

Synthese von Magnesiumoxid

Versuchsziele

- Eine Reaktion mit den zwei Elementen Magnesium und Sauerstoff durchführen.
- Erkennen, dass Substanzen immer im gleichen Verhältnis reagieren.
- Das Gesetz der konstanten Proportionen und die Erweiterungen verstehen.
- Die Begriffe Massenverhältnis, molare Masse und Stöchiometrie kennenlernen.
- Die Aufstellung einer Reaktionsgleichung erlernen.

Grundlagen

Anfang des 19. Jahrhunderts war noch nicht bewiesen, dass die Materie aus Atomen und Molekülen aufgebaut ist. Trotzdem wurden damals von Lavoisier die ersten Elemente wie Sauerstoff, Kohlenstoff, Schwefel und Phosphor als reine Elemente definiert. Etwas später wurde vor allem über die Oxidation von Metallen das Gesetz der konstanten Proportionen entwickelt. Dieses Gesetz besagt, dass die Elemente in einer bestimmten Verbindung immer im gleichen Massenverhältnis vorkommen.

In diesem Versuch soll dieses Gesetz über die Synthese von Magnesiumoxid bestätigt werden. Aus den Elementen Magnesium und Sauerstoff wird dafür in einer leuchtenden Reaktion das Produkt Magnesiumoxid synthetisiert. Die beiden Edukte und das Produkt werden ausgewogen und das verbrauchte Sauerstoffvolumen bestimmt. Daraus kann über zwei verschiedene Wege die Masse des eingebauten Sauer-

stoffs ermittelt werden. Anschließend kann das Massenverhältnis der Elemente Magnesium und Sauerstoff in Magnesiumoxid bestimmt werden. Dabei ist es egal, wie viel Magnesium eingesetzt wird und wie viel Sauerstoff da ist, es wird immer Sauerstoff im Verhältnis 1:1,52 eingebaut. Jedoch gilt das Gesetz der konstanten Proportionen nicht nur für die Synthese von Magnesiumoxid sondern für alle Reaktionen und ist somit allgemeingültig.

Aus heutiger Sicht ist dies trivial. Die Chemie ging mit diesen Experimenten jedoch den Schritt von der Alchemie zur exakten Wissenschaft. Ausgehend von diesem Gesetz wurde der Molbegriff und die Stöchiometrie entwickelt. So konnte über die quantitative Kenntnis von Reaktanten und Produkten nun die tatsächlichen Mengenverhältnisse und daraus die Reaktionsgleichungen aufgestellt werden. Für die Synthese von Magnesiumoxid kann so folgende Reaktionsgleichung formuliert werden:

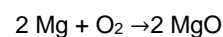


Abb. 1: Versuchsapparatur für die Synthese von Magnesiumoxid.

Gefährdungsbeurteilung

Das Magnesium verbrennt unter sehr heller Flamme. Hier muss eine Blendung verhindert werden, damit die Expositionsgrenzwerte, insbesondere für die UV-Strahlung nicht überschritten werden. Daher wird der Versuch hinter einem undurchlässigen Schirm durchgeführt. Für die experimentierende Person ist eine Schweißerschutzbrille der Stufe 5 geeignet. Sollte jemand direkt in die Flamme schauen, so ist eine Beeinträchtigung des Sehvermögens für einige Minuten bis Stunden möglich. Dadurch ist mit einer Gefährdung bei der Teilnahme am Straßenverkehr zu rechnen.

Für den Brandfall einen Eimer Sand bereitstellen, um das Magnesium gegebenenfalls zu löschen.

Die Sauerstoffflasche nach dem Spülen der Apparatur von der Zündungsquelle fernhalten.

1 Schirm.....	441 531
1 Stativfuß V-förmig, klein.....	300 02
1 Magnesium, Band, 25 g.....	673 1000
1 Salzsäure, 0,5 mol/l, 500 ml.....	674 6970
1 Minican-Druckgasdose Sauerstoff.....	660 998

Versuchsaufbau und -vorbereitung

Vorbereitungen für die Synthese

Reinigung des Magnesiumbands: Es werden 50 – 130 mg Magnesiumband (4 – 5 cm) zur Reinigung für zehn Sekunden in Salzsäure (0,5 mol/l) getaucht. Danach wird das Magnesiumstück mit destilliertem Wasser abgespült und sorgfältig abgetrocknet. Zuletzt wird es leicht abgeschmirgelt, sodass eine blanke metallische Oberfläche erhalten wird.

Hinweis: Durch die Reinigung mit Salzsäure wird die bestehende Oxidschicht (schwarz) am Magnesiumband gelöst.

Aufbau der Apparatur

Für die Synthese von Magnesiumoxid werden auf der Magnetwand zunächst mit jeweils einer großen und einer kleinen Klammer zwei Kolbenprober mit Dreivegehahn befestigt. Anschließend wird zwischen den Kolbenprobern über zwei Stopfen das Quarzrohr befestigt. In das Quarzrohr wird später für die Synthese das Porzellanschiffchen mit Magnesium platziert. Unter das Quarzrohr wird der Bunsenbrenner mit Laborboy gestellt. An einen der Dreivegehähne wird die Sauerstoffflasche über einen Schlauch angeschlossen (siehe Abb. 1).

Hinweis: Beim Aufbau darauf achten, dass die Dreivegehähne nach unten zeigen, da so eine leichtere Anbringung des Sauerstoffschlauchs möglich ist.

Hinweis: Auf jeden Fall ein Quarzrohr verwenden, da anderes Glas den ausgesetzten Temperaturen nicht standhält.

Zum Schutz vor der sehr hellen Magnesiumflamme wird vor die Apparatur ein kleiner Schirm gestellt. Die Helligkeit der Reaktion ist durch das Streulicht gerade im abgedunkelten Raum noch sehr gut sichtbar. Der Schirm wird in dem Stativfuß befestigt und mit dem zweiten Laborboy auf die richtige Höhe gebracht.

Versuchsdurchführung

1. Zu Beginn das Porzellanschiffchen und das Magnesium jeweils einzeln wiegen.
2. Das Porzellanschiffchen wird dann mit dem Magnesiumband im Quarzrohr platziert.
3. Die Apparatur muss nun mit Sauerstoff gespült werden. Dafür werden ca. 50 ml Sauerstoff in die Apparatur eingeleitet und 2- bis 3-mal mit Hilfe der Kolbenprober durch die Apparatur gedrückt. Anschließend wird das Gas wieder ausgeleitet. Dieser Vorgang wird bis zu dreimal wiederholt.
4. Für die Synthese werden genau 100 ml Sauerstoff in einen Kolbenprober eingeleitet. Danach die Sauerstoff-Flasche entfernen.
5. Anschließend den Bunsenbrenner entzünden und das Magnesium erhitzen. Den Schirm auf dem Laborboy vor die Apparatur stellen.
Achtung! Das Magnesium nicht zu schnell erhitzen! Sonst reagiert das Magnesium so stark, dass das entstehende Magnesiumoxid nicht im Porzellanschiffchen bleibt.
6. Wenn sich das Magnesium entzündet hat und unter sehr heller Flamme verbrennt, durch einen leichten Gasstrom für eine vollständige Verbrennung sorgen. Dafür wird der Sauerstoff langsam von einem Kolben in den anderen gedrückt.

Magnesium, Band



Signalwort:
Achtung

Gefahrenhinweise

H228: Entzündbarer Feststoff.

Sicherheitshinweise

P370+P378: Bei Brand: Metallbrandlöscher / Sand zum Löschen verwenden.

Sauerstoff



Signalwort:
Gefahr

Gefahrenhinweise

H270: Kann Brand verursachen oder verstärken; Oxidationsmittel.

H280: Enthält Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren.

Sicherheitshinweise

P244: Ventile und Ausrüstungsteile öl- und fettfrei halten.

P220: Von Kleidung/.../brennbaren Materialien fernhalten/entfernt aufbewahren.

P370+P376: Bei Brand: Undichtigkeit beseitigen, wenn gefahrlos möglich.

P403: An einem gut belüfteten Ort aufbewahren.

Geräte und Chemikalien

1 Porzellanschiffchen, glasiert	666 9881
1 Reaktionsrohr Quarzglas, 300 x 20 mm Ø.....	664 077
2 Silikonstopfen 1 Loch 7 mm, 16 x 21 x 25 mm	667 286
2 Kolbenprober 100 ml, mit Dreivegehahn.....	665 914
1 Kartuschenbrenner DIN Ausführung.....	666 714
1 Gaskartusche.....	666 715
2 Laborboy 16 cm x 13 cm.....	300 76
1 Gasanzünder, mechanisch.....	666 731
1 Analysenwaage ABS 220-4N.....	667 7990
1 Silikonschlauch 7 mm Ø, 1 m	667 194
1 Silikon-Schlauch 4 mm Ø.....	667 197
1 Schlauchverbinder, PP, gerade, 4/15 mm Ø...	604 510
6 Magnet-Hafttafel, 300 mm	666 4660
2 Halter, magnetisch, Gr. 1, 9...11 mm	666 4661
2 Halter, magnetisch, Gr. 5, 30...32 mm	666 4665
1 Profilrahmen C100, zweizeilig, für CPS	666 428
1 Feinregulierungsventil zu Minicandosen.....	660 980

Achtung! Nicht direkt in die Magnesiumflamme schauen! Sonst ist eine Beeinträchtigung des Sehvermögens für einige Minuten bis Stunden möglich!

Hinweis: Die Reaktion dauert keine Minute. Dabei nur für einen leichten Gasstrom sorgen, da das Magnesiumoxid sonst vom Schiffchen gepustet wird.

7. Nach dem Abkühlen zuerst das Volumen des verbrauchten Sauerstoffs ablesen. Anschließend wird das Porzellanschiffchen mit dem entstandenen Magnesiumoxid aus dem Quarzrohr entnommen und ausgewogen.

8. Den Versuch noch zweimal mit anderen Magnesiummassen wiederholen.

Beobachtung

Das Magnesium verbrennt unter sehr heller, weißer Flamme. In dem Porzellanschiffchen entsteht dabei ein weißer poröser Feststoff, das Magnesiumoxid.

Das Sauerstoffvolumen nimmt in den Kolbenproben bei der Verbrennung schlagartig ab.

Auswertung

Bestimmung der Sauerstoffmasse

Die aufgenommene Menge an Sauerstoff kann in diesem Versuch über zwei Arten bestimmt werden: über die Gewichtszunahme im Endprodukt oder durch die Volumenabnahme des Sauerstoffs innerhalb der Apparatur.

Gewichtszunahme des Endprodukts: Die Masse des Sauerstoffs $m(O)$ kann über die Gewichtszunahme des Produkts über folgende Formel bestimmt werden:

$$m(O) = m(MgO) - m(Mg)$$

Volumenabnahme des Sauerstoff innerhalb der Apparatur: Die Masse des Sauerstoffs $m(O)$ kann ebenfalls über die Menge des verbrauchten Sauerstoffs bestimmt werden, indem diese mit der Dichte des Sauerstoffs multipliziert wird.

$$m(O_2) = \rho(O_2) \cdot V$$

Die Dichte von atomarem Sauerstoff $\rho(O_2)$ liegt dabei bei $0,00143 \frac{g}{ml}$.

Bestimmung des Massenverhältnisses

Anschließend kann das Massenverhältnis $Mg:O$ über den Quotienten der Massen wie folgt berechnet werden:

$$Mg : O \rightarrow \frac{m(Mg)}{m(O)}$$

Gewichtszunahme des Endprodukts: Experimentell konnten dabei folgende Massenverhältnisse $Mg:O$ über die Gewichtszunahme des Endprodukts ermittelt werden (siehe Tab. 1):

Tab. 1: Darstellung der bestimmten Massen und der berechneten Massenverhältnisse aus der Gewichtszunahme des Endprodukts.

Nr.	$m(MgO)$	$m(Mg)$	$m(O \text{ in } MgO)$	$Mg:O$
1	136 mg	84 mg	52 mg	1,62
2	156 mg	97 mg	59 mg	1,64
3	146 mg	89 mg	57 mg	1,56

Volumenabnahme des Sauerstoff innerhalb der Apparatur: Über die Volumenabnahme des Sauerstoffs innerhalb der Apparatur konnten experimentell folgende Werte für das Massenverhältnis $Mg:O$ bestimmt werden (siehe Tab. 2):

Tab. 2: Darstellung der bestimmten Massen und der berechneten Massenverhältnisse aus der Volumenabnahme des Sauerstoffs.

Nr.	$V(O_2)$	$m(Mg)$	$m(O_2)$	$Mg:O$
1	38,0 ml	84 mg	54 mg	1,55
2	42,0 ml	97 mg	60 mg	1,62
3	39,5 ml	89 mg	56 mg	1,58

Der Literaturwert für das Massenverhältnis $Mg:O$ liegt bei 1,52:1. Die Abweichungen zu diesem Wert sind sehr klein und daher vernachlässigbar.

Ergebnis

Die Masse des Sauerstoffs im Magnesiumoxid konnte auf zwei unterschiedlichen Wegen ohne Verwendung der molaren Massen ermittelt werden. Anschließend konnte das Massenverhältnis von Magnesium und Sauerstoff rechnerisch bestimmt werden.

Magnesium und Sauerstoff reagieren immer zu Magnesiumoxid im Verhältnis 1,52:1 miteinander, also in konstanten Proportionen. Das Gesetz der konstanten Proportionen konnte so bestätigt werden. Dieses gilt es nicht nur für die Synthese von Magnesiumoxid sondern für alle Reaktionen und ist somit allgemeingültig.

Reinigung und Entsorgung

Das Magnesiumoxid in einer Feststofftonne für organische/anorganische Feststoffe (keine Gifte) entsorgen.