

Trägheitsmoment

Versuch V101

9. März 2017

1 Zielsetzung

In dem Versuch sollen die Eigenschaften einer Wärmepumpe untersucht werden. Genauer soll der Verlauf der Temperatur, die Güteziffer und der Massendurchsatz einer Wärmepumpe analysiert werden. Es soll die Effektivität einer idealen Wärmepumpen mit einer realen verglichen werden.

2 Theorie

Eine Wärmepumpe macht sich den *ersten Hauptsatz der Thermodynamik* zunutze. Dieser besagt dass die im Warmen aufgenommene Wärmemenge Q_1 gleich der Summe der aus dem kalten entnommen Wärmemenge Q_2 und der zugeführten Arbeit A ist. Es ist somit möglich, Wärme von einem kälteren Medium in ein wärmeres zu übertragen.

Wärmepumpen besitzen die sogenannte *Güteziffer* ν , diese gibt das Verhältnis aus transportierte Wärmemenge und benötigter Arbeit an. Bei einer *idealen* Wärmepumpe ist dies

$$\nu = \frac{Q_1}{A}.$$

Wird zusätzlich der *zweite Hauptsatz der Thermodynamik* betrachtet und angenommen, dass der Prozesse reversibel ist. So kann ein Zusammenhang zwischen der Wärmemenge Q und der Temperatur T gefunden werden. Jedoch ist die Annahme der Reversibilität in der Realität, auf Grund von Reibungsprozessen und Verlustwärmen nicht erreichbar. Das bedeutet, eine Wärmepumpe besitzt eine *reale* Güteziffer die mit

$$\nu_{\text{real}} < \frac{T_1}{T_1 - T_2}$$

abgeschätzt werden kann. Es gilt folglich, *je geringer* die Differenz zwischen T_1 und T_2 , *desto höher* ist die Effizienz der Wärmepumpe.

2.1 Bestimmung der realen Güteziffer

Mithilfe der zeitabhängigen Temperatur T_1 (Temperatur vom wärmeren Medium) kann auf die Wärmemenge Q geschlossen werden. Bei zusätzlicher Berücksichtigung der Leistungsaufnahme P der Pumpe ist eine Bestimmung der Güteziffer möglich.

2.2 Bestimmung des Massendurchsatzes

Betrachtet man die zeitliche Änderung der Temperatur T_2 (Temperatur des kälteren Mediums) so ist ein Rückschluss auf die zeitliche Änderung der Wärmemenge Q_2 möglich. Da es zusätzlich in der Wärmepumpe noch zu einer *Aggregatzustandsänderung* kommt, muss die Wärmemenge gleich der Verdampfungswärme L pro Massenzeitstückchen sein. Hiermit ist dann ein Ausdruck für den Massendurchsatz gefunden.

2.3 Bestimmung der mechanischen Kompressorleistung

Für die Komprimierung eines Gases von dem Volumen V_a auf das Volumen V_b wird die Arbeit A_m benötigt. Geht man zusätzlich noch davon aus, dass adiabatisch gearbeitet wird, so kann mit der Poisson Gleichung auf die Kompressorleistung $N_{\text{mech}} = \dot{A}_m$ geschlossen werden.

3 Versuchsaufbau/-durchführung

3.1 Versuchsaufbau

Der allgemeine Versuchsaufbau ist in Abbildung 1 dargestellt. An diesem soll die Funktionsweise einer Wärmepumpe erklärt werden. Die Wärmepumpe nutzt als Wärmetransportmedium das Gas Dichlodifluormethan. In Reservoir 1 wird die Temperatur T_1 gemessen, während der Druck p_b wirkt. Das Gas erreicht es im gasförmigen Zustand. Zu diesem Zeitpunkt ist es stark erwärmt und so unter Druck komprimiert, dass es sich in Reservoir 1 wieder verflüssigt. Währenddessen gibt es pro Gramm Gas die Kondensationswärme L in das Reservoir ab. Dadurch wird dieses aufgeheizt. Danach fließt das wieder verflüssigte Gas durch einen Reiniger. Dieser dient dazu, eine blasenfreie Flüssigkeitszufuhr zum anschließenden Drosselventil zu ermöglichen. Das Drosselventil dient dazu, einen Druckunterschied $p_b - p_a$ zwischen Reservoir 1 und 2 herzustellen. Es dient aber gleichzeitig auch als Steuervorrichtung. Denn durch Steuerung des Druckes soll verhindert werden, dass flüssiges Gas in den Kompressor gelangt. Nachdem das flüssige Gas das Drosselventil passiert hat, fließt es in Reservoir 2. Dort verdampft es und nimmt die Verdampfungswärme L pro Gramm Substanz auf. Dadurch sinkt die Temperatur des Reservoirs. Danach gelangt das Gas in den Kompressor. Dieser komprimiert das Gas nahezu adiabatisch. Dadurch erhöht sich neben der Temperatur des Gases auch der Druck. Anschließend gelangt es wieder in Reservoir 2.

3.2 Versuchsdurchführung

Zu Beginn des Versuches müssen die beiden Reservoirs mit Wasser gefüllt werden. Dazu wird mit einem Messkolben die exakte Menge an Wasser (3 Liter) eingefüllt. Danach wird

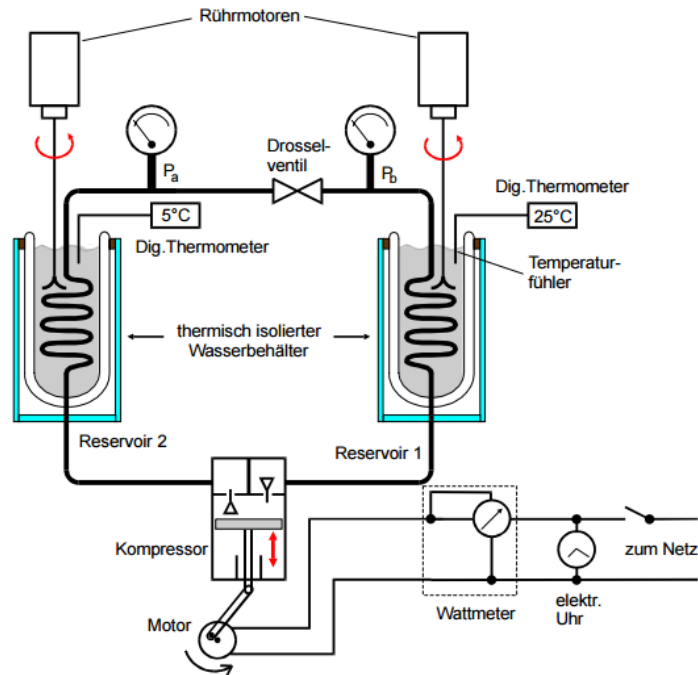


Abbildung 1: Schematischer Aufbau einer Wärmepumpe

der Kompressor eingeschaltet. Ab jetzt wird jede Minute die Temperaturen T_1 und T_2 , die Drücke p_a und p_b und die Leistungsaufnahme des Kompressors A abgelesen. Sobald die Temperatur T_1 einen Wert von 50°C erreicht wird der Kompressor ausgeschaltet.

4 Ergebnis

- Thermometer T_2 hat nicht richtig funktioniert, fünf Minuten zeigte es eine nahezu konstante Temperatur an
- eventuell hat im Behälter von T_2 der Rührmotor nicht richtig funktionieren
- Der Zusammenhang $\nu_{\text{real}} < \nu_{\text{ideal}}$ wird bestätigt
- Es gibt einen großen Energieverlust, vergleich dazu aufgebrachte Leistung ($P = 201,9 \text{ W}$) und genutzte mechanische Leistung ($N_{\text{mech}}(t = 720) = 43,84 \text{ W}$)
- N_{mech} besitzt einen großen Fehler, folglich sinkt die Aussagekraft dieser Größe