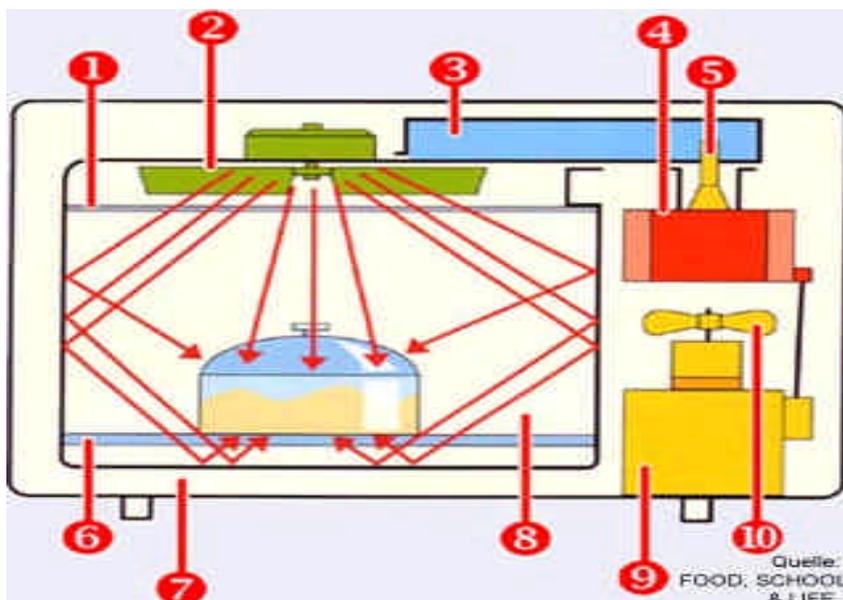


## **Inhaltsverzeichnis**

Einleitung	Seite 2
Herstellung eines GST Elements	Seite 4
Ermittlung des Hot-Spots	Seite 5
1.Versuch: Gelbmessing	Seite 7
2.Versuch: Bologneser Leuchtstein	Seite 9
Vorversuch zur Glasherstellung	Seite 11
3.Versuch: Glasherstellung	Seite 13
4.Versuch: Thenards Blau	Seite 15
5.Versuch: Aluminiumreguli	Seite 17

## Einleitung

Die Mikrowelle (Mikrowellenherd) ist ein sehr nützliches Gerät zum Aufwärmen von Speisen, Flüssigkeiten und anderen geeigneten Stoffen mit Hilfe der Absorption von Mikrowellen. Auch ist sie in vielen Gebieten wie z.B. in Synthesevorgängen oder Destillationen einsetzbar. Zum Teil ist die Mikrowelle, wie sie in Haushalten benutzt wird für solche Zwecke einsetzbar. In der Industrie werden andere Mikrowellenherde, die sich preislich und in ihrer Funktion drastisch von Haushaltsmikrowellenherde unterscheiden eingesetzt. Der Aufbau eines Mikrowellenherdes sieht im Grundaufbau immer gleich aus.



Mikrowellenofen

(1) Deckplatte, (2) Reflektorflügel, (3) Hohlleiter, (4) Magnetron, (5) Koppelstift, (6) Bodenplatte, (7) Gehäuse, (8) Garraum, (9) Elektronik, (10) Kühlgebläse

Die Mikrowellen werden durch ein Magnetron erzeugt und über einen Hohlleiter in den Garraum des Mikrowellenherdes geleitet. Der Raum ist so konstruiert, dass die Mikrowellen nicht die Möglichkeit haben, nach Außen durchzudringen, somit besteht keine Gefahr für den Verbraucher. Das Magnetron benötigt für seine Anwendung eine exorbitante Anodenspannung von 5 kV (5000V), diese wird durch einen Hochspannungstransformator und einer Spannungsverdopplungs-

schaltung erzeugt. Die Hochspannung besteht aus einem pulsierenden Gleichstrom.

Wie das Magnetron wird auch dessen Glühkathode von dem Hochspannungstransformator mit Strom versorgt. Durch diese Versorgung entsteht Wärme, die mittels eines Ventilators in den Garraum geleitet wird.

Natürlich hat jeder Mikrowellenherd eine Tür, die sehr wichtig für die Sicherheit des Verbrauchers ist. Durch den Verschlussmechanismus der Türe des Mikrowellenherdes wird bei der Benutzung verhindert, dass beim Öffnen der Türe schädliche Mikrowellen nach Außen dringen, da sich das Gerät automatisch abschaltet. Zusätzlich gewährt die Tür durch ein Lochblech Einblick in den Garraum. Das Lochblech verfügt über Öffnungen, deren Abstand weitaus geringer ist als eine halbe Wellenlänge der Mikrowelle, das erklärt auch, warum die Mikrowellen nicht austreten können. Zur vollständigen Strahlenauslöschung hat die Mikrowelle wenige Millimeter vor dem Lochblech eine Scheibe, die verhindert, dass die Strahlung der Mikrowellen direkt auf das Lochblech trifft.

Zum Wirkungsgrad lässt sich folgendes sagen:

Im Gegensatz zum Elektroherd der ca. 100 % der elektrischen Energie in Wärme umwandelt, verwandelt der Mikrowellenherd nur 50-60 %. Jedoch heizt der Mikrowellenherd gezielt die zu erwärmende Speise, da die Mikrowellen direkt in diese eindringen und nicht, wie beim Elektroherd zuerst den Herd bzw. Umgebung aufheizen. Bei kleineren Mengen zum Erwärmen von Speisen ist daher der Mikrowellenherd ökonomisch günstiger.

## **Herstellung des GST-Elementes**

### **(Graphit-Suszeptor-Tiegelsystem-Element)**

Suszeptor = Sammler

#### Materialien

- Graphitspray
- Ofenmörtel (muss bis 1200 °C beständig sein),
- Porzellantiegel (20 ml)
- Tonblumentopf (100 ml) (aus Ton)
- Luftballon
- Spatel
- Trockenschrank

#### Durchführung

Zunächst wird der Ofenmörtel so lange mit Wasser vermennt (Wasser zu Mörtel im Verhältnis 1:4), bis eine zähe Masse entsteht. Der angerührte Brei wird in einen Tonblumentopf (100ml) gefüllt. Danach wird ein Porzellantiegel, welcher zuvor in eine Luftballonhülle gedrückt wurde, in die Masse hinein gedrückt. Es sollten nur noch die oberen 0,5 cm des Tiegels sichtbar sein. Mit einem Spatel wird die überstehende Mörtelmasse glatt gestrichen. Zusätzlich benutzt man den Spatel dazu, um eine kleine Einkerbung neben dem Porzellantiegel in den Mörtel zu drücken. Dies hat den Vorteil, dass bei der späteren Verwendung des GST-Elements der Porzellantiegel mit einer Tiegelzange leichter aus der Form geholt werden kann. Danach wird der Blumentopf mit dem Porzellantiegel in den Trockenschrank gegeben und der Mörtel bei 80 – 90 °C mehrere Stunden getrocknet. Sollte kein Trockenschrank vorhanden sein, lässt man das erstellte GST-Element längere Zeit an der Luft trocknen.

Nachdem das GST-Element trocken ist, wird der Tiegel mit dem Luftballon aus der Form gezogen und von dem Luftballon befreit. Anschließend wird die Mörteloberfläche der Tiegelhöhle mehrmals mit Graphit besprüht.

Zur Durchführung von Versuchen wird das GST-Element auf einen Gasbetonstein in den Mikrowellenofen ohne Drehteller in einen Bereich hoher Strahlungsintensität (Hot-Spot) gestellt.

## **Ermittlung des Hot-Spots (Punkt der größten Strahlungsintensität)**

Man nennt diesen Punkt auch den Punkt der Mikrowelle, an der die höchste Temperaturentwicklung möglich ist.

### Geräte und Materialien

- Haushaltsmikrowellenofen (800 Watt)
- Papiertücher
- Thermo-Faxpapier
- Keramikplatte oder Plexiglasscheibe
- Tesafilm oder Klebeband

### Durchführung

Zunächst wird die Mikrowelle komplett ausgeräumt, d.h. Drehteller oder anderes. Es wird nun eine geeignete Unterlage für den Versuch in die Mikrowelle gestellt, diese sollte den kompletten Boden bedecken.

Auf der Platte wird ein Papiertuch mit Tesafilmstreifen befestigt, es sollte darauf geachtet werden, dass das Papier die komplette Platte bedeckt. Auf das Papiertuch wird das Thermo-Faxpapier glatt aufgetragen und wieder mit Tesafilmstreifen in dem Haushaltsmikrowellenofen befestigt. Die Türe wird geschlossen und bei maximaler Leistung so lange eingeschaltet, bis sich eine Schwärzung auf dem Thermo-Faxpapier abzeichnet.

### Beobachtung

### Ergebnis

Erklärung des Versuchs

Schon nach einigen Sekunden sieht man an einer Stelle die erste Schwarzfärbung, nun kann der Versuch sofort beendet werden. Die Schwarzfärbung zeigt, wo die Strahlungsintensität am größten ist und somit dort der Hot-Spot liegt. Das feuchte Papiertuch wird an diesem Punkt schneller erhitzt und daher das Wasser früher verdampft. Hohe Temperaturen verursachen die Schwärzung des Thermo-Faxpapiers.

Nun sind alle Vorbereitungen für die folgenden Versuche abgeschlossen.

## **Versuch 1: Darstellung von Gelbmessing**

### Fachlicher und geschichtlicher Hintergrund

Messing ist eine Legierung, die aus Kupfer und Zink besteht. Kupfer, das den Menschen schon vor langer Zeit bekannt war, ist gesundheitsunschädlich, ebenso wenig wie Zink. Daher kann man diesen Schulversuch ohne Probleme und Sicherheitsvorkehrungen durchführen. Messing ist schon seit dem dritten Jahrtausend v. Ch. bekannt. Seitdem wurden daraus hauptsächlich Schmuck und Kunstgegenstände hergestellt. Ebenso werden viele Blechinstrumente aus Messing hergestellt.

### Ziel des Versuchs

Die Herstellung von Gelbmessing aus Kupfer und Zink

### Erklärung und Musterergebnis

Nach kurzer Zeit fängt der Tiegel in der Mikrowelle an zu glühen. Nachdem die 10 Minuten verstrichen sind, befreit man den Inhalt vom Tiegel.

Es ist eine Oxidschicht erkennbar. Unter dieser Schicht befindet sich das Gelbmessing (meist ein kleiner goldener Tropfen).

Auf dem Amboss ist es mit dem Hammer verformbar.

Kupfer und Zink bilden eine Verbindung (CuZn), je nach Zusammensetzung können sich die Ergebnisse von einander unterscheiden.

Es gibt verschiedene Verbindungen, diese unterscheiden sich in der Zahl nach der Verbindung, wie z.B  $\text{CuZn}_{35}$ .

### Geräte und Chemikalien:

- GST-Element
- Gasbetonstein
- Tiegelzange
- Spatel
- Reibschale (Mörser und Pistill)
- Hammer
- Laborwaage
- Amboss
- Kupfer (Cu) (feines Pulver)
- Zink (Zn) (feines Pulver)

## Schulversuche in der Mikrowelle – Hochtemperaturversuche

### Durchführung

In einer Reibschale werden 4 g Kupferpulver (Cu) mit 2 g Zinkpulver (Zn) sorgfältig zerrieben. Danach wird der Porzellantiegel mit dem Gemenge zur Hälfte oder zu 2/3 befüllt und mit einem Porzellandeckel abgedeckt.

Anschließend wird der Porzellantiegel wieder in das GST-Element gestellt.

Das GST-Element befindet sich auf dem Gasbetonstein, der sich auf dem Hot-Spot befindet.

Nun wird bei 800 Watt 10 Minuten lang geglüht. Der Porzellantiegel muss bedeckt sein, da bei diesem Versuch Zinkoxid-Rauch entsteht. Es wäre ratsam diesen Versuch im Abzug durchzuführen. Nach den 10 Minuten wird der Tiegel aus der Mikrowelle geholt, der Tiegel samt Inhalt glüht stark gelb/orange.

Nachdem der Tiegel abgekühlt worden ist, kann man versuchen den Inhalt herauszulösen, sollte dies nach mehreren Versuchen nicht gelingen kann man den Tiegel in ein Handtuch einhüllen und mit einem Hammer die Tiegelhülle zerstören. Mit dem Hammer kann man das erhaltene Gelbmessing auf dem Amboss verformen, um sich von seinen metallischen Eigenschaften zu überzeugen.



Gelbmessing

### Beobachtungen

### Ergebnis

## **Versuch 2: Bologneser Leuchtstein**

### Fachlicher und geschichtlicher Hintergrund

Der Bologneser Leuchtstein ist ein anorganisches Luminophors, das im Jahre 1602 zuerst von dem Schuster Vincentinus Casciarolus in Bologna hergestellt wurde. Es war das erste anorganische Luminophors, bei dem die Darstellung beschrieben wurde. Durch Glühen von Schwerspat und Weizenmehl wurde der Bologneser Leuchtstein hergestellt.

Reaktionsgleichung             $\text{BaSO}_4 + 4 \text{C} \rightarrow \text{BaS} + 4 \text{CO}$

### Ziel des Versuchs

Herstellung eines Bologneser Leuchtsteins mit Bariumsulfat ( $\text{BaSO}_4$ ) und Weizenmehl.

### Geräte und Chemikalien

- GST-Element
- Gasbetonstein
- Tiegelzange
- Reibschale (Mörser mit Pistill)
- Spatel
- Laborwaage
- UV-Lampe
- Bariumsulfat ( $\text{BaSO}_4$ )
- Weizenmehl

### Erklärung und Musterergebnis

Nach dem Glühen erhält man einen inhomogenen, farblosen und porösen Feststoff.

Als Pulver wird er unter die UV-Lampe gelegt (256 nm), nun erkennt man eine orange leuchtende Farbe auf der Pulveroberfläche.

Durch Reduktion des Schwefels von der Oxidationsstufe +6 nach -2 entsteht Bariumsulfid ( $\text{BaS}$ ) und Kohlenmonoxid ( $\text{CO}$ ), die entstehende Sulfid-Verbindung ist für den Geruch nach verfaulten Eiern verantwortlich. Unter der UV-Lampe ist eine Lumineszenz erkennbar.

## Schulversuche in der Mikrowelle – Hochtemperaturversuche

### Durchführung

Es werden 3 g Bariumsulfat ( $\text{BaSO}_4$ ) mit 4 g Weizenmehl in der Reibschale vermischt und in einen Porzellantiegel gegeben (ca. zur Hälfte oder mehr befüllen). Anschließend stellt man das GST-Element mit dem Porzellantiegel auf den Gasbetonstein in der Mikrowelle und glüht bei 360 Watt 12 Minuten lang. Nach dem Abkühlen, wird der Inhalt des Porzellantiegels unter einer UV-Lampe (bei ~256 nm) ausgebreitet.

Es muss darauf geachtet werden das die Umgebung der UV-Lampe abgedunkelt ist.



Bologneser Leuchtstein

### Beobachtung

### Ergebnis

## **Vorversuch zur Glasherstellung**

Bevor die Glasherstellungsversuche durchgeführt werden, ist es empfehlenswert Vorversuche durchzuführen. Ein sehr einfacher Vorversuch ist die Herstellung von Boraxperlen.

Dieser Vorversuch ist zugleich ein qualitativer Nachweis für Cobalt.

### Reaktionsgleichung

Bsp. mit Cobalt(II)-oxid (CoO)



### Ziel des Versuchs

Herstellung einer Boraxperle unter Zusatz von Färbungschemikalien.

### Materialien

- Borax ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \times 10 \text{H}_2\text{O}$ )
- Magnesiastäbchen
- Tüpfelplatte
- Brenner mit Schlauch

Um die Boraxperlen zu färben, werden folgende Chemikalien verwendet:

- Cobaltoxid CoO (blau),
- Chrom(III)-oxid  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (grün)
- Eisen(III)-oxid  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (gelb)
- Kaliumpermanganat  $\text{KMnO}_4$   
(braun/violett)
- Kupfersulfat  $\text{CuSO}_4$  (türkis)
- Selen(rot)

Durchführung

In eine Mulde der Tüpfelplatte wird Borax hineingegeben. In eine zweite Mulde werden zwei Spatelspitzen der zuvor ausgesuchten Metallverbindung gegeben. Das Magnesiastäbchen wird an einem Ende über den Brenner gehalten, bis es anfängt zu glühen. Wenn es glüht, wird es schnell in das Borax ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \times 10 \text{H}_2\text{O}$ ) getaucht und danach wieder in die Brennerflamme gehoben. Durch Drehen in der Brennerflamme schmilzt das Borax und wird gleichzeitig zu einer Perle geformt. Die glühende Perle am Magnesiastäbchen wird nun kurz in die Färbungschemikalie gehalten, dabei nimmt die Perle wenige Kristalle auf. Die Perle wird wieder in die Flamme gehalten und unter Drehen erneut geschmolzen. Nach dem Abkühlen der Perle erhält man die gewünschte Boraxperle mit der entsprechenden Farbe.

Beobachtung

Ergebnis

### **Versuch 3: Glasherstellung**

Glas ist ein amorpher (Die Atome sind nicht wie in einem kristallinen Stoff geordnet) Feststoff. Der Begriff „amorph“ kommt aus dem Griechischen und bedeutet „ohne Gestalt“. Es gibt eine Vielfalt von verschiedenen Gläsern, wie zum Beispiel: Fensterglas, Flaschenglas, Trinkgläser, Lampenglas.

#### Benötigte Materialien und Geräte

- Mikrowelle
- GST-Element
- Gasbetonstein
- Glasherstellungsmischung  
und
- Färbungschemikalie  
( $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$ )
- Tiegelzange
- Keramikplatte
- Reibschale (Mörser und Pistill)
- Handschuhe

#### Versuchsdurchführung

Die Glasherstellungsmischung wird in eine Reibschale gegeben und mit der Färbungschemikalie Kupfersulfat-Pentahydrat ( $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$ ) versetzt (ca. 1-2 Spatelspitzen).

Nach gründlichem Verreiben der Mischung, wird der Porzellantiegel mit dieser zu 2/3 aufgefüllt.

Der Porzellantiegel wird nun in das GST-Element gestellt.

Anschließend wird der Gasbetonstein auf den zuvor ermittelten Hot-Spot gelegt.

Der Gasbetonstein dient als Unterlage für das GST-Element. Nun wird bei 800W 5 Minuten lang geglüht.

Mit der Tiegelzange wird das GST-Element mit dem Tiegel auf eine Keramikplatte gestellt. Die Schmelze muss sofort auf die Keramikplatte getropft werden (bevor sie fest wird). Es sollte darauf geachtet werden, dass möglichst kleine Perlen entstehen.

Die Perlen werden ca. 10 min an der Luft gekühlt.



Glasperlen

Anmerkung

Es können andere Glasfärbungen mit anderen Metalloxiden erzielt werden.

$\text{Fe}_2\text{O}_3$  → Gelbes Glas

$\text{Cr}_2\text{O}_3$  → Grünes Glas

Zusammensetzung der Glasherstellungsmischung (farblos)

- 1,7g  $\text{CaCO}_3$
- 1,8g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$
- 10,6g  $\text{H}_3\text{BO}_3$
- 1g Quarz-Sand
- 2,5g  $\text{Li}_2\text{CO}_3$

## **Versuch 4: Thenards Blau**

### Fachlicher und geschichtlicher Hintergrund:

Thenards Blau ist ein himmelsblaues Pigment mit der Formel  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$ . Dieses Pigment wird u.a. verwendet um Kobaltglas herzustellen. Der französische Chemiker Louis-Jacques Thenard (\* 4. Mai 1777 in La Louptière, nahe Nogent-sur-Seine (Aube), † 21. Juni 1857 in Paris) stellte Thenards Blau durch Glühen von Kobaltcarbonat mit Aluminium(III)-oxid und Kaliumchlorid als Flussmittel dar. Im Pigment liegen die Kobaltoxide sehr stabil vor und sind daher gesundheitsunschädlich, da es chemisch schwer abbaubar ist.

**Flussmittel** sind Zusatzstoffe, die den Schmelzvorgang und die Handhabung geschmolzener Stoffe erleichtern sollen.

### Ziel des Versuchs

Herstellung eines Farbpigments.

### Geräte und Chemikalien

- GST-Element
- Gasbetonstein
- Haushaltsmikrowellenofen (800 Watt)
- Trockenschrank
- Schnellauftrichter mit Filterpapier
- pH-Papier
- Tiegelzange
- Kobalt(II)Nitrat
- Aluminiumsulfat
- verdünnter Ammoniak  
c = (2 mol / l) (bzw. 2M)

### Durchführung

Es wird eine Lösung aus Kobalt(II)Nitrat und Aluminiumsulfat (im stöchiometrischen Verhältnis 1:2) hergestellt. Es muss darauf geachtet werden,

### Schulversuche in der Mikrowelle – Hochtemperaturversuche

dass sich alles komplett löst. Mit 2M Ammoniak wird diese Lösung auf pH 6-7 gebracht.

Es fallen nun die Hydroxide von Kobalt und Aluminium aus ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Co}(\text{OH})_2$ ). Die Flüssigkeit ist dickflüssig und erinnert an Joghurt. Diese wird danach abfiltriert und im Trockenschrank getrocknet. Nach dem Trockenvorgang kommt dieser Feststoff in das GST Element und wird bei 800 Watt 4 Minuten geblüht.



Thenards Blau

### Beobachtung

### Ergebnis

## **Versuch 5: Aluminiumreguli**

### Fachlicher Hintergrund

Aluminiumreguli sind kleine Kügelchen aus gehärtetem Aluminium

### Ziel des Versuches:

Die Veränderung der physikalischen Eigenschaften einer Alufolie.

### Geräte und Chemikalien:

- GST-Element
- Gasbetonstein
- Haushaltsmikrowellenofen (800 Watt)
- Porzellantiegel
- Keramikplatte
- Filtertrichter mit Filterpapier
- Schere
- Becherglas
- Brenner
- Aluminiumreste (wie z. B. Teelichtschalen, Aluminiumfolie)
- Natriumchlorid

### Durchführung

Mit der Schere werden kleine Aluminiumstücke zurechtgeschnitten. In den Mikrowellenofen wird ein mit etwa 2/3 Natriumchlorid gefüllter Porzellantiegel im GST-Element hineingestellt. Der Mikrowellenofen wird 10 Minuten bei 800 Watt eingeschaltet. Nach dem Glühen wird das GST-Element mit Tiegel aus dem Mikrowellenofen genommen und auf einer Keramikplatte abgestellt. In die Kochsalzschmelze werden vereinzelte Aluminiumstücke, die vorher zurechtgeschnitten wurden, dazu gegeben. Man lässt die Schmelze abkühlen. Als nächstes wird auf dem Brenner die erstarrte Kochsalzschmelze in einem Becherglas mit Wasser gekocht. Die erstarrte Schmelze löst sich im heißen Wasser.

Die Lösung wird abfiltriert. Nach diesem Vorgang bleiben auf dem Filterpapier Aluminiumregulis zurück.

## Schulversuche in der Mikrowelle – Hochtemperaturversuche

Beobachtung

Ergebnis