

**Flugmechanik (FM) WS 2023/2024**

Datum: 14.02.2024

Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME

Bearbeitungszeit: 180 Minuten

Name:	Vorname:
Matrikelnummer.:	
Punkte:	von 81 Punkten. Note:

**1. Klausurteil**

(keine Hilfsmittel - 100 Minuten - 57 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. ungepfeilt
2. Rumpf
3. Scharniermoment
4. Schüttelgrenze
5. Segelflugzeug
6. Sicherheitsstartstrecke
7. Ausschlagwinkel der Trimmklappe
8. Bodeneffekt
9. dimensionslos
10. Drehrate
11. Druckhöhe
12. Hängewinkel

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

1. approach speed
2. ambient temperature
3. bypass ratio
4. density altitude
5. downwash angle
6. flare
7. headwind
8. L over D
9. lift curve slope
10. to decrease
11. to yaw
12. zero fuel mass

- 1.3) Es wird eine Temperatur von 15 °C gemessen. Welchen Wert hat dann die relative Temperatur?
- 1.4) Wie lautet die Faustformel zur Umrechnung von ft/min in m/s?
- 1.5) Was wird mit dem Variometer (Vario) gemessen?
- 1.6) *Ergänzen Sie bitte:*  
Der Höhenmesser misst \_\_\_\_\_. Angezeigt auf einer Skale wird jedoch \_\_\_\_\_. Die Skala wurde entsprechend der \_\_\_\_\_ gestaltet.  
Der Höhenmesser zeigt also die \_\_\_\_\_-höhe an.
- 1.7) QNH ist der Druck in \_\_\_\_\_. QFE ist der Druck am \_\_\_\_\_. 1013 hPa ist der \_\_\_\_\_-druck. FL steht für \_\_\_\_\_, auf Deutsch: \_\_\_\_\_.
- 1.8) Wir merken uns: Je 1 hPa Abweichung ergibt sich eine Höhendifferenz von \_\_\_\_\_ ft. Wann sind "die Berge höher"?
- 1.9) Schreiben Sie die "Kette der Geschwindigkeiten" (5 Bestandteile) auf "vom wahren Wert zum falschen Wert". Schreiben Sie dabei die im Flugbetrieb üblichen Abkürzungen auf!
- 1.10) Wie ist die Zuspitzung (taper ratio) definiert?
- 1.11) Wie hängen Nicklagewinkel, Bahnwinkel und Anstellwinkel zusammen? *Schreiben Sie die Formel auf!*
- 1.12) Wie ist der Nickmomentenbeiwert definiert? *Schreiben Sie die Formel auf!*
- 1.13) Wie lautet die Gleichung zur Berechnung der maximalen Gleitzahl aus dem Nullwiderstandsbeiwert und dem Oswald-Faktor (zusammen mit der Streckung)?
- 1.14) Welchen Wert hat die maximale Gleitzahl (grob) von einer Cessna 172, von einem Airbus und von einem modernen Segelflugzeug?
- 1.15) In welchem Verhältnis stehen der induzierte Widerstandbeiwert und der Nullwiderstandbeiwert zueinander, wenn der Widerstand minimal ist (die Gleitzahl maximal)?
- 1.16) Welchen Wert hat der spezifische Kraftstoffverbrauch (TSFC) eines typischen Turbofantriebwerks? Welchen Wert hat der spezifische Kraftstoffverbrauch (PSFC) eines Turboproptriebwerks?
- 1.17) Mit welcher Geschwindigkeit muss bei der Landung über das virtuelle Hindernis geflogen werden?
- 1.18) Nennen Sie die Gleichung, die den Gleitwinkel aus der Gleitzahl im Gleitflug berechnet!
- 1.19) Steigflug: Welche Fluggeschwindigkeit ist größer, die für maximale Steiggeschwindigkeit oder die für maximalen Steigwinkel? Gleitflug: Welche Fluggeschwindigkeit ist größer, die für minimale Sinkgeschwindigkeit oder die für minimalen Sinkwinkel?
- 1.20) Was begrenzt die maximale Flughöhe bei Passagierflugzeugen in der Praxis: Der verfügbare Schub, der verfügbare Auftrieb oder die Festigkeit der Druckkabine? Oder in welcher Kombination?
- 1.21) Warum fliegen Passagierflugzeuge im Reiseflug so hoch?
- 1.22) Welche optimale Fluggeschwindigkeit ist höher, die zur Erreichung der Höchstflugdauer oder die zur Erreichung der Reichweite? Beantworten Sie jeweils für die Antriebsart: Jet bzw. Propellerantrieb!
- 1.23) Skizzieren Sie ein Nutzlast-Reichweitendiagramm und zeichnen Sie ein, wie / wo man daraus den Kraftstoffverbrauch des Flugzeugs bestimmen kann!
- 1.24) Was versteht man unter der spezifischen Reichweite (specific air range, SAR)?
- 1.25) Wie lautet die Abschätzgleichung der Startstrecke?

- 1.26) Welcher Steiggradient wird nach CS-25 im 2. Segment für Flugzeuge mit 2 Triebwerken gefordert?
- 1.27) Was versteht man unter  $V_1$ ,  $V_R$  und  $V_2$  ?
- 1.28) Was ist eine 1-cos-Böe?
- 1.29) Was ist die Schüttelgrenze (buffet onset boundary)?

- 1.30) Skizzieren Sie das Schmidt-Appleman-Diagramm. In welchen Bereich wird ein Flugzeug einen Kondenssstreifen produzieren?
- 1.31) Sie kennen diese Gleichung. Was bedeutet "G"? Was bedeuten die anderen Parameter?

$$G = \frac{EI_{H_2O} PC_P}{\epsilon Q (1 - \eta)}$$

- 1.32) Erklären Sie das Schmidt-Appleman-Kriterium (im entsprechenden Diagramm). Wann kommt es zur Bildung von Kondenssstreifen? Wann kommt es zu langlebigen (persistenten) Kondenssstreifen? Was hat der Parameter "G" aus 1.31 damit zu tun?
- 1.33) Welchen Einfluss hat der Ruß im Abgas auf die Bildung der Kondenssstreifen?
- 1.34) Nennen Sie drei Möglichkeiten, wie Kerosin modifiziert oder ersetzt werden kann, um Kondenssstreifen zu verringern!
- 1.35) Wir hatten eine Systematik der Kondenssstreifenwirkung erarbeitet. Unterschieden wurde:

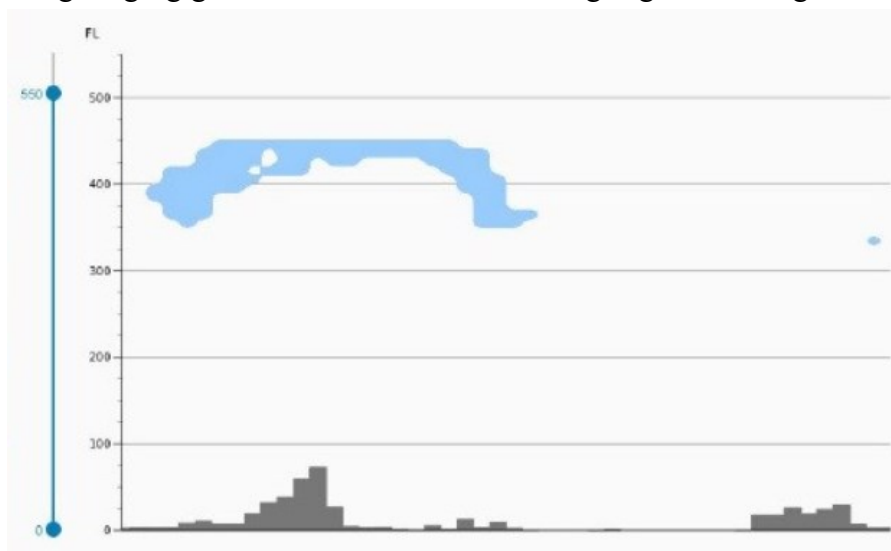
- Clouds: yes/no (C/SKC)
- Time of day: day/night (D/N)
- Earth surface: reflective/non-reflective (R/NR)

Benennen Sie die sich daraus ergebende Wirkung des Kondenssstreifens:

- warming (W)
- cooling (C)
- indifferent (I)

Liefere jeweils eine kurze Begründung! (8 Punkte für diese Aufgabe.)

- 1.36) Auf der Strecke von "A" (links) nach "B" (rechts) ist eine "SSR" (blau) vorhergesagt. Das Flugzeug mit guter Steigrate sollte verbrauchsoptimiert eigentlich in FL 400 fliegen. Planen Sie den Flug so, dass persistente Kondenssstreifen vermieden werden, der Kraftstoffverbrauch sich aber nur geringfügig erhöht. Zeichnen Sie den Flugweg in das Diagramm ein! Begründen Sie!



- 1.37) Was ist der Unterschied zwischen "taktischer Kondensstreifenvermeidung" und "strategischer Kondensstreifenvermeidung"?
- 1.38) In welcher Einheit ist der Strahlungsantrieb (radiative forcing) angegeben?
- 1.39) Wie teilt sich der Strahlungsantrieb grob nach den drei wichtigsten Emissionen auf (in 1/6)?
- 1.40) Was sind äquivalente CO<sub>2</sub>? Wie werden diese berechnet?

**Fragen zur Vortragsreihe**

- 1.41) Wie funktioniert "SAF Book & Claim"?
- 1.42) Ist es möglich mit 100% SAF zu fliegen, obwohl für das Flugzeug maximal 50% erlaubt sind?
- 1.43) Was ist eine "intentional unauthorised electronic interaction" (IUEI)?
- 1.44) Basisbegriffe im Cyberumfeld: Gefährdung, Bedrohung, Schwachstelle, Angriff.  
Erklären Sie die Begriffe und setzen Sie die Begriffe in Beziehung!
- 1.45) Welchen wirtschaftlichen Vorteil bietet der Airbus A321 XLR?
- 1.46) Wodurch gelingt die Erhöhung der Reichweite der A321 XLR gegenüber dem Basismodel?  
Nennen Sie zwei Gründe!

**2. Klausurteil** (mit Hilfsmitteln - 80 Minuten - 24 Punkte)

Name: \_\_\_\_\_

**Aufgabe 2.1** (3 Punkte)

Ein Pilot ist mit der Seilbahn und seinem Drachen auf dem Weg zum Startplatz. An der Zwischenstation in 5000 ft beträgt der Luftdruck 843 hPa. Am Startplatz in 10000 ft beträgt die Lufttemperatur  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

- Liegen Bedingungen gemäß der ISA vor? Welche Abweichungen von der ISA bestehen gegebenenfalls aktuell? Berücksichtigen Sie Druck und Temperatur bei Ihrer Antwort! Seien Sie großzügig, kleinste Abweichungen von der ISA bleiben gegebenenfalls unberücksichtigt.
- Ermitteln Sie Dichte und Druck am Startplatz!

**Aufgabe 2.2** (2 Punkte)

Ein Flugzeug hat eine Überziehgeschwindigkeit von 150 kt. Berechnen Sie den minimalen Kurvenradius bei einem Lastvielfachen von 2,5!

**Aufgabe 2.3** (5 Punkte)

Die A321XLR hat eine maximale Abflugmasse von 101000 kg. Das maximale Kraftstoffvolumen beträgt 36428 l (Kraftstoffdichte  $800\text{ kg/m}^3$ ). Die Reiseflugmachzahl ist 0,78. Wir unterstellen einen Flug in 11 km Höhe (Tropopause). Die Reichweite ist angegeben mit 4700 NM. Kraftstoffreserven sind dabei vorgesehen für 200 NM zum Ausweichflugplatz und für weitere 45 Minuten Flug mit Reiseflugmachzahl. Der spezifische Kraftstoffverbrauch, SFC der neuen Neo-Triebwerke beträgt  $14 \cdot 10^{-6}\text{ kg/(Ns)}$ . Berechnen Sie:

- die Fluggeschwindigkeit in 11 km Höhe,
- die maximale theoretische Reichweite,
- die Leertankmasse bei gegebenen Bedingungen,
- den Breguetfaktor,
- die Gleitzahl im Reiseflug.

**Aufgabe 2.4** (6 Punkte)

Ein Flugzeug hat einen Verbrauch von 3 kg pro Sitzplatz und 100 km. Von den Triebwerken ist bekannt, dass sie  $0,0238\text{ kg}$  an Stickoxiden ( $\text{NO}_x$ ) produzieren je kg Kraftstoff. Das Flugzeug fliegt in 36000 ft. Berechnen Sie: a) die  $\text{CO}_2$  Emissionen, b) die äquivalenten  $\text{CO}_2$  Emissionen, c) die prozentuale Aufteilung der äquivalenten  $\text{CO}_2$  Emissionen nach den Verursachern ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , AIC)!

**Aufgabe 2.5** (8 Punkte)

Der Flug war "optimal" in FL 360 geplant mit einer Machzahl von 0,76. Nun soll aber zur Vermeidung einer SSR auf FL 320 gesunken werden. Sie wollen aerodynamisch "optimal" weiterfliegen. Unter Annahme der ISA, berechnen Sie: a) die neue Fluggeschwindigkeit, b) die neue Machzahl, c) um wieviel Prozent die Reichweite abnimmt!

Zu c) Wählen Sie das einfache Modell für den spezifischen Kraftstoffverbrauch:  $c = c_a V + c_b$ . Nutzen Sie die generischen Werte, die für die Konstanten  $c_a$  und  $c_b$  in der Vorlesung gegeben wurden.