

Nr.206

Die Wärmepumpe

Sara Krieg
sara.krieg@udo.edu

Marek Karzel
marek.karzel@udo.edu

Durchführung: 20.11.2018

Abgabe: 27.11.2018

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1	Theorie	3
1.1	Das Prinzip der Wärmepumpe	3
1.2	Die Arbeitsweise der Wärmepumpe	4
2	Durchführung	4
3	Auswertung	4
4	Diskussion	4

1 Theorie

Ziel des Versuches ist es, die Kenngröße der Wärmepumpe zu ermitteln, indem der Transport von Wärmeenergie zwischen zwei Wärmereservoirien untersucht wird.

1.1 Das Prinzip der Wärmepumpe

Ohne äußere Einflüsse findet Temperaturänderung in Form von Wärmeabgabe vom heißeren zum kälteren Körper oder Medium statt. Durch aufgewandte (mechanische) Arbeit A kann dieser Prozess jedoch auch in anderer Richtung ablaufen. Gemäß dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik beträgt die an das wärmere Medium abgegebene Wärmemenge Q_1 , die von dem kühleren Medium aufgenommene Wärmemenge Q_2 , zuzüglich der Arbeit A . Dementsprechend gilt

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

Die Gütezahl ν der Wärmepumpe gibt dabei das Verhältnis der abgegebenen Wärmemenge Q_1 zur aufgewandten Arbeit A an

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

Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik führt für die reduzierten Wärmemengen zu der Beziehung, dass deren Summe $\int \frac{dQ}{T}$ null beträgt. Aus dieser folgt

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

Allerdings muss es sich für diese Beziehung um einen idealen reversiblen, d.h. umkehrbaren Prozess handeln. Vom Ideal abweichend, gilt für die technische Anwendung also die Ungleichung

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

Aus 1 und 3 folgt

$$Q_1 = A + \frac{T_2}{T_1} \cdot Q_1 ,$$

aus 2, für einen reversiblen Vorgang, die ideale Güte

$$\nu_{\text{id}} = \frac{Q_1}{A} = \frac{T_1}{T_1 - T_2} \quad (5)$$

und aus 1 und 4 für die Güte der realen Wärmepumpe

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

Aus 5 und 6 ist abzulesen, dass die Wärmepumpe für kleine Temperaturdifferenzen $T_1 - T_2$ am effizientesten arbeitet, die aufgewandte Arbeit A zur Wärmeübertragung also minimal ist.

1.2 Die Arbeitsweise der Wärmepumpe

In der Wärmepumpe fungiert ein reales Gas als Transportmedium, welches bei Wärmeaufnahme verdampft und die Wärme durch Kondensation wieder abgibt, die Wärmeenergie infolgedessen als Phasenumwandlungsenergie transportiert. Vorteilhaft ist daher die Verwendung von Gasen hoher Kondensationswärme.

Nach dem Aufbau der Wärmepumpe (Abbildung) sorgt der Kompressor K für einen Kreislauf, den das Transportgas und somit sowohl beide Wärmereservoirs, als auch ein Drosselventil D durchläuft. An diesem entsteht ein Druckunterschied $p_b - p_a$. Dabei ist das Transportgas bei Druck p_b und Temperatur T_1 flüssig und bei p_a und T_2 gasförmig.

Dem kälteren Reservoir 2 wird durch das Verdampfen des Transportgases die Verdampfungswärme L pro Gramm entzogen. Darauf wird das Gas im Kompressor K adiabatisch komprimiert, sodass dessen Druck und Temperatur steigen und es schließlich die Kondensationswärme L pro Gramm an das Reservoir 1 abgibt.

Weitere nötige Komponenten der Wärmepumpe sind ein Reiniger R, der die Blasen im flüssigen Medium entfernt, sowie ein Steuerungselement S, welches mit dem Drosselventil D gekoppelt ist und das schädliche Eindringen flüssigen Mediums in den Kompressor K über Kontrolle der Temperaturdifferenz am Ein- und Ausgang des Reservoirs 2 verhindert.

2 Durchführung

3 Auswertung

4 Diskussion