

Prof. Dr. Holger Stark  
 Johannes Blaschke, Jakob Löber, Torben Winzer, Maria Zeitz

**5. Übungsblatt – TPIV: Thermodynamik und Statistische Physik**

**Abgabe: Fr. 27.05.2016 bis 08:30 Uhr, Briefkasten ER-Gebäude**

**M Aufgabe 13: Irreversibilität**

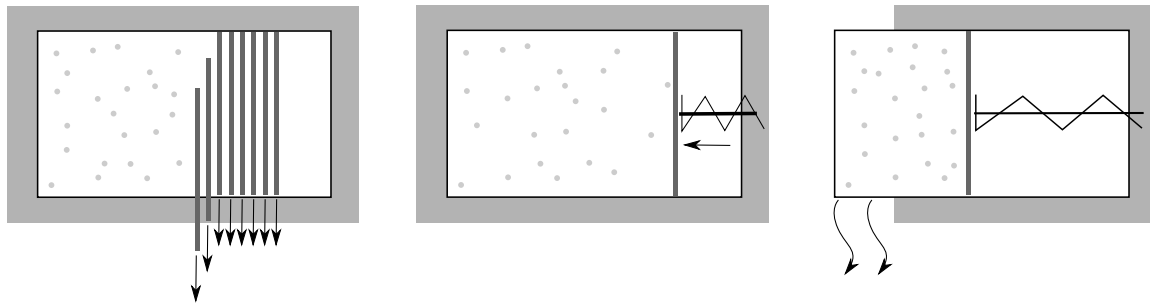


Abbildung 1: (Links) Skizze des quasistatischen irreversiblen Prozess: Ein Gas breitet sich in ein Vakuum aus nachdem die Trennwände, eine nach der anderen, entfernt werden. (Mitte) Um das Gas in den ursprünglichen mechanischen Zustand zu bringen, wird es mit einem Kolben adiabatisch komprimiert. (Rechts) Wärme wird abgeleitet bis das Gas die ursprüngliche Temperatur hat.

Hier betrachten Sie einen Kreisprozess bei dem Temperatur, Volumen und Entropie sich in den Teilaufgaben folgendermaßen verändern:

$$(T_1, V_1, S_1) \xrightarrow{(a)} (T_2, V_2, S_2) \xrightarrow{(b,c)} (T_3, V_3, S_3) \xrightarrow{(d,e)} (T_4, V_4, S_4) = (T_1, V_1, S_1)$$

In der Vorlesung wurde folgendes Beispiel für einen irreversiblen Prozess der quasistatisch abläuft vorgestellt (Skizze links): Ein Gas expandiert, ohne Wärme mit dem Umfeld auszutauschen, in ein Vakuum hinein. Dies geschieht quasistatisch indem die Trennwände zum Vakuum nach und nach entfernt werden.

- a) Bestimmen sie die Entropieänderung  $\Delta S_{1,2} := S_2 - S_1$  für diese Expansion.

Um die Trennwände wieder hinzu fügen zu können, wird das Gas adiabatisch komprimiert bis das Volumen dem ursprüngliche Volumen gleicht (Skizze Mitte).

- b) Bestimmen Sie die Temperaturänderung  $\Delta T_{2,3}$ .
- c) Bestimmen Sie die Entropieänderung  $\Delta S_{2,3}$ , und  $\Delta S_{1,3}$ .

Um das Gas in den ursprünglichen thermodynamischen Zustand zu bringen wird jetzt Wärme abgeleitet (Skizze rechts).

- d) Bestimmen Sie die Entropieänderungen  $\Delta S_{3,4}$  und  $\Delta S_{1,4}$ .
- e) Warum ist der ganze Kreisprozess nicht reversibel?

5. Übung TPIV SS 16

**S Aufgabe 14 (8 Punkte): 2. Hauptsatz**

Verkürzend wird oft behauptet, dass der 2. Hauptsatz verbietet, Wärme vollständig in mechanische Arbeit umzuwandeln.

- a) Widerlegen Sie die o.g. Behauptung am Beispiel eines idealen, das Gases von Volumen  $V_1$  auf das Volumen  $V_2$  expandiert wird.

Richtige Formulierungen des 2. Hauptsatzes lauten:

- i) Rudolf Clausius (1822-1888) 1850:  
Wärme kann nie von selbst von einem kälteren zu einem wärmeren Reservoir übergehen.
- ii) William Thomson (Lord Kelvin, 1824-1907) 1851:  
Es gibt keine *periodisch* arbeitende Maschine, bei welcher nach einem Umlauf die einzigen Änderungen der Umwelt darin bestehen, dass Arbeit verrichtet und nur ein Wärmereservoir abgekühlt wurde.
- b) Beweisen Sie, dass beide Formulierungen ((i) und (ii)) äquivalent sind.

**S Aufgabe 15 (12 Punkte): Kreisprozesse**

- a) Stellen Sie den Otto-, Joule- und den Diesel-Prozess im  $TS$ -Diagramm und in noch einem, dem Prozess angemessenen, Diagramm dar.
- b) Bestimmen Sie jeweils die abgegebene Arbeit und die aufgenommene Wärme während eines Zyklus. Berechnen Sie daraus den Wirkungsgrad.  
**Hinweis:** Verwenden Sie bei den Rechnungen ein ideales Gas.

**Zum Übungsbetrieb:** Die Übungsaufgaben teilen sich auf in mündliche **M** und schriftliche **S** Aufgaben. Die Bedingung für die Vergabe eines Übungsscheins gliedert sich daher in zwei Teile:

- Es müssen mindestens 50% der schriftlichen Übungspunkte erreicht werden. Die Abgabe erfolgt in Dreiergruppen. Ab dem zweiten Übungsblatt werden Einzel- und Zweierabgaben nicht mehr akzeptiert!
- Vorrechnen: Jeder Student kreuzt vor jeder Übung diejenigen Aufgaben auf einer ausliegenden Liste an, die er oder sie bearbeitet hat. Wer eine Aufgabe angekreuzt hat, ist bereit diese Aufgabe an der Tafel vorzurechnen. Für den mündlichen Teil des Scheinkriteriums müssen am Ende des Semesters in Summe 50% der mündlichen Aufgaben angekreuzt sein.

Prof. Dr. Holger Stark  
Johannes Blaschke, Jakob Löber, Torben Winzer, Maria Zeitz

	<b>Mo</b>	<b>Di</b>	<b>Mi</b>	<b>Do</b>	<b>Fr</b>
08-10					EW 203 HS
10-12	EW 229 Johannes		EW 226 Torben		EW 731 Maria
12-14			EW 203 HS		ER 164 Jakob
14-16					
16-18					

<b>Sprechstunden</b>		
Prof. Dr. Holger Stark	Fr 11:30–12:00	EW 709
Johannes Blaschke	Mi 10–11	EW 708
Jakob Löber	Mi 14 –15	EW 737
Torben Winzer	Do 14–15	EW 703
Maria Zeitz	Do 11 –12	EW 702