

Praktikum der physikalischen Chemie
Versuch T1: Kalorimetrie

Janosch Ehlers (jaeh@uni-bremen.de)
Samed Hür (huer@uni-bremen.de)
Gruppe H

Betreuer: Arne Wittstock (awittstock@uni-bremen.de)

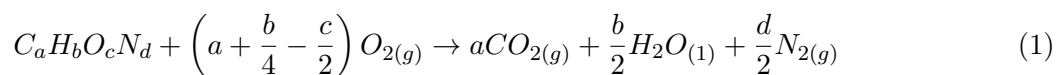
25.11.2022

Ziel des Versuches ist es verschiedene Physikalische Größen zu bestimmen durch die Verbrennung von Saccharose.

1 Theoretischer Hintergrund

Zur Bestimmung der entstehenden Verbrennungswärme benutzt man die kalorimetrische Bombe. Die Substanz wird unter Sauerstoffdruck verbrannt. Mit der freiwerdende Verbrennungswärme Q_V kann durch Umrechnungen die freiwerdende Reaktionsenergie ΔU_R durch $m \cdot Q_V = n \Delta U_R$ ermittelt werden. Die folgende Reaktionsgleichung zeigt den allgemeinen Fall der Verbrennung einer Substanz: $C_a H_b O_c N_d + \left(a + \frac{b}{4} - \frac{c}{2}\right) O_{2(g)} \rightarrow a CO_{2(g)} + \frac{b}{2} H_2 O_{(l)} + \frac{d}{2} N_{2(g)}$ Die Molzahl Differenz kann mit $\Delta \nu = \frac{c+d}{2} - \frac{b}{4}$ berechnet werden. Der Wasserwert gibt die Wärmekapazität des gesamten Systems wieder. Die Berechnung des Wasserwertes erfolgt mit der Formel: $W = \frac{Q}{\Delta T}$

2 Rechnung



$$\Delta \nu = \frac{c+d}{2} - \frac{b}{4} \quad (2)$$

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

$$Q = \Delta T \cdot W \quad (4)$$

$$\Delta W = \frac{1}{\Delta T} \cdot Q \quad (5)$$

$$\Delta W = \frac{1}{1.2976 \text{ K}} \cdot 26439 \frac{\text{J}}{\text{g}} \cdot 0.0001 \text{ g} = 2.0376 \frac{\text{J}}{\text{K}} \quad (6)$$

3 Durchführung

Zu erst wurde der Kalorimeterbecher mit ca. 2 L Wasser gefüllt. Anschließend wurde die Benzoesäure-Tablette gewogen. Danach wurde die Tablette und 5 ml destilliertes Wasser in die Bombe gefüllt. Die Temperatur wurde jede Minute gemessen. Nach 5 min der Messung wurde die Bombe gezündet und die Messungen wurden fortgesetzt bis die Temperatur Differenz sich nur noch minimal verändert hat. Diese Messung wurde zweimal durchgeführt. Anschließend wurden noch zwei analoge Versuche mit einem Gummibärchen (Saccharose) durchgeführt.

4 Auswertung

Zur Berechnung des Wasserwertes, sind die Temperaturdifferenzen über die Zeit in Abbildungen ?? und ?? zu sehen. Es wurde eine Lineare Regressionsgerade über die ersten 6 Werte berechnet. Eine Zweite wurde über die Letzen vier Werte gelegt. Über Geogebra wurde die Fläche zwischen einer Vertikalen, den Messpunkten und den Ausgleichsgeraden berechnet. Die Vertikale wurde so in die Abbildung gelegt, das beide Flächen gleich groß sind. Die Schnittpunkte der Vertikalen mit den Ausgleichsgeraden, gibt die Temperaturdifferenz ΔT_α . Diese ist befreit von einigen Fehlern, die aus der Wärmestrahlung des Gerätes, sowie der Temperaturdifferenz zwischen Wasser und Bombe, entsteht. In Tabelle 1 sind die berechneten Ausgleichsgeraden, die Vertikalen, Probengewichte, sowie die Temperaturdifferenzen dargestellt.

Gegeben wurden uns die spezifische Verbrennungsenthalpie von Benzoesäure mit $26\,439\text{ J g}^{-1}$. Und der Verbrennungsenthalpie der Baumwollfäden mit 50 J . Daraus ergibt sich nach Gleichung ?? der Wasserwert. Beispielhaft ist dies für die erste Benzoesäure-Tablette, mit 0.4962 g , in Gleichung ?? berechnet. Dies wurde analog für die Zweite Tablette durchgeführt. Die Temperaturdifferenzen der Proben sind in den Abbildungen ?? und ?? dargestellt. Deren ΔT_α kann nun wieder über Gleichung ?? in eine Wärmeenergie umgerechnet werden. Die Verbrennungswärme geteilt durch die Probenmasse gibt nun die Spezifische Verbrennungswärme. Da in unserem Versuch die Druckänderung nicht Null ist, kann die Spezifische Verbrennungswärme nicht ohne weiteres mit der Verbrennungsenthalpie gleichgesetzt werden. Allerdings liegen uns keine Werte über die Druckänderung vor, so definieren wir den Druck als konstant. Die erhaltenen Ergebnisse können aus der Tabelle ?? entnommen werden. Der Fehler der Wasserwerte ist zurückzuführen auf die Messunsicherheit, der Waage und somit nach Gleichung ?? berechnet worden. Beispielhaft ist dies für die erste Benzoesäure-Tablette in Gleichung ?? gezeigt. Weiter ergibt sich der Fehler der Spezifischen Verbrennungsenthalpie nach den Gleichungen ?? und ??.

5 Zusatzfragen

1. **Was versteht man unter adiabatischer und isothermer Kalorimetrie? In welche Gruppe gehört der vorstehende Versuch?**

Bei der adiabatischen Kalorimetrie findet kein Wärmeaustausch statt und bei der isothermer Kalorimetrie bleibt die Temperatur konstant. Der durchgeführte Versuch gehört zur adiabatischen Kalorimetrie.

2. **Was sind atomare Bildungsenthalpien?**

Atomare Bildungsenthalpien sind die Bildungsenthalpien der einzelnen Atome. Auch Atomisierungsenergie genannt.

3. **Warum muss nach der DIN-Vorschrift die Bombe vor der Verbrennung mit 5 ml Wasser gefüllt werden? Welcher Fehler kann außerdem dadurch ausgeschlossen werden und wie groß ist er?**

Die Zugabe von Wasser hilft bei der Kondensation von Wasser und verhindert das frühzeitige Stoppen der Reaktion. Wenn die Verbrennung vorzeitig abbricht wäre der Fehler sehr groß.

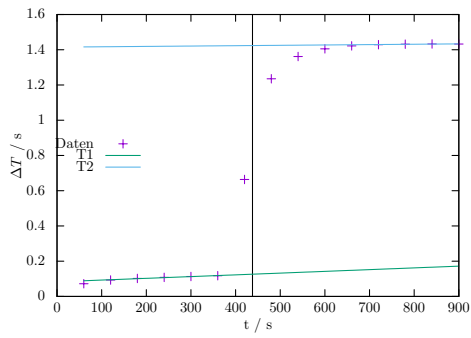
4. **Wie groß ist der Fehler, wenn man bei der verbrannten Substanz näherungsweise Verbrennungsenthalpie und -energie gleichsetzt?**

Wenn wir eine isobare Messung durchführen ist der Fehler vernachlässigbar. $dH = dQ \cdot V dp$ Bei einer nicht isobaren Messung ist es ein großer Fehler.

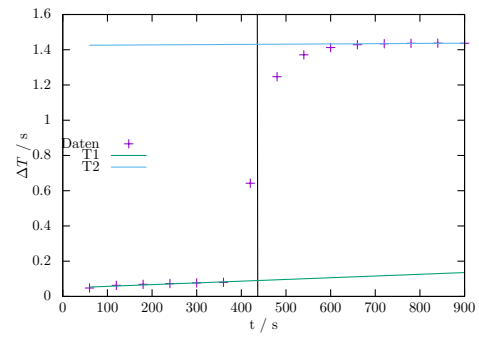
	Benzoesäure 1	Benzoesäure 2	Probe 1	Probe 2
m / g	0,4962	0,5131	2,0421	2,1396
T1(t) / s	$0,0001 + 0,083$	$0,0001 + 0,0475$	$0,0001 + 0,0594$	$5,66 \cdot 10^{-5} + 0,0764$
T2(t) / s	$2,06 \cdot 10^{-5} + 1,415$	$1,38 \cdot 10^{-5} + 1,425$	$-9,11 \cdot 10^{-5} + 3,252$	$-0,00012 + 3,414$
t / s	437,75	436,65	439,15	440,05
ΔT_α / K	1,298	1,341	3,125	3,26

Table 1: Ausgangs Daten aus der Messung

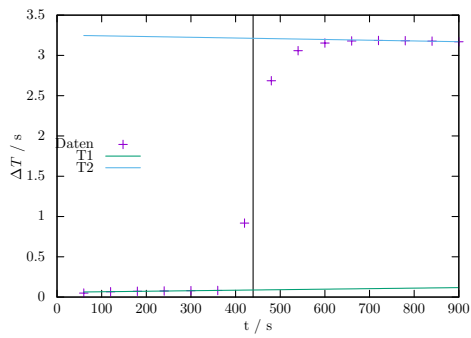
tab:1w



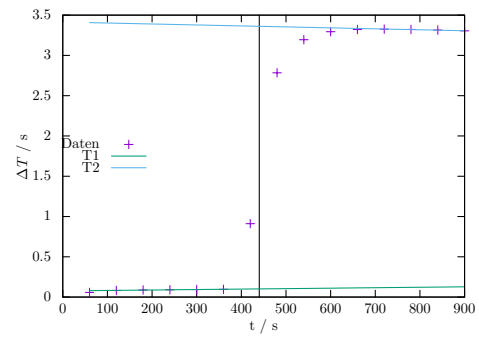
(a) Temperaturdifferenzen der ersten Benzoessäuremessung



(b) Temperaturdifferenzen der zweiten Benzoessäuremessung



(c) Temperaturdifferenzen der ersten Probenmessung



(d) Temperaturdifferenzen der zweiten Probenmessung