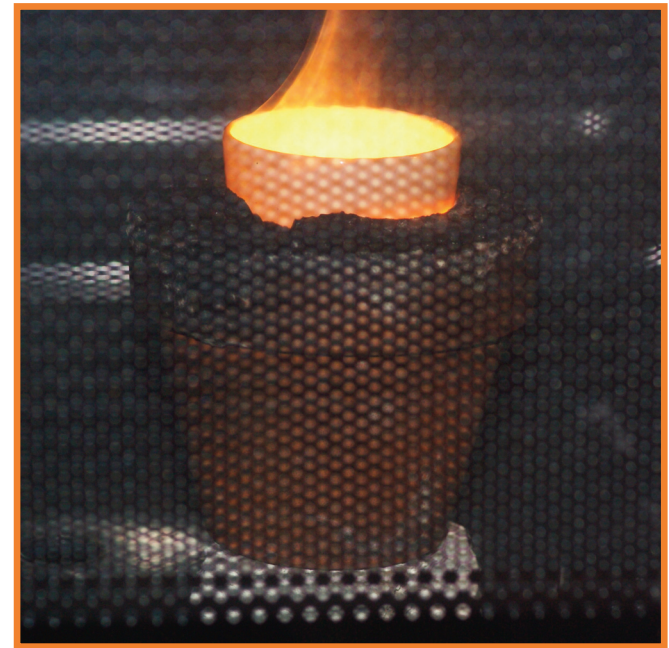


Chemie in der Mikrowelle

- 1 Luftballonversuch
- 2 Wassergehalt verschiedener Fette
- 3 Herstellung einer Creme
- 4 Aktivkohle in der Mikrowelle
- 5 Herstellung eines Polyesters
- 6 CD in der Mikrowelle
- 7 Hot-Spot-Ermittlung
- 8 Erzeugung von Plasma
- 9 GST-Element-Herstellung
- 10 Herstellung einer Legierung: Gelbmessing
- 11 Herstellung der farblosen Glasgrundmischung
- 12 Herstellung von Glas

Grundlagen zur Verwendung der Haushaltsmikrowelle

Chemie in der Mikrowelle





„Chemie in der Mikrowelle“
am Tag der Wissenschaft
an der Universität Stuttgart

Chemie in der Mikrowelle

Energieeffizienz und wirtschaftlicher Umgang mit Ressourcen werden immer wichtiger. Die Mikrowelle liefert hierzu einen wichtigen Beitrag, da sie viele chemische Reaktionen optimiert: die Reaktionszeit wird verkürzt, Produktverteilung und Ausbeute sind häufig besser, man kann mit wenig Substanz auf kleinem Raum arbeiten, das Arbeiten wird komfortabler und sicherer.

Die Optimierung chemischer Reaktionen wird durch den andersartigen Energieeintrag ermöglicht: im Gegensatz zu herkömmlichen Energiequellen wie Bunsenbrenner oder Heizplatte, bei denen der Energieeintrag von außen erfolgt, findet bei der Mikrowelle der Energieeintrag im Gut selbst statt. Auf diesem Wege sind sogar völlig neue Synthesen, vor allem in der organischen Chemie, möglich.

„Chemie in der Mikrowelle“ erschließt einen neuen Bereich für die Schulchemie: der Einsatz einer Haushaltsmikrowelle ermöglicht unter Berücksichtigung der speziellen Eigenschaften der Mikrowelle interessante, manchmal auch verblüffende chemische Experimente.

Für die Experimente des Seminars „Chemie in der Mikrowelle“ benötigen Sie

Geräte und Materialien: Mikrowelle, Luftballons, Pipette, Schnapdeckelgläser, Spatel, Watte, Filzstift, Bechergläser 250 mL, Glasstab, Uhrglas, Bechergläser 100 mL, CD, Küchenkrepp, Gasbetonstein, Kork (ca. 2 cm hoch), Streichhölzer, Becherglas 400 mL (hohe Form), zugeschnittene Styroporplatte, Thermo-Fax-Papier, Wasserzerstäuber, Filzstift, Tontopf (Blumentopf, Ø 6 cm, wenn möglich ohne Loch), Tiegelzange, Porzellantiegel, Graphitspray, Ofenmörtel, Waage, Mörser und Stößel, Spatel, GST-Element (siehe 9), Keramikplatte, Schutzhandschuhe (z. B. Bauhandschuhe), Schutzbrille, Porzellandeckel.

Stoffe: Wasser, Butterschmalz, Butter, Halbfettbutter, Pflanzenöl, Tegomuls 90S (molekulardestilliertes Glycerinmonostearat), Cetylpalmitat, Parfümöl, Glycerin, Citronensäure, Traube, gekörnte Aktivkohle, Zn-Pulver, Cu-Pulver, Sn-Pulver, Borsäure (H_3BO_3), Lithiumcarbonat (Li_2CO_3), Natriumcarbonat (Na_2CO_3), Calciumcarbonat (CaCO_3), Quarz (SiO_2), Chromoxid (Cr_2O_3), Eisenoxid (Fe_2O_3), Kupfersulfat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

1

Luftballonversuch

Mit diesem Versuch soll verdeutlicht werden, dass Mikrowellenstrahlung leicht bewegliche Dipole - z. B. Wasser - anregt.

Geräte:

Mikrowelle
2 Luftballons (helle Farbe), Pipette

Benötigte Stoffe:

Wasser

Experiment:

Die Mikrowelle auf 800 Watt stellen.

Mit der Pipette nimmt man 1-2 mL Wasser auf, befüllt damit einen Luftballon und verknotet diesen. Der andere Luftballon wird unbefüllt verknotet.

Beide Luftballone legt man nebeneinander an den Rand des Glasdrehellers, stellt die Zeitschaltuhr auf 1 Minute und startet die Mikrowelle.

Nach wenigen Sekunden bläst sich der mit Wasser befüllte Luftballon auf (und wird heiß). Mikrowelle sofort öffnen.

Der unbefüllte Luftballon bläst sich nicht auf.

Hintergrund:

Flüssiges Wasser besitzt leicht bewegliche Dipole, welche durch die Mikrowellenstrahlung zu Rotationen angeregt werden. Da Flüssigkeiten dicht gepackt sind, erzeugt die Rotation Stöße, Wasser wird erhitzt und verdampft, der Wasserdampf bläst den Luftballon auf.

Nach dem Abkühlen fällt der Luftballon wieder zusammen.

Stichworte zum Weiterforschen:

- Elektronegativität
- polare und unpolare Substanzen
- Wasser als Dipolmolekül



2

Wassergehalt verschiedener Fette

Hierbei soll noch einmal die Anregbarkeit leicht beweglicher Dipole durch Mikrowellen - im Gegensatz zu unpolaren Substanzen - verdeutlicht werden.

Geräte:

Mikrowelle

3 Schnappdeckelgläser, Spatel, Watte, Filzstift

Benötigte Stoffe:

Butterschmalz, Butter, Half fettbutter

Experiment:

Mikrowelle auf 360 Watt stellen.

In das erste Schnappdeckelglas streift man auf halber Höhe des Glases mit dem Spatel ein haselnussgroßes Stück Butterschmalz ab. Ebenso befüllt man das zweite und dritte Schnappdeckelglas mit Butter und Half fettbutter. Zum Schluss schließt man die Schnappdeckelgläser mit einem Wattepfropf und beschriftet sie.

Die 3 Gläser werden nebeneinander an den Rand des Glasdrehers der Mikrowelle gestellt. Die Zeitschaltuhr auf 2 Minuten stellen und die Mikrowelle starten.

Jetzt beobachtet man, in welcher Reihenfolge die Fettstücke schmelzen und nach unten tropfen.

Sobald die Fettstücke geschmolzen sind, wird die Mikrowelle geöffnet.

Wie verhalten sich die Fette beim Abkühlen, sind alle 3 Gläser gleich heiß?

Hintergrund:

Die gering polaren Fettmoleküle werden durch die Mikrowellenstrahlung nur wenig angeregt. Also ist der Wassergehalt für die Erwärmung entscheidend.

Half fettbutter mit einem Fettgehalt von 40 % schmilzt zuerst,

Butter mit einem Fettgehalt von 82 % schmilzt als nächstes,

Butterschmalz mit einem Fettgehalt von 99 % schmilzt zuletzt.

Stichworte zum Weiterforschen:

- Polarität einer Substanz

- Aufbau von Fetten



3

Herstellung einer Creme

Bei diesem Versuch wird auf einfache Art und Weise eine Creme in Form einer Emulsion aus wässriger und fetthaltiger Phase mittels Emulgator hergestellt.

Geräte:

Mikrowelle

Becherglas 250 mL, Becherglas 400 mL, Glasstab

Benötigte Stoffe:

8 g Pflanzenöl, 3,3 g Tegomuls 90S (molekulardestilliertes Glycerinmonostearat), 2,6 g Cetylpalmitat, 42 g Wasser, Parfümöl

Experiment:

Mikrowelle auf 800 Watt stellen.

Pflanzenöl, Tegomuls und Cetylpalmitat in das Becherglas (250 mL) einwiegen, Wasser zusammen mit dem Glasstab in das Becherglas (400 mL) geben. Das Becherglas mit dem Wasser an den Rand des Glasdrehers stellen, Zeitschaltuhr auf 2 Minuten stellen, die Mikrowelle starten.

Sobald das Wasser siedet, wird die Türe der Mikrowelle geöffnet und das Becherglas beiseite gestellt (evtl. Schutzhandschuhe). Das Becherglas mit der fetthaltigen Phase an den Rand des Glasdrehers stellen, Zeitschaltuhr auf 2 Minuten stellen, die Mikrowelle starten. Sobald die fetthaltige Phase geschmolzen ist, wird die Türe der Mikrowelle geöffnet und das Becherglas herausgenommen. Das heiße Wasser (ca. 70 °C) wird langsam unter Rühren mit dem Glasstab zur geschmolzenen fetthaltigen Phase gegossen. Dabei bildet sich eine stabile Emulsion, die bis zum Erkalten gerührt werden muss. Kurz vor dem Erkalten fügt man der Creme 3 Tropfen Parfümöl zu. Die fertige Creme in eine Cremedose umfüllen.

Hintergrund:

Die wässrige Phase lässt sich in der Mikrowelle durch Rotation der leicht beweglichen Wasserdipole leicht erhitzen, aber auch das Schmelzen der fetthaltigen Phase gestaltet sich in der Mikrowelle angenehm einfach.

Cetylpalmitat ist im tierischen Wachs Walrat auf natürliche Weise enthalten und wirkt als Konsistenzgeber, Tegomuls 90S wirkt emulgierend.

Stichworte zum Weiterforschen:

- Öle und wasserfreie Cremes
- Wasser-in-Öl-Emulsionen
- Öl-in-Wasser-Emulsionen
- Emulgatoren
- Öle, Fette, Wachse



4

Aktivkohle in der Mikrowelle

Bei diesem Versuch wird die Anregbarkeit frei beweglicher Elektronen durch Mikrowellenstrahlung verdeutlicht.

Geräte:

Mikrowelle
Becherglas 100 mL, Spatel

Benötigte Stoffe:

gekörnte Aktivkohle

Experiment:

Mikrowelle auf 800 Watt stellen.
Das Becherglas wird ca. 1 cm hoch mit Aktivkohle gefüllt und an den Rand des Glasdrehers der Mikrowelle gestellt. Zeitschaltuhr auf 1 Minute stellen, die Mikrowelle starten.
Die Mikrowelle nach ca. 10 Sekunden abschalten.
Es kommt zur Funkenbildung, eventuell entsteht ein Plasma.

Hintergrund:

Die teilweise delokalisierten Elektronen im Kohlenstoff lassen sich durch die Mikrowellenstrahlung anregen, wodurch sehr hohe Temperaturen entstehen, die zu Funkenbildung und Plasmaerzeugung führen können.

Stichworte zum Weiterforschen:

- Modifikationen des Kohlenstoffs
- Isolator / elektrischer Leiter
- π -Elektronensystem des Kohlenstoffs



5

Herstellung eines Polyesters

Kunststoffe sind Werkstoffe makromolekularer Natur, die entweder vollsynthetisch oder durch meist chemische Behandlung von natürlichen Makromolekülen hergestellt werden. Die Eigenschaften der Kunststoffe werden in erster Linie von der Größe und Gestalt, also dem strukturellen Aufbau ihrer Makromoleküle und dem Grad ihrer Vernetzung bestimmt.

Geräte:

Mikrowelle
Uhrglas, Glasstab, Becherglas 100 mL

Benötigte Stoffe:

1,7 g Glycerin, 7 g Citronensäure

Experiment:

Mikrowelle auf 800 Watt stellen.

Glycerin und Citronensäure in das Becherglas einwiegen, an den Rand des Glasdreh-tellers stellen, Zeitschaltuhr auf 1 Minute stellen, die Mikrowelle starten.

Nach einer knappen Minute die Mikrowelle öffnen und schauen, ob die Citronensäure vollständig gelöst ist. Falls nicht, wird die Mischung nochmals erhitzt, bis eine klare, durchsichtige Lösung entstanden ist, die nun auf das Uhrglas gegossen wird. Beim Abkühlen der Lösung auf dem Uhrglas lassen sich mit dem Glasstab Fäden ziehen. Nach dem Erkalten erhält man eine feste, durchsichtige Masse.

Hintergrund:

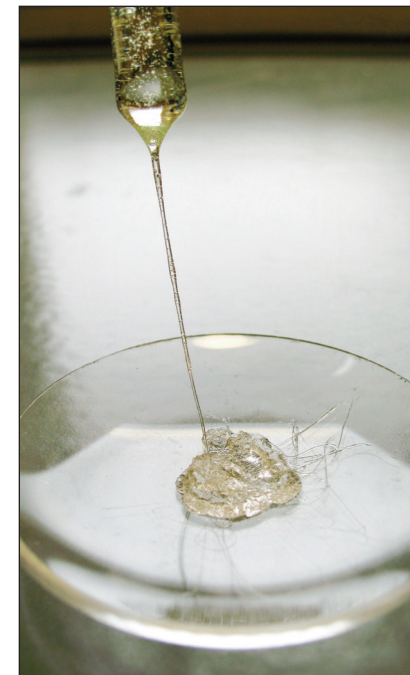
Beim Erhitzen in der Mikrowelle entsteht unter Polykondensation eine Veresterung der Citronensäure mit dem Glycerin, wobei man einen Polyester erhält.

Da sowohl Citronensäure als auch Glycerin dreiwertig sind, erhält man einen ver-zweigten und vernetzten Polyester.

Unser Polyester ist wasserlöslich.

Stichworte zum Weiterforschen:

- Veresterung
- mehrwertige Alkohole
- mehrwertige Säuren
- Polykondensation
- Kunststoffe



6

CD in der Mikrowelle

Mikrowellen werden an Metallen reflektiert. Ein Teil der Strahlungsenergie jedoch regt die delokalisierten Elektronen im Metall an und erhitzt dieses. Bei sehr dünnen, kantigen oder spitzen Metalloberflächen kann die Energie nicht genügend abgeleitet werden, deshalb erhitzt sich das Metall sehr stark, so dass es zu Funkenbildung kommen kann.

Geräte:

Mikrowelle
CD, Küchenkrepp

Experiment:

Mikrowelle auf 800 Watt stellen.

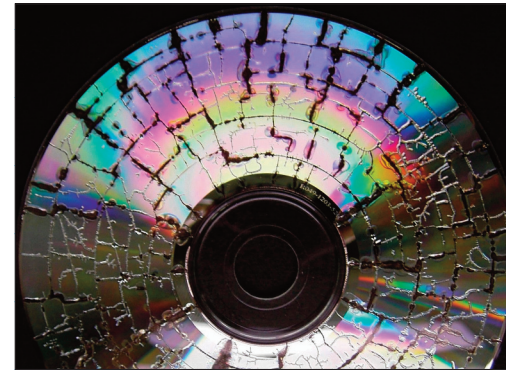
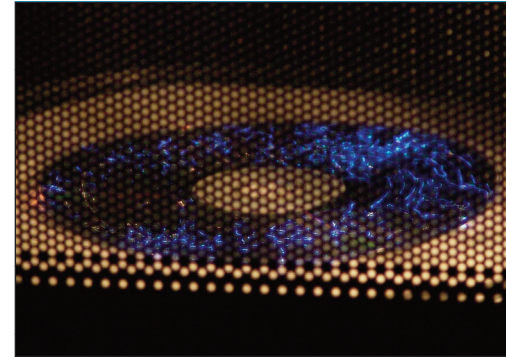
Man legt die CD mit der unbeschrifteten Seite nach oben mittig auf den mit Küchenkrepp bedeckten Glasdreheller und schaltet die Mikrowelle 5 - 10 Sekunden lang an. Kurz nach Einschalten der Mikrowelle kommt es zur Funkenbildung, man hört ein Zischen und es bilden sich „Risse“ in der CD.

Hintergrund:

Die delokalisierten Elektronen der aufgedampften Metallschicht werden durch die Mikrowellen zu Schwingungen angeregt. Dabei entstehen hohe Temperaturen sowie Funkenbildung, die Metallschicht bekommt Risse, indem sie verglüht.

Stichworte zum Weiterforschen:

- metallische Bindung
- Metallgitter
- Elektronengas



7

Hot-Spot-Ermittlung

Im Ofenraum kommt es durch Reflexion der Mikrowellen an den Innenwänden zu Interferenzen (ungestörte Überlagerung der Wellen). Dabei addieren sich die jeweiligen Amplituden der Wellen und man erhält ein inhomogenes elektromagnetisches Feld. Mikrowellenfelder von Haushaltsmikrowellen zeigen Bereiche völliger Feldlöschung einerseits und andererseits Bereiche erhöhter Strahlungsintensität, sogenannte Hot-Spots, welche sich ermitteln lassen.

Geräte:

Mikrowelle

auf Innenmaß der Mikrowelle zugeschnittene Styroporplatte, Thermo-Fax-Papier, Küchenkrepp, Wasserzerstäuber, Filzstift

Experiment:

Mikrowelle auf 800 Watt stellen.

Das Thermo-Fax-Papier wird auf die Größe der Styroporplatte zurechtgeschnitten.

Auf die Styroporplatte legt man Küchenkrepp, feuchtet dies mit dem Wasserzerstäuber gut an und legt das zurechtgeschnittene Thermo-Fax-Papier darauf (Oberseite des Thermo-Fax-Papiers nach oben, zu erkennen durch Schwärzung bei Nagelprobe).

Aus dem Mikrowellenofen Glasdreheller und Träger entfernen, dann die vorbereitete Styroporplatte in den Ofen einsetzen.

Zeitschaltuhr auf 1 Minute stellen, die Mikrowelle starten.

Sobald sich schwarze Flecken (Hot-Spots) bilden, die Mikrowelle sofort stoppen.

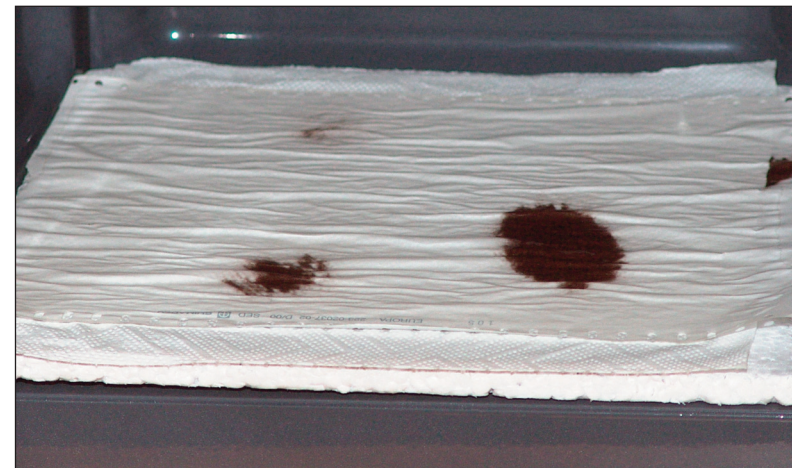
Hot-Spot-Stelle mit dem Filzstift in der Mikrowelle kennzeichnen.

Hintergrund:

Ohne Glasdreheller kommt es auf dem Thermo-Fax-Papier in der Mikrowelle zu typisch schwarzen Bereichen, die sogenannten Hot-Spot-Zonen.

In den Hot-Spot-Zonen des inhomogenen Mikrowellenfeldes erhitzt sich das feuchte Thermo-Fax-Papier sehr viel schneller, das Wasser verdampft also hier früher als in den übrigen Flächenbereichen des Papiers. Der heiße Wasserdampf verursacht die Schwärzung des Thermo-Fax-Papiers.

Beim Erwärmen von Speisen werden diese auf einen Glasdreheller gestellt, so wird das zu erhitzende Gut kontinuierlich durch die Löschungs- und Hot-Spot-Zonen bewegt und so gleichmäßig erhitzt.



8

Erzeugung von Plasma

Plasma ist der vierte Aggregatzustand der Materie und kann durch Mikrowellen erzeugt werden.

Geräte:

Mikrowelle

Gasbetonstein, Kork (ca. 2 cm hoch), Streichhölzer, Becherglas 400 mL (hohe Form), Traube, Uhrglas

Experiment:

Mikrowelle auf 800 Watt stellen.

Ein Streichholz wird in den Kork gesteckt und auf den Gasbetonstein gestellt. Das Ganze platziert man auf dem Hot-Spot und zündet das Streichholz an. Das Becherglas darüber stülpen und die Mikrowelle starten.

Nach einigen Sekunden bildet sich ein Plasma, die Mikrowelle sofort öffnen.

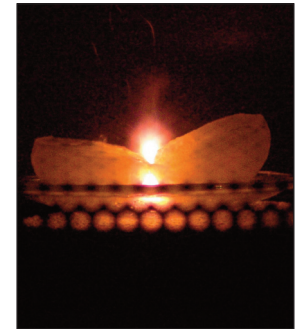
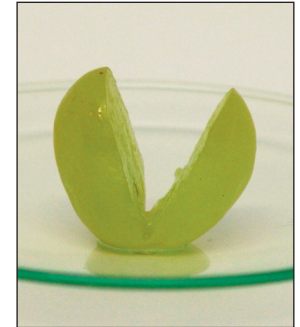
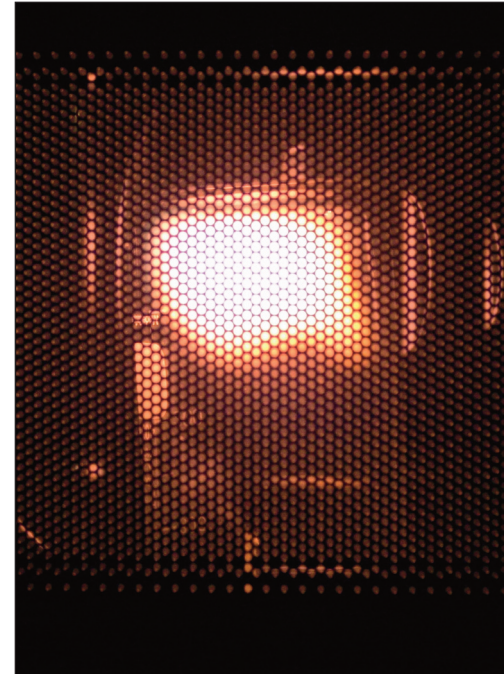
Des Weiteren bildet sich ein Plasma, indem man eine Traube so aufschneidet, dass das untere Ende der Traube gerade noch nicht aufgeschnitten ist. Die Traube wird so auf ein Uhrglas gelegt und zusammen mit dem Gasbetonstein auf den Hot-Spot gestellt. Dann wird die Mikrowelle gestartet. Sobald sich das Plasma bildet, wird die Mikrowelle geöffnet.

Hintergrund:

Die heißen Flammengase werden durch Mikrowellen ionisiert (es liegen freie Ladungsträger vor wie Ionen, Elektronen und Atomrümpfe) und zu Plasmaentladungen angeregt (beim Rückfall der angeregten Elektronen wird die Anregungsenergie in Form von Licht und Wärme wieder frei).

Stichworte zum Weiterforschen:

- Aggregatzustände einer Substanz
- vierter Aggregatzustand
- Nordlicht, Gewitter



9

GST-Element-Herstellung

GST: Graphit-Suszeptor-Tiegel

Wird eine hauchdünne Graphitschicht mit Mikrowellen bestrahlt, fängt sie bereits nach kurzer Zeit an zu glühen und erreicht dabei Temperaturen von über 1000°C. Bettet man einen Porzellantiegel in ein Graphitbett, welches sich in einem hochtemperaturbeständigen Gefäß befindet, und bestrahlt das Ganze in der Mikrowelle auf dem Hot-Spot, kann man die entstehenden hohen Temperaturen nutzen, um Glasmischungen zu schmelzen und Legierungen und Metalle herzustellen.

Geräte:

Mikrowelle

Material:

Tontopf (Blumentopf, Ø 6 cm, wenn möglich ohne Loch), Luftballon, Tiegelzange, Porzellantiegel (mittelhohe Form, Ø 4 cm, Firma Hedinger, Best. Nr. 79MF Nr.7a), Graphitspray (Leit- und Gleitlack auf Graphitbasis, Kontakt Chemie, über Conrad-Elektronic, Stuttgart, zu beziehen), Ofenmörtel (Schamotte-Mörtel, feuerfest, bis 1200 °C, von Sakret, über OBI-Baumarkt zu beziehen)

Arbeitsvorschrift:

Den Hals eines Luftballons abschneiden und den Porzellantiegel mit dem gekürzten Luftballon überziehen. (Dies verhindert beim Trocknen das Festbacken des Tiegels in die Ofenmörtelmasse.) Der Ofenmörtel wird nach Vorschrift angerührt, danach der Tontopf bis ca. ½ cm unter die Oberkante damit luftblasenfrei befüllt. In die Ofenmörtelmasse drückt man nun den überzogenen Tiegel mittig so weit hinein, dass der Tiegelrand ca. ½ cm hoch herauschaut. Die Ofenmörtelmasse um den Tiegel herum zum Tontopftrand hin schön glatt streichen. Nun mit der Tiegelzange an der äußeren Tiegelwand in die Ofenmörtelmasse eine kleine Mulde drücken. (Dadurch kann man bei den Versuchen den Tiegel besser aus dem GST-Element entnehmen.) Den Tontopf bei 80 °C, am besten über Nacht, in einen Trockenschrank stellen. Am nächsten Tag den mit dem Luftballon überzogenen Tiegel aus der Ofenmörtelmasse herauslösen. Den Ofenmörtelrand mit einem Klebestreifen abdecken und den Tontopf innen mit dem Graphitspray gut einsprühen (am besten im Freien). Das Ganze an der Luft trocknen lassen bis keine Lösungsmittelreste mehr vorhanden sind. Ist nicht alles mit Graphit bedeckt, das Einsprühen wiederholen. Das GST-Element kann mehrfach verwendet werden, muss aber immer wieder mit dem Graphitspray neu eingesprüht werden.

Hintergrund:

Die teilweise delokalisierten Elektronen im Graphit lassen sich durch die Mikrowellenstrahlung anregen, wobei sehr hohe Temperaturen entstehen.



10 Herstellung einer Legierung: Gelbmessing

Legierungen sind feste Lösungen von mindestens zwei ineinander gelösten Metallen. Durch Legieren werden die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Grundmetalls verändert, z.B. kann die mechanische Festigkeit erhöht werden. Ziel des Legierens ist die Schaffung eines neuen Werkstoffes, dessen Eigenschaften auf die jeweiligen Erfordernisse exakt zugeschnitten sind.

Geräte:

Mikrowelle
GST-Element (Graphit-Suszeptor-Tiegel, ein in einen Tontopf und Ofenmörtel eingebetteter Porzellantiegel, als Suszeptor dient Graphit, siehe 9), Porzellantiegel (zur Verschung), Porzellandeckel, Tiegelfzange, 2 Gasbetonsteine, Spatel, Schutzhandschuhe, Schutzbrille, Mörser

Benötigte Stoffe:

2 g Zn-Pulver, 4 g Cu-Pulver

Experiment:

Die Mikrowelle auf 800 Watt stellen.

Das GST-Element wird mit dem Gasbetonstein auf den zuvor ermittelten Hot-Spot (siehe 7) der Mikrowelle gestellt. Zn-Pulver und Cu-Pulver im Mörser sorgfältig vermischen, in den Tiegel geben und diesen mit dem Porzellandeckel zudecken (es kann sich bei der Reaktion viel Zinkoxid-Rauch bilden). Den Tiegel in das Bett des GST-Elements stellen, die Zeitschaltuhr auf 5 Minuten stellen, und die Mikrowelle starten.

(Nach 2-3 Minuten glüht der Tiegel.)

Nach Ablauf der 5 Minuten nimmt man das GST-Element mit der Tiegelfzange (**mit Schutzhandschuhen und Schutzbrille**) aus der Mikrowelle und stellt es auf einem bereitgestellten Gasbetonstein ab.

Zum Abkühlen belässt man den Tiegel ca. 3 Minuten im GST-Element, dann holt man ihn heraus und lässt ihn vollständig abkühlen (was ca. 15 Minuten dauert).

Im Tiegel ist eine Oxidschicht erkennbar. Unter dieser befindet sich das Gelbmessing (meist ein oder mehrere goldfarbene Tropfen).

Auf dem Amboss ist es mit dem Hammer verformbar.

Unbedingt Schutzhandschuhe und Schutzbrille tragen!



Hintergrund:

Die frei beweglichen Elektronen im Graphit werden durch die Mikrowellenstrahlung zu Schwingungen angeregt und erzeugen so auf dem Hot-Spot Temperaturen von über 1000 °C. Bei diesen hohen Temperaturen bildet sich aus Zn und Cu eine Legierung: Gelbmessing.

Je nach Zusammensetzung (Massenanteil) unterscheidet man zwischen Rotmessing (Zn-Gehalt kleiner 18 %), Gelbmessing (Zn-Gehalt 20 - 40 %) und Weißmessing (Zn-Gehalt bis zu 80 %).

Stichworte zum Weiterforschen:

- Legierungen
- metallische Bindung
- Metallgitter
- intermetallische Verbindungen
- Stahl

Weiteres:

Mischt man 8 g Cu-Pulver mit 2 g Sn-Pulver, verfährt damit wie oben genannt und glüht das Ganze 6 Minuten lang, so erhält man eine weitere Legierung: Bronze (mit 20 % Massenanteil Sn-Gehalt).

Die Schmelze dieser Bronze ist gießfähig.

11 Herstellung der farblosen Glasgrundmischung

Geräte:

Waage, Mörser, Spatel

Benötigte Stoffe:

Borsäure (H_3BO_3)	10,6 g
Lithiumcarbonat (Li_2CO_3)	4,2 g
Natriumcarbonat (Na_2CO_3)	1,8 g
Calciumcarbonat (CaCO_3)	1,7 g
Quarz (SiO_2)	1,0 g

Arbeitsvorschrift:

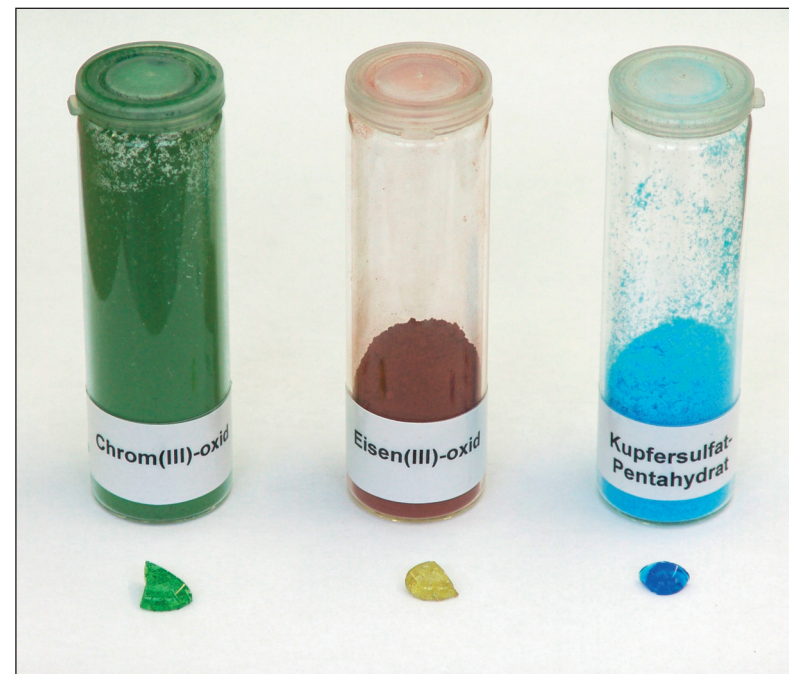
Alle Chemikalien einwiegen und in einem Mörser sorgfältig zerreiben.
Diese Menge reicht aus, um drei mal Glas herzustellen.

Wegen der Borsäure (siehe GefStoffV und die entsprechenden Regelungen in den einzelnen Bundesländern) sollten, bis die Borsäure Glas bildet, alle Handhabungen vom Lehrer im eingeschalteten Abzug vorgenommen werden.

Glasmischung für gefärbtes Glas

Soll das Glas gefärbt sein, kann man durch Zugabe von
 Chromoxid (Cr_2O_3) grünes Glas,
 Eisenoxid (Fe_2O_3) gelbes Glas und
 Kupfersulfat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) blaues Glas herstellen.

In den Tiegel füllt man ca. 6 g Glasgrundmischung und gibt eine kleine Spatelspitze der jeweiligen färbenden Chemikalie dazu. Ein Durchmischen im Tiegel mit dem Spatel reicht aus.



12 Herstellung von Glas

Zur Herstellung von Glas benötigt man in der Regel eine Schmelztemperatur von über 1000°C. Diese Temperaturen können mit einfachen Bunsenbrennern, wie sie in Schulen vorhanden sind, nicht erreicht werden - jedoch in der Mikrowelle mit Hilfe einer speziellen Versuchsanordnung.

Geräte:

Mikrowelle

GST-Element (Graphit-Suszeptor-Tiegel, ein in einen Tontopf und Ofenmörtel eingebetteter Porzellantiegel, als Suszeptor dient Graphit, siehe 9), Porzellantiegel (zur Veraschung), Tiegelzange, 2 Gasbetonsteine, Spatel, Keramikplatte, Schutzhandschuhe, Schutzbrille

Benötigte Stoffe:

6 g Glasgrundmischung (siehe 11),

1 kleine Spatelspitze färbender Zusatz (siehe 11)

Experiment:

Die Mikrowelle auf 800 Watt stellen.

Das GST-Element wird mit dem Gasbetonstein auf den zuvor ermittelten Hot-Spot (siehe 7) der Mikrowelle gestellt.

Die Glasgrundmischung mit einem färbenden Zusatz in den Porzellantiegel geben, beides mit dem Spatel gut verrühren. Den Porzellantiegel in das Bett des GST-Elements stellen, die Zeitschaltuhr auf 5 Minuten stellen, und die Mikrowelle starten. (Nach 2-3 Minuten glüht der Tiegel (siehe Titelbild), die Glasmischung bläht sich unter Abspaltung von CO₂ auf, fällt dann wieder zusammen und ist nach ca. 5 Minuten eine Schmelze.)

Nach Ablauf der 5 Minuten nimmt man das GST-Element mit der Tiegelzange (**mit Schutzhandschuhen und Schutzbrille**) aus der Mikrowelle und stellt es auf einem bereitgestellten Gasbetonstein ab.

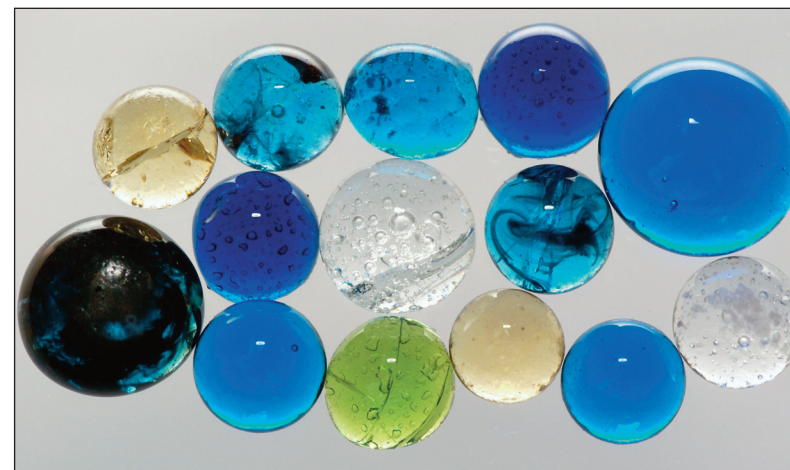
Sofort den Inhalt des Tiegels mit der Tiegelzange vorsichtig auf eine bereitgestellte Keramikplatte gießen (die Schmelze bleibt ca. eine halbe Minute gießfähig).

Bei geschicktem Ausgießen entstehen kleine Glasperlen.

Den Tiegel zum langsamen Abkühlen in das GST-Element zurückstellen.

Unbedingt Schutzhandschuhe und Schutzbrille tragen!

Wegen der Borsäure (siehe GefStoffV und die entsprechenden Regelungen in den einzelnen Bundesländern) sollten, bis die Borsäure Glas bildet, alle Handhabungen vom Lehrer im eingeschalteten Abzug vorgenommen werden.



Hintergrund:

Die frei beweglichen Elektronen im Graphit werden durch die Mikrowellenstrahlung zu Schwingungen angeregt und erzeugen so auf dem Hot-Spot Temperaturen von über 1000°C. Bei diesen hohen Temperaturen schmilzt die Glasmischung zu Glas.

Stichworte zum Weiterforschen:

- amorphe Stoffe
- Glasbildner
- Flussmittel
- Stabilisator

Grundlagen zur Verwendung der Haushaltsmikrowelle

Mikrowelle als elektromagnetische Welle

Mikrowellen gehören zu den elektromagnetischen Wellen. Das Spektrum der elektromagnetischen Wellen erstreckt sich von der langwelligen, energiearmen Radiostrahlung bis zur kurzwelligen, energiereichen Kernstrahlung. Die Mikrowellen liegen zwischen den Radiowellen und der IR-Strahlung. Sie besitzen eine Wellenlänge von 1 m bis 1 mm, was einer Frequenz von 0,3 bis 300 GHz entspricht. Eingesetzt werden Mikrowellen in der Radartechnik, bei drahtlosen Kommunikationssystemen wie Mobilfunk und Satellitenfernsehen und natürlich im Mikrowellenofen.

Wechselwirkung zwischen Mikrowelle und Materie

Mikrowellen regen bestimmte chemische Strukturen an:

Anregung leicht beweglicher Dipolmoleküle zu Rotationen

Flüssiges Wasser besteht aus leicht beweglichen Dipolmolekülen. Treffen nun Mikrowellen auf flüssiges Wasser, werden die Wassermoleküle zu Rotationen (Hin- und Herbewegungen) angeregt, da sich die Dipole laufend im elektromagnetischen Wechselfeld ausrichten. Da Flüssigkeiten dicht gepackt sind, erfolgen aus den Hin- und Herbewegungen Stöße, Wasser wird also erhitzt.

Bei Eis, dem festen Aggregatzustand von Wasser, ist die Beweglichkeit der Moleküle sehr gering, deshalb kann es durch Mikrowellen kaum angeregt und geschmolzen werden.

Im gasförmigen Zustand sind die Molekülabstände groß, so dass man nur geringe Erwärmung feststellen kann.

In Materialien mit beweglichen Dipolen dringen die Mikrowellen nur einige Zentimeter tief ein, die weitere Wärmeausbreitung erfolgt durch Wärmeleitung und Konvektion.

Anregung frei beweglicher Elektronen zu Schwingungen

Wenn sich frei bewegliche Elektronen im elektrischen Feld befinden, werden sie entgegen der elektrischen Feldlinienrichtung beschleunigt. Das elektrische Feld wechselt in einem Mikrowellenofen knapp zweieinhalbmilliardenmal pro Sekunde. Das führt dazu, dass die Elektronen extrem schnell hin- und her beschleunigt und zu Schwingungen angeregt werden.

Bei den Metallen mit ihren delokalisierten Elektronen dringt die Mikrowellenstrahlung

nur einige Mikrometer tief ein und erzeugt Schwingungen der Elektronen. Bei sehr dünnen Metallschichten (z. B. Porzellanteller mit Metalldekor) entstehen dann hohe Spannungen und es fließen Ströme. Die Metallschichten können so heiß werden, dass sie verdampfen und Funkenüberschläge zu sehen sind. Bei großen Metallgegenständen wird die Strahlung reflektiert und die Restwärme abgeleitet.

Für die Anregbarkeit eines Materials in der Mikrowelle ist also nicht nur der Stoff an sich maßgebend, sondern auch dessen Oberflächenbeschaffenheit, Oberflächen-Volumen-Verhältnis und Homogenität.

Da Graphit ebenfalls delokalisierte Elektronen besitzt, die zu Schwingungen angeregt werden, erhitzen sich dünne Graphitschichten sehr stark.

Gekörnte Aktivkohle besitzt in ihren Poren Bereiche mit Graphitstruktur. Deshalb können sowohl dünne Graphitschichten als auch Aktivkohle zur einfachen Erzeugung hoher Temperaturen von über 1000° C in der Mikrowelle dienen. So kann man Glas, Pigmente und Legierungen herstellen.

Anregung von heißen ionisierten Gasen einer Flamme zu Plasma-Entladungen

Dieser 4. Aggregatzustand ist als Naturphänomen bei Gewittern und Nordlichtern zu sehen und liefert das Licht bei Leuchtröhren.

Nicht absorbierende Stoffe werden nicht angeregt:

Stoffe wie z. B. Glas, Porzellan und bestimmte Kunststoffe, die keine leicht beweglichen Dipole oder Elektronen besitzen, sind für Mikrowellenstrahlung durchlässig und werden deshalb als Gefäßmaterial eingesetzt.

Mikrowellenherd

Das Herzstück des Mikrowellenherdes ist das Magnetron, welches die Mikrowellen erzeugt.

Die Strahlung wird durch die Metallwände und das Lochgitter der Tür reflektiert und im Innenraum zurückgehalten. Durch Reflexion der Wellen im Innenraum kommt es zu Interferenzen, was zu einem inhomogenen elektromagnetischen Feld führt. So entstehen Bereiche mit hoher Energiedichte (Hot-Spots) und Bereiche mit geringer Strahlungsintensität.

Das dabei auftretende Problem beim Erwärmen eines Essens wird durch den Einbau eines Glasdrehtellers oder einer rotierenden Antenne gelöst.

Die Leistungssteuerung in der Haushaltsmikrowelle erfolgt im Intervallbetrieb: das Magnetron arbeitet immer mit voller Leistung, wird aber im Rhythmus von einigen Sekunden ein- und ausgeschaltet (zu hören an einem charakteristischen Brummen).

Durch das Verhältnis von Ein- zu Auszeit wird dabei die mittlere Leistung gesteuert. Bei Laborgeräten wird die Strahlungsamplitude jeweils angepasst.

Die Frequenz eines Mikrowellenofens beträgt 2,45 GHz, was einer Wellenlänge von ca. 12 cm entspricht.

Geschichte der Mikrowelle

Wie schon häufig bei Erfindungen hat die uns heute bekannte Haushaltsmikrowelle ihren Ursprung im militärischen Bereich. 1939 wurde das Magnetron erstmalig von englischen Wissenschaftlern als Sender für Radargeräte eingesetzt. Die Entdeckung, dass damit auch Speisen erhitzt werden können, ist einem Zufall zu verdanken: im Jahr 1945 soll bei der Arbeit für Radaranlagen einem amerikanischen Ingenieur ein Schokoriegel in seiner Tasche geschmolzen sein. Schon zwei Jahre später kam der erste Mikrowellenherd für über 2000 Dollar auf den Markt, in den 60er Jahren die ersten Tischgeräte. In den 70er Jahren begann man in chemischen Laboren mit der Mikrowelle zu experimentieren. Ende der 90er Jahre kam der Durchbruch der Mikrowelle im Labor.

Literatur

I. Kaufmann und P. Menzel, „Chemie mit Mikrowelle“, Praxis der Naturwissenschaften - ChiS 5 / 56. Jg. (2007)

Kontakt

Prof. Dr. Peter Menzel - Fehling-Lab
Institut für Physikalische Chemie, Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 55, D-70569 Stuttgart
Tel.: 0711 - 6856 5810, Fax: 0711 - 6856 7756, Email: menzel@uni-hohenheim.de
www.fehling-lab.de

Berufskolleg Institut Dr. Flad
Breitscheidstr. 127, D-70176 Stuttgart
Tel.: 0711 - 63 74 60, Fax: 0711 - 63 74 618, Email: flad@chf.de
www.chf.de