

V206

Wärmepumpe

Annika Burkowitz
annika.burkowitz@tu-dortmund.de

Phillip Alexander Greve
phillip.greve@tu-dortmund.de

Durchführung: 27.10.2015

Abgabe: 03.11.2015

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1 Zielsetzung	3
2 Theorie	3
2.1 Prinzip einer Wärmepumpe und ihre Güteziffer	3
2.2 Aufbau und Funktionsweise einer Wärmepumpe	4
2.3 Kenngrößen einer Wärmepumpe	5
2.3.1 Bestimmung der realen Güteziffer v	5
2.3.2 Bestimmung des Massendurchsatzes	5
2.3.3 Bestimmung der mechanischen Kompressorleistung N_{mech}	5
3 Durchführung	5
4 Auswertung	5
5 Diskussion	5
Literatur	5

1 Zielsetzung

In diesem Versuch wird der Transport von Wärmeenergie von einem kälteren zu einem wärmeren Reservoir unter Aufbringen mechanischer Arbeit untersucht. Ein solches System nennt sich Wärmepumpe. Wichtige Kenngrößen sind die Güteziffer und der Massendurchsatz, welche in diesem Versuch bestimmt werden.

2 Theorie

2.1 Prinzip einer Wärmepumpe und ihre Güteziffer

Nach dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik, der besagt, dass die Entropie in einem abgeschlossenen System niemals abnehmen kann, verläuft ein Wärmeaustausch zwischen zwei Reservoiren unterschiedlicher Temperatur immer vom Wärmeren zum Kälteren hin. Es ist jedoch möglich die Richtung des Wärmetransports umzukehren, wenn man dem System Energie in Form von mechanischer Arbeit zuführt. Ist dies der Fall, so spricht man von einer Wärmepumpe.

Aus dem Verhältnis der aufzuwendenden Arbeit A und der an das wärmere Reservoir abgegebenen Wärmemenge Q_1 resultiert die Güteziffer v einer Wärmepumpe. Da nach dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik die totale Energie in einem abgeschlossenen System erhalten bleiben muss, muss die abgegebene Wärmemenge Q_1 gleich der Summe aus der aufgewandten Arbeit und der aus dem kälteren Reservoir entnommenen Wärmemenge Q_2 sein:

$$Q_1 = Q_2 + A \quad (1)$$

Damit ist

$$v = \frac{Q_1}{A} \quad (2)$$

der Wirkungsgrad einer Wärmepumpe.

Unter der Voraussetzung, dass sich die Temperaturen in den Reservoiren während der Wärmeübertragung nicht ändern und der Prozess reversibel verläuft, folgt aus dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik, dass die Summe der reduzierten Wärmemengen $\int \frac{dQ}{T}$ verschwindet:

$$\frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} = 0 \quad (3)$$

Reversibilität bedeutet in diesem Zusammenhang, dass der Prozess des Energieaustausches zu jedem Zeitpunkt verlustfrei umgekehrt werden kann. Dies ist jedoch nur bei idealen Systemen gegeben, so dass für den irreversiblen, realen Fall nur die Ungleichung

$$\frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} > 0 \quad (4)$$

gilt.

Verwendet man Gleichung (3) in (1), so ergibt sich nach (2) die Gütezahl für eine ideale Wärmepumpe:

$$v_{\text{ideal}} = \frac{Q_1}{A} = \frac{T_1}{T_1 - T_2}. \quad (5)$$

Analog gilt mit (1) und (4) nach Gleichung (2) für die reale Wärmepumpe

$$v_{\text{real}} < \frac{T_1}{T_1 - T_2}. \quad (6)$$

Daraus kann man leicht erkennen, dass die Wärmepumpe einen besseren Wirkungsgrad hat, je geringer die Temperaturdifferenz zwischen den Reservoiren ist. Wärmepumpen werden beispielsweise in der Heiztechnik verwendet und haben dabei gegenüber anderen Verfahren den großen Vorteil, dass die gewonnene Wärmemenge auch größer als die geleistete mechanische Arbeit sein kann. < Gleichung? >

2.2 Aufbau und Funktionsweise einer Wärmepumpe

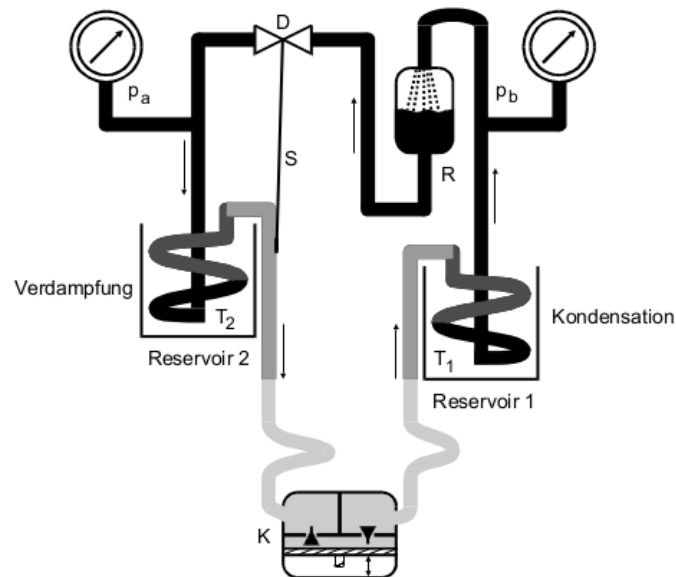


Abbildung 1: Aufbau einer Wärmepumpe ($p_b > p_a; T_1 > T_2$).

In Abbildung 1 ist der schematische Aufbau einer Wärmepumpe zu sehen. Wichtige Elemente sind die Reservoirs 1 und 2, welche mit einer genau definierten Menge Wasser gefüllt sind, und in denen sich Kupferspiralen für den Wärmeaustausch zwischen Transportmedium und Wasser befinden. Bei dem Transportmedium handelt es sich um ein reales Gas, welches eine möglichen hohen Kondensationswärme besitzt. In unserem Fall wurde Dichlordifluormethan ($\text{Cl}_2\text{F}_2\text{C}$) verwendet. Das Gas ist bei Temperatur T_1 und dem Druck p_b flüssig und bei T_2 und Druck p_a gasförmig. Das flüssige Gas verdampft in Reservoir 2 und entzieht diesem die Verdampfungswärme L pro Gramm.

Infolgedessen sinkt die Temperatur T_2 in Reservoir 2. Der Kompressor K komprimiert das Gas, wodurch der Druck p_b steigt, so dass das Gas in Reservoir 1 kondensiert und dabei die zuvor aufgenommene Verdampfungswärme als Kondensationswärme L pro Gramm abgibt. Dadurch steigt die Temperatur T_1 in Reservoir 1. Zwischen den Reservoiren liegt das Drosselventil D, welches durch Strömungswiderstände den Druckunterschied zwischen p_b und p_a erzeugt. Der Reiniger R und die Steuerungsvorrichtung S gewährleisten eine störungsfreien Funktionsweise. Der Reiniger entfernt verbliebene Gasreste aus dem flüssigen Medium, die Steuerungsvorrichtung regelt den Durchlass des Drosselventils.

2.3 Kenngrößen einer Wärmepumpe

Zur Beurteilung einer Wärmepumpe ist ihre Güteziffer v , der Massendurchsatz $\frac{dm}{dt}$ des Transportmediums und der Wirkungsgrad des Kompressors von Interesse. Wie diese Kenngrößen aus den Messwerten bestimmt werden können wird nachfolgend beschrieben.

2.3.1 Bestimmung der realen Güteziffer v

2.3.2 Bestimmung des Massendurchsatzes

2.3.3 Bestimmung der mechanischen Kompressorleistung N_{mech}

[1]

3 Durchführung

4 Auswertung

5 Diskussion

Literatur

[1] TU Dortmund. *Versuchsanleitung zur Wärmepumpe*. 2015.