

Flammenfärbung und Reaktion von Alkali- und Erdalkalimetallen

Einleitung

Elemente derselben Gruppe, also der gleichen Spalte des Periodensystems der Elemente (PSE), zeigen ähnliche Eigenschaften. Dies wird besonders bei den Elementen der ersten zwei Hauptgruppen des PSE, den Alkali- und Erdalkalimetallen, offenbar:

So weisen diese Metalle allesamt relativ tiefe Schmelz- und Siedepunkte sowie eine ausgeprägte Reaktionsfähigkeit auf. Sie reagieren zum Teil sehr heftig bereits mit Wasser unter Bildung von Wasserstoffgas zu Alkali- respektive Erdalkalihydroxiden. Die Hydroxidbildung kann mit einem so genannten pH-Indikator nachgewiesen werden. Wasserstoffgas kann man über die Knallgasprobe nachweisen. Alkali- und Erdalkalimetalle sowie ihre Verbindungen zeigen zudem beim Erhitzen – begünstigt durch ihre geringen Siedepunkte – charakteristische Flammenfärbungen.

In diesem Praktikum wirst du selbst die Flammenfärbung in Abhängigkeit der Alkali- respektive der Erdalkaliverbindung beobachten können. Du untersuchst zudem die Reaktion des Erdalkalimetalls Magnesium mit Wasser und Salzsäure, wobei du die Produkte mithilfe der Knallgasprobe und einem pH-Indikator nachweisen wirst. Mit einer Erdalkaliverbindung, nämlich Calciumhydroxid, wirst du zudem Kohlendioxid in deiner Atemluft nachweisen. Insgesamt führst du also vier Versuche durch.

- Lernziele:**
- Du kannst erklären, worin die praktische Bedeutung der Flammenfärbungsprobe besteht.
 - Du bist in der Lage, die Reaktion von Alkali-/Erdalkalimetallen mit Wasser und mit Salzsäure mithilfe einer Reaktionsgleichung zu beschreiben, den Namen der Produkte zu nennen sowie deren Nachweis zu beschreiben.
 - Du kannst erklären, warum und wie man in der Praxis eine Knallgasprobe durchführt und wie man eine positive respektive negative Knallgasprobe erkennt.
 - Du bist in der Lage den Nachweis von Kohlendioxid in Worten und mit einer Reaktionsgleichung zu erklären.

Sicherheit: ⚠ Du arbeitest mit Säuren und Laugen, nämlich Salzsäure und Calciumhydroxid. Das Tragen der Schutzbrille ist für alle obligatorisch, auch für Personen, die nicht direkt hantieren! Hautkontakt mit Säure/Lauge: sofort mit Wasser abwaschen. Säure/Lauge in den Augen: Sofort den ganzen Inhalt des Augensprays (ganz vorne bei der zentralen Ablage) zur Anwendung bringen. Ansonsten das Auge sofort unter dem Wasserhahn ausspülen – mindestens 10 min lang. Anschliessend Arzt aufsuchen. Säure/Lauge auf der Arbeitsfläche: mit Haushaltspapier aufputzen. Hände waschen.

Versuch 1 Flammenfärbung durch Alkali- und Erdalkalimetalle

Geräte / Material

- Mini-Becherglas (5 ml)
- Campinggasbrenner
- Tiegelzange
- Magnesiastäbchen
- Kobaltglas
- Schutzbrille
- Stahlbürste (zentral)

Chemikalien

- Lithiumchlorid (LiCl)
- Natriumchlorid (NaCl)
- Kaliumchlorid (KCl)
- Calciumchlorid (CaCl₂)
- Strontiumchlorid (SrCl₂)
- Bariumchlorid (BaCl₂)
- dest. Wasser

Theorie

Alkali- und Erdalkalimetalle sowie ihre Verbindungen zeigen beim Erhitzen charakteristische Flammenfärbungen. Man nutzt diese Eigenschaft für die Herstellung von Feuerwerken unterschiedlicher Farbe sowie zum Nachweis der entsprechenden Atomsorten.

Vorgehen

- (1) Nimm ein sauberes Mini-Becherglas und spüle es mit dest. Wasser aus. Befülle es anschliessend etwa 2 cm hoch mit dest. Wasser.
- (2) Glühe nun das Ende (ca. 1 cm Länge) eines Magnesiastäbchens in der Bunsenbrennerflamme aus, bis sich die Flammenfarbe nicht mehr ändert.
- (3)  Befeuchte nun die Stäbchenspitze mit dest. Wasser (im Becherglas). Nimm nun die erste Salzprobe (alles Alkali-/Erdalkalichloride) mit der feuchten Stäbchenspitze auf und halte sie in die Flamme. Notiere die Flammenfärbung. Wiederhole Schritt (2) und (3), falls du nichts sehen konntest.
- (4) Breche mit der Tiegelzange den Teil mit der Salzprobe ab. Mehr als 0.5 cm sollten das nicht sein, jedoch darf das Stäbchen auch nicht mehr vom Salz verunreinigt sein! Sonst verunreinigst du das nächste Salz – und der Versuch gelingt nicht!
- (5) Wiederhole Schritt (2) bis (4) für die übrigen Salzproben. Beachte dass sich kein Salz auf der Gasdüse befindet. Salzreste auf der Gasdüse können mit der Stahlbürste (zentral) entfernt werden.
- (6) Wiederhole das Verfahren für das Kaliumsalz. Betrachte jedoch nun die Flamme abwechslungsweise durchs Kobaltglas und dann wieder direkt, d. h. ohne Kobaltglas. Beobachtung?
- (7) Aufräumen: Abgebrochene Magnesiasteile in den Abfall. Die Reste der Magnesiastäbchen können wiederverwendet werden. Salzreste auf der Gasdüse sind mit der Stahlbürste zu entfernen. Das Mini-Becherglas mit dest. Wasser ausspülen und zurück zur zentralen Ablage bringen.

Versuch 2 Reaktion von Magnesium mit Wasser

Geräte / Material

- Reagenzglas
- Reagenzglasgestell
- Reagenzglasklammer
- Bunsenbrenner
- Schleifpapier
- Schutzbrille

Chemikalien

- Magnesiumband
- Phenolphthalein
- dest. Wasser

Theorie

Alkali- und Erdalkalimetalle reagieren mit Wasser unter Bildung von Wasserstoffgas zu Hydroxiden:



Die entstehende Flüssigkeit ist alkalisch (das Gegenteil von sauer). Dafür verantwortlich sind die bei dieser Reaktion gebildeten Hydroxid-Teilchen (OH⁻). Alkalische Lösungen kann man mit so genannten pH-Indikatoren nachweisen. Ein pH-Indikator kann saure Lösungen (z.B. Zitronensaft), neutrale (z.B. reines Wasser) oder alkalische Lösungen (z.B. Seifenwasser) anzeigen. Phenolphthalein ist in sauren und neutralen Lösungen farblos, in alkalischen Lösungen violett.

Vorgehen

- (1) Breche von einem Magnesiumband durch mehrmaliges Biegen ca. ein 1 cm langes Stück ab. Betrachte die Oberfläche des Metalls und die Bruchstelle. Notiere deine Beobachtungen.
- (2) Falls das Metallstück nicht bereits blank vorliegt, ist selbes mit dem Schleifpapier zu schmirgeln.

- (3) Gib das Magnesiumstück nun ins Reagenzglas (RG) und fülle mit soviel dest. Wasser auf, dass das Metallstück gerade überdeckt wird. Gib 2 Tropfen Phenolphthalein hinzu.
- (4)  Erhitze das RG nun vorsichtig mit dem Bunsenbrenner. Das RG nie gegen eine Person richten und immer leicht bewegen. Notiere deine Beobachtungen.
- (5) Aufräumen: Der Inhalt des RG kommt in den Abguss. Das Magnesiumstück kann wieder verwendet werden und wird abgegeben (zentrale Ablage).

Versuch 3 Nachweis von Kohlendioxid mit Kalkwasser (Calciumhydroxidlösung)

Geräte / Material

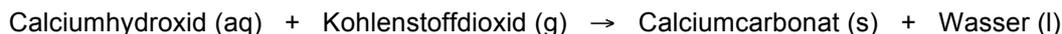
- Reagenzglas
- Reagenzglasgestell
- Glasrohr (20–30 cm lang)
- Schutzbrille
- 1 Becherglas (100 ml) für Kalkwasser (zentral)

Chemikalien

- gesättigte Calciumhydroxidlösung ('Kalkwasser')
- Phenolphthalein

Theorie

Kohlenstoffdioxid (kurz: Kohlendioxid) reagiert mit einer Lösung von Calciumhydroxid zu schwerlöslichem Calciumcarbonat (CaCO_3), wobei als Nebenprodukt Wasser entsteht:



Der entstehende schwerlösliche Kalk (Calciumcarbonat) fällt in feinsten Partikeln aus und trübt die Lösung, worin der Nachweis von Kohlenstoffdioxidgas besteht. Auf die Bildung von Kalk bei dieser Nachweisreaktion ist auch der synonyme, aber sehr unglücklich gewählte und irreführende Begriff Kalkwasser für eine Calciumhydroxidlösung zurückzuführen.

Kohlendioxid entsteht in Zellen im Rahmen der Zellatmung und ist in der Folge in der Atemluft des Menschen enthalten, und zwar mit einer Konzentration von 4 Vol-%. Das Kohlendioxid in der Atemluft ist mittels Einblasen in eine Calciumhydroxidlösung nachweisbar:

Vorgehen

- (1)  Fülle ein Reagenzglas (RG) ca. $\frac{1}{2}$ cm hoch mit Calciumhydroxidlösung (Kalkwasser) und gib einen Tropfen Phenolphthalein dazu. Beobachtung?
- (2)  Fülle ein zweites Reagenzglas ca. 3 cm hoch mit Calciumhydroxidlösung (Kalkwasser).
- (3) Leite Atemluft aus deiner Lunge durch mehrmaliges, langsames, aber stetiges Einblasen über ein Glasrohr in die Calciumhydroxidlösung im zweiten RG. Achtung: Die Lösung darf nicht spritzen und in die Augen gelangen. Notiere deine Beobachtung.
- (4) Entsorgung: Der Inhalt der RG kommt in den Abguss.

Versuch 4 Reaktion von Magnesium mit Salzsäure und Knallgasprobe

Geräte / Material

- Reagenzglas mit seitlichem Ansatz
- Gummistopfen (17–22 mm breit)
- Reagenzglasgestell
- Silikon-Schlauchstück (22 cm)
- Glasrohr (2-mal gewinkelt)
- 3 Reagenzgläser
- Reagenzglasklammer
- Becherglas (600 ml)
- Bunsenbrenner
- Schutzbrille
- Massstab (zentral)
- Schere (zentral)

Chemikalien

- Salzsäure (2 M) in Pipettierflaschen
- Magnesiumband (zentral)
- Phenolphthalein
- Nachfüllflasche Salzsäure (2 M), zentral

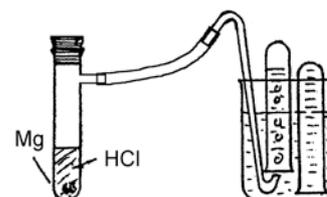
Theorie

Wie du beim Versuch 2 gesehen hast, ist die Reaktion von Magnesium mit Wasser im Vergleich etwa zu den Alkalimetallen wie Natrium sehr langsam. So entstand bei diesem Versuch nur wenig Wasserstoff. Anders sieht es bei der Reaktion von Magnesium mit Salzsäure anstelle von Wasser aus.

Unedle Metalle (und dazu gehört die Gruppe der Alkali- und Erdalkalimetalle) reagieren mit Säuren unter Bildung von Wasserstoffgas (vgl. Döbereinersches Feuerzeug, Skript Teil B, S. 17). Bei diesem Versuch stellst du Wasserstoffgas selbst her und machst die Knallgasprobe. Ziel ist es unter anderem, dass du erkennst, dass der Wasserstoff je nach Luft- respektive Sauerstoffanteil 'mit unterschiedlichem Ton' abrennt / reagiert.

Vorgehen

- (1) Verbinde das Reagenzglas mit seitlichem Ansatz über ein Schlauchstück mit dem gewinkelten Glasrohr. Das ganze System sollte dicht sein. Stelle das Reagenzglas in das Reagenzglasgestell.



- (2) Fülle das Becherglas zu 400 ml mit Hahnenwasser. Mach 3 normale Reagenzgläser (RG) bereit. Eines davon füllst du randvoll mit Hahnenwasser. Halte das Becherglas über dem Abguss schräge, so dass das Wasser gerade nicht überläuft.

Das gefüllte Reagenzglas ist nun mit Schwung mit der Öffnung voraus in das Becherglas zu stürzen. Dabei sollte möglichst keine Luft in das Reagenzglas kommen. (Der Lehrer zeigt dir diesen Schritt vor.)

- (3) Die anderen 2 RG füllst du auch (fast voll) mit Wasser und stürzt sie ins Becherglas. Letztlich sollten 1 RG ganz mit Wasser und 2 RG zur Hälfte mit Luft gefüllt sein: Damit Luft ins Reagenzglas kommt, kann dieses ganz kurz angehoben werden. Solange wiederholen bis das Reagenzglas zur Hälfte mit Luft gefüllt ist.
- (4) Das gewinkelte Glasrohr wird nun ebenfalls im Becherglas positioniert. Setze das erste RG (zur Hälfte mit Luft gefüllt) direkt über das Ende des Glasrohrs. Halte dieses erste RG mit der Reagenzglasklammer fest.
- (5) Setze den Bunsenbrenner in Betrieb.
- (6)  Fülle das Reagenzglas mit seitlichem Ansatz mit vier vollen Pipetten Salzsäure. Die Pipette ist im Deckel der Flasche integriert. Flasche schliessen! Tropfe 2 Tropfen Phenolphthalein dazu.
- (7) Schneide mit der Schere 2 Magnesiumstreifen à etwa 4 cm zu. Falte die Streifen einmal.
- (8) Lass den ersten Magnesiumstreifen in die Säure fallen und verschliesse das RG sofort mit dem Gummistopfen. Das Wasser des RG im Becherglas soll nun vollständig durch das entstehende Wasserstoffgas verdrängt werden. Vorsicht: Das RG im Becherglas muss bei dieser Befüllung mit der Reagenzglasklammer festgehalten werden. Warum wohl?
- (9) Das ganz mit Wasserstoff gefüllte RG wird dem Becherglas entnommen (Die Öffnung des RG bleibt gegen unten gerichtet!). Im Becherglas stellst du sofort das zweite RG (ebenfalls zur Hälfte mit Luft gefüllt) über das Ende des Glasrohrs. Festhalten mit Hand!
Führe die Knallgasprobe durch: Halte zu diesem Zweck die Öffnung des ersten RG (an Reagenzglasklammer) über die Flamme des Bunsenbrenners. Notiere die Beobachtung.
- (10) Verfahre mit dem zweiten und dritten RG gleich gemäss Punkt (9). Das dritte zu befüllende RG ist jenes, das vollständig mit Wasser gefüllt wurde. Sofern das zweite oder dritte Reagenzglas wegen nachlassender Wasserstoffgasproduktion nicht vollständig gefüllt werden kann, gibst du den zweiten Magnesiumstreifen in die Säure. Sofern das nichts nützt, gibst du nochmals eine Pipette Salzsäure nach. Halte auch deine Hand an das RG mit Salzsäure. Notiere deine Beobachtungen. Halte auch fest, ob sich die Farbe der Lösung (Farbe des Phenolphthaleins) geändert hat.
- (11) Entsorgung: Der Inhalt des RG mit seitlichem Ansatz kommt in den Abguss, nicht gebrauchtes Magnesium zurück in den Behälter. Das RG mit seitlichem Ansatz wird zuerst mit Leitungswasser und dann zusammen mit dem gewinkelten Glasrohr mit dest. Wasser gespült und zurückgelegt.

Aufgaben

Die Aufgabennummern korrespondieren mit den Versuchsnummern.

- (1) Was ist die Funktion des Kobaltglases? Wie erklärst du dir deine Beobachtung?
- (2)
 - (a) Welche Stoffe bilden die Oberfläche des Magnesiumstreifens vor dem Abschmirgeln?
 - (b) Formuliere die Reaktionsgleichung für die Reaktion von Magnesium mit Wasser?
 - (c) Was zeigt das Phenolphthalein an? Welcher Stoff ist entstanden?
- (3)
 - (a) Wie interpretierst du deine Beobachtung? Welche Teilchen weist das Phenolphthalein nach?
 - (b) Wie könnte man eine Calciumhydroxidlösung herstellen? Formuliere die entsprechende Reaktionsgleichung.
 - (c) Formuliere die Reaktionsgleichung für den Nachweis von Kohlendioxid. Gib dabei den Zustand der Stoffe an: (s), (l), (g), (aq).
- (4)
 - (a) Beschreibe deine akustischen Erfahrungen bei der Knallgasprobe mit den 3 Reagenzgläsern. Ist mit viel Luft oder mit wenig Luft das Pfeifen am markantesten? Erkläre.
 - (b) Formuliere die Reaktionsgleichung für (i) die Knallgasreaktion, (ii) die Reaktion des Magnesiums mit Salzsäure (HCl) [Neben dem Wasserstoff entsteht Magnesiumchlorid.].
 - (c) Die Reaktionen (i) und (ii) sind exotherm. Wie konntest du das im Versuch erkennen/wahrnehmen?
 - (d) Warum muss das Reagenzglas beim Befüllen mit Wasserstoff festgehalten werden?
 - (e) Warum wechselte der pH-Indikator Phenolphthalein nicht seine Farbe wie beim Versuch 2 oder 3? Oder anders gefragt: Weshalb liegen keine Hydroxid-Teilchen vor?
- (5) Alkalimetalle sind einwertig, Erdalkalimetalle zweiwertig. Dem Hydroxid-Teilchen kann man formal die Wertigkeit I zuweisen.
Wie lauten in der Folge die allgemeinen Formeln für die...
(i) Alkalioxide (ii) Alkalichloride (iii) Erdalkalioxide (iv) Erdalkalifluoride?
Verwende für ein beliebiges Alkali- bzw. Erdalkalimetall das Symbol Me (für Metall). Bsp.: Allgemeine Formel für Erdalkalihydroxide: $\text{Me}(\text{OH})_2$.
- (6) Notiere dir je zwei Verwendungsarten der Erdalkalimetalle Magnesium, Calcium und Barium (Quelle: z. B. <https://www.seilnacht.com/Lexikon/psframe.htm>).