

Versuch TC1. Verbrennungswärme (V. 4.6)

I Ziel des Versuches

In diesem Versuch wird die Verbrennungswärme von Methylcyclohexan mittels eines Kalorimeters bestimmt. Zuvor wird der Wasserwert des Kalorimeters mit Benzoesäure ermittelt.

II Theoretischer Hintergrund

Einen speziellen Fall der Reaktionsenthalpie H_R stellt die Verbrennungsenthalpie H_V dar. Im durchzuführenden Versuch soll die vollständige Verbrennung einer organischen Substanz in die stabilen Produkte CO_2 und H_2O untersucht werden.

Für die bei der Reaktion auftretende Enthalpieänderung gilt:

$$H = U + pV \quad (1)$$

$$dH = dU + Vdp + pdV \quad (2)$$

Wird das Volumen konstant gehalten, folgt aus (2):

$$dH = c_V dT + Vdp \quad (3)$$

Nimmt man weiterhin an, dass die an der Reaktion beteiligten gasförmigen Stoffe der Zustandsgleichung idealer Gase gehorchen, ergibt sich:

$$dH = c_V dT + RT dn \quad (4)$$

In (4) beschreibt dn die gesamte Änderung der Molzahlen der gasförmigen Reaktanden.

Führt man die Verbrennung unter adiabatischen Bedingungen in einem sogenannten Bombenkalorimeter durch, wird durch die frei werdende Verbrennungswärme die Temperatur im Bombenkalorimeter erhöht und es gilt nach Integration von Gleichung (4):

$$\Delta H_V = c_W \Delta T + RT \Delta n_{\text{gas}} \quad (5)$$

mit: c_W : Wärmekapazität des Kalorimeters (Wasserwert)

T : Temperatur

ΔT : Temperaturänderung im adiabatischen System

Bei Kenntnis des Wasserwertes des Bombenkalorimeters und der Temperaturänderung während der Verbrennung der Probe lässt sich so die Verbrennungsenthalpie der untersuchten Substanz bestimmen. Der Wasserwert wird gemäß der Gleichungen 6 und 7 bestimmt:

$$Q = \frac{m_B \Delta_c H_B}{M_B} \quad (6)$$

$$c_w = \frac{Q}{\Delta T_w} \quad (7)$$

mit: Q: Absorbierte Wärmemenge im Kalorimeter

m_B : Masse der Benzoesäure Tablette

M_B : Molekulargewicht der Benzoesäure

$\Delta_c H_B$: Molare Verbrennungsenthalpie der Benzoesäure

ΔT_w : T-Sprung bei der Verbrennung der Benzoesäure

III Stichworte zum theoretischen Hintergrund

- Erster und zweiter Hauptsatz der Thermodynamik, Enthalpie
- Standardbildungsenthalpie, Verbrennungsenthalpie, Bindungsenergie
- Temperaturabhängigkeiten von ΔU , ΔH und ΔS
- Thermochemie
- Standardzustände
- Spezifische Wärmen, Definition und Temperaturabhängigkeit
- Hessscher Satz
- Adiabatische Zustandsänderungen

IV Versuchsbeschreibung und -durchführung

Die verwendete Apparatur besteht aus einer kommerziell erhältlichen Kalorimeteranordnung. Dabei befindet sich die Kalorimeterbombe in Wasser, welches mechanisch durchmischt wird und dessen Temperatur mittels eines elektrischen Thermometers gemessen wird. Der genaue Versuchsaufbau ist in der Abbildung 1 wiedergegeben.



Abb. 1: Foto des verwendeten Kalorimeters

Ein ca. 4 cm langer Zünddraht wird mit den beiden Metallstiften in der Bombe verbunden. Hierbei ist darauf zu achten, dass die überstehenden Drahtenden nicht die Wandung der Bombe berühren (Kurzschluss!). An den Zünddraht wird ein Baumwollfaden einfach so geknotet, dass dessen Enden ungefähr gleich lang sind. Die Länge des Zünddrahtes wird notiert. Zur Bestimmung des Wasserwertes des Kalorimeters wird zunächst eine Benzoesäure Tablette gewogen und so in das Probengefäß gelegt, dass sich die Enden des Baumwollfadens darunter befinden. Nach dem Verschließen der Bombe werden 10 bar O_2 in die Bombe gefüllt (**Einweisung durch den Assistenten**) und diese in das Wasserbad eingetaucht. Jetzt wird an der Temperaturanzeige die Taste **Set 0,00** gedrückt. Die Messung beginnt etwa 5 Minuten vor dem Zünden mit der Aufnahme der Vorperiode. Dazu wird alle 30 Sekunden die Temperaturänderung abgelesen, bis sie entweder konstant ist, oder einen konstanten Gang aufweist. Die Zündung erfolgt durch Einstecken der schwarzen Brücke am Netzteil in den dafür vorgesehenen Kontakt und ist erfolgreich, wenn ein Temperatursprung von etwa 1 K innerhalb von einer Minute eintritt. Dabei wird weiterhin alle 15 Sekunden die Temperaturänderung abgelesen, bis sich wieder ein konstanter Wert einstellt. Schließlich wird noch zur Aufnahme der Nachperiode etwa 5 Minuten lang alle 30 Sekunden die Temperaturänderung abgelesen und notiert. Jetzt wird wieder an der Temperaturanzeige die Taste **Set 0,00** gedrückt. Die Bombe wird aus dem Wasserbad genommen und der Überdruck **im Abzug** abgelassen. Die Bombe wird geöffnet und trocken gereinigt (**Einweisung durch den Assistenten**).

Für die eigentlichen Probenmessungen werden in das Probenschälchen der Bombe 0,3 g Methylcyclohexan eingewogen. Danach wird das gefüllte Probenschälchen zügig (Verdunstungsverluste!) in den dafür vorgesehenen Halter der Bombe eingesetzt, die Enden des Baumwollfadens in die Probe eingetaucht und die Bombe verschlossen. Die Messung erfolgt dann analog wie oben für die Benzoesäure beschrieben. Sie wird auch dreimal wiederholt.

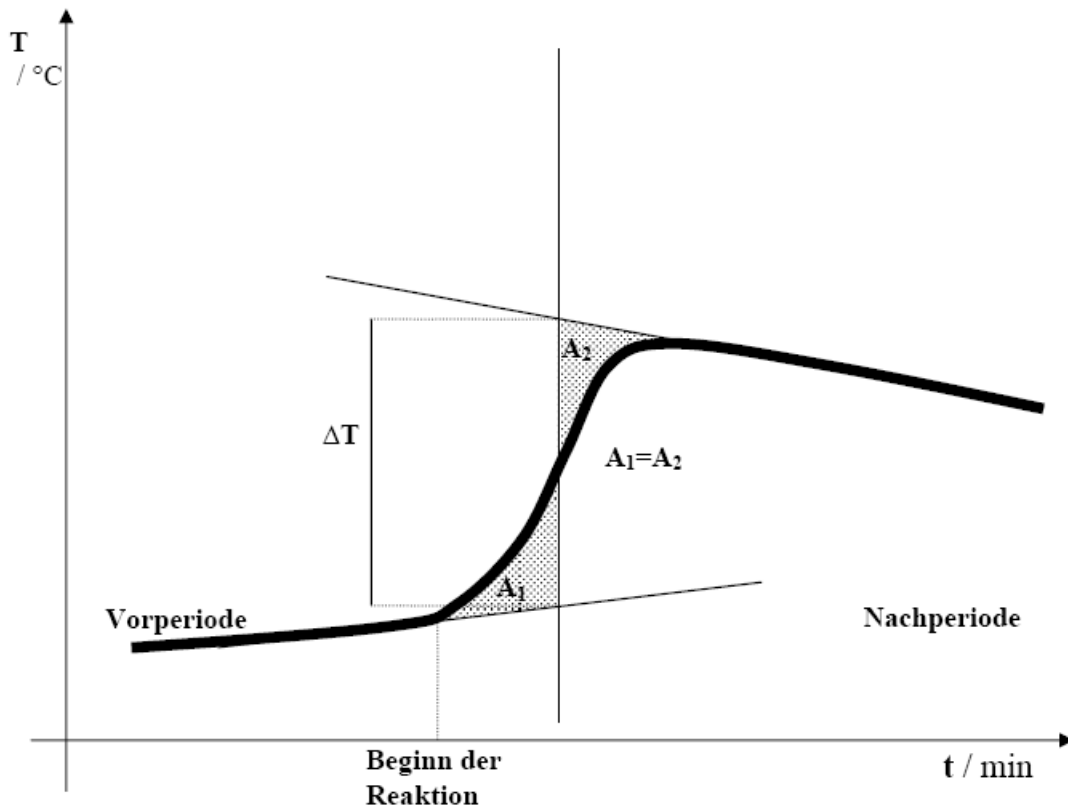


Abb. 2: Auswertung des gemessenen T-Sprungs

V a) Auswertung während des Versuchstages

Die gemessenen Temperatur-Zeit-Kurven sind wie in Abbildung 2 gezeigt in ein Diagramm einzuzeichnen und ΔT zu bestimmen.

b) Auswertung nach dem Versuchstag

1. Zunächst wird der Wasserwert des Kalorimeters berechnet. Damit wird für die Verbrennung von Methylcyclohexan die Reaktionsenergie ΔU und die Reaktionsenthalpie ΔH bei Zimmertemperatur bestimmt.
2. Die so erhaltene Verbrennungsenthalpie von Methylcyclohexan soll mit dem Literaturwert verglichen und diskutiert werden.

VI Materialien

1. Molare Verbrennungsenthalpie von Methylcyclohexan: - 4568 kJ/mol
2. Molare Verbrennungsenthalpie von Benzoesäure: - 3231,5 kJ/mol
3. Verwendete Chemikalien:

Methylcyclohexan

Signalwort: Gefahr



Gefahrenbezeichnung(en)

H225: Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar.

H304: Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein.

H315: Verursacht Hautreizungen.

H336: Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.

H410: Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.

Vorsichtsmaßnahmen

P210: Von Hitze, heißen Oberflächen, Funken, offenen Flammen und anderen Zündquellen fernhalten. Nicht rauchen.

P301 + P310: BEI VERSCHLUCKEN: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.

P331: KEIN Erbrechen herbeiführen.

P370 + P378: Bei Brand: Löschpulver oder Trockensand zum Löschen verwenden.

P403 + P235: An einem gut belüfteten Ort aufbewahren. Kühl halten.

Benzoesäure:



Gefahrenbezeichnung(en)

H315: Verursacht Hautreizungen.

H318: Verursacht schwere Augenschäden.

H372: Schädigt die Organe (Lunge) bei längerer oder wiederholter Exposition (beim Einatmen).

Vorsichtsmaßnahmen

P260: Staub nicht einatmen.

P280: Schutzhandschuhe/Augenschutz tragen.

P302+P352: Bei Berührung mit der Haut: Mit viel Wasser waschen.

P305+P351+P338: Bei Kontakt mit den Augen: einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter ausspülen.

P310: Sofort Giftinformationszentrum anrufen.

„Verbrennungswärme“

Messung	t[s]	T [K]	t[s]	T [K]	t[s]	T [K]

	Methylcyclohexan (1)		Methylcyclohexan (2)		Methylcyclohexan (3)	
Eingewogene Masse [g]						
Länge des Zünddrahtes [cm]						
Messung	t[s]	T [K]	t[s]	T [K]	t[s]	T [K]

Messung	t[s]	T [K]	t[s]	T [K]	t[s]	T [K]