

Anfängerpraktikum V206

Die Wärmepumpe

Helena Nawrath
helena.nawrath@tu-dortmund.de

Carl Arne Thomann
arnethomann@me.com

Durchführung: 11. November 2014 Abgabe: 18. November 2014

TU Dortmund – Fakultät Physik

1 Ziel

Ziel des Versuches ist es, Wärme einem kalten Reservoir zu entziehen, diese einem warmen Reservoir hinzuzuführen und diese Maschine, die Wärmepumpe, zu charakterisieren. Hierzu wird die Gütezahl ν , der Massedurchsatz $\frac{\delta m}{\delta t}$ und die mechanische Leistung des verwandten Kompressors $W_{\text{mech.}}$ bestimmt.

2 Theorie

Ohne von außen Arbeit aufzubringen, gleicht sich ein Temperaturunterschied zwischen zwei Reservoiren so aus, dass Wärme von dem warmen in das kalte Reservoir strömt. Weiter existiert nach dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik keine Maschine, deren einzige Wirkung darin besteht, Wärme von einem kalten in ein warmes Reservoir zu transportieren[2]. Die zusätzliche Arbeit A , die zur Unterhaltung dieses umgekehrten Wärmestromes erforderlich ist, wird nach dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik dem warmen Reservoir R_2 neben der transportierten Wärme Q_2 zugeführt. Es gilt

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

Die Gütezahl ν ist das Verhältnis dieser transportierten Energie Q_1 und der hierzu aufgewandten Arbeit A ,

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

Die Änderung der Wärmemengen dQ ist für das wärmere Reservoir positiv, für das kältere Reservoir negativ. Mit der Annahme, dass sich die Temperaturen der Reservoire nicht ändern, kann die Wärmemenge mit der reduzierten Wärmemenge $\int \frac{dQ}{T}$ beschrieben werden. Kann weiter die durch den Prozess aufgenommene Wärme Q_1 durch einen umgekehrten Prozess wieder vollständig zu $Q_2 + A$ zurückgewonnen werden, das heißt, dass die Wärme nicht aus dem idealen, isolierten System tritt, gilt

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

Mit (3) gilt

$$\nu_{\text{ideal}} = \frac{T_1}{T_1 - T_2} \quad (4)$$

In einem realen System ist die Änderung dQ_1 größer als die Änderung dQ_2 , das heißt, dass die dem kühlem Reservoir entnommene Wärme nicht vollständig in das wärmere Reservoir übertragen wird. Es gilt für reale Systeme

$$0 < \frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2}. \quad (5)$$

und analog

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

3 Durchführung

Die verwendete Wärmepumpe ist in Abbildung 1 dargestellt. Durch das geschlossene

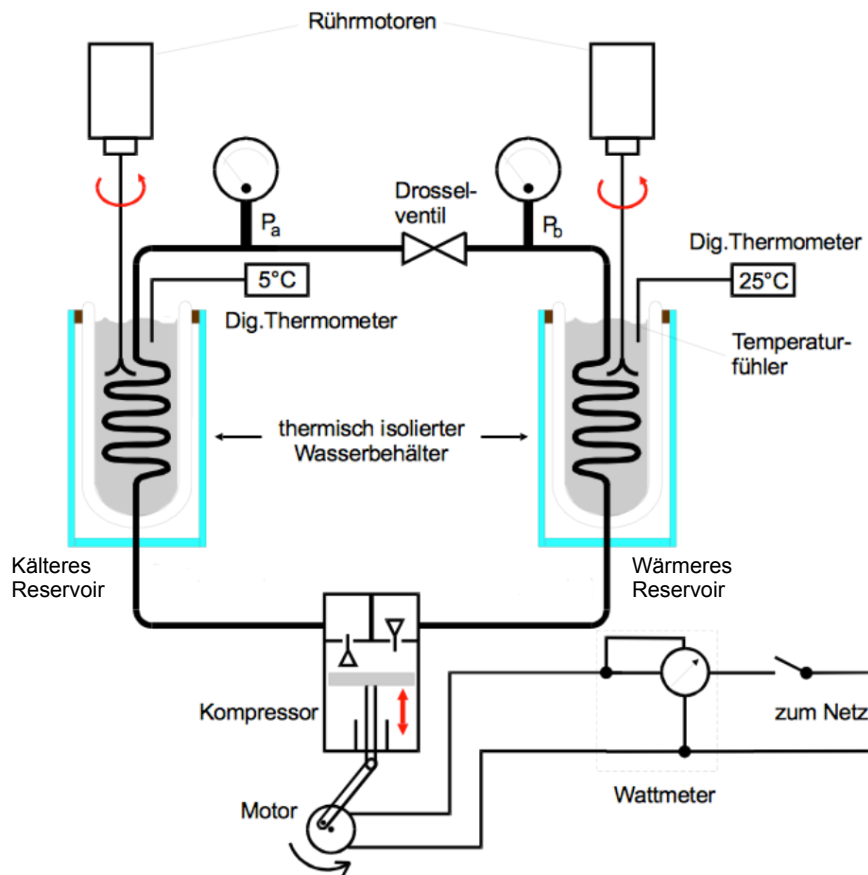


Abbildung 1: Schematischer Aufbau der Wärmepumpe [1]

System fließt eine Medium mit hoher Kondensationswärme, etwa eine Flüssigkeit der FCKW-Gruppe. Das Medium verdampft in der Kupferschlange im kühlen Reservoir bei geringem Druck p_a und wird im Kompressor adiabatisch komprimiert. Das Gas wird unter höherem Druck p_b zum warmen Reservoir geführt und kondensiert in dessen Kupferschlange unter Abgabe der aufgenommenen Energie $Q_2 + A$. Das Drosselventil sorgt für einen Druckunterschied im Kreislauf, sodass die Flüssigkeit erneut unter dem geringeren Druck p_a in der Kupferschlange des kühlen Reservoirs verdampft.

Der Kompressor bezieht Energie aus dem Netz, die Leistung des Kompressors wird von einem Wattmeter angezeigt. Die Reservoirs und die Verbindungsleitungen sind thermisch isoliert, sodass das Wärmepumpensystem abgesehen durch die Kupferschlangen keine Wärme nach außen abgibt. Während der Messung wird der Inhalt der Reservoirs mittels Rührer durchmischt. Die Temperatur des Reservoirs und der Druck in den Kupferschlangen ist per Anzeige ablesbar.

Es wird in den Reservoiren jeweils 3 Liter Leitungswasser mit gleicher Temperatur gefüllt und die Parameter p_k , p_w , T_k , T_w sowie die Leistungsaufnahme des Kompressors P_{el} pro Minute aufgenommen.

4 Auswertung

5 Diskussion

Literatur

- [1] TU Dortmund. *Versuch V101: Das Trägheitsmoment*. URL: <http://129.217.224.2/HOMEPAGE/PHYSIKER/BACHELOR/AP/SKRIPT/V206.pdf> (besucht am 11.11.2014).
- [2] Dieter Gerthsen C.; Meschede. *Gerthsen Physik*. Springer Verlag, 2010.
- [3] John D. Hunter. „Matplotlib: A 2D Graphics Environment“. In: *Computing in Science and Engineering* 9.3 (2007), S. 90–95. URL: <http://link.aip.org/link/?CSX/9/90/1>. Version 1.3.1.
- [4] Eric Jones, Travis Oliphant, Pearu Peterson u. a. *SciPy: Open source scientific tools for Python*. 2001. URL: <http://www.scipy.org/>. Version 0.14.0.
- [5] Eric O. Lebigot. *Uncertainties: a Python package for calculations with uncertainties*. URL: <http://pythonhosted.org/uncertainties/>. Version 2.4.5.
- [6] Travis E. Oliphant. „Python for Scientific Computing“. In: *Computing in Science and Engineering* 9.3 (2007), S. 10–20. URL: <http://link.aip.org/link/?CSX/9/10/1>. Version 1.8.1.
- [7] The GIMP Team. *GIMP: GNU Image Manipulation Program*. URL: <http://www.gimp.org/>. Version 2.8.10.

Die verwendeten Plots wurden mit *matplotlib*[3] und die Grafiken mit *GIMP*[7] erstellt sowie die Berechnungen mit *Python-Python-Numpy*, [6], *Python-Scipy*[4] und *Python-uncertainties*[5] durchgeführt.