Übung 1. *Konzepte in der Thermodynamik*

a) Erkläre was ein Arbeitsprozess ist und welche Rolle er bei der Formulierung des ersten Hauptsatzes spielt.

b) In der Literatur findet man manchmal, dass der erste Hauptsatz wie folgt formuliert wird:

> Die Änderung der inneren Energie eines geschlossenen Systems ist gleich der Summe der Änderung der Wärme und der Änderung der Arbeit.

Was ist dabei problematisch?

c) Definiere Wärme.

d) Hast du eine Idee, warum Thermodynamik keine *vollständige Theorie* ist?

e*) Es gibt Kryptographieverfahren deren Sicherheitsbeweis auf den Prinzipien der Thermodynamik beruht. Kannst du dir vorstellen, warum das problematisch ist?

Übung 2. *Rechenregeln für partielle Ableitungen*

Die Variablen x, y, und z seien verknüpft durch $f(x,y,z)=0$. Gegeben sei eine Funktion $w(x,y)$ von zwei der drei Variablen. Zeige, dass

a) $$\left.\frac{\partial x}{\partial y}\right|_z = \left(\left.\frac{\partial y}{\partial x}\right|_z\right)^{-1},$$

b) $$-1 = \left.\frac{\partial x}{\partial y}\right|_z \left.\frac{\partial y}{\partial z}\right|_x \left.\frac{\partial z}{\partial x}\right|_y,$$

c) $$\left.\frac{\partial x}{\partial w}\right|_z = \left.\frac{\partial x}{\partial y}\right|_z \left.\frac{\partial y}{\partial w}\right|_z,$$

d) $$\left.\frac{\partial x}{\partial z}\right|_w = \left.\frac{\partial x}{\partial y}\right|_w \left.\frac{\partial y}{\partial z}\right|_w,$$

e) $$\left.\frac{\partial x}{\partial y}\right|_z = \left.\frac{\partial x}{\partial y}\right|_w + \left.\frac{\partial x}{\partial w}\right|_y \left.\frac{\partial w}{\partial y}\right|_z.$$

Übung 3. *Zustandsgrössen*

Es sei bekannt, dass die "Energie" E unter kleinen Änderungen dx, dy der externen Parameter x, y sich wie

$$\delta E = F_x dx + F_y dy$$

ändert, mit dem Vektor $\mathbf{F}(x,y) = [F_x(x,y), F_y(x,y)]$ ("Kraft"). Man nennt E eine Zustandsgrösse, falls δE sich als ein exaktes Differential

$$dE = \partial_x E(x,y)dx + \partial_y E(x,y)dy$$

darstellen lässt.

a) Gegeben δE (bzw. $\mathbf{F}$), zeige die Äquivalenz von folgenden zwei Aussagen:

   i) Es existiert eine Zustandsgrösse E, d.h. $\exists E(x,y) : \mathbf{F} = \nabla E$ und

ii) $\nabla \wedge \mathbf{F} = 0$.

(Die Rotation von $\mathbf{F}$ in zwei Dimensionen sei durch die triviale Erweiterung von $\mathbf{F}$ auf die z-Komponente definiert.)

b) Warum nennt man E eine Zustandsgrösse?

c) Wenn ein Differential δE nicht exakt ist, kann man einen integrierenden Faktor $\mu(x, y)$ finden, so dass $dS = \mu(x, y)\delta E$ exakt wird. Bestimme den integrierenden Faktor $\mu(x, y)$ für

$$\delta E = (xy^2 + xye^x)dx + (2x^2y + xe^x)dy$$

unter der Annahme, dass μ nur von x abhängt. Bestimme zudem $S(x, y)$.

d) Gib je ein Beispiel aus der Thermodynamik für exakte Differentiale, nichtexakte Differentiale und deren integrierende Faktoren an.