
Themenbereich: 3.4.1 Chemische Energetik LF
Versuch:
SÜ
Bestimmung des volumenbezogenen Heizwerts $H_f(\text{vol})$ von Methan
Bildungsplanbezug
Inhaltsbezogene Kompetenzen

3.4.1 Chemische Energetik

(2) chemische Reaktionen unter stofflichen und energetischen Aspekten (exotherm, endotherm, Brennwert, Heizwert) erläutern

(3) eine kalorimetrische Messung planen, durchführen und auswerten (Reaktionsenthalpie)

Prozessbezogene Kompetenzen

2.1 Erkenntnisgewinnung

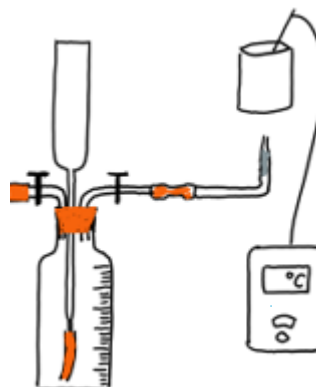
(5) qualitative und quantitative Experimente unter Beachtung von Sicherheits- und Umweltaspekten durchführen, beschreiben, protokollieren und auswerten

Materialien:

- ☐ Stativmaterial
- ☐ Getränkedose als Kalorimetergefäß
- ☐ digitales Thermometer mit Messfühler (0,1K genau)
- ☐ graduerter Behälter (ca. 250 mL)
- ☐ Ausgleichsbehälter mit Schlauchmaterial
- ☐ Waage
- ☐ Feuerzeug
- ☐ gewinkeltes Glasrohr mit ausgezogener Spitze, Stahlwolle-Rückschlagsicherung Winkelrohre mit Hahn (siehe Abbildung)
- ☐ durchbohrter Stopfen
- ☐ Spritze 120 mL oder Kolbenprober mit Hahn

Chemikalien:

- ☐ Methan
- ☐ Wasser



Skizze: KG Chemie

Durchführung:
!Schutzbrille!
Vorbereitung:

- Bereiten Sie die Apparatur laut Versuchsskizze vor. Achten Sie auf sichere Befestigung mit Stativmaterial.
- Befüllen Sie den graduierten Behälter mit Wasser und setzen Sie den Stopfen mit dem Ausgleichsbehälter auf.
(ACHTUNG: der graduierte Behälter muss vollständig mit Wasser gefüllt sein!)
- Befüllen Sie den graduierten Behälter mit Methan bzw. Erdgas aus der Spritze (Kolbenprober). Schließen Sie den Hahn am entsprechenden Glasrohr (Abb. linke Seite) und entfernen Sie die Spritze (Kolbenprober). Wiederholen Sie die Befüllung, bis sich etwa 200 mL Gas im Behälter befinden.
- Befüllen Sie die Getränkedose mit etwa 100 mL Wasser. Bestimmen Sie die Masse des Wassers genau. Messen Sie die Anfangstemperatur des Wassers. Notieren Sie beide Werte.

Durchführung:

- Kontrollieren Sie das Vorhandensein der Stahlwolle-Rückschlagsicherung. Lassen Sie dann durch Öffnen des Hahns (Abb. rechte Seite) Gas ausströmen und entzünden Sie es sofort an der Düse.
- Lesen Sie das Anfangsvolumen ab und schwenken Sie gleichzeitig die Getränkedose über die Flamme.
- Schwenken Sie die Getränkedose aus der Flamme, wenn genau 150 mL des Gases verbrannt sind.
- Bestimmen Sie die Endtemperatur. Rühren Sie das Wasser dazu mit dem Messfühler und messen Sie die Temperatur 5 min lang alle 30 s. Notieren Sie die Werte.

Auswertung:

Masse des Wassers im Kalorimeter

$$m(\text{H}_2\text{O}) = \quad \text{g}$$

Spezifische Wärmekapazität des Wassers

$$4,18 \text{ J} / (\text{g} \cdot \text{K})$$

Anfangstemperatur des Wassers

$$\vartheta_0 = \quad ^\circ\text{C}$$

Temperaturverlauf

Zeit	ϑ in $^\circ\text{C}$
30s	
1 min	
1 min 30 s	
2 min	
2 min 30 s	
3 min	
3 min 30 s	
4 min	
4 min 30 s	
5 min	

Berechnung des Heizwerts in kJ/L oder MJ/m³

$$H_i(\text{vol}) =$$

$$\text{Tabellenwert: } H_i(\text{vol}) = 35,9 \text{ MJ/m}^3$$

Hinweise für die Lehrkraft:**Grundprinzip kalorimetrischer Messungen****Fehlerdiskussion und Optimierung von Versuchsanordnungen**

Der Versuch eignet sich im Rahmen eines Schülerpraktikums als Einstiegsversuch zur Demonstration des Grundprinzips kalorimetrischer Messungen.

Vorher konnte man mit einem sehr einfachen Versuchsaufbau eines Getränkedosenkalorimeters schon massebezogene Heizwerte fester Brennstoffe (Kerzenwachs), flüssiger Brennstoffe (Spiritusbrenner) und gasförmiger Brennstoffe (Feuerzeug) bestimmen.

Grundsätzlich ist der Versuch auch mit Campinggas (Propan-Butan-Gemisch) durchführbar.

Dieser Versuch kann als Zusatzstation zur Bestimmung des volumenbezogenen Heizwerts gasförmiger Brennstoffe in einem Stationenpraktikum genutzt werden. Der Versuchsaufbau ist vergleichbar, aber durch die aufwändige Volumenmessung deutlich komplexer und damit auch motivierender.

Die Verdrängung durch das Sperrwasser erzeugt einen gleichmäßigen Volumenstrom des Gases. Eine einfachere Versuchsvariante wäre die Verbrennung von Methan aus einer graduierten Spritze.

Die Anordnung bietet wiederum viel Potenzial zur Fehlerdiskussion und Optimierung des Versuchsaufbaus oder des Messergebnisses. Der Versuch empfiehlt sich deshalb auch und gerade für einen Leistungsfachkurs.

Heizwert und Brennwert als technische Größen; Erweiterung zur Reaktionsenthalpie (Verbrennungsenthalpie), Vorzeichenregelung

Der Heizwert H_i ist eine wichtige Eigenschaft zum Vergleich verschiedener Brennstoffe. Er entspricht der Wärme, die bei der Verbrennung einer bestimmten Stoffportion eines Brennstoffs abgegeben wird.

Bei gasförmigen Brennstoffen bezieht man die Wärme auf das Volumen der Stoffportion. Um den Heizwert verschiedener Gase vergleichen zu können, muss man den Druck und die Temperatur festlegen.

Weiterführend kann man mit anderen Versuchsanordnungen, bei denen die Kondensation des Wasserdampfes im Kalorimeter ermöglicht wird, auch Brennwerte experimentell bestimmen.

Heizwerte und Brennwerte als technische Größen sind Energiebeträge. Die Vorzeichenregelung für exotherme Reaktionen wendet man bei der Angabe der Heizwerte nicht an.

Diese Vorzeichenregelung kann später im Zusammenhang mit Reaktionswärmen Q und Reaktionsenthalpien ΔH eingeführt werden, wenn System und Umgebung unterschieden werden.

LERNAUFGABEN**Kontext nachhaltige Energieversorgung: Fossile und regenerative Energieträger
(Kompetenzbereich Bewerten, Bildung für nachhaltige Entwicklung BNE)**

Das Praktikum eignet sich auch, um im Anschluss daran Methan in der aktuellen gesellschaftspolitischen Debatte als Brennstoff und Ausgangsstoff für die chemische Industrie in seinen Facetten zu betrachten und differenzierte Bewertungen auf fachlicher Grundlage zu ermöglichen.

Mögliche Themen sind:

- Vergleich Erdgasversorgung aus Pipelines, verflüssigtes Erdgas (LNG) Schiffstransport, Biogasanlagen vor Ort
- Vergleich von Wasserstoff und Erdgas als Energieträger
- Wieso aus Wasserstoff Methan herstellen? Sabatier-Prozess (Methanisierung, „synthetisch hergestelltes Erdgas“ SNG)
- Erdgas als Ausgangsstoff für Wasserstoff in der chemischen Industrie (z.B. für die Ammoniaksynthese oder als Reduktionsmittel im Hochofenprozess)

Eine vertiefende Argumentation wäre auch später im Zusammenhang mit der Berechnung von Reaktionsenthalpien aus Bildungsenthalpien möglich.

