



## Flugmechanik mit Labor (FML) SS 2012

Datum: 09.07.2012

Bearbeitungszeit: 180 Minuten

Name:	Vorname:	
Matrikelnummer.:		
Punkte:	von 61 Punkten.	Note:

### 1. Klausurteil

(keine Hilfsmittel - 50 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!

1. Nullwiderstand
2. Flügelspitze
3. Flügel
4. Wellenwiderstand
5. Drehrate
6. Wendezeiger
7. Trimmklappe
8. Hinterkante
9. Schub
10. Zuspitzung
11. Pfeilung
12. Knüppelkraft

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

1. pull out maneuver
2. flare
3. lift-off speed
4. downwash angle
5. approach speed
6. angle of attack
7. equivalent airspeed
8. acceleration
9. ground effect
10. gust
11. brake
12. service ceiling

- 1.3) Was versteht man unter der äquivalenten Leistung eines Turboproptriebwerks?
- 1.4) Die Leistung eines Turboproptriebwerks ändert sich mit Machzahl und Flughöhe. Eine Gleichung dazu lautet  $P/P_e = A M^m \sigma^n$ .  
Welches Vorzeichen haben  $A$ ,  $m$ ,  $n$ ? Welcher Parameter ist betragsmäßig größer,  $m$  oder  $n$ ?
- 1.5) Skizzieren Sie ein Flugzeug im Reiseflug und tragen Sie die 4 wichtigsten Kräfte  $W$ ,  $L$ ,  $D$ ,  $T$  an und benennen Sie diese mit vollständiger Bezeichnung!
- 1.6) Gegeben ist  $E = L/D$ . Berechnen Sie Kräfteverhältnisse im Reiseflug:  $W/L$ ,  $T/D$ ,  $T/W$ ,  $L/T$ !
- 1.7) Der Mars hat eine Atmosphäre in der man wohl auch fliegen könnte. Wir nehmen daher (gedanklich) einmal ein kleines Flugzeug, welches für einen Flug auf der Erde entworfen wurde (Erd-Flugzeug) mit zum Mars. Wir betrachten den Reiseflug. Gegeben ist  $E = L/D$ . Auf dem Mars beträgt die Fallbeschleunigung  $g_M$  nur etwa  $1/3$  der Fallbeschleunigung auf der Erde  $g_E = g$ . Also  $g_M/g_E = 1/3$ .
- a) Berechnen Sie die Kräfteverhältnisse  $L_M/D_M$ ,  $W_M/L_M$ ,  $T_M/D_M$  für den Flug des Erd-Flugzeugs auf dem Mars!
- b) Berechnen Sie die Kräfteverhältnisse  $W_M/W_E$ ,  $L_M/L_E$ ,  $D_M/D_E$ ,  $T_M/T_E$  am Erd-Flugzeug für einen Vergleich zwischen einem Flug auf dem Mars (M) und auf der Erde (E)!
- c) Jetzt wird ein Flugzeug speziell für die Bedingungen auf dem Mars ausgelegt (Mars-Flugzeug). Wir überspringen die Detailüberlegungen. Auf jeden Fall hat das Mars-Flugzeug eine Startmasse von nur  $1/3$  der Startmasse des Erd-Flugzeugs:  $m_M = 1/3 m_E$ .  
Berechnen Sie die Kräfteverhältnisse  $W_M/W_E$ ,  $L_M/L_E$ ,  $D_M/D_E$ ,  $T_M/T_E$ . Also Kraft am Mars-Flugzeug beim Flug auf dem Mars geteilt durch Kraft am Erd-Flugzeug beim Flug auf der Erde!
- Für 1.7) gilt: Begründen Sie (wo notwendig) Ihre Rechnung kurz!
- 1.8) Welche Fluggeschwindigkeit ist geringer, die für minimalen Schub oder die für minimale Leistung? Begründen Sie!
- 1.9) Wie lautet die Gleichung für die Summe der Kräfte in Flugrichtung im beschleunigten Horizontalflug!
- 1.10) Ein Pilot startet und muss im Abflug einen Berg überfliegen. Welche Fluggeschwindigkeit muss er/sie wählen, die Fluggeschwindigkeit für maximalen Steigwinkel oder die Fluggeschwindigkeit für maximale Steiggeschwindigkeit? Begründen Sie!
- 1.11) Beim Flug eines Papierflugzeugs wird ein Bahnwinkel von  $45^\circ$  (abwärts) gemessen. Welche Gleitzahl hat das Papierflugzeug?
- 1.12) Wenn es um die Berechnung der Reichweite geht werden drei "flight schedules" unterschieden. Wodurch unterscheiden sich diese?

- 1.13) Zeichnen Sie das erweiterte Nutzlast-Reichweitendiagramm!
- 1.14) Welche zwei Bedingungen (bezüglich Schwerpunktlage und Nickmomentenbeiwert) muss ein Nurflügler erfüllen, damit ein statisch stabiler Flug der Längsbewegung möglich wird?

### **Fragen zum Vorlesungsteil "Flugbetrieb"**

1.15)  $SR = -RF \ln(1 - m_F / m_0)$

Benennen Sie den qualitativen Einfluss der Wahl des Ausweichflughafens auf die spezifische Reichweite eines Fluges anhand der gezeigten Formel und begründen Sie Ihre Aussage!

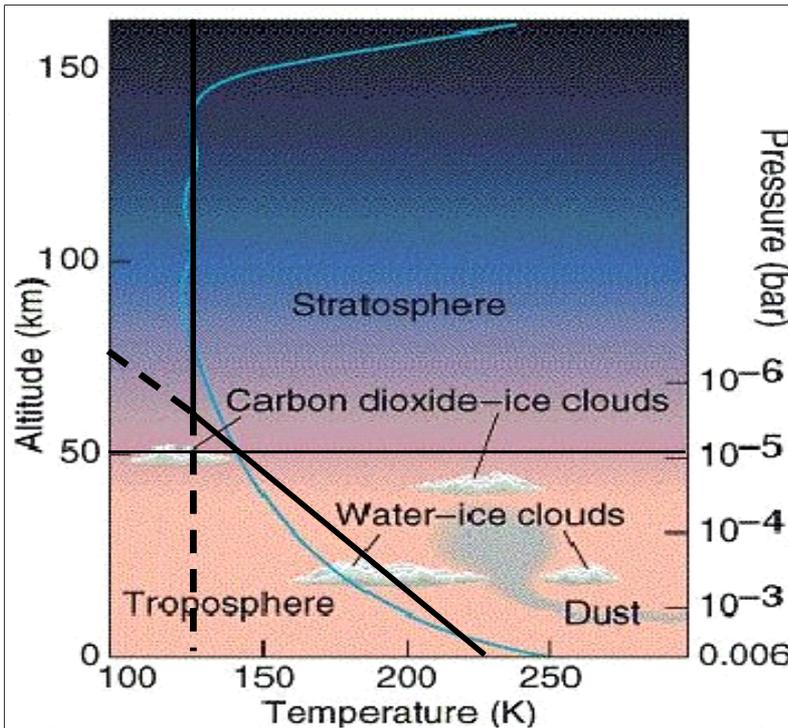
### **Fragen zur Vortragsreihe**

- 1.16) Which kind of aero engines can be used without bigger problems in air which is contaminated by ash?
- 1.17) What is the advantage of a variable pitch propeller compared to the fixed pitch propeller?
- 1.18) Welche vier verschiedenen Arten der Zulassung kann ein gemäß EASA Part 21 Subpart J zugelassener Entwicklungsbetrieb bei der EASA beantragen?

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

**2. Klausurteil** (mit Hilfsmitteln - 130 Minuten - 37 Punkte)

**Aufgabe 2.1** (15 Punkte)



**Bild 1** Temperaturverlauf und Druckverlauf der Marsatmosphäre  
(Quelle: <http://www.daviddarling.info/encyclopedia/M/Marsatmos.html>)

**Spezifische Gaskonstante**

Die universelle Gaskonstante geteilt durch die molare Masse eines bestimmten Gases ergibt die **spezifische** oder auch **individuelle Gaskonstante** (Formelzeichen:  $R_s, R_{spez}$ )

$$R_s = \frac{R}{M}$$

**Beispiel an Luft**

Die molare Masse für trockene Luft beträgt 0,0289644 kg/mol. Somit ergibt sich für die spezifische Gaskonstante von Luft  $8,3144621 / 0,0289644$ :

$$R_{s, Luft} = 287,058 \frac{J}{kg \cdot K}$$

**Bild 2** Zusammenhang zwischen der universellen und der spezifischen Gaskonstante. Die universelle Gaskonstante  $R = 8,3144621 J/(mol K)$   
(Quelle: [http://de.wikipedia.org/wiki/Universelle\\_Gaskonstante](http://de.wikipedia.org/wiki/Universelle_Gaskonstante))

Gegeben ist eine Darstellung der Marsatmosphäre (Bild 1). Der Temperaturverlauf ist nach Messwerten dargestellt (Kurvenverlauf) und idealisiert durch eine diagonale und eine vertikale Gerade. Die Geraden schneiden die Achsen immer genau in der Mitte zwischen zwei angegebenen Werten. Es soll hier mit dem idealisierten Temperaturverlauf gearbeitet werden.

- a) Geben Sie die Temperatur am Boden an!  
Welche Temperatur herrscht in der Stratosphäre?  
Berechnen Sie die Temperaturabnahme in der Troposphäre!  
Berechnen Sie die Höhe der Tropopause!

*The atmosphere on Mars consists of 95% carbon dioxide, 3% nitrogen, 1.6% argon, and contains traces of oxygen, water, and methane, for a mean molar mass of 43.34 g/mol.*

*The atmospheric pressure on the surface of Mars varies from around 30 pascals on Olympus Mons's peak [26 km] to over 1155 pascals in the depths of Hellas Planitia, [-7,2 km] with a mean surface level pressure of 600 pascals.*

Quelle: [http://en.wikipedia.org/wiki/Atmosphere\\_of\\_Mars](http://en.wikipedia.org/wiki/Atmosphere_of_Mars)

*Fallbeschleunigung: 3,69 m/s<sup>2</sup>*

Quelle: [http://de.wikipedia.org/wiki/Mars\\_\(Planet\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Mars_(Planet))

- b) Können Verbrennungsmotore (luftatmende Triebwerke) auf dem Mars zum Einsatz kommen? Begründung!
- c) Berechnen Sie die Gaskonstante  $R$  (wie im Skript genutzt) aus Bild 2 und dem Zitat oben!
- d) Zur Berechnung von Druck und Dichte in der Troposphäre werden (für die Erde) in der Gleichung die Exponenten 5,25588 und 4,25588 genutzt. Berechnen Sie (nach Skript) die entsprechenden Exponenten für den Mars.
- e) Berechnen Sie den Druck
- in 50 km Höhe
  - auf dem Olympus Mons (dem höchsten Berg auf dem Mars)
  - in der Hellas Planitia (der tiefsten Stelle des Planeten)
- und vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit den angegebenen Werten in der Aufgabenstellung!
- f) Berechnen Sie die Dichte i) an der Tropopause und ii) in 100 km Höhe!

### **Aufgabe 2.2** (4 Punkte)

Der Mars hat eine Atmosphäre in der man auch fliegen könnte. Wir nehmen daher (gedanklich) einmal ein kleines Flugzeug mit Elektroantrieb welches für einen Flug auf der Erde entworfen wurde (Erd-Flugzeug) mit zum Mars. Wir betrachten den Reiseflug in "Meereshöhe".

- a) Um welchen Faktor erhöhen sich die Fluggeschwindigkeiten auf dem Mars?

*Fortsetzung auf Seite 6*

Jetzt wird ein Flugzeug speziell für die Bedingungen auf dem Mars ausgelegt (Mars-Flugzeug). Wir überspringen die Detailüberlegungen. Auf jeden Fall hat das Mars-Flugzeug eine Startmasse von nur  $1/3$  der Startmasse des Erd-Flugzeugs:  $m_M = 1/3 m_E$ .

- b) Um welchen Faktor muss die Flügelfläche des Mars-Flugzeugs größer sein als die Flügelfläche des Erd-Flugzeugs, wenn die Fluggeschwindigkeiten gleich bleiben sollen?

**Aufgabe 2.3** (2 Punkte)

Das Mars-Flugzeug nach Aufgabe 2.2 mit  $m_M = 1/3 m_E$  möge mit einer Geschwindigkeit anfliegen und aufsetzen die 5 mal so hoch ist, wie die des Erd-Flugzeugs auf der Erde. Bis auf die Bremskraft durch die Räder werden alle Kräfte beim Abbremsen vernachlässigt. Es ist windstill. Um welchen Faktor verlängert sich die Bremsstrecke gegenüber dem Wert des Erd-Flugzeugs auf der Erde.

**Aufgabe 2.4** (6 Punkte)

- a) Es wird eine koordinierte Standardkurve mit einer Fluggeschwindigkeit von 100 kt geflogen. Wie lange dauert dabei ein Vollkreis? Wo steht dabei die Kugel in der Libelle?
- b) Welchen Wert muss der Hängewinkel einnehmen für die Bedingungen unter a)?  
i) Rechnen Sie genau!  
ii) Finden Sie dazu auch eine Näherungsformel im Skript? Welche? Was liefert diese?
- c) Um welchen Prozentsatz erhöht sich bei diesem Kurvenflug die Überziehggeschwindigkeit? Nehmen Sie für die Rechnung den Wert aus b) Teil i).

**Aufgabe 2.5** (10 Punkte)

- a) Skizzieren Sie die Flugbereichsgrenzen bezüglich Fluggeschwindigkeit und Höhe (Flight Envelope) und zeigen Sie darin allgemein den Punkt (die Flugparameter), die zur größten wahren Fluggeschwindigkeit führen.
- b) Ein Flugzeug wird begrenzt durch eine Äquivalentgeschwindigkeit  $V_E = 175$  m/s und eine Machzahl  $M = 0,82$ .  
i) In welcher Flughöhe ergibt sich die größte wahre Fluggeschwindigkeit?  
ii) Welchen Betrag hat diese größte wahre Fluggeschwindigkeit?
- c) Welches wäre zum Vergleich die größte Fluggeschwindigkeit in der Stratosphäre? Um wie viel Prozent ist die Geschwindigkeit in b) größer.