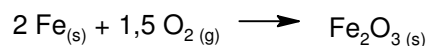
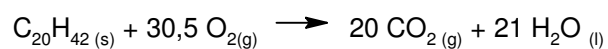


## Versuchsprotokoll

### Sauerstoffbestimmung der Luft

Gruppe 2, Typ: Assiversuch

#### 1. Reaktionsgleichung



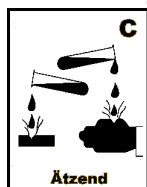
#### 2. Zeitbedarf

	Teil 1	Teil 2
Vorbereitung	5 min	10 min
Durchführung	2 min	20 min
Nachbearbeitung	1 min	5 min

#### 3. Chemikalien

Name	Summenformel	Gefahrensymbol	R-Sätze	S-Sätze	Einsatz in der Schule
Essigreiniger		-	-	-	S I
Essigsäure, konz.	$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4$	C	10-20/22-34	1/2-26-36/37/39-45	S I

#### Gefahrensymbole



#### 4. Materialien/Geräte

große Glasschale, abgeschnittener Zylinder mit Stopfen, Teelicht, Stativmaterial, Glasrohr mit 2 Stopfen, Stahlwolle, Lebensmittelfarbe

## 5. Versuchsaufbau

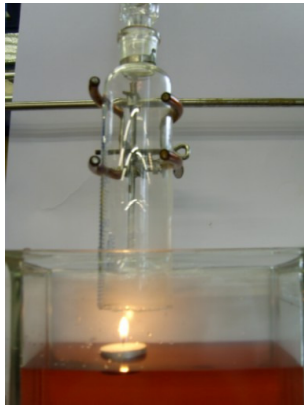


Abb. 1: Versuchsaufbau Bestimmung des Luftsauerstoffs mit Kerzenversuch



Abb. 2: Versuchsaufbau Bestimmung des Luftsauerstoffs mit Stahlwolle

## 6. Versuchsdurchführung

Die Wasserschale wird zur Hälfte mit Wasser gefüllt. Zur besseren Sichtbarkeit wird das Wasser mit Lebensmittelfarbe gefärbt. Anschließend wird das Teelicht auf die Wasseroberfläche gesetzt und angezündet. Der Zylinder wird mit dem Stopfen oben verschlossen und über die Kerze gestülpt, bis der Glasrand ganz knapp ins Wasser eintaucht. Der Wasserstand wird beobachtet.

Das Glasrohr wird an einer Seite mit einem Stopfen verschlossen. Anschließend gibt man einen kleinen Bausch Stahlwolle hinein und füllt mit konz. Essigsäure bis zu Rand auf. Das Glasrohr wird mit dem zweiten Stopfen verschlossen und so in ein Gefäß mit Wasser gehalten, dass die Stahlwolle am oberen Stopfen hängt und das Glasrohr eben in das Wasser eintaucht. Der untere Stopfen wird entfernt. Nun wird der obere Stopfen kurz angehoben, bis ein wenig Luft in das Glasrohr eingedrungen ist. Nun wird 15 min gewartet. Auch hier wird der Wasserstand beobachtet.

## 7. Beobachtung

Nach wenigen Sekunden erlischt die Kerze im ersten Versuch. Das Gasvolumen sinkt von 1000 mL auf 870 mL.

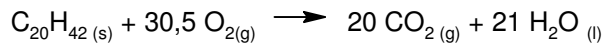
Sobald der Stopfen im zweiten Versuch unter der Wasseroberfläche entfernt wird, treten Schlieren in der Säule und in der Glaswanne auf. Das Luftvolumen beträgt 12,5 mL, der Wasserpegel ist nach 15 min um 2,5 mL angestiegen. Die Stahlwolle färbt sich an einigen Stellen rot-braun.

## 8. Entsorgung

Das Wasser aus der Glasschale kommt in den Ausguss. Die konz. Essigsäure wird neutralisiert und ebenfalls in den Ausguss gegeben. Die Stahlwolle wird trocken im Behälter für Feststoffe entsorgt.

## 9. Fachliche Analyse

Die Kerze braucht für die Verbrennung Sauerstoff. Das so genannte Stearin im Wachs (bestehend aus Kohlenwasserstoffen) reagiert mit dem Luftsauerstoff. Wird dieser verbraucht, so entsteht ein Unterdruck in dem Glaszylinder und das Wasser steigt an. Der Wasserstoff reagiert dabei mit dem Sauerstoff zu Wasser und der Kohlenstoff mit dem Sauerstoff zu Kohlenstoffdioxid. Ist der Luftsauerstoff aufgebraucht erlischt die Kerze.



Die Gasvolumenabnahme in diesem Versuch beträgt rund 8 %.

Da die Luft zu 21 % aus Sauerstoff besteht, liegt die Vermutung nahe, dass das Wasser, wie im Versuch beobachtet, um 1/5 des Ausgangsvolumens ansteigen müsste, da ja der Sauerstoff verbraucht wird und aufgrund des Druckausgleiches das Wasser dieses Volumen ausfüllt. Diese Situation würde jedoch nur eintreffen, wenn sich das entstehende Kohlenstoffdioxidgas vollständig im Wasser lösen würde. Dies ist jedoch nicht der Fall. Gaschromatographisch wurde nachgewiesen, dass sich das Kohlenstoffdioxidgas in diesem Versuch gar nicht im Wasser löst, d.h. das Gasvolumen nimmt um 1/3 von den 1/5 weniger ab, also nur um 1/15 bzw. 7 %.

Untersucht man die Kerzenstickluft gaschromatographisch, so fällt auf, dass darin ähnlich wie in der Ausatemluft des Menschen, noch Restsauerstoff vorhanden ist, d.h. das Gasvolumen dürfte nicht einmal um 7 % abnehmen.

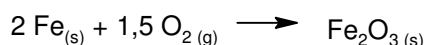
Tatsache ist jedoch, dass die Luft durch die Kerze erwärmt wird. Dadurch dehnt diese sich aus und nimmt mehr Volumen in Anspruch. Nach Verbrauch des Sauerstoffs und Erlischen der Kerze kühlt sich das Restvolumen wieder ab. Das Restvolumen hat also sowohl durch den Verbrauch des Sauerstoffs, als auch durch Abkühlen abgenommen. Dies begründet, warum man aus jedem Versuch ein anderes Ergebnis erhält, denn auch schon ein Unterschied der Raumtemperatur beeinflusst die Volumina.

Der Kerzenversuch kann also nur qualitativ, aber nicht quantitativ ausgewertet werden. Deswegen wird als Reaktionspartner mit dem Luftsauerstoff ein Reaktionspartner gesucht, der

- (1) mit dem Luftsauerstoff reagiert
- (2) nur mit dem Sauerstoff reagiert
- (3) den vorgelegten Sauerstoff vollständig verbraucht
- (4) ein festes oder flüssiges Oxid bildet

Diese Kriterien erfüllt die Eisenwolle bzw. Stahlwolle. Sie wird vor Versuchsbeginn mit konzentrierter Essigsäure von Fetten befreit und somit aktiviert.

Das Glasrohr wird vollständig mit Essigsäure befüllt im Wasser fixiert und erst dann Luft eingelassen, weil ansonsten die Stahlwolle schon mit dem Luftsauerstoff reagieren würde, bevor überhaupt der Wasserstand markiert werden kann. Strömt Luft in das Glasrohr ein, so oxidiert der Sauerstoff das Eisen, wodurch dieses eine rot-braune Färbung bekommt. Durch den Verbrauch des Sauerstoffs entsteht ein Unterdruck in dem Glasrohr, wodurch der Wasserpegel ansteigt.



Das Ausgangsvolumen in diesem Versuch betrug 12,5 mL, das Restvolumen 2,5 mL. Dies entspricht einer Gasvolumenabnahme von 20 %.

Stahlwolle dient vor allem zum Schleifen, Reinigen und Polieren von verschiedenen Oberflächen wie z.B. Holz, Metall, Kunststoff oder auch Glas. Entgegen der Vorstellung von hartem Stahl ist die Stahlwolle sehr weiche und sanft, weil sie nicht direkt aus Stahl geschnitten wird, sondern Stahldraht in kleine Fasern geschnitten wird. Je nach Messer kann feine oder grobe Stahlwolle hergestellt werden.

## 10. Didaktische Analyse

Diese Versuche können als Einleitungsversuch in das Fach Chemie allgemein dienen. Der Verbrauch von Sauerstoff ist ein chemischer Vorgang, den sich außerdem jeder vorstellen kann. Im 2. Halbjahr der 8. Klasse steht außerdem das Thema „Sauerstoff als Bestandteil der Luft und als Reaktionspartner bei Verbrennung“ im Lehrplan. Hierfür eignet sich vor allem der Kerzenversuch hervorragend. Als Lehrer muss man allerdings entscheiden, ob man diesen Versuch qualitativ oder auch quantitativ auswerten möchte. Wie in der Analyse beschrieben eignet sich dieser Versuch nicht zu quantitativen Analyse. Es muss also entschieden werden, ob man einen Versuch machen möchte, der sehr anschaulich ist und bei den Schüler für viel Interesse sorgen würde, jedoch quantitativ fehlerhaft ist, oder ob man einen quantitativ richtigen Versuch vorführen möchte, der jedoch keine spektakuläre Beobachtung erlaubt. Je nach Alter und Leistungsniveau kann man den Kerzenversuch als qualitativen Versuch auch durchführen und kurz erklären, warum der Sauerstoff nicht vollständig verbraucht wird usw..

Ob nun für den Kerzen- oder aber für den Stahlwolleversuch, die Schüler sollten vor dem Versuch wissen, dass in der Luft ein gewisser Sauerstoffanteil herrscht. Der ein oder andere wird sich vielleicht sogar daran erinnern, dass dieser Anteil 21 % beträgt.

Der zeitliche und materielle Aufwand beider Versuche ist für eine Schulstunde nicht zu groß. Es bleibt genug Zeit für die Auswertung, die im Fall von dem Versuch mit der Stahlwolle angefangen werden kann, bevor eindeutig zu erkennen ist, um wie viel das Luftvolumen nach der Reaktion abgenommen hat. In beiden Versuchen lässt sich eine Reaktion beobachten, im ersten Fall durch das Erlöschen der Kerze, im zweiten Fall durch die Färbung der Stahlwolle.

## 10. Literatur

Versuchsquelle:

[1] Wiederholt, E., *Zur Sauerstoffbestimmung der Luft im Anfangsunterricht*, in Chemie und Schule 2003/3 S. 8-12

Fachquellen:

[2] Fachinformationszentrum Chemie, <http://www.chemgapedia.de> (letzter Zugriff: 18.11.08, 22:25 Uhr)

[3] Landesinstitut für Schule Nordrhein-Westfalen, *Liste zur Einstufung von Gefahrstoffen (Soester-Liste)*, 10. Auflage, Stand: 22.06.2003, Version 2.7

[4] *Lehrplan Chemie für die Jahrgangsstufen G7 bis G12* des hessischen Kultusministeriums, 2005 ([http://www.kultusministerium.hessen.de/irj/HKM\\_Internet?uid=3b43019a-8cc6-1811-f3ef-ef91921321b2](http://www.kultusministerium.hessen.de/irj/HKM_Internet?uid=3b43019a-8cc6-1811-f3ef-ef91921321b2))

[5] Wikimedia Foundation Inc., <http://de.wikipedia.org> (letzter Zugriff: 18.11.08, 22:25 Uhr)