

---

INSTITUT FÜR PHYSIK  
HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN

---



**Physikalisches Grundpraktikum I**  
Versuchsprotokoll  
T1 – Wärmekapazität eines Kalorimeters

Betreuer: R. Mohrhardt

NEW 14, Raum 2'14, Versuchsplatz 4

Benjamin Maier, 529225  
Versuchspartner: Tobias Perna, 528983

10.6.2009

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Versuchsbeschreibung und Physikalische Grundlagen</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Versuchsdurchführung und Auswertung</b>	<b>3</b>
2.1	Elektrische Methode . . . . .	3
2.2	Mischungsmethode . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Fehler- und Ergebnisdiskussion</b>	<b>6</b>
3.1	Elektrische Methode . . . . .	6
3.2	Mischungsmethode . . . . .	7
3.3	Fazit . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Anhang</b>	<b>7</b>



# 1 Versuchsbeschreibung und Physikalische Grundlagen

Im zu bearbeitenden Versuch sollte die Wärmekapazität eines Kalorimeters bestimmt werden. Während des Erhitzens einer bestimmten Menge Wasser im Kalorimeter fand neben der Erwärmung des Wassers auch eine Energieaufnahme durch das Kalorimeter statt. Wieviel Wärme  $Q$  dabei an das Kalorimeter übertragen wird, bestimmt dessen Wärmekapazität  $C_k$ .

Im Wesentlichen wurde  $C_k$  hier durch zwei Methoden ermittelt. In der ersten Methode erhitze man das Wasser mit einer elektrischen Heizung während einer Zeit  $\Delta t$ , durch die ein elektrischer Strom der Leistung  $P = U \cdot I$  floss. Dabei wurde es um eine Temperatur  $\Delta T$  erwärmt, wobei währenddessen ein Austausch mit der Umgebung stattfand, die mithilfe einer Wärmeaustauschkorrektur für  $\Delta T$  beseitigt werden kann. Diese Korrektur wird später ausführlich beschrieben. Für die elektrische Methode gilt nach [1], S.67 die Beziehung

$$C_k = IU \frac{\Delta t}{\Delta T} - m_w c_w, \quad (1)$$

wobei  $m_w$  für die Masse des Wassers und  $c_w$  für dessen Wärmekapazität steht.

Bei der zweiten Methode wurde eine bestimmte Menge Wasser mit Temperatur  $T_1$  in das Kalorimeter gefüllt. Danach wurde die gleiche Menge Wasser mit einer höheren Temperatur  $T_2$  hinzugegeben, sodass sich die Mischtemperatur  $T_m$  einstellte. Während des Wärmeaustausches wurde Wärme sowohl an das bereits im Kalorimeter vorhandene Wasser als auch an das Kalorimeter selbst abgegeben. Daraus lässt sich nun  $C_k$  wie folgt ermitteln:

$$C_k = -m_1 c_w + m_2 c_w \frac{T_2 - T_m}{T_m - T_1}, \quad (2)$$

entnommen aus [1], S.68. Eine ausführlichere Beschreibung des Versuches findet sich in [1], S.67-69.

## 2 Versuchsdurchführung und Auswertung

### 2.1 Elektrische Methode

Hier wurde in drei Perioden gemessen. Zuerst wurde Wasser des Volumens  $V = 300$  ml, der Dichte  $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  und der spezifischen Wärmekapazität  $c_W = 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$  in das Kalorimeter gefüllt, wobei sich aus systematischem und zufälligem Fehler für die Unsicherheit des Volumens  $u_V = \sqrt[3]{4} \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 0,003 \text{ m}^3$  ergibt und  $\rho$  und  $c_w$  als fehlerfrei angesehen werden.

Während der Vorperiode wurde fünf Minuten lang alle 30 Sekunden mit dem Thermometer „GTH175/Pt“ die Temperatur des Wassers im Kalorimeter aufgenommen, um die Anpassung an die Zimmertemperatur zu verfolgen. Dabei wurden die Zeitwerte mit einer digitalen Stoppuhr gemessen und ein Fehler von  $u_t = 0.5$  s abgeschätzt, für die Temperatur gilt ein systematischer Fehler von  $u_T = 0.001 \cdot T + 0.2$  °C.

Danach wurden Heizung und Rührer angeschaltet und fünf Minuten lang alle 10 Sekunden die Werte von Spannung, Stromstärke und Temperatur notiert, wobei für die Stromstärke ein systematischer Fehler von  $e_{s,I} = 0.05$  A und für die Spannung  $e_{s,U} = 0.65$  V zu veranschlagen ist. Der zufällige Fehler der Spannung wurde auf 0.05 V abgeschätzt, der der Strömstärke ergibt sich aus dem Vertrauensbereich über die gemessenen Werte.

Nach dem Ausschalten der Heizung wurde dann fünf Minuten lang der Wärmeaustausch mit der Umgebung aufgezeichnet, indem alle 30 Sekunden ein Temperaturwert gemessen wurde. In den folgenden Abbildungen ist der Prozessverlauf zu betrachten.

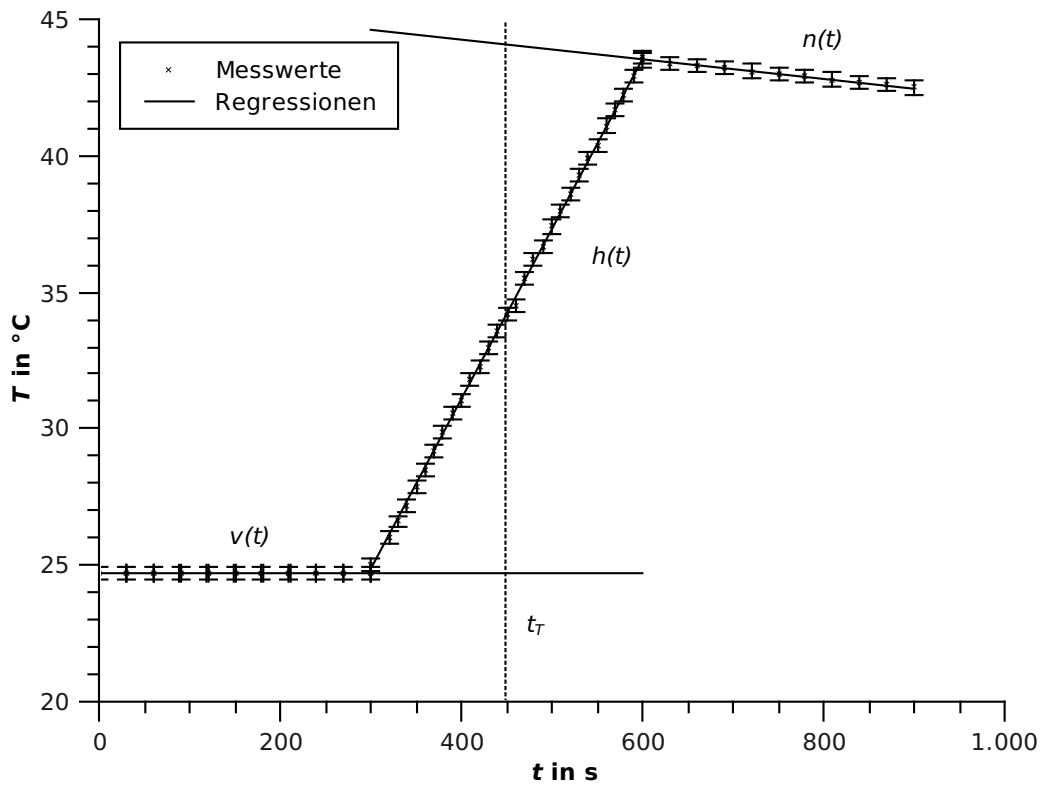


Abbildung 1: Verlauf bei erstmaliger Anwendung der elektrischen Methode

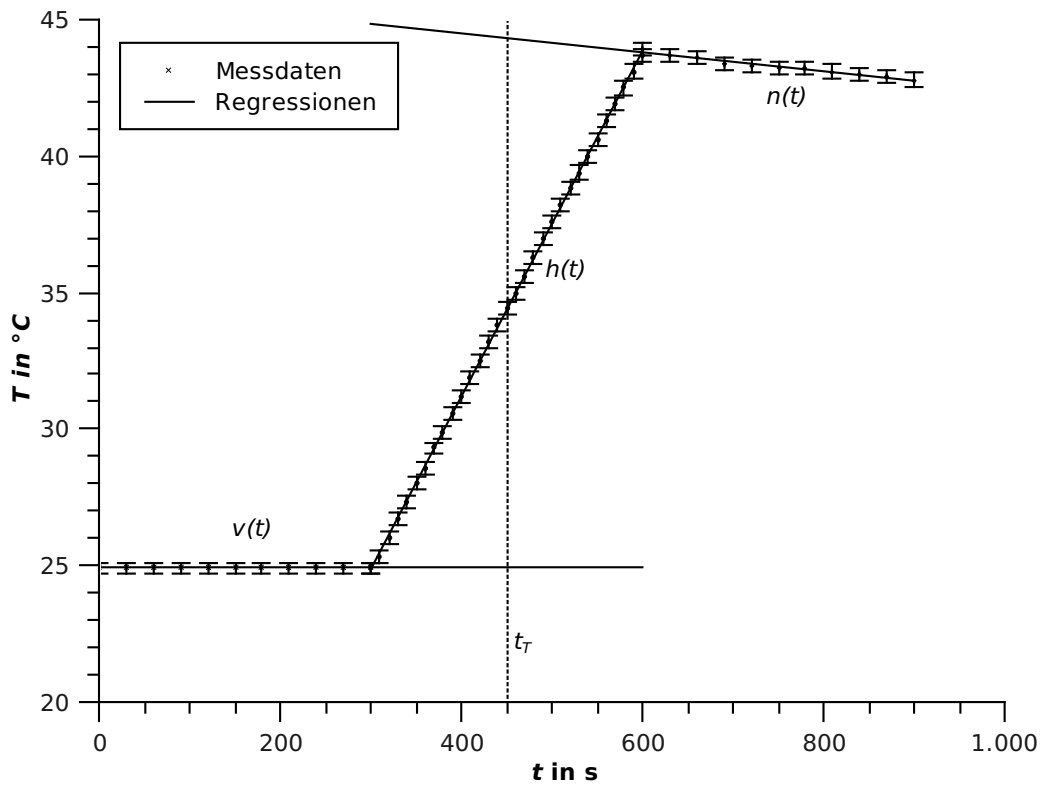


Abbildung 2: Verlauf bei zweiter Anwendung der elektrischen Methode

Zu beachten ist hier, dass sich  $\Delta T$  durch die Wärmeaustauschkorrektur aus  $\Delta T = n(t_T) - v(t_T)$  ergibt, wobei  $t_T$  die Zeit ist, bei der eine Gerade parallel zur  $T$ -Achse zwei gleichgroße Flächen begrenzt. Setzt man

$$\begin{aligned}v(t) &= a \cdot t + b, \\h(t) &= c \cdot t + d, \text{ und} \\n(t) &= e \cdot t + f\end{aligned}$$

als Regressionen über die gemessenen Werte, so ergibt sich für Start- und Endzeit der Hauptperiode

$$t_1 = \frac{b-d}{c-a}, \quad t_2 = \frac{f-d}{c-e}.$$

Wählt man nun als Ansatz

$$\int_{t_1}^{t_T} (h(t) - v(t)) dt = \int_{t_T}^{t_2} (n(t) - h(t)) dt$$

erhält man

$$\begin{aligned}t_T &= \frac{\frac{b-d}{\sqrt{c-a}} + \frac{f-d}{\sqrt{c-e}}}{\sqrt{c-a} + \sqrt{c-e}}, \\ \Delta T &= (e-a) \frac{\frac{b-d}{\sqrt{c-a}} + \frac{f-d}{\sqrt{c-e}}}{\sqrt{c-a} + \sqrt{c-e}} + f - b, \\ \Delta t &= t_2 - t_1 = \frac{f-d}{c-e} - \frac{b-d}{c-a}.\end{aligned}$$

Für die Unsicherheiten der Größen gilt das Gauß'sche Fehlerfortpflanzungsgesetz

$$\begin{aligned}u_{\Delta T} &= \sqrt{\left(u_a \cdot \frac{\partial \Delta T}{\partial a}\right)^2 + \left(u_b \cdot \frac{\partial \Delta T}{\partial b}\right)^2 + \left(u_c \cdot \frac{\partial \Delta T}{\partial c}\right)^2 + \left(u_d \cdot \frac{\partial \Delta T}{\partial d}\right)^2 + \left(u_e \cdot \frac{\partial \Delta T}{\partial e}\right)^2 + \left(u_f \cdot \frac{\partial \Delta T}{\partial f}\right)^2} \\ u_{\Delta t} &= \sqrt{\left(u_a \cdot \frac{\partial \Delta t}{\partial a}\right)^2 + \left(u_b \cdot \frac{\partial \Delta t}{\partial b}\right)^2 + \left(u_c \cdot \frac{\partial \Delta t}{\partial c}\right)^2 + \left(u_d \cdot \frac{\partial \Delta t}{\partial d}\right)^2 + \left(u_e \cdot \frac{\partial \Delta t}{\partial e}\right)^2 + \left(u_f \cdot \frac{\partial \Delta t}{\partial f}\right)^2} \\ u_{C_k} &= \sqrt{\left(u_I \cdot \frac{\partial C_k}{\partial I}\right)^2 + \left(u_U \cdot \frac{\partial C_k}{\partial U}\right)^2 + \left(u_{\Delta t} \cdot \frac{\partial C_k}{\partial \Delta t}\right)^2 + \left(u_{\Delta T} \cdot \frac{\partial C_k}{\partial \Delta T}\right)^2 + \left(u_{m_w} \cdot \frac{\partial C_k}{\partial m_w}\right)^2}\end{aligned}$$

wobei die partiellen Ableitungen in Maple berechnet wurden und im Anhang zu betrachten sind. Die Masse des Wassers ergibt sich aus  $m_w = \rho_w \cdot V$ , bzw. dessen Unsicherheit zu  $u_{m_w} = \rho_w \cdot u_V$ . Somit ergeben sich die in Tabelle 1 dargestellten Werte.

	Erste Anwendung	Zweite Anwendung
Regressionswerte	$a = (-2.9 \pm 0.4) \cdot 10^{-11} \text{ }^\circ\text{C/s}$ $b = (24.7 \pm 10^{-9}) \text{ }^\circ\text{C}$ $c = (6.25 \pm 0.02) \cdot 10^{-2} \text{ }^\circ\text{C/s}$ $d = (6.1 \pm 0.1) \text{ }^\circ\text{C}$ $e = (3.48 \pm 0.09) \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C/s}$ $f = (45.60 \pm 0.06) \text{ }^\circ\text{C}$	$a = (-4.1 \pm 2.8) \cdot 10^{-11} \text{ }^\circ\text{C/s}$ $b = (24.9 \pm 2 \cdot 10^{-9}) \text{ }^\circ\text{C}$ $c = (6.33 \pm 0.02) \cdot 10^{-2} \text{ }^\circ\text{C/s}$ $d = (5.86 \pm 0.08) \text{ }^\circ\text{C}$ $e = (-3.4 \pm 0.2) \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C/s}$ $f = (45.8 \pm 0.2) \text{ }^\circ\text{C}$
Messwerte	$U = (25.0 \pm 0.7) \text{ V}$ $I = (3.66 \pm 0.05) \text{ A}$ $m_w = (300 \pm 3) \text{ g}$	$U = (25.0 \pm 0.7) \text{ V}$ $I = (3.66 \pm 0.05) \text{ A}$ $m_w = (300 \pm 3) \text{ g}$
Berechnete Werte	$\Delta T = (19.35 \pm 0.08) \text{ }^\circ\text{C}$ $\Delta t = (301 \pm 2) \text{ s}$ $C_k = (171 \pm 45) \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$	$\Delta T = (19.4 \pm 0.2) \text{ }^\circ\text{C}$ $\Delta t = (298 \pm 3) \text{ s}$ $C_k = (155 \pm 47) \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$
Gewichtetes Mittel	$(164 \pm 33) \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$	

Tabelle 1: Aus den Messungen ermittelte Daten der elektrischen Methode

## 2.2 Mischungsmethode

Nun wurde der Wärmeaustausch mit dem Kalorimeter durch Mischung von kaltem und warmem Wasser erzeugt, insgesamt dreimal durchgeführt. Die Masse des Wassers ist  $m_1 = m_2 = 0.15\text{kg}$  und ihre Unsicherheit wie oben  $u_m = 0.003 \text{ kg}$ . Für die Berechnung von  $C_k$  wird hier Formel (2) verwendet, ihre Unsicherheit ergibt sich also zu

$$u_{Ck} = \sqrt{(c_w u_{m1})^2 + \left(c_w u_{m2} \frac{T_2 - T_m}{T_m - T_1}\right)^2 + \left(\frac{c_w m_2 u_{T2}}{T_m - T_1}\right)^2 + \left(\frac{u_{T1} m_2 c_w (T_2 - T_m)}{(T_m - T_1)^2}\right)^2 + \left(\frac{u_{Tm} c_w m_2 (T_1 - T_2)}{(T_m - T_1)^2}\right)^2}$$

In Tabelle 2 ist die Auswertung dargestellt.

Durchführung	1	2	3
$T_1$ in $^\circ\text{C}$	$27.8 \pm 0.3$	$26.4 \pm 0.3$	$26.7 \pm 0.3$
$T_2$ in $^\circ\text{C}$	$38.9 \pm 0.3$	$38.2 \pm 0.3$	$36.8 \pm 0.3$
$T_m$ in $^\circ\text{C}$	$31.8 \pm 0.3$	$31.8 \pm 0.3$	$31.5 \pm 0.3$
$C_k$ in $\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$	$486 \pm 130$	$116 \pm 76$	$65 \pm 82$

Tabelle 2: Gemessene Werte der Mischungsmethode

## 3 Fehler- und Ergebnisdiskussion

### 3.1 Elektrische Methode

Dieser Teil des Versuches gelang besser als erwartet. Die Werte der beiden errechneten Wärmekapazitäten liegen mit einem Unterschied von ca. 9% nicht weit auseinander, und auch die Unsicherheiten sind im Vergleich zu anderen Protokollen mit ca. 30% bzw. 19% beim gewichteten Mittel zwar prozentual gesehen groß, doch liegen im Vergleich zu anderen Versuchsdurchführungen in einem akzeptablen Bereich.

Möglicherweise ist dies darauf zurückzuführen, dass zwischen Durchführung des ersten und des zweiten Durchgangs eine Zeit von ca. 20 Minuten lag, sodass sich der Versuchsaufbau auf Zimmertemperatur abkühlen konnte. Weiterhin schwankten Spannung und Stromstärke nicht, bzw. kaum, sodass ein geringer zufälliger Fehler angenommen werden konnte. Nichtsdestotrotz beeinflussen die Unsicherheiten dieser Größen die Unsicherheit der Wärmekapazität ungemein. Wenn es gelänge, Messgeräte mit geringerem systematischen Fehler zu verwenden, würde das die Ergebnisse um ein Vielfaches genauer werden lassen.

## 3.2 Mischungsmethode

Im Gegensatz zur elektrischen Methode verlief die Ermittlung von  $C_k$  über die Mischung von zwei Wassermengen nicht zufriedenstellend. Es überlappen sich nur zwei der drei ermittelten Werte, die sich zudem auch erheblich unterscheiden (bis zu 86%). So kann aus diesen Werten auch kein gewichtetes Mittel berechnet werden. Täte man dies trotzdem, so stellte sich ein Wert von  $C_k = (153 \pm 51) \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$  ein, der inner konsistent mit dem Wert aus der elektrischen Methode wäre, wobei betont werden muss, dass dies eigentlich nicht getan werden darf und es sich deswegen auch um einen Zufall handeln könnte.

Hier wurde nicht darauf geachtet, die Messapparatur zwischen den einzelnen Messvorgängen auf Zimmertemperatur abkühlen zu lassen, was möglicherweise eine große Beeinflussung der Messwerte bedeutet.

Den größten Einfluss auf die Unsicherheiten haben die Temperaturen  $T_m$  und  $T_2$ , bedingt durch den großen systematischen Fehler des Messgerätes.

## 3.3 Fazit

Insgesamt zeigte sich, dass es sehr schwierig ist, die Wärmekapazität des Kalorimeters verlässlich zu bestimmen. In Protokollen anderer Versuchsgruppen stellte sich heraus, dass die Mischungsmethode verlässlichere Ergebnisse als die elektrische Methode liefert, jedoch ist dies hier nicht der Fall. Um Sicherheit darüber zu erlangen, ob es sich dabei um einen Zufall handelt, oder das Abkühlen zwischen den Messwertaufnahmen wirklich Einfluss auf die Ergebnisse nimmt, sollte der Versuch auf diese Art noch einige Male wiederholt werden.

## 4 Anhang

I Datenblatt der Rechnungen in OpenOffice Calc

II Datenblatt der Rechnungen in Maple

III Handschriftliche Protokollierung des Versuches

## Literatur

- [1] Skript: „Physikalisches Grundpraktikum - Mechanik und Thermodynamik“ von Dr. Uwe Müller, Berlin 2005
- [2] Skript: „Physikalisches Grundpraktikum - Einführung in die Messung, Auswertung und Darstellung experimenteller Ergebnisse in der Physik“ von Dr. Uwe Müller, Berlin 2007



elektrische Methode

Vorperiode

t in s	T in °C		
0	24,7	0,2247	
30	24,7	0,2247	
60	24,7	0,2247	
90	24,7	0,2247	
120	24,7	0,2247	
150	24,7	0,2247	
180	24,7	0,2247	
210	24,7	0,2247	
240	24,7	0,2247	
270	24,7	0,2247	
300	24,7	0,2247	

Hauptperiode

t in s	T in °C	u_T	U in V	I in A
300	25	0,2250		3,65
10	26	0,2260		3,65
20	26,6	0,2266		3,65
30	27,2	0,2272		3,65
40	27,9	0,2279		3,65
50	28,5	0,2285		3,65
60	29,2	0,2292		3,65
70	29,9	0,2299		3,65
80	30,6	0,2306		3,65
90	31	0,2310		3,65
100	31,8	0,2318		3,65
110	32,3	0,2323		3,65
120	33	0,2330		3,65
130	33,6	0,2336		3,65
140	34,2	0,2342		3,65
150	34,5	0,2345		3,65
160	35,5	0,2355		3,65
170	36,2	0,2362		3,65
180	36,7	0,2367		3,65
190	37,4	0,2374		3,65
200	38	0,2380		3,65
210	38,6	0,2386		3,65
220	39,3	0,2393		3,65
230	39,9	0,2399		3,65
240	40,4	0,2404		3,7
250	41,1	0,2411		3,7
260	41,7	0,2417		3,7
270	42,2	0,2422		3,7
280	42,9	0,2429		3,7
290	43,5	0,2435		3,7

Nachperiode

t in s	T in °C		
600	43,6	0,2436	
630	43,4	0,2434	
660	43,3	0,2433	
690	43,2	0,2432	
720	43,1	0,2431	
750	43	0,2430	
780	42,9	0,2429	
810	42,8	0,2428	
840	42,7	0,2427	
870	42,6	0,2426	
900	42,5	0,2425	

Durchschnittliche Spannung

25	0,66
----	------

Durchschnittlich Stromstärke

3,66	0,05
------	------

m\_w

0,3	0,003
-----	-------

C\_K

171,34	44,88	26,19 %
--------	-------	---------

part I

389,44
--------

part U

57,01
-------

part t

4,73
------

part T

-73,65
--------

part m

-4180
-------

Vorperiode

t in s	T in °C		
0	24,9	0,2249	
30	24,9	0,2249	
60	24,9	0,2249	
90	24,9	0,2249	
120	24,9	0,2249	
150	24,9	0,2249	
180	24,9	0,2249	
210	24,9	0,2249	
240	24,9	0,2249	
270	24,9	0,2249	
300	24,9	0,2249	

Hauptperiode

t in s	T in °C		U in V	I in A
300	24,9	0,2249		3,65
310	25,3	0,2253		3,65
320	26	0,2260		3,65
330	26,7	0,2267		3,65
340	27,3	0,2273		3,65
350	28	0,2280		3,65
360	28,6	0,2286		3,65
370	29,3	0,2293		3,65
380	29,9	0,2299		3,65
390	30,6	0,2306		3,65
400	31,2	0,2312		3,65
410	31,9	0,2319		3,7
420	32,5	0,2325		3,7
430	33,2	0,2332		3,7
440	33,8	0,2338		3,7
450	34,4	0,2344		3,7
460	35	0,2350		3,7
470	35,6	0,2356		3,7
480	36,3	0,2363		3,7
490	37	0,2370		3,65
500	37,6	0,2376		3,65
510	38,2	0,2382		3,65
520	38,8	0,2388		3,65
530	39,4	0,2394		3,65
540	40	0,2400		3,65
550	40,6	0,2406		3,65
560	41,3	0,2413		3,65
570	41,9	0,2419		3,65
580	42,5	0,2425		3,65
590	43,1	0,2431		3,65
600	43,7	0,2437		3,65

Nachperiode

t in s	T in °C		
600	43,9	0,2439	
630	43,7	0,2437	
660	43,6	0,2436	
690	43,4	0,2434	
720	43,3	0,2433	
750	43,2	0,2432	
780	43,2	0,2432	
810	43,1	0,2431	
840	43	0,2430	
870	42,9	0,2429	
900	42,8	0,2428	

Durchschnittliche Spannung

25	0,65
----	------

Durchschnittlich Stromstärke

3,66	0,05
------	------

m\_w

0,3	0,003
-----	-------

C\_K

155,32	47,09	30,32 %
--------	-------	---------

part I

384,75
--------

part U

56,37
-------

part t

4,72
------

part T

-72,67
--------

part m

-4180
-------

Zusammenfassung

elektrische Methode

C_k	u_C	p	(u*p)^2
155,32	47,09	0,9081	1828,79
171,34	44,88	1	2013,94
gew.Mittel	163,72		
gew.Unsic	32,49	19,84 %	
	90,65		
	30,32		

Mischungsmethode

C_k	u_C	p	(u*p)^2
485,93	129,98	0,34	1972,55
116,11	75,98	1	5772,73
65,31	81,66	0,87	4997,42
gew.Mittel	153,44		
gew.Unsic	51,14		

13,44























































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































Mischungsmethode	m1 c_W	0,15 4180	0,003				u_i*part_i
1)	in °C						
T_1	27,8	0,233223	485,93	129,98	26,75 %		-11,82 m1
T_2	38,9	0,244076					20,99 m2
T_m	31,8	0,237131					38,26 T1 64,89 T2 -103,15 Tm
2)							
T_1	26,4	0,231855	116,11	75,98	65,44 %		
T_2	38,2	0,243391					
T_m	31,8	0,237131					
3)							
T_1	26,7	0,232148	65,31	81,66	125,03 %		
T_2	36,8	0,242021					
T_m	31,5	0,236838					

Fehler  
 Thermomete 0.1%\*T+2Digit  
 Voltmeter 0.5%\*130V  
 Amperemet. 1%\*5A  
 Volumen 2,0 ml  
 Zeitfehler 0,5s

a = -2,909276141797107e-11 +/- 4,176987875081343e-12  
 b = 2,470000000507084e+01 +/- 9,504783590144142e-10  
 c = 6,247624300270410e-02 +/- 2,165562469748185e-04  
 d = 6,083357117061346e+00 +/- 9,956932768160390e-02  
 e = -3,484848491401578e-03 +/- 8,747731472768675e-05  
 f = 4,562272727764209e+01 +/- 6,613076703768390e-02

a	-2,91E-011	4,18E-012	t1	297,98	t_T	450,75		
b	2,47E+001	9,50E-010	t2	599,43				
c	6,25E-002	2,17E-004						
d	6,08E+000	9,96E-002	T	19,35	0,08	delta t	301,46	1,59
e	-3,48E-003	8,75E-005	part a		-461,05	part a	-4769,49	
f	4,56E+001	6,61E-002	part b		-1,03	part b	-16,01	
			part c		24,36	part c	-4318,22	
			part d		0,05	part d	0,85	
			part e		435,85	part e	9087,7	
			part f		0,97	part f	15,16	

a = -4,070711351076556e-11 +/- 2,740273697462546e-11  
 b = 2,490000000677615e+01 +/- 1,699617707182486e-09  
 c = 6,330222003647172e-02 +/- 1,573649958082512e-04  
 d = 5,855917726941520e+00 +/- 7,153146191275371e-02  
 e = -3,392745021650640e-03 +/- 2,008764241858694e-04  
 f = 4,582635000059808e+01 +/- 1,519074529531436e-01

a	-4,07E-011	2,74E-011	t1	300,84	t_T	452,02		
b	2,49E+001	1,70E-009	t2	599,3				
c	6,33E-002	1,57E-004						
d	5,86E+000	7,15E-002	T	19,39	0,17	delta t	298,46	2,98
e	-3,39E-003	2,01E-004	part a		-461,98	part a	-4752,5	
f	4,58E+001	1,52E-001	part b		-1,03	part b	-15,8	
			part c		23,5	part c	-4233,22	
			part d		0,05	part d	0,8	
			part e		437,69	part e	8985,72	
			part f		0,97	part f	14,99	





















































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































































