

Staatliches Seminar für Didaktik und Lehrerbildung (RS)
Reutlingen
Fach: Chemie (Leitung: Herr Mayer)

Themenbereich NWA

Treibstoff früher und heute

Erarbeitet von:

Stefanie Bauer,
Stefan Rehm,
Manuel Kiner

Inhaltsverzeichnis

Zur Sache

Bezug zum Bildungsplan

Trennung der Kohlenwasserstoffe : Destillation

Cracken

Verbrennung von Benzin im Motor (Papprohrversuch)

Erdöl im Alltag

Erdgas als Treibstoff

Was ist Erdgas? - Wie entsteht es?

Wie wird Erdgas „hergestellt“?

Was entsteht bei der Verbrennung von Erdgas? – Bestandteile des Erdgases.

Was entsteht bei der Verbrennung von Wasserstoff

Die Brennstoffzelle

Wasserstoff als Treibstoff

Verwendete Literatur

Zur Sache

Erdöl

Erdöl kommt wie der Name schon sagt in der Erde vor. Es ist ein Stoffgemisch verschiedenster Kohlenwasserstoffe. Alkane, Alkene und Alkine liegen in verschiedenen Mischverhältnissen vor.

Kurzkettige Kohlenwasserstoffe werden als Benzine Treibstoffe gebraucht. Längerkettige als Petroleum oder Kerosin langkettige als leichtes Heizöl oder Diesel und der Rest als schweres Heizöl oder Schmieröl.

Zusammensetzung einiger Erdöle: (Tabelle 1)

Venezuela	Saudi-Arabien	Nordsee	Tats. Bedarf	Destillat
1%	2%	2%	2%	Gase (Propan, Butan)
10%	15%	21%	33%	Benzine
29%	26%	36%	47%	Leichtes Heizöl / Diesel
60%	57%	41%	18%	Rückstand, schweres Heizöl Schmieröl, Bitumen

Benzin

Benzin ist ein Stoffgemisch aus bis zu 150 verschiedenen Kohlenwasserstoffen. Eine genaue Mischung ist daher nicht beschreibbar. Die Qualität des Benzines spiegelt sich jedoch in der Klopfestigkeit wieder, diese wird mit der Oktanzahl angegeben. Ein Benzin mit der Oktanzahl 0 reagiert, wie n-Heptan. Ein Benzin mit der Oktanzahl 100 wie Isooctan. Dazwischen sind natürlich unendlich viele Abstufungen möglich.

Heutiges Normalbenzin hat die Oktanzahl 91, Super 95 und SuperPlus 98.

Biokraftstoffe:

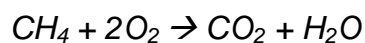
„Biokraftstoffe“ sind flüssige oder gasförmige Kraftstoffe, die aus Biomasse hergestellt werden, wobei „Biomasse“ als der biologisch abbaubare Anteil von Erzeugnissen, Abfällen und Rückständen der Landwirtschaft (einschließlich pflanzlicher und tierischer Stoffe), der Forstwirtschaft und damit verbundener Wirtschaftszweige sowie der biologisch abbaubare

Anteil von Abfällen aus Gewerbe und Haushalten definiert ist (Definition lt. Biokraftstoffrichtlinie 2003/30/EG).“¹

Erdgas/ Methan:

Erdgas ist ein Gasgemisch, dessen tatsächliche Zusammensetzung von der jeweiligen Lagerstätte abhängt. Sein Hauptbestandteil ist jedoch immer Methan.

„Methan ist der einfachste Vertreter der Kohlenwasserstoffe und der erste Vertreter in der homologen Reihe der Alkane.“² Methan verbrennt mit einer bläulichen Flamme. Bei der Verbrennung entsteht Kohlendioxid und Wasser.



Methan kann man als Brenn- und Heizgas z.B. in Brennstoffzellen verwendet. Seine Umweltrelevanz ergibt sich aus dem Ozonabbau von Methan und als klimarelevantes Spurengas beim Treibhauseffekt. Methan ist mit einem Anteil von knapp 20 Prozent neben Kohlenstoffdioxid wichtigster Verursacher des Treibhauseffekts. Die weltweiten Methanemissionen werden auf 500 Mio. Tonnen/Jahr geschätzt, davon gehen rund 70 Prozent auf menschliche Aktivitäten zurück.

Methan ist Hauptbestandteil von Deponiegas und Klärgas. Bei allen organischen Gär- und Zersetzungsprozessen, wie z.B. in Sümpfen, Nassreisfeldern und Massenviehhaltung entsteht Methan. Rund 39 Prozent aller landwirtschaftlichen Methanemissionen verursacht die Tierhaltung, größtenteils durch Rinder. Der Nassreisanbau ist mit ca. 17 Prozent an den weltweiten Methan-Emissionen beteiligt.³

Wasserstoff:

Wasserstoff ist das bedeutendste, überwiegende Element im Weltall und das neunt häufigste der Erde, mit einem Anteil von ca. 0,9 Prozent. Die am meisten vorkommende chemische Verbindung auf unserem Planeten ist Wasser, welches den größten Anteil Wasserstoff enthält. Er kommt in vielen anorganischen und in fast allen organischen Verbindungen vor und ermöglicht das irdische Leben, so wie wir es kennen.

¹ Pölz, Werner; Salchenegger Stefan, 2005: Biogas im Verkehrssektor Technische Möglichkeiten, Potential und Klimarelevanz, Wien, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie Abt. Mobilität und Verkehrstechnologien, S. 17.

² www.seilnacht.com/Chemie/ch_methan.html 29.Mai 2007

³ Vgl. www.umweltlexikon-online.de/fp/archiv/RUBwerkstoffmaterialssubstanz/Methan.php 29.Mai 2007

Wasserstoff ist das leichteste der chemischen Elemente, das häufigste Isotop besteht aus nur einem Proton und einem Elektron und heißt Protium. Unter Normalbedingungen, kommt dieser atomare Wasserstoff nicht vor, stattdessen liegt Wasserstoff als molekularen Wasserstoff H_2 , ein Gas das farb- und geruchlos ist.

Der Energiebedarf der Menschen steigt immer weiter an, hingegen die fossilen Energieträger immer weiter abnehmen oder die Bereitstellung dieser mit untragbaren Kosten verbunden sind. Ein umweltverträglicher Energiekreislauf ist nur durch einen schrittweisen Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft möglich.

Wasserstoff ist ein Sekundärenergieträger und ist als reiner Stoff nicht verfügbar sondern er kommt nur in chemischen Verbindungen vor. Um die Energie des Wasserstoffs nutzen zu können, muss er zunächst mit hohem Energieaufwand aus den Verbindungen herausgelöst werden. Dabei kommen mehrere Technologien zum Einsatz. Derzeit wird der Wasserstoff zum größten Teil noch aus fossilen Energieträgern hergestellt. Hauptsächlich findet die Herstellung durch Dampfreformierung von Erdgas statt, früher wurde durch Vergasen von Kohle Stadtgas hergestellt, welches aus 60% Wasserstoff bestand. Des Weiteren entsteht er als Nebenprodukt bei chemischen Prozessen wie bei der Herstellung von Chlor und in der Mineralölindustrie bei der Raffinerierung.

Mit Wasserstoff lässt sich auf umweltfreundlichen und einfachen Weg elektrische Energie speichern und transportieren.

Speicherungsmöglichkeiten sind beispielsweise Hochdruckbehälter, Metallhydridspeicher, Methanol und Nanostrukturen.

Die Speicherung bringt Vorteile mit sich. Da die Herstellung zum größten Teil mit regenerativen Energiequellen erfolgen soll, werden die Energieüberschüsse im Sommer seitens des solaren Strahlungsangebotes für die energiearmen Zeiten nutzbar gemacht. Ein weiterer Vorteil liegt in der mobilen Anwendung, worauf unter Verwendung näher eingegangen wird.

Verbrennungsmotoren, die Wasserstoff als Treibstoff nutzen, sind mit speziellen Modifikationen dem herkömmlichen 4-Takt-Otto-Benzinmotor gleich. Flüssiger und gasförmiger Wasserstoff ist in einem mit Verbrennungsmotor betriebenen Fahrzeug verwendbar.

Bezug zum Bildungsplan

1. Kompetenzerwerb durch Denk- und Arbeitsweisen

Antworten und Erkenntnisse durch Primärerfahrungen

Versuche durchführen
Ergebnisse dokumentieren und systematisieren

Komplexe Zusammenhänge in Wirtschaft und Gesellschaft auch unter naturwissenschaftlichem Blickwinkel sehen und werten.

Antworten und Erkenntnisse durch Sekundärerfahrungen

Sachinformationen sammeln, sortieren, gewichten
Modellversuche und Simulationen planen und durchdenken

Antworten und Erkenntnisse durch Kooperation und Kommunikation

Naturwissenschaftliche Erkenntnisse in Alltagssituationen nutzen und anwenden

2. Kompetenzerwerb durch das Erschließen von Phänomenen, Begriffen und Strukturen

Informationsquellen nutzen

Naturwissenschaftliche Erkenntnisse und Ereignisse in der öffentlichen Diskussion wahrnehmen und bewerten

Durch die Begegnung mit faszinierenden Entwicklungen in den Naturwissenschaften sind die Schüler zur kritischen Auseinandersetzung mit den Leistungen und Auswirkungen moderner Technologie und naturwissenschaftlicher Erkenntnisse fähig. Sie können an öffentlichen Diskussionen teilnehmen.

3. Kompetenzerwerb im Projektorientierten Unterricht der Klasse 10

Regenerative Energien
Fossile/ nachwachsende Rohstoffe
Treibhaus- und Ozonproblematik

Trennung der Kohlenwasserstoffe : Destillation

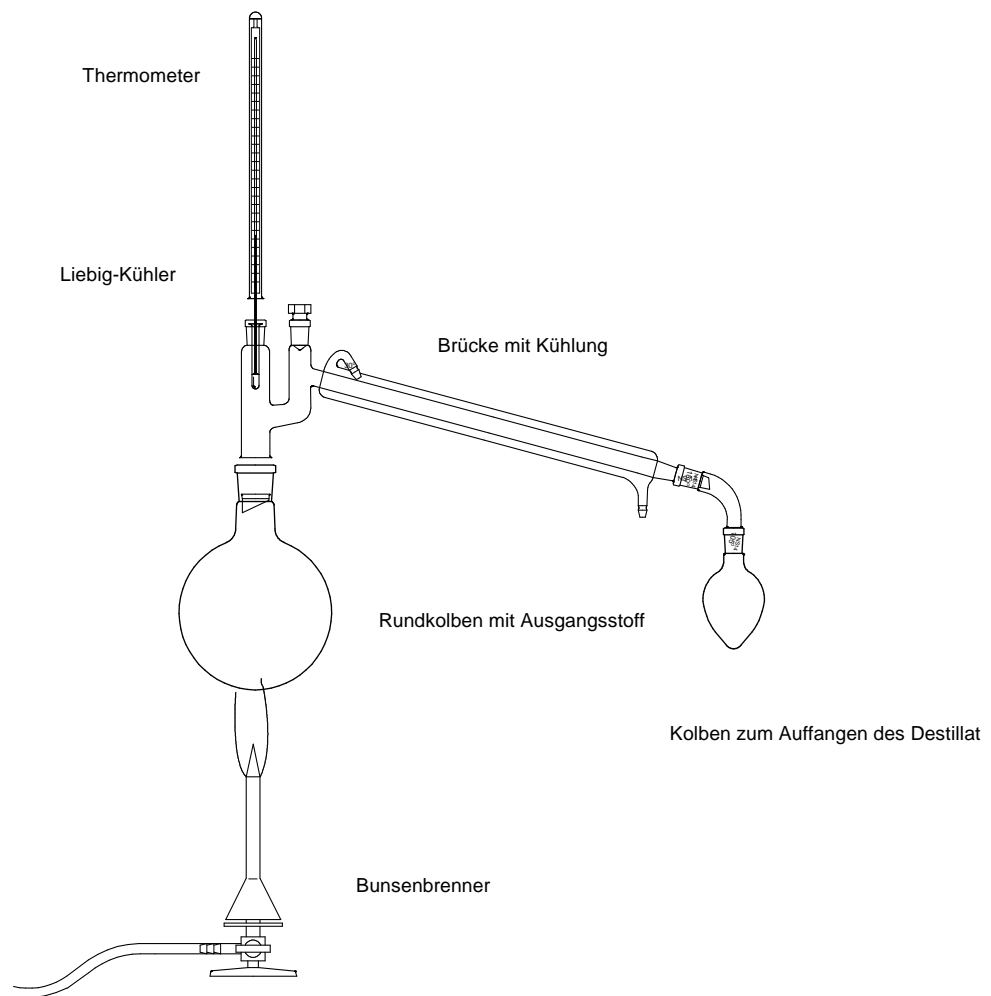
Eine Trennung der einzelnen Kohlenwasserstoffe ist durch Destillation möglich. Dabei werden die verschiedenen Siedepunkte der einzelnen Stoffe ausgenutzt. Ohne die Verzweigungen zu beachten gilt: Je länger die Kette, desto größer die Siedetemperatur

Destillation im Schülerversuch:



Dieser Versuchsaufbau ist sehr schlicht gehalten. Eine Trennung der einzelnen Kohlenwasserstoffe ist hier nicht möglich, jedoch die Trennung einzelner Kohlenwasserstoffgruppen. Er verdeutlicht den Schülern aber sehr gut das Prinzip einer Destillation, da sich Ausgangs – und Endprodukte deutlich von einander unterscheiden, so ist z.B. das Endprodukt farblich gut erkennbar sowie im Gegensatz zum Ausgangsprodukt brennbar.

Demonstrationsversuch:

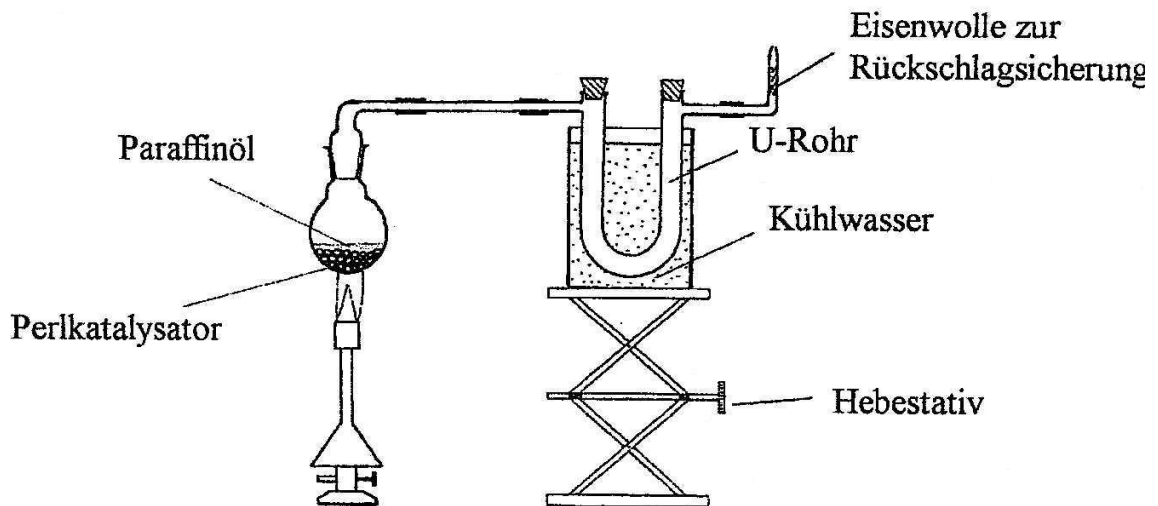


Um gute Ergebnisse zu erzielen, müssen bei etwa 80°, 160°, 240°, die Vorlagen gewechselt werden. Die Schliffe sollten absolut dicht sein, und um möglichst hohe Temperaturen zu erzielen, kann es auch hilfreich sein, einen zweiten Brenner zu verwenden.

Cracken:

Wie aus Tabelle 1 (s.o.) ersichtlich wird, sind die Stoffe im Erdöl nicht in der tatsächlich gebrauchten Menge vorhanden, so überwiegt im Erdöl das schwere Heizöl, welches aber lange nicht in der Menge gebraucht wird. Es ist aber ein Vorgang bekannt, der aus langkettigen Kohlenwasserstoffen kurzkettige macht, das Cracken. Langkettige Kohlenwasserstoffe werden durch Katalysatoren in kurzkettige überführt.

Versuch:

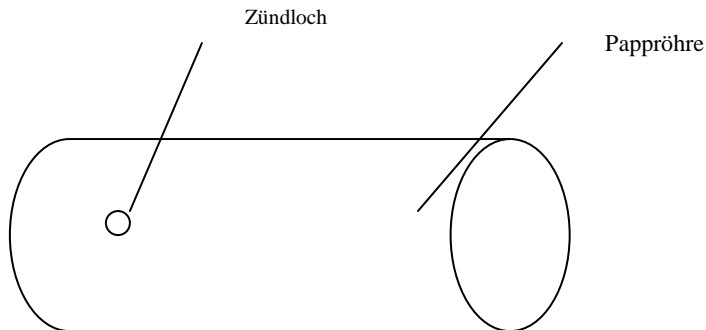


Die Apparatur wird entsprechend der Skizze aufgebaut.

Im Rundkolben befindet sich der Perlkatalysator und Paraffinöl(Dieselöl). Langsam erhitzen. Die Crackprodukte sieden und destillieren ab, Sie werden im U-Rohr gesammelt. Nach kurzer Zeit versucht man das aus dem Glasrohr strömende Gas anzuzünden. Auch dies ist ein Crackprodukt.

Verbrennung von Benzin im Motor (Papprohrversuch)

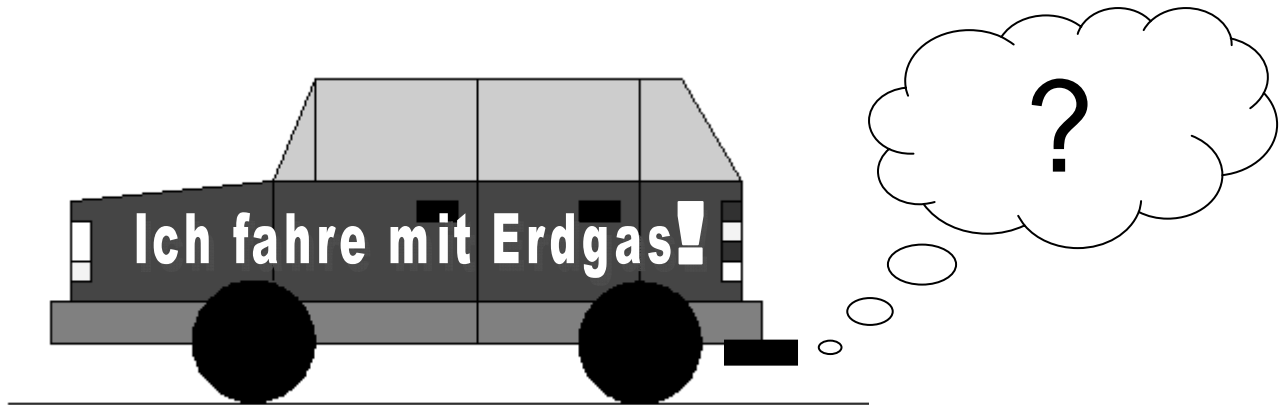
Ein Benzin-Luft-Gemisch wird in einer Pappröhre (ähnlich wie in einem Motor) zur Reaktion gebracht.



Erdöl im Alltag

Auf die Bedeutung von Erdöl muss im Unterricht unbedingt hingewiesen werden. Ohne Benzin wäre die heutige Welt nicht vorstellbar, ebenso wenig ohne Kunststoffe, die ebenfalls aus Erdöl hergestellt werden.

Erdgas als Treibstoff



Was ist Erdgas?

Wie wird Erdgas „hergestellt“?

Was entsteht bei der Verbrennung von Erdgas?

Was ist Erdgas? - Wie entsteht es?

Die Schüler bearbeiten die Frage über Texterschließung, sie erhalten hierfür einen Text vom Lehrer (z.B. Geiger, Werner (Hg.), 1986: CVK Chemie für Realschulen, Berlin, Cornelsen – Velhagen & Klasing Verlag für Lehrmedien, S.168/ 169.) oder recherchieren im Internet.

Ergebnisbeispiel:

- ☞ Erdgas ist ein farbloses und geruchloses Gas, es verbrennt mit einer bläulichen Flamme. Es ist leichter als Luft und bildet mit Sauerstoff ein explosives Gemisch. Der Hauptbestandteil ist **Methan**.
- ☞ Erdgas bildet sich im Schlamm von Seen, in Sumpfen und Mooren, im Dickdarm von Lebewesen, in Misthäufen und Jauchegruben, im Faulturm und in Kläranlagen. Die Zersetzung findet durch bestimmte Bakterien und ohne Sauerstoff statt. Erdgas kommt in großen Lagerstätten, z.B. in Russland, vor. Die heutigen Lagerstätten waren vor mehreren Millionen Jahren große Meere. Die abgestorbene Lebewesen sanken auf den Meeresboden und wurden von Schlamm luftdicht eingebettet. Im Laufe der Millionen Jahre wurden immer mehr Schichten von Sand und Ton abgelagert, das Meer verschwand. Es entstanden mit Hilfe von Bakterien verschiedene Kohlenwasserstoffverbindungen.
- ☞ Heute wird gezielt Biogas gewonnen, dies geschieht durch bakterielle Fäulnis von pflanzlichen Stoffen. (Biogasanlage) Mit diesem Biogas werden ganze Bauernhöfe mit elektrischem Strom und Wärme versorgt, überschüssiger elektrischer Strom wird in das Verbundnetz eingespeist.
- ☞ Erdgas kann zum wichtigsten Energieträger werden.

Man kann in diesem Zusammenhang auch die Förderung von Erdgas behandeln. Sicherlich ist auch interessant zu erfahren, woher Deutschland sein Erdgas bezieht.

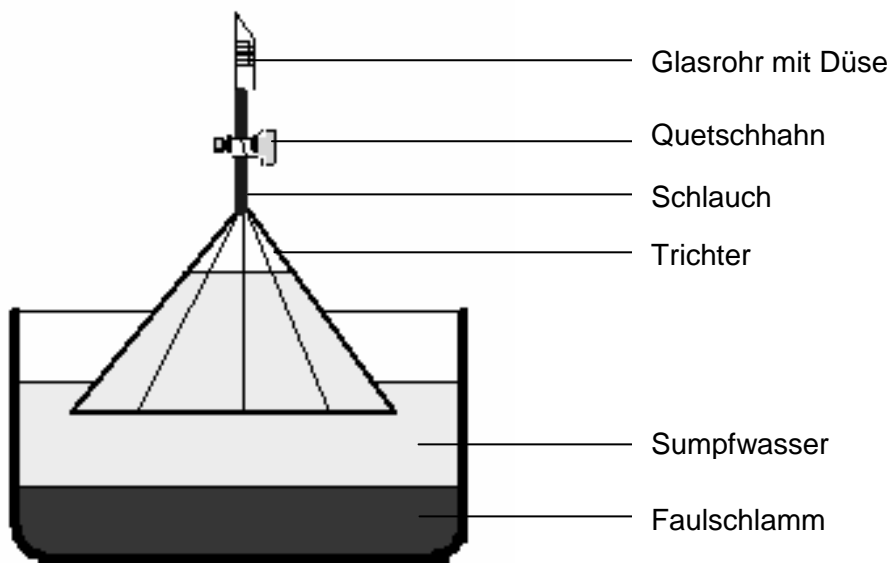
Wie wird Erdgas „hergestellt“?

Die Schüler können hierfür einen Modellversuch durchführen und ihr eigenes Biogas/ Erdgas herstellen und verbrennen.

Modellversuch:

Versuchsaufbau zur Herstellung und zum Nachweis von Biogas

Aufbau:



Durchführung:

Man benötigt etwas Faulschlamm vom Boden eines Tümpels oder Sumpfes und ein wenig Sumpf- oder Teichwasser.

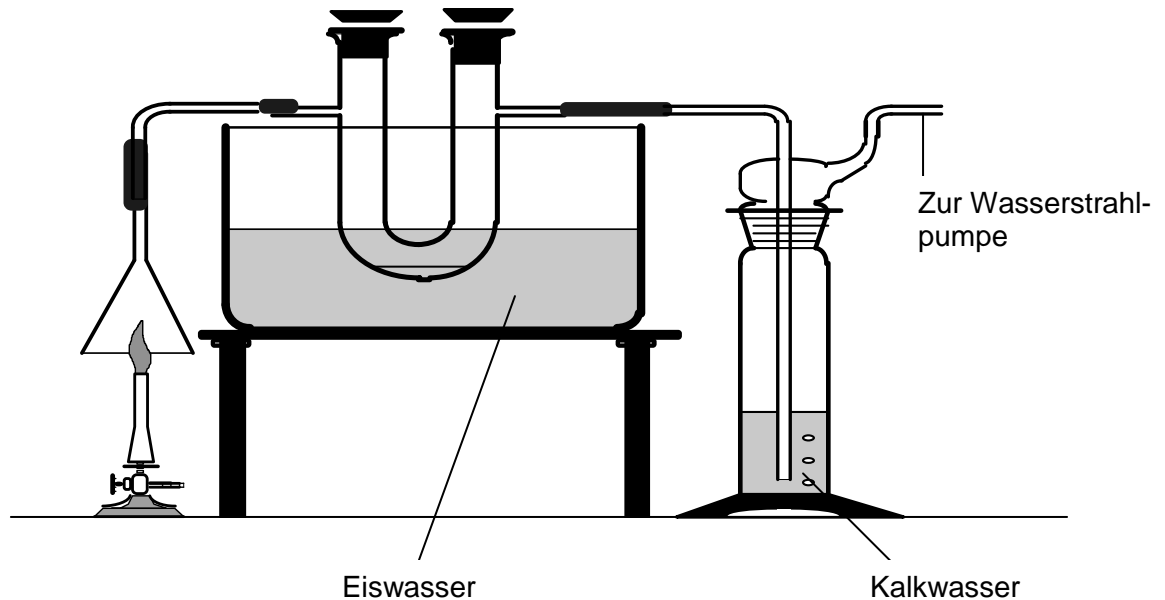
Der Versuch wird wie oben aufgebaut, der Hahn wird verschlossen. Der komplette Aufbau wird ein paar Tage an einen warmen Platz gestellt und beobachtet. Nach einigen Tagen werden Gasblasen aufsteigen. Dann den Quetschhahn vorsichtig öffnen und das entweichende Gas entzünden.

(Hinweis zur Sicherheit: Erst das Streichholz entzünden, dann den Hahn öffnen.)

Was entsteht bei der Verbrennung von Erdgas? – Bestandteile des Erdgases.

Verbrennungsprodukte von Methan

Aufbau:



Durchführung:

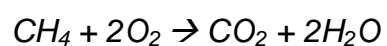
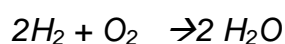
Man leitet die Verbrennungsgase von Erdgas durch die Apparatur.

Beobachtung:

Im U-Rohr erhält man eine Flüssigkeit, die sich mit Watesmopapier als Wasser nachweisen lässt. Das Kalkwasser wird milchig trüb, daraus kann man schlussfolgern, dass auch Kohlenstoffdioxid entstanden ist.

Erklärung:

Die beiden Verbrennungsprodukte von Erdgas sind Wasser und Kohlenstoffdioxid. Erdgas besteht also aus Kohlenstoff und Wasserstoff. Erdgas besteht überwiegend aus Methan (CH₄).



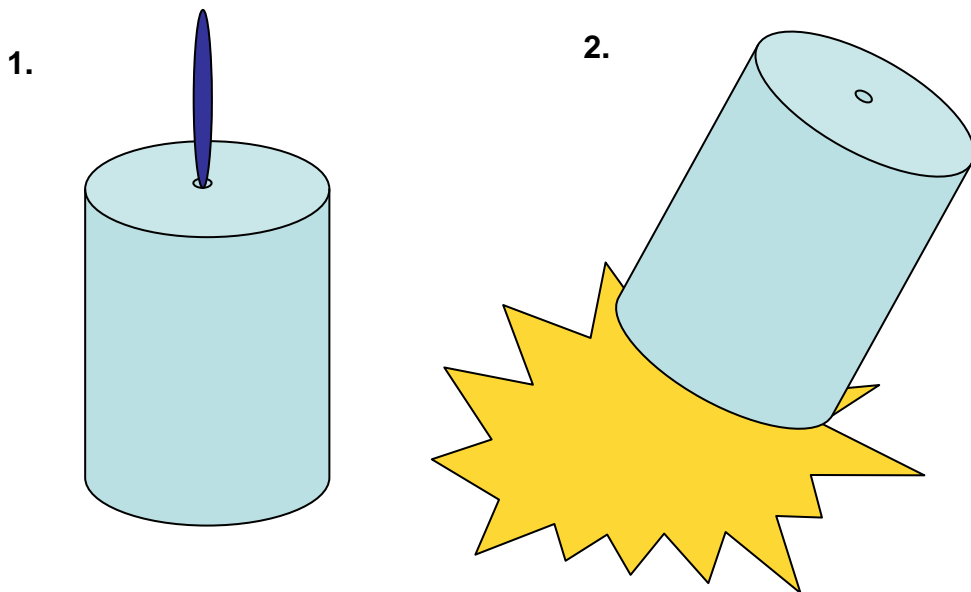
Was entsteht bei der Verbrennung von Wasserstoff?

Demonstrationsversuch:

1. In einer Dose (nicht zu groß z.B. Champagnondose 220g) wird in den Boden ein kleines Loch hinein gemacht. Von unten füllt man nun Wasserstoff in die Dose, indem man das Loch zuhält. Es ist darauf zu achten, dass die Dose ganz mit Wasserstoff gefüllt ist, sonst kann es sofort zur Explosion kommen.

Man entzündet das aus dem Loch entweichende Wasserstoffgas, dies brennt mit blauer Flamme.

2. Die Dose explodiert nach kurzer Zeit.

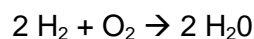


Beobachtung:

Das Verbrennungsprodukt kann man als Wasserbeschlag unterhalb der Dose erkennen und mit Wassertropfenpapier als Wasser identifizieren.

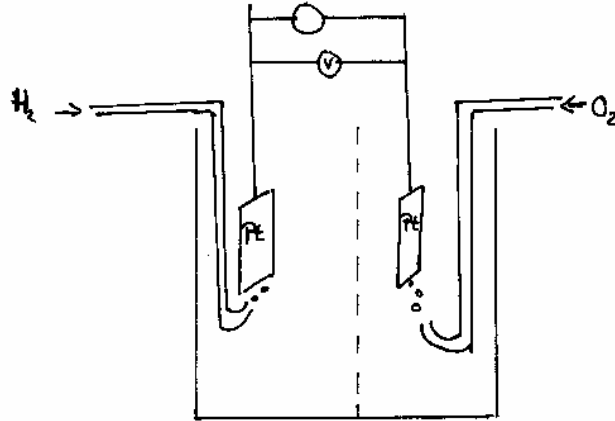
Erklärung:

Der von unten nachrückende Sauerstoff vermischt sich mit der Zeit mit dem Wasserstoff und die beiden Gase reagieren explosiv miteinander.



Die Brennstoffzelle

Aufbau:



Durchführung:

Man leitet Sauerstoff und Wasserstoff auf die jeweiligen Platin Elektroden.

Beobachtung:

Das im Stromkreislauf geschaltete Lämpchen fängt an zu brennen.

Erklärung:

Brennstoffzellen wandeln unter Abgabe von Wärme chemische Energie direkt in elektrische Energie um. Dabei wird die Kathode von Sauerstoff und die Anode von Wasserstoff-Gas umspült. Für den Betrieb von bestimmten Brennstoffzellen reicht der in der Luft enthaltene Sauerstoff vollkommen aus. Die folgenden Reaktionen beschreiben das Prinzip einer Brennstoffzelle.

- ☐ Anode $: 2 \text{ H}_2 \rightarrow 4 \text{ H}^+ + 4 \text{ e}^-$
- ☐ Kathode $: \text{ O}_2 + 4 \text{ H}^+ + 4 \text{ e}^- \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}$
- ☐ Gesamtreaktion $: 2 \text{ H}_2 + \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O} \quad + \text{ Wärme} + \text{ Elektrizität}$

Wasserstoff als Treibstoff

Die Schüler sollen anhand der nachfolgenden Texte die Fragen beantworten können und eine Übersicht bekommen wie vielfältig man Wasserstoff als „Antriebsmittel“ verwenden kann.

Text I

1. Wasserstoff statt Benzin

In leicht umgebauten herkömmlichen Motoren kann Wasserstoff statt Benzin verbrannt werden. Als Abgas entsteht dann hauptsächlich Wasserdampf. Weil die zur Verbrennung notwendige Luft auch Stickstoff enthält, entstehen dabei auch geringe Mengen von giftigen Stickoxiden. Auch die Aufbewahrung des Wasserstoffs im Fahrzeug beansprucht noch einen hohen Aufwand.

2. Wasserstoffgefüllte Wetterballons

Bis zu 30 km hoch steigen Wetterballons und senden dabei ständig Wetterdaten an Bodenstationen aus. Sie messen die Temperatur, die Windgeschwindigkeit, und den Luftdruck, die Windrichtung und die Luftfeuchtigkeit. Nur durch die Messungen in verschiedenen Höhen ist zusammen mit den Daten aus vielen Wetterstationen eine Wettervorhersage möglich.

3. Mit Wasserstoff ins Weltall

Mit einer Leistung von 40 Millionen kW wird die Raumfähre ins Weltall transportiert. Wasserstoff verbrennt mit Sauerstoff in riesigen Triebwerken zu Wasser. Durch das Ausströmen der heißen Verbrennungsgase wird die Rakete mit der Raumfähre ins All befördert. Diese Antriebsart ist aufgrund des Rückstoßes auch im Vakuum verwendbar.

4. Brennstoffzelle und Elektromotor

In einer Brennstoffzelle wird aus Wasserstoff und Luft elektrische Energie gewonnen. Als Abgas entsteht reines Wasser. Die elektrische Energie versorgt einen Elektromotor, der das Fahrzeug antreibt. Wird der Wasserstoff erst im Fahrzeug aus Erdgas gewonnen, entstehen auch noch Kohlenstoffdioxide als Abgase.

Fragen I:

Zu 1: Welche Vorteile hat Wasserstoff gegenüber von Benzin?

Zu 2: Warum wird in vielen Wetterballons Wasserstoff eingesetzt, obwohl er leicht brennbar ist?

Zu 3: Warum muss in einer Rakete außer Wasserstoff auch Sauerstoff mitgenommen werden?

Zu 4: Wie müsste der Wasserstoff gewonnen werden damit insgesamt ein umweltfreundlicher Antrieb vorliegt?

5. Wozu kann man Wasserstoff verwenden?

6. Stelle Vor- und Nachteile der Fahrzeuge zusammen, die mit Wasserstoff statt Benzin oder mit Brennstoffzellen betrieben werden.

	Vorteil	Nachteil
Benzin		
Wasserstoff		
Wasserstoff in Brennstoffzellen		

Text II:

Eine Brennstoffzelle wird mit Wasserstoff und Sauerstoff betrieben. Die beiden Gase werden in die Brennstoffzellen eingeleitet und reagieren dort zu Wasser. Das geschieht jedoch nicht mit heißer Flamme oder explosionsartig wie in einem Wasserstoffmotor. Es läuft vielmehr eine „gezähmte“ chemische Reaktion ab. Dabei wird chemische Energie in elektrische Energie und Wärme umgewandelt.

Möglich wird das durch den besonderen Aufbau der Brennstoffzelle. Die Brennstoffzelle besteht aus einem geschlossenen Behälter mit zwei Elektroden aus einer sehr dünnen, leitfähigen Kohlenstoffolie. Sie ist mit feinst verteiltem Platin beschichtet. Die beiden Elektroden sind durch eine weitere spezielle Folie, die Membran, voneinander getrennt.

Das Edelmetall Platin auf den Elektroden bewirkt als Katalysator die Reaktion zwischen Wasserstoff und Sauerstoff.

Die beiden Gase reagieren dadurch bereits bei Raumtemperatur. Wichtig dabei ist, dass sie durch die Membran voneinander getrennt sind.

Das Funktionsprinzip der Brennstoffzelle war schon vor über 150 Jahren entwickelt worden. Es wurde die „kalte Verbrennung“ des Wasserstoffs genannt.

Diese Entdeckung wurde jedoch lange Zeit nicht beachtet. Die Brennstoffzelle arbeitete zu Anfang nicht zuverlässig und ihr Wirkungsgrad war nur gering. Ihre große Stunde schlug erst mit der bemannten Raumfahrt. So wurde der Flug zum Mond nur dadurch möglich, dass man Brennstoffzellen einsetzte. Sie wogen einschließlich der „Brennstoffe“ Wasserstoff und Sauerstoff nur 800 kg und lieferten außer der elektrischen Energie auch noch das lebensnotwendige Wasser. Entsprechende Bleiakkus hätten mehr als 8 t gewogen - dabei betrug die gesamte Masse der Apollo-Raumkapsel nur 5,7 t.

Brennstoffzellen sollen bald in großer Zahl auf den Markt kommen. In Autos werden Prototypen schon seit einigen Jahren erprobt. Die Verbrennungsmotoren werden dort durch Elektromotoren ersetzt.⁴

Fragen II:

1. Worin besteht der Unterschied einer Brennstoffzelle zum Wasserstoffmotor?
2. Was geschieht mit der chemischen Energie?
3. Was meinst du ist die Aufgabe des Katalysators?
4. Welche Bedeutung hatten Brennstoffzellen beim bemannten Flug zum Mond?

⁴ Aus Süddeutsche Zeitung 3.7.2002

Abschließende Fragen:

1. Welches sind die beiden Hauptprobleme von Wasserstoff-Fahrzeugen mit Brennstoffzelle ?
2. Wie funktioniert ein Fahrzeug mit Brennstoffzelle?
Was ist der Unterschied zwischen Wasserstoffverbrennungsmotor und einem "normalen" Ottomotor?
3. ,Was entsteht als Abgas?

Antworten:

1. Die beiden Hauptprobleme von Wasserstoff-Fahrzeugen mit Brennstoffzelle sind das hohe Gewicht und der hohe Platzbedarf der Technik.
Wie funktioniert ein Fahrzeug mit Brennstoffzelle? Bei einem Wasserstoffauto mit Brennstoffzelle reagieren Wasserstoff und Sauerstoff in der Brennstoffzelle zu Wasser, dabei wird elektrische Energie gewonnen. Diese wird in einen Elektromotor geleitet, der die Räder des Autos antreibt.
2. Der Unterschied zwischen Wasserstoffverbrennungsmotor und einem "normalen" Ottomotor ist, dass ein Wasserstoff-Sauerstoff-Gemisch in die Kolben gespritzt wird, das gezündet werden muss, da es im Gegensatz zu Benzin nicht selbst zündet.
3. Als Abgas entsteht Wasser(dampf).

Verwendete Literatur

Bäuerle, Wolfgang (Hg.), 2005: Prisma NWA Chemie 4/5 Baden Württemberg, Stuttgart, Ernst Klett Verlag.

Blume Rüdiger (Hg.), 2007: Interaktiv Chemie Gesamtband Realschule Baden- Württemberg, Berlin, Cornelsen Verlag.

Frühauf, Dieter (Hg.), 1994: Blickpunkt Chemie, Hannover, Schroedel Schulbuchverlag.

Frühauf, Dieter (Hg.), 2005: Erlebnis Naturwissenschaft 3 Chemie, Braunschweig, Bildungshaus Schulbuchverlag.

Geiger, Werner (Hg.), 1986: CVK Chemie für Realschulen, Berlin, Cornelsen – Velhagen & Klasing Verlag für Lehrmedien.

Härle, H., Chemieunterricht in der Haupt- und Realschule, 4. überarbeitete Auflage 7/01.

Pölz, Werner; Salchenegger Stefan, 2005: Biogas im Verkehrssektor Technische Möglichkeiten, Potential und Klimarelevanz, Wien, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie Abt. Mobilität und Verkehrstechnologien.

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport, 2004: Bildungsplan 2004 Realschule, Baden – Württemberg.

www.seilnacht.com/Chemie/ch_methan.html, 29.Mai 2007

www.umweltlexikon-online.de/fp/archiv/RUBwerkstoffmaterialssubstanz/Methan.php, 29.Mai 2007