

Bestimmung der Verbrennungsenthalpie von Benzoesäure

Versuchsziele

- Kalorimetrie als Messverfahren kennen lernen.
- Verbrennungsenthalpien durch Messung von Temperaturdifferenzen ermitteln.
- Verbrennungsvorgänge beobachten.
- Benzoesäure elektrisch zünden und verbrennen.

Grundlagen

Verbrennungen sind chemische Reaktionen. Dabei gehen organische Stoffe in Anwesenheit von Sauerstoff vollständig in Kohlendioxid und Wasser über. Bei einer solchen Reaktion wird eine bestimmte Wärmemenge Q freigegeben. Bei der Angabe von Energieumsätzen wird statt der Wärmemenge Q meist die molare Verbrennungsenthalpie ΔH_m verwendet. Vereinfacht hängen beide Größen nach der folgenden Gleichung zusammen.

$$\Delta H_m = -Q$$

Die Verbrennungsenthalpie bezieht sich immer auf eine zugehörige Reaktionsgleichung. Bei der Verbrennung ist das die Bildung von gasförmigem Kohlenstoffdioxid und Wasser. Sie wird in J/mol angegeben, weil sie sich auf 1 mol des Brennstoffes bezieht.

Verbrennungsenthalpien werden mit kalorimetrischen Verfahren gemessen. Die Verbrennung findet dabei in einem geschlossenen System statt, in dem die gesamte Wärmeenergie aufgenommen werden kann. Ein solches geschlossenes

System wird experimentell durch ein Kalorimeter nachgeahmt, das gegen die Umgebung isoliert ist. Die abgegebene Wärmemenge Q bei der Verbrennung äußert sich in einer Temperaturänderung ΔT des umgebenden Mediums. Die Temperaturänderung hängt jedoch auch von der Wärmekapazität C der Stoffe und Gefäße ab, also davon, wie gut sie diese Wärme speichern können. So kann die gemessene Temperaturänderung in eine Wärmemenge umgerechnet werden:

$$Q = C \cdot \Delta T$$

Die Wärmemenge Q kann abgegeben (Temperatur steigt) oder aufgenommen werden (Temperatur sinkt). Reaktionen, die Wärme abgeben, werden exotherm genannt. Reaktionen, die Wärme aufnehmen, nennt man endotherm. Für exotherme Reaktionen erhält ΔH_m ein negatives Vorzeichen und für endotherme ein positives. Da bei Verbrennungen Energie frei wird, handelt es sich immer um exotherme Reaktionen. Somit ist die Verbrennungsenthalpie auch als negative Enthalpieänderung definiert.

In diesem Versuch wird die Verbrennungsenthalpie von Ben-

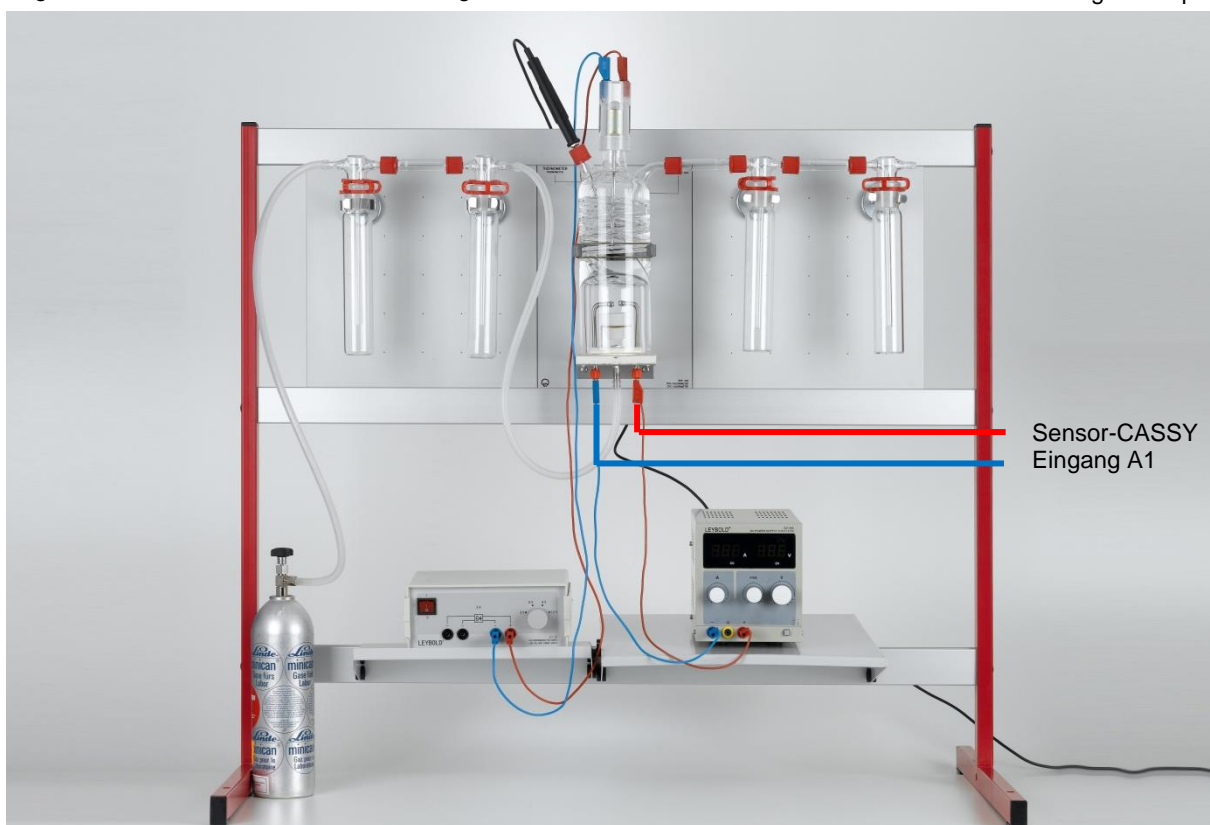
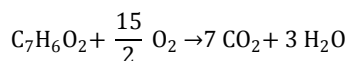


Abb. 1: Versuchsaufbau im CPS-Rahmen (Variante a).

zoesäure bestimmt. Benzoesäure verbrennt nach folgender Formel:



Hierzu wird als Kalorimeter ein doppelwandiges Glasgerät benutzt, das mit Wasser gefüllt wird und in das Rührer und Thermometer eintauchen. Eine Glaswendel sorgt für den Wärmeaustausch zwischen Verbrennungsgasen und Wasser, so dass die freiwerdenden Energiemengen vollständig auf das Wasser übertragen werden kann. Gemessen wird dann die Temperaturänderung des Wassers.

Gefährdungsbeurteilung


Natronlauge und Schwefelsäure sind ätzende Stoffe. Schutzkleidung (Kittel, Schutzbrille) tragen. Die Gaswaschflaschen vorsichtig füllen und dabei Handschuhe tragen.

Benzoesäure nicht in die Augen gelangen lassen, unbedingt eine Schutzbrille tragen.


Der Versuch muss nicht unter dem Abzug durchgeführt werden, weil die Verbrennung kontrolliert abläuft und die Abgase zusätzlich gefiltert werden.

Bitte Gebrauchsanweisungen beachten.


Schwefelsäure, konz.

 Signalwort: Gefahr	Gefahrenhinweise H314 Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden. H290 Kann gegenüber Metallen korrosiv sein. Sicherheitshinweise P280 Schutzhandschuhe / Schutzkleidung / Augenschutz / Gesichtsschutz tragen. P301+P330+P331 Bei Verschlucken: Mund ausspülen. Kein Erbrechen herbeiführen. P309 Bei Exposition oder Unwohlsein: P310 Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen P305+P351+P338 Bei Kontakt mit den Augen: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.
---	--



Benzoesäure

 Signalwort: Achtung	Gefahrenhinweise H302 Gesundheitsschädlich bei Verschlucken. H319 Verursacht schwere Augenreizung. Sicherheitshinweise P305+P351+P338 BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.
---	--

Natronlauge, 1 mol/l

 Signalwort: Gefahr	Gefahrenhinweise H314 Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden. Sicherheitshinweise P280 Schutzhandschuhe / Schutzkleidung / Augenschutz / Gesichtsschutz tragen. P301+P330+P331 BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen. P305+P351+P338 BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.
---	--

Sauerstoff

  Signalwort: Gefahr	Gefahrenhinweise H270 Kann Brand verursachen oder verstärken; Oxidationsmittel. H280 Enthält Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren. Sicherheitshinweise P244 Druckminderer frei von Fett und Öl halten. P220 Von brennbaren Materialien entfernt aufbewahren. P370+P376 Bei Brand: Undichtigkeit beseitigen, wenn gefahrlos möglich. P403 An einem gut belüfteten Ort aufbewahren.
---	---

Geräte und Chemikalien

Für den Aufbau mit CPS (Variante a)

1 Kalorimeter für Feststoffe, CPS.....	666 429
1 Profilrahmen C100, zweizeilig, für CPS....	666 428
2 Magnet-Hafttafel, 300 mm.....	666 4660
4 Halter, magnetisch, Gr. 4, 27...29 mm.....	666 4664
1 Konsole.....	301 312
1 Geräteplattform 350 mm.....	726 21
3 Glasverbinder, 2 x GL18.....	667 312

Für den Aufbau mit Stativmaterial (Variante b)

1 Kalorimeter Feststoffe und Flüssigkeiten	667 325
1 Leistenfuß 95 cm.....	666 603
4 Universalmuffe.....	666 615
4 Stativstange 50 cm, 10 mm Ø.....	301 27
5 Universalklemme 0...80 mm.....	666 555
2 Universalklemme 0...120 mm.....	301 72
7 Doppelmuffe S.....	301 09

Für beide Varianten

1 Sensor-CASSY.....	524 013
1 CASSY Lab 2.....	524 220
1 Temperaturfühler NiCr-Ni, 1,5 mm.....	529 676
1 NiCr-Ni-Adapter S.....	524 0673
4 Gaswaschflaschen-Unterteil.....	664 800
4 Glasrohreinsetz mit geradem Stiel.....	664 805
4 Schlifflinien NS28/32, aus Satz 10.....	665 392ET10
1 DC-Netzgerät 0...16 V/0...5 A.....	521 546

Fortsetzung nächste Seite

Fortsetzung von vorheriger Seite

1 Kleinspannungstelltrafo.....	521 231
1 Rühraufsatz mit GL32-Gewinde	666 819
3 Experimentierkabel 19 A, 50 cm, rot/blau	501 45
1 Gummischlauch 8 mm Ø, 1 m	667 183
1 Silikonschlauch 4 mm Ø, 1 m	667 197
1 Schlauchverbinder, gerade, 4/15 mm Ø ..	604 510
1 Pistill, 52 mm	608 360
1 Kompaktwaage, 3000 g : 0,1 g	ADAHCB3001
1 Kompaktwaage, 200 g : 0,01 g	667 7977
1 Feinregulierungsventil zu Minicandosen..	660 980
1 Minican-Druckgasdose Sauerstoff	660 998
1 Natronlauge, 1 mol/l, 500 ml	673 8420
1 Schwefelsäure, 95-98 %, 250 ml	674 7850
1 Benzoesäure, 50 g	670 8300

Zusätzlich erforderlich:

PC mit Windows XP/Vista/7/8

Kleiner Schraubenzieher (Kreuzschlitz)

Versuchsaufbau und -vorbereitung**Versuchsaufbau**

Der Aufbau der Apparatur erfolgt analog zur Abbildung 1 (Variante a). Vor und hinter dem Kalorimeter aus Glas werden je zwei Gaswaschflaschen angebracht. Die jeweils linken Flaschen dienen dabei leer als Sicherheitsflaschen. Die jeweils rechten Flaschen sind zum Reinigen der Gase mit Flüssigkeiten gefüllt. Der Sauerstoff wird durch konz. Schwefelsäure geleitet, um Wasser zu entfernen. Die Abgase werden durch Natronlauge geleitet, um das entstehende CO₂ zu absorbieren.

Variante a: Aufbau der CPS-Apparatur

1. Die CPS-Apparatur wie in Abbildung 1 aufbauen.
2. Das Glasgefäß des Kalorimeters auf die Bodenplatte der CPS-Platte setzen. Es schließt mit einer Gummischwamm-dichtung.

Hinweis: Ein wenig Schliff-Fett auf die Gummischwamm-dichtung auftragen. Dies verhindert, dass auch bei größeren Druckschwankungen kein Gasaustausch zwischen Innenraum und Atmosphäre stattfindet.

Variante b: Aufbau der Apparatur mit Stativmaterial

1. Am Leistenfuß werden mit vier Universalmuffen die Stativstangen in einem Abstand von etwa 20 cm befestigt (siehe Abb. 2).
2. An der zweiten und vierten Stativstange werden die jeweils zwei Gaswaschflaschen mit je zwei Doppelmuffen und zwei kleinen Universalklemmen befestigt. Dabei das Gaswaschflaschenunterteil mit dem Glasrohreinsatz mit einer Schliffklemme sichern.

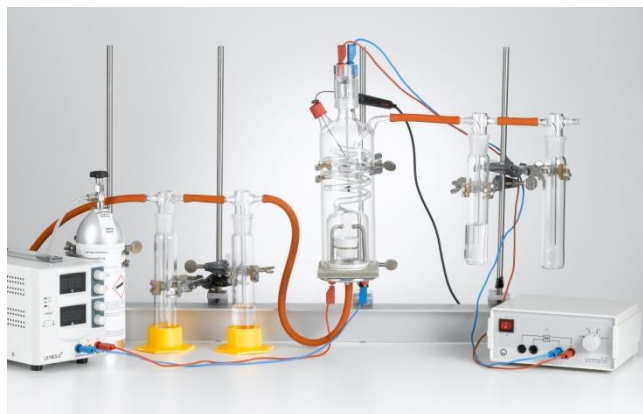


Abb. 2: Versuchsaufbau mit Stativmaterial (Variante b).

3. An die dritte Stange wird mit einer Doppelmuffe die Bodenplatte des Kalorimeters befestigt. Diese ist zur Befestigung mit einem Stativring ausgestattet.

4. Das Glasgefäß des Kalorimeters passt genau auf die Bodenplatte und schließt mit einer Gummischwamm-dichtung. Mit einer weiteren Doppelmuffe S und einer großen Universalklemme wird das Kalorimeter zusätzlich gehalten. Das Kalorimeter so platzieren, dass der Gasausgang nach rechts zeigt (siehe Abb. 2).

Hinweis: Ein wenig Schliff-Fett auf die Gummischwamm-dichtung auftragen. Dies bewirkt, dass auch bei größeren Druckschwankungen kein Gasaustausch zwischen Innenraum und Atmosphäre stattfindet.

5. An der ersten Stativstange (ganz links) wird mit einer Doppelmuffe und einer großen Universalklemme die Sauerstoffgasflasche gesichert.

Vorbereitung der Gasleitung

1. Auf die Sauerstoffgasflasche wird das Feinregulierungsventil aufgeschraubt. Dieses wird über den schmalen Schlauch mit einem Schlauchverbinder mit dem breiteren Schlauch verbunden. Dieser wird mit der ersten Gaswaschflasche verbunden. Dabei muss das Glasrohr der Gaswaschflasche in Richtung der zweiten Gaswaschflasche zeigen.

2. Die erste Gaswaschflasche mit der zweiten Gaswaschflasche über einen Glasverbinder (Variante a) bzw. Schlauch (Variante b) verbinden.

3. In die zweite Waschflasche ca. 3 cm hoch Schwefelsäure füllen. Die Schwefelsäure wird zur Trocknung des Sauerstoffgases verwendet. Diese wird mit der Schlaucholive an der Bodenplatte des Kalorimeters verbunden.

Achtung: Vorsicht beim Einfüllen der Schwefelsäure. Handschuhe tragen! Unbedingt darauf achten, die Gaswaschflasche korrekt anzuschließen, damit die Waschflüssigkeit nicht gasstromaufwärts zurückgesaugt wird.

4. Die dritte Waschflasche bleibt wiederum leer. In die vierte Waschflasche wird ca. 3 cm hoch Natronlauge eingefüllt. Diese wird mit der Schlaucholive oben am Kalorimeter verbunden. Dabei muss das Glasrohr der Gaswaschflasche in Richtung der vierten Gaswaschflasche zeigen.

Achtung: Vorsicht beim Einfüllen der Natronlauge. Handschuhe tragen! Außerdem unbedingt darauf achten, die Gaswaschflasche korrekt anzuschließen, damit die Waschflüssigkeit nicht gasstromaufwärts zurückgesaugt wird.

5. Die dritte und vierte Gaswaschflasche mit einem Glasverbinder (Variante a) bzw. Schlauch (Variante b) verbinden.

6. Zur Strom- und Spannungsmessung das Kalorimeter mit Eingang A1 am Sensor-CASSY verbinden.

Vorbereitung des Kalorimeters

1. Das Glasgefäß des Kalorimeters leer wiegen. Den Wert $m(\text{Kalorimeter leer})$ in die Tabelle (siehe unten) eintragen. Wasser in das Glasgefäß einfüllen und erneut wiegen. Den Wert $m(\text{Kalorimetergefäß gefüllt})$ in die Tabelle eintragen.

2. Das Glasgefäß auf die Bodenplatte setzen.

3. Den NiCr-Ni-Thermofühler in das Kalorimeter einführen und mit dem Temperaturadapter S verbinden. Diesen auf das Sensor-CASSY (Eingang A) stecken.


4. Den Rührer auf das Gewinde des Kalorimeters schrauben und mit Experimentierkabeln mit dem Kleinspannungstelltrafo verbinden (Farbkodierung beachten).

5. Das Thermometer wird in eine Position gebracht, in der es nicht die Glaswand berührt und genügend Abstand zum Rührer besteht.

Vorbereitung der Probe

1. In den Tiegel ca. 1 g Benzoesäure einwiegen. Das Gewicht von Tiegel + Benzoesäure notieren ($m(\text{Tiegel vor dem Versuch})$).
2. Mit Hilfe des Pistills die Benzoesäure am Boden des Tiegels festdrücken.
Hinweis: Wird die Benzoesäure nicht am Boden festgedrückt, verbrennt diese schlagartig. Es kann zu einem leisen Verpuffungsgeräusch kommen.
3. Glühwendel abschrauben und Tiegel in den Halter einhängen.
4. Glühwendel wieder einsetzen, so dass sie die Probe berührt.

Versuchsdurchführung

1. [Einstellungen in CASSY Lab laden](#).
2. Für die Zündung eine Spannung von ca. 9 V und eine Stromstärke von ca. 5 A am Netzgerät 521 546 einstellen und das Netzgerät bis zur Zündung wieder ausschalten.
Hinweis: Beim Einstellen der Werte darf das Netzgerät nicht mit dem Kalorimeter verbunden sein.
3. Zu Beginn den Sauerstoffstrom etwas höher einstellen, damit die gesamte Apparatur gut gespült wird. Nach etwa 30 Sekunden einen Durchfluss von 2 Blasen pro Sekunde einstellen.
4. Die Aufnahme der Werte in CASSY Lab jetzt starten und den Rührer einschalten.
5. Der Mittelwert der Anfangstemperatur zwischen ca. 4 und 5 Minuten wird als Ausgangswert für die späteren Berechnungen genommen und in die Tabelle eingetragen (T_1). Dafür in CASSY Lab im Kontextmenü  **Mittelwert einzeichnen** auswählen.
6. Die Zündung des Verbrennungsgutes erfolgt elektrisch. Dazu das Kalorimeter mit Kabeln mit dem Netzgerät verbinden (siehe Abb. 1) und das Netzgerät einschalten.
7. Die Zündzeit sollte 5 – 10 Sekunden betragen. Stromstärke I und Spannung U notieren. Danach das Netzgerät einfach ausschalten. Die Zündzeit aus dem Diagramm der Spannung in CASSY Lab 2 entnehmen und alle Werte in die Tabelle eintragen.
8. Nach 5 min den Sauerstoffstrom abstellen und nach weiteren 5 min die Aufnahme der Messwerte stoppen. Die Endtemperatur T_2 wird wiederum über einen Mittelwert aus den letzten Minuten bestimmt und in die Tabelle eingetragen.
9. Sobald der Tiegel abgekühlt ist, diesen Tiegel aus dem Kalorimetergefäß entnehmen, wiegen und Wert $m(\text{Tiegel nach dem Versuch})$ in Tabelle eintragen.

Beobachtung

Bei der elektrischen Zündung beginnt die Glühwendel orange zu glühen und die Probe zu schmelzen bzw. zu brennen. Nachdem die Probe 5 Minuten unter Sauerstoffstrom verbrannt wurde, wird dieser ausgeschaltet. Der Brand erstickt. Nachdem Erlischen der Flamme wird die Kalorimeterflüssigkeit noch mindestens weitere 5 Minuten gerührt, bis kein Temperaturanstieg mehr zu beobachten ist.

Die Benzoesäure ist nur zu ca. 1/10 verbrannt.

Auswertung

Die Reaktionsenthalpie kann aus dem Temperaturanstieg berechnet werden (siehe Abb. 3). Dafür werden in die CAS-

SY-Lab Datei als Mittelwerte die Anfangstemperatur T_1 und die Entemperatur T_2 eingezeichnet.

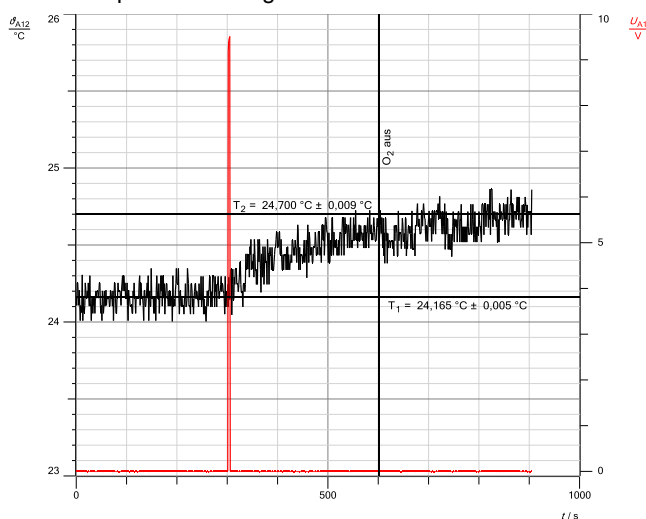


Abb. 3: Temperatur- und Spannungsmessung während der Verbrennung von Benzoesäure.

Berücksichtigt werden müssen die Wärmekapazität des Kalorimeters und die zugeführte Zündenergie. Alle ermittelten Werte sind in Tabelle 1 zusammengetragen.

Tab. 1: Während des Versuchs ermittelte Werte.

Benötigte Daten	Werte
$m(\text{Tiegel vor dem Versuch})$	19,42 g
$m(\text{Tiegel nach dem Versuch})$	20,33 g
$m(\text{verbrannte Benzoesäure})$	0,09 g
Anfangstemperatur T_1	24,165 °C
Endtemperatur T_2	24,700 °C
Temperaturdifferenz ΔT	0,535 K
$m(\text{Kalorimeter leer})$	693,8 g
$m(\text{Kalorimeter gefüllt})$	1379,9 g
$m(\text{Wasser})$	685,6 g
$I_{\text{Zünd}}$	4,5 A
$U_{\text{Zünd}}$	9,4 V
$t_{\text{Zünd}}$	5 s

Berechnung der spezifischen Wärmekapazität des Kalorimeters $C_{\text{Kalorimeter}}$

Das Kalorimeter besteht hauptsächlich aus Glas und Wasser. Alle anderen Komponenten (Rührer, Temperaturfühler) werden nicht berücksichtigt. Aus Tabellenwerken können die spezifischen Wärmekapazitäten für Glas und Wasser entnommen werden.

$$C_{\text{Glas}} = 0,800 \text{ J/g}\cdot\text{K} \text{ und } c_{\text{Wasser}} = 4,185 \text{ J/g}\cdot\text{K}$$

Die Wärmekapazität des Kalorimeters $C_{\text{Kalorimeter}}$ wird vereinfacht als gewichtete Summe aus den Wärmekapazitäten von Glas und Wasser berechnet.

$$\begin{aligned} C_{\text{Kalorimeter}} &= m(\text{Kalorimeter leer}) \cdot C_{\text{Glas}} + m(\text{Wasser}) \cdot c_{\text{Wasser}} \\ &= 693,8 \text{ g} \cdot 0,800 \text{ J/g}\cdot\text{K} + 685,6 \text{ g} \cdot 4,185 \text{ J/g}\cdot\text{K} \\ &= 3424 \text{ J/K} \end{aligned}$$

Aus Eichversuchen wurde für das Kalorimeter ein Wirkungsgrad $\eta = 0,810$ ermittelt. Dieser Wert ist der Gebrauchsanweisung Nr. 666 43 des Kalorimeters entnommen und ist eine

gerätespezifische Konstante. Der Wirkungsgrad wird mit der Wärmekapazität des Kalorimeters verrechnet. So erhält man eine effektive Wärmekapazität C_{eff} .

$$C_{\text{eff}} = \frac{C_{\text{Kalorimeter}}}{\eta_{\text{Kalorimeter}}} = \frac{3424 \text{ J/K}}{0,810} = 4227 \text{ J/K}$$

Berechnung der Verbrennungsenthalpie von Benzoesäure

Die Verbrennungsenthalpie wird mit folgender Formel berechnet:

$$\begin{aligned} -\Delta H &= C_{\text{eff}} \cdot \Delta T \\ -\Delta H &= 4227 \frac{\text{J}}{\text{K}} \cdot 0,535 \text{ K} \\ -\Delta H &= 2262 \text{ J} \end{aligned}$$

Von dieser Verbrennungsenthalpie wird die (zugegebene) Zündenergie $E_{\text{Zünd}}$ in Joule abgezogen. Diese setzt sich aus der Spannung U , der Stromstärke I und der Zündzeit t zusammen:

$$\begin{aligned} E_{\text{Zünd}} &= U_{\text{Zünd}} \cdot I_{\text{Zünd}} \cdot t_{\text{Zünd}} \\ &= 9,4 \text{ V} \cdot 4,5 \text{ A} \cdot 5 \text{ s} \\ &= 212 \text{ J} \end{aligned}$$

Der Wert für die Zündenergie wird von der vorher berechneten Reaktionsenthalpie $-\Delta H$ abgezogen.

$$-\Delta H_{\text{Korr}} = -\Delta H - E_{\text{Zünd}} = 2262 \text{ J} - 212 \text{ J} = 2050 \text{ J}$$

Bei der Verbrennung von 86 mg Benzoesäure wurde also eine Energie von 2050 J freigesetzt.

Berechnung der molaren Verbrennungsenthalpie von Benzoesäure

Die molare Verbrennungsenthalpie ΔH_m bezieht sich auf 1 mol eines Stoffes. Dafür muss die erhaltene Verbrennungsenthalpie mit der Stoffmenge n verrechnet werden.

Zunächst wird die molare Stoffmenge n der verbrannten Benzoesäure berechnet.

$$n = \frac{m(\text{verbrannte } \text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2)}{M(\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2)}$$

Die molare Masse von Benzoesäure ist $M = 122,12 \text{ g/mol}$.

$$n = \frac{0,09 \text{ g}}{122,12 \text{ g/mol}}$$

$$n = 0,737 \text{ mmol}$$

Nun kann die molare Verbrennungsenthalpie ΔH_m berechnet werden

$$\Delta H_m = \frac{-\Delta H}{n(\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2)}$$

$$\Delta H_m = \frac{2050 \text{ J}}{0,737 \text{ mmol}}$$

$$\Delta H_m = 2903 \text{ kJ/mol}$$

Ergebnis

Im Versuch wurde Benzoesäure in dem geschlossenen System Kalorimeter verbrannt. Aus der Temperaturdifferenz des Systems vor und nach der Reaktion wurde die molare Verbrennungsenthalpie ΔH_m bestimmt.

Der im Versuch ermittelte Wert kann mit der in der Literatur bekannten Verbrennungsenthalpie verglichen werden. Die hier erhaltene Verbrennungsenthalpie beträgt 2903 kJ/mol. Im Vergleich zum Literaturwert (3227 kJ/mol) entspricht dies einer Abweichung von ca. 7 %. Diese setzt sich aus Wärmeverlusten zusammen, die sich aus der Erwärmung der Bodenplatte und nicht vollständiger Wärmeübertragung von Verbrennungsgas auf die Wärmeaustauscherspirale, sowie Wärmeübergang von Kalorimeter an die Atmosphäre und das Stativmaterial ergeben. Auch eine genauere Waage für die Auswaage des Tiegels kann hier einen Einfluss haben.

Auf die gleiche Weise kann auch die Verbrennungsenthalpie von anderen organischen Materialien bestimmt werden.

Reinigung und Entsorgung

Die Benzoesäure muss in einem gekennzeichneten Behälter für feste organische Abfälle entsorgt werden.

Schwefelsäure und Natronlauge können in dafür gekennzeichneten Gefäßen für weitere Versuche aufbewahrt werden. Sollen sie entsorgt werden, ggf. neutralisieren und mit viel Wasser in den Abfluss geben.