

# 1 Auswertung

Zunächst werden die gemessenen Werte in einer Tabelle dargestellt. Diese ist in Tabelle (2) zu sehen.

Tabelle 1: gemessene Werte

<i>Zeit[s]</i>	<i>T</i> <sub>1</sub> [°C]	<i>T</i> <sub>1</sub> [K]	<i>p</i> <sub>a</sub> [bar]	<i>T</i> <sub>2</sub> [°C]	<i>T</i> <sub>2</sub> [K]	<i>p</i> <sub>b</sub> [bar]	<i>N</i> [W]
0	20,2	293,35	5,1	20,2	293,35	5,5	170
60	22,3	295,45	2,8	20,2	293,35	7,5	173
120	23,8	296,95	3,0	19,4	292,55	8,0	185
180	26,2	299,35	3,1	18,0	291,15	8,5	195
240	28,7	301,85	3,1	16,2	289,25	9,0	200
300	31,4	304,55	3,1	14,4	287,55	9,5	204
360	33,7	306,85	3,1	12,7	285,85	10,0	206
420	31,5	304,65	3,1	11,0	284,15	9,25	206
480	33,4	306,55	3,1	9,5	282,65	9,5	203
540	35,4	308,55	3,1	7,6	280,75	10,0	207
600	37,2	310,35	3,1	6,0	279,15	10,25	210
660	38,9	312,05	3,1	4,5	277,65	10,75	210
720	40,7	313,85	3,1	2,7	275,85	11,0	210
780	42,2	315,35	3,1	1,5	274,65	11,5	212
840	43,9	317,05	3,1	0,6	273,75	12,0	212
900	45,4	318,55	3,1	-0,2	272,95	12,5	210
960	46,8	319,95	3,1	-0,7	272,45	12,5	210
1020	48,2	321,35	3,1	-1,0	272,15	13,0	208
1080	49,4	322,55	3,1	-1,4	271,75	13,5	204
1140	50,5	323,65	3,1	-1,8	271,35	14,0	204

## 1.1 Temperaturverlauf

Um den Temperaturverlauf darzustellen, werden die gemessenen Werte für die Temperatur gegen die Zeit aufgetragen. Dies ist in Abbildung (1) mit der Funktion:

$$T(t) = At^2 + Bt + C$$

wird eine Ausgleichsrechnung durchgeführt. Die Parameter  $A$ ,  $B$  und  $C$  werden mittels python bestimmt und lauten:

Für  $T_1$ :

$$A = (-3,8 \pm 2,0) \cdot 10^{-6} \frac{\text{K}}{\text{s}^2}$$

$$B = (0,0306 \pm 0,0023) \frac{\text{K}}{\text{s}}$$

$$C = (293,9 \pm 0,6) \text{ K}$$

für  $T_2$ :

$$A = (9,0 \pm 2,0) \cdot 10^{-6} \frac{\text{K}}{\text{s}^2}$$

$$B = (-0,0325 \pm 0,0024) \frac{\text{K}}{\text{s}}$$

$$C = (295,6 \pm 0,6) \text{ K}$$

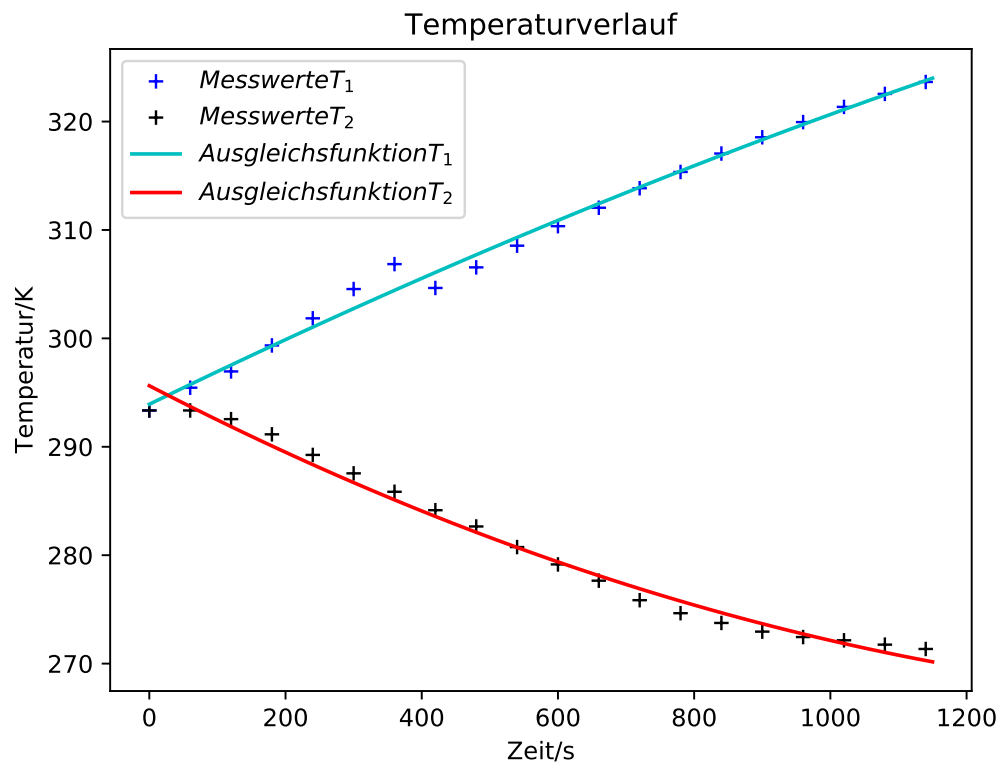


Abbildung 1: Temperaturverläufe

## 1.2 Differentialquotient unterschiedlicher Temperaturen

$$\frac{dT(t)}{dt} = 2At + B := f$$

Tabelle 2: Differentialquotienten

$Zeit[s]$	$T_1[K]$	$\frac{dT_1}{dt}$	$T_2[K]$	$\frac{dT_2}{dt}$
120	296,95	$(0,0297 \pm 0,0023)$	292,55	$(-0,0303 \pm 0,0024)$
300	304,55	$(0,0283 \pm 0,0026)$	287,55	$(-0,0271 \pm 0,0027)$
600	310,35	$(0,0260 \pm 0,0033)$	279,15	$(-0,0217 \pm 0,0034)$
1080	322,55	$(0,022 \pm 0,005)$	271,75	$(-0,013 \pm 0,005)$

Die Fehler zu den Quotienten bestimmen sich mit Formel:

$$\Delta f = \sqrt{(2t \cdot \Delta A)^2 + \Delta B^2} \quad (1)$$

## 1.3 Güteeffizienzienzen

Mit den Formeln (??) und (??) kann die reale Güteeffizienz berechnet werden. es ergibt sich die Formel:

$$\nu_{real} = (m_w c_w + m_k c_k) \cdot \frac{dT_1}{dt} \cdot \frac{1}{N}$$

Der  $m_k c_k$ -Wert ist an der apparatur abzulesen und beträgt 660 J/K.

Der  $c_w$ -Wert beträgt 4,182 kJ/kgK. [b1]

Der  $m_w$ -Wert ist durch das Reservoir gegeben, das mit drei Litern befüllt wurde. Smit ergibt sich:

$$c_w m_w = 12546 \frac{J}{K}$$

Die ideale Güteeffizienz wird mit Formel (??) bestimmt. Die Fehler für  $\nu_{real}$  berechnen sich

Tabelle 3: reale und ideale Güteeffizienzienzen

$Zeit[s]$	$N[W]$	$T_1[K]$	$T_2[K]$	$\nu_{ideal}$	$\nu_{real}$
120	185	296,95	292,55	67,489	$(2,1 \pm 0,16)$
300	204	304,55	287,55	17,914	$(2,02 \pm 0,19)$
600	210	310,35	279,15	9,947	$(1,86 \pm 0,24)$
1080	204	322,55	271,75	6,349	$(1,6 \pm 0,4)$

mit der Formel

$$\Delta \nu = \left| (m_w c_w + m_k c_k) \frac{1}{N} \cdot \left( \Delta \frac{dT_1}{dt} \right) \right|$$

## 1.4 Massendurchsatz des Transportgases

Um den Massendurchsatz bestimmen zu können muss zunächst die Verdampfungswärme  $L$  bestimmt werden. Dies geschieht durch eine Ausgleichsgerade. Dafür wird  $\ln(p)$  gegen  $1/T$  aufgetragen. Aus der Formel

$$\ln(p) = \frac{L}{R} \cdot \frac{1}{T}$$

und der Ausgleichsfunktion

$$f(x) = a \cdot x + b$$

folgt der Zusammenhang

$$L = -a \cdot R.$$

Dabei ist  $R$  die allgemeine Gaskonstante und  $a$  der Parameter, der aus der Dampfdruckkurve gewonnen wird. Diese ist in Abbildung (??) zu finden. Die lineare Ausgleichsrechnung wurde mit Python durchgeführt. Mit

$$f(x) = a \cdot x + b$$

ergeben sich

$$a = (-2,23 \pm 0,14) \cdot 10^3 \text{ K} \quad (2)$$

$$b = (9,5 \pm 0,5) \quad (3)$$

Mit  $R = 8,3144621 \text{ J/molK}$  [b1] folgt für  $L$ :

$$L = (1,85 \pm 0,12) \cdot 10^4 \frac{\text{J}}{\text{mol}}$$

Der Fehler berechnet sich durch:

$$\Delta L = R \cdot \Delta a$$

Mit den Formeln (??) und (??) kann nun der Massendurchsatz ermittelt werden:

$$\frac{dm}{dt} = \frac{1}{L} (m_w c_w + m_k c_k) \frac{dT_2}{dt}$$

Der Fehler berechnet sich durch:

$$\Delta \left( \frac{dm}{dt} \right) = \sqrt{\left( \frac{1}{L} (m_w c_w + m_k c_k) \cdot \left( \Delta \frac{dT_2}{dt} \right) \right)^2 + \left( \frac{-1}{L^2} (m_w c_w + m_k c_k) \frac{dT_2}{dt} \cdot \Delta L \right)^2}$$

Die Ergebnisse sind in Tabelle (??) zu finden. Da der Massendurchsatz in mol/s angegeben ist, wird er in g/s umgerechnet. Dies geschieht, indem die molare Masse hinzu multipliziert wird. Sie beträgt  $102,92 \text{ g/mol}$ . [on2]

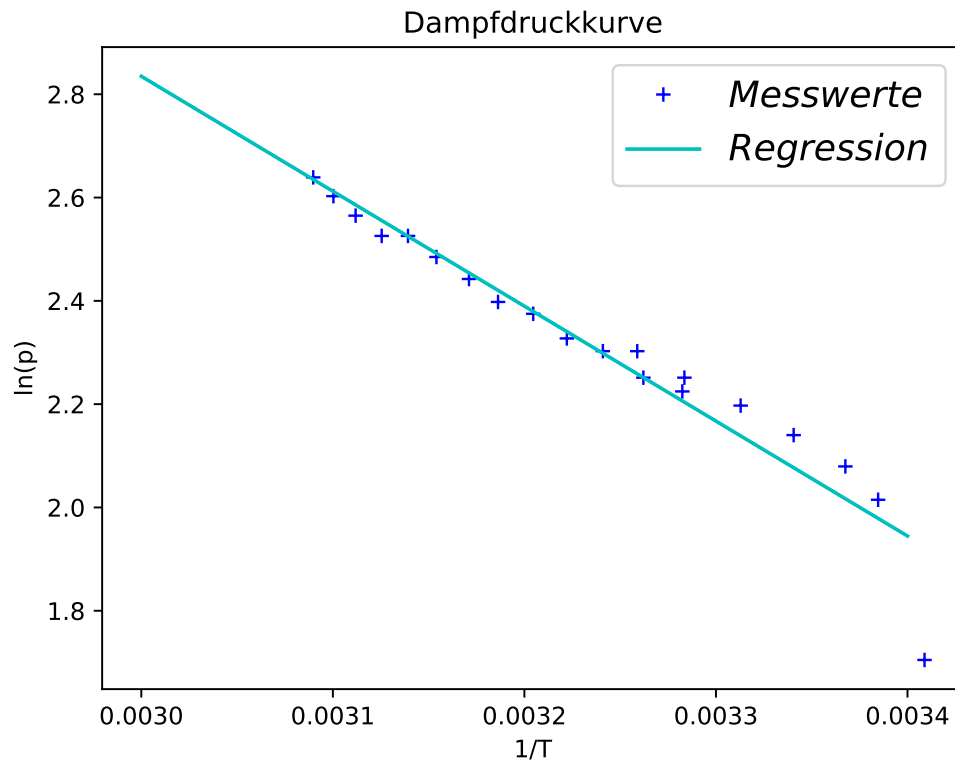


Abbildung 2: Dampfdruckkurve

Tabelle 4: Massendurchsatz

$Zeit[s]$	$dm/dt[mol/s]$	$dm/dt[g/s]$
120	$(-0,0216 \pm 0,0022)$	$(-2,223 \pm 0,226)$
300	$(-0,0193 \pm 0,0023)$	$(-1,986 \pm 0,237)$
600	$(-0,0155 \pm 0,0026)$	$(-1,595 \pm 0,268)$
1080	$(-0,009 \pm 0,004)$	$(-0,926 \pm 0,412)$

## 1.5 mechanische Leistung des Kompressors

Die mechanische Leistung wird mit Formel (??) bestimmt. Aus der idealen Gasgleichung

$$p \cdot V = R \cdot m \cdot T$$

und

$$V = \frac{m}{\rho}$$

folgt für die Dichte:

$$\rho = \frac{\rho_0 T_0 p_a}{p_0 T_2}.$$

Vorher gegeben sind:

$$\rho_0 = 5,51 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{L}}$$

$$T = 273,15 \text{ K}$$

$$p = 1 \text{ Bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$\kappa = 1,4$$

[on1]

Der Fehler berechnet sich mit der Formel

$$\Delta N = \frac{1}{\kappa - 1} \left( p_b \sqrt{\frac{p_a}{p_b}} - p_a \right) \frac{1}{\rho} \cdot \Delta \left( \frac{dm}{dt} \right).$$

Die Ergebnisse sind in Tabelle (??) zu finden.

Tabelle 5: Mechanische Leistung

$Zeit[s]$	$\rho[kg/m^3]$	$\sqrt{p_a/p_b}$	$N_{mech}[W]$
120	15,43	0,42300	(-4,0 $\pm$ 0,4)
300	16,23	0,37443	(-4,0 $\pm$ 0,5)
600	16,71	0,35028	(-3,3 $\pm$ 0,6)
1080	17,17	0,27510	(-2,4 $\pm$ 1,1)

## 2 Diskussion

Werden die beiden Temperaturverläufe in Abbildung (1) betrachtet, ist ein Sprung in den Messwerten vom Reservoir 1 zu sehen. Dieser entstand durch einen Defekt

des Versuchsaufbaus. Die Heizspule im Inneren des Behälters drehte sich nicht mehr selbstständig, sodass das Wasser nicht gleichmäßig erhitzt wurde. Nach sechs Minuten wurde per Hand gedreht, sodass sich das Wasser vermischen konnte und der Sprung in den Messwerten entstand. Dieser Sprung ist auch in der Verdampfungskurve in Abbildung (??) gut zu sehen. Es ist zu sehen, dass die reale Gütezahl viel kleiner ist als der ideale Wert. Es wird davon ausgegangen, dass der Kompressor adiabatisch ist. Das ist so nicht möglich. Beim idealen Wert wird außerdem von einer verlustfreien Isolierung ausgegangen, dies ist an dem Versuchsaufbau aber nicht komplett umsetzbar, sodass es hier zu Verlusten kommt. Der Wärmeaustausch der Reservoirs mit der Umgebung kann nicht komplett verhindert werden. Somit kommt es zu Druckverlusten bzw. -zunahmen. Dies hat also auch Einfluss auf die Verdampfungswärme und somit auf den Massendurchsatz. Der negative Wert für den Massendurchsatz ist zu erklären, indem man den Temperaturverlauf von  $T_2$  betrachtet. Der Wert ist von dem negativen Parameter abhängig.