

V206

Die Wärmepumpe

Niko Salewski
niko.salewski@tu-dortmund.de

Julian Hochhaus
julian.hochhaus@tu-dortmund

Durchführung: 08.11.16

Abgabe: 15.11.16

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1 Zielsetzung	3
2 Theoretische Grundlagen	3
2.1 Das Prinzip der Wärmepumpe	3
2.2 Die Arbeitsweise einer Wärmepumpe	4
2.3 Bestimmung von Kenngrößen einer realen Wärmepumpe	4
2.3.1 Reale Güteziffer	4
2.3.2 Massendurchsatz	4
2.3.3 Mechanischen Kompressionsleistung	4
2.4 Prinzipieller Aufbau einer Wärmepumpe	4
3 Durchführung	6
3.1 Versuchsbeschreibung	6
4 Auswertung	6
5 Diskussion	7
Literatur	7

1 Zielsetzung

In dem vorliegenden Versuch soll der Transport von Wärmeenergie entgegen des Wärmeflusses, realisiert durch eine Wärmepumpe, untersucht werden. Hierbei sollen die Güteziffer, der Massendurchsatz des Transportmediums und der Wirkungsgrad des Kompressors untersucht werden, um Aussagen über die Qualität der Wärmepumpe zu treffen.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Das Prinzip der Wärmepumpe

Betrachtet man zwei Flüssigkeitsreservoirs mit den Temperaturen T_1 und T_2 , wobei $T_1 > T_2$ gilt, dann wird solange Wärmeenergie vom Reservoir 1 zum Reservoir 2 übertragen, bis die Temperaturdifferenz $\Delta T := T_1 - T_2$ gleich Null ist, also die Temperaturen gleich sind. Dieser Wärmetransport lässt sich allerdings mit Hilfe einer Wärmepumpe umkehren. Unter Aufwendung von mechanischer Arbeit kann einem kälteren Reservoir Wärmeenergie entzogen werden und dem wärmeren Reservoir hinzugefügt werden. Eine Kenngröße für die Effizienz einer Wärmepumpe ist die Güteziffer ν (auch effektive Leistungszahl [2]). Im Folgenden soll nun ein Ausdruck für die effektive Leistungszahl hergeleitet werden.

Die Wärmepumpe wird idealisierend als abgeschlossenes System aufgefasst. Demnach gilt nach dem 1. Hauptsatz der Thermodynamik, dass die von einem Transportmedium an das Reservoir 1 übertragene Wärmemenge Q_1 gleich der Summe der vom Reservoir 2 entzogenen Wärmemenge Q_2 und der verrichteten Arbeit A ist. Also gilt:

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

Offensichtlich ist eine Wärmepumpe umso effizienter, wenn eine möglichst kleine mechanische Arbeit für eine möglichst große übertragene Wärmemenge Q_1 benötigt wird. Daher wird die Güteziffer ν wie folgt definiert:

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

Aus der Annahme, dass die Wärmepumpe als abgeschlossenes isoliertes System angenommen wird, ergibt sich für die Entropieänderung dS des Systems

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

Die Entropieänderung eines isolierten Systems ist gleich Null, wenn die Wärmeübertragung reversibel verläuft. Ein reversibler Umwandlungsprozess entspricht der Annahme, dass während der Wärmeübertragung die Temperaturen T_1 und T_2 , sowie die zugehörigen Drücke p_b und p_a konstant bleiben. Der Prozess müsste also unendlich langsam verlaufen. Dies muss erfüllt sein, damit die vom Transportmedium aufgenommene Energie jederzeit in einem umgekehrtem Prozess wieder zurückgewonnen werden kann [1].

Aus den Gleichungen (1), (2) und (3) erhält man nun für die Güteziffer den Ausdruck:

$$\nu = \frac{Q_1}{A} = \frac{T_1}{T_1 - T_2} \quad (4)$$

Allerdings gilt Gleichung (4) nicht für den realen irreversiblen Fall. Dann ist nämlich $dS > 0$ und es gilt für die reale Güteziffer:

$$\nu_{real} < \frac{T_1}{T_1 - T_2} \quad (5)$$

Die Wärmepumpe arbeitet also umso effektiver, je kleiner die Temperaturdifferenz ΔT ist.

Verwendet wird die Wärmepumpe, um preiswert zu heizen. Wird mechanische Arbeit unmittelbar in Wärme umgewandelt, ist die übertragene Wärmemenge höchstens so groß wie die aufgewendete Arbeit A . Mit Hilfe einer Wärmepumpe kann Wärmeenergie allerdings viel effektiver übertragen werden. Es gilt:

$$Q_{1real} < A \frac{T_1}{T_1 - T_2} \quad (6)$$

2.2 Die Arbeitsweise einer Wärmepumpe

2.3 Bestimmung von Kenngrößen einer realen Wärmepumpe

2.3.1 Reale Güteziffer

Die Güteziffer ν gibt das Verhältnis zwischen transportierter Wärmemenge und der dafür benötigten Arbeit an. Nach dem 1. Hauptsatz der Thermodynamik muss die dem Reservoir 1 hinzugefügte Wärmemenge Q_1 der Summe der aus Reservoir 2 entzogenen Wärmemenge Q_2 und der mechanischen Arbeit A , im vorliegenden Versuch durch die Kompressionsarbeit realisiert, sein. Daraus ergibt sich dann für

$$\nu = \frac{Q_1}{A} \stackrel{(2)}{\Rightarrow} \nu_{id} = \frac{T_1}{T_1 - T_2} \quad (7)$$

$$\frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} = 0 \quad (8)$$

2.3.2 Massendurchsatz

2.3.3 Mechanischen Kompressionsleistung

2.4 Prinzipieller Aufbau einer Wärmepumpe

In Abbildung 1 ist T_2 das wärmeabgebende und T_1 das wärmeaufnehmende Reservoir. Der Wärmetransport erfolgt dabei über ein reales Gas, welches beim Fluss durch T_2 verdampft wird, also Wärme aufnimmt und in T_1 wieder verflüssigt wird und dabei seine aufgenommene Wärme wieder abgibt. (??)

[1]

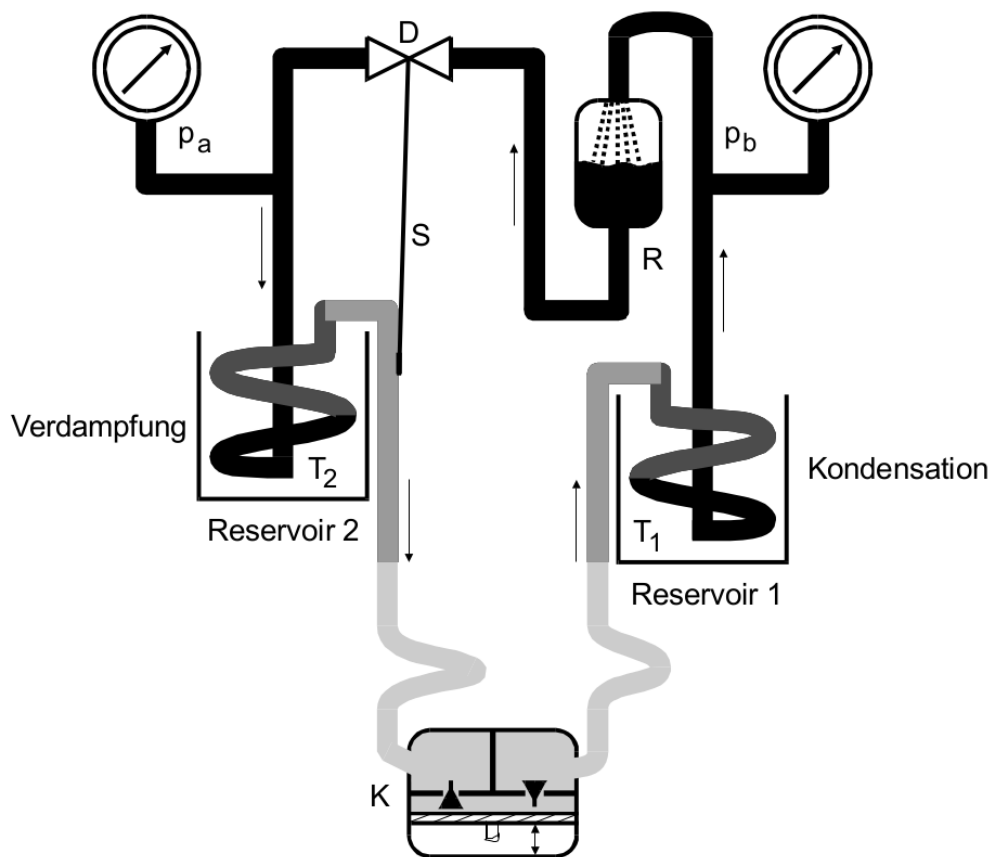


Abbildung 1: Prinzipieller Aufbau einer Wärmepumpe [1]

3 Durchführung

3.1 Versuchsbeschreibung

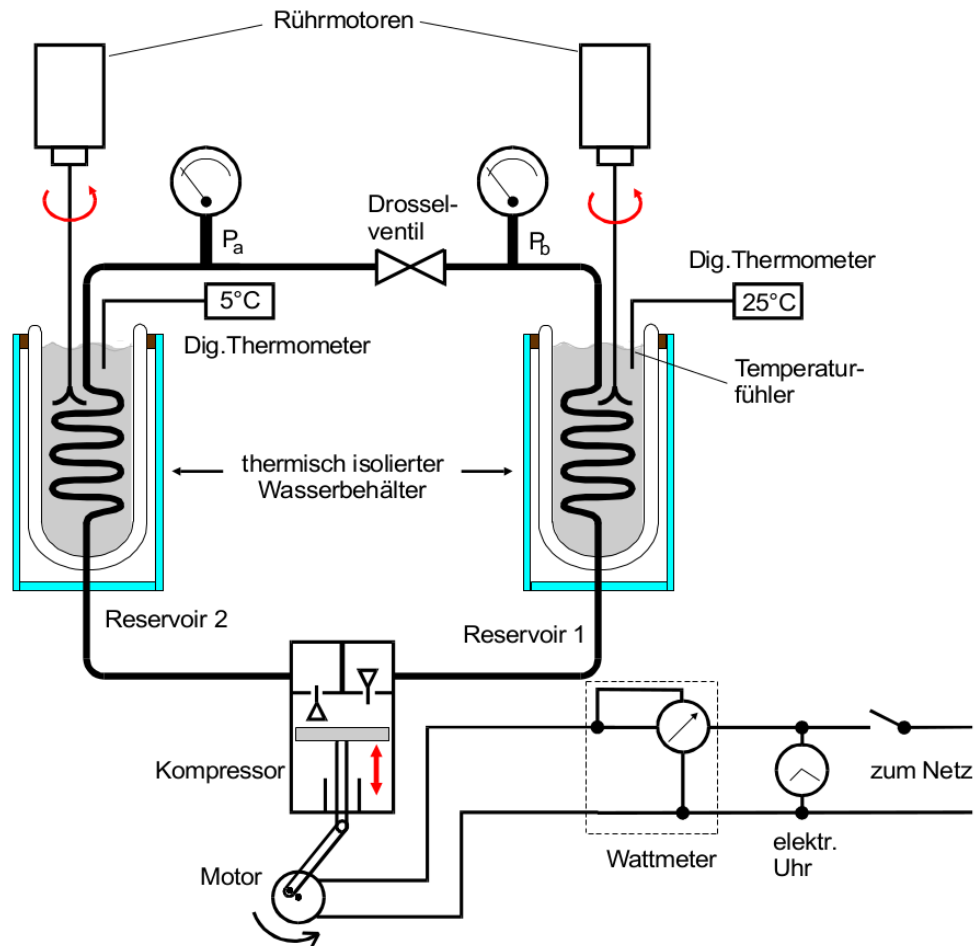


Abbildung 2: Schematischer Aufbau der Messapparatur [1]

4 Auswertung

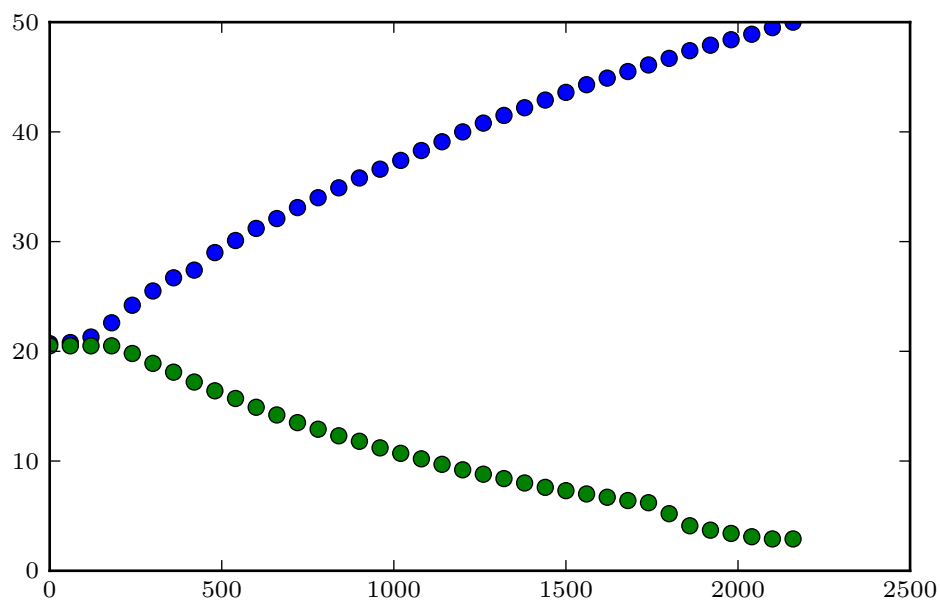


Abbildung 3: Plot

5 Diskussion

Literatur

- [1] TU Dortmund. *Versuch 206: Die Wärmepumpe*. 2016.
- [2] Dieter Geschke. *Physikalisches Praktikum*. 12. Auflage. B.G. Teubner GmbH.