

# Knallgasrakete outdoor

Eine PET-Flasche wird mit einem Knallgasgemisch gefüllt, in der Flasche befindet sich noch eine Restmenge an Wasser. Das Knallgasgemisch wird mit einem Brückenzünder ferngezündet. Die Flasche fliegt etwa 30 m hoch.

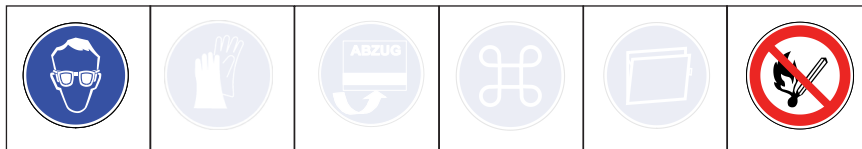
## Hintergrund

Die Funktionsweise der Raketen beruht auf Rückstoß, in diesem Versuch wird der Rückstoß durch eine chemische Reaktion erzeugt. Aus der Physik ist ein ähnlicher Versuch bekannt, hier wird mit einer Luftpumpe die Luft komprimiert und durch plötzliche Entspannung der Rückstoß erzeugt.

## Gefahren



## Signalwort: Gefahr



Schutzbrille tragen. Wasserstoff ist hochentzündlich, an gut belüfteten Orten arbeiten. Offenes Feuer vermeiden. Sauerstoff ist brandfördernd. Den Umgang mit Druckgasflaschen vorher üben. Die PET - Flasche nur senkrecht in den Himmel schließen, sonst besteht Verletzungsgefahr, da die Rakete mit enormen Druck abhebt. Brückenzünder erst verkabeln, wenn die Flasche, senkrecht nach oben, in der Abschussrampe steht. Nur im Freien zünden.

## Chemikalien

Sauerstoff, Druckgasflasche H 270, H 280 P220 P403 P244 P370+P376  
 Wasserstoff, Druckgasflasche H 220, H 280 P210 P377 P381 P403

## Materialien

- PET - Flasche, 1 L (z.B. Fanta-Flasche)
- Abschussrampe mit Flaschenhalterung (z.B. aus Stativmaterial selber gebaut)
- Passender Gummistopfen, Cuttermesser
- Brückenzünder
- Zündmaschine oder 9 V - Batterie
- Klingeldraht mit Lüsterklemme
- Schlitzschraubenzieher, klein (passend zur Lüsterklemme)
- Waschbecken mit Wasser, um die Flasche unter Wasser zu befüllen
- Glasrohr, gewinkelt, zum Einleiten der Gase unter Wasser

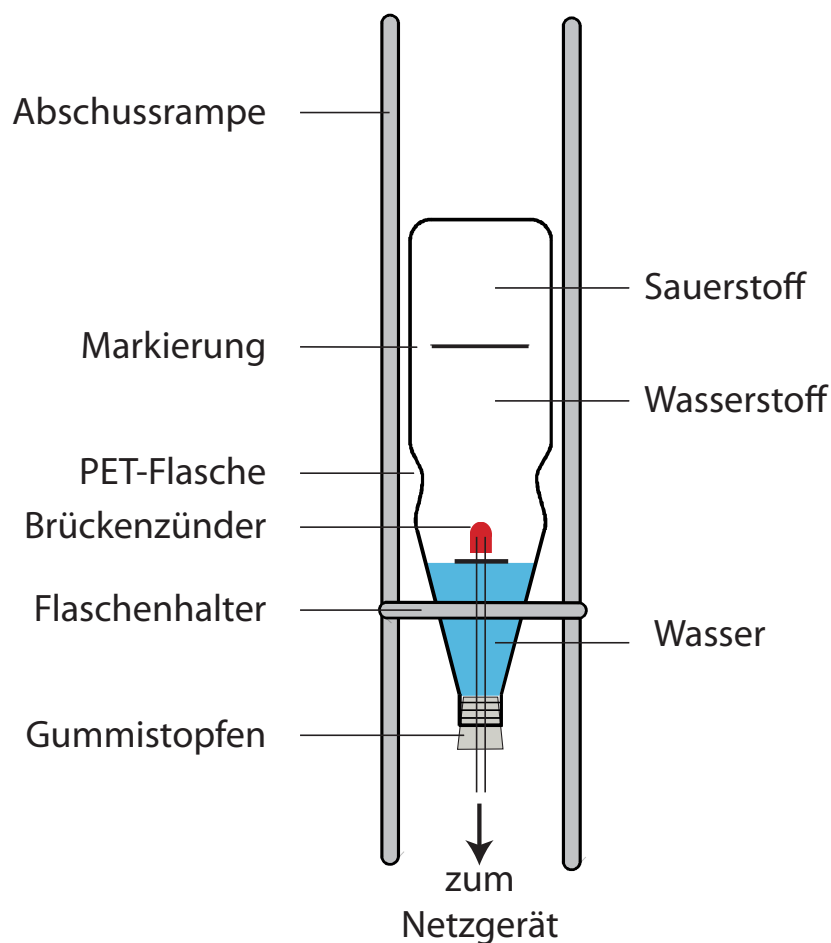
# Knallgasrakete outdoor

## Vorbereitende Arbeiten

1. Die Abschussrampe kann aus einzelnen Stativteilen, wie Stangen, Muffen und Klemmen zusammengebaut oder als dauerhafte Konstruktion von einem Schweißer angefertigt werden.
2. Den Gummistopfen seitlich mit dem Cuttermesser zur Hälfte aufschneiden, damit der Draht des Brückenzünders eingeklemmt werden kann.
3. Damit die Flasche immer wieder exakt befüllt werden kann, wird zunächst die Flasche mit zwei Markierungen versehen, indem man zunächst 266 ml, und dann noch einmal 534 ml Wasser einfüllt. Die Markierungen werden mit einem wasserfesten Stift angebracht. Die Flasche enthält dann später etwa 800 ml Knallgas und 200 ml Wasser.

## Durchführung

1. Der Brückenzünder wird durch den Schlitz im Stopfen geführt.
2. Die Flasche wird in einem Waschbecken mit Wasser gefüllt und bis zur ersten Markierung mit Sauerstoff befüllt. Danach füllt man bis zur zweiten Markierung mit Wasserstoff. Unter Wasser wird der Stopfen mit dem Zünder in die Flaschenöffnung nicht zu fest hineingesteckt.
3. Die Rakete wird im Freien in die Abschussrampe eingesetzt und der Brückenzünder mit der Zündvorrichtung Netzgerät verbunden. Die Rakete ist jetzt startklar.



4. Das Zünden der Rakete darf erst erfolgen, wenn alle Schüler einen angemessenen Sicherheitsabstand eingenommen haben. Nur im Freien zünden.

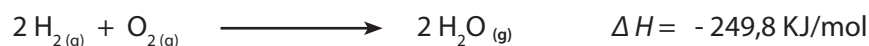
# Knallgasrakete outdoor

## Beobachtung

Der Explosionsknall ist relativ leise. Die Rakete schießt mehrere Stockwerke in die Höhe. Die Flasche überlebt meist den Fall, die Flasche ist deutlich warm.

## Erklärung

Knallgas ist ein Gemisch von Wasserstoff und Sauerstoff im stöchiometrischen Verhältnis von zwei zu eins Volumenteilen. Wasserstoff und Sauerstoff reagieren nach Aktivierung durch den Brückenzünder in einer stark exothermen Reaktion unter Bildung von Wasser. Die Flasche ist daher nach der Reaktion deutlich warm.



Durch die große Wärmefreisetzung kommt es zu einer starken Expansion des entstehenden Wasserdampfes. Allerdings wird nicht die Luft zusammengedrückt, sondern das Wasser zur Flasche hinausgedrückt. Dadurch ist der Knall der Explosion stark gedämpft.

Nach dem physikalischen Grundsatz *Actio = Reactio* erfährt die Flasche eine Gegenkraft, die sie in die Gegenrichtung des ausströmenden Wassers steil in den Himmel schießt.

## Brückenzünder

Ein Brückenzünder ist wie ein Streichholzkopf mit zwei Anschlussdrähten. Im Kopf des Brückenzünders ist ein Glühdraht eingebettet, der beim Anlegen einer geringen Spannung den pyrotechnischen Satz mit einem kleinen Blitz und Knall zur Reaktion bringt.



Die Drahtenden müssen abisoliert werden um den Brückenzünder mit Krokodilklemmen an den Messleitungen zu befestigen. Es kann Gleich- oder Wechselspannung verwendet werden, 3 bis 5 Volt reichen aus.

Brückenzünder können billig im Internet bestellt werden. Häufig werden diese mit einer Schutzkappe geliefert. Darauf achten, dass die Schutzkappe entfernt werden kann.

## Einsatz im Unterricht

Die Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff kann auf unterschiedliche Weise vorgeführt werden. Die Reaktionsenergie kann in Form von Wärme, elektrischer Energie oder Druck (mechanische Energie) freigesetzt werden. Die mechanische Energie, in Form von Rückstoß, ermöglicht es, eine Rakete in den Himmel zu schießen. Kontrolliert wurde diese Reaktion im Space-Shuttle genutzt, dort wurde ein Tank mit flüssigem Wasserstoff und Sauerstoff verwendet, möglicherweise wird der Wasserstoffverbrennungsmotor der Antrieb der Zukunft, auch für Autos.

## Literatur

Jongwook Park, Byunghoon Chung and Jongseok Park: Demonstration of an Outdoor Hydrogen/Oxygen Explosion: Launching a Water Rocket Ignited by an Electric Bulb. *The Chemical Educator*, Volume 8 Issue 5 (2003) pp 307-308.