

Inhaltsverzeichnis

1	Zielsetzung	2
2	Theoretische Grundlage	2
2.1	Bestimmung der realen Güteziffer	2
2.2	Bestimmung des Massendurchsatzes	3
2.3	Bestimmung der mechanischen Kompressorleistung N_{mech}	3
3	Prinzipieller Aufbau einer Wärmepumpe	3
4	Durchführung: ebenfalls	4
5	Messwerte	5
6	Auswertung	7
6.1	Aufgabenteil a)	7
6.2	Aufgabenteil b)	7
6.3	Aufgabenteil c)	7
6.4	Aufgabenteil d)	7
6.5	Aufgabenteil e)	7
6.6	Aufgabenteil f)	7
6.7	Aufgabenteil g)	7
7	Literatur	7

1 Zielsetzung

Mit dem Versuch „Wärmepumpe“ soll die Funktionsweise einer Wärmepumpe verstanden und zudem soll eine Aussage über die Gütezahl und den Massendurchsatz, sowie den Wirkungsgrad des Kompressors getroffen werden.

2 Theoretische Grundlage

Beobachtungen und der zweite Hauptsatz der Thermodynamik zeigen, dass der Wärmefluss zwischen zwei gekoppelten Medien (z.B. durch ein Transportmedium), unterschiedlicher Temperatur, immer vom wärmeren zum kälteren zeigt.

Es ist jedoch möglich diesen Wärmefluss umzudrehen. Dafür muss jedoch zusätzliche Energie aufgebracht werden zum Beispiel in Form von mechanischer. Eine Vorrichtung die in der Lage ist dies zu tun ist eine sogenannte Wärmepumpe. Dazu nutzt es einen Kompressor und ein Transportmedium, sowie ein Ventil.

2.1 Bestimmung der realen Gütezahl

Das Verhältnis der transportierenden Wärmemenge und der dafür notwendigen Arbeit (A) beschreibt die Größe der Gütezahl (v) (unter idealisierten Bedingungen). Diese kann aus dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik hergeleitet werden:

Der erste Hauptsatz der Thermodynamik besagt, dass Energien ineinander umwandelbar sind, aber nicht gebildet, bzw. vernichtet werden können. Dies bedeutet im Kontext der Wärmepumpe, dass

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

gilt, wobei Q_1 die Wärme, welche von dem Transportmedium abgegeben wird und Q_2 die Wärme, welche an das Transportmedium abgegeben wird, darstellt. Daraus ergibt sich für die Gütezahl:

$$v = \frac{Q_{\text{transp}}}{A} \stackrel{(3)}{\Rightarrow} v_{\text{id}} = \frac{T_1}{T_1 - T_2}. \quad (2)$$

Aus dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik und der Annahme, dass während der Wärmeübertragung kein Wärmeverlust der beiden Reservoirs stattfindet und die Wärmeübertragung reversibel verläuft, ergibt sich idealisiert:

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

Da jedoch eine Wärmepumpe in der Realität nicht in der Lage ist den Prozess der Wärmeübertragung vollständig reversibel durchzuführen und dieser Prozess dadurch irreversibel wird, gilt:

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

So ergibt sich für eine reale Wärmepumpe mit (1) und (4):

$$v_{\text{real}} < \frac{T_1}{T_1 - T_2}. \quad (5)$$

Aus dieser Gleichung (5) folgt, dass die Wärmepumpe umso weniger Arbeit braucht, desto geringer die Differenz der beiden Temperaturen ist.

2.2 Bestimmung des Massendurchsatzes

Der Massendurchsatz berechnet sich nach [D206 verlinken, S. 5] über den Differenzquotienten über:

$$\frac{\Delta Q_2}{\Delta t} = (m_2 c_w + m_k c_k) \frac{\Delta T_2}{\Delta t} \quad (6)$$

und

$$\frac{\Delta Q_2}{\Delta t} = L \frac{\Delta m}{\Delta t} \quad (7)$$

mit (6) und (7) folgt:

$$L \frac{\Delta m}{\Delta t} = (m_2 c_w + m_k c_k) \frac{\Delta T_2}{\Delta t} \iff \frac{\Delta m}{\Delta t} = (m_2 c_w + m_k c_k) \frac{1}{L} \frac{\Delta T_2}{\Delta t}, \quad (8)$$

falls die Verdampfungswärme L bekannt ist.

2.3 Bestimmung der mechanischen Kompressorleistung N_{mech}

Für die Arbeit A_m des Kompressors, wenn er das Gasvolumen V_a auf den Wert V_b verringert, gilt:

$$A_m = - \int_{V_a}^{V_b} p \, dV. \quad (9)$$

N_{mech}

3 Prinzipieller Aufbau einer Wärmepumpe

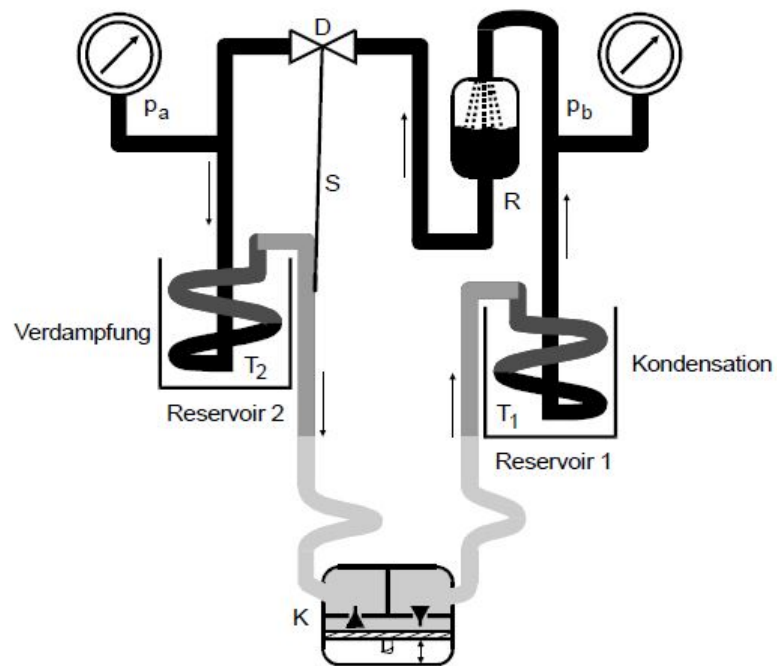


Abb. 1: Prinzipieller Aufbau einer Wärmepumpe ($p_b > p_a$; $T_1 > T_2$)

4 Durchführung: ebenfalls

5 Messwerte

Die folgenden Messwerte wurden uns zur Verfügung gestellt:

t / min	$T_1 / ^\circ\text{C}$	p_1 / bar	$T_2 / ^\circ\text{C}$	p_2 / bar	N / W
0	21,7	4,0	21,7	4,1	120
1	23,0	5,0	21,7	3,2	120
2	24,3	5,5	21,6	3,4	120
3	25,3	6,0	21,5	3,5	120
4	26,4	6,0	20,8	3,5	120
5	27,5	6,0	20,1	3,4	120
6	28,8	6,5	19,2	3,3	120
7	29,7	6,5	18,5	3,2	120
8	30,9	7,0	17,7	3,2	120
9	31,9	7,0	16,9	3,0	120
10	32,9	7,0	16,2	3,0	120
11	33,9	7,5	15,5	2,9	120
12	34,8	7,5	14,9	2,8	120
13	35,7	8,0	14,2	2,8	120
14	36,7	8,0	13,6	2,7	120
15	37,6	8,0	13,0	2,6	120
16	38,4	8,5	12,4	2,6	120
17	39,2	8,5	11,7	2,6	120
18	40,0	9,0	11,3	2,5	120
19	40,7	9,0	10,9	2,5	120
20	41,4	9,0	10,4	2,4	120
21	42,2	9,0	9,9	2,4	120
22	42,9	9,5	9,5	2,4	120
23	43,6	9,5	9,1	2,4	120
24	44,3	10,0	8,7	2,4	120
25	44,9	10,0	8,3	2,4	120
26	45,5	10,0	8,0	2,3	120
27	46,1	10,0	7,7	2,2	122
28	46,7	10,5	7,4	2,2	122
29	47,3	10,5	7,1	2,2	122
30	47,8	10,75	6,8	2,2	122
31	48,4	11,0	5,6	2,2	122
32	48,9	11,0	4,3	2,2	122
33	49,4	11,0	3,4	2,2	122
34	49,9	11,0	3,0	2,2	122
35	50,3	11,0	2,9	2,2	122

Tab. 1: Messdaten

6 Auswertung

6.1 Aufgabenteil a)

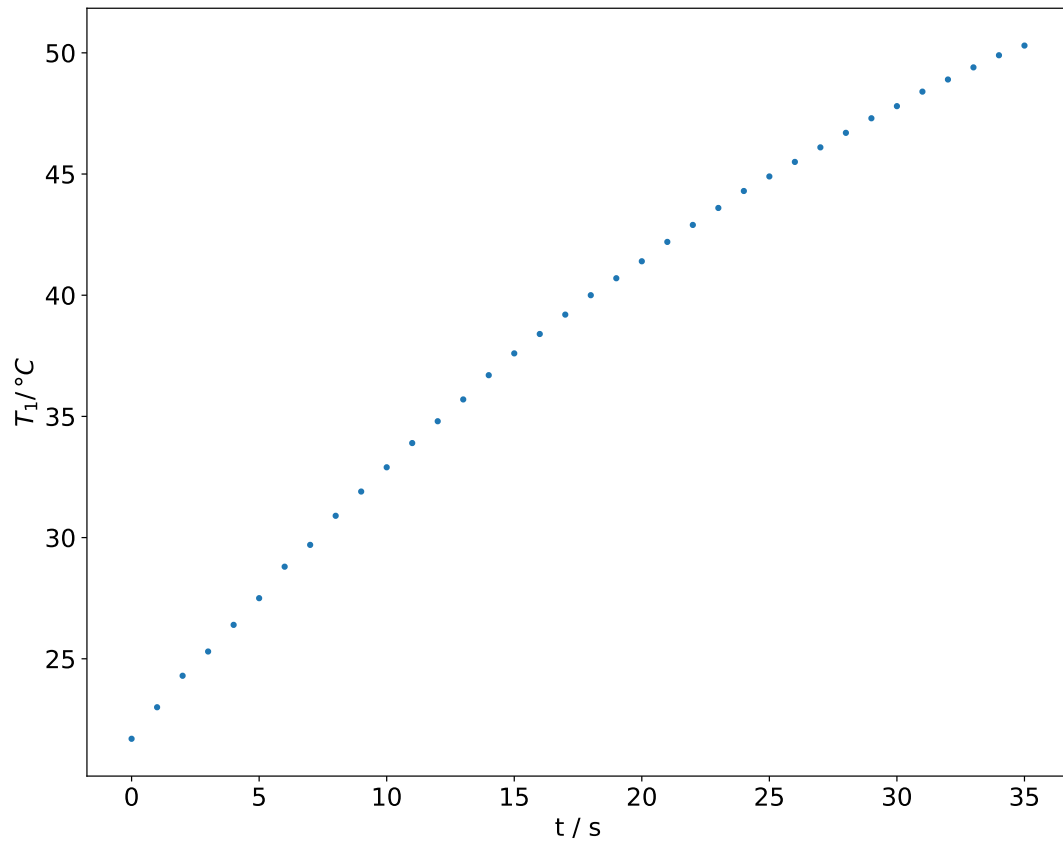


Abb. 2: Auswertung mit ausgleichsgeraden

6.2 Aufgabenteil b)

6.3 Aufgabenteil c)

6.4 Aufgabenteil d)

6.5 Aufgabenteil e)

6.6 Aufgabenteil f)

6.7 Aufgabenteil g)

7 Literatur