

# Versuch 31: Mischungsmethode in der Kalorimetrie

(durchgeführt am 12.09.2018 bei Nico Strauß)  
Andréz Gockel, Patrick Münnich  
18. September 2018

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Ziel des Versuchs</b>	<b>2</b>
<b>2 Aufbau</b>	<b>2</b>
<b>3 Auswertung und Fehleranalyse</b>	<b>2</b>
3.1 Teil A - Kalibrierung des Messfühlers . . . . .	2
3.1.1 Durchführung . . . . .	2
3.1.2 Ergebnisse . . . . .	2
3.2 Teil B - Bestimmung von der Wärmekapazität des Kalorimeters: $C_{kal}$ . . . . .	3
3.2.1 Durchführung . . . . .	3
3.2.2 Theorie . . . . .	3
3.2.3 Auswertung . . . . .	4
3.2.4 Diskussion . . . . .	4
3.3 Teil C - Bestimmung von der Spezifischen Wärmekapazität von Festkörpern . . . . .	4
3.3.1 Durchführung . . . . .	4
3.3.2 Theorie . . . . .	5
3.3.3 Auswertung . . . . .	5
3.3.4 Diskussion . . . . .	5
<b>4 Anhang</b>	<b>5</b>

## 1 Ziel des Versuchs

Der Versuch ist in drei Teile geteilt, welche dazu dienen, mit Hilfe einer geeigneten Wärmeenergiebilanz die Wärmekapazität zu bestimmen. Im Teil A kalibriert man das Messgerät und stellt das Programm, LabVIEW, ein. Im Teil B wird mittels Extrapolationsverfahren die Wärmekapazität des Kalorimeters bestimmt. Für die Messungen wurde ein Temperaturmessfühler, der durch einen DAQ zu einem Computer verbunden wurde verwendet, dadurch konnten die Messdaten mittels dem Programm LabVIEW gespeichert werden. Im Teil C wurde die Wärmekapazität von zwei Festkörpern bestimmt.

## 2 Aufbau

Der Messfühler ist per Kabel an den PC gebunden, an dem LabVIEW läuft. Zwei mit Wasser gefüllte Behälter sind vorhanden. Eins davon ist auf einer Heizplatte, das andere besteht aus Eiswasser.

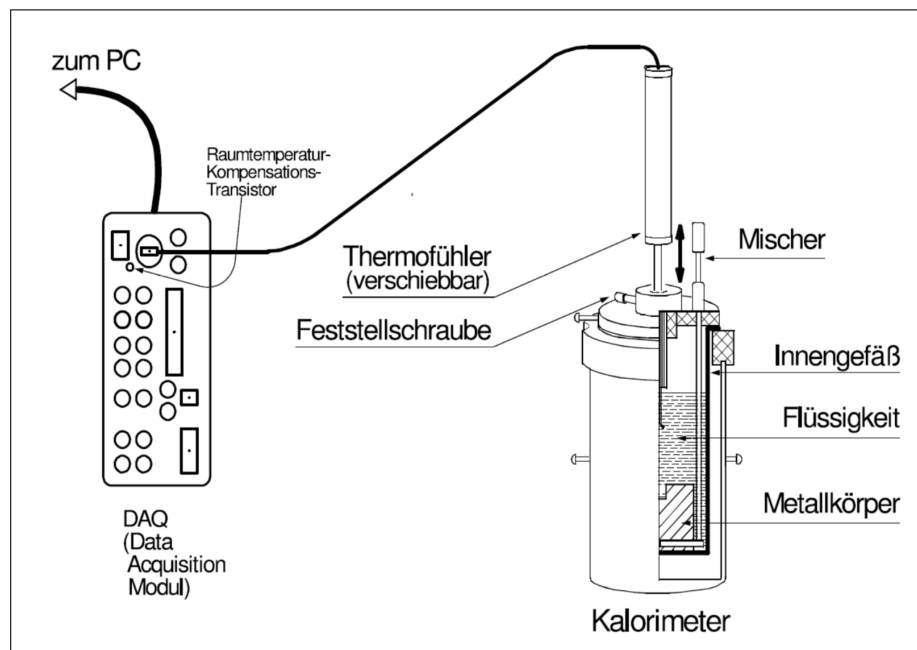


Abbildung B1: Der Aufbau

## 3 Auswertung und Fehleranalyse

### 3.1 Teil A - Kalibrierung des Messfühlers

#### 3.1.1 Durchführung

Zuerst vervollständigt man LabVIEW, sodass die Temperatur und die Zeit nach der Messung in eine Datei abgespeichert wird.

Zur Kalibrierung wird das Ende des Messfühlers, an dem gemessen wird, in das beheizte Wasserbad gesteckt und die Temperatur in LabVIEW an  $100^{\circ}\text{C}$  angepasst. Ist dies geschehen, so steckt man den Messfühler in das Eiswasser und stellt dies auf  $0^{\circ}\text{C}$  ein.

#### 3.1.2 Ergebnisse

Bei der Kalibrierung wurden Schwankungen festgestellt. Bei dem kochenden Wasser lagen diese bei etwa  $0.5^{\circ}\text{C}$ , bei dem Eiswasser jedoch circa  $2^{\circ}\text{C}$ .

REASONING AND SHIT

## 3.2 Teil B - Bestimmung von der Wärmekapazität des Kalorimeters: $C_{kal}$

### 3.2.1 Durchführung

Da genug Eiswasser nicht vorhanden ist, muss hier lauwarms Wasser verwendet werden. Zuerst misst man die Temperaturen der beiden Wassermengen und wiegt sie, dann werden sie nacheinander in das Kalorimeter gefüllt und der Temperaturverlauf wird gemessen. Dies notiert man dann in ein Diagramm und eine Ausgleichskurve wird erstellt, mit der man die wahre Mischtemperatur berechnet.

### 3.2.2 Theorie

Da das Kalorimeter und das Mischverfahren nicht vollkommen adiabatisch sind, also zur gleichen Zeit auch ein zusätzlicher Energieaustausch stattfindet und das Kalorimeter auch Wärme aufnimmt, ist die Temperatur, die am Ende gemessen wird, nicht die wahre Mischtemperatur.

Zum Finden der wahren Mischtemperatur sucht man den Punkt, an dem man eine vertikale Gerade ziehen könnte, welche die Flächen zwischen der Kurve und den Geraden von jeweils der warmen und der kalten Wassermenge in zwei gleich große Flächen teilt.

Da unsere Werte einer  $e$ -Funktion ähneln, aber die Temperaturänderung linear verlaufen sollte, teilen wir unsere Ausgleichskurve in zwei Geraden auf, welche linear verlaufen. Zum Berechnen dieses Punktes wird die folgende Gleichung genutzt:

$$\int_{t_0}^{t_2} f_M dt - \int_{t_0}^{t_2} f_K dt + f_{Add} = \int_{t_1}^{t_0} f_H dt - \int_{t_1}^{t_0} f_M dt. \quad (1)$$

$f_K$  steht für die Gerade der Temperatur des kalten Wassers,  $f_H$  für die Gerade der Temperatur des heißen Wassers,  $f_M$  für die Gerade der Mischung, welche  $f_H$  schneidet, und  $f_{Add}$  ist das Integral von der unteren Ausgleichsgerade der Mischung, welche  $f_K$  schneidet. Die Integralgrenzen sind Zeiten,  $t_0$  die gesuchte halbierende Zeit,  $t_1$  der Schnittpunkt von  $f_M$  mit  $f_H$  und  $t_2$  der Schnittpunkt von  $f_M$  mit  $f_K$ . Da  $f_{Add}$  wesentlich kleiner ist als die rechte Seite, wenn  $f_{Add}$  bei  $t_0$  wäre, nehmen wir  $f_{Add}$  als konstant an. Dies erleichtert uns später das Auflösen des Integrals. Alle Geraden sind in Form eines Polynoms ersten Grades:

$$f = ax + b \quad (2)$$

$f_{Add}$  sieht folgendermaßen aus:

$$f_{Add} = \int_{t_3}^{t_4} f_A dt - \int_{t_3}^{t_4} f_K dt, \quad (3)$$

wobei  $t_3$  und  $t_4$  in diesem Fall 5 s und 10 s sind.

Integrieren wir und bringen die Gleichung in Form einer quadratischen Gleichung bezüglich dem gesuchten  $t_0$ , so können wir folgendermaßen nach  $t_0$  auflösen:

$$t_{0_{1/2}} = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}, \quad (4)$$

Hier sind unsere Variablen

$$A = \frac{a_K}{2} - \frac{a_H}{2}$$

$$B = b_K - b_H$$

$$C = a_M \frac{t_2^2}{2} + b_M t_2 - a_K \frac{t_2^2}{2} - b_K t_2 + f_{Add} + a_H \frac{t_1^2}{2} + b_H t_1 - \frac{a_m}{2} t_1^2 - b_m t_1.$$

Die wahre Mischungstemperatur  $T_M$  kann dann einfach von den Werten von  $f_M$  abgelesen werden. Um hieraus die Wärmekapazität  $C_{Kal}$  des Kalorimeters zu bestimmen wird

$$C_{Kal} = c_w(m_K\beta - m_H) \quad (5)$$

mit

$$\beta = \frac{T_M - T_K}{T_H - T_M}$$

verwendet. Die Variablen stehen für folgende Werte:

- $c_w$  die Wärmekapazität von Wasser
- $m_K$  die Masse des kalten Wassers
- $m_H$  die Masse des warmen Wassers
- $T_M$  die Mischungstemperatur
- $T_K$  die Temperatur des kalten Wassers
- $T_H$  die Temperatur des warmen Wassers

### 3.2.3 Auswertung

Aufgrund eines Messfehlers, aufgrund dessen die Messung zwischen der Temperaturmessung des warmen Wassers und des Kalorimeters unterbrochen wurde, wurde angenommen, dass ein 15 s Zeit zwischen den Messungen stattfand.

Mithilfe von (4) bekommen wir zwei Ergebnisse für  $t_0$ . Das größere Ergebnis ist klar das sinnvollere, da REASONING.

Unser  $T_M$  liegt also bei  $(59 \pm 2)^\circ\text{C}$ .

Die Temperatur des kalten Wassers vor dem Eintauchen betrug  $(22 \pm 1)^\circ\text{C}$  und die des warmen Wassers  $(80 \pm 1)^\circ\text{C}$ . Die Masse des warmen Wassers war  $(339.84 \pm 0.05) \text{ g}$  und die des kalten Wassers  $(221.80 \pm 0.05) \text{ g}$ . Mit (5) bekommen wir als Wert für  $C_{Kal}$   $(190 \pm 90) \text{ J/K}$ .

Die Berechnung des Fehlers wird durchgeführt mit:

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (6)$$

### 3.2.4 Diskussion

## 3.3 Teil C - Bestimmung von der Spezifischen Wärmekapazität von Festkörpern

### 3.3.1 Durchführung

Ein Festkörper wird im Wasserbad erhitzt, die Temperatur gemessen, und dann ins mit kaltem Wasser gefülltes Kalorimeter gefüllt. Dort wird wieder die Temperatur gemessen. Wie beim vorherigen Versuch wird hier wieder ein Diagramm aufgezeichnet und mit einer Ausgleichskurve die Mischtemperatur gefunden.

### 3.3.2 Theorie

Die Theorie hier gleicht der des vorherigen teils. Jedoch ist es hier aufgrund der Form der Messwerte im Diagramm möglich, in der Gleichung () den Term  $f_{Add}$  wegzulassen. Dadurch ist in  $C$  in (4) nicht mehr nötig, den  $f_{Add}$  Term hinzu zu addieren.

Um aus der Mischtemperatur die Wärmekapazität des Kalorimeters zu bestimmen, wird die Formel (7) verwendet.

$$c_K = \frac{m_F c_F + C_{Kal}}{m_K} \beta \quad (7)$$

Hier ist  $\beta$  definiert als:

$$\beta = \frac{T_M - T_F}{T_K - T_M}$$

Mit  $T_M$  die Mischungstemperatur,  $T_F$  die Temperatur der Flüssigkeit und  $T_K$  die Temperatur des Festkörpers.

### 3.3.3 Auswertung

### 3.3.4 Diskussion

## 4 Anhang