Nachtest für den 1. Teiltest, UE Thermodynamik **01.03.2022**

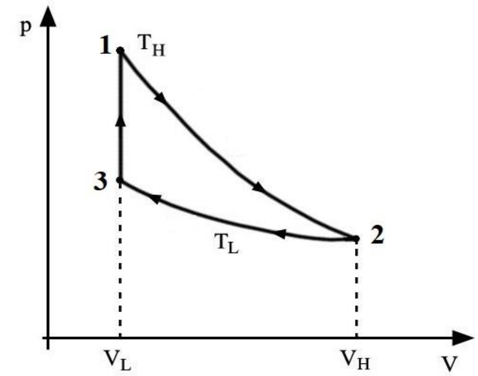
Aufgabe 1: Dreistufiger Kreisprozess (17 Punkte)

Mit n Mol eines idealen Gases (C_p, C_V bekannt) wird nebenstehender dreistufiger Kreisprozess ausgeführt:

$1 \rightarrow 2$: Adiabatische Expansion von V_L auf V_H

$2 \rightarrow 3$: Isotherme Kompression von V_H auf V_L

$3 \rightarrow 1$: Isochore Erwärmung von T_L auf T_H



a) Entwerfen Sie zu diesem pV-Diagramm das TS-Diagramm dieses Kreisprozesses. (3 Punkte)

b) Welches Vorzeichen besitzen die während eines Umlaufs *insgesamt* ausgetauschte Wärme ΔQ_{Ges} bzw. die insgesamt verrichtete Arbeit ΔW_{Ges}? Keine rechnerische Begründung nötig! (2 Punkte)

c) Stellen Sie Formeln für die verrichtete Arbeit und ausgetauschte Wärmemenge für jeden Teilprozess nur in Abhängigkeit der angegebenen Temperaturen und Volumina auf. Gehen Sie dazu von den differentiellen Formeln für Arbeit und Wärme aus und verwenden Sie, wenn nötig den 1. Hauptsatz. Geben Sie zudem jeweils das Vorzeichen explizit an. (6 Punkte)

d) Ausgehend von der allgemeinen Formel für den Wirkungsgrad: Stellen Sie auf Basis der Ergebnisse aus (c) eine Formel für den Wirkungsgrad dieses Kreisprozesses auf.
Welchen Wirkungsgrad besitzt ein Carnot-Kreisprozess, der zwischen derselben Temperaturdifferenz arbeitet? Ist dieser größer/kleiner/gleich dem Wirkungsgrad dieses Kreisprozesses? (4 Punkte)

e) Wie lässt sich begründen, dass sich für die Änderung der Inneren Energie des Arbeitsmediums nach einem Umlauf null, für die Arbeits- und Wärmebilanz sich aber im Allgemeinen ein Wert ungleich null ergibt? (2 Punkte)

Aufgabe 2: Rechnen mit Differentialen (13 Punkte)

Das Änderungsverhalten der Enthalpie bei konstanter Temperatur kann mittels $\left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_T = V - T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$ berechnet werden. Für die Wärmekapazität eines Systems bei konstantem Druck findet man $C_p(T,p) = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p$. Beide Zusammenhänge gelten allgemein.

a) Leiten Sie folgenden allgemeinen Ausdruck für das Differential der Entropie eines Systems her: $\mathrm{d}S(T,p) = \frac{C_p(T,p)}{T}\mathrm{d}T - \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p \mathrm{d}p$. (4 Punkte)

<u>Hinweis</u>: Betrachten Sie dazu die allgemeine Form des Differentials der Enthalpie $dH(T,p)$ in den Variablen p und T.

Betrachten Sie ein System, welches durch folgende Zustandsgleichung beschrieben wird:
$p(V - nb) = nRT$. Dabei sei b eine für das System charakteristische Konstante, n die Stoffmenge.

b) Geben auf Basis des in (a) hergeleiteten Zusammenhangs das Differential $\mathrm{d}S(T,p)$ für dieses System explizit an. (2 Punkt)

c) Zeigen Sie, dass C_p in diesem Fall nicht vom Druck abhängen kann. Werten Sie dazu die Integrabilitätsbedingung der Entropie des Systems aus (b) aus. (3 Punkte)

d) Welche Temperaturänderung erfährt dieses System mit anfänglicher Temperatur T_1 bei einer *isentropen* Druckminderung von einem Druck p_1 auf p_2? Gehen Sie wiederum von $\mathrm{d}S(T,p)$ aus (b) aus. Nehmen Sie in diesem Fall C_p als konstant an. (4 Punkte)