

Aufbau und Funktionsweise eines Raketenantriebs

Aufgaben:

Die Abbildung (A) zeigt die Schemazeichnung einer Rakete des Typs Ariane 5. Die zweite Abbildung (B) zeigt eine nochmals vergrößerte Darstellung des Haupttriebwerks.

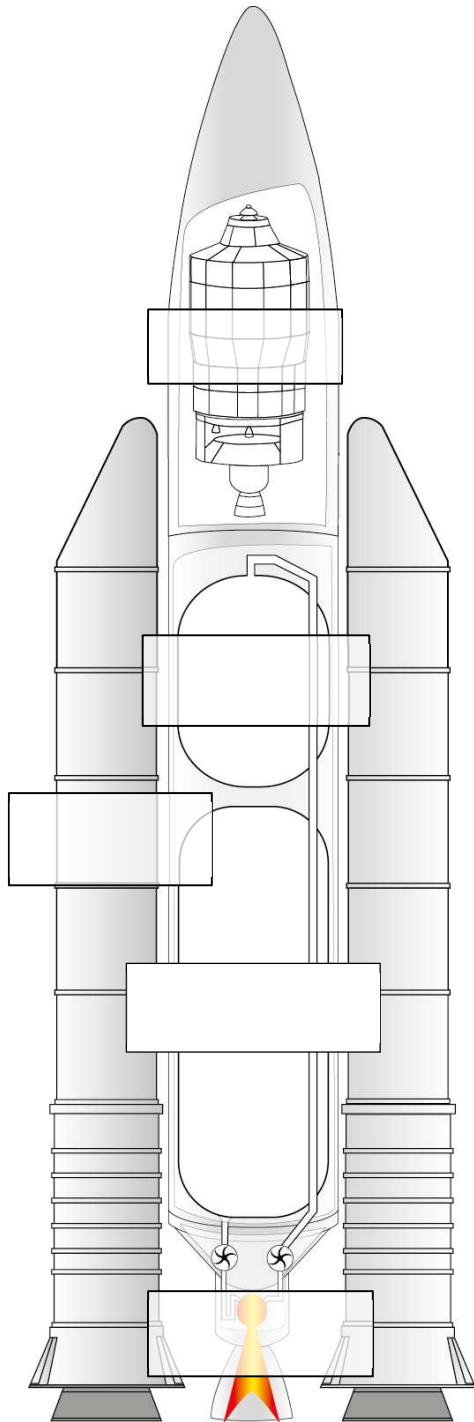
1. Beschrifte die beiden Abbildungen mit den entsprechenden Fachbegriffen.
Als Informationsquelle kannst du den Film „Raketenantrieb“ aus der Reihe „Die Sendung mit der Maus“ benutzen.
<https://www.youtube.com/watch?v=MXi3H-JwSUU>

Fachbegriffe:

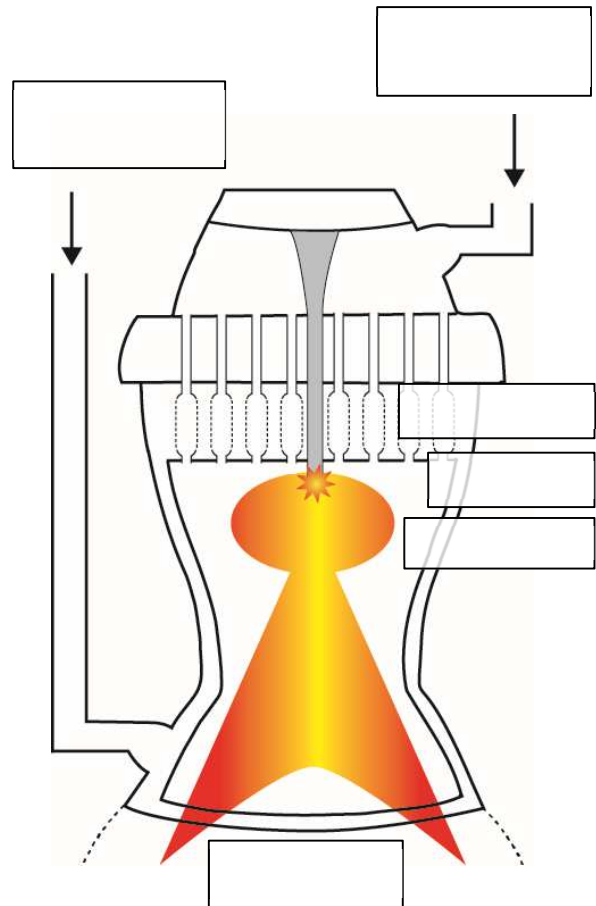
gasförmiger Wasserstoff, Feststoffbooster, flüssiger Sauerstoff, Nutzlast, Brennraum, gasförmiger Sauerstoff, flüssiger Wasserstoff, Gasdüse(n), Triebwerk Hauptstufe, Zündung, Rückstoß

2. Zeichne in der Abbildung (B) die Wege der beiden Gase Wasserstoff und Sauerstoff ein.
Verwende für Wasserstoff rot und für Sauerstoff blau.
3. Begründe die Tatsache, dass die beiden Gase erst in dem Brennraum des Triebwerkes zusammengeführt werden.
4. Erkläre mit eigenen Worten die Vorgänge, die die Hauptstufe der Rakete antreiben.

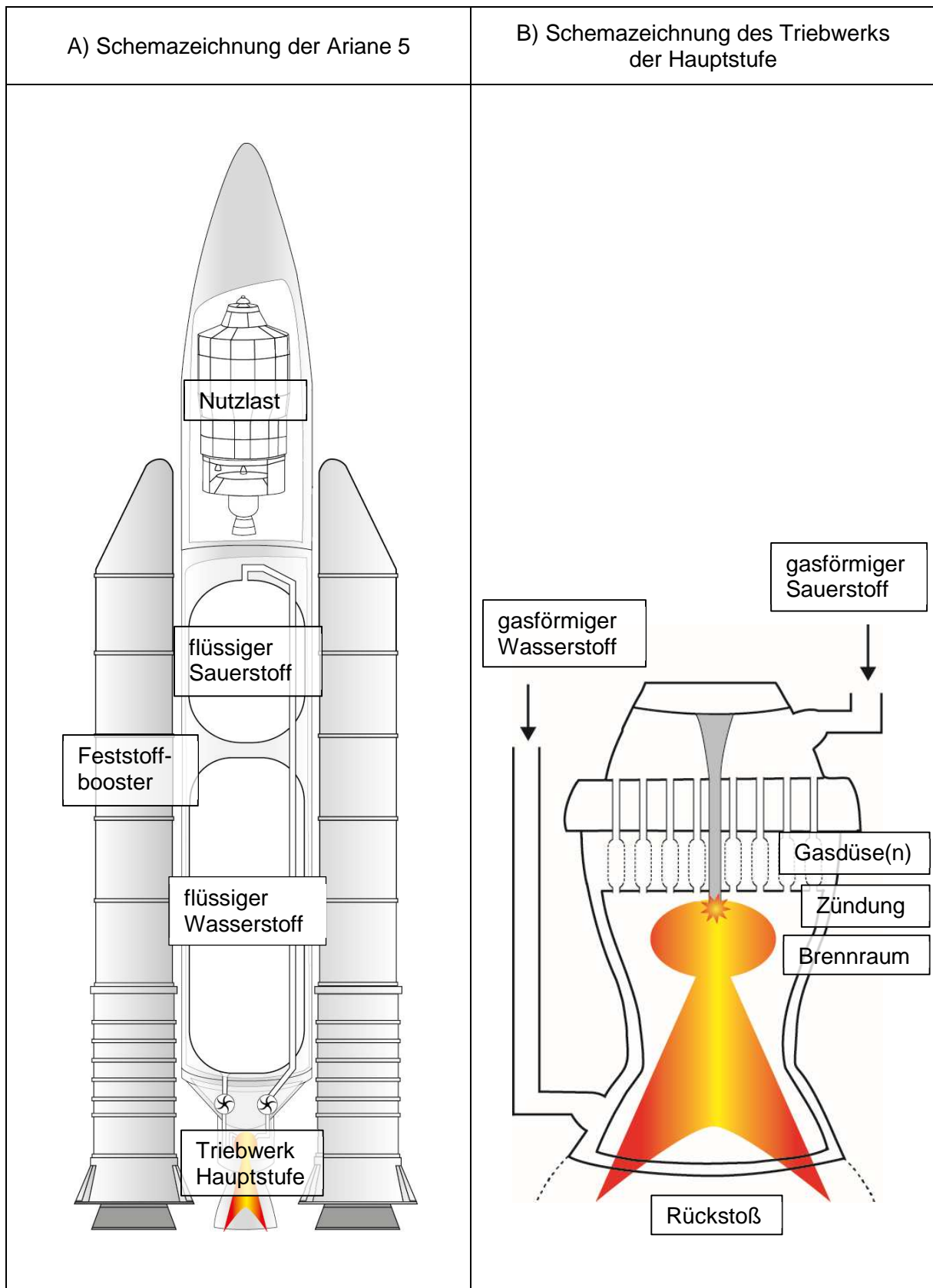
A) Schemazeichnung der Ariane 5



B) Schemazeichnung des Triebwerks der Hauptstufe



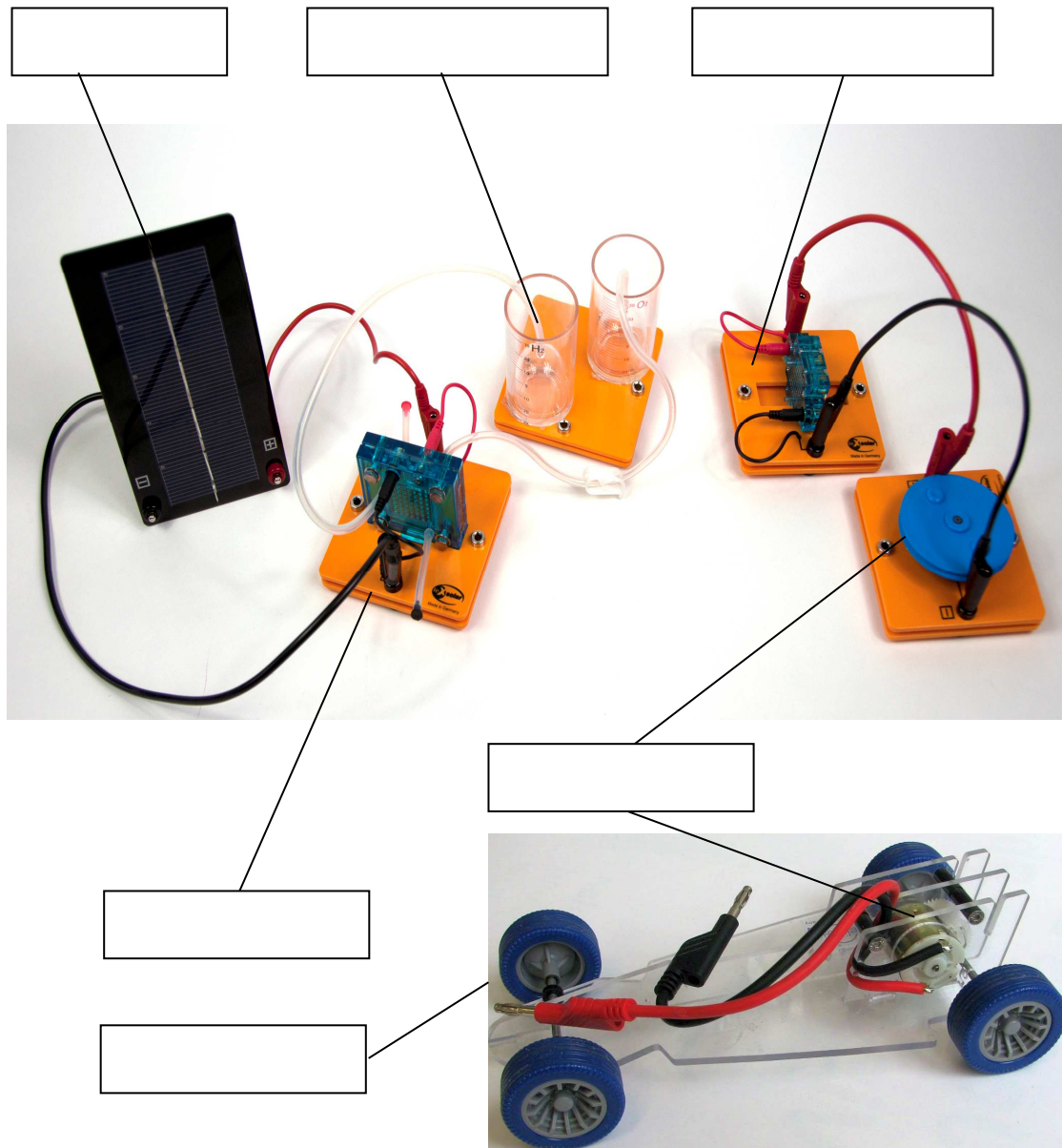
Lösung:



Bauteile eines Wasserstoff-Modellautos und deren Funktion

Arbeitsauftrag:

Im Chemieunterricht hast Du mit einem Modell eines Brennstoffzellen-Autos gearbeitet. **Beschrifte** die folgende Abbildung, die die typischen Bestandteile eines Modells eines Brennstoffzellen-Fahrzeugs zeigt.



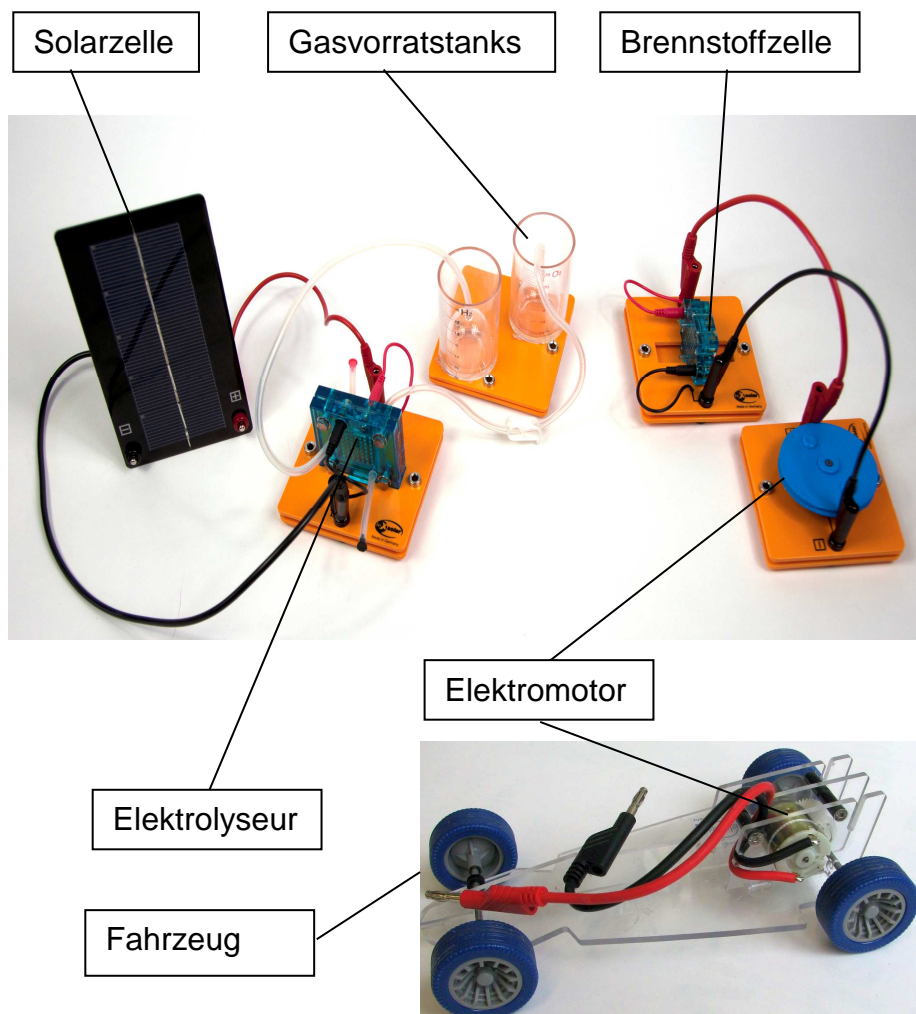
Vergleiche die Abbildung mit dem Modell-Fahrzeug in deiner Schule. Sind bei deinem Fahrzeug alle Teile enthalten?

Ordne den Bauteilen passende Vorgänge und Fachbegriffe zu. Zerschneide dazu die Tabelle in Schnipsel und bringe die Bauteile des Wasserstoff-Modellautos (grau unterlegt) in eine sinnvolle Reihenfolge.

Elektrolyseur	führt Wasserstoff und Sauerstoff kontrolliert zusammen und bringt beide Stoffe zur Reaktion.	
Fahrzeug	Wasser entsteht. Dabei wird Energie in Form von elektrischer Energie frei.	
liefert Energie	bewegt sich durch drehende Räder.	
endothermer Vorgang	zerlegt Wasser mit Hilfe elektrischer Energie in Wasserstoff und Sauerstoff.	
Synthese	wandelt die elektrische Energie in Bewegungsenergie um.	
Lampe bzw. Sonne	wandelt Lichtenergie in elektrische Energie um.	
exothermer Vorgang	Solarmodul	Elektromotor
Analyse	Gasvorratstanks	Brennstoffzelle
	mobile Brennstoffspeicherung	

Lösung:

Bauteile	Funktion/chemischer Fachbegriff
Lampe bzw. Sonne	liefert Energie.
Solarmodul	wandelt Lichtenergie in elektrische Energie um.
Elektrolyseur	zerlegt Wasser mit Hilfe elektrischer Energie in Wasserstoff und Sauerstoff.
	endothermer Vorgang
	Analyse
Brennstoffzelle	führt Wasserstoff und Sauerstoff kontrolliert zusammen und bringt beide Stoffe zur Reaktion.
	Wasser entsteht. Dabei wird Energie in Form von elektrischer Energie frei.
	exothermer Vorgang
	Synthese
Gasvorratstanks	mobile Brennstoffspeicherung
Elektromotor	Im ... wandelt sich elektrische Energie in Bewegungsenergie um.
Fahrzeug	bewegt sich durch drehende Räder.



Verschiedene schematische Darstellungen der chemischen Reaktion

Stoffebene <i>Bildschema</i>		+		→	
Stoffebene <i>Wortschema</i>		+		→	
Teilchenebene <i>Kugelschema</i> <i>(ohne erkennbare Bindungen)</i>		+		→	
Teilchenebene <i>Formelschema</i> <i>(ohne erkennbare Bindungen)</i>		+		→	
Teilchenebene <i>Kugelschema mit Atombindung</i> <i>(man erkennt bindende Elektronenpaare)</i>		+		→	
Teilchenebene Formelschema in Valenz(Lewis)- schreibweise <i>(man erkennt freie und bindende Elektronenpaare)</i>		+		→	
Energieebene <i>Gesamtenergiebilanz</i>					
<i>Reaktionsenthalpie</i>					




LE 1: Wasserstoff verbrennen (Knallgasprobe)

Stoffebene

Stoffebene <i>Bildschema</i>		+		→	
	Brennbares, unsichtbares Gas		Nicht brennbares, unsichtbares Gas		Farblose Flüssigkeit
Stoffebene <i>Wortschema</i>	Wasserstoff	+	Sauerstoff	→	Wasser
Teilchenebene <i>Kugelschema</i> <i>(ohne erkennbare Bindungen)</i>		+		→	
Teilchenebene <i>Formelschema</i> <i>(ohne erkennbare Bindungen)</i>		+		→	
Teilchenebene <i>Kugelschema mit Atombindung</i> <i>(man erkennt bindende Elektronenpaare)</i>		+		→	
Teilchenebene Formelschema in Valenz(Lewis)-schreibweise <i>(man erkennt freie und bindende Elektronenpaare)</i>		+		→	
Energieebene <i>Gesamtenergiebilanz</i>					
<i>Reaktionsenthalpie</i>					





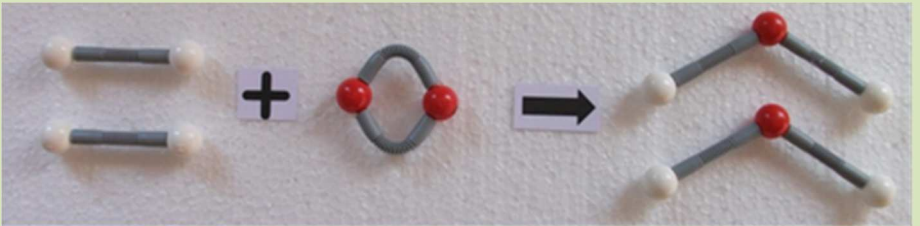
LE 2: Wasserstoff verbrennen (Knallgasprobe)

Energieebene

Stoffebene <i>Bildschema</i>		+		→	
	Brennbares, unsichtbares Gas		Nicht brennbares, unsichtbares Gas		Farblose Flüssigkeit
Stoffebene <i>Wortschema</i>	Wasserstoff	+	Sauerstoff	→	Wasser
Teilchenebene <i>Kugelschema</i> <i>(ohne erkennbare Bindungen)</i>		+		→	
Teilchenebene <i>Formelschema</i> <i>(ohne erkennbare Bindungen)</i>	2 H ₂	+	O ₂	→	2 H ₂ O
Teilchenebene <i>Kugelschema mit Atombindung</i> <i>(man erkennt bindende Elektronenpaare)</i>		+		→	
Teilchenebene Formelschema in Valenz(Lewis)-schreibweise <i>(man erkennt freie und bindende Elektronenpaare)</i>		+		→	
Energieebene <i>Gesamtenergiebilanz</i>	Energie, die man zum Spalten von zwei Mol (4g) Wasserstoffmolekülen benötigt. 2 · H-H spalten 2 · 436 kJ = +872 kJ ΔH = +872 kJ/mol		Energie, die man zum Spalten von einem Mol (32g) Sauerstoffmolekülen benötigt. 1 · O=O spalten +497 kJ ΔH = +497 kJ/mol		Energie, die bei der Bildung von zwei Mol (36g) Wassermolekülen frei wird. 4 · H-O bilden 4 · -463 kJ = -1852 kJ ΔH = -1852 kJ/mol
Reaktionsenthalpie	2 · 436 kJ + 1 · 497 kJ - 4 · 463 kJ = - 483 kJ ΔHR < 0, exotherm 483 kJ Energie werden bei der Verbrennung von zwei Mol (4g) Wasserstoff frei.				

LE 3: Wasserstoff verbrennen (Knallgasprobe)










Teilchenebene

Stoffebene <i>Bildschema</i>		+		→	
	Brennbares, unsichtbares Gas		Nicht brennbares, unsichtbares Gas		Farblose Flüssigkeit
Stoffebene <i>Wortschema</i>	Wasserstoff	+	Sauerstoff	→	Wasser
Teilchenebene <i>Kugelschema</i> <i>(ohne erkennbare Bindungen)</i>					
Teilchenebene <i>Formelschema</i> <i>(ohne erkennbare Bindungen)</i>	2 H ₂	+	O ₂	→	2 H ₂ O
Teilchenebene <i>Kugelschema mit Atombindung</i> <i>(man erkennt bindende Elektronenpaare)</i>					
Teilchenebene Formelschema in Valenz(Lewis)-schreibweise <i>(man erkennt freie und bindende Elektronenpaare)</i>	2 · H—H	+	⋈ O=O ⋈	→	2 · ⋈ O ⋈ H H
Energieebene <i>Gesamtenergiebilanz</i>	Energie, die man zum Spalten von zwei Mol (4g) Wasserstoffmolekülen benötigt. 2 · H-H spalten 2 · 436 kJ = +872 kJ ΔH = +872 kJ/mol		Energie, die man zum Spalten von einem Mol (32g) Sauerstoffmolekülen benötigt. 1 · O=O spalten +497 kJ ΔH = +497 kJ/mol		Energie, die bei der Bildung von zwei Mol (36g) Wassermolekülen frei wird. 4 · H-O bilden 4 · -463 kJ = -1852 kJ ΔH = -1852 kJ/mol
Reaktionsenthalpie	2 · 436 kJ + 1 · 497 kJ - 4 · 463 kJ = - 483 kJ ΔHR < 0, exotherm 483 kJ Energie werden bei der Verbrennung von zwei Mol (4g) Wasserstoff frei.				

„Was werden wir später einmal statt Kohle verbrennen?“
fragte der Seemann. „Wasser“, antwortet Smith.
Wasserstoff oder Sauerstoff werden für sich oder
zusammen zu einer unerschöpflichen Quelle von Wärme
und Licht werden, von einer Intensität, die die Kohle
überhaupt nicht haben könnte; das Wasser ist die Kohle
der Zukunft.“

(Jules Verne: Die geheimnisvolle Insel, 1874)

Versuche zu den Eigenschaften von Wasserstoff (Lehrerversuche)

DGUV SR 2003							Weitere Maßnahmen: Explosions- gefahr!
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Wasserstoff R-Sätze: 12 S-Sätze: 9-16-33							

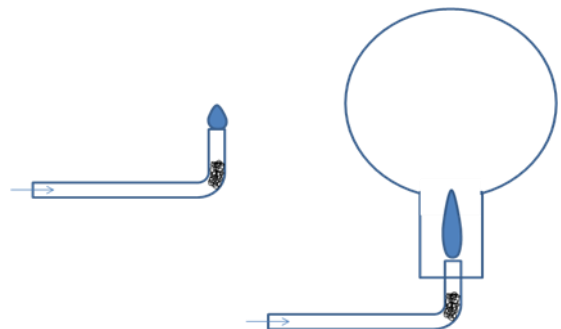
Materialien und Chemikalien:

Stativ, Klammer, Muffe, Streichhölzer, gewinkeltes Glasrohr mit ausgezogener Spitze und Rückschlagsicherung, Rundkolben, Stopfen, Wasserstoff aus der Druckgasflasche (Handhabung **nur** durch die Lehrperson!) oder aus einem Gasometer

Durchführung:

Ein Rundkolben wird mit Sauerstoff gefüllt. Dabei kann dies pneumatisch geschehen, oder durch direktes Einleiten des Sauerstoffs, wodurch mit der Zeit der Stickstoff der Luft verdrängt wird. Der Kolben wird mit einem Stopfen verschlossen.

Anschließend entzündet man den Wasserstoff am ausgezogenen Glasrohr mit Rückschlagsicherung. (Vor dem Entzünden die Knallgasprobe durchführen. Dabei muss der Wasserstoff nicht zwingend aus einer Gasflasche strömen, sondern kann in einem Gasometer gespeichert worden sein, das dann einen konstanten Wasserstoffstrom gewährleistet.)



Die Wasserstoffflamme wird auf eine mäßige Größe eingeregelt.

Anschließend führt man die Flamme in den vorbereiteten Kolben und die Schülerinnen und Schüler beobachten.

Beobachtungen:

Die Größe der Flamme nimmt zu.

Am Glas bilden sich kleine Flüssigkeitströpfchen.

Auswertung:

Die Reaktionsführung zeigt, dass der Wasserstoff reagiert, und zwar zunächst mit dem Sauerstoff aus der Luft, wodurch sich eine bestimmte Flammengröße einstellt, die durch den Gehalt von etwa 21Vol-% bedingt ist.

Setzt man die Flamme einer 100%igen Sauerstoffatmosphäre aus, so kommt es zu größeren Umsätzen, so dass sich eine größere Flamme ausbildet.

Beim Wasserstoff handelt es sich um den Brennstoff, der Sauerstoff unterhält die Verbrennung.

Wasserstoff reagiert mit [Sauerstoff](#) nach Zufuhr von [Aktivierungsenergie](#) zu [Wasser](#). Dabei wird Energie [frei](#).

Wortgleichung: [Wasserstoff](#) + [Sauerstoff](#) → [Wasser](#)

Die sich bildende Flüssigkeit müsste grundsätzlich als Wasser nachgewiesen werden. Da den Schülerinnen und Schüler ein solcher Nachweis zu diesem Zeitpunkt noch nicht zwingend bekannt ist, besteht die Möglichkeit, den **Wassernachweis** mit weißem Kupfersulfat, Watesmo-Papier oder Cobaltchlorid-Papier einzuführen.

Dichte von Wasserstoff

(in Verbindung mit der Tatsache, dass er die Verbrennung nicht unterhält)

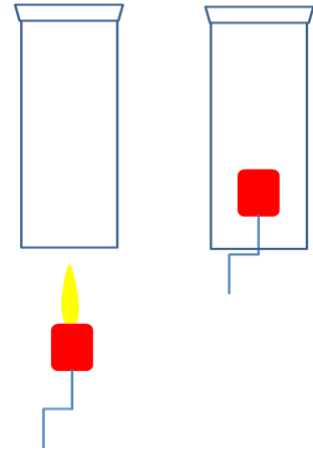
Materialien und Chemikalien:

Stativ, Klammer, Muffe, Streichhölzer, Kerze auf einem Metalldraht, Standzylinder, Wasserstoff aus der Druckgasflasche (Handhabung **nur** durch die Lehrperson!)

Durchführung:

Ein Standzylinder wird kopfüber befestigt und mit Wasserstoff gefüllt. Dann führt man eine entzündete Kerze von unten zur Öffnung des Standzylinders.

Der Wasserstoff entzündet sich und man führt die Kerze sofort weiter in den Standzylinder hinein und wieder hinaus.



Beobachtungen:

Der Wasserstoff entzündet sich an der Kerzenflamme und brennt mit fahler Flamme. Beim Eintauchen der Kerze in den Standzylinder erlischt sie und entzündet sich beim Herausziehen wieder am Flammensaum.

(Dies lässt sich aber nur 2-3 Mal demonstrieren, da der Wasserstoff aus dem Standzylinder recht zügig verbraucht ist.)

Der Standzylinder beschlägt im Inneren mit feinen Flüssigkeitstropfen, wenn der Wasserstoff vollständig verbrannt ist.

Auswertung:

Die Reaktionsführung zeigt, dass der Wasserstoff leichter als Luft ist, da er aus dem kopfüber eingespannten Standzylinder nicht entweicht. Außerdem zeigt die erlöschende Kerze, dass Wasserstoff die Verbrennung nicht unterhält.

Gewinnung von Wasserstoff durch Elektrolyse

Im neuen Lehrplan für die naturwissenschaftlichen Fächer findet sich zum Themenfeld 3 Chemie folgende Aussage zum konzeptbezogenen Fachwissen:

Chemische Reaktion

Verbrennungen werden mit Reaktionsgleichungen beschrieben. Sie sind (prinzipiell) sowohl stofflich als auch energetisch umkehrbar (Analyse und Synthese von Wasser, endotherm und exotherm).

Besonders geeignet zur Demonstration der Umkehrbarkeit einer chemischen Reaktion ist die Synthese und Analyse von Wasser. Die Synthese kann in Form der Verbrennung und der Brennstoffzelle erfolgen.







Für die Analyse stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung:

- Analyse im Hofmannschen Zersetzungsapparat
- Analyse mit einem Elektrolyseur bzw. einer kombinierter Elektrolyse/Brennstoffzelle aus einem Versuchs-Kit zum Thema Wasserstoff oder Wasserstoffauto.

Mit beiden Versuchen wird die Bildung der Gase demonstriert.

Im Hofmann-Apparat kann die Gasbildung gut beobachtet und das Gas leicht entnommen werden. In der Regel ist dies kein Schülerversuch.

Die meisten Brennstoffzellen-Kits besitzen ebenfalls einen skalierten Gasspeicher und bieten auch eine Entnahme des gebildeten Gases an. Eingefüllt wird zumeist destilliertes Wasser. (Weitere Informationen in den Anleitungen dieser Versuchs-Kits.)

DGUV SR 2003							Weitere Maßnahmen: Text:
x	x	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Geräte:

Hofmannscher Zersetzungsapparat, Stativmaterial, Kabelmaterial, Spannungsquelle, Reagenzgläser, Brenner, Glimmspan, Streichhölzer

Chemikalien:

- Wasser, Natriumsulfat oder verdünnter Schwefelsäure

Versuchsdurchführung:

- Der Zersetzungsapparat wird mit verdünnter Schwefelsäure oder Natriumsulfat-Lösung gasfrei befüllt und die Elektroden mit der Spannungsquelle verbunden.
- Es wird mit ca. 6 Volt Gleichspannung elektrolysiert. (Es sollte schon vor der Unterrichtsstunde elektrolysiert werden, um ausreichende Gasmengen für die sich anschließende Nachweise zu erhalten.)
- Entnahme des Gases aus dem Schenkel, an dem der Pluspol anlag und Nachweis mittels Glimmspanprobe.
- Entnahme des Gases aus dem Schenkel an dem der Minuspol anlag und Nachweise mittels Knallgasprobe.

Entsorgung: Lösung kann wieder verwendet werden.

Aufgaben (für Schülerinnen und Schüler):

1. Skizziere und beschrifte den Versuch sorgfältig.
2. Erkläre, welche Gase in den beiden Schenkeln entstanden sind
3. Formuliere die Wortgleichungen für den Wasserstoffnachweis.
4. Formuliere die Wortgleichung für die durch den elektrischen Strom bewirkte chemische Reaktion.

Foto zum Versuchsaufbau (Zugriff: 04.03.2015):

z. B. unter http://www.der-hedinger.de/uploads/tx_t3nav/026408C2-2899-43B1-B29D-46C29473F002.jpg

Filme (Zugriff 04.03.2015)

Hofmannscher Zersetzungsapparat: <http://www.youtube.com/watch?v=bf6YYwH6d28>

Glimmspanprobe: http://www.youtube.com/watch?v=laehfq-4_JE

Knallgas-Probe: <http://www.youtube.com/watch?v=m7xQml4OI5g>

Selbstbau-Hofmann: <http://www.youtube.com/watch?v=vfUNrAcEZBq>

Didaktische Hinweise:

Mit Hilfe des Hofmannschen Zersetzungsapparates wird die Elektrolyse des Wassers durchgeführt. Die Schülerinnen und Schüler erfahren dabei, dass die Verbindung Wasser in die Stoffe Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt wird (Analyse). Der Versuch schließt an die Verbrennung des Wasserstoffs zu Wasser an.

Sollen die Nachweise der Gase im Unterricht erfolgen, so muss unbedingt schon vor Unterrichtsbeginn elektrolysiert werden, um ausreichende Mengen vorliegen zu haben.

Dem Wasser muss Natriumsulfat oder Schwefelsäure zugesetzt werden, um eine ausreichende elektrische Leitfähigkeit und damit Produktbildung zu ermöglichen. Dies sollte mit den Schülerinnen und Schülern möglichst nicht besprochen werden, damit die Interpretation der Ergebnisse nicht unnötig erschwert wird.

Sollten die Nachweise der Gase noch nicht eingeführt worden sein, kann das an dieser Stelle erfolgen. Ein Vergleich mit Gasen aus der Druckflasche ist dazu notwendig.

Wird der Versuch im Anschluss an die Synthese des Wassers durch Verbrennung von Wasserstoff durchgeführt, dann kann die Reaktion auf den drei Ebenen Stoff, Teilchen (Modelle und Formeln) und Energie ausgewertet werden. Dabei können die Begriffe Analyse und Synthese herausgearbeitet und an einer Reaktion bearbeitet werden. Die jeweiligen Reaktionen können somit auf den drei Ebenen erklärt werden.

Rezensionen einiger Brennstoff-Zellen-Sets für den Unterricht

Im Folgenden sollen einige für den Schulunterricht bzw. für andere Bildungseinrichtungen am Markt erhältliche Brennstoffzellen-Sets mit bzw. ohne Brennstoffzellen-Auto vorgestellt werden. Die hier vorgenommene Auflistung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Zudem wird auf eine möglichst neutrale Darstellung Wert gelegt. Die genannten Angaben wurden bei Materialerstellung tagesaktuell recherchiert und sind unverbindlich.

Weitere Sets sind z. B. bei Opitec, Pearl erhältlich. Zudem gibt es bei nahezu allen Lehrmittelherstellern etwa unter dem Stichwort „Erneuerbare Energie“ diverse Angebote, die zum Teil auch für den Einsatz im Physik- bzw. Technikunterricht zusammengestellt wurden und somit mehr oder weniger freie Schüleraktivität zulassen.

HERSTELLER: H-TEC-EDUCATION-GmbH

<http://www.h-tec.com/de/education/produkte/tutorial/teacher-set/>

Tutorial Teacher Set



H-TEC EDUCATION GmbH, Lübeck

Zubehör:

Elektrolyseur, reversible Brennstoffzelle, (H_2/O_2 /Luft), zerlegbare Brennstoffzelle, Brennstoffzelle (Methanol/Luft), zwei Gasspeicher, Solarmodul, Ventilator (Verbraucher), magnetische Grundplatte, Chassis, Auto, Batteriehalter und AC-Netzteil, magnetische Wandhalter, diverse Kabel- und Schlauchverbindungen, ausführliche Begleitmaterialien mit Versuchsanleitungen

Beschreibung:

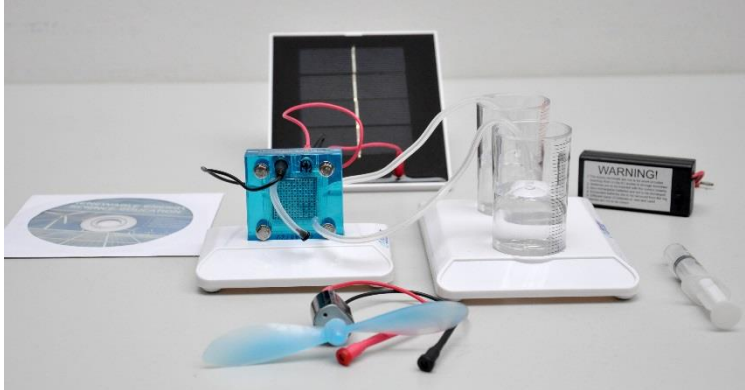
Aufgrund der Materialien und Versuchsanleitungen ist ein Einsatz in der Sek. I und Sek. II möglich. Das Set erlaubt den flexiblen Aufbau verschiedener Anwendungsbeispiele aus Wirtschaft und Technik. Eine der beigefügten Brennstoffzellen ist zerlegbar, so dass eine Betrachtung der einzelnen Bauteile ermöglicht wird. Klare und eindeutige Beobachtungen der Vorgänge beim Betrieb sind mit diesem Set möglich. Aufgrund der Möglichkeit, Wasserstoff in einem Tank aufzufangen, kann problemlos der Gasnachweis erfolgen. Im Paket enthalten ist zudem eine magnetische Grundplatte und entsprechende Wandhalterungen. Der Hersteller ermöglicht auf Anfrage die Bestellung einzelner zerlegbarer Brennstoffzellen.

Zu erwerben z. B. bei Klüver und Schulz, Bestell-Nr.: 1232584

HERSTELLER: Horizon

<http://www.horizoneducational.com/didactic-material/>
<http://www.horizonfuelcellshop.com/europe/products/>

Power-Set FCJJ-16



Zubehör:

Reversible Brennstoffzelle (Analyse und Synthese), zwei Gasspeicher, Solarmodul, Ventilator (Verbraucher), Batteriehalter, div. Kabel- und Schlauchverbindungen, ausführliche Begleitmaterialien mit Versuchsanleitungen

© by TW Horizon Fuel Cell Technologies

Beschreibung:

Das Set ermöglicht eine einfache Anwendung durch Schülerinnen und Schüler in der Sek. I. Die beigefügte Brennstoffzelle fungiert sowohl als Elektrolyseur als auch als Brennstoffzelle, so dass beide Vorgänge nicht gleichzeitig isoliert betrachtet werden können. Die Gasentnahme zum Gasnachweis ist über die Kunststoffschläuche möglich. Der beigefügte Ventilator dient als Verbraucher.

Zu erwerben z. B. bei www.conatex.de

iH2Go



Zubehör:

Brennstoffzellen-Auto mit iPad oder iPhone fernsteuerbar, Wasserstoff-Tankstelle mit Füllkolben, Solarmodul; Anleitungen und iPhone-App

© by TW Horizon Fuel Cell Technologies

Beschreibung:

Das Set enthält ein mittels iPhone bzw. iPad fernsteuerbares Brennstoffzellen - Auto, das mittels eines Elektrolyseurs mit Wasserstoff betankt werden kann. Ein Solarmodul und die entsprechenden Apps sind ebenfalls im Set enthalten. Auf der Seite des Herstellers Horizon wird die Funktionsweise des Autos im kurzen Film gezeigt.

Zu erwerben z. B. bei www.conrad.de

HERSTELLER: HELIOCENTRIS

<http://www.heliocentris.com/de/academia-angebot/produkte/schulprodukte.html>

Model Car Complete



Zubehör:

Reversible Brennstoffzelle, graduierte Gasspeicher, Solarmodul, Verbrauchermessbox, Autochassis, diverse Kabel, Experimentieranleitungen

Beschreibung:

Das Set enthält eine auf ein Autochassis montierbare reversible Brennstoffzelle (Synthese und Analyse), die für den Einsatz mit Schülerinnen und Schülern in der Sek. I dient. Der Gasnachweis von Wasser- und Sauerstoff kann mittels kleiner Reagenzgläser direkt an den entsprechenden Tanks der Brennstoffzelle erfolgen. Der Elektrolyseur wird mittels der beigefügten Solarzelle betrieben. Das Set kann auch ohne Verbrauchsmessbox (ca. 150 €) bzw. ohne Verbrauchsmessbox und Solarmodul (ca. 120 €) bestellt werden.

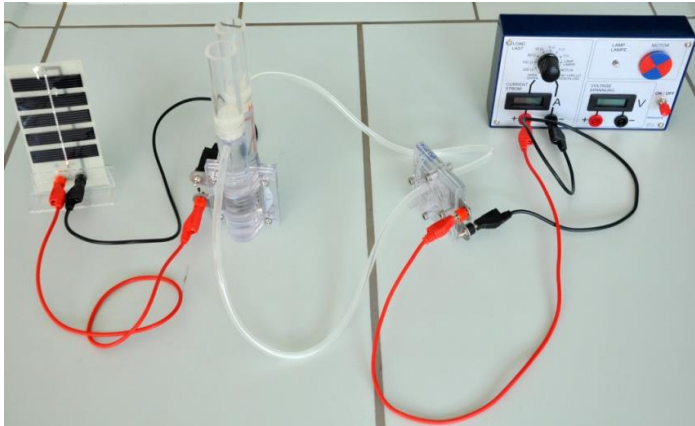
Zu erwerben z. B. bei didactic@heliocentris.com, Art.-Nr. 354

Cornelsen Experimenta

http://shop.corex.de/Sekundarstufe/Erneuerbare_Energien/76001-SEG_Energieumwandlung_3_Solar_Wasserstoff_Technologie

http://shop.corex.de/Sekundarstufe/Erneuerbare_Energien/76350-SEG_Energieumwandlung_2_heliocentris_Brennstoffzelle_und_Solar_Wasserstoff_Technologie

Dr FuelCell® Science Kit



Zubehör:

Reversible Brennstoffzelle, graduierte Gasspeicher, Solarmodul, Verbrauchermessbox, diverse Kabel, Experimentieranleitungen

Beschreibung:

Das Set enthält einen Elektrolyseur, der mittels der mitgelieferten Solarzelle zur Produktion von Wasserstoff und Sauerstoff genutzt werden kann. Beide Gase werden in den Gastanks oberhalb der Zelle aufgefangen und können leicht nachgewiesen werden. Mittels der mitgelieferten Brennstoffzelle kann die chemische Energie in elektrische Energie gewandelt werden, was mittels einer Verbrauchsmessbox gezeigt werden kann.

Das Set enthält kein Autochassis, aber man kann die beiden Prozesse der Elektrolyse und Synthese von Wasser gleichzeitig in zwei verschiedenen Bauteilen verfolgen.

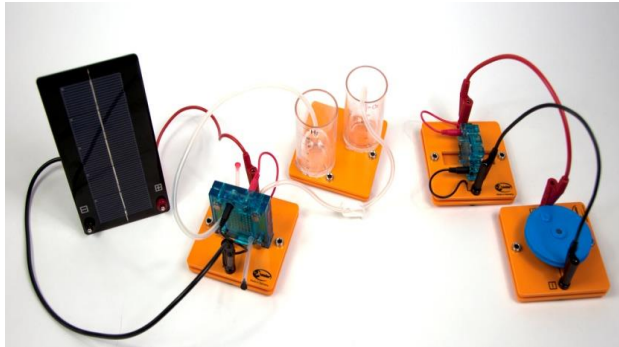
Zu erwerben z. B. bei Windhaus Labortechnik GmbH (Katalog 2014) www.winlab.de

Art-Nr. 790300923; Art-Nr. 790300916, Klassensatz (6 Stück)

HERSTELLER. LeXSolar GmbH

<http://www.lexsolar.de/index.php?site=shop&boxleft=4b>

LeXSolar - H2 Large 2.0



Zubehör:

Elektrolyseur, PEM-Brennstoffzelle, Solarmodul, SOFC-Brennstoffzelle, zwei Gasspeicher, Potentiometer, Motor, Gasbrenner, LeXSolar-Grundeinheit mit Schaltplänen, diverse Kabel- und Schlauchverbindungen, ausführliche Begleitmaterialien mit Versuchsanleitungen.

Beschreibung:

Aufgrund der Materialien und Versuchsanleitungen ist ein Einsatz in der Sek. I **und** Sek. II möglich. Neben der etablierten PEM-Brennstoffzellentechnik kann mittels der SOFC eine weitere Brennstoffzellen-Technologie experimentell erprobt werden. Aufgrund der Möglichkeit, Wasserstoff und Sauerstoff in zwei Tanks aufzufangen, kann problemlos der Gasnachweis erfolgen. Der Hersteller ermöglicht auf Anfrage die Bestellung einzelner weiterer Brennstoffzellen zum Aufbau eines Brennstoffzellen-Stacks. Zudem kann eine Ethanol-Brennstoffzelle zur Darstellung einer dritten Brennstoffzelle-Technologie erworben werden.

Zu erwerben bei LeXSolar GmbH

LeXSolar-H2 Minikit Modellauto



Zubehör:




Lampe, Solarmodul, abnehmbare Brennstoffzelle mit Gastanks, Modellauto-Chassis

Beschreibung:

Das Set enthält eine auf ein Autochassis montierbare reversible Brennstoffzelle (Synthese und Analyse). Der Gasnachweis von Wasser- und Sauerstoff kann mittels kleiner Reagenzgläser direkt an den entsprechenden Tanks der Brennstoffzelle erfolgen. Der Elektrolyseur wird mittels der beigefügten Solarzelle bzw. einer mitgelieferten Klemmlampe betrieben.

Zu erwerben bei LeXSolar GmbH

Knallgasprobe zum Wasserstoff-Nachweis als Schülerübung

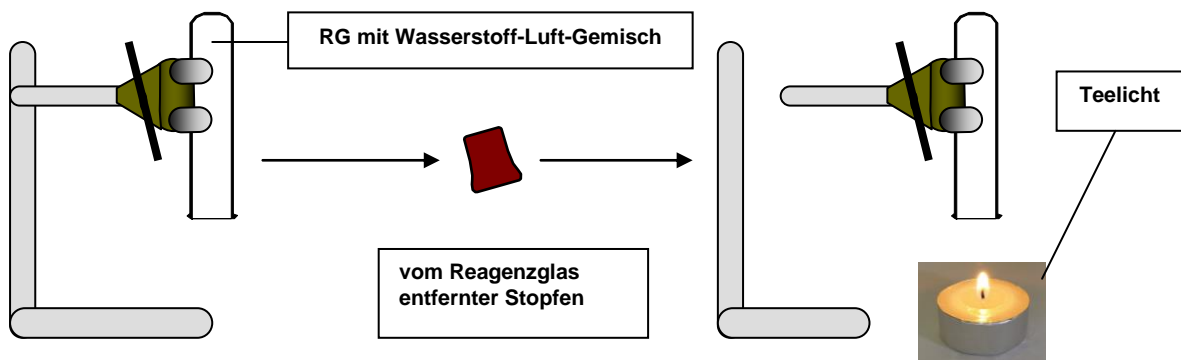
DGUV SR 2003							Weitere Maßnahmen: Explosions- gefahr!
x	x	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	x	
Wasserstoff R-Sätze: 12 S-Sätze: 9-16-33							

Materialien und Chemikalien:

Stativ, Klammer, Muffe, Teelicht, Streichhölzer, 2 Reagenzgläser, ein Stopfen, Wasserstoff aus der Druckgasflasche (Handhabung **nur** durch die Lehrperson!)

Durchführung:

- Bereite dir an deinem Arbeitsplatz ein Stativ mit einer Muffe und einer Reagenzglasklammer vor.
- Hole dir bei deinem Lehrer ein Reagenzglas (RG), gefüllt mit Wasserstoff, ab. Verschließe das Reagenzglas direkt nach dem Befüllen mit einem Stopfen.
- Führe nun an deinem Arbeitsplatz selbstständig die Knallgasprobe durch.
 - Spanne das mit dem Stopfen verschlossene Reagenzglas mit der Öffnung nach unten in der Reagenzglasklammer ein. Jetzt kannst du in Ruhe ein Teelicht entzünden.
 - Nun kannst du die Klammer mitsamt dem befestigten Reagenzglas vom Stativ lösen und es gefahrlos „am langen Arm“ festhalten.
 - Entferne nun den Stopfen. Das Reagenzglas muss dabei weiterhin mit der Öffnung nach unten gehalten werden.
 - Führe nun das Reagenzglas vorsichtig in Richtung der brennenden Kerze und beobachte genau!



- Wiederhole den Versuch, nachdem du erneut ein sauberes Reagenzglas mit Wasserstoff bei deinem Lehrer abgeholt hast.
Beobachte nach dem Versuch die Innenwand des Reagenzglas!

Information:

Ein Gemisch aus Wasserstoff und Sauerstoff ist explosionsfähig und heißt Knallgas.

Die Reaktion ist bei einem Volumenverhältnis von zwei Teilen Wasserstoff zu einem Teil Sauerstoff besonders heftig.

Ein Gemisch aus Wasserstoff und Luft ist bei einem Volumenanteil des Wasserstoffs zwischen 4 und 77% explosiv.

Den Nachweis von Wasserstoff bezeichnet man als Knallgasprobe.

Die Knallgasprobe dient zur Überprüfung der Reinheit einer Wasserstoff-Atmosphäre, um eine Explosion in einer Apparatur zu vermeiden.

Ein pfeifender Ton oder Knall bedeutet: Es liegt ein Wasserstoff-Luftgemisch vor (etwas Knallgas).

Ein ruhiges Abbrennen des Wasserstoffs bzw. schwaches Verpuffen („leises Plopp“) bedeutet: Im Reagenzglas liegt (fast) reiner Wasserstoff vor.

Beobachtung:

Der Wasserstoff reagiert mit einem Geräusch.

Die Teelichtflamme entzündet den Wasserstoff.

An der Reagenzglas-Innenwand sieht man Flüssigkeitströpfchen.

Auswertung:

Wasserstoff reagiert mit Sauerstoff nach Zufuhr von Aktivierungsenergie zu Wasser. Dabei wird Energie frei.

Wortgleichung: Wasserstoff + Sauerstoff → Wasser