

Experimentelle Ermittlung der Formel von (schwarzem) Kupferoxid

Lösungsansatz:

Kupferoxid wiegen, mit Wasserstoff zu Kupfer umsetzen, das ebenfalls gewogen wird.

Aus der Massendifferenz die Masse an Sauerstoff-Atomen ausrechnen, die mit Kupfer-Atomen im Kupferoxid verbunden war. Dann Verhältnis der Masse aller Kupfer-Atome zur Masse aller Sauerstoff-Atome in der Verbindung Kupferoxid aufstellen und mit Formelvorschlägen vergleichen.

Formelvorschlag	Zahlenverhältnis Cu-Atome : O-Atome	Massenverhältnis Cu-Atome : O-Atome
CuO	1 : 1	$1 \cdot 63,5u : 1 \cdot 16u = 3,97 : 1$
Cu ₂ O	2 : 1	$2 \cdot 63,5u : 1 \cdot 16u = 7,94 : 1$
Cu ₃ O	3 : 1	$3 \cdot 63,5u : 1 \cdot 16u = 11,91 : 1$
CuO ₂	1 : 2	$1 \cdot 63,5u : 2 \cdot 16u = 1,98 : 1$
CuO ₃	1 : 3	$1 \cdot 63,5u : 3 \cdot 16u = 1,32 : 1$
Cu ₂ O ₃	2 : 3	$2 \cdot 63,5u : 3 \cdot 16u = 2,65 : 1$
Cu ₃ O ₂	3 : 2	$3 \cdot 63,5u : 2 \cdot 16u = 5,95 : 1$
Cu ₃ O ₄	3 : 4	$3 \cdot 63,5u : 4 \cdot 16u = 2,98 : 1$
Cu ₄ O ₃	4 : 3	$4 \cdot 63,5u : 3 \cdot 16u = 5,29 : 1$
Cu ₂ O ₅	2 : 5	$2 \cdot 63,5u : 5 \cdot 16u = 1,59 : 1$

Versuchsplanung:**Chemikalien:** (schwarzes) Kupferoxid [X_n], Wasserstoff [F^+]**Geräte:** Porzellan-Schiffchen, Pinzette, Reaktionsrohr aus schwer schmelzbarem Glas (Durchmesser ca. 2cm, Länge ca. 30cm, optimal aus Quarz), Stativmaterial, Gummistopfen mit langem sowie Gummistopfen mit kurzem rechtwinklig gebogenem Glasrohr, Reagenzglas mit seitlichem Ansatz und passendem, einfach durchbohrtem Gummistopfen, zur Spitze ausgezogenes (ca. 10cm langes) Gasableitungsrohr mit Eisenwolle (als Rückschlagsicherung), Schlauchmaterial, Trockenschrank, Reagenzgläser, Gasbrenner**Versuchsdurchführung:**

Das Reaktionsrohr wird an beiden Enden waagrecht an zwei Stativen befestigt, die gerüstartig miteinander verbunden sind. Am (aus Schülersicht) rechten Ende wird der Gummistopfen mit dem langen rechtwinklig gebogenen Glasrohr dicht angesetzt, das dann per passendem, einfach durchbohrten Gummistopfen mit dem Reagenzglas mit seitlichem Ansatz verbunden ist. Auf den seitlichen Ansatz wird dann das Gasableitungsrohr gesetzt. 3 Porzellanschiffchen werden leer gewogen, gestrichenvoll mit Kupferoxid gefüllt, das zuvor 1-2 Stunden bei 120°C im Trockenschrank getrocknet wurde, und dann erneut gewogen. Die Porzellanschiffchen werden nacheinander in das Reaktionsrohr geschoben, auf dessen linkes Ende dann der Gummistopfen mit dem kurzen rechtwinklig gebogenen Glasrohr dicht aufgesetzt und mit der Wasserstoffflasche verbunden wird. Man stülpt mit der Öffnung nach unten ein Reagenzglas über das Gasableitungsrohr, stellt den Wasserstoffstrom schwach ein und macht nach ca. 15sec die sog. "Knallgasprobe":

Das Reagenzglas wird beim Herunternehmen mit dem Daumen verschlossen und dann an die Arbeitsflamme eines abseits stehenden Gasbrenners gehalten.

pfeifendes Geräusch: Knallgasprobe positiv, d.h. in der Apparatur befindet sich ein explosionsfähiges Wasserstoff-Luft(-Sauerstoff)-Gemisch

"plop"-artiges Geräusch: Knallgasprobe negativ, d.h. in der Apparatur befindet sich nur noch Wasserstoff.

Wenn die Knallgasprobe negativ ausfällt, wird der ausströmende Wasserstoff entzündet und eine Flammenhöhe von ca. 3cm eingestellt. Dann wird das Reaktionsrohr vom (aus Schülersicht) linken Ende her zunehmend stärker mit der rauschenden Brennerflamme erhitzt, bis die Umsetzung in allen drei Porzellanschiffchen vollständig abgelaufen ist und sich keine Flüssigkeit mehr im Reaktionsrohr befindet. Man lässt im Wasserstoffstrom erkalten, bläst dann die Flamme aus und stellt den Wasserstoffstrom ab. Die drei Porzellanschiffchen werden in der richtigen Reihenfolge erneut gewogen. Man ermittelt die Masse aller Kupfer-Atome im entstandenen Kupfer und die Masse aller Sauerstoff-Atome, die jeweils in der abgewogenen Menge Kupferoxid mit Kupfer-Atomen verbunden war. Dann berechnet man das Verhältnis der Masse aller Kupfer-Atome zur Masse aller gebundenen Sauerstoff-Atome und vergleicht mit den Massenverhältnissen der Formelvorschläge.

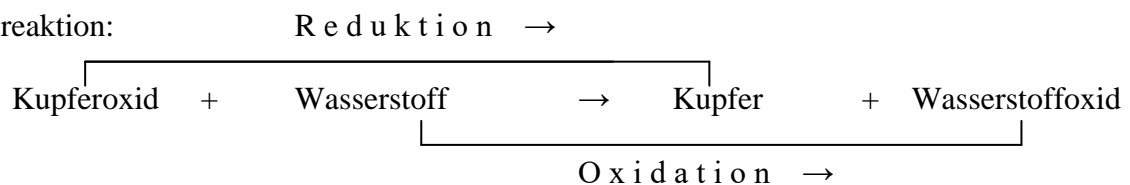
Zeichnungen:

<u>Beobachtungen:</u>	<u>Auswertung (= Mögliche Erklärung der Beobachtungen):</u>
Hält man das erste Reagenzglas an die Flamme, gibt es ein pfeifendes Geräusch.	Im ersten Reagenzglas und damit auch in der Apparatur befindet sich (noch) ein explosives Gemisch aus Wasserstoff und Luft-Sauerstoff.
Hält man das zweite Reagenzglas an die Flamme, gibt es ein "plop"-artiges Geräusch.	Im zweiten Reagenzglas und damit auch in der Apparatur befindet sich kein explosives Gemisch mehr, sondern nur noch Wasserstoff.
Nach längerem Erhitzen wird unter schwachem Glühen aus dem schwarzen Pulver ein rotes Pulver. Gleichzeitig entstehen Flüssigkeitströpfchen, die sich im Reagenzglas mit seitlichem Ansatz sammeln.	Nach ausreichender Zufuhr von Aktivierungsenergie setzt eine exotherme chemische Reaktion ein, bei der das schwarze Kupferoxid zu rotbraunem Kupfer reduziert wird durch Wasserstoff, der seinerseits zu Wasserstoffoxid (=Wasser) oxidiert wird.

Zusammenfassendes Ergebnis:

In einer exothermen chemischen Reaktion wird Kupferoxid durch Wasserstoff zu Kupfer reduziert, Wasserstoff durch Kupferoxid zu Wasserstoffoxid oxidiert:

Redoxreaktion:



Reduktionsmittel: Stoff, der die Reduktion eines anderen Stoffes bewirkt (hier: Wasserstoff)

Oxidationsmittel: Stoff, der die Oxidation eines anderen Stoffes bewirkt (hier: Kupferoxid)

Tabelle der Messdaten und Berechnungen:

	Versuch a	Versuch b	Versuch c
m(Schiffchen)	6,60g	9,12g	8,21g
m(Schiffchen mit Kupferoxid)	8,18g	12,01g	10,06g
m(Schiffchen mit Kupfer)	7,86g	11,43g	9,70g
Berechnungen:			
m(Kupferoxid)	1,58g	2,89g	1,85g
m(Kupfer)	1,26g	2,31g	1,49g
m(Sauerstoff)	0,32g	0,58g	0,36g
m(Kupfer) / m(Sauerstoff)	3,94 : 1	3,98 : 1	4,14 : 1

Der Mittelwert der drei experimentellen Massenverhältnisse beträgt 4,02 : 1 und liegt damit sehr nahe an dem Wert von 3,97 : 1, d.h. (schwarzes) Kupferoxid besitzt die Verhältnisformel Cu_1O_1 .