

DEPARTMENT FAHRZEUGTECHNIK UND FLUGZEUGBAU

Flugmechanik (FM) WS 2025/2026

Datum: 30.01.2026

Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME

Bearbeitungszeit: 180 Minuten

Name:	Vorname:	
Matrikelnummer.:		
Punkte:	von 79 Punkten.	Note:

1. Klausurteil

(keine Hilfsmittel - 20 Minuten - 29 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. Kondensstreifen
 2. flüssiger Wasserstoff
 3. regenerative Energie
 4. Nicht-CO₂-Effekt
 5. Erderwärmung
 6. Treibhausgas
 7. nachhaltiger Flugkraftstoff
 8. Stickoxide
 9. Ruß
 10. Wirkungsgrad
 11. Vielflieger
 12. Leertankmasse
- 1.2) Nennen Sie die entsprechende Bezeichnung folgender Luftfahrtausdrücke in deutscher Sprache! (3 Punkte)
1. airspace
 2. Low Cost Airline
 3. Direct Air Capture
 4. saturation vapor pressure
 5. contrail cirrus
 6. mixing line
 7. humidity
 8. condensation
 9. mitigation
 10. radiative forcing
 11. flight plan
 12. e-fuel

- 1.3) Wie lautet die Faustformel zur Umrechnung von NM in km?
- 1.4) Sie sind im Gebirge. Im Tal bei 1000 m beträgt die Lufttemperatur 10 °C. Sie wollen auf einen Berg mit 3000 m gehen. Welche Temperatur erwarten Sie dort?
- 1.5) Wie lautet die Gleichung zur Berechnung der maximalen Gleitzahl aus dem Nullwiderstandsbeiwerte und dem Oswald-Faktor (zusammen mit der Streckung)?
- 1.6) Nennen Sie die Gleichung mit der spezifische Kraftstoffverbrauch (TSFC) aus der Fluggeschwindigkeit bestimmt werden kann!
- 1.7) Welchen Wert hat der spezifische Kraftstoffverbrauch (TSFC) eines modernen Strahltriebwerkes (z. B. "neo")?
- 1.8) Warum fliegen Passagierflugzeuge im Reiseflug so hoch?
- 1.9) Wie lang dauert die Steigzeit bis zur absoluten Gipfelhöhe?
- 1.10) Was ist bei Einflug in ein am Ende geschlossenes Tal hinsichtlich dessen Breite zu beachten?
- 1.11) Ein Flugzeug fliegt in der Platzrunde mit dem 1,3-fachen der Überziehgeschwindigkeit, $V_{s,Ig}$. Jetzt dreht es vom Queranflug in den Endanflug mit hohem Hängewinkel. Was ist zu beachten?
- 1.12) Welches von zwei Flugzeugen gewann im Ersten Weltkrieg den Luftkampf (dogfight)?
- 1.13) Um den Triebwerkswirkungsgrad zu erhöhen wird die Turbineneinlasstemperatur (turbine entry temperature) erhöht. Was ist hinsichtlich der Umweltwirkung zu beachten?
- 1.14) Warum werden Brennkammern vom Typ Rich-Quench-Lean (RQL) eingesetzt. Welche Nachteile kann das auf die Kondensstreifenbildung haben?
- 1.15) Was passiert chemisch bei der Hydrobehandlung (hydrotreating) von Kerosin. Welchen Vorteil hat das für die Umwelt?
- 1.16) Warum kann Vulkanasche für die Luftfahrt gefährlich werden?
- 1.17) Was versteht man unter "Greenwashing" speziell in der Luftfahrt? Ist "Greenwashing" legal?

Fragen zur Vortragsreihe

- 1.18) Was ist das Problem des batterie-elektrischen Fliegens?
- 1.19) Welche Probleme ergeben sich hinsichtlich der Wärmabfuhr beim Fliegen mit Brennstoffzelle im Vergleich mit einem Strahltriebwerk?
- 1.20) Warum kann mit einer Blended Wing Body (BWB) Konfiguration Kraftstoff gespart werden?
- 1.21) Was ist der Widerspruch hinsichtlich der Profilauswahl bei einem BWB für ein Passagierflugzeug?
- 1.22) Was ist beim BWB der Widerspruch zwischen Hochauftrieb beim Start und Rotieren beim Start?
- 1.23) Was versteht man in der Luftfahrt unter "ditching"?
- 1.24) Was wird hinsichtlich der Zulassung von Flugzeugen unter "Show Stopper" verstanden?
- 1.25) Was ist vermutlich der Grund, warum die BWB-Entwürfe von JetZero kein(e) Seitenleitwerk(e) aufweisen?

2. Klausurteil (mit Hilfsmitteln - 140 Minuten - 50 Punkte)

Name: _____

Aufgabe 2.1 (5 Punkte)

Sie haben ein Flugzeug mit einem Höhenmesser. Sie wollen eine einfache Wettervorhersage machen wie mit einem Barometer: hoher Luftdruck => das Wetter wird gut; niedriger Luftdruck => das Wetter wird schlecht.

- Das Flugzeug befindet sich auf einem Flugplatz in 5000 ft. Die Temperatur am Flugplatz beträgt -5 °C. Berechnen Sie die Druckhöhe!
- Wie stellen Sie den Höhenmesser ein für Ihre Wettervorhersage?
- Diskutieren Sie die zwei grundsätzlichen Möglichkeiten (gutes Wetter / schlechtes Wetter)! Was würde der Höhenmesser jetzt jeweils anzeigen (basierend auf Ihrer Einstellung und den aktuellen Wetterverhältnissen)? Was würde das jeweils für die Wettervorhersage bedeuten?

Aufgabe 2.2 (5 Punkte)

Die Luftfeuchtigkeit ist wichtig zur Berechnung von Kondensstreifen.

- Wie viele physikalische Parameter gibt es, um die Luftfeuchtigkeit auszudrücken?
- Nennen Sie für jeden Parameter die deutsche und die englische Bezeichnung! (Sie finden die Antwort in Ihren Unterlagen. Ich wollte nicht voraussetzen, dass Sie das auswendig gelernt haben. Daher befindet sich die Frage in diesem Teil "mit Hilfsmitteln".)

Aufgabe 2.3 (6 Punkte)

Die Lufttemperatur beträgt -40 °C.

- Berechnen(!) Sie den Partialdruck des Wasserdampfes bei Sättigung sowohl über Wasser als auch über Eis!
- Berechnen(!) Sie die relative Feuchtigkeit, die mindestens erforderlich ist für persistente Kondensstreifen!
- Die relative Feuchtigkeit beträgt 80 %. Berechnen Sie die Eisübersättigung!

Aufgabe 2.4 (7 Punkte)

Für das Schmidt-Appleman-Kriterium wird die Steigung, G der Mischgeraden (mixing line) benötigt. Ein Strahlverkehrsflugzeug fliegt mit einer Machzahl von 0,76 in FL 400. Es wird mit Kerosin betrieben. Die Konstanten finden Sie in Ihren Unterlagen.

- Berechnen Sie den Gesamtwirkungsgrad, η des Flugzeugs bei einem schubspezifischen Kraftstoffverbrauch von 14 mg/(Ns)!
- Berechnen Sie die Steigung, G der Mischgeraden!
- Berechnen Sie die Schmidt-Appleman Temperatur, t_{SAC} mit der Näherungsgleichung aus der Vorlesung!
- Was bedeutet es für die Bildung von Kondensstreifen, wenn die Lufttemperatur höher ist als die Schmidt-Appleman Temperatur, t_{SAC} :
 - bei 0 % relativer Luftfeuchtigkeit,
 - bei 100 % relativer Luftfeuchtigkeit?

Aufgabe 2.5 (5 Punkte)

Ein Flugzeug fliegt in FL 400. Die Außentemperatur (SAT) beträgt -44 °C, die relative Luftfeuchtigkeit 80 %. Nutzen Sie u. a. das Schmidt-Appleman-Diagramm aus der Vorlesung.

- Was ist eine ISSR? Fliegt das Flugzeug in einer ISSR? Begründen Sie!
- Was ist eine PCR? Fliegt das Flugzeug in einer PCR? Was bedeutet das für mögliche Kondensstreifen? Begründen Sie!

Aufgabe 2.6 (6 Punkte)

Der Flug war in FL 390 geplant mit maximaler Gleitzahl (minimalem Widerstand) und einer Machzahl von 0,76 bei einem schubspezifischen Kraftstoffverbrauch von 16 mg/(Ns). Nun soll aber zur Vermeidung von persistenten Kondensstreifen auf FL 370 gesunken werden. Die Zeit zur Abfertigung am Zielflugplatz ist knapp bemessen. Dadurch darf sich die Flugzeit nicht verändern. Unter Annahme der ISA, berechnen und/oder begründen Sie ...

- das Verhältnis der Fluggeschwindigkeiten (Geschwindigkeit in FL370 zu der in FL390)
- das Verhältnis der Machzahlen,
- das Verhältnis der spezifischen Kraftstoffverbräuche,
- das Verhältnis der Auftriebsbeiwerte,
- das Verhältnis der Gleitzahlen,
- die prozentuale Änderung des Kraftstoffverbrauchs!

Treffen Sie brauchbare Annahmen und wählen Sie Ihre Methoden.

Aufgabe 2.7 (5 Punkte)

Geben Sie für den Airbus A220-300 (nach Nisa López) die Parameter a , b , c , d und e an für die analytische Form des Kraftstoffverbrauchs über der Flugstrecke (Badewannenkurve) $y = f(x)$. Dabei ist x gegeben in km und y in kg/100 km/Passagier. Berechnen Sie den Verbrauch ...

- für eine Flugstrecke von 500 km,
- für eine Flugstrecke von 7500 km.
- Wie hoch ist der minimale Verbrauch (minimum fuel) und bei welcher Flugstrecke (stage length) tritt dieser minimale Verbrauch auf?

Aufgabe 2.8 (11 Punkte)

Ein Jet hat eine Flügelfläche von 120 m^2 , eine Spannweite von 36 m. Der Jet fliegt mit einer Masse von 60 t. Die Polare ist gegeben mit einem Nullwiderstandsbeiwert von 0,02 und einem Oswald-Faktor von 0,85. Die Triebwerke haben in Meereshöhe (sea level, SL) ein Schub-Gewichtsverhältnis von 0,2 (Gesamtschub zu Gesamtgewicht). Der Schubabfall mit der Flughöhe wird nach einer Gleichung aus der Vorlesung berechnet mit $a = 0,6$ und $n = 0,75$ (beim Nebenstromverhältnis von 5,2).

- Berechnen Sie die Streckung!
- Berechnen Sie die maximale Gleitzahl!
- Berechnen Sie die absolute Gipfelhöhe (absolute ceiling) in ft!
- Welche Steiggeschwindigkeit kann der Jet noch erreichen, wenn er in seiner Dienstgipfelhöhe (service ceiling) fliegt?
- Wie kann die Dienstgipfelhöhe berechnet werden? Beschreiben Sie dazu die Berechnungsmethode mit Formeln und deren Anwendung!
- Wenden Sie jetzt die Berechnungsmethode aus e) an, um die Dienstgipfelhöhe in ft zu erhalten!