

Versuch 6: Wärmepumpe durchgeführt am 04.06.2004

Zielsetzung:

Ziel des Versuches ist es, anhand einfacher Messungen mit einer realen Wärmepumpe das Verständnis des 2. Hauptsatzes der Thermodynamik anhand von Vergleichen mit einer idealen Carnot-Wärmekraftmaschine vertieft werden.

Theoretischer Hintergrund:

Da es praktisch unmöglich ist, eine Wärmemenge Q vollständig in Arbeit W umzuwandeln, ist Wärmekraftmaschinen ein Wirkungsgrad η zwischen 0 und 1 zuzuordnen, wobei der Wert 1 nie erreicht werden kann.

$$\eta = \frac{W}{Q}$$

Nach *Carnot* ergibt sich der maximale Wirkungsgrad einer zwischen zwei Temperaturen arbeitenden Wärmekraftmaschine **immer** zu

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

was bedeutet, dass es keine zwei Maschinen geben kann, die mit unterschiedlichem Wirkungsgrad zwischen den gleichen zwei Temperaturen arbeiten.

Im beschriebenen Versuch wird genau das Gegenteil einer Wärmekraftmaschine betrachtet, eine sog. *Wärmepumpe*. Sie soll unter Aufwendung von Arbeit Wärme erzeugen, was im Praktischen durch einen Kompressionskühlkreislauf mit dem Arbeitsgas Dichlordifluormethan **Frigen** CCl_2F_2 realisiert ist. Das Gas wird im Kompressor verflüssigt und zur Expansion in das zu kühlende Gebiet gebracht. Dort verdampft es unter Wärmeaufnahme, um dann gasförmig zum Kompressor zurückzukehren, wo es erneut verdichtet wird. Auf diese Weise kann eine dauerhafte Kühlung gewährleistet werden.

Die beschriebene Apparatur besitzt 2 Wasserreservoirs, das kühlere von beiden soll als Reservoir 2 bezeichnet sein.

Insgesamt wird Wärme vom kühleren Reservoir 2 zum wärmeren Reservoir 1 transportiert, wobei der Kompressor die Arbeit W leisten muss. Im Folgenden sollen die Wärmemengen Q_1 und Q_2 bestimmt werden, die den entsprechenden Reservoirs zugeführt werden.

Durchführung:

Der Kompressor wird eingeschaltet und der Temperaturgradient wird erzeugt, wobei Reservoir 2 auf ca. 15 °C abgekühlt und Reservoir 1 auf ca. 35°C angestiegen ist. Nachdem der Gradient stabil etabliert wurde (Die Temperaturen schwanken nicht mehr oder nur noch minimal) .

Um Q_2 zu messen wird die Heizzeit des Thermostaten von Reservoir 2 genau 10 Minuten lang mit Hilfe der Thermostatenuhr gemessen, man kann aus ihr die aus dem Reservoir 2 abgepumpte Wärmemenge messen, da sie gleich ist mit der, die das Thermostat zuführt. Seine Nominalleistung ist bekannt ($P_1 = 425 \text{ W}$); dadurch ist ein einfaches Errechnen der Wärme Q möglich:

$$Q = P \cdot t$$

Um die Wärmemenge Q_1 zu messen (sie entspricht der Wärme, die von der Wärmepumpe zugeführt wird und von der Thermostatenkühlung neutralisiert werden muss, um Temperaturkonstanz zu gewährleisten.), wird der Kompressor ausgeschaltet und mit Hilfe der Thermostatenheizung die Temperatur gleichgehalten. Die nun vom Thermostaten zugeführte Wärmemenge entspricht Q_1 .

Beide Messungen werden 2 mal durchgeführt, man erhält folgende Ergebnistabelle:

Messung von Q2				
Messung Nr.:	Dauer der Messung in sec	Leistung des Thermostaten [W]	Heizdauer [sec]	Arbeitsübertrag [J]
1	600	425	172	73100
2	600	425	174	73950
Mittelwert:	73525			
Messung von Q1				
Messung Nr.:	Dauer der Messung in sec	Leistung des Thermostaten [W]	Heizdauer [sec]	Arbeitsübertrag [J]
1	600	430	233	100190
2	600	430	232	99760
Mittelwert:	99975			
Arbeit W = Q1 - Q2				
W1 [J]	27090			
W2 [J]	25810			
Mittelwert [J]:	26450			

Zur Berechnung des Wirkungsgrades des Kompressors:

$$Q_1 = 73525 \text{ J}$$

$$Q_2 = 99975 \text{ J}$$

$$T_1 = 308,8 \text{ K}$$

$$T_2 = 288,5 \text{ K}$$

$$W = Q_2 - Q_1 = 99975 - 73525 \text{ J} = 26450 \text{ J}$$

$$\eta = \frac{Q_1}{W} = \frac{73525 \text{ J}}{26450 \text{ J}} = 2,78$$

$$\eta_{\max} = \frac{T_1}{T_1 - T_2} = \frac{308,8 \text{ K}}{308,8 \text{ K} - 288,5 \text{ K}} = 15,21$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{26450 \text{ Ws}}{600 \text{ s}} = 44,08 \text{ W}$$

(Herstellerangabe: 180W)

Man erkennt, wieviel der Nominalleistung von 180 W tatsächlich in Form von Wärmeleistung im System ankommt, nämlich „nur“ 44,1 W; man sieht also deutlich, wie weit ein solcher Kompressor von der idealen Carnot-Wärmepumpe entfernt ist.

v.d.Hoff
Wagner