

# Klausuraufgaben zur Thermodynamik

Name:

Don., den 23. Juni 2005, 14h ct.

**Punktezahl für die Aufgaben:** 50% der möglichen Punkte sollten erreicht werden

1. Aufg.	2. Aufg.	3. Aufg.	4. Aufg.	5. Aufg.	6. Aufg.	7. Aufg.	8. Aufg.	$\Sigma$
2 + 2	2	3	2	2	1	1 + 1	1 + 2	19

erreichte Punktezahl:

## Aufg. 1 Thermodynamische Potentiale

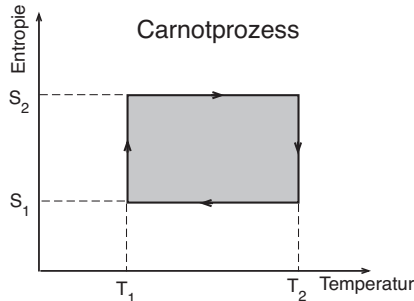
a) Notieren Sie die Thermodynamischen Potentiale

Entropie  $S$ , Innere Energie  $U$ , Freie Energie  $F$  GIBBS'sches Potential  $G$  & Enthalpie  $H$  mit ihren "natürlichen" Variablen für Gase und Flüssigkeiten zusammen mit ihren Differentialen  $dU$ ,  $dS$ ,  $dF$ ,  $dG$  und  $dH$ . (2 Punkte)

b) Wie sind Sie Potential  $U$  und  $F$ ,  $U$  und  $H$  mit Hilfe der LEGENDRETRANSFORMATIONEN verknüpft? (2 Punkte)

## Aufg. 2 Kreisprozess

Die CARNOTMASCHINE kann man am einfachsten in einen  $(T, S)$ -Diagramm wie in der Abbildung beschreiben werden.



Notieren Sie die vier verschiedenen Prozesse, die in einem CARNOTZYKLUS vorkommen, z.B. indem Sie sie in der Abbildung eintragen. Bestimmen Sie den Wirkungsgrad  $\eta = \frac{\text{Arbeit}}{\text{Wärme}}$  ebenfalls mit dieser Abbildung. Wodurch sind Arbeit und Wärme dort definiert? (2 Punkte)

## Aufg. 3 Clausius–Clapeyron Gleichung

a) Für den Anstieg des Dampfdruck  $p(T)$  mit der Temperatur  $T$  gilt die CLAUDIUS–CLAPEYRON Gleichung

$$\frac{dp}{dT} = \frac{L}{T(V_{\text{dampf}} - V_{\text{flüss}})} \quad (*)$$

die diesen Anstieg mit meßbare Größen wie der "latente" Wärme  $L$  oder der Verdampfungswärme verknüpft und die Volumenänderung  $V_{\text{dampf}} - V_{\text{flüss}}$  verknüpft. Geben Sie eine Ableitung dieser Gleichung. (3 Punkte)

#### Aufg. 4 Formel für den Dampfdruck

- b) Die folgende empirische Formel

$$p(T) = p_0 \cdot \exp\left(\frac{L}{R} \cdot \frac{T - T_0}{T_0 T}\right)$$

zeigt den exponentiellen Anstieg des Dampfdruck  $p(T)$  als Funktion der Temperaturdifferenz  $T - T_0$ , wobei man für Wasserdampf die Werte von  $p_0$  und  $T_0$  für den Gefrierpunkt nehmen würde. Zeigen Sie, daß diese Formel für den Dampfdruck der CLAUSIUS-CLAPEYRON Gleichung, (\*) Aufg.3, erfüllt. Allerdings muß man einige zusätzliche Annahmen machen, welche sind dies außer der Annahme, daß  $V_{dampf}$  der idealen Gasgleichung genügen soll? (2 Punkte)

#### Aufg. 5 Anstieg der Entropie?

Zwei Körper mit unterschiedlichen Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$  werden in Kontakt gebracht, so daß sich die Temperaturen angleichen können. Gemeinsam bilden die Körper ein abgeschlossenes System, so daß die Gesamtenergie  $E$  sich nicht ändern kann. Zeigen Sie, daß die Entropie

$$S(E) = S_1(E_1) + S_2(E_2) \quad \text{mit} \quad E_1 + E_2 = E$$

als Funktion der Zeit  $t$  sich vergrößern wird

$$dS/dt > 0 ,$$

wenn man die plausible Annahme macht, daß der wärmere Körper Energie beim Temperaturausgleich verliert.

**Hinweis:** Berechnen Sie  $dS/dt$  und benutzen Sie Beziehung  $dS_i/dE_i = 1/T_i$  für die beiden Körper. (2 Punkte)

#### Aufg. 6 Dritter Hauptsatz der Thermodynamik

Nennen Sie zwei äquivalente Formulierungen für den 3. Hauptsatz oder das NERNSTsche Wärmetheorem (z.B. eine Textform und eine mathematische Formulierung). (1 Punkt)

#### Aufg. 7 Shannon-Entropie

- a) Wie lautet die Formel für die SHANNONentropie für die Wahrscheinlichkeiten  $p_i$ , deren Summe  $\sum_{i=1}^N p_i = 1$  ist? (1 Punkt)
- b) Welche Form hat diese Entropieformel für den speziellen Fall, daß alle  $N$  Wahrscheinlichkeiten  $p_i$  gleich sind? Für welche "Gesamtheit" oder bei welchen "ensemble" benutzt diese Art der Mittelung mit gleichen Gewichten  $p_i$  in der Thermodynamik? (1 Punkt)

#### Aufg. 8 "van der Waals"- Gleichung

- a) Notieren Sie die van der Waals Gleichung und skizzieren Sie die dazugehörigen Isothermen in ein  $PV$ -Diagramm. (1 Punkt)
- b) Mit welchen Isothermen kann man den Übergang gasförmig zu flüssig beschreiben. Wie legt man den Koexistenzbereich zwischen Gas und Flüssigkeit fest? (2 Punkte)