

Knallgasreaktion und Reaktionsenthalpie - chemische Energie nutzen

Bekannt sind vor allem Elektroautos als Alternative zum klassischen Verbrennungsmotor. Neben batterieelektrischen Fahrzeugen gibt es jedoch noch eine weitere Möglichkeit, Fahrzeuge ohne herkömmlichen Verbrennungsmotor anzutreiben: das sogenannte Wasserstoffauto. Hierbei macht man sich die freiwerdende Energie bei der Reaktion von Sauerstoff mit Wasserstoff zunutze. Im Experiment zeigt sich dies in der Knallgasreaktion. Doch wie kann dieselbe chemische Reaktion in einem Wasserstoffauto kontrolliert genutzt werden, ohne dass eine Explosion stattfindet?



Betanken eines Wasserstoffautos
© AdobeStock/matematik

Aufgabe 1: Beobachtung und Auswertung ★

In einer Lehrerdemonstration werden 20 ml Wasserstoff mit ausreichend Sauerstoff zur Reaktion gebracht.

- Beschreiben Sie Ihre Beobachtungen während des Experiments.
- Werten Sie das Experiment aus, geben Sie dabei auch die ausgeglichene Reaktionsgleichung an.
- Benennen Sie den zugrundeliegenden Reaktionstyp und stellen die zugehörigen Teilgleichungen vollständig auf.

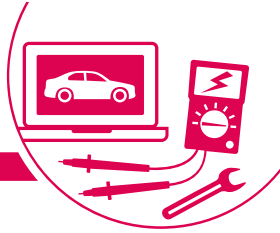
Aufgabe 2: Die Energie hinter der Reaktion ★ ★

Für die folgende Abschätzung wird zunächst angenommen, dass das molare Gasvolumen 24 l/mol bei Raumtemperatur beträgt.

- Berechnen Sie mithilfe des molaren Gasvolumens die Stoffmenge des eingesetzten Wasserstoffs.
- Schauen Sie sich das Video zur Reaktionsenthalpie an und bearbeiten Sie anschließend die nachfolgenden Aufgaben.
 - Definieren Sie den Begriff der Reaktionsenthalpie.
 - Beschreiben Sie, wie man diese berechnet. Gehen Sie dabei auch darauf ein, was ein negatives bzw. positives Ergebnis bedeutet.
 - Definieren Sie die Standardbildungsenthalpie.
 - Erklären Sie kurz, wie hoch die Standardbildungsenthalpie für die Edukte der Knallgasreaktion ist.
 - Berechnen Sie die Reaktionsenthalpie der Knallgasprobe.
 - Berechnen Sie anschließend näherungsweise die freiwerdende Energie für die im Experiment eingesetzte Wasserstoffmenge.
- Erklären Sie, warum die tatsächlich wahrnehmbare Energie geringer sein kann als der berechnete Wert.



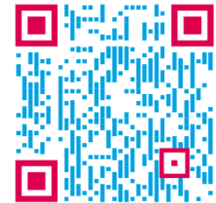
Erklärvideo zur Reaktionsenthalpie



Aufgabe 3: Vertiefung mit dem idealen Gasgesetz ★ ★

Im Experiment herrschen jedoch ganz konkrete Bedingungen: Die Raumtemperatur beträgt 22 °C, der Luftdruck liegt bei 1013 hPa und R bei $8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$.

Welche Auswirkungen hat das auf die Berechnung der Stoffmenge und somit auf die Reaktionsenthalpie?



Erklärvideo zum Idealen Gasgesetz

- Sehen Sie sich das Video zum idealen Gasgesetz an. Was sagt es aus?
- Berechnen Sie die Stoffmenge des Wasserstoffs erneut mit dem idealen Gasgesetz.
- Vergleichen Sie das Ergebnis mit Ihrer Berechnung über das molare Gasvolumen. Erklären Sie, warum beide Ergebnisse ähnlich, aber nicht exakt gleich sein müssen.
- Beurteilen Sie, weshalb für Schulversuche häufig mit dem molaren Gasvolumen gearbeitet wird, obwohl das ideale Gasgesetz eine genauere Beschreibung ermöglicht.

Aufgabe 4: Vom Experiment zum Wasserstoffauto ★ ★ ★

Bei der Knallgasreaktion reagieren Wasserstoff und Sauerstoff sehr schnell miteinander. Dabei wird Energie in kurzer Zeit freigesetzt. Schon kleine Gasmengen können einen hörbaren Knall erzeugen. Überraschend ist: Auch ein Wasserstoffauto nutzt Wasserstoff und Sauerstoff, um Energie für den Antrieb zu gewinnen. Im Fahrzeug geschieht dies jedoch nicht explosionsartig, sondern in einer **Brennstoffzelle**. Dort werden Wasserstoff und Sauerstoff kontrolliert und räumlich getrennt umgesetzt. Die Reaktion läuft elektrochemisch über Teilreaktionen an den Elektroden ab. Dadurch kann ein Teil der chemischen Energie in **elektrische Energie** umgewandelt werden. Diese elektrische Energie treibt einen Elektromotor an. Das Reaktionsprodukt ist auch hier Wasser. Die Brennstoffzelle ist also ein Energiewandler: Sie macht die Energie der Reaktion technisch nutzbar, ohne dass eine Explosion stattfindet.

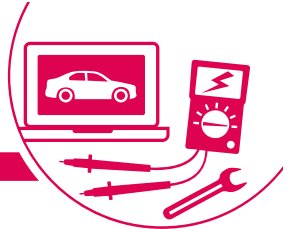
- Ein Wasserstoffauto verbraucht ungefähr 1 kg Wasserstoff pro 100 km. Berechnen Sie näherungsweise, welche chemische Energie in dieser Wasserstoffmenge gespeichert ist.
- Vergleichen Sie diese Energiemenge mit der freiwerdenden Energie der Knallgasprobe aus dem Demoexperiment.
- Vergleichen Sie die Knallgasprobe mit den chemischen Prozessen in einem Wasserstoffauto. Legen Sie dazu folgende Tabelle an:

Aspekt	Knallgasprobe	Brennstoffzelle
Ausgangsstoffe		
Produkt		
Art der Energiefreisetzung		
Ablauf der Reaktion		
Nutzbarkeit der Energie		
Energieumwandlung		



Schon gewusst?

Nicht jede Kfz-Werkstatt darf Wasserstoffautos reparieren. Arbeiten an der Brennstoffzelle, den Wasserstofftanks und den Hochvoltkomponenten dürfen nur speziell geschulte Fachkräfte in dafür ausgerüsteten Werkstätten durchführen. Allgemeine Servicearbeiten wie Reifenwechsel können auch Kfz-Betriebe ohne Spezialisierung übernehmen.



Aufgabe 5: Bewertung und Beurteilung ★ ★ ★

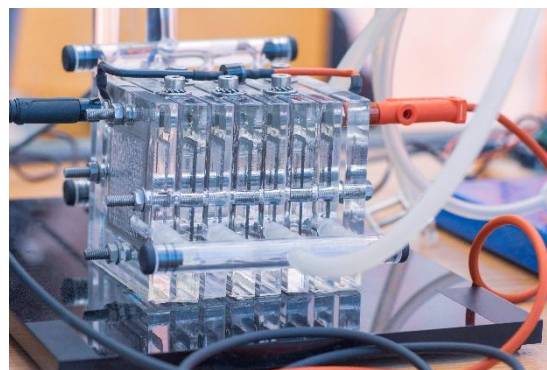
- Beurteilen Sie die Aussage: „Ein Wasserstoffauto fährt mit derselben Reaktion wie die Knallgasprobe.“
- Bewerten Sie, ob Wasserstoff deshalb grundsätzlich ungeeignet als Energieträger für Autos ist.

Zusatzaufgabe ★ ★

Recherchieren Sie die Teilreaktionen in einer Wasserstoff-Sauerstoff-Brennstoffzelle und notieren Sie:

- die Reaktion an der Anode,
- die Reaktion an der Kathode,
- die Gesamtreaktion.

Erläutern Sie anschließend, warum bei der Brennstoffzelle elektrische Energie nutzbar wird, bei der Knallgasprobe jedoch nicht.



Brennstoffzelle

© AdobeStock/hopsalka