

**ARBEITSAUFGABEN**  
zu  
**AERODYNAMIK**  
&  
**FLUGPHYSIK**

- 001)** *Umwandlungen*  
Der Propeller eines Motorflugmodells hat einen Durchmesser von 14 [in] und eine Steigung von 9 [in]. Wie groß sind Durchmesser und Steigung in Zentimeter?
- 002)** *Umwandlungen*  
Ein Berg hat eine Seehöhe von 3235 [m]. Wie groß ist seine Höhe in Fuß?
- 003)** *Umwandlungen*  
Die Spannweite eines Flugzeugs beträgt  $32 \frac{1}{4}$  [ft]. Wie viel ist dies in Meter?
- 004)** *Umwandlungen*  
Der Hubraum eines Flugmotors ist mit 320 [cu.in.] angegeben. Wie viel Liter Hubraum hat dieser Motor?
- 005)** *Umwandlungen*  
Der Tank eines Motorflugzeugs fasst 75 [US gal.]. Welche Menge ist dies in Liter und wie groß ist das Gewicht dieser Kraftstoffmenge, wenn die Dichte des Kraftstoffs  $\rho = 0,72$  [kg/dm<sup>3</sup>] ist?
- 006)** *2.1.1.) Masse – Gewicht - Kraft*  
Die Masse des Flugzeugs A ist 1000 [kg], die von Flugzeug B ist 89000 [kg]. Welche Auftriebskraft ist für jedes diese Flugzeuge erforderlich? Vergleiche die Ergebnisse bei genauer Rechnung mit dem Wert von 9,81 und dem Näherungswert 10 für die Erdbeschleunigung.
- 007)** *2.2.3.) Verständnis Normalatmosphäre*  
In der Tabelle der ICAO Standardatmosphäre ist für verschiedene Höhen jeweils der zugehörige Druck- und Temperaturwert angegeben. Berechne wie sich die Höhe ändert, wenn der Druck um ein Millibar geändert wird. Die Berechnung soll einmal in der Höhenstufe von 0 bis 1000 [m] Höhe und einmal zwischen 0 und 3000 m Höhe durchgeführt werden. Die Ergebnisse sind in Fuß pro Millibar und in Meter pro Millibar anzugeben. Führe dieselbe Berechnung für die Temperatur durch und gib an um welchen Betrag sich die Temperatur pro 100 [m] ändert.
- 008)** *2.1.3.2.) Druckänderung von Gasen bei Erwärmung*  
Ein Stahltank ist mit Pressluft gefüllt. Die Temperatur beträgt 20 [°C]. und ein angeschlossenes Manometer zeigt einen Druck von 8 [bar] an. Durch Sonneneinstrahlung erwärmt sich die Luft im Tank auf 80 [°C]. Welchen Druck zeigt nun das Manometer?
- 009)** *2.2.3.) Verständnis Normalatmosphäre*  
Ein Flugzeug steht auf einem Flugplatz dessen Höhe über NN 3000 [ft] beträgt. Das QNH ist 1018 [mb]. Welche Anzeige ergibt sich in der Subscala des Höhenmessers (=QFE), wenn die Stellschraube des Geräts solange gedreht wird, dass die angezeigte Höhe Null ist?
- 010)** *2.2.3.) Verständnis Normalatmosphäre*  
Ein Segelfluggpilot stellt vor dem Start den Höhenmesser auf Null ein. Nach einem Rundflug von 2 Stunden kehrt er zur Landung zurück. Inzwischen ist der Luftdruck um 3 [mb] gefallen. Welche Höhe wird der Höhenmesser nach der Landung anzeigen?
- 011)** *2.2.3.) Verständnis Normalatmosphäre*  
Auf der Subscala eines Höhenmessers ist der auf das Meeresniveau bezogene aktuelle Luftdruck QNH von 1008,0 [mb] eingestellt. Die angezeigte Höhe ist 2090 [m]. Welche Flugfläche entspricht diese Höhe (Angabe der Flugfläche und der tatsächlichen Höhenanzeige, wenn der Höhenmesser auf 1013,25 [mb] = Standard- Luftdruckwert eingestellt wäre)?
- 012)** *2.2.3.) Verständnis Normalatmosphäre*  
Ein auf den Standardluftdruck eingestellter Höhenmesser zeigt eine Höhe von 2000 [ft] an. Das QNH beträgt für diesen Standort 1006,0 [mb]. Wie hoch liegt der Standort in [m] und in [ft]?
- 013)** *2.1.4.) Zustandsgleichung des idealen Gases*  
Ein Flugzeugtank wird zu Prüfzwecken mit Druck beaufschlagt, sodass im Tankinneren ein höherer Luftdruck herrscht als außen. Zu Messzwecken ist ein Höhenmesser am Tank angeschlossen, der vor Beginn des Versuchs 2500 [ft] Höhe anzeigt. Nach Befüllung des Tanks mit Druckluft zeigt er 500 [ft] unter der Nullmarke an. (a) Wie groß ist der Druck im Tank gegenüber dem Luftdruck? (b) Welchen Wert zeigt der Höhenmesser am nächsten Tag wenn die Lufttemperatur im Tankinneren von 22 °C auf 12 °C gefallen ist. Anmerkung: Der Luftdruck am Prüfort ändert sich während des Versuchs nicht.

**014)**

2.2.3.) Verständnis Normalatmosphäre

Ein Flugzeug ist auf einem Flugplatz, der sich in 3000 [ft] Seehöhe befindet geparkt. Das QNH beträgt laut Information vom Tower 1018 [mb]. Welcher Luftdruckwert (QFE) muss an der Subscala des Höhenmessers eingestellt werden, damit die Höhenanzeige Null ist?

**015)**

2.1.4.) Zustandsgleichung des idealen Gases

Die Steiggeschwindigkeit eines Motorflugzeugs soll ermittelt werden. Der Höhenmesser ist während der Messung auf Standard (1013,25 [mb] ) eingestellt. Die abgelesenen Höhenangaben entsprechen also der Druckhöhe, in der sich das Flugzeug befindet. Bei einer Anzeige von 2000 [m] wird eine Außentemperatur von 8 [°C] festgestellt. Nach 200 Sekunden Flug mit gleichbleibender Fluggeschwindigkeit zeigt der Höhenmesser eine Höhe von 2850 [m] und die Temperatur ist 6 [°C]. Wie groß war die Steiggeschwindigkeit im durchflogenen Höhenabschnitt und für welche mittlere Dichtehöhe ist die ermittelte Steiggeschwindigkeit gültig?

**016)**

2.1.4.) Zustandsgleichung des idealen Gases, 2.1.2.Zusammenhang Druck-Volumen

Eine Wetterstation auf Meeresniveau ergab bei einer Messung (1) um 7 Uhr einen Luftdruckwert von 1013,25 [mb], und die Temperatur betrug 15 [°C]. Die Messung (2) erfolgte um 12 Uhr und ergab eine Temperatur von 20,6 [°C] bei gleichem Luftdruck. Wie groß ist die Luftdichte um 12 Uhr und welcher Höhe entspricht diese Dichte, wenn die Atmosphäre nach Standard geschichtet wäre (=Dichtehöhe)?

**017)**

2.1.4.) Zustandsgleichung des idealen Gases, 2.2.3.) Verständnis Normalatmosphäre

Ein Flugzeug fliegt in Flugfläche 40. Das aktuelle QNH ist 1025 [mb]. Die Temperatur der Außenluft beträgt 19 [°C]. (a) Wie groß ist die wahre Höhe des Flugzeugs über NN? (b) In welcher Dichtehöhe fliegt das Flugzeug?

**018)**

2.1.4.) Zustandsgleichung des idealen Gases, 2.2.3.) Verständnis Normalatmosphäre

Ein Pilot hat vor dem Start den Höhenmesser nach dem aktuellen QNH von 1018 [mb] eingestellt. Die Flugroute führt über einen Berg mit 3000 [m] Höhe. Während des Anflugs zu diesem Berg fällt der Luftdruck um 8 [mb] stark ab. Mit welcher Höhenanzeige muss der Pilot fliegen, um mit einer Sicherheitshöhe von 100 [m] über den Berggipfel zu kommen?

**019)**

2.1.4.) Zustandsgleichung des idealen Gases, 2.2.3.) Verständnis Normalatmosphäre

Flugzeug (A) und Flugzeug (B) fliegen über dem selben Punkt. Flugzeug A befindet sich in Flugfläche 50 und Flugzeug B fliegt in 4000 [ft] Höhe bei einer QNH-Einstellung von 1010 [mb]. Wie groß ist der Höhenunterschied zwischen den Flugzeugen?

**020)**

2.3.) Aerostatischer Auftrieb

Ein Heißluftballon schwebt in 1000 [m] Höhe. In der Atmosphäre herrschen Standardbedingungen. Welche Temperatur muss die Luft im Ballon haben, wenn seine Gesamtmasse inklusive der Zuladung 300 [kg] ausmacht und die Hülle ein Volumen von 1500 [m<sup>3</sup>] aufweist.

**021)**

2.1.1.) Masse, Dichte und Gewicht

Ein offener Kessel hat 2000 [l] Inhalt und ist leer. Er wird mit Wasser gefüllt. Dabei muss die im Kessel befindliche Luft entweichen. Wie groß ist die Masse der Luft und welches Gewicht hat sie, wenn ihre Dichte  $\rho$  1,225 [kg/m<sup>3</sup>] ist?

**022)**

2.1.2.) Zusammenhang Druck-Volumen

Ein mit Luft der Dichte 1,225 [kg/m<sup>3</sup>] und dem Druck von 1013,25 [mb] gefüllter Kessel ist fest verschlossen. Das Volumen des Kessels beträgt 1000 [dm<sup>3</sup>]. Über eine Leitung wird er mit Flüssigkeit befüllt. Wie groß sind der Druck und die Dichte im verbleibenden Luftraum, wenn angenommen wird, dass die Temperatur unverändert bleibt und 900 [l] Flüssigkeit eingefüllt werden?

**023)**

2.4.3.) Kontinuitätsgleichung

Eine Rohrleitung hat einen Durchmesser von 8 [dm]. Sie dient als Pipeline und je Sekunde fließen 100 Liter Öl durch. Die Leitung ist an ihrem Ende soweit reduziert, dass ein Schlauch mit 20 [cm] Durchmesser angeschlossen werden kann. Wie groß ist die Geschwindigkeit des Öls im großen Rohr und im Schlauch, wenn die Reibung nicht berücksichtigt wird?

- 024)** *2.4.3.) Kontinuitätsgleichung*  
 Eine Rohrleitung soll stufenweise um je 10 % bis zu einem Zehntel des ursprünglichen Rohrs verjüngt werden. Die prozentuale Verjüngung bezieht sich (a) auf den Durchmesser und (b) auf die Querschnittsfläche des Rohrs. Gib an um wie viel Prozent sich die Geschwindigkeit von Stufe zu Stufe ändert. Stelle die Ergebnisse für die Variante der Querschnitts- und der Durchmesseränderung in einem Diagramm dar!
- 025)** *2.4.5.) Energieprinzip nach Newton*  
 Berechne wie groß die potentielle Energie gegenüber der Erdoberfläche ist, wenn ein Flugzeug in 2000 [m] Höhe fliegt und die Gesamtmasse des Flugzeugs 1350 [kg] ist.
- 026)** *2.4.5.) Energieprinzip nach Newton*  
 Ein Segelflugzeug hat eine Masse von 570 [kg]. Es fliegt in 1400 [m] Höhe mit einer Geschwindigkeit von 95 [km/h]. Berechne die augenblickliche Gesamtenergie.
- 027)** *2.4.5.) Energieprinzip nach Newton*  
 Die kinetische Energie eines Flugzeugs beträgt 100000 [Nm]. Die Masse des Flugzeugs ist 500 [kg]. Wie groß ist seine Geschwindigkeit?
- 028)** *2.4.6.) Bernoulligleichung und deren Anwendung*  
 Ein Flugzeug fliegt nahe der Meeresoberfläche mit 180 [kt] Geschwindigkeit. Die Atmosphäre weist Standardbedingungen auf. a) Wie groß ist der Staudruck? b) Wie groß ist der gesamte Druck im Staurohr? c) Wie groß ist die wahre Geschwindigkeit TAS (true air speed) des Flugzeugs in 3000 [m] Höhe, wenn der Fahrtmesser unverändert 180 [kt] anzeigt?
- 029)** *2.4.6.) Bernoulligleichung und deren Anwendung*  
 Der Pilot eines mit GPS (global positioning system) ausgerüsteten Flugzeugs erhält von dem Gerät die Geschwindigkeit mit 160 kt angezeigt. Es herrscht Windstille und der Höhenmesser zeigt 2000 m, wobei an der Subskala 1013,25 mb eingestellt sind. Die augenblickliche Außentemperatur beträgt 11° C. Wie groß ist der absolute Druck im Staurohr?
- 030)** *2.4.6.) Bernoulligleichung und deren Anwendung*  
 Ein nahe dem Meeresniveau fliegendes Flugzeug ist 230 [km/h] schnell. In welcher Standardhöhe ist seine wahre Geschwindigkeit (True Air Speed TAS) 260 [km/h]?
- 031)** *2.5.2.) Ähnlichkeitsgesetz, Reynold'sch Zahl*  
 Ein Flugmodell fliegt mit 15 [m/s]. Wie groß ist die Flügeltiefe, wenn die Re-Zahl 120 000 beträgt?
- 032)** *2.5.2.) Ähnlichkeitsgesetz, Reynold'sch Zahl*  
 Ein aerodynamisch geformter Körper soll strömungstechnisch untersucht werden. Die Versuche finden einmal in einem Wasserkanal und einmal in einem Windkanal statt. Damit beide Versuche die gleiche Aussagekraft haben muss bei jedem Versuch die gleiche Re-Zahl erreicht werden. Wie verhalten sich daher die Geschwindigkeiten?
- 033)** *2.7.) Widerstandsgesetz*  
 Ein Modellflugzeug hat eine Flügelfläche von 100 [dm<sup>2</sup>] und fliegt mit 15 [m/s]. Die Widerstandskraft beträgt 10 [N]. Wie groß ist der Widerstandsbeiwert? (Standardbedingungen, Meeresniveau).
- 034)** *2.8.) Auftrieb*  
 Bestimme den Auftriebsbeiwert eines Flugzeugs bei einer Flächenbelastung von 50 [kg/m<sup>2</sup>] und einer Fluggeschwindigkeit von 130 [km/h].
- 035)** *2.8.) Auftrieb*  
 Ein Segelflugzeug hat ein Gewicht von 4000 [N]. Sein Auftriebsbeiwert ist 1,45. Die Flügelfläche beträgt 12 [m<sup>2</sup>]. Wie groß ist seine Überziegeschwindigkeit?
- 036)** *4.4.1.) Flugmechanik - Steigflug*  
 Wie groß muss der vom Propeller erzeugte Schub sein, wenn ein Flugzeug einen Luftwiderstand von 1,3 [kN] hat und bei einem Gewicht von 11 [kN] mit einem Winkel von 10° steigt?

**037)**

4.4.1.) Flugmechanik - Steigflug

Ein Motorflugzeug befindet sich im Steigflug. Der Widerstandsbeiwert  $c_W$  ist 0,02. Die Fluggeschwindigkeit beträgt 35 [m/s]. Die Flügelfläche des Flugzeugs hat 12 [m<sup>2</sup>]. Wie groß ist der Steigwinkel und die Steiggeschwindigkeit bei einem vorhandenen Schub von 4 [kN] und einem Flugzeuggewicht von 13 [kN]?

**038)**

4.4.1.) Flugmechanik - Steigflug

Ein Motorflugzeug steigt mit 1800 [ft/min] bei einer Geschwindigkeit von 110 [kt]. Die Masse des Flugzeugs ist 1350 [kg]. Gesucht ist der Steigwinkel und eine Aussage, wie groß der Schub sein muss.

**039)**

4.4.1.) Flugmechanik - Steigflug

Ein Motorsegler mit 500 [kg] Abflugmasse hat bei einer Geschwindigkeit von 80 [km/h] einen Widerstand von 300 [N]. Der von der Luftschaube zur Verfügung stehende Schub ist dabei 400 [N]. Gesucht sind der Steigwinkel und die Steiggeschwindigkeit.

**040)**

4.4.1.) Flugmechanik - Steigflug

Die Fluggeschwindigkeit TAS beträgt 90 [kt]. Das Flugzeug steigt mit einem Steigwinkel von 14[°] gemessen zur Erdoberfläche. Wie groß ist Steiggeschwindigkeit?

**041)**

4.4.1.) Flugmechanik - Steigflug

Ein Verkehrsflugzeug benötigt 15 Minuten Flugzeit um 10000 [m] Höhe zu erreichen. Während des Steigflugs fliegt es im Mittel mit einer Geschwindigkeit von 350 [km/h] TAS. Gesucht sind (a) die mittlere Steiggeschwindigkeit und der Steigwinkel. (b) Wie weit ist es vom Startplatz entfernt, wenn es 8000 [m] Höhe erreicht hat, wenn dauernd ein Gegenwind von 30 [km/h] herrscht und angenommen wird, dass die Steiggeschwindigkeit unverändert bleibt?

**042)**

4.4.3.) Gleitflug

Der Widerstandsbeiwert eines Segelflugzeugs entspricht etwa 3 Hundertstel des Auftriebsbeiwerts bei der Geschwindigkeit des besten Gleitens. Errechne aus dieser Angabe den Gleitwinkel und die Gleitzahl!

**043)**

4.4.3.) Gleitflug

Ein Segelflugzeug soll mit Bremsklappen ausgerüstet werden, damit ein rascher Abstieg möglich ist. Bei der Geschwindigkeit von 80 [km/h] soll das Gleitverhältnis  $\varepsilon \leq 1:7$  sein. Gib an, wie viel mal größer der Widerstandsbeiwert  $c_W$  als der Auftriebsbeiwert  $c_A$  sein muss, und welche Sinkgeschwindigkeit dabei erreicht wird.

**044)**

4.4.3.) Gleitflug

Ein Segelflugzeug hat eine Gleitzahl von 35. Wie groß ist der Zug im Schleppseil, wenn das Segelflugzeug sauber hinter dem Motorflugzeug nachfliegt und seine Gesamtmasse 450 [kg] ist?

**045)**

4.4.3.) Gleitflug

Berechne in vereinfachter Form für NN die Geschwindigkeit eines Flugmodells mit einer Masse von 2,5 [kg] bei einem Auftriebsbeiwert von  $c_A=1,1$  und einer Flügelfläche von 50 [dm<sup>2</sup>].

**046)**

4.4.3.) Gleitflug

Berechne mit den Daten aus Beispiel (45) die Geschwindigkeit für eine Höhe von 1600 [m] bei Standardluftdruck und einer Temperatur von 15 [°C].

**047)**

4.4.3.) Gleitflug

Berechne für die Daten des Beispiels (45) die Sinkgeschwindigkeit, wenn der Widerstandsbeiwert  $c_W=0,045$  ist.

**048)**

4.4.3.) Gleitflug

Die Gleitzahl eines Segelflugmodells ist 18. Das Modellgewicht ist 30 [N]. Die Gleitzahl 18 wird bei der Geschwindigkeit  $v_{gl}=12$  [m/s] erreicht. Die Flügelfläche des Modells  $S=0,7$  [m<sup>2</sup>]. Wie groß ist der Widerstandsbeiwert und wie groß ist der Auftriebsbeiwert?

**049)**

4.4.4.) Sturzflug

Berechne näherungsweise die Sturzfluggeschwindigkeit, wenn bei Nullauftrieb der Widerstandsbeiwert  $c_W=0,015$ , die Flugzeugmasse 650 [kg] und die Flügelfläche 8 [m<sup>2</sup>] ist.

**050)***4.4.5.)Kurvenflug*

Die im Kurvenflug auftretende Fliehkraft für ein Flugzeug mit 600 [kg] Masse bei einer Bahngeschwindigkeit von 50 [m/s] und einem Kurvenradius von 150 [m] soll berechnet werden.

**051)***4.4.5.)Kurvenflug*

Ein Flugzeug fliegt im Kurvenflug mit einer Geschwindigkeit von 40 [m/s] einen Kreis mit 400 [m] Durchmesser. Die Masse beträgt 600 [kg], die Flügelfläche 8,5 [m<sup>2</sup>],  $c_A=0,8$ . Berechne die für den Kurvenflug erforderliche Schräglage.

**052)***4.4.5.)Kurvenflug*

Berechne wie lange ein Flugzeug im stationären Kurvenflug für einen Vollkreis braucht, wenn es mit einer Geschwindigkeit von 50 [m/s] fliegt und eine Schräglage von 45 [°] beibehält. Wie viele Grad ändert es pro Sekunde seine Richtung?

**053)***4.4.5.)Kurvenflug*

Ein Flugzeug hat im Geradeausflug eine Überziehgeschwindigkeit von 95 [km/h]. Wie groß ist die Überziehgeschwindigkeit im Kurvenflug bei 30 [°] Schräglage?

**054)***4.4.5.)Kurvenflug*

Im Geradeausflug fliegt ein Flugzeug mit einem Auftriebsbeiwert von  $c_A=0,45$ . Es soll den Kurs um 130 Grad ändern und führt dieses Manöver mit einer Kurve mit 25 Grad Schräglage durch. Die Fluggeschwindigkeit wird dabei nicht geändert. Wie groß ist (a) der Auftriebsbeiwert während dieser Kurve und (b) welche Kraft übt dabei eine Person mit einer Masse von 75 [kg] auf den Sitz aus?

**055)***4.4.5.)Kurvenflug*

Ein militärischer Jet fliegt mit 250 [m/s] einen Kreis mit einem Durchmesser von 1,5 [km]. Wie groß ist das Lastvielfache und welche Schräglage muss für die Kurve gewählt werden um diesen Kreis zu fliegen?

**056)***4.4.5.)Kurvenflug*

Welchen Durchmesser hat der Kreis für das unter Beispiel (55) angeführte Flugzeug, wenn es bei dem Manöver mit einer Schräglage von 70 Grad fliegt?