

## 11.1 Worin unterscheiden sich schnelle und langsame Reaktionen?

**Die Reaktionen Calcium bzw. Magnesium + Wasser (Baars)****Vorbemerkungen / Hinweise**

Die beiden Reaktionen sind im Text des Abschnitts 11.1 beschrieben. Um einiges Vorwissen der Schülerinnen und Schüler (S+S) in diesem Zusammenhang zu aktivieren\*, wird empfohlen, für die Reaktion Calcium + Wasser die Produkte nachzuweisen. Dieses Vorgehen hat sich ausserordentlich bewährt, wobei schon Hinweise auf die Säure-Base-Reaktionen möglich sind.

\*

- elektrostatische Kräfte, Coulomb-Kräfte, Coulomb-Gesetz
- Energieverhältnisse in Abhängigkeit von den Coulomb-Kräften
- unpolare und polare Bindungen und ihre Energieverhältnisse, Partialladungen
- Charakteristika Metall- und Nichtmetallatome mithilfe der Atomrümpfe
- Knallgasprobe






**Alle Versuche werden durch die Lehrperson ausgeführt.**

**Arbeitsmaterialien für die Versuche V1 bis V4**

Brenner; genügend Reagenzgläser (RG); Reagenzglasständer; kleiner Trichter mit dazu passendem Filterpapier; Spatel

**Chemikalien**

Die H-Sätze findet man unter [www.hep-verlag.ch/chemie-zusatzmaterial-lehrpersonen](http://www.hep-verlag.ch/chemie-zusatzmaterial-lehrpersonen): «Sicherer Umgang mit Chemikalien, Mikroorganismen und Strahlenquellen an Schulen», Anhang C S. 58ff

Calcium, Ca(s); Körner H261	
Magnesium, Mg(s); Band und Pulver H228	
Phenolphthalein-Lösung H226 H319	 
Calciumchlorid, CaCl <sub>2</sub> (s) H319	
Calciumhydroxid, Ca(OH) <sub>2</sub> (s) H315 H318 H335	 
Essigsäure, CH <sub>3</sub> COOH(l) H226 H314	 
Natronlauge verdünnt, NaOH(aq) H290 H315 H319	
Wasser dest., H <sub>2</sub> O(l)	
Dinatriumhydrogenphosphat-Lösung, Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> (aq)	

## V1 Calcium und Magnesium + Wasser

### Sicherheitsvorschriften

Labormantel und Schutzbrille tragen

### Versuchsbeschreibung

Man führt die beiden Experimente entsprechend dem einführenden Text des Abschnitts 11.1 und der Abbildung 11.1 vor:

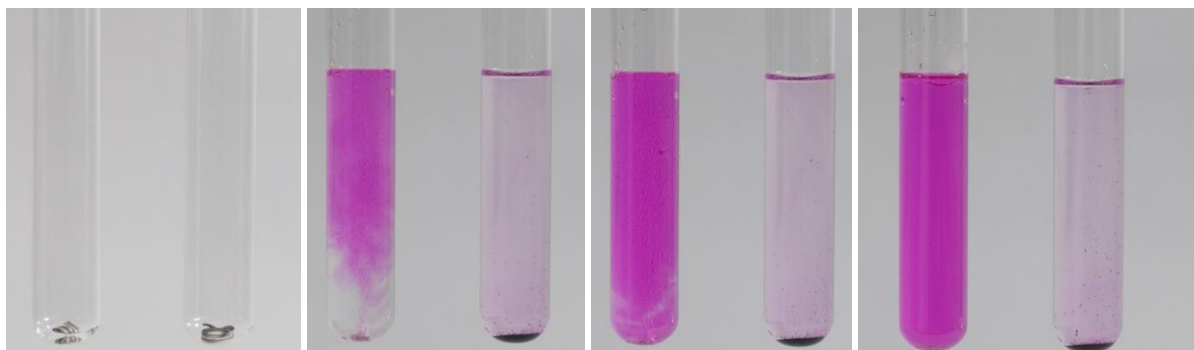
Etwa gleiche Mengen an Calcium und Magnesium (Ca-Körner bzw. Mg-Band oder Mg-Pulver) lässt man in je einem RG mit Wasser reagieren, das mit wenigen Tropfen Phenolphthalein-Lösung versetzt wurde.

### Entsorgung

Die beiden Lösungen kommen zu den basischen/sauren Abfällen.

### Beobachtung und Interpretation

- $\text{Ca(s)} + \text{H}_2\text{O(l)}$ : heftige Gasentwicklung, rasch auftretende violette Farbe von Phenolphthalein; das Metall verschwindet sehr rasch
  - $\text{Mg(s)} + \text{H}_2\text{O(l)}$ : langsam eintretende Gasentwicklung und erst allmählich auftretende violette Farbe; das Metall reagiert nicht vollständig
- Calcium ist reaktionsfähiger als Magnesium



Reaktion von Calcium (links) und Magnesium (rechts) mit Wasser; Indikator: Phenolphthalein

## V2 Calcium + Wasser; Nachweis von Wasserstoff

### Sicherheitsvorschriften

Labormantel und Schutzbrille tragen

### Versuchsbeschreibung

Nochmalige Reaktion  $\text{Ca(s)} + \text{H}_2\text{O(l)}$ : Wenig Calcium wird mit viel Wasser (halbes RG) versetzt und die Reagenzglasöffnung mit einem Daumen so lange verschlossen, bis ein Gasdruck spürbar ist. Man nimmt dann den Daumen bei schräg gehaltenem RG weg und wartet ca. 3 bis 5 Sekunden. Anschliessend hält man die RG-Öffnung direkt in die Flamme des Brenners.

[Vorsicht: Die Reaktion des Metalls mit dem Wasser verläuft sehr rasch und stark exotherm. Man darf deshalb nicht allzu lange mit der Knallgasreaktion warten. Ausserdem sollte der Reagenzglasständer in der Nähe sein, um das heisse RG dort abzustellen.] Da die Löslichkeit von Calciumhydroxid überschritten wird (bei 20 °C 1.65 g/l), bildet sich eine milchige Suspension.

### Entsorgung

Die Suspension wird für V3 verwendet.

**Beobachtung und Interpretation**

Der hörbare, heulende Ton weist auf Wasserstoff  $\text{H}_2(\text{g})$  hin; die Knallgasprobe ist bereits bekannt (Abschnitt 2.3).

**V3 Nachweis von Calcium-Ionen****Sicherheitsvorschriften**

Labormantel und Schutzbrille tragen

**Versuchsbeschreibung**

Die milchige Suspension von V2 (übersättigte Lösung an Calciumhydroxid) wird abfiltriert (Trichter mit Filterpapier auf ein RG setzen) und das klare Filtrat mit einigen Tropfen Dinatriumhydrogenphosphat-Lösung  $[\text{Na}_2\text{HPO}_4(\text{aq})]$  versetzt. Anschliessend gibt man einige Tropfen Essigsäure hinzu.

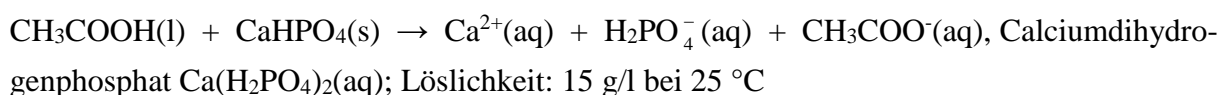
**Beobachtung und Interpretation**

Nach dem Zusatz von Dinatriumhydrogenphosphat-Lösung fällt ein weisser Niederschlag aus:



Löslichkeit: 0.1 g/l bei 25 °C

Calciumhydrogenphosphat löst sich bei Zugabe von Essigsäure auf:



Die Lehrperson gibt die Information, dass damit  $\text{Ca}^{2+}$ -Ionen nachgewiesen werden. Man kann aber auch, je nach der zur Verfügung stehenden Zeit, ein bekanntes (angeschriebenes) Calcium-Salz [z. B.  $\text{CaCl}_2(\text{s})$ ] nehmen, wenig davon in dest. Wasser auflösen (RG) und die Nachweisreaktionen vorführen.

**Entsorgung**

Die Suspension und die Lösung kommen zu den basischen/sauren Abfällen.

**V4 Nachweis von Hydroxid-Ionen****Sicherheitsvorschriften**

Labormantel und Schutzbrille tragen

**Versuchsbeschreibung**

Je eine kleine Spatelspitze Calciumchlorid und Calciumhydroxid (die Verhältnisformeln sind gegeben) werden in etwas Wasser aufgelöst (RG) und die Lösungen mit Phenolphthalein versetzt.

**Entsorgung**

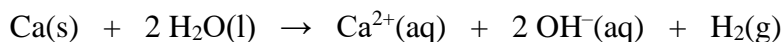
Die Calciumhydroxid-Lösung kommt zu den basischen/sauren Abfällen, die Calciumchlorid-Lösung wird im Ausguss entsorgt.

**Beobachtung und Interpretation**

Der Indikator verfärbt sich nur in der Calciumhydroxid-Lösung. Die Hydroxid-Ionen  $\text{OH}^{-}$  sind folglich für den Farbumschlag verantwortlich.

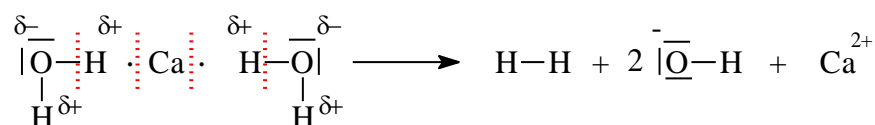
## Zusammenfassung

Mit den Ergebnissen der Versuche V1 bis V4 lässt sich die Gleichung für die Reaktion  $\text{Ca} + \text{H}_2\text{O}$  aufstellen, da alle Produkte experimentell nachgewiesen wurden:



Wie kommt es zur Bildung der Wasserstoff-Moleküle?

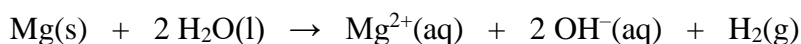
Im Abschnitt 11.1 steht die Gleichung, die die Details mithilfe der Lewis-Formeln zeigt:



Metallatome haben kleine Rumpfladungen und grosse Rumpfdurchmesser. Die anziehenden Kräfte der Rumpfe auf die Valenzelektronen sind schwach, diese lassen sich deshalb leicht abspalten. Die Elektronenpaarbindungen im Wasser-Molekül sind stark polar, sodass die Protonen der H-Atome relativ weit vom bindenden Elektronenpaar entfernt und damit ebenfalls schwach gebunden sind. Die Valenzelektronen der Metallatome und je ein Proton der Wasser-Moleküle verbinden sich aufgrund anziehender Kräfte zu H-Atomen (Virial-Theorem, vgl. Abschnitt 4.2) und jeweils zwei H-Atome dann zu einem  $\text{H}_2$ -Molekül. Durch die Abgabe eines Protons bildet sich aus einem Wasser-Molekül ein Hydroxid-Ion ( $\text{OH}^-$ ). Da dieses negativ geladen ist, wird das zweite Proton des Wasser-Moleküls stärker gebunden und deshalb nicht mehr abgespalten ( $\text{H}_2\text{O}$  ist eine stärkere Säure als  $\text{OH}^-$ ; vgl. Säure-Base-Tabelle, Abschnitt 14.5).

Hinweis an die S+S: Später bezeichnet man Stoffe, deren Teilchen bei einer Reaktion Protonen abgeben, als Säuren (Kapitel 14).

Die Reaktion Magnesium + Wasser verläuft entsprechend der Reaktion Calcium + Wasser, nur bedeutend langsamer.



### Erklärung der unterschiedlichen Reaktionsfähigkeit von Magnesium und Calcium

Die Calcium-Atome haben eine Elektronenschale mehr als die Magnesium-Atome. Die anziehenden Coulomb-Kräfte zwischen den gleich geladenen Atomrümpfen ( $2+$ ) und den Valenzelektronen sind also in den Calcium-Atomen schwächer als in den Magnesium-Atomen: Calcium hat eine kleinere Elektronegativität als Magnesium.