

## Übung 4

Ausgabe: 16.10.2017

Abgabe: 24.10.2017

### Aufgabe 1: Der 1. Hauptsatz der Thermodynamik

- a) Formulieren Sie den ersten Hauptsatz der Thermodynamik für ein geschlossenes und ein abgeschlossenes System.
- b) Das Volumen einer Probe von 14 g gasförmigem Stickstoff (nehmen Sie hierbei ideales Gasverhalten an) verdopple sich ausgehend von einem Anfangszustand von 298 K und 1 bar. Erklären und berechnen Sie jeweils die Änderung der inneren Energie im System  $\Delta u$  für die folgenden Prozesse:
- (i) isotherme, reversible Expansion
  - (ii) adiabatische, irreversible Expansion ins ideale Vakuum
  - (iii) adiabatische, reversible Expansion.

Benutzen Sie dazu den ersten Hauptsatz der Thermodynamik.

### Aufgabe 2: $pV$ Diagramm

Im  $pV$ -Diagramm von Abb. 2-1 ist eine Folge von thermodynamischen Prozessen gegeben. Im Prozess  $ab$  und  $bd$  werden dem System 150 J respektive 600 J Wärme zugegeben aus einem Wärmebad.

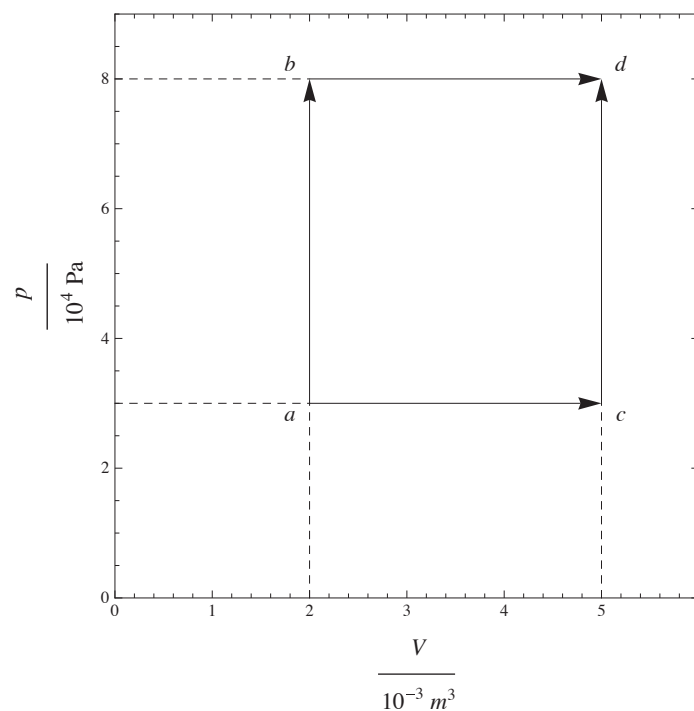


Abbildung 2-1:  $pV$  Diagramm

- a) Wo ist die Temperatur am höchsten?
- b) Finden Sie
- die Änderung der inneren Energie und Enthalpie beim Prozess  $ab$ ,
  - die Änderung der inneren Energie und Enthalpie beim Prozess  $abd$  und
  - die gesamte Wärme, welche dem System beim Prozess  $acd$  zugeführt wird.
- c) Füllen Sie Tabelle 2.1 soweit wie möglich aus.

Tabelle 2.1: Zusammenfassung der Resultate.

Prozess	$q$	$w$	$\Delta u$	$\Delta h$	Prozess	$q$	$w$	$\Delta u$	$\Delta h$
$ab$					$ac$				
$bd$					$cd$				
$abd$					$acd$				

Qualitative Fragen:

- d) Weshalb muss dem System auf dem Weg von  $a$  nach  $b$  Wärme zugeführt werden?
- e) Zeige, dass auf dem Weg von  $a$  nach  $d$  die Arbeit wegababhängig ist.
- f) Zeige, dass die innere Energie und die Enthalpie in diesem Kreisprozess erhalten bleiben.
- g) Zeige, dass auf dem Weg von  $b$  nach  $d$  die Enthalpieänderung exakt der zugefügten Wärme entspricht.

Freiwillig:

- h) Angenommen, das System besteht aus Helium, wie viele weitere Grössen in Tabelle 2.1 können Sie angeben?
- i) Angenommen, das System besteht aus 0.1 mol Gas, wie viele weitere Grössen in Tabelle 2.1 können Sie angeben?
- j) Um was für ein Gas könnte es sich handeln in diesem System?

### Aufgabe 3: Das Poissonsche Gesetz

- a) Erklären Sie den Unterschied zwischen  $C_V$  und  $C_p$  und drücken Sie  $C_V$  und  $C_p$  dazu als partielle Ableitungen aus. Was ist die Beziehung zwischen  $C_V$  und  $C_p$ ?
- b) Was sagt das Poissonsche Gesetz aus und unter welchen Bedingungen darf man es benutzen?
- c) Was sind die Werte von  $C_V$  und  $\gamma$  von Helium und warum?
- d) Ist bei tiefer Temperatur (molekulare Schwingungen vernachlässigbar) das  $\gamma$  von Stickstoff grösser oder kleiner als  $\gamma$  von Helium (Wert pro Atom)? Begründen Sie Ihre Antwort.
- e) Gleiche Frage wie d): Wie ist es bei höheren Temperaturen (Molekularschwingungen nicht vernachlässigbar)?
- f) Der Druck eines Reifens wird bei  $T = 24^\circ\text{C}$  von 1 bar auf 4 bar geändert. Was ist die Temperatur, wenn der Reifen 4 bar erreicht? Wir nehmen an, dass die Bedingungen wie in b) sind und dass  $\gamma = \frac{7}{5}$ .

**Aufgabe 4: Wärmekapazität**

Eine Masse von 36.0 g H<sub>2</sub>O (solid) bei 273 K wird mit 180 g H<sub>2</sub>O (flüssig) bei 325 K vermischt in einem isolierten Gefäß (abgeschlossenes System) bei einem Druck von 1 bar. Berechnen Sie die finale Temperatur des Systems im Equilibriumszustand.

Hinweis: Sie können davon ausgehen, dass von 0°Celsius bis 100° Celsius die Wärmekapazität konstant ist.

$$\Delta H_{\text{fus}}^{\text{Eis}} = 6.007 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$C_p^{\text{H}_2\text{O}} = 75.3 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$$