

# Auswertung von Wärmepumpe - Versuch des NES Labors

Hergestellt durch: Erlangga, Fabian B. ; Yannik Geis  
Hochschule Kaiserslautern

## A. Ziel des Labors

In diesem Labor würde ein sogenannte COP oder Leistungszahl einer Wärmepumpe ermittelt. Die Wärmepumpe würde für 20 Minuten laufenlassen und inzwischen würde benötigte Kennwerte gemessen werden.

$$\text{Leistungszahl} = \frac{\text{zugeführte Wärme } Q_{zu}}{\text{elektrische Energie } W_{el}}$$

$$\text{zugeführte Wärme } Q_{zu} = m * c_p * dT$$

$$\text{Elektrische Energie } W_{el} = P_{el} * t$$

$$15 - \text{Minutige Arbeitzahl} = \text{mittelwert}(\text{Leistungszahl}) \text{ innerhalb } 15 \text{ minuten}$$

Grund 15 Minuten: die ersten 5 Minuten wird um das System anzufangen gebraucht.

## B. Messung der benötigten Kennzahlen

Bevor den Versuch durchgeführt werden, müssen die benötigten Kennzahlen gemessen bzw. bestimmt werden, nämlich: Umgebungstemperatur, Masse des Wassers, und Wärmekapazität des Wassers.

Tumgebung [C]	14,5
Mwasser [kg]	4
Vwasser [L]	4
Cpwasser [KJ/Kg K]	4,19

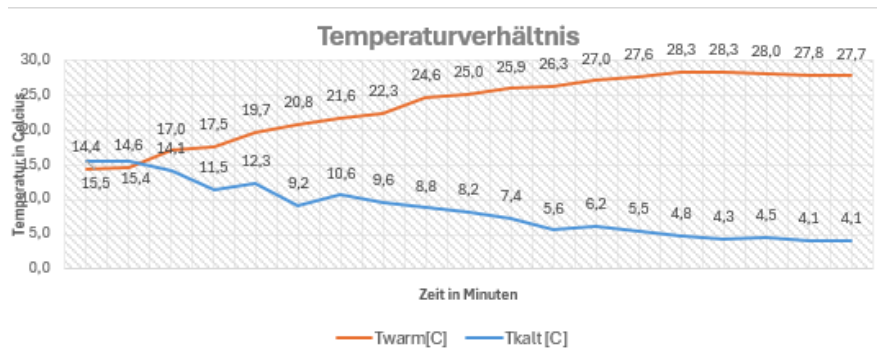
Die gemessene Werte wurde in die Excel Datei eingegeben und für weitere Nutzung gespeichert.

## C. Versuchsaufbau



## D. Messwerte, Fehlerrechnung und Messergebnisse

Um die zugeführte Wärme zu ermitteln, müssen die Temperaturänderung jede Minute gemessen werden. Die Messwerte sind in unten gezeigte Diagramm zu sehen.



Zeit	Tkalt [C]	Twarm [C]
1	15,5	14,4
2	15,4	14,6
3	14,1	17,0
4	11,5	17,5
5	12,3	19,7
6	9,2	20,8
7	10,6	21,6
8	9,6	22,3
9	8,8	24,6
10	8,2	25,0
11	7,4	25,9
12	5,6	26,3
13	6,2	27,0
14	5,5	27,6
15	4,8	28,3
16	4,3	28,3
17	4,5	28,0
18	4,1	27,8
19	4,1	27,7
20	3,5	27,7

Auf dem Diagramm ist zu beachten, dass die letzte 3-minütige Temperaturen konstant bleiben. Wir behaupten, dass die Vorlauftemperatur schon erreicht wird. Aber das ist nicht der Fall! Die Wärmepumpe hat in diesem Labor keine Regelung und damit ist möglicherweise ein Messfehler hier aufgetreten.

Außerdem wurde die momentane elektrische Leistung jede Minute gemessen.

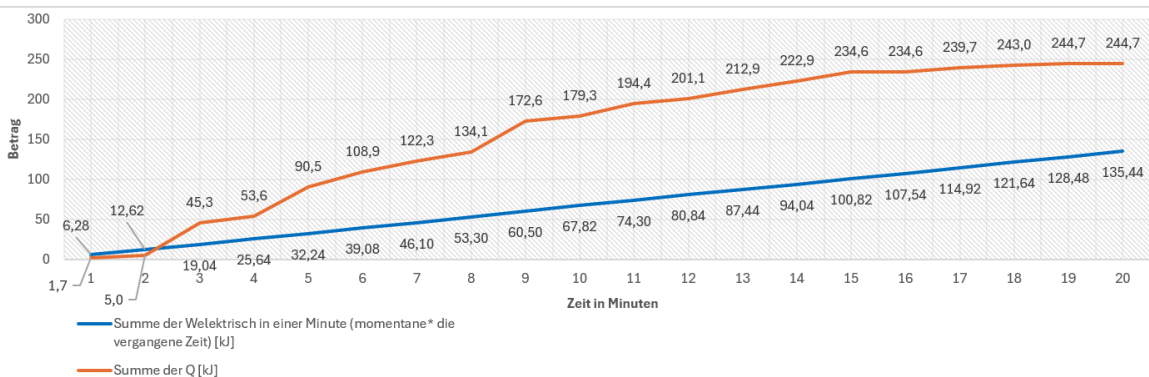
Zeit	momentane Pelektrich [kW]
1	0,105
2	0,106
3	0,107
4	0,110
5	0,110
6	0,114
7	0,117
8	0,120
9	0,120
10	0,122
11	0,108
12	0,109
13	0,110
14	0,110
15	0,113
16	0,112
17	0,123
18	0,112
19	0,114
20	0,116

(Die Messdaten sind aber in vertikal - Form im Excel dargestellt, darum sind die hier relativ schlecht zu platzieren und bitten wir dafür um Entschuldigung).

Nun sind die benötigte Messdaten zu haben. Die zugeführte Wärme Q jede Minuten lässt sich mit dem oben genannte Formel zu ermitteln. Jede einzelne (momentane) zugeführte Wärme Q addiert sich mit der Zeit.

Zeit	Qnützt = m*c*dT [kJ]	Summe der Q [kJ]	Summe der Welektirsch in einer Minute (momentane* die vergangene Zeit) [kJ]
1	1,7	1,7	6,282
2	3,4	5,0	12,624
3	40,2	45,3	19,044
4	8,4	53,6	25,644
5	36,9	90,5	32,244
6	18,4	108,9	39,084
7	13,4	122,3	46,104
8	11,7	134,1	53,304
9	38,5	172,6	60,504
10	6,7	179,3	67,824
11	15,1	194,4	74,304
12	6,7	201,1	80,844
13	11,7	212,9	87,444
14	10,1	222,9	94,044
15	11,7	234,6	100,824
16	0,0	234,6	107,544
17	5,0	239,7	114,924
18	3,4	243,0	121,644
19	1,7	244,7	128,484
20	0,0	244,7	135,444

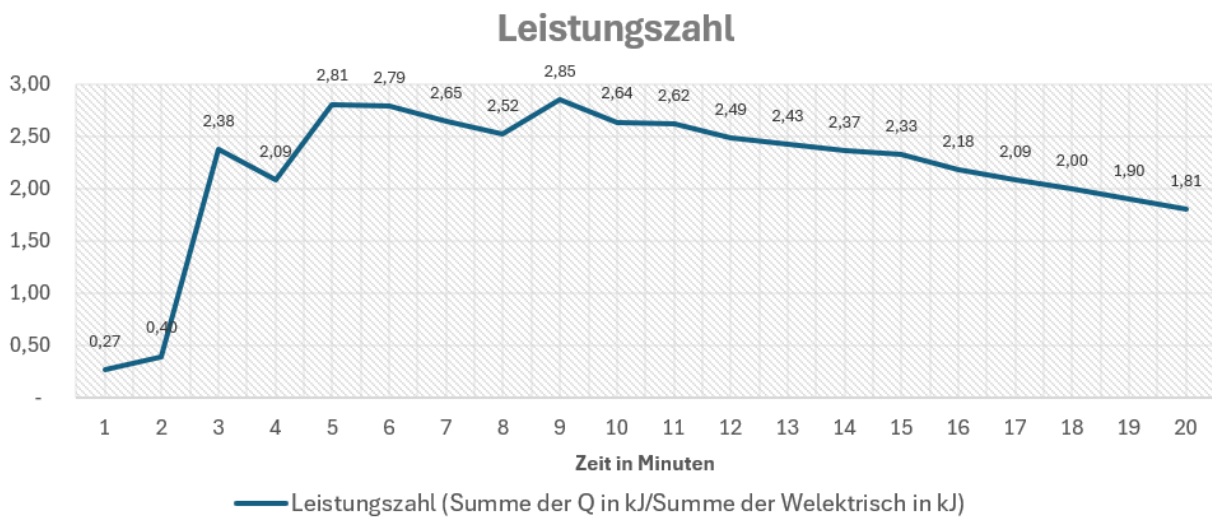
Den Verlauf würde hier in dem Diagramm zusammen mit der Summe der abgegebene elektrische Leistung dargestellt.



Schließlich kann man die gesuchte Leistungszahl mit obengenannter Formel berechnen.

Zeit	Leistungszahl (Summe der Q in kJ/Summe der Welektirsch in kJ)
1	0,27
2	0,40
3	2,38
4	2,09
5	2,81
6	2,79
7	2,65
8	2,52
9	2,85
10	2,64
11	2,62
12	2,49
13	2,43
14	2,37
15	2,33
16	2,18
17	2,09
18	2,00
19	1,90
20	1,81

Die Leistungszahlen in Diagrammform:



Die relativen Messfehler, die hier berücksichtigt werden:

rel. Fehler der Temperatur	0,5
rel. Fehler der Masse (grob)	0,5

Mit der Fehlerfortpflanzungsformel:

$$\tau_Q = \sqrt{\left(\frac{dQ}{dM}\right)^2 \cdot \tau_M^2 + \left(\frac{dQ}{dT}\right)^2 \cdot \tau_T^2}$$

Die Fehlerrechnung wurde mittels Excel auf alle Leistungswerte angewendet und die ermittelte Daten wurde nochmals in der Tabelle eingetragen.

Zeit	Leistungszahl mit rel. Fehler
1	0,27 +/- 0
2	0,4 +/- 0,42
3	2,38 +/- 5,03
4	2,09 +/- 1,05
5	2,81 +/- 4,61
6	2,79 +/- 2,3
7	2,65 +/- 1,68
8	2,52 +/- 1,47
9	2,85 +/- 4,82
10	2,64 +/- 0,84
11	2,62 +/- 1,89
12	2,49 +/- 0,84
13	2,43 +/- 1,47
14	2,37 +/- 1,26
15	2,33 +/- 1,47
16	2,18 +/- 0
17	2,09 +/- 0,63
18	2 +/- 0,42
19	1,9 +/- 0,21
20	1,81 +/- 0

Am Ende wurde ein Mittelwert von unseren ermittelten Messdaten gerechnet. Dies nennt man eine sogenannte Arbeitszahl, normalerweise berechnet man diese Zahlen über einem Jahr und ergibt sich am Ende die sogenannte Jahresarbeitszahl JAZ.

Endergebnis: **15-minutige Arbeitszahl = 2,41 +/- 1,29**