



Flugmechanik mit Labor (FML) WS 13/14

Datum: 24.01.2014

Bearbeitungszeit: 180 Minuten

Name:	Vorname:	
Matrikelnummer.:		
Punkte:	von 62 Punkten.	Note:

1. Klausurteil

(keine Hilfsmittel - 60 Minuten - 28 Punkte)

1.1) Nennen Sie die entsprechende Bezeichnung folgender Luftfahrtausdrücke in englischer Sprache! Schreiben Sie so deutlich, dass ich die korrekte Rechtschreibung beurteilen kann! (3 Punkte)

1. Lastvielfaches
2. Leitwerksvolumen
3. loses Ruder
4. negative V-Form
5. Neutralpunkt (des Flugzeugs)
6. Neutralpunkt (des Profils, des Flügels oder der Flügel-Rumpfkombination)
7. Nullwiderstand
8. Nurflügler
9. Nutzlast
10. Oberflächenwiderstand
11. Profilsehne
12. Profiltiefe

1.2) Nennen Sie die entsprechende Bezeichnung folgender Luftfahrtausdrücke in deutscher Sprache! (3 Punkte)

1. longitudinal dynamic stability
2. mean aerodynamic chord
3. mean sea level
4. operating empty mass
5. performance
6. piston
7. pressure height
8. pull out maneuver
9. range
10. rate of climb
11. reverse thrust
12. rudder

Hinweise:

- Zu den Multiple-Choice-Aufgaben kann jede Antwort richtig sein oder auch gar keine. Eine beliebige Kombination ist möglich!
- **Markieren Sie die richtigen Aussagen hier im Aufgabenblatt.**
- Geben Sie alle Aufgabenzettel ab!
- Wenn nicht anders angegeben gibt jede Aufgabe einen Punkt.

1.3) Es geht um den Zusammenhang zwischen der geometrischen Höhe (h) und der geopotentielle Höhe (H). r_e ist der Radius der Erde. Welche Gleichung(en) ist (sind) richtig?

A
$$H = \frac{1}{g_0} \int_0^h g(h) ds$$

B
$$H = \int_0^h \frac{r_e^2}{(r_e + h)^2} ds$$

C
$$H = \frac{r_e h}{r_e + h}$$

- 1.4) A „Im Winter sind die Berge Höher.“
 B Die Druckhöhe steigt mit steigender Temperatur.
 C Die Kabinenhöhe sinkt, wenn ein Fenster heraus fällt.

- 1.5) A QNH: Bezug Flugplatz QFE: Bezug MSL FL: Bezug 1013 hPa
 B QNH: Bezug Flugplatz QFE: Bezug 1013 hPa FL: Bezug MSL
 C QNH: Bezug MSL QFE: Bezug Flugplatz FL: Bezug 1013 hPa
 D QNH: Bezug MSL QFE: Bezug 1013 hPa FL: Bezug Flugplatz
 E QNH: Bezug 1013 hPa QFE: Bezug Flugplatz FL: Bezug MSL
 F QNH: Bezug 1013 hPa QFE: Bezug MSL FL: Bezug Flugplatz

1.6) Welche Instrumentenanordnung ist üblich?

- A 1 3 5 B 1 3 6 C 1 3 6 D 1 3 2
 2 4 6 2 4 5 5 4 2 5 4 6

Dabei ist:

- 1.) Fahrtmesser
- 2.) Variometer
- 3.) Künstlicher Horizont
- 4.) Kurskreisel
- 5.) Kurvenkoordinator
- 6.) Höhenmesser

1.7) Welche Umrechnungsreihenfolge(n) ist(sind) korrekt?

- A IAS => EAS => CAS => TS => GS
 B IAS => CAS => EAS => TS => GS
 C $V_I \Rightarrow V_C \Rightarrow V_E \Rightarrow V \Rightarrow V_G$
 D $V_I \Rightarrow V_E \Rightarrow V_C \Rightarrow V \Rightarrow V_G$

1.8) Welche Gleichung(en) ist(sind) richtig?

A $V = \frac{V_E}{\sqrt{\sigma}}$ B $V_E = \frac{V}{\sqrt{\sigma}}$ C $V_E \sqrt{\sigma} = V$

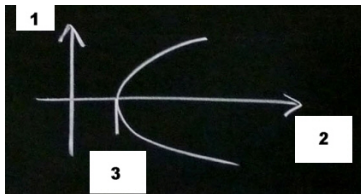
1.9) Ein Flügel hat eine ungefeilte Vorderkante und ein Zuspitzung $\lambda = 0,5$. Die 25%-Linie ist ...

- A ungefeilt
- B rückwärts gefeilt
- C vorwärts gefeilt

1.10) Angenommen, es würde ein Flugzeug gebaut werden mit (durch den Piloten) während des Fluges veränderbaren Einstellwinkel (incidence angle) des Flügels (zum Rumpf). Der Rumpf trage nicht zum Gesamtauftrieb bei. Wenn jetzt ein Pilot dieses Flugzeug im Horizontalflug hält und gleichzeitig den Einstellwinkel vergrößert, dann würde ...

- A der Anstellwinkel größer werden
- B der Auftrieb zu nehmen
- C das Flugzeug die Nase nach unten nehmen
- D das Flugzeug die Nase nach oben nehmen
- E die Lage des Flugzeugs im Raum unverändert bleiben

1.11) Beschriften Sie die Polare an den drei Stellen:



1.12) Wie startet man (mit einem kleineren Flugzeug) sicherer, wenn in beiden Fällen (A oder B) die Startstrecke gleich lang ist?

- A Bergauf gegen den Wind
- B Bergab mit dem Wind
- C Es gibt keinen Unterschied, A und B sind gleich sicher

1.13) Wie erreicht man beim Landen die kürzeste Landstrecke (mit einem kleineren Flugzeug)?

- A steil anfliegen
- B anfliegen mit der normalen Anfluggeschwindigkeit ($V_{APP} = 1,3 V_S$)
- C anfliegen mit leicht erhöhter Anfluggeschwindigkeit $V_{APP} = 1,3 V_S + 5 \text{ kt}$
- D nicht (oder sehr wenig) abfangen und mit einem kräftigen Stoss aufsetzen
- E möglichst weich aufsetzen (durch ausgeprägten Abfangbogen)
- F nach dem Aufsetzen sofort stark bremsen – schon bevor das Bugrad aufgesetzt wurde

1.14) Wie viele Bedingungen müssen erfüllt sein, damit ein Flugzeug bezüglich der Längsbewegung statisch stabil fliegt? *Geben Sie die ganze Zahl hier an:*

1.15) Welchen Steiggradienten muss ein Flugzeug mit 2 Triebwerken nach dem Start mindestens erreichen, wenn bereits ein Triebwerk ausgefallen ist (Fahrwerk bereits eingefahren)? *Geben Sie den Prozentwert hier an:*

- 1.16) Welche Möglichkeiten bestehen eine statische Stabilität der Längsbewegung für Nurflügelflugzeuge (flying wings) zu erreichen?
- A Den Schwerpunkt hinter den Neutralpunkt legen.
 - B Den Schwerpunkt vor den Neutralpunkt legen.
 - C Anwendung eines S-Schlagprofils.
 - D Klappen an der Flügelhinterkante nach oben ausschlagen.
 - E Einen Pfeilflügel vorsehen und gleichzeitig eine Flügelverwindung, die außen weniger Auftrieb liefert.

Fragen zur Vortragsreihe

- 1.17) Ein Entwicklungsbetrieb ist zugelassen nach EASA Part /J, ein Herstellbetrieb nach EASA Part / G und ein Instandhaltungsbetrieb nach EASA Part *Bitte ergänzen Sie die drei Zahlen oben!*
- 1.18) „Sänger“ ist ein -stufiges Raumtransportsystem.
Bitte ergänzen Sie die Zahl oben!
- 1.19) Beim Flug über ausgestreckte Hochgebirge sind diese Notsituationen kritisch (und hinreichend wahrscheinlich, so dass eine Betrachtung erforderlich ist):
- A Ausfall eines oder mehrerer Triebwerke.
 - B Ausfall der Kabinendruckanlage.
 - C Ausfall der APU.
 - D Ausfall aller chemischen Sauerstoffgeneratoren.
- 1.20) Der übliche Sauerstoffvorrat in chemischen Sauerstoffgeneratoren ist ausreichend, um im Notfall die innerasiatischen Hochgebirge mit einer Kabinenhöhe von deutlich über 10000 ft zu überfliegen.
- A ja, richtig
 - B nein, falsch
 - C keine Ahnung, weiß ich nicht
- 1.21) Der kürzeste Weg zwischen zwei Punkten auf der Erde ist der ...
Bitte ergänzen Sie das fehlende Wort oben!
- 1.22) Der schnellste Weg zwischen zwei Punkten auf der Erde ist der ...
Bitte ergänzen Sie das fehlende Wort oben!
- 1.23) Voraussetzung zum regelmäßigen Befliegen der innerasiatischen Hochgebirge waren ...
- A Etablierung angemessener bordseitiger Notverfahren
 - B Etablieren der Nachrichten- und Meldesysteme für Flugsicherung und Flugwetterdienst
 - C Schaffung einer bodenseitigen Infrastruktur
- 1.24) Unter “drift down” versteht man ...
- A einen Continuous Decent Approach (CDA)
 - B einen Sinkflug auf die Flughöhe, die mit einem ausgefallenen Triebwerk (OEI) noch zu erreichen ist
 - C einen Anflug auf den Ausweichflugplatz, wenn alle Triebwerke ausgefallen sind

2. Klausurteil (mit Hilfsmitteln - 120 Minuten - 34 Punkte)

Aufgabe 2.1 (3 Punkte)

Ein Fluggast hat für einen Langstreckenflug ein Barometer und ein Thermometer mit in die Kabine gebracht. Er misst während des Fluges einen Luftdruck von 670 hPa bei einer Temperatur von 27 °C. Welchen Wert hat die Kabinenhöhe? Besteht Grund zur Sorge? Was würden Sie machen?

Aufgabe 2.2 (3 Punkte)

Ein Pilot fliegt seinen Anflug mit $V_{APP} = 1,3 V_S$. Bei welchem Hängewinkel im koordinierten Kurvenflug würde es zum Strömungsabriss kommen?

Aufgabe 2.3 (7 Punkte)

Im Anhang finden Sie einen Vorschlag: „Übergeordneter Wirkungsgrad von Flugzeugen“.

- Sind Fehler in der Berechnung enthalten? Falls „ja“, so zeigen Sie diese bitte auf!
- Nennen Sie den in der Vorlesung angegebenen typischen spezifischen Kraftstoffverbrauch von Jets: $c = SFC = SFCT = c_T$!
- Berechnen Sie die Machzahl (in der Stratosphäre) die zu einem Wirkungsgrad von genau 1 führt! (Gemäß Wirkungsgraddefinition im Anhang und dem Wert aus b).
- Sind auch Wirkungsgrade über 1 für den Jet möglich? Begründung und Kommentar (mit Bezug auf a)!
- Nennen Sie den in der Vorlesung angegebenen spezifischer Kraftstoffverbrauch für Turboprops: $c' = SFCP = c_P$!
- Berechnen Sie den Wirkungsgrad für Props! (Gemäß Wirkungsgraddefinition im Anhang und dem Wert aus e).
- Wie unterscheidet sich der Wirkungsgrad nach f) vom Propellerwirkungsgrad?

Aufgabe 2.4 (8 Punkte)

Berechnen Sie den Oswaldfaktor gemäß:

NITA, Mihaela; SCHOLZ, Dieter: Estimating the Oswald Factor from Basic Aircraft Geometrical Parameters. In: *Publikationen zum DLRK 2012* (Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress, Berlin, 10. - 12. September 2012). - URN: urn:nbn:de:101:1-201212176728. DocumentID: 281424. Download: <http://OPerA.ProfScholz.de> (Nutzen Sie die Präsentationsunterlagen zum Vortrag!)

Gegeben: Jet; Spannweite: 36 m; Rumpfdurchmesser: 4,18 m; Machzahl: 0,76; Pfeilwinkel des Flügels: 30°; Zuspitzung: 0,2; Streckung: 10.

Aufgabe 2.5 (4 Punkte)

Ein Flugzeug hat eine Flügelfläche von 120 m², eine Höhenleitwerksfläche von 30 m², eine mittlere aerodynamische Flügeltiefe (MAC) von 4 m und einen Höhenleitwerkshebelarm (zwischen den jeweiligen Neutralpunkten gemessen) von 20 m. Wenn sich (z.B. durch eine Änderung des Anstellwinkels des Flugzeugs) der Auftriebsbeiwert des Flugzeugs um einen bestimmten Wert ändert, dann ändert sich der Auftriebsbeiwert am Höhenleitwerk nur um die Hälfte dieses Wertes

($dC_{L,T} / dC_L = 0,5$). Mit Bezug auf MAC und den Neutralpunkt der Flügelrumpfkombination: Wie weit darf der Schwerpunkt des Flugzeugs maximal nach hinten verschoben werden?

Aufgabe 2.6 (5 Punkte)

Gegeben ist das Nutzlastreichweitendiagramm einer A320 (Bild 1).

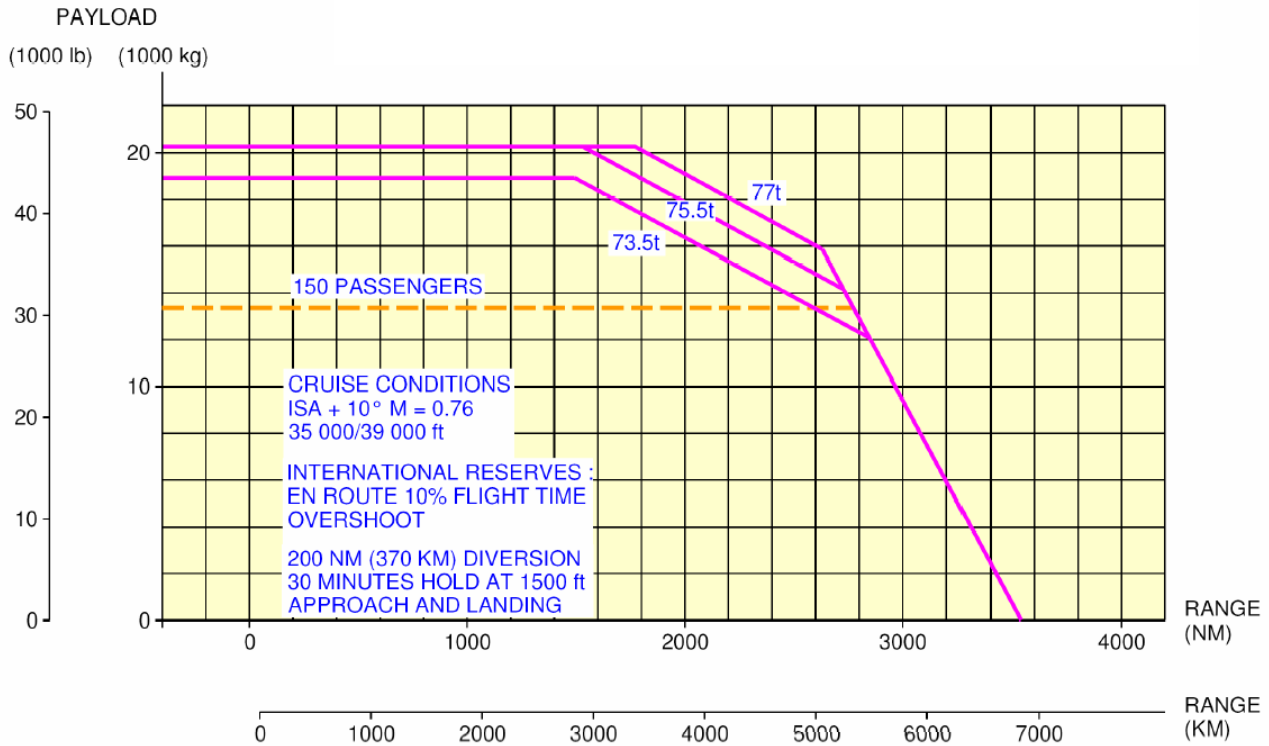


Bild 1: A320-200, payload range diagram for CFM 56 5A series engine. Quelle: Airbus S.A.S, Customer Services: Aircraft Characteristics for Airport Planning. Blagnac, France : Technical Data Support and Services, 2011.

- a) Berechnen Sie die spezifische Reichweite aus dem Diagramm für die 77t-Variante der A320!
- b) Unterstellen Sie den in der Vorlesung angegebenen typischen spezifischen Kraftstoffverbrauch von Jets (vergleiche auch mit Aufgabe 2.3-b). Nehmen Sie eine Flughöhe von 39000 ft an. Berechnen Sie näherungsweise die Gleitzahl der A320 im Reiseflug!

Aufgabe 2.7 (4 Punkte)

Es wird behauptet, dass man für die Umwelt etwas gewinnen kann, wenn Flugzeuge langsamer und tiefer fliegen. Diskutieren Sie dies! Gehen Sie dabei ein auf:

- den Kraftstoffverbrauch,
- CO₂,
- durch Flugzeuge erzeugte Zirrenbildung,
- die Anwendung der Idee bei existierenden Flugzeugen,
- die erweiterten Möglichkeiten bei neu entworfenen Flugzeugen, die auf die neuen Einsatzbedingungen hin ausgelegt wurden.

Übergeordneter Wirkungsgrad von Flugzeugen (Jet und Prop)

Jet

$$T = D$$

Kraftstoffmassenstrom: $\dot{m}_F = C_T \cdot T$
Schubspezifischer Kraftstoffverbrauch $\xrightarrow{\quad}$ \uparrow Schub

Energiegehalt des Kraftstoffs, Heizwert, H:

$$H = \frac{E}{m} \quad \text{Energie pro Masse}$$

$$\dot{E} = P$$

$$\dot{m}_F \cdot H \cdot \eta = P = T \cdot v = D \cdot v$$

$$C_T \cdot T \cdot H \cdot \eta = T \cdot v$$

$$C_T \cdot H \cdot \eta = v$$

$$\eta = \frac{v}{C_T \cdot H}$$

Kerosin: $H = 42,5 \text{ MJ/kg}$

$$V = V_{CR} = a \cdot M_{CR}$$

\uparrow Geschw. im Reiseflug
 \uparrow Schallgeschw. in Reiseflughöhe
 \uparrow Machzahl im Reiseflug

Prop

Kraftstoffmassenstrom:

$$\dot{m}_F = C_p \cdot P$$

$$P = D \cdot v$$

$$P = \dot{m}_F \cdot H \cdot \eta$$

$$\cancel{P} = C_p \cdot \cancel{P} \cdot H \cdot \eta$$

$$\eta = \frac{1}{C_p \cdot H}$$

Also: $\eta = \frac{\text{Output}}{\text{input}} = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}}$

mit

$$P_{\text{out}} = D \cdot v$$

Flugleistung

$$P_{\text{in}} = \dot{m}_F \cdot H$$

Leistung im
Kraftstoffmassenstrom