

Übungsblatt 4: (15 P.)

Abgabe: 11.05.15 bzw. 12.05.15

Aufgabe 1: [2 P.]

Die mittlere Rate, mit der Energie durch die Erdoberfläche nach außen geleitet wird, beträgt in Südafrika 50 mW/m^2 , und die mittlere Wärmeleitfähigkeit des Felsbodens in der Nähe der Oberfläche beträgt $2,50 \text{ W/m}$. Angenommen, die Oberflächentemperatur betrage 10°C . Welche Temperatur herrscht in $2,0 \text{ km}$ Tiefe?

Aufgabe 2:

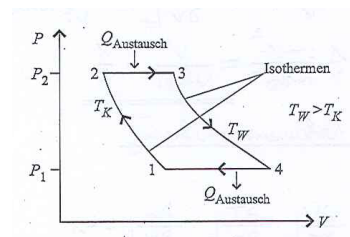
Eine Kugel vom Radius $0,500 \text{ m}$ habe eine Temperatur von $27,0^\circ \text{C}$, einen Emissionsgrad von $0,850$ und befinde sich in einer Umgebung von $77,0^\circ \text{C}$. Mit welcher Rate

- a) [1 P.] emittiert die Kugel Wärmestrahlung?
- b) [1 P.] absorbiert die Kugel Wärmestrahlung?
- c) [1 P.] Wie groß ist die resultierende Rate, mit der die Kugel Energie mit ihrer Umgebung austauscht?

Aufgabe 3: [2 P.]

Auf einem seichten Teich hat sich eine Eisschicht gebildet und es ist ein Fließgleichgewichtszustand eingetreten. Die Luft oberhalb der Eisschicht hat eine Temperatur von $-5,0^\circ \text{C}$ und der Boden des Teichs eine Temperatur von $4,0^\circ \text{C}$. Die Gesamttiefe von Eis+Wasser beträgt $1,4 \text{ m}$. Wie dick ist die Eisschicht? Nehmen Sie für Eis eine Wärmeleitfähigkeit von $0,40 \text{ cal/mK}$ und für Wasser eine Wärmeleitfähigkeit von $0,12 \text{ cal/mK}$ an.

Aufgabe 4: Kreisprozess



Ein ideales Gas durchlaufe den skizzierten Kreisprozess reversibel. Bei diesem sogenannten Ericsson-Prozess werden isotherme und isobare Zustandsänderungen durchgeführt, wobei die während der isobaren Kompression bzw. Expansion umgesetzten Wärmen gegeneinander ausgetauscht werden.

- a) [2 P.] Berechnen Sie die während der einzelnen Prozessschritte anfallenden Arbeiten und Wärmen sowie die Änderungen der inneren Energie.
- b) [2 P.] Stellen Sie eine Bilanz von W, Q und ΔU für den Kreisprozess auf und geben Sie den Wirkungsgrad als Funktion der Temperaturen T_K und T_W an.

Aufgabe 5: Ottomotor [4 P.]

Betrachten Sie ein ideales Gas aus N Atomen oder Molekülen im Volumen V , das durch die Zustandsgleichungen

$$pV = Nk_B T, \quad U = NC_V T,$$

beschrieben wird (U = innere Energie, p = Druck, T = Temperatur, k_B = Boltzmann-Konstante, C_V = Wärmekapazität (hier: pro Teilchen), Adiabatenindex $\kappa = \frac{C_p}{C_V} = 1 + \frac{k_B}{C_V}$). Betrachten Sie einen Kreisprozess (wie er z. B. im Ottomotor auftritt), der aus den folgenden 4 Schritten besteht:

- (1) Frisch eingeströmtes Gas (Druck = Außendruck p_0 , Temperatur = Außentemperatur T_0 , Volumen = V_0) wird zunächst adiabatisch auf ein Volumen $V_1 = V_0/n$ komprimiert (n = Verdichtung, meistens ≈ 10), wobei sich Druck und Temperatur auf p_1 und T_1 , erhöhen. Bestimmen Sie die dabei auftretende Arbeit ΔW_1 .

- (2) Durch einen Verbrennungsprozess wird nun (bei gleichbleibendem Volumen V_1) Wärme ΔQ_2 zugeführt. Bestimmen Sie die dadurch bewirkte Druckerhöhung.
- (3) Nun wird das Gas vom Volumen V_1 auf das ursprüngliche Volumen V_0 dekomprimiert (wiederum adiabatisch), wobei Druck und Temperatur reduziert werden. Bestimmen Sie die dabei frei werdende mechanische Arbeit ΔW_3 .
- (4) Der vierte Schritt (Austausch gegen frisches Gas bei gleichbleibendem Volumen V_0) ist für uns hier ohne Bedeutung.

Insgesamt wird durch den Prozess mechanische Arbeit $\Delta W_{ges} = \Delta W_1 + \Delta W_3$ geleistet ($\Delta W_{ges} < 0$). Bestimmen Sie den Wirkungsgrad des Motors, d. h. $\eta = -\Delta W_{ges}/\Delta Q_2$, und drücken Sie ihn als Funktion der Verdichtung aus.

Stellen Sie den Kreisprozess in einem $p - V$ -Diagramm dar.

Hinweis: Beachten Sie, dass bei einem adiabatischen Prozess $pV^\kappa = const$ gilt.