

V2 - Bestimmung der Anzahl der Wasserstoffatome eines gasförmigen Kohlenwasserstoffs

In diesem Versuch wird die Anzahl der Wasserstoffatome einer organischen gasförmigen Verbindung am Beispiel von Butan bestimmt. Es können jedoch auch beliebige andere gasförmige Kohlenwasserstoffe verwendet werden. Das Gas wird katalysiert durch Eisenspähne und unter Erhitzen zu Kohlenstoff und Wasserstoff umgesetzt. Werden das Ausgangsvolumen des Kohlenwasserstoffs und des Wasserstoffs zueinander ins Verhältnis gesetzt, ergibt sich die Anzahl der Wasserstoffatome pro Molekül des Kohlenwasserstoffes. 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 in experimenteller Hinsicht 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		
Eisenspähne Fe	H: 228	P: 370+378
Butan C ₄ H ₁₀	H: 220-280	P: 210-377-381-403
Wasserstoff H ₂	H: 220 - 280	P: 210 – 377 – 381 - 403
Stickstoff N ₂	H: 280	P: 403
		

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

Chemikalien: Eisenspähne, Wasserstoff, Stickstoff, Butan

Durchführung: Zuerst muss das Reaktionsrohr vorbereitet werden. Dazu werden zwischen zwei Glaswollestücken querschnittsfüllend Eisenspähne in das Rohr eingefüllt. Das Eisen muss vollständig Rostfrei vorliegen. Um dies zu erreichen, wird das Rohr mit

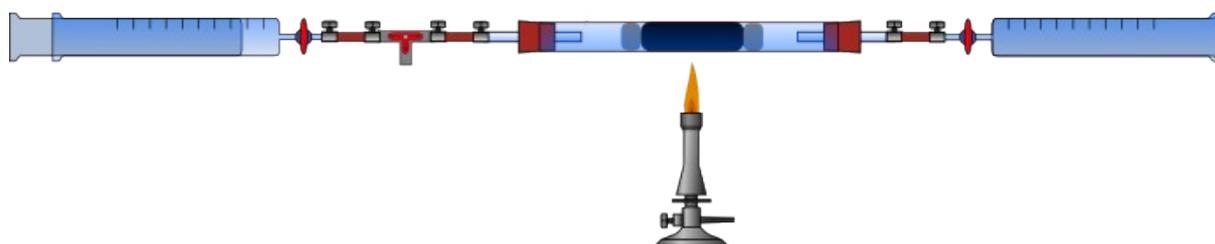


Abbildung 1: Apparatur zur quantitativen Bestimmung der Wasserstoffatome.

Wasserstoff durchströmt und die Eisenspähne mit dem Bunsenbrenner zum Glühen gebracht. Um zu verhindern, dass der bei der Reaktion entstehende Wasserstoff mit dem Luftsauerstoff reagiert, sollte das Rohr mit Stickstoff gespült werden. 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.). Über den Dreiwegehahn wird einer der Kolbenprober mit 11 ml Butan befüllt und zunächst verschlossen. Mit dem Bunsenbrenner werden die Eisenspähne zum Glühen gebracht. Die Volumenzunahme im zweiten Kolbenprober durch die Erwärmung wird über den Dreiwegehahn aus der Apparatur gelassen. Dann wird die Apparatur verschlossen und auf Dichtigkeit geprüft. Danach wird das Gas mehrfach über die erhitzten Eisenspähne 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 eine Knallgasprobe mit dem Gas durchgeführt werden.

Beobachtung: Wird das Gas über die Eisenspähne geleitet, erhöht sich das Gasvolumen innerhalb der Apparatur. Nach der Durchführung des Versuches ist ein Volumen von 57 ml am Kolbenprober abzulesen.

Deutung: Das Butan wird katalysiert durch die Eisenspähne zu Kohlenstoff und Wasserstoff zersetzt:



Für je zwei Wasserstoffatome, die in der organischen Verbindung vorliegen, entsteht ein Molekül Wasserstoff. Die Anzahl der Teilchen und damit die Stoffmenge, vervielfacht sich im Falle von Butan. Unter der Annahme, dass sich die Gase ideal verhalten, was bei normalem Luftdruck und Raumtemperatur in guter Näherung gilt, kann die ideale Gasgleichung zur Beschreibung des Gaszustandes verwendet werden:

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

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

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

$$\Leftrightarrow \frac{V_{\text{H}_2}}{V_{\text{Kohlenwasserstoff}}} = \frac{n_{\text{H}_2}}{n_{\text{Kohlenwasserstoff}}}$$

Das Verhältnis der gemessenen Volumina ergibt daher direkt das Verhältnis der Stoffmengen von Wasserstoff und dem Probegas. Da Wasserstoff nur als Dimer vorliegt, ergibt sich die Anzahl der Wasserstoffatome in der Verbindung durch verdoppeln des Verhältnisses. Für die gegebene Beobachtung folgt:

$$2 \cdot \frac{V_{\text{H}_2}}{V_{\text{Butan}}} = 2 \cdot \frac{57 \text{ ml}}{11 \text{ ml}} = 2 \cdot 5.18 \approx 10$$

Das Probegas enthält pro Molekül 10 Wasserstoffatome, was für Butan zu erwarten ist.

Entsorgung: Das Reaktionsrohr kann mit seiner Befüllung wiederverwendet werden.

Literatur: W. Glöckner, W. Jansen, R. G. Weissenhorn (Hrsg.), Handbuch der experimentellen Chemie – Sekundarstufe II, Band 9: Kohlenwasserstoffe, Alius Verlag Deubner, 2005, S. 60f

Soll dieser Versuch als Schülerversuch durchgeführt werden, so sollte die Reduktion der Eisenspäne im Reaktionsrohr von der Lehrperson vorbereitet werden. Das experimentelle Vorgehen und die Auswertung gleichen, mit dem Unterschied des Mehraufwandes beim Vorbereiten des Reaktionsrohres, der quantitativen Bestimmung der Kohlenstoffatome. Soll nur ein Teilschritt der quantitativen Analyse des Kohlenwasserstoffes durchgeführt werden, sei daher eher auf diesen Versuch verwiesen. Bei der Durchführung von allen Teilschritten, bietet es sich an, die SuS arbeitsteilig entweder die quantitative Bestimmung der Kohlenstoff- oder der Wasserstoffatome durchzuführen zu lassen. Eine dritte Schülergruppe kann die Bestimmung der molaren Masse des Probegases übernehmen.