

## Übersicht zur chemischen Herstellung von Wasserstoff

Da Wasserstoff bei chemischer Herstellung mit hoher Reinheit entsteht, wird Wasser nicht wie bei der HHO-Herstellung in beide Gase zerlegt, sondern der **Sauerstoff muss zwingend an ein anderes Material/Molekül gebunden werden.**

Hierzu gibt es eine Reihe von Möglichkeiten, wobei wir im Prinzip **die Bindung an Metalle der ersten 3 Hauptgruppen** in Betracht ziehen können. In der **1. Hauptgruppe** sind das **AL, Na und Ka**, in der **2. Hauptgruppe** sind es **Mg, Ca und Ba**, und in der **3. Hauptgruppe Al**.

Sofern die Metalle rein vorliegen, läuft die **Reaktion mit Wasser stets exotherm** ab, es wird also keine Energiezufuhr benötigt. **Es bildet sich jeweils Wasserstoff sowie das jeweilige Hydroxid**, das teilweise auch wasserlöslich ist. **Nur Magnesium muss erhitzt werden** (z.B. über einen Funken bzw. Plasma), damit die Reaktion startet, siehe [www.borderlands.de/Links/Metall-Wasser-Reaktionen.pdf](http://www.borderlands.de/Links/Metall-Wasser-Reaktionen.pdf)

In der Praxis reagieren praktisch alle erwähnten Metalle, sofern sie in Reinform vorliegen, in Sekundenbruchteilen **mit dem Luftsauerstoff**, d.h. sie **bilden ein inertes Oxid** aus. Dann aber können die erwähnten Reaktionen zur Wasserstoffherzeugung nicht ablaufen.

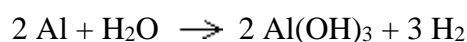
### Wasserstoff-Freisetzung aus einer Reaktion von Wasser mit Aluminium

Bei Aluminium hat die US-Army eine günstig herzustellende **Legierung gefunden, die ohne Katalysator und ohne hohe Temperaturen in der Lage ist, den Prozess** der Wasserstoffherstellung (aus Wasser) **mit nahezu 100 Prozent zu erzeugen.**

Eine andere **Forscherguppe** unter Leitung von Dr. Shani Elitzur **setzt einen** auf Lithium basierenden **Aktivator ein, der offenbar in der Lage ist, das störende Aluminiumoxid**, das auch bei Aluminiumpulver gebildet wird, **aufzulösen** und damit die Reaktion mit Wasser zu Wasserstoff zu starten.

Die **Auswertungen der chemischen Gleichungen** bei all diesen Reaktionen **ergibt, dass das Gewicht der eingesetzten Metalle** wesentlich **höher ist als das Gewicht des** entstehenden **Wasserstoffgases.**

So läuft z.B. die **Reaktion mit Aluminium** wie folgt ab (ohne Einbezug des Lithium-Aktivators) :



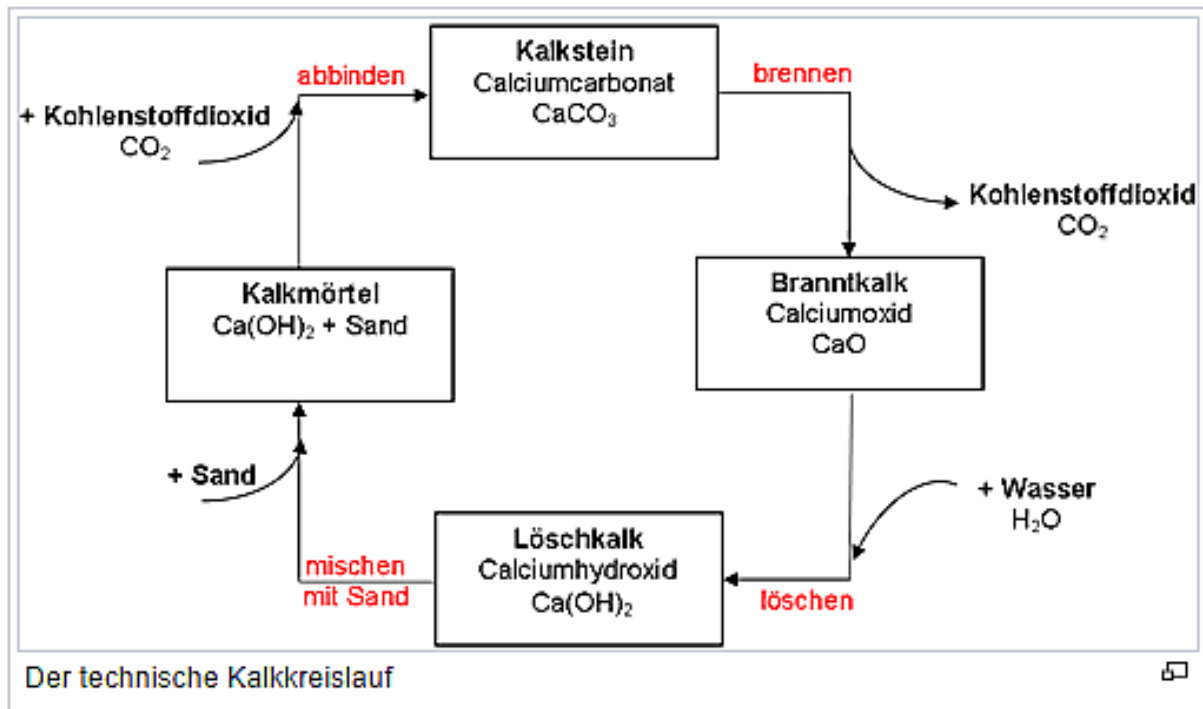
Das heisst, 2 Mol Al (2\*27 g) + 1 Mol H<sub>2</sub>O (2g + 16 g) ergibt 2 Mol Al(OH)<sub>3</sub> (66 g) + 3 Mol H<sub>2</sub> (3\*2g)

**Somit braucht es zur Bildung von 6 g Wasserstoff** eine Menge von **54 g Aluminium, also das 9-fache.** Bezogen auf die 18 g Wasser werden 54 g Aluminium gebraucht, also das 54/18 = 3fache des Wassergewichts. Da Aluminium ein spezifisches Gewicht von 2,7 und Wasser 1 hat, **braucht es** also zur Reaktion **volumenmässig** nur (aber immerhin) **das 3/2,7 = 1,1fache an Aluminium(-pulver)** im Vergleich zum Wasservolumen.

### Wasserstoff-Freisetzung aus einer Reaktion von Wasser mit Calcium

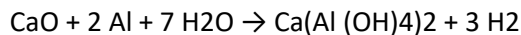
Bei dem von GAIA vorgestellten Projekt einer ostasiatischen Erfindergruppe **wird** als Ausgangsstoff offensichtlich **Calciumoxid (Brannkalk)**, das ist ungelöschter Weissfeinkalk, **insbesondere in Pulverform, eingesetzt.** Das ist die Oxidform von Calcium, dem Grundmaterial von Kalkstein, Marmor, Kalzit, Dolomit, Gips u.a. Der ungebrannte Kalk ist zwar sehr reaktionsfreudig, doch als Oxid kann er in Verbindung mit Wasser keinen Wasserstoff produzieren. Jedoch wird es in Verbindung mit Wasser zum Löschkalk, d.h. Calciumhydroxid, umgewandelt (gelöscht)., siehe:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Calciumoxid>



Falls man dem Brantkalk Aluminiumpulver und Messingpulver zusetzt (letzteres wohl als Katalysator), funktioniert der Prozess der exothermen Wasserstoffbildung ohne Zusatzenergie, wie aus Chemiday, siehe <https://chemiday.com/en/reaction/3-1-0-438> zu entnehmen ist.

Die chemische Gleichung für den Prozess lautet (ohne Berücksichtigung von Magnesium):



Das Ergebnis ist Kalziumtetrathydroaluminat sowie Wasserstoff.

Der Ablauf der Reaktion kann in einem Film verfolgt werden:

<https://youtu.be/qOOaDhTVFyI?list=PL2vkWkaUr4B0cq6WiRXLX49PuWIOfpBhV>

Das Molgewicht von CaO ist  $20+16 = 36 \text{ g}$

Das Molgewicht von 2 Al ist  $2 * 27 \text{ g} = 54 \text{ g}$

Der Molgewicht von 7 H<sub>2</sub>O ist  $7*(2+16) = 126 \text{ g}$

Das Molgewicht von 3H<sub>2</sub> ist  $3*2 \text{ g} = 6 \text{ g}$

D.h., zur exothermen Produktion von 1 kg H<sub>2</sub> werden 6 kg CaO sowie 9 kg Al benötigt.

Bezogen auf den Wasseranteil mit 126 Mol beträgt gewichtsmässig der relative Anteil

- CaO mit 36 Mol  $36/126 = 28,6\%$
- 2 Al mit 54 Mol  $54/126 = 42,9\%$

Mit den Dichten von 3,37 für Brantkalk und 2,7 für Aluminium ist das Volumenverhältnis zu H<sub>2</sub>O

- CaO  $(36/3,37)/(126/1) = 8,5\%$
- 2 Al  $(54/2,7)/(126/1) = 15,9\%$

**Es ist nicht bekannt, ob das Aluminium**, das auch in Pulverform mit einer Oxidschicht überzogen ist, durch bestimmte Massnahmen, vielleicht über einen Lithium-Aktivator, **vorbehandelt werden muss**.

**Möglicherweise hat die von GAIA vorgestellte Erfindergruppe eine andere Methode gefunden**, vielleicht sogar ohne Aluminium oder mit einem anderen Aktivator, um den Branntkalk von der Oxidschicht zu befreien und die direkte Reaktion mit Calcium zu ermöglichen.



Wie aus dem Film 'H2 – small reactor process' erkennbar ist, wird dem Reaktor – ausser Wasser – löffelweise eine pulverförmige Substanz zugesetzt, die gräulich aussieht und an Aluminiumpulver – siehe Mitte unten - bzw. eine Mischung mit Branntkalk – unten - erinnert.



## Daten zu Branntkalkpulver und Aluminiumpulver

**Körnigen Branntkalk** gibt es bei Zementwerken. **Die Daten hierzu** finden sich unter:

[https://www.zkw-otterbein.de/images/Otterbein/Sicherheitsdatenblaetter/SDB\\_Baukalke/SDB\\_Branntkalk\\_koernig\\_de.pdf](https://www.zkw-otterbein.de/images/Otterbein/Sicherheitsdatenblaetter/SDB_Baukalke/SDB_Branntkalk_koernig_de.pdf)

**Aluminiumpulver** gibt es vor allem auch für pyrotechnische Applikationen, z.B. hier

<http://www.feuerwerksparadies.de/Aluminiumpulver-Alupulver>

**Daten zu Aluminiumpulver finden sich bei:**

[https://www.eckart.de/fileadmin/eckart/Service/GDA\\_Alupulver\\_Sicherheitshinweise\\_dt.pdf](https://www.eckart.de/fileadmin/eckart/Service/GDA_Alupulver_Sicherheitshinweise_dt.pdf)

## Preise zu Branntkalkpulver und Aluminiumpulver

**Weissfeinkalk:**

[https://www.amazon.de/Weissfeinkalk-Gebrannter-gemahlener-Pulver-Kalk-25kg-Sack/dp/B00KHRTICW/ref=sr\\_1\\_9?adgrpid=67781786118&gclid=Cj0KCQiAvc\\_xBRCYARIsAC5QT9kNxfv6eKkdFkOdSqFqyErthBo-EsHQYIxBcVc8V3UGa\\_4d3xvw\\_MaAv6qEALw\\_wcB&hvadid=332654721523&hvdev=c&hvlocphy=1002930&hvnetw=g&hvpos=1t2&hvqmt=b&hvrnd=10057502906537023022&hvtargid=kwd-314819286370&hydadcr=7427\\_1714305&keywords=kalk+ungel%C3%B6scht&qid=1580475485&sr=8-9](https://www.amazon.de/Weissfeinkalk-Gebrannter-gemahlener-Pulver-Kalk-25kg-Sack/dp/B00KHRTICW/ref=sr_1_9?adgrpid=67781786118&gclid=Cj0KCQiAvc_xBRCYARIsAC5QT9kNxfv6eKkdFkOdSqFqyErthBo-EsHQYIxBcVc8V3UGa_4d3xvw_MaAv6qEALw_wcB&hvadid=332654721523&hvdev=c&hvlocphy=1002930&hvnetw=g&hvpos=1t2&hvqmt=b&hvrnd=10057502906537023022&hvtargid=kwd-314819286370&hydadcr=7427_1714305&keywords=kalk+ungel%C3%B6scht&qid=1580475485&sr=8-9)

Weissfeinkalk, gebrannter + gemahlener Kalk (Pulver-Kalk) im **25 kg**-Sack

**31,34 €** inkl. MwSt.

Umgerechnet ist somit der **kg-Preis von Weissfeinkalk:**

**1,25 €/kg**

**Aluminiumpulver**

<https://www.metallpulver24.de/de/metalle-pulver/Aluminiumpulver/>

Aluminiumpulver im **25 kg**-Sack

**250.- €** inkl. MwSt.

Umgerechnet ist somit der **kg-Preis von Aluminiumpulver:**

**10.- €/kg**

## Kosten der chemischen Herstellung von Wasserstoff

Zur **Produktion von 1 kg Wasserstoff** werden folgende Mengen an **Reaktions-Materialien benötigt**:

6 kg Cao            zum Preis von 7,50 Euro

9 kg Al             zum Preis von 90,00 Euro

also **zum Gesamtpreis von 97,50 Euro.**

**Bei grösseren Mengen gibt es vermutlich wesentlich günstigere Preise.** So wird Weissfeinkalk auch in Säcken zu 1'000 Kilo angeboten, siehe zum Beispiel:

[https://www.kfn.ch/kalk/?gclid=Cj0KCQiAvc\\_xBRCYARIsAC5QT9kDXsZ2XUyvpa07A9vj999sks7P8fJMZ\\_C3k46yle26qfzGRDbEtJwaAhXmEALw\\_wcB#c644?&keyword=%2Bcalciumcarbonat&device=c&network=g](https://www.kfn.ch/kalk/?gclid=Cj0KCQiAvc_xBRCYARIsAC5QT9kDXsZ2XUyvpa07A9vj999sks7P8fJMZ_C3k46yle26qfzGRDbEtJwaAhXmEALw_wcB#c644?&keyword=%2Bcalciumcarbonat&device=c&network=g)

**Im Vergleich zum heutigen Marktpreis von elektrolytisch hergestelltem Wasserstoff, der unter 10 €/kg liegt, ist der chemisch hergestellte Wasserstoff offensichtlich wesentlich teurer.**

**Dies kann anders sein, wenn der Branntkalk mit einem billigeren Verfahren aktiviert werden kann.**

**Laut GAIA geht die ostasiatische Firma jedenfalls von Herstellkosten von 0.60 €/kg Wasserstoff aus (!!!). was allerdings sehr ambitioniert zu sein scheint.**

**Zusätzlicher Hinweis:**

**Bei den Kalkulationen sind im Übrigen die Kosten der Entsorgung bzw. des Recyclens des beim Prozess jeweils entstehenden Aluminats oder Hydroxids noch gar nicht berücksichtigt.**