





V1 - Quantitative Bestimmung der Anzahl der Kohlenstoffatome eines unbekanntem gasförmigen Kohlenwasserstoffs

In diesem Versuch wird der Kohlenstoffgehalt einer organischen gasförmigen Verbindung am Beispiel von Butan bestimmt. Es können jedoch auch beliebige andere gasförmige Kohlenwasserstoffe verwendet werden. Das Gas wird durch die Reaktion mit Kupferoxid zu Kohlenstoffdioxid und Wasser umgesetzt. Werden das Ausgangsvolumen des Kohlenwasserstoffs und des Kohlenstoffdioxids zueinander ins Verhältnis gesetzt, ergibt sich die Anzahl der Kohlenstoffatome pro Molekül. Dabei wird die Annahme gemacht, dass sich die Gase ideal verhalten, was bei Luftdruck von etwa einem bar in guter Näherung gilt.

Für die Versuchsdurchführung benötigen die SuS einen sicheren Umgang mit dem Bunsenbrenner. Außerdem müssen sie nach Anleitung Glasgeräte mit Stativen und Klemmen befestigen und mit Schläuchen verbinden können.

Für die Auswertung des Versuches muss den SuS das ideale Gasgesetz bekannt sein.

Gefahrenstoffe								
Kupfer(II)-oxid CuO	H: 302-410	P: 260-273						
Butan C ₄ H ₁₀	H: 220-280	P: 210-377-381-403						
								

Materialien: 2 Kolbenprober, Dreiwegehahn, Reaktionsrohr, Glaswolle, Schlauchstücke, Schlauchklemmen, Bunsenbrenner

Chemikalien: Kupferoxid, Butan

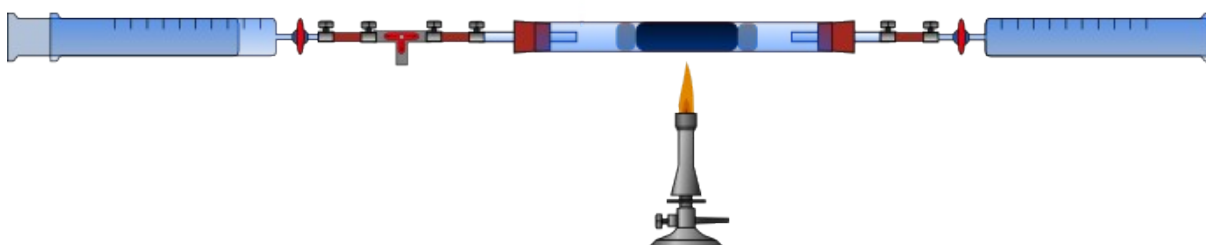


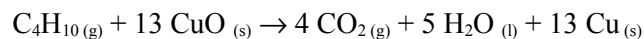
Abbildung 1: Apparatur zur quantitativen Bestimmung der Kohlenstoffatome.

Durchführung: In das Reaktionsrohr wird zwischen zwei Glaswollestücken querschnittsfüllend mit Kupfer(II)-oxid eingefüllt. Einer der Kolbenprober wird zunächst mit einem Dreiwegehahn verbunden und dieser anschließend mit dem Reaktionsrohr. Der zweite Kolbenprober wird direkt an das Reaktionsrohr angeschlossen (vgl. Abb. 1). Über den Dreiwegehahn wird einer der Kolbenprober mit 20 ml Butan befüllt und zunächst verschlossen. Mit dem Bunsenbrenner wird das Kupferoxid zum

Glühen gebracht. Die Volumenzunahme im zweiten Kolbenprober durch die Erwärmung wird über den Dreiweghahn aus der Apparatur gelassen. Dann die Apparatur verschlossen und auf Dichtigkeit geprüft. Danach wird das Gas mehrfach über das weiter erhitzte Kupferoxid geleitet, bis keine Volumenänderung mehr festzustellen ist. Das Gas wird in einem der Kolbenprober gesammelt und eingeschlossen. Sobald der Kolbeninhalt auf Zimmertemperatur abgekühlt ist, wird das Volumen abgelesen. Optional kann ein Kohlenstoffdioxid Nachweis mit dem Gas durchgeführt werden.

Beobachtung: Wird das Gas über das Kupferoxid geleitet, erhöht sich das Gasvolumen innerhalb der Apparatur. Im schwarzen Kupferoxid sind rötliche Bereiche zu erkennen. Am Ende des Versuches ist ein Volumen von 81.5 ml am Kolbenprober abzulesen.

Deutung: Das Butan reduziert das Kupferoxid, das gleichzeitig als Katalysator wirkt, zu Kupfer, wodurch auch Kohlenstoffdioxid und Wasser entstehen.



Pro Kohlenstoffatom, das in der organischen Verbindung vorliegt, entsteht ein Molekül Kohlenstoffdioxid. Die Anzahl der Teilchen in der Gasphase und damit die Stoffmenge, vervierfacht sich also im Falle von Butan. Unter der Annahme, dass sich die Gase ideal verhalten, was bei normalem Luftdruck und Raumtemperatur in guter Näherung gilt, kann das ideale Gasgesetz zur Beschreibung des Gaszustandes verwendet werden:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Da Druck und Temperatur im Raum während der Durchführung konstant bleiben, ist die Stoffmenge proportional zum Volumen und es gilt:

$$\frac{V_{\text{CO}_2}}{n_{\text{CO}_2}} = \frac{R \cdot T}{p} = \frac{V_{\text{Butan}}}{n_{\text{Butan}}}$$

$$\Leftrightarrow \frac{V_{\text{CO}_2}}{V_{\text{Butan}}} = \frac{n_{\text{CO}_2}}{n_{\text{Butan}}}$$

Das Verhältnis der gemessenen Volumina, ergibt daher direkt das Verhältnis der Stoffmengen von Kohlenstoffdioxid und dem Probegas Butan wieder und damit die Anzahl der Kohlenstoffatome in der Verbindung. Für das gegebene Beobachtung folgt:

$$\frac{V_{\text{CO}_2}}{V_{\text{Butan}}} = \frac{81.5 \text{ ml}}{20 \text{ ml}} = 4.075 \approx 4$$

Das Probegas enthält pro Molekül 4 Kohlenstoffatome, was für Butan zu erwarten ist.

Entsorgung: Entstandenes Kupfer wird unter Erhitzen durch Luftsauerstoff wieder zu Kupferoxid oxidiert, sodass das befüllte Reaktionsrohr wiederverwendet werden kann.

Literatur: W. Glöckner, W. Jansen, R. G. Weissenhorn (Hrsg.), Handbuch der experimentellen Chemie – Sekundarstufe II, Band 9: Kohlenwasserstoffe, Alius Verlag Deubner, 2005, S. 58F

Dieser Versuch ist von den drei experimentellen Schritten zur Bestimmung der Summenformel eines gasförmigen Kohlenwasserstoffs am schnellsten durchzuführen. Ist die Apparatur so aufgebaut, dass sie dicht ist, werden zuverlässig gute quantitative Ergebnisse erreicht. Der Versuch kann in der Schule sowohl als Lehrer- als auch als Schülerversuch durchgeführt werden. Als Lehrerversuch eignet er sich, um den SuS eine Vorstellung des möglichen experimentellen Vorgehens zur quantitativen Analyse vorzustellen, obwohl der Schwerpunkt im Unterricht eher auf der theoretischen Auswertung und Interpretation von Daten liegen soll. Als Schülerversuch eignet er sich, um die SuS die Volumenzunahme um einen ganzzahligen Faktor selbst erfahren zu lassen, sodass der Zugang zum für die Auswertung wichtigen Zusammenhang zwischen Volumen und Stoffmenge erleichtert wird.