

## Versuch 38: Wärmekapazität

(durchgeführt am 07.09.2018 bei Daniel Bartle)  
Andréz Gockel, Patrick Münnich  
11. September 2018

### 1 Ziel des Versuchs

Der Versuch ist in zwei Teile geteilt, welche dazu dienen, die Wärmekapazität von Wasser zu bestimmen. Im Teil A bestimmt man die Temperatur Differenz von Wasser während der Umwandlung von mechanischer Energie zu thermischer Energie durch Reibkräfte mit Hilfe des Schürholz-Apparates. Im Teil B verwendet man einen elektrischen Widerstand um elektrische Leistung über ein bestimmten Zeitraum in thermische Energie zu wandeln.

### 2 Auswertung und Fehleranalyse

#### 2.1 Teil A - Umwandlung von mechanischer Arbeit in Wärme

Zu Bestimmende Werte		Bekannte Werte (Fehler nicht-beitragend)	
Masse Wasser	$m_W$	Spezifische Wärme-	$c_{Cu} = 0.38 \text{ kJ}/(\text{kgK})$
Masse Kalorimeter	$m_{kal}$	kapazität Kupfer	
Umdrehung	$n$	Wärmekapazität	$C_T = 5 \text{ J/K}$
Temperatur	$\Delta T$	vom Nylonseil	
Durchmesser Kalorimeter	$d$	Masse Gewicht	$m = 5 \text{ kg}$

##### 2.1.1 Aufgabenstellung

Mit Hilfe dem Schürholz Apparat ist die Wärmekapazität von Wasser zu bestimmen. Dies wird getan, indem man ein Nylonfaden über ein mit 50 ml Wasser gefüllten Kalorimeter windet, ein Thermometer dranschraubt und am Ende des Nylonfadens eine 5 kg Masse dranhängt. Das Kalorimeter wird gedreht, sodass die Feder vom Schürholz Apparat entspannt ist, also die Reibkraft  $F_R$  die Gewichtskraft  $F_G$  ausgleicht. Die Temperatur wird beim Drehen gemessen und notiert.

##### 2.1.2 Auswertung

Die Messung wurde zweimal durchgeführt. Bei der ersten Durchführung wurde die Temperaturänderung über 50 Drehungen jeweils im Abstand von 10 Drehungen gemessen. Die zweite Durchführung wurde mit 100 Drehungen durchgeführt und die Temperatur alle 5 Drehungen notiert.

In Wasser :	Messung	1	2	3	4	5
werte in mm	Ruhelage $x_0$	441	479	473	463	468
Unsicherheit: $\pm 0.1 \text{ mm}$	Nicht eingetaucht $x_1$	414	453	447	436	440
	Eingetaucht $x_2$	417	456	450	439	443

Für die Wärmekapazität gilt:

$$C = C_{Kal} + C_T + m_w c_w, \quad (1)$$

was umgestellt werden kann zu:

$$c_w = \frac{C - C_{Kal} - C_T}{m_w}. \quad (2)$$

$C$  wird hier mittels der folgenden Gleichungen bestimmt:

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \quad (3)$$

$$W_R = mgn\pi d = Q \quad (4)$$

Mit unseren Messwerten und dem *uncertainties* Paket in Python berechnen wir damit:

Messung	1	2	Mittelwert
Wärmekapazität [J/K]	$8300 \pm 1400$	$3500 \pm 600$	$5900 \pm 800$

Diese Rechnungen wurden mit dem *uncertainties* Paket in Python durchgeführt. Siehe Abbildung (??).

Der Fehler der Messung mit dem Schürholz Apparat ist aufgrund der großen Ungenauigkeit der Temperatur und der Anzahl Drehungen sehr groß. Außerdem ist es recht wahrscheinlich, dass  $F_R$  und  $F_G$  sich nicht ständig ganz ausgleichen, also dadurch auch eine Unsicherheit entsteht. Der Literaturwert hierzu ist 4185.5 J/K. Der Unterschied ist aufgrund der Messungenauigkeiten und niedrigen Anzahl Messungen sehr groß.

des großen Dichteunterschieds zwischen dem Metall und der Flüssigkeit so groß. Dadurch ist die Auftriebskraft im Vergleich zur Gewichtskraft der Kugel klein und man erhält im Nenner von (1) die Differenz zweier nahezu gleichen Messwerte, deren Fehler dann groß ist.

Zur zweiten Aufgabe:

Die Rechnungen wurden mit den Messwerten aus dem ersten Aufgabenteil durchgeführt und es wurde die gleiche Apparatur verwendet. Als Wert für die Dichte des Körpers wurde der Mittelwert auf dem ersten Aufgabenteil genutzt. Die Formel (1) wurde zu

$$\rho_{Fl} = \rho \frac{x_1 - x_2}{x_1 - x_0} \quad (5)$$

umgestellt.

Für die unbekannte Flüssigkeit wurde gemessen:

In Flüssigkeit :	Messung	1	2	3	4
werte in mm	Ruhelage $x_0$	449	466	440	482
Unsicherheit: $\pm 0.1\text{mm}$	Nicht eingetaucht $x_1$	424	438	414	455
	Eingetaucht $x_2$	427	441	417	458

Mit (5) ergibt sich dann:

Messung	1	2	3	4
Dichte $\rho [\text{kg}/\text{m}^3]$	$1068 \pm 523$	$953 \pm 469$	$1026 \pm 504$	$989 \pm 486$

Hier ist der Mittelwert dann  $\rho_{Fl} = (1010 \pm 300) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ . Die Rechnungen wurden hier wieder mit dem *uncertainties* Paket in Python durchgeführt. Siehe Abbildung (??).

### 2.1.3 Unsicherheitsvergleich mit Streuung

Aus den 5 bzw. 4 Einzelwerten der beiden Messungen ergeben sich folgende Streuungen:

$$s_{\rho} = 279, \text{ kg/m}^3, \quad s_{\rho_{Fl}} = 49.1, \text{ kg/m}^3$$

Diese Werte sind erheblich kleiner als erwartet. Der Grund dafür könnte bei einer zu groben Abschätzung der Messungenauigkeit oder aufgrund der geringen Anzahl an Einzelmessungen (5 bzw. 4) liegen.

Geht man von einer halb so großen Messungenauigkeit aus, so erhält man Fehlerabschätzungen von etwa  $2000 \text{ kg/m}^3$ , was immer noch nicht konsistent mit der Abschätzung mittels  $s_{\rho}$  ist. Daher müssen wir davon ausgehen, dass die kleinen Werte von  $s_{\rho}$  und  $s_{\rho_{Fl}}$  durch die geringe Anzahl an Einzelmessungen zustande gekommen sind.

Aus den Unsicherheiten der Einzelmessungen ergeben sich Standardabweichungen des Mittelwerts von:

$$s_{\bar{\rho}} = (3987 \pm 125) \text{ kg/m}^3, \quad s_{\bar{\rho}_{Fl}} = (505 \pm 25) \text{ kg/m}^3$$

Bei der Messreihe mit der unbekannten Flüssigkeit gibt es einen systematischen Fehler aufgrund der verwendeten gemessenen Dichte des Körpers, die unter Umständen zu groß oder zu klein geschätzt wurde und als Referenz dient.

## 2.2 Teil B - Oberflächenspannung

Die Oberflächenspannung von Wasser und Ethanol wurde mit der Abreißmethode gemessen. Für diese gilt:

$$\sigma = \frac{F(s_{max})}{2l} \quad (6)$$

Höhe [mm]	2	4	5	8	9	10
Kraft [mN]	$0.26 \pm 0.03$	$0.33 \pm 0.03$	$1.25 \pm 0.03$	$3.9 \pm 0.03$	$4.75 \pm 0.03$	

??

Die Länge  $l$  des Drahts beträgt WERT EINHEIT. Die Messwerte befinden sich in Tabelle (??) für Wasser und (??) für Ethanol. Deren Graphische Darstellungen in den Graphiken (??) und (??). Die Sigmoidfunktion

$$d \times \frac{1}{1 + \exp(-c \times (x - a))} + b$$

wurde mit der `curve_fit` Funktion von Python an die Messpunkte angepasst. Aus den Graphiken lesen wir folgende Werte für  $F_{s_{max}}$  ab:

TABELLE

Die Fehler wurden durch Streuung der Messpunkte um die angepassten Kurven abgeschätzt.

Mit der Formel (6) ergibt sich für die Oberflächenspannung

TABELLE

MITTELWERT

## 3 Anhang: Tabellen und Diagramme

Tabelle wurde mit der Umgebung „tabular“ erzeugt und mit der Umgebung „table“ eingebunden.