

NAME	Matr.Nr. Studienkennzahl	
HOFER Lisa	0408192	411 414
OBBRUGGER Marlene	0403429	033 661
REITMAIR Christoph	0401828	033 661
SAULDER Christoph	0400944	033 661 411

Bestimmung der Wärmekapazitäten mit dem Erwärmungskalorimeter

1.1 Durchführung

In einem Stromkreis sind neben dem Netzgerät auch ein Amperemeter, Voltmeter und ein Kalorimeter miteingebunden. Auf einer Briefwaage wird das Gewicht vor dem füllen mit destilliertem Wasser, in vollem Zustand und nach dem entleeren der Flüssigkeit gemessen.

Im 1. Fall werden 100ml destilliertes Wasser in das Kalorimeter gefüllt und die Anfangstemperatur gemessen. Dann wird der Stromkreis geschlossen und die Stoppuhr beginnt zu laufen. Die ersten Werte des Amperemeters und des Voltmeters werden aufgeschrieben und die Temperatur des Wassers alle 30s notiert. Nach 10min, während denen immer wieder umgerührt wird, unterbricht man den Stromkreis wieder und die letzten Werte des Amperemeters und Voltmeters werden notiert. Das Thermometer bleibt unter wiederholtem umrühren noch kurz im Kalorimeter um die wahre Endtemperatur zu eruieren.

Im 2. Fall macht man genau das selbe wie im 1., nur mit 200ml destilliertes Wasser. Zuvor reinigt man noch das Kalorimeter und wartet dann bis das Thermometer die wahre Anfangstemperatur des Wassers anzeigt.

Im 3. Fall werden 150ml destilliertes Wasser verwendet, welches einen Probekörper aus Kupfer, der im Kalorimeter befestigt wird, zudeckt. Vorher bestimmt man aber noch sein Gewicht, das übrige macht man wie im 1. Teil.

Im 4. Fall wird die selbe Menge an destilliertem Wasser, aber ein Probekörper aus Aluminium verwendet und ebenfalls zuerst sein Gewicht eruiert. Ansonsten wird der 4. Teil, wie der 3. durchgeführt.

NAME	Matr.Nr. Studienkennzahl	
HOFER Lisa	0408192	411 414
OBBRUGGER Marlene	0403429	033 661
REITMAIR Christoph	0401828	033 661
SAULDER Christoph	0400944	033 661 411

1.2 Messgeräte



- Amperemeter, Voltmeter, Netzgerät, Waage, Stoppuhr, Thermometer
- Erwärmungskalorimeter:

Gerät zum Messen von Wärmemengen, die von einem Stoff bei chemischer oder physikalischer Veränderungen aufgenommen oder abgegeben werden.

1.3 Messwerte (siehe Anhang 1)

NAME	Matr.Nr. Studienkennzahl	
HOFER Lisa	0408192	411 414
OBBRUGGER Marlene	0403429	033 661
REITMAIR Christoph	0401828	033 661
SAULDER Christoph	0400944	033 661 411

1.4 Auswertung

Zuerst wurden die Messdaten der Erwärmung der beiden unterschiedlichen Wassermengen ausgewertet. Aus den Messwerte für die Temperatur wird die mittlere Änderung der Temperatur ermittelt und deren Standardabweichung berechnet. Da es keine bei unserer Messgenauigkeit erkennbare Abhängigkeit von Stromstärke, Spannung und Temperatur des Mediums gab, wurde auch hier die Mittelwerte der Stromstärke und der Spannung mitsamt ihren Standardabweichungen errechnet und für die ganze Messdauer verwendet. Folglich wurde die Heizenergie DQ , welche hier aus der Arbeit der elektrischen Heizwendeln besteht errechnet. Für die Fehlerfortpflanzung bei dieser Formel wurde das einfach Potenzgesetz benützt. Anschließend konnte man durch einsetzen der Mittelwerte von DQ und DT , sowie den abgewogenen Massen in entsprechende Formeln die spezifische Wärmekapazität von Wasser sowie auch die Wärmekapazität der Messapparatur ermittelt werden. Die Fehlerfortpflanzung wurde bei diesen Formeln über das Gesetz von Gauß berechnet. Bei der Auswertung der Messdaten der sich in einem Wasserbad befindlichen Metallstücke ging man bezüglich der Temperatur und Heizenergie analog zum Wasser vor. Für die spezifische Wärmekapazität der Metalle wurde jedoch in eine andere Formel eingesetzt. Die Fehlerfortpflanzung folgte auch hier wieder dem Gauß'schen Fehlerfortpflanzungsgesetz.

1.5 verwendete Formeln (siehe Anhang 2)

spezifische Wärmekapazität: Gibt die Wärmemenge Q an, die eine Masse $m= 1$ kg des Stoffes um 1 K erwärmt.

NAME	Matr.Nr. Studienkennzahl	
HOFER Lisa	0408192	411 414
OBBRUGGER Marlene	0403429	033 661
REITMAIR Christoph	0401828	033 661
SAULDER Christoph	0400944	033 661 411

1.6 Interpretation

Bei der Messung der Temperatur der ca. 100g Wassermenge kam es vermutlich bei ca. 3min nach Beginn der Messung zu einem Fehler, welchen man einerseits durch den Knick im Grafen des Temperatur-Zeit Diagramms sieht und andererseits drückt er sich in der Standardabweichung aus, welche nämlich gut $1/3$ des Mittelwertes beträgt. Doch auch die anderen Temperaturmessungen zeichnen sich negativ durch ähnlich hohe Standardabweichung aus. Die ist vermutlich auf eine Reihe kleinere systematischer Fehler zurückzuführen, welche dieses Messverfahren bedingt. Die Messung der Spannung und Stromstärke gestaltet sich ebenfalls nicht als einfach, da ein ablesen der aktuellen Werte sich auf Grund extrem schnell schwankender Werte erschwerte. Dadurch wurden die alle Messwerte von Spannung und Stromstärke auf die erste Dezimalstelle gerundet. Doch da diese schnellen Schwankungen relativ zum absoluten Wert der Messgrößen gering war folgte auch nur ein akzeptabel geringer Messfehler. Die spezifische Wärmekapazität von Wasser wurde durch die Messung in halbwegs realistischer Näherung erreicht. Der Literaturwerte liegt bei $4187 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ und unsere Messungen ergaben ca. $4938 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$. Bei den Ergebnissen für die spezifischen Wärmekapazitäten von Kupfer und Aluminium liegen unsere Messwerte leider spürbar abseits der Literaturwerte. Der Unterschied bei Aluminium(Literaturwert ca. $920 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$) muss mit fast einer Größenordnung beziffert werden, während der Literaturwert bei Kupfer(Literaturwert ca. $381 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$) mit "nur" gut dem 6-fache unsere Messung angegeben wird. Aus unerfindlichen Gründen sind auch die Standardabweichung für diese Werte, welche durch das Gauß'sche Fehlerfortpflanzungsgesetz ermittelt wurden, sogar noch unzumutbarer. Möglicherweise liegt da ein Formelfehler in der Partiellen Differentiation zu Grunde(auch wenn dies mehrmals überprüft wurde), da es unwahrscheinlich erscheint, dass sich die Messfehler bei der Temperaturmessung auf eine solch dramatische Weise bis ins Endergebnis verstärkt durchgezogen haben.

1.7 Diagramme

Anhang 1

NAME	Matr.Nr. Studienkennzahl	
HOFER Lisa	0408192	411 414
OBBRUGGER Marlene	0403429	033 661
REITMAIR Christoph	0401828	033 661
SAULDER Christoph	0400944	033 661 411

Messwerte:

Wasser1:

Masse: 0,09468 kg

<i>Zeit [min]</i>	<i>Temp[°C]</i>
0	24
0,5	24,4
1	25,4
1,5	27
2	28,2
2,5	29,4
3	29,8
3,5	32
4	33
4,5	34,5
5	35,4
5,5	36,8
6	28
6,5	39,4
7	40,6
7,5	41,6
8	42,8
8,5	43,8
9	44,8
9,5	46

Protokoll Nr. 3.1 **Bestimmung der Wärmekapazität mit dem Erwärmungskalorimeter** 11.01.2005

NAME	Matr.Nr. Studienkennzahl	
HOFER Lisa	0408192	411 414
OBBRUGGER Marlene	0403429	033 661
REITMAIR Christoph	0401828	033 661
SAULDER Christoph	0400944	033 661 411

<i>Zeit [min]</i>	<i>Temp[°C]</i>
10	47
Stabile Temp	47,4

<i>Zeit[min]</i>	<i>Spannung[V]</i>	<i>Stromstärke[A]</i>
0	6,7	3,1
2,5	6,6	3,2
5	6,6	3
7,5	6,7	3,1
10	6,8	3,1

Wasser2:

Masse: 0,19866 kg

<i>Zeit [min]</i>	<i>Temp[°C]</i>
0	24,8
0,5	25
1	25,8
1,5	26,4
2	27
2,5	27,6
3	28,2
3,5	29
4	29,6

NAME	Matr.Nr. Studienkennzahl	
HOFER Lisa	0408192	411 414
OBBRUGGER Marlene	0403429	033 661
REITMAIR Christoph	0401828	033 661
SAULDER Christoph	0400944	033 661 411

<i>Zeit [min]</i>	<i>Temp[°C]</i>
4,5	30,2
5	30,8
5,5	31,6
6	32,2
6,5	32,8
7	33,4
7,5	34
8	34,8
8,5	35,4
9	36
9,5	36,2
10	36,2
Stabile Temp	36,8

<i>Zeit[min]</i>	<i>Spannung[V]</i>	<i>Stromstärke[A]</i>
0	6,7	3,1
2,5	6,8	3,1
5	6,7	3,1
7,5	6,7	3,1
10	6,8	3,2

Kupfer:

Protokoll Nr. 3.1 **Bestimmung der Wärmekapazität mit dem Erwärmungskalorimeter** 11.01.2005

NAME	Matr.Nr. Studienkennzahl	
HOFER Lisa	0408192	411 414
OBBRUGGER Marlene	0403429	033 661
REITMAIR Christoph	0401828	033 661
SAULDER Christoph	0400944	033 661 411

Masse Wasser: 0,16189 kg

Masse Kupfer: 0,14183 kg

<i>Zeit [min]</i>	<i>Temp[°C]</i>
0	24,4
0,5	25
1	25,8
1,5	26,6
2	27,2
2,5	28
3	28,6
3,5	29,4
4	30,2
4,5	30,6
5	31,8
5,5	32,9
6	33,2
6,5	34
7	34,8
7,5	35,6
8	36,2
8,5	36,8
9	37,4
9,5	38
10	38,8

NAME	Matr.Nr. Studienkennzahl	
HOFER Lisa	0408192	411 414
OBBRUGGER Marlene	0403429	033 661
REITMAIR Christoph	0401828	033 661
SAULDER Christoph	0400944	033 661 411

<i>Zeit [min]</i>	<i>Temp[°C]</i>
Stabile Temp	38,8

<i>Zeit[min]</i>	<i>Spannung[V]</i>	<i>Stromstärke[A]</i>
0	6,7	3,1
2,5	6,7	3,1
5	6,8	3,1
7,5	6,8	3,1
10	6,8	3,2

Aluminium:

Masse Wasser: 0,15699 kg

Masse Aluminium: 0,04230 kg

<i>Zeit [min]</i>	<i>Temp[°C]</i>
0	24,4
0,5	24,6
1	25,4
1,5	26,2
2	27,2
2,5	27,8
3	28,6
3,5	29,4
4	30,2
4,5	31

NAME	Matr.Nr. Studienkennzahl	
HOFER Lisa	0408192	411 414
OBBRUGGER Marlene	0403429	033 661
REITMAIR Christoph	0401828	033 661
SAULDER Christoph	0400944	033 661 411

<i>Zeit [min]</i>	<i>Temp[°C]</i>
5	31,8
5,5	32,4
6	33,4
6,5	34,2
7	35
7,5	35,8
8	36,6
8,5	37,4
9	38
9,5	38,8
10	39,6
Stabile Temp	40,2

<i>Zeit[min]</i>	<i>Spannung[V]</i>	<i>Stromstärke[A]</i>
0	6,8	3,2
2,5	6,8	3,2
5	6,9	3,2
7,5	6,8	3,2
10	6,8	3,2

NAME	Matr.Nr. Studienkennzahl	
HOFER Lisa	0408192	411 414
OBBRUGGER Marlene	0403429	033 661
REITMAIR Christoph	0401828	033 661
SAULDER Christoph	0400944	033 661 411

Anhang 2

Verwendete Formeln und dazugehörige Ergebnisse:

Temperaturänderung:

$$DT_{\text{mittel}} = (T_{\text{ende}} - T_0) / (\text{Anzahl der Intervalle} * 30)$$

$$sDT^2 = (S(((T_{i+1} - T_i) / 30) - DT_{\text{mittel}})^2) / (\text{Anzahl der Intervalle} - 1)$$

$$DT_{\text{Wasser200g}} = (0,039 \pm 0,0139) \text{ K/sec}$$

$$DT_{\text{Wasser100g}} = (0,02 \pm 0,0061) \text{ K/sec}$$

$$DT_{\text{WasserKupfer}} = (0,024 \pm 0,0076) \text{ K/sec}$$

$$DT_{\text{WasserAlu}} = (0,0263 \pm 0,0057) \text{ K/sec}$$

Heizenergie:

$$U_{\text{mittel}} = (S(U_i)) / n$$

$$sU^2 = (S(U_i - U_{\text{mittel}})^2) / (n - 1)$$

$$I_{\text{mittel}} = (S(I_i)) / n$$

$$sI^2 = (S(I_i - I_{\text{mittel}})^2) / (n - 1)$$

$$DQ = I * U * t \quad (\text{wobei } t = 1 \text{ sec})$$

$$sDQ = (sI/I + sU/U) * DQ$$

$$DQ_{\text{Wasser200g}} = (20,708 \pm 0,4786) \text{ J}$$

$$DQ_{\text{Wasser100g}} = (21,0288 \pm 0,3104) \text{ J}$$

$$DQ_{\text{WasserKupfer}} = (21,0912 \pm 0,3104) \text{ J}$$

$$DQ_{\text{WasserAlu}} = (21,824 \pm 0,1431) \text{ J}$$

spezifische Wärmekapazitäten und Wärmekapazität:

$$c_{\text{H}_2\text{O}} = (DQ_2 / DT_2 - DQ_1 / DT_1) / (m_2 - m_1)$$

$$s_{c_{\text{H}_2\text{O}}}^2 = (\partial c_{\text{H}_2\text{O}} / \partial m_1)^2 * s_{m_1}^2 + (\partial c_{\text{H}_2\text{O}} / \partial m_2)^2 * s_{m_2}^2 + (\partial c_{\text{H}_2\text{O}} / \partial DQ_2)^2 * s_{DQ_2}^2 + (\partial c_{\text{H}_2\text{O}} / \partial DQ_1)^2 * s_{DQ_1}^2 + (\partial c_{\text{H}_2\text{O}} / \partial DT_2)^2 * s_{DT_2}^2 + (\partial c_{\text{H}_2\text{O}} / \partial DT_1)^2 * s_{DT_1}^2$$

$$\partial c_{\text{H}_2\text{O}} / \partial m_1 = (DQ_2 / DT_2 - DQ_1 / DT_1) / (m_2 - m_1)^2$$

NAME	Matr.Nr. Studienkennzahl	
HOFER Lisa	0408192	411 414
OBBRUGGER Marlene	0403429	033 661
REITMAIR Christoph	0401828	033 661
SAULDER Christoph	0400944	033 661 411

$$\partial c_{\text{H}_2\text{O}} / \partial m_2 = - (\text{DQ}_2 / \text{DT}_2 - \text{DQ}_1 / \text{DT}_1) / (m_2 - m_1)^2$$

$$\partial c_{\text{H}_2\text{O}} / \partial d\text{Q}_2 = 1 / ((m_2 - m_1) * \text{DT}_2)$$

$$\partial c_{\text{H}_2\text{O}} / \partial d\text{Q}_1 = -1 / ((m_2 - m_1) * \text{DT}_1)$$

$$\partial c_{\text{H}_2\text{O}} / \partial \text{DT}_1 = (\text{DQ}_1 - \text{DT}_1) / (\text{DT}_1^2 * (m_2 - m_1))$$

$$\partial c_{\text{H}_2\text{O}} / \partial \text{DT}_2 = (\text{DT}_2 - \text{DQ}_2) / (\text{DT}_2^2 * (m_2 - m_1))$$

$$c_{\text{H}_2\text{O}} = (4938,9414 \pm 3555,9193) \text{ J}/(\text{kg} * \text{K})$$

$$W = (m_2 * \text{DQ}_1 / \text{DT}_1 - m_1 * \text{DQ}_2 / \text{DT}_2) / (m_2 - m_1)$$

$$\mathbf{s}W^2 = (\partial W / \partial m_1)^2 * \mathbf{s}m_1^2 + (\partial W / \partial m_2)^2 * \mathbf{s}m_2^2 + (\partial W / \partial d\text{Q}_2)^2 * \mathbf{s}d\text{Q}_2^2 + (\partial W / \partial d\text{Q}_1)^2 * \mathbf{s}d\text{Q}_1^2 + (\partial W / \partial \text{DT}_2)^2 * \mathbf{s}d\text{T}_2^2 + (\partial W / \partial \text{DT}_1)^2 * \mathbf{s}d\text{T}_1^2$$

$$\partial W / \partial m_1 = ((- (m_2 - m_1) * \text{DQ}_2 / \text{DT}_2) + (m_2 * \text{DQ}_1 / \text{DT}_1 - m_1 * \text{DQ}_2 / \text{DT}_2)) / (m_2 - m_1)^2$$

$$\partial W / \partial m_2 = (((m_2 - m_1) * \text{DQ}_1 / \text{DT}_1) - (m_2 * \text{DQ}_1 / \text{DT}_1 - m_1 * \text{DQ}_2 / \text{DT}_2)) / (m_2 - m_1)^2$$

$$\partial W / \partial d\text{Q}_1 = (m_2 / \text{DT}_1) / (m_2 - m_1)$$

$$\partial W / \partial d\text{Q}_2 = -(m_1 / \text{DT}_2) / (m_2 - m_1)$$

$$\partial W / \partial \text{DT}_1 = ((\text{DT}_1 - m_2 * \text{DQ}_1) / \text{DT}_1^2) / (m_2 - m_1)$$

$$\partial W / \partial \text{DT}_2 = ((-\text{DT}_2 + m_1 * \text{DQ}_2) / \text{DT}_2^2) / (m_2 - m_1)$$

$$W = (70,2699 \pm 452,3936) \text{ J}/\text{K}$$

$$c = (\text{DQ} / \text{DT} - (m_2 * c_{\text{H}_2\text{O}} + W)) / m_1$$

$$\mathbf{s}c^2 = (\partial c / \partial m_1)^2 * \mathbf{s}m_1^2 + (\partial c / \partial m_2)^2 * \mathbf{s}m_2^2 + (\partial c / \partial \text{DT})^2 * \mathbf{s}d\text{T}^2 + (\partial c / \partial d\text{Q})^2 * \mathbf{s}d\text{Q}^2 + (\partial c / \partial W)^2 * \mathbf{s}W^2 + (\partial c / \partial c_{\text{H}_2\text{O}})^2 * \mathbf{s}c_{\text{H}_2\text{O}}^2$$

$$\partial c / \partial m_1 = (\text{DQ} / \text{DT} - (m_2 * c_{\text{H}_2\text{O}} + W)) / m_1^2$$

$$\partial c / \partial d\text{Q} = 1 / (m_1 * \text{DT})$$

$$\partial c / \partial \text{DT} = (\text{DT} - \text{DQ}) / (m_1 * \text{DT}^2)$$

$$\partial c / \partial m_2 = -c_{\text{H}_2\text{O}} / m_1$$

$$\partial c / \partial c_{\text{H}_2\text{O}} = -m_2 / m_1$$

$$\partial c / \partial W = -1 / m_1$$

$$c_{\text{Kupfer}} = (63,2086 \pm 5519,3848) \text{ J}/(\text{kg} * \text{K})$$

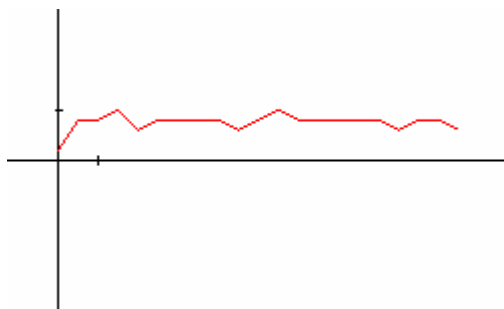
$$c_{\text{Alu}} = (95,3563 \pm 17340,7514) \text{ J}/(\text{kg} * \text{K})$$

Hinweis: Genauigkeit der Waage: 0,00001 kg

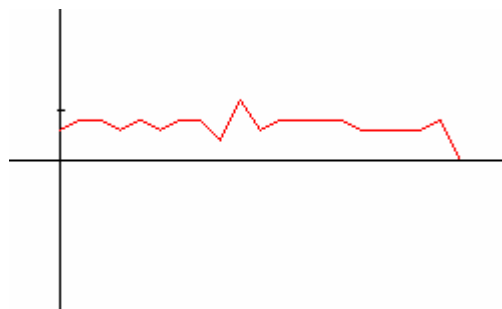
NAME	Matr.Nr. Studienkennzahl	
HOFER Lisa	0408192	411 414
OBBRUGGER Marlene	0403429	033 661
REITMAIR Christoph	0401828	033 661
SAULDER Christoph	0400944	033 661 411

Anhang 3

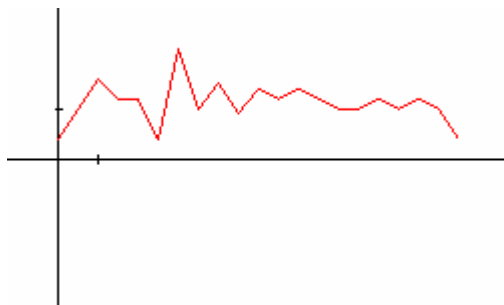
Diagramme



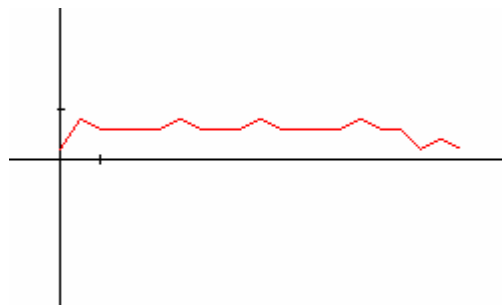
dT_{talu}



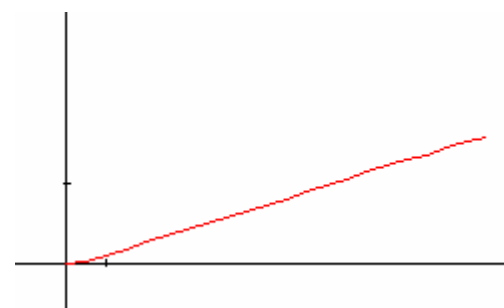
dT_{kupfer}



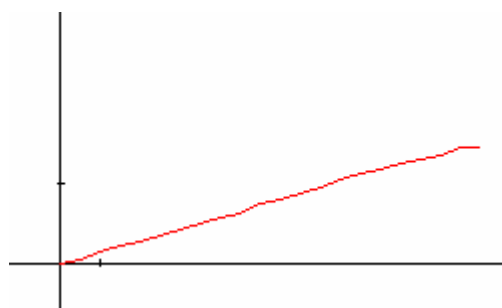
$dT_{\text{wasser100}}$



$dT_{\text{wasser200}}$

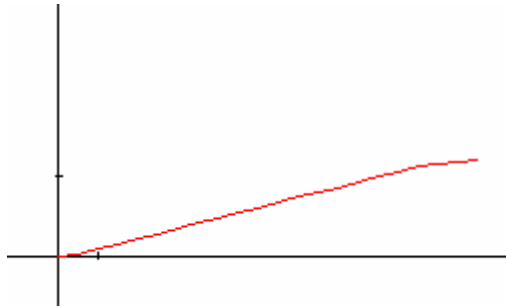


T_{talu}



T_{kupfer}

NAME	Matr.Nr. Studienkennzahl	
HOFER Lisa	0408192	411 414
OBBRUGGER Marlene	0403429	033 661
REITMAIR Christoph	0401828	033 661
SAULDER Christoph	0400944	033 661 411



Twasser100



Twasser200