

## Bestimmung des Sauerstoffgehalts von Luft

### Versuchsziele

- Den Sauerstoffgehalt von Luft auf chemischem Weg bestimmen.
- Magnesium mit Sauerstoff reagieren lassen.
- Gase als Reaktionspartner kennen lernen.
- Die Hauptbestandteile von Luft erkennen.

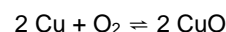
### Grundlagen

Luft besteht zum größten Teil aus Sauerstoff und Stickstoff, die sich in jedem Volumenverhältnis miteinander mischen. Die Gase liegen als Moleküle aus je zwei Atomen Sauerstoff bzw. Stickstoff vor. Chemisch unterscheiden sich die Moleküle deutlich. Im Stickstoffmolekül sind beide Atome über eine Dreifachbindung verknüpft. Alle Elektronen liegen als Elektronenpaar vor. Im Sauerstoff dagegen sind beide Atome formal über eine Zweifachbindung verbunden. Trotzdem ist der energetisch günstigste Zustand dann erreicht, wenn es zwei ungepaarte Elektronen enthält. Durch diese ungepaarten Elektronen ist Sauerstoff viel reaktiver als Stickstoff.

Sauerstoff wirkt auf viele Stoffe oxidierend. Der Name „Oxidation“ leitet sich auch von diesen Reaktionen mit Sauerstoff (Oxygen) ab. Die Reaktion läuft bei Raumtemperatur jedoch sehr langsam ab. Bei ca. 20 % Sauerstoff in der Atmosphäre ist dies auch nötig, da sonst alle Stoffe sofort oxidiert wären. Im Umkehrschluss sind die Stoffe und damit auch Materialien und Lebewesen, die es auf der Erde gibt, in der Lage, mit dieser reaktiven Sauerstoffatmosphäre umzugehen.

Sauerstoff und Stickstoff können also chemisch gut unterschieden werden. Auf diese Weise kann dann leicht der Sauerstoffgehalt von Luft bestimmt werden. Dafür wird der Sauerstoff eines definierten Luftvolumens zur Reaktion gebracht. Dies gelingt nicht bei Raumtemperatur, aber schnell in einem erhitzten Reaktionsraum. In den meisten Fällen wird Stickstoff nicht mitreagieren.

In diesem Versuch wird Kupfer verwendet, das mit Sauerstoff in einer Oxidationsreaktion zu schwarzem Kupferoxid reagiert.



Im Versuch wird eine Kupferdrahtnetzrolle verwendet, die eine große Oberfläche enthält, über die die Luft strömen kann. Sie wird vorsichtig zum Glühen erhitzt, damit die Reaktion schnell abläuft.

Nach dem Abkühlen hat sich das Volumen der Luft um den Anteil des Sauerstoffs reduziert. Der Rest der Luft wird über eine Kerze geleitet. Diese erlischt (erstickt) sofort, da es sich bei den Restbestandteilen zum größten Teil um Stickstoff handelt.



Abb. 1: Versuchsaufbau.

## Gefährdungsbeurteilung

Vorsicht beim Umgang mit dem Brenner! Lange Haare nach hinten binden!

Bei Glasbruch: Verletzungsgefahr!

Beim Experiment ist die Temperatur so bemessen, dass das Kupferdrahtnetz nicht schmilzt.

Das Überleiten der Luft sollte langsam und ohne starken Druck erfolgen. Bei starkem Druck kann die Wandung des Reaktionsrohrs durchgeblasen werden.

## Geräte und Chemikalien

1	Reaktionsrohr, Quarz, GL 18 .....	664 0771
1	Kupfer-Drahtnetzrolle, 80 x 7,5 mm Ø .....	664 079
1	Kolbenprober 100 ml.....	665 912
1	Kolbenprober 100 ml mit Dreiwegehahn .....	665 914
1	Tauchrohrmanometer nach Schiele .....	665 936
1	Kartuschenbrenner DIN Ausführung .....	666 714
1	Brenneraufsatz breit.....	666724
1	Laborboy II (Laborhebestativ) .....	300 76
6	Magnet-Hafttafel, 300 mm .....	666 4660
2	Halter, magnetisch, Gr. 1, 9...11 mm .....	666 4661
3	Halter, magnetisch, Gr. 5, 30...32 mm .....	666 4665
1	Profilrahmen C100, zweizeilig, für CPS .....	666 428
1	Glasverbinder, 2 x GL 18 .....	667 312

Zusätzlich erforderlich:

Kerze, Feuerzeug

## Versuchsaufbau und -vorbereitung

In den Profilrahmen 6 Magnet-Hafttafeln einsetzen. Darauf die Kolbenprober mit einem kleinen magnetischen Halter am Rohr und mit einem großen magnetischen Halter am Kolben fixieren. In das Reaktionsrohr die Kupferdrahtnetzrolle legen. Das Reaktionsrohr zwischen beiden Kolbenprobern platzieren und mit den GL-Verschraubungen fest und luftdicht fixieren (siehe Abb. 1). Dafür eventuell Dichtungen austauschen. Das Tauchrohrmanometer zur Hälfte mit Wasser füllen und so platzieren, dass es leicht über einen Glasverbinder mit der Apparatur verbunden werden kann.

Den Brenner auf das Laborhebestativ stellen und unterhalb des Reaktionsrohrs platzieren.

## Versuchsdurchführung

Den rechten Kolbenprober bei offenem Dreiwegehahn auf Nullstellung bringen und darüber den linken mit 100 ml Luft füllen. Den Dreiwegehahn so stellen, dass beide Kolbenprober miteinander verbunden sind, das System aber nach außen abgeschlossen ist. Um zu prüfen, ob das System dicht ist, das gesamte Gasvolumen zunächst in den rechten Kolbenprober drücken und dann hin- und her bewegen. Das Luftvolumen sollte sich dadurch nicht verändern.

*Hinweis: Kolbenprober sind dann am dichtesten, wenn zugehörige Stempel und Kolben verwendet werden. Es kann daher hilfreich sein, diese zu markieren.*

Nun kann mit dem Erhitzen der Kupferdrahtnetzrolle begonnen werden. Dafür mit leuchtender Flamme das Kupfer bis zur Rotglut erhitzen.

**Achtung!** Den Brenner nicht zu heiß stellen, da sonst das Quarzglas schmelzen kann und die Apparatur undicht wird!

So lange Luft über das glühende Kupfer leiten, bis wiederum das Volumen konstant ist. Es erhöht sich zunächst aufgrund der Erhitzung, nimmt dann aber schnell ab.

Den Brenner ausschalten und warten, bis die Apparatur abgekühlt ist.

Mit Hilfe des Tauchrohrmanometers überprüfen, ob der Innendruck gleich dem Umgebungsdruck ist. Notfalls mit den Kolbenprobern nachregeln. Dafür den Dreiwegehahn in alle Richtungen öffnen. Das neue Volumen ablesen.

Das Restgas im Kolbenprober auf seine chemischen Eigenschaften überprüfen. Dafür eine Kerze anzünden und das Gas aus dem rechten Kolbenprober heraus langsam auf die Flamme blasen.

## Beobachtung

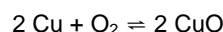
Durch das Erhitzen der Kupferdrahtnetzrolle fängt diese zunächst an, zu glühen. Nach einer Weile ist zusätzlich eine Schwarzfärbung zu erkennen.

Das Volumen in der Apparatur erhöht sich anfangs, bevor es sich von 100 ml auf ca. 76 ml reduziert.

Das Restgas in der Apparatur brennt nicht und erstickt eine brennende Kerze. Es kann also die Verbrennung nicht unterhalten.

## Auswertung und Ergebnis

Die Schwarzfärbung des Kupferdrahtnetzes beruht auf der Bildung von Kupferoxid.



Durch diese Reaktion wird der Sauerstoff komplett aus dem Gasraum entfernt. Übrig bleibt dann hauptsächlich Stickstoff. Das Volumen vermindert sich um ca. 24 ml. Damit beträgt der Sauerstoffgehalt in Luft ca. 24 %. Die vollständige Zusammensetzung von trockener Luft ist in Tabelle 1 aufgeführt.

Tab. 1: Zusammensetzung von trockener Luft.

Gas	Volumenprozent
Stickstoff	78 %
Sauerstoff	21 %
Edelgase, überwiegend Argon	0,93 %
Kohlendioxid	0,037 %

Das Restgas im Kolbenprober brennt nicht und erstickt die Flamme einer Kerze. Von dieser „erstickenden“ Eigenschaft leitet sich der Name des Gases Stickstoff ab.

## Reinigung und Entsorgung

Das geschwärzte Kupferdrahtnetz kann wieder zu Kupfer reduziert werden. Dafür die Drahtnetzrolle aus dem Verbrennungsrohr entfernen und mit einer Tiegelflange in die Brennerflamme halten. In noch heißem Zustand in ein Reagenzglas tauchen, in dem sich ca. 1 bis 2 ml 2-Propanol befinden.

**Achtung!** Reagenzglas in einem Reagenzglasständer fixieren und in gehörigem Abstand zum Brenner aufstellen. Verbrennungsgefahr!

Im Reagenzglas wird dann 2-Propanol zu Aceton oxidiert und das Kupferoxid zu Kupfer reduziert. Die rote Kupferdrahtnetzrolle trocknen lassen. So kann sie erneut für dieses Experiment eingesetzt werden. Das Gemisch aus 2-Propanol und Aceton im Behälter für mit Wasser mischbare organische Lösungsmittel entsorgen.