

**VERSUCH NUMMER**

**TITEL**

Helena Nawrath  
helena.nawrath@tu-dortmund.de

Carl Arne Thomann  
arnethomann@me.com

Durchführung: DATUM

Abgabe: DATUM

TU Dortmund – Fakultät Physik

## 1 Ziel

Ziel des Versuches ist es, mithilfe einer Wärmepumpe Wärme einem kalten Reservoir zu entziehen, diese Wärme einem warmen Reservoir hinzuzuführen und diese Maschine zu charakterisieren. Hierzu wird die Gütezahl  $\nu$ , 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[**hauptsatz der thermodynamik**]. 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  $\nu$  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 ?? 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

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

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

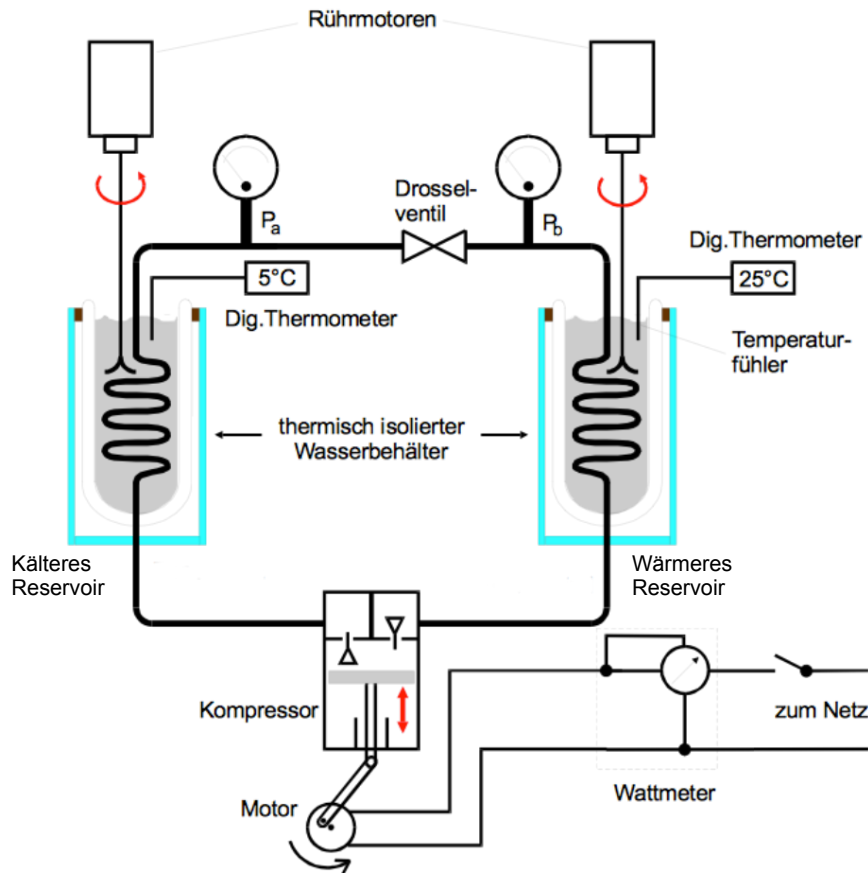


Abbildung 1: Schematischer Aufbau der Wärmepumpe [V206]

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] 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.
- [2] 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.
- [3] Eric O. Lebigot. *Uncertainties: a Python package for calculations with uncertainties*. URL: <http://pythonhosted.org/uncertainties/>. Version 2.4.5.
- [4] 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.
- [5] The GIMP Team. *GIMP: GNU Image Manipulation Program*. URL: <http://www.gimp.org/>. Version 2.8.10.

Die verwendeten Plots wurden mit *matplotlib*[1] und die Grafiken mit *GIMP*[5] erstellt sowie die Berechnungen mit *Python-Python-Numpy*, [4], *Python-Scipy*[2] und *Python-uncertainties*[3] durchgeführt.