

Darstellung von Kupfer

Großtechnisch wird Kupfer aus Kupfererzen wie Malachit oder Azurit dargestellt. In diesem Versuch wird Malachit verwendet, das Erz wird in der Hitze zu Kupferoxid zersetzt und anschließend mit Aktivkohle zu Kupfer reduziert. Das Verfahren liefert kleine Kupfer Nuggets.

Hintergrund

Kupfer ist das erste Metall, das im großen Maßstab von den Menschen genutzt wurde. Vor etwa 5350 Jahren ist die Verwendung von Kupfer in Mitteleuropa durch Ötzi, dem Mann aus dem Eis, dokumentiert. Neben Pfeilen mit Steinspitzen fand man bei ihm ein Beil mit einer Schneide aus Kupfer.

Gefahren



Signalwort: ---



Schutzbrille tragen. Beim Einsatz der Mikrowelle erhitzt sich der Tiegel auf Rot - bis Gelbglut. Vorsicht vor den extrem hohen Temperaturen. Der Tiegel muss daher in der Mikrowelle erst 15 Minuten abkühlen, bevor er herausgenommen werden kann.

Chemikalien

Malachit, Schmuckkugeln
Aktivkohle, granuliert

Materialien

Waage mit seriellem Ausgang und USB-Adapter
Computer mit CASSY - Lab 2
Porzellantiegel (oben 35 mm Durchmesser, hohe Form) mit Deckel
Tondreieck, passend zum Porzellantiegel
Dreifuß
Mikrowelle, 800 Watt
Feuerfeste Unterlage, z. B. Schamottestein, etwa 1 cm Dicke
GST - Element (zur Herstellung Schamotte - Zement, Tonblumentopf, oben 6 - 7 cm Durchmesser)
Tiegelzange
Hammer zum Zerschlagen des Tiegels
Schraubstock, Drahtbürste zum Nachbearbeiten

Darstellung von Kupfer

Durchführung

Malachit kann zuerst durch Hitze zu Kupfer (II)-oxid zersetzt werden und dann in der Mikrowelle mit Aktivkohle zu Kupfer reduziert werden (Variante 1). Dies ist sicher der didaktischere Weg, da hier Kupfer (II)-oxid als Zwischenprodukt mit seiner typisch schwarzen Farbe leicht identifiziert werden kann.

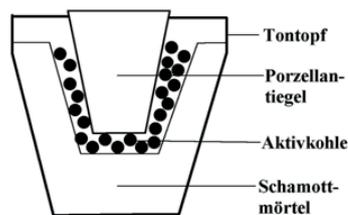
Schneller geht die Direktreduktion in der Mikrowelle mit Aktivkohle (Variante 2). Hier wird der Schritt 1 übersprungen und direkt die Malachitkugel in den Tiegel mit Aktivkohle eingelegt.

Schritt 1: Gewinnung von Kupfer (II)-oxid

1. Eine Kugel wird gewogen und in einen Porzellantiegel gegeben.
2. Der Tiegel wird mit einem Deckel verschlossen, in ein Tondreieck eingehängt, dieses über einen Dreifuß gelegt und mit dem Bunsenbrenner stark erhitzt (rauschende Flamme).
3. Nach dem Erhitzen lässt man den Tiegel mit Inhalt abkühlen und bestimmt die Masse des Inhalts.

Schritt 2: Gewinnung von Kupfer in der Mikrowelle

1. Die Kupferoxid - Kugel wird in Aktivkohle gebettet (komplett bedecken), auch etwas Aktivkohle in das GST-Element hineingeben. Tiegel in das GST - Element hineinstellen und mit Aktivkohle umgeben. Der Tiegel wird mit einem Porzellandeckel verschlossen.



2. Das GST - Element mit dem Tiegel auf eine feuerfeste Unterlage in die Mitte der Mikrowelle stellen (vorher Drehteller entfernen).
3. Mikrowelle auf voller Leistung etwa fünf Minuten laufen lassen. Falls die Aktivkohle nicht nach zwei Minuten anfängt zu glühen, das Element in der Mikrowelle anders platzieren.
4. Danach GST - Element und Tiegel abkühlen lassen.
5. Den abgekühlten Tiegel mit der Zange herausnehmen, die Aktivkohle auf eine feuerfeste Unterlage ausschütten, nach dem Kupfer suchen. Wenn man kein Nugget findet, den Tiegel zerschlagen, das Kupferstück befindet sich dann am Tiegelboden.
6. Mit dem Hammer anhaftende Porzellanstücke vom Kupfer abschlagen, das Kupferstück in einen Schraubstock einspannen und mit der Drahtbürste reinigen.
7. Die Masse des Kupfernuggets bestimmen.

Beobachtung

Wird die Malachit - Kugel zuerst im Tiegel erhitzt, erhält man eine schwarze Kugel. Beim Erhitzen knistert es, oft zerbricht die Kugel.

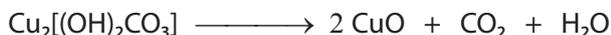
Wird das GST - Element mit dem Tiegel in der Mikrowelle erhitzt, fängt es nach kurzer Zeit an zu glühen, gegen Ende glüht auch oft der Tiegel und der Blumentopf (an manchen Stellen). Die Aktivkohle fängt an mit blauer Farbe zu brennen.

Nach dem Abkühlen findet man manchmal eine rote Kugel zwischen der ausgeschütteten Aktivkohle, oft ist das Metall geschmolzen und ist bis zum Grund des Tiegels geflossen. Oft findet man Aktivkohlestückchen eingeschmolzen. Nach dem Reinigen mit der Metallbürste leuchtet das Stück typisch rot wie Kupfer.

Darstellung von Kupfer

Erklärung

Malachit ist ein basisches Kupfercarbonat $\text{Cu}_2[(\text{OH})_2\text{CO}_3]$, in dem Kupfer in der Oxidationsstufe + II vorliegt. Durch Erhitzen lässt sich Malachit unter Abspaltung von Kohlenstoffdioxid und Wasser in schwarzes Kupfer (II)-oxid überführen:



Die entstehenden Gase Kohlendioxid und Wasser sind dafür verantwortlich, dass man ein Knistern hört und die Kugel manchmal auseinander bricht. Insgesamt ist das Kupfer (II)-oxid sehr brüchig.

Ebenfalls in einer stark endothermen Reaktion wird in der Mikrowelle das Kupfer (II)-oxid mit Kohlenstoff zu Kupfer reduziert. Es entsteht Kohlenmonoxid bzw. Kohlendioxid:



Die blaue Flamme ist auf das Kohlenmonoxid zurückzuführen, das hier abfackelt. Messungen haben keine nachweisbaren Kohlenmonoxidkonzentrationen außerhalb der Mikrowelle ergeben.

Kohlenstoff in Form von Aktivkohle ist hier sowohl das Reduktionsmittel als auch der Suszeptor, der sich durch Mikrowellenstrahlung anregen lässt und sich bis zur Gelbglut aufheizt.

In der Originalliteratur (Lit. 1) wird vorgeschlagen, die Reduktion nicht in der Mikrowelle sondern ebenfalls über dem Bunsenbrenner durchzuführen. Allerdings sind dort Zeiten von 90 Minuten angegeben. Der Einsatz der Mikrowelle ist daher ein großer Zeitvorteil.

Bei der Mikrowelle ist die entstehende Temperatur aber so groß, dass meist das entstehende Kupfermetall zu einem Regulus oder Nugget zusammenschmilzt und die runde Kugelform in den seltensten Fällen erhalten bleibt.

Einsatz von CASSY - Lab

Über eine Formel kann die Masse der Malachitkugel, die über ein angeschlossene Waage geliefert wird, direkt in die zu erwartende Kupfermasse umgerechnet werden.

Bau eines GST-Elementes

Der Begriff GST - Element wurde von Lühken geprägt (Lit. 2), GST steht für Graphit-Suszeptor-Tiegel. Ein GST - Element kann leicht selbst aus einem Blumentopf und Schamotte - Zement hergestellt werden. Im Baumarkt findet man kleine Packungen davon, die nach Anleitung angerührt werden. Der Zement soll nicht mehr fließen. Damit wird der Blumentopf ausgekleidet und mit dem Finger (Nitril - Schutzhandschuh verwenden) eine Mulde geformt, in die, nach dem Trocknen, der Tiegel gestellt wird.

Entsorgung

Die Aktivkohle kann wieder verwendet werden, das Kupfernugget kann an Schüler verschenkt werden.

Literatur

- (1) Johnson, Cris E. et. al: Copper Metal from Malachite circa 4000 B.C.E. J. Chem. Educ. 2004 81 (12) S. 1777
- (2) Lühken A., Bader H.J.: Hochtemperaturchemie im Haushalts-Mikrowellenofen. CHEMKON, 2001(1) S. 7-14