

## 13. Übungsblatt

### Thermodynamik

Es empfiehlt sich, zuerst allgemein zu rechnen und erst in die Endformeln Zahlenwerte einzusetzen. In den Übungen für (Chem.) Biologen werden vorwiegend mit „●“ markierte Aufgaben besprochen.

1. Eine freitragende Stahlbrücke habe eine Länge von 600 m. Berechnen Sie die Längenänderung, wenn die Brücke um 30,0 °C erwärmt wird. ●

Thermischer Ausdehnungskoeffizient von Stahl:  $\alpha_{\text{Stahl}} = 1,10 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ .

Ergebnis:  $\Delta l = 19,8 \text{ cm}$ .

2. Ein offenes Gefäß der Höhe  $h$  ist bis zum Rand mit Quecksilber der Masse  $m$  gefüllt. Der Volumen-Ausdehnungskoeffizient von Quecksilber sei  $\gamma_{\text{Hg}}$ , der lineare thermische Ausdehnungskoeffizient von Glas  $\alpha_{\text{Gl}}$ . Welche Masse  $\Delta m$  an Quecksilber läuft bei Erwärmung des Gefäßes um  $\Delta T$  über, wenn

a) die thermische Ausdehnung des Glases vernachlässigt,

b) die thermische Ausdehnung berücksichtigt wird?

Die Oberflächenspannung des Quecksilbers muss nicht berücksichtigt werden!

Zahlenbeispiel:  $\gamma_{\text{Hg}} = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ ;  $\alpha_{\text{Gl}} = 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ;  $\Delta T = 100 \text{ K}$ ;  $m = 0,90 \text{ kg}$ .

Ergebnisse: a)  $\Delta m = 16 \text{ g}$ ; b)  $\Delta m = 13 \text{ g}$ .

3. Eine kreisförmige Kupferplatte vom Radius  $R$  und der Dicke  $d$  hat in der Mitte einen quadratischen Ausschnitt der Seitenlänge  $s$ . In diesem Ausschnitt liegt eine Kugel, deren Durchmesser  $2r$  etwas größer als  $s$  ist, solange Kugel und Platte die gleiche Temperatur haben.

Wie lange muss man die Platte mit einer elektrischen Heizung der Leistung  $P$  heizen, bis die Kugel durchfällt? Dabei möge die Erwärmung ohne Verluste erfolgen und die Temperatur der Kugel unverändert bleiben.

Eigenschaften von Cu: spezifische Wärme:  $c = 0,38 \text{ Ws/gK}$ ; Dichte  $\rho = 8,9 \text{ g/cm}^3$ ; thermischer Ausdehnungskoeffizient  $\alpha = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ .

Zahlenbeispiel:  $R = 10 \text{ cm}$ ;  $d = 0,50 \text{ cm}$ ;  $s = 10,000 \text{ cm}$ ;  $r = 5,010 \text{ cm}$ ;  $P = 100 \text{ W}$ .

Ergebnis:  $t = 430 \text{ s}$

4. Wasser wird in einem Kalorimeter mit einem Tauchsieder erwärmt.

a) Nach welcher Zeit ist die Siedetemperatur erreicht?

b) Der Tauchsieder wird nicht wieder abgeschaltet. Nach welcher Gesamtzeit ist das Wasser verdampft?

Wärmekapazität des Kalorimeters:  $480 \text{ J/K}$ ; Eigenschaften von Wasser:

Siedetemperatur  $100^\circ\text{C}$ ; spezifische Wärme  $4,18 \text{ kJ/kgK}$ ; Verdampfungsenergie  $2,26 \text{ MJ/kg}$ .

Zahlenbeispiel: Masse des Wassers  $500 \text{ g}$ , Anfangstemperatur des Wassers  $16,0^\circ\text{C}$ , Heizleistung des Tauchsieders  $600 \text{ W}$ .

Ergebnisse: a)  $t = 360 \text{ s}$ ; b)  $t = 2240 \text{ s}$ .

5. Ein Eisblock der Masse  $m$  und der Temperatur  $T_1$  wird aus dem Gefrierfach entnommen und in einem Mikrowellenherd der Leistung  $P$  vom Zeitpunkt  $t_0$  an erwärmt. •

- Skizzieren Sie den Temperaturverlauf in einem  $T(t)$ -Diagramm.
- Nach welcher Zeit ist das ganze Eis geschmolzen?
- Welche Energie wird für die Erwärmung von  $T_1$  auf  $T_2$  benötigt? Die Wärmekapazität des Gefäßes werde vernachlässigt.

Spezifische Wärme von Eis:  $c_E = 2,1 \text{ Ws/gK}$ ; spezifische Wärme von Wasser:  $c_W = 4,2 \text{ Ws/gK}$ ; Schmelzwärme von Eis:  $c_s = 330 \text{ Ws/g}$ .

Zahlenbeispiel:  $m = 120 \text{ g}$ ;  $T_1 = -25^\circ\text{C}$ ;  $T_2 = 5,0^\circ\text{C}$ ;  $P = 50 \text{ W}$ .

Ergebnisse: b)  $\Delta t = 920 \text{ s}$ ; c)  $\Delta Q = 48 \text{ kJ}$ .

6. Ein Autoreifen habe bei  $0^\circ\text{C}$  und einem Druck von  $2,5 \text{ bar}$  ein Volumen von  $0,060 \text{ m}^3$ . Nach einer Erwärmung auf  $30^\circ\text{C}$  ist der Druck im Reifen auf  $2,65 \text{ bar}$  angestiegen. •

- Wie groß ist das Volumen nach der Erwärmung?
- Welche Stoffmenge und welche Masse hat die Luft im Autoreifen?

Die Luft werde als ideales Gas behandelt und besteht im Verhältnis 4:1 aus Stickstoff und Sauerstoff.

Atommassen von Stickstoff und Sauerstoff:  $A_N = 14 \text{ g/mol}$ ;  $A_O = 16 \text{ g/mol}$ .

Gaskonstante:  $R = 8,3 \text{ Ws/mol K}$ .

Ergebnisse: a)  $V = 0,063 \text{ m}^3$ ; b)  $n = 6,6 \text{ mol}$ ;  $m = 190 \text{ g}$ .

7. Ein mit Helium-Gas (ideales Gas) der Masse  $m_{\text{He}}$  auf den Umgebungsdruck  $p_0 = 1,0 \text{ bar}$  gefüllter Ballon (Volumen  $V = 100 \text{ m}^3$ ) werde von der Sonne gleichmäßig erwärmt. Seine Temperatur steigt von der Umgebungstemperatur  $T_1 = 300 \text{ K}$  aus auf  $T_2 = 310 \text{ K}$  an. Um welchen Betrag ändert sich dabei die Tragkraft des Ballons, wenn •

- der Ballon geschlossen ist und sein Volumen konstant bleibt,
- der Ballon geschlossen ist und sein Druck konstant gleich  $p_0$  bleibt,
- der Ballon offen ist und sein Druck und sein Volumen konstant bleiben?

Zahlenwerte: Dichte der Luft:  $1,2 \text{ kg/m}^3$ ; Dichte des He bei  $T_1$  und  $p_0$ :  $0,17 \text{ kg/m}^3$ .

Ergebnisse: a)  $\Delta F = 0 \text{ N}$ ; b)  $\Delta F = 39 \text{ N}$  c)  $\Delta F = 5,4 \text{ N}$ .