

DEPARTMENT FAHRZEUGTECHNIK UND FLUGZEUGBAU

## Flugmechanik (FM) WS 2024/2025

Datum: 30.01.2025

Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME

Bearbeitungszeit: 180 Minuten

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

### 1. Klausurteil

(keine Hilfsmittel - 20 Minuten - 24 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. Umkehrschub
  2. Umgebungstemperatur
  3. Überziehgeschwindigkeit
  4. Trimmklappe
  5. Streckung
  6. Steigrate
  7. Staudruck
  8. statische Stabilität der Längsbewegung
  9. Start- und Landebahn
  10. Stabilitätsreserve
  11. spezifischer Kraftstoffverbrauch
  12. Spannweite
- 1.2) Nennen Sie die entsprechende Bezeichnung folgender Luftfahrtausdrücke in deutscher Sprache! (3 Punkte)
1. sweep
  2. geometric twist
  3. ceiling
  4. flap
  5. elevator
  6. yaw
  7. gust
  8. load factor
  9. aerodynamic center
  10. neutral point
  11. tail lever arm
  12. turning flight

- 1.3) Wie lautet die Faustformel zur Umrechnung von m/s in ft/min?
- 1.4) Welche Temperatur wird bei einem Flugzeug mit einem Außenthermometer gemessen?
- 1.5) Wie lautet die Gleichung zur Berechnung des Nullwiderstandsbeiwertes aus der maximalen Gleitzahl und dem Oswald-Faktor (zusammen mit der Streckung)?
- 1.6) Nennen Sie die Funktion mit der der spezifische Kraftstoffverbrauch (TSFC) aus der Fluggeschwindigkeit bestimmt werden kann!
- 1.7) Welchen Wert hat der spezifische Kraftstoffverbrauch (PSFC) eines Turboproptriebwerks?
- 1.8) Was ist eine Freifläche (clearway)?
- 1.9) Warum fliegen Passagierflugzeuge im Reiseflug so hoch?
- 1.10) Was ist die "Coffin Corner"?
- 1.11) Skizzieren Sie das Schmidt-Appleman-Diagramm! In welchen Bereich wird ein Flugzeug einen Kondensstreifen produzieren?
- 1.12) In welcher Einheit ist der Strahlungsantrieb (radiative forcing) angegeben?
- 1.13) Wie teilt sich der Strahlungsantrieb bei Passagierflugzeugen und in der Luftfahrt insgesamt grob nach den drei wichtigsten Emissionen auf (in 1/6)?
- 1.14) Ein Flugzeug verbraucht 10 t Kerosin. Wie viele Tonnen CO<sub>2</sub> werden dabei erzeugt?

### Fragen zur Vortragsreihe

- 1.15) Was versteht man unter dem "Swiss Cheese Model"? Was kann damit erklärt werden?
- 1.16) Der Flugversuch in Hamburg-Finkenwerder achtet auf gute Nachbarschaft. Warum muss die Windrichtung beachtet werden beim ersten Start der Triebwerke eines neuen Flugzeugs?
- 1.17) Warum kann es sein, dass Mitglieder aus dem Flugversuchsteam am Lebensende Hörprobleme haben?
- 1.18) Warum ist der Anflug eines A320 nach dem ersten Flug ungewöhnlich laut?
- 1.19) Wie viele Personen gehören beim Testflug eines A320 zur Cockpitbesatzung? Welche Berufsbezeichnungen haben die Mitglieder der Cockpitbesatzung beim Testflug?
- 1.20) Welchen fundamentalen Unterschied gibt es hinsichtlich der Flugsicherung bei Testflügen ausgehend von Hamburg-Finkenwerder im Vergleich zu Testflügen ausgehend von Mobile (Alabama)?

**2. Klausurteil** (mit Hilfsmitteln - 140 Minuten - 46 Punkte)

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

**Aufgabe 2.1** (5 Punkte)

Ein Flugzeug fliegt im höchsten möglichen Flight Level (FL) unterhalb der Tropopause (gemäß ISA). In Meereshöhe ist der Luftdruck 1003,25 hPa und die Temperatur 0 °C.

- In welchem Flight Level fliegt das Flugzeug?
- Fliegt das Flugzeug dann in östlicher Richtung oder in westlicher Richtung?
- In welcher Druckhöhe fliegt das Flugzeug?
- Was zeigt ein Höhenmesser an, der für den Reiseflug korrekt eingestellt ist?
- Welche Höhe würde ein GPS-Gerät anzeigen?

**Aufgabe 2.2** (10 Punkte)

Legen Sie ein Flugzeug aus, welches durch Muskelkraft, Tretkurbel und Propeller (Wirkungsgrad,  $\eta=1$ ) angetrieben wird und in Meereshöhe fliegen soll (ISA). Das Flugzeug hat eine Leermasse von 30 kg. Die einzige Person eine Masse von 70 kg. Es wird unterstellt, dass man mit dem Entwurf eine maximale Gleitzahl von 20 erreichen kann bei einer Streckung von 10. Das Flugzeug wird für eine Fluggeschwindigkeit von 10 m/s ausgelegt. Der Auftriebsbeiwert bei minimalem Widerstand ist 0,5. Berechnen Sie ...

- ... die erforderliche Flügelfläche,
- ... die erforderliche Spannweite,
- ... den Luftwiderstand, die Leistung und die erforderliche Energie für 1 km Flugstrecke!
- Die Pilotin ist erschöpft. Welches ist die beste Fluggeschwindigkeit, um sich wenigstens noch in der Luft zu halten? Berechnen Sie ...
- ... jetzt den Luftwiderstand, die Leistung und die erforderliche Energie für 1 km Flugstrecke!
- Diskutieren Sie Ihre Ergebnisse! Sind alle Zahlenwerte sinnvoll? Warum oder warum nicht?

**Aufgabe 2.3** (8 Punkte)

Die A321LR (mit 3 ACTs) hat ein MTOM von 97 t und ein MZFM von 75,6 t. Die Reisefluggeschwindigkeit ist 0,76. Geflogen wird in der Stratosphäre mit 220 Sitzen (Standardbestuhlung), 95 kg/pax. Aus dem Nutzlastreichweitendiagramm habe ich für Sie abgelesen: Maximale Nutzlast: 23,6 t, Reichweite bei maximaler Nutzlast: 3000 NM, maximale Reichweite 4000 NM bei Nutzlast von 18,0 t. Überführungsreichweite: 5125 NM. Flügelfläche: 122,6 m<sup>2</sup>, Spannweite: 35,8 m. Berechnen Sie den Kraftstoffverbrauch ...

- ... nach "SAR Method" und "Extended Payload Method",
- ... nach der "Bathtub Method" (Excel Tabelle) für die Reichweite bei maximaler Nutzlast!
- Schätzen Sie die maximale Gleitzahl ab nach der Methode in "DragEstimation.pdf" mit einem Verhältnis benetzte Fläche zu Flügelfläche von 6,1 und einem  $k_E = 14.9$ !
- Berechnen Sie den Breguetfaktor!
- Welchen Wert muss der spezifische Kraftstoffverbrauch dann (etwa) haben?

**Aufgabe 2.4 (6 Punkte)**

Ein älteres Flugzeug hat einen typischen Verbrauch von 3,5 kg pro Sitzplatz und 100 km. Von den Triebwerken ist bekannt, dass sie 0,0238 kg an Stickoxiden (NOx) produzieren je kg Kraftstoff. Das Flugzeug fliegt in 36000 ft. Berechnen Sie pro Sitz und 100 km ...

- a) die CO<sub>2</sub> Emissionen
- b) die äquivalenten CO<sub>2</sub> Emissionen,
- c) die prozentuale Aufteilung der äquivalenten CO<sub>2</sub> Emissionen nach den Verursachern (CO<sub>2</sub>, NOx, AIC)!

**Aufgabe 2.5 (6 Punkte)**

Der Flug war "optimal" in FL 390 geplant mit einer Machzahl von 0,76. Nun soll aber zur Vermeidung einer SSR auf FL 370 gesunken werden. Sie wollen aerodynamisch "optimal" weiterfliegen. Unter Annahme der ISA, berechnen Sie ...

- a) die neue Fluggeschwindigkeit,
- b) die neue Machzahl,
- c) die prozentuale Änderung der Gleitzahl,
- d) die prozentuale Änderung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs,
- e) die prozentuale Änderung des Kraftstoffverbrauchs!

Treffen Sie brauchbare Annahmen und wählen Sie Ihre Methoden.

**Aufgabe 2.6 (4 Punkte)**

Gegeben ist die analytische Form des Kraftstoffverbrauchs über der Flugstrecke (Badewannenkurve)  $y = f(x)$  für den Airbus A350. Dabei ist  $x$  gegeben in km und  $y$  in kg/100 km/Passagier. Die Parameter der Kurve:  $a = 2063$ ,  $b = 0$ ,  $c = 4566$ ,  $d = 17688$ ,  $e = 1,63$ . Berechnen Sie den Verbrauch ...

- a) für eine Flugstrecke von 500 km,
- b) für eine Flugstrecke von 11000 km,
- c) für eine Flugstrecke von 16500 km!
- d) Was bedeutet das für einen möglichst umweltschonenden Flugbetrieb?

**Aufgabe 2.7 (4 Punkte)**

Für das Schmidt-Appleman-Kriterium wird die Steigung,  $G$  der Mischgeraden (mixing line) benötigt. Dafür wird der Gesamtwirkungsgrad,  $\eta$  des Flugzeugs benötigt. Berechnen Sie den Gesamtwirkungsgrad für ein Flugzeug, welches mit einer Machzahl von 0,76 in der Stratosphäre fliegt nach der in der Vorlesung gegebenen Methode!

**Aufgabe 2.8 (3 Punkte)**

Ein Flugzeug fliegt in FL 380. die Außentemperatur (SAT) beträgt -54 °C, die relative Luftfeuchtigkeit 42%.

- a) Tritt ein Kondensstreifen auf? Begründen Sie mit Skizze!
- b) Schätzen Sie ab, wie langlebig der Kondensstreifen ist! Rechnung, Begründung!
- c) Der Flug findet in der Nacht statt. Ist der Kondensstreifen wärmend oder kühlend? Begründung!