

Smashing Thermit

Mit dem folgenden Versuch lässt sich die Thermit-Reaktion auf einfache und ungefährliche Weise demonstrieren.

Geräte:

2 große und 2 kleine Eisenkugeln, Aluminiumfolie, Sandpapier, Papier

Chemikalien:

Salzsäure (C, Xi)



Wasser

Hinweis: Bei dem Versuch sollte eine Schutzbrille getragen werden.

Durchführung:

Zwei Eisenkugeln (Voll- oder Hohlkugel von 5 - 8 cm Durchmesser) werden mit Sandpapier angeraut und über mehrere Tage bis Wochen Salzsäuredämpfen ausgesetzt, indem man die Kugeln z.B. in den Säureschrank legt. Dadurch entsteht eine ausreichend dicke Oxidschicht auf der Oberfläche der Kugeln. Alternativ können die Kugeln einige Monate lang feuchter Witterung ausgesetzt werden, wodurch sie ebenfalls genug Rost ansetzen. Es muss eine raue, nicht zu dünne Oxidschicht vorhanden sein, damit der folgende Versuch gelingt.

Eine der verrosteten Eisenkugeln wird in eine Lage Aluminiumfolie eingewickelt. In einem abgedunkelten Raum schlägt man nun mit der anderen Eisenkugel seitwärts mit großer Geschwindigkeit auf die mit Alufolie umwickelte Kugel. Es entsteht ein Knall und viele kleine Funken fliegen etwa 50 cm in die Umgebung. Anschließend ist in der Alufolie an der Aufprallstelle ein etwa 5 x 5 mm großes Loch zu sehen und die darunterliegende, vormals braune Oberfläche der Eisenkugel ist nun schwarz und glatter als vorher. Dasselbe ist auf der Oberfläche der anderen Kugel zu sehen.

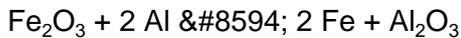
Zur Erklärung der Vorgänge kann noch ein ähnlicher Versuch durchgeführt werden. Zwischen zwei kleine Eisenkugeln mit möglichst glatter Oberfläche wird ein Blatt Papier gehängt. Die beiden Eisenkugeln werden mit hoher Geschwindigkeit aufeinanderprallen gelassen, wobei sich das Papier zwischen ihnen befindet. Dabei entstehen kleine Löcher im Papier, die braun umrandet sind und nach verbranntem Papier riechen.

Erklärung:

Beim Rosten der Eisenkugeln entstehen Eisenoxide und -hydroxide auf der Oberfläche des Eisens. Der Vorgang kann durch Chlorid-Ionen katalysiert werden. Zum Beispiel (vereinfacht):



Prallen die zwei Kugeln zusammen, wird die zwischen ihnen befindliche Alufolie durch die seitliche Streifbewegung zerrieben und dabei mit dem Eisenoxid vermischt. So entsteht zwischen den Kugeln eine sehr kleine Menge Thermitmischung. Die hohe Aufprallenergie führt zu einer lokalen Wärmeentwicklung, wodurch die Aktivierungsenergie der Thermitreaktion erreicht wird. Das Aluminium entzieht dem Eisenoxid in dieser exothermen Reaktion den Sauerstoff, wodurch elementares Eisen entsteht:



Dass Eisenoxid und Aluminium bei der Reaktion verbraucht werden, ist an dem Loch in der Alufolie und den vom braunen Rost befreiten Oberflächen der Eisenkugeln erkennbar.

Der dabei zu hörende Knall wird durch eine schnelle Gasausdehnung in der direkten Nähe zur Reaktion ausgelöst. Ursache könnte das Verdampfen von Wasserspuren sein, die aus der thermischen Zersetzung der Eisenhydroxide des Rostes entstehen. Die Reaktionsprodukte werden durch diese Gasausdehnung in die Umgebung geschleudert. Dabei reagieren die noch heißen Eisenpartikel mit dem Luftsauerstoff und verbrennen, wodurch sich Funken bilden. Die Reaktion läuft nach der ersten Gleichung ab, allerdings viel schneller.

Im zweiten Versuch wird demonstriert, dass beim Zusammenprall der Kugeln eine hohe Temperatur entsteht. Diese ist für den Start der Thermitreaktion nötig. Die Hitze an der Aufprallstelle führt zur Thermolyse bzw. Oxidation des Papiers, was am Geruch und den braunen, oxidierten Rändern der Löcher erkennbar ist.

Der bei der Reaktion zu hörende Knall ist etwas lauter als der einer handelsüblichen Knallerbse. Zum Vergleich: bei einer mit 2 mg Silberfulminat beladenen Knallerbse werden etwa 2 Joule Energie freigesetzt ($\Delta H = -401 \text{ kJ/mol}$). Bei dem hier gezeigten Versuch werden pro Knall etwa 5 x 5 mm Aluminiumfolie oxidiert, was an dem anschließenden Loch in der Folie erkennbar ist. Das entspricht einer freigesetzten Energie von ca. 15 Joule für die Thermitreaktion (Dicke der Alufolie = 12,5 μm , $\Delta H_{\text{Thermit}} = -851,5 \text{ kJ/mol}$). Das pro Schlag reagierende Thermitgemisch setzt also wesentlich mehr Energie frei als eine Knallerbse.

Die Vorteile dieser Variante des Thermitversuchs liegen im geringen Preis und der Wiederverwendbarkeit. Es geht schnell, einfach und es sind weniger Sicherheitsstandards einzuhalten. Die Aktivierungsenergie lässt sich außerdem anschaulich darstellen. Die Ausgangsmaterialien sind im Gegensatz zum normalen Thermitversuch aus dem Alltag bekannt und lassen sich leicht identifizieren (es sind keine unbekannteren „Pulver“). Der Knall demonstriert zusätzlich die Gefährlichkeit und kann als Beispiel für Nanothermit (militärischer Sprengstoff) verwendet werden.

Allerdings lässt sich kein flüssiges Eisen sehen und der Eisennachweis mittels eines Magneten ist nicht möglich, da sämtliches gebildete Eisen sofort verbrennt. Der Versuch ist zudem weniger effektiv als der übliche Thermitversuch.

Entsorgung:

Die durchlöchernte Alufolie wird in den Hausmüll gegeben. Die Eisenkugeln werden, wenn sich keine Funken mehr erzeugen lassen, zurück in den Säureschrank gelegt, um die Oxidschicht zu regenerieren.

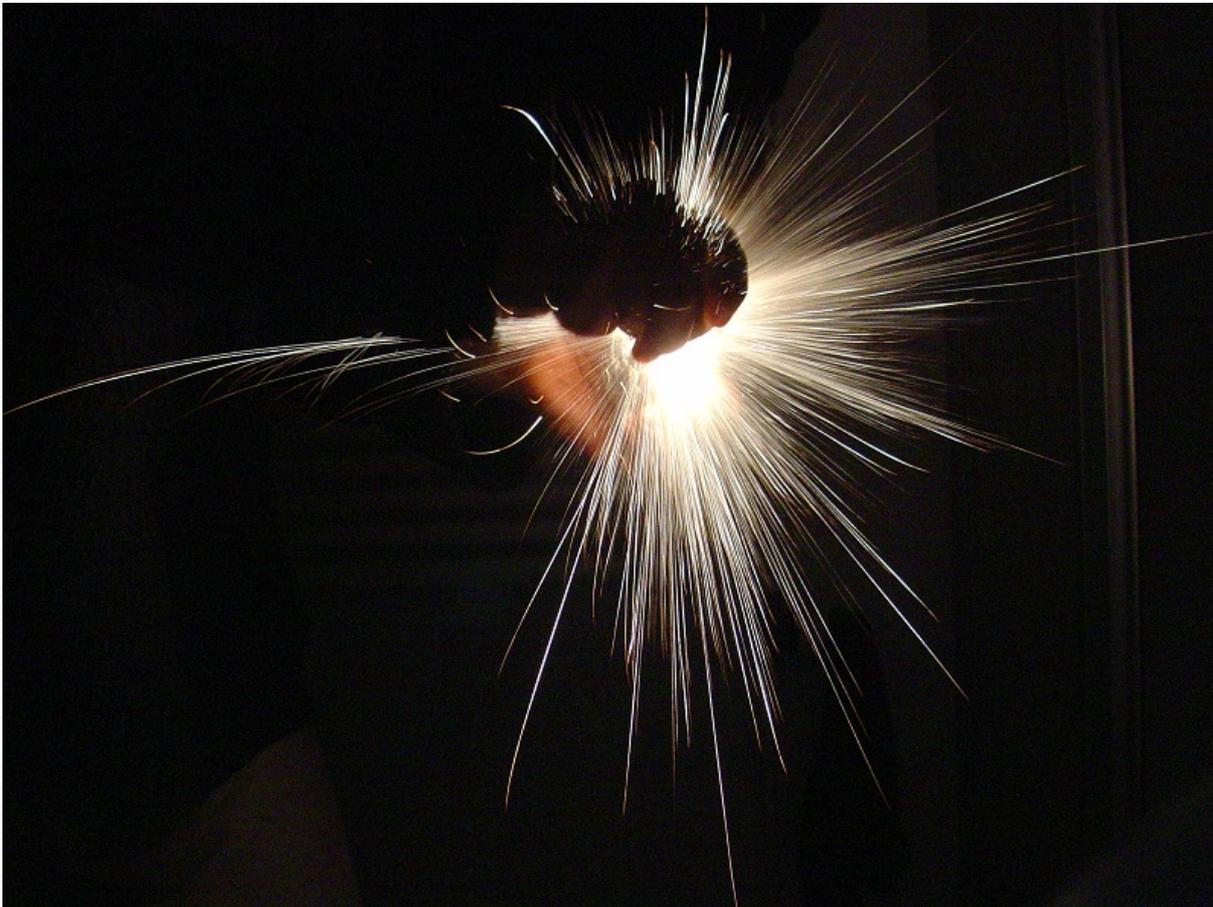
Bilder:



unbehandelte Eisenkugeln



noch nicht ausreichend (weil nur dünn) verrostete Kugeln



Reaktion



Kugeln nach der Reaktion



Papier mit Löchern durch den Zusammenprall kleinerer Kugeln (ohne Alufolie)

Video:

<iframe width="800" height="450" src="https://www.youtube.com/embed/Oyesi5Rn9RU?rel=0" frameborder="0" gesture="media" allowfullscreen></iframe>

Quellen:

- <http://www.flinnsci.com/Documents/demoPDFs/Chemistry/CF10503.pdf>
- Video mit längeren Funken
- Video mit frontalem Zusammenstoß
- Video mit Papier zwischen den Kugeln