

Auswertung des Versuches  
P2-33  
Spezifische Wärmekapazität

Markus Engelhardt

Manuel Schmidberger

27. Mai 2005

# 1 Spezifische Wärmekapazität von Aluminium und einem weiteren Metall

Im Vorfeld dieses Versuches muss die spezifische Wärmekapazität des zu verwendenden Kalorimeters bestimmt werden.

Hierzu wird dieser mit (kaltem) Wasser befüllt. Die Temperatur des Wasser beträgt  $T_{Wk} = 22,4^\circ C$ . Anschließend wird dem Kalorimeter warmes Wasser mit  $T_{Ww} = 87,9^\circ C$  zugeführt. Die Masse des kaltes Wassers beträgt  $m_{Wk} = 128\text{ g}$  und die des warmen Wassers  $m_w = 94,6\text{ g}$ . Die resultierende Mischtemperatur ergibt sich zu  $T(Misch) = 48,8^\circ C$ .

Aus der Energiebilanz folgt:

$$(C(Kalorimeter) + c_W \cdot m_{Wk}) \cdot (T_{misch} - T_{Wk}) = c_W \cdot m_{Ww} \cdot (T_{Ww} - T_{misch})$$

Mit  $C(Kalorimeter) = c_W \cdot W$ , wobei  $W$  der Wasserwert des Kalorimeters ist, folgt somit:

$$W = m_{Ww} \cdot \frac{T_{Ww} - T_{misch}}{T_{misch} - T_{Wk}} - m_{Wk} = \underline{12,1\text{ g}}$$

Mit dem bestimmten Wasserwert lässt sich nun die spez. Wärmekapazität verschiedener Metalle bestimmen.

Als erstes wird Aluminiumgranulat der Masse  $m_{Alu} = 18,5\text{ g}$  auf  $T_{Alu} = 96,0^\circ C$  erhitzt.

Dieses wird anschließend in den Kalorimeter, welcher mit Wasser ( $m_W = 135\text{ g}$ ,  $T_W = 22,7^\circ C$ ) befüllt ist, gegeben. Dabei erhöht sich die Temperatur des Wassers auf  $T_{misch} = 25,0^\circ C$ .

Hieraus folgt für die spez. Wärmekapazität  $c$  des Aluminiumgranulates:

$$c(AluGr) = \frac{c_W \cdot (m_W + W)}{m_{Alu}} \cdot \frac{T_{misch} - T_W}{T_{Alu} - T_{misch}} = 1,08 \frac{J}{gK}$$

Der Vergleich mit dem Literaturwert von  $c(Alu) = 0,9 \frac{J}{gK}$  zeigt eine 20 %-Abweichung. Dies liegt wahrscheinlich an ungenauer Messung der Temperatur des Aluminiums.

Im nächsten Versuch mit Aluminiumblock an Stelle des Granulates verwendet. Ansonsten verläuft die Versuchsdurchführung analog zur vorhergehenden Versuch.

Der Block mit der Masse  $m_B = 50,0\text{ g}$  wird auf  $T_B = 90,0^\circ C$  erhitzt, und wieder dem Wasserbad zugegeben.

Das Wasser ( $m_W = 147,5\text{ g}$ ) erwärmt sich hierbei von der Anfangstemperatur  $T_W = 22,6^\circ C$  auf die Mischtemperatur  $T_{misch} = 26,1^\circ C$ . Hieraus folgt für die spez. Wärmekapazität des Aluminiumblockes:

$$c(AluBl) = \frac{c_W \cdot (m_W + W)}{m_{Alu}} \cdot \frac{T_{misch} - T_W}{T_{Alu} - T_{misch}} = 0,73 \frac{J}{gK}$$

Dieses Ergebnis liegt 19 % unter dem Literaturwert. Die Differenz erklärt sich aus der geringeren Wärmeabgabe der Metallblockes im Gegensatz zum Granulat, welches eine wesentlich höhere Oberfläche besitzt.

Für den Mittelwert ergibt sich  $\bar{c}_{Alu} = 0,88 \frac{J}{gK}$ .

Dieses passt hervorragend zu Literaturwert, wobei diese Mittelwertbildung auf Grund von nur zwei Messungen nicht aussagekräftig ist.

Jetzt wird ein an Stelle von Aluminium Zinngranulat verwendet.

Jene Masse beträgt  $m_Z = 30,5 \text{ g}$ . Das Granulat wird auf eine Temperatur von  $T_Z = 90,2^\circ C$  erhitzt. Das Wasser der Masser  $m_W = 119,7 \text{ g}$  erwärmt sich nach Zugabe des Granulates von  $T_W = 22,8^\circ C$  auf eine Mischtemperatur auf  $T_{misch} = 23,5^\circ C$ . Somit folgt für die spez. Wärmekapazität des Zinngranulates:

$$c(Zinn) = \frac{c_W \cdot (m_W + W)}{m_{Zinn}} \cdot \frac{T_{misch} - T_W}{T_{Zinn} - T_{misch}} = 0,19 \frac{J}{gK}$$

Im Vergleich zum Literaturwert von  $0,23 \frac{J}{gK}$  entspricht dies einer Abweichung von 17 %.

## 2 Bestimmung der temperaturabhängigen spezifischen Wärmekapazität von Aluminium

Dieser Versuch wird aus Zeitgründen vor Aufgabe 1 gestartet.

Ein Aluminiumzylinder wird mittels flüssigem Stickstoff auf dessen Siedetemperatur von  $-195,80^\circ C$  abgekühlt. Dies ist erreicht, wenn sich am Aluminiumzylinder keine Blasen mehr bilden. Anschließend wird er in eine dafür vorgesehene Styroporisolierung gebracht, um äußere Einflüsse gering zu halten.

Der Zylinder ist während des Versuches an einem Thermoelement mit  $I = 2 \text{ A}$  und einer Heizspannung  $U_H = 12 \text{ V}$  angeschlossen. Als Referenztemperatur des Thermoelementes wird Eiswasser verwendet. Ein x-y-Schreiber zeichnet den zeitlichen Spannungsverlauf während der Aufwärmphase auf (siehe Anhang!). Dieser kann mit Hilfe der angegebenen Tabelle in einen Temperaturverlauf umgerechnet werden.

Die Aufzeichnungsgeschwindigkeit beträgt dabei  $v = 1 \frac{cm}{min}$ . Der Vollausschlag des Messgerätes ist  $10 \text{ mV}$ .

Aus der folgenden Tabelle ist der Zusammenhang zwischen der Temperatur des Aluminiumzylinders und der Zeit zu entnehmen:

Spannung U (in mV)	0	1	2	3	4	5	6
Temperatur T (in K)	77	132	169	201	230	256	283
y-Achse (in cm)	0	2,3	6,4	10,4	14,9	19,3	24,2
Zeit t (in s)	0	156	384	624	894	1158	1452
$\frac{\Delta T}{\Delta t}$	0,35	0,16	0,13	0,11	0,10	0,09	

Da besonders bei niedrigen Temperaturen ein Teil der Heizleistung an die Umgebung verloren geht, muss mit Hilfe einer Kalibrierkurve (siehe Anhang!) dieser Verlust berücksichtigt werden.

Die dazu verwendeten Punkte sind in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet:

Spannung U (in mV)	0	1	2	3	4	5	6
Temperatur T (in K)	77	132	169	201	230	256	283
y-Achse (in cm)	0	0,9	3,3	7,9	16,1	29,8	61
Zeit t (in s)	0	324	1188	2844	5796	10728	21960
$\frac{\Delta T_A}{\Delta t_A}$	0,17	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	

Aus diesen Werten lässt sich nun die temperaturabhängige spezifische Wärmekapazität  $c(T)$  von Aluminium bestimmen.

Es gilt

$$c(T) = \frac{P_H}{m} \cdot \frac{1}{\frac{\Delta T}{\Delta t} - \frac{\Delta T_A}{\Delta t_A}}$$

wobei  $P_H$  die Heizleistung  $U \cdot I = 12 \text{ V} \cdot 2 \text{ A} = 24 \text{ W}$  und  $m$  die Masse des Zylinders ist ( $m = 376 \text{ g}$ ).

Somit folgt folgender Zusammenhang:

Temperatur T (in K)	77	132	169	201	230	256
c (T) (in $\frac{J}{gK}$ )	0,35	0,54	0,56	0,65	0,68	0,71

Diese Werte werden graphisch veranschaulicht (siehe Anhang !).

Man erkennt die deutliche Temperaturabhängigkeit der Messgröße, welche vor allem im unteren Temperaturbereich von  $100K$  ausgeprägt ist.

Durch nicht berücksichtigte Verluste bleibt die Kurve unter dem Literaturwert von  $0,9 \frac{J}{gK}$ , der bei einer Temperatur von  $273K$  erreicht werden müsste. Möglicherweise spielt hier der temperaturabhängige Widerstand, und die somit nicht konstante Heizleistung eine entscheidende Rolle.

Dennoch zeigt die Ausgleichskurve durch die Messpunkte in guter Näherung den qualitativen Verlauf der temperaturabhängigen spezifischen Wärmekapazität von Aluminium.