Widerstandsanstiegs. Nutzen Sie für Ihre Rechnung die Gleichung aus der Vorlesung nach TORENBECK!

Aufgabe 2.3 (3 Punkte)

Ein Flugzeug hat einen Rechteckflügel mit konstanter relativen Dicke. Das Tankvolumen beträgt 1000 l. Schätzen Sie das Tankvolumen ab bei einer Zuspitzung des Flügels mit $\lambda = 0,2$.

Aufgabe 2.4 (3 Punkte)

An einem Flugzeug wurde bei einer Machzahl $M = 0,7$ ein Nullwiderstandsbeiwert von 0,02 bestimmt. Welchen Nullwiderstandsbeiwert erwarten Sie bei $M = 0,2$?

Aufgabe 2.5 (2 Punkte)

Ein Trapezflügel hat eine Streckung von 10, einen Pfeilwinkel der 25%-Linie von 30° und eine Zuspitzung $\lambda = 0,3$. Welchen Pfeilwinkel zeigt die 50%-Linie?

Aufgabe 2.6 (5 Punkte)

a) Der Beiwert $C_{N,\beta,F}$ liefert ein Giermoment N verursacht durch einen Schiebewinkel β aufgrund einer aerodynamischen Wirkung am Rumpf (fuselage, F). Schätzen Sie diesen Beiwert ab nach Vorlesungsskript (basierend auf DATCOM)!

b) Zitat aus: JUST, W.: *Flugmechanik*. Stuttgart : Flugtechnik, 1965

Der Flügel [F] bringt normalerweise keinen allzugroßen Beitrag [zum Giermoment]. Wir haben hier eine Abhängigkeit von der Flügelstreckung Λ , der Zuspitzung τ , der V-Form ν [in rad] und der Pfeilform ρ_{25} . Ganz überschläglich gilt für den Flügel

$$C_{N,\beta,F} = -0,01 - \left(0,013 + \frac{0,17}{\Lambda}\right) \cdot C_A^2 + (0,1 + 0,015 \cdot \Lambda) \cdot C_A \cdot \nu - 0,1 \cdot \tan \rho_{25} \cdot C_A^2$$

Just definiert (anders als DATCOM) einen Schiebewinkel von links als positiv!

Können Sie die Aussage im ersten Satz des Zitates bestätigen? Begründen Sie Ihre Aussage mit Bezug zur Teilaufgabe a)!

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: $5,1^\circ$

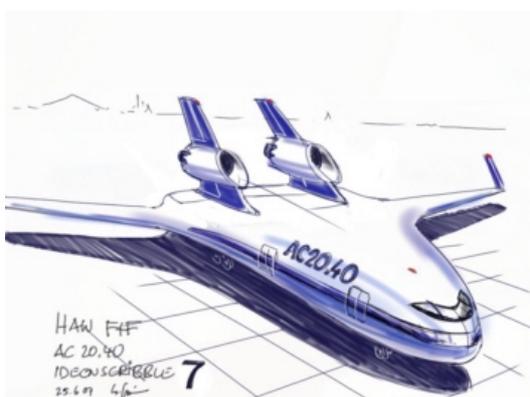
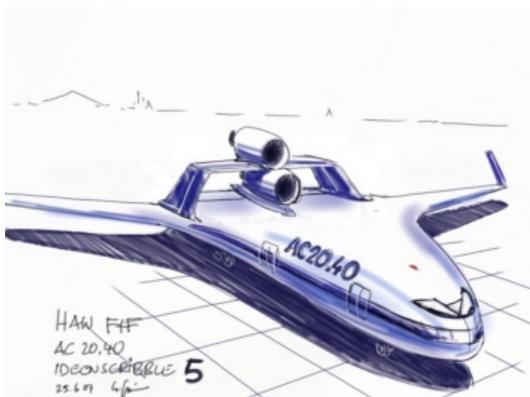
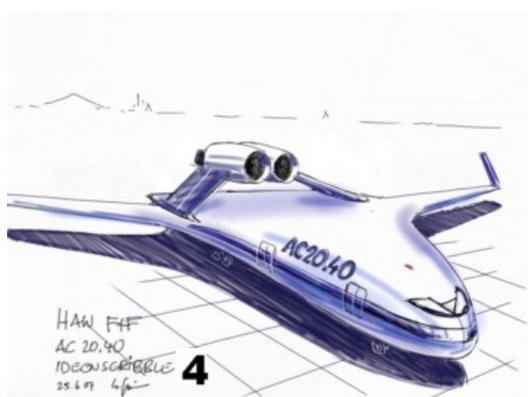
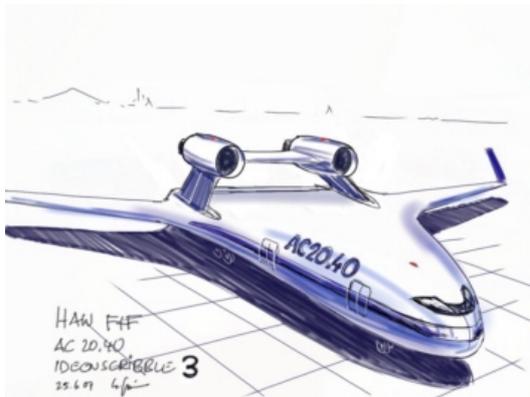
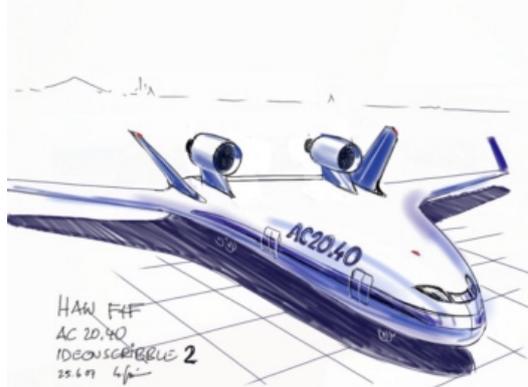
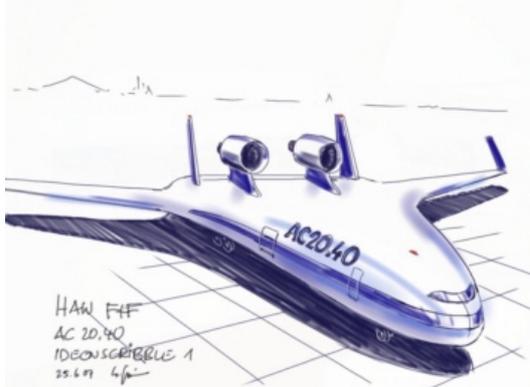
Pfeilwinkel der 25%-Linie: 25°

Auftriebsbeiwert: 0,28

Schwerpunkt ist in der Mitte des Rumpfes angenommen. Die Reynoldszahl beträgt etwa 10^8 .

Aufgabe 2.7 (5 Punkte)

Gegeben sind 7 Vorschläge mit Varianten der Triebwerksintegration eines Blended Wing Body (BWB). Kommentieren Sie jeden der 7 Vorschläge zunächst einzeln! Beachten Sie dabei alle Abschnitte der Vorlesung Flugzeugentwurf. Wählen Sie eine Variante aus, die Sie für den besten (Kompromiss-)Vorschlag halten und schreiben Sie für diese Variante die Vor- und Nachteile auf!



Ergebnisse zu Aufgabe 2.1

Bitte tragen Sie hier Ihre Ergebnisse und Zwischenergebnisse ein!

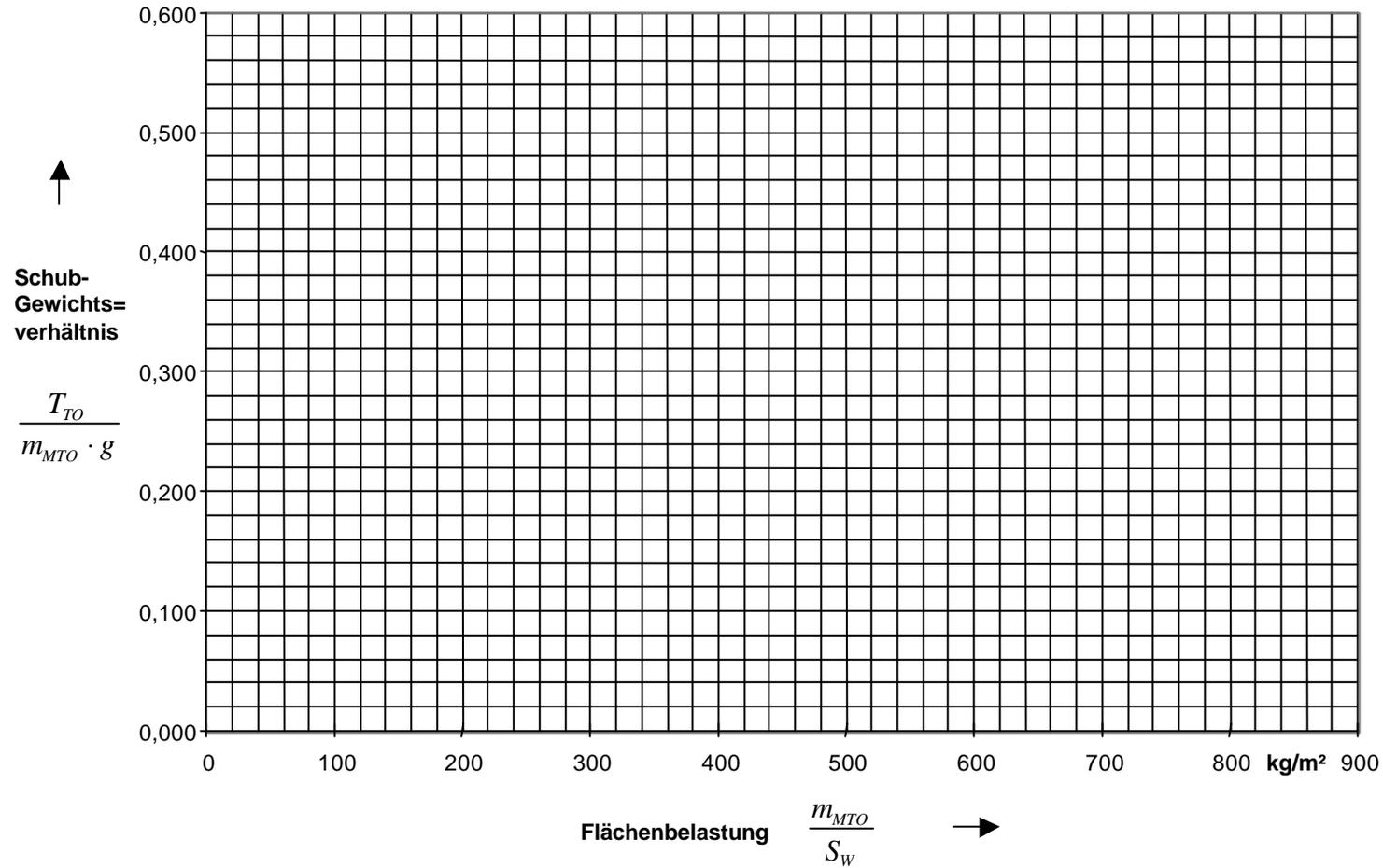
- Flächenbelastung aus Forderung zur Sicherheitslandestrecke:
- Schub-Gewichtsverhältnis / Flächenbelastung aus Forderung zur Sicherheitsstartstrecke:

- 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:
- Geschwindigkeits-Verhältnis V/V_{md} :
- 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
Steigflug