

Bedienungsanleitung: Solar-Wasserstoff-Experimentierset

1. Sicherheitshinweise

Folgende Sicherheitshinweise sind für die Nutzung des Experimentiersets zu beachten:

- ! Brennstoffzelle mit destilliertem Wasser wässern, bevor diese an die Solarzelle angeschlossen wird.
- ! Benutzung ab 12 Jahren unter Aufsicht von Erwachsenen.
- ! Batterie: Für den Fall, dass keine Sonne vorhanden ist, kann die reversible Brennstoffzelle mit Batterien betrieben werden. 2x AA verwenden! Beim Einlegen auf Polarität achten (+/-). Verbinden der Brennstoffzelle mit der Solarzelle nur mit beigelegten Kabeln. Roter Kontakt Solarzelle zu rotem Kontakt Brennstoffzelle. Schwarzer Kontakt Solarzelle zu schwarzem Kontakt Brennstoffzelle.
Solarzelle und Batterie dürfen nicht miteinander verbunden werden.
- ! Solarzelle: Die Solarzelle nur an die reversible Brennstoffzelle anschliessen. Die Solarzelle kann nicht zum Aufladen der Batterien verwendet werden.
- ! Kabel: Beim Lösen der Steckverbindungen nicht an den Kabeln ziehen.
Beim Anschliessen der Komponenten auf korrektes Verbinden achten. Rot mit rot, schwarz mit schwarz.
- ! **Destilliertes Wasser:** Die Brennstoffzelle und die beiden Zylinder dürfen nur mit destilliertem bzw. entionisiertem Wasser befüllt werden. Leitungswasser zerstört die Brennstoffzelle.

2. Komponenten

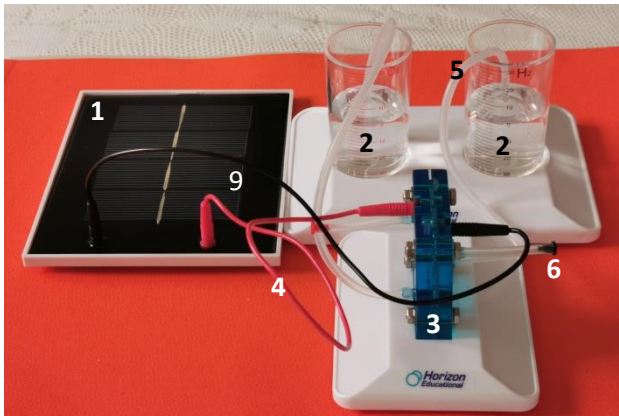


Bild 1: Wasserstoffproduktion mit der reversiblen Brennstoffzelle

- | | |
|---|------------------------|
| 1. Solarzelle | 5 Verbindungsschläuche |
| 2 Wasser-/ Gasgefäße in Halterung | 6 Verschlusschläuche |
| 3 Reversible Brennstoffzelle in Halterung | |
| 4 Verbindungskabel rot/ schwarz | |

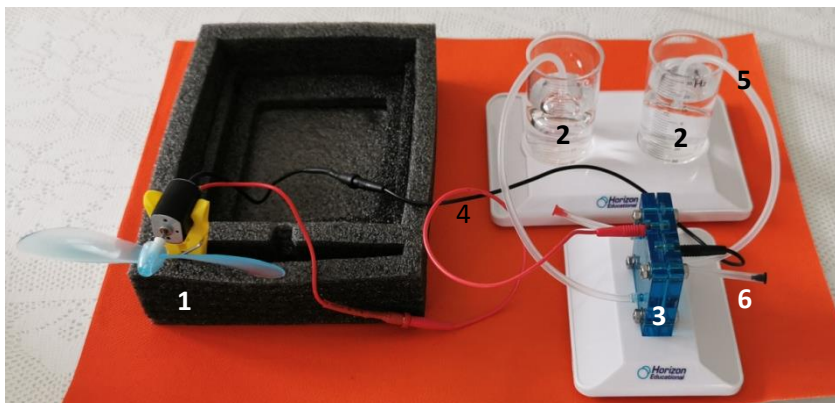


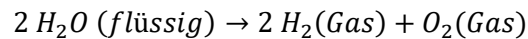
Bild 2: Betrieb eines Propellers mit der reversiblen Brennstoffzelle

- | | |
|---|------------------------|
| 1. Propeller mit Motor und Halterung | 5 Verbindungsschläuche |
| 2 Wasser-/ Gasgefäße in Halterung | 6 Verschlusschläuche |
| 3 Reversible Brennstoffzelle in Halterung | |
| 4 Verbindungskabel rot/ schwarz | |

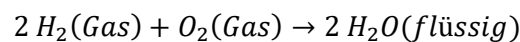
3. Beschreibung

Modell einer reversiblen Brennstoffzelle:

Mit dem Modell kann veranschaulicht werden, wie Sonnenenergie gespeichert und zu einem späteren Zeitpunkt verwendet werden kann. Die Solarzelle liefert bei Sonnenschein Strom. Mit diesem Strom wird das Wasser (H_2O) in der reversiblen Brennstoffzelle in Wasserstoff (H bzw. als Molekül H_2) und Sauerstoff (O bzw. als Molekül O_2) zerlegt (**Elektrolyse-Modus**). Diese beiden Gase werden in den beiden mit Wasser gefüllten Zylindern getrennt voneinander gespeichert.



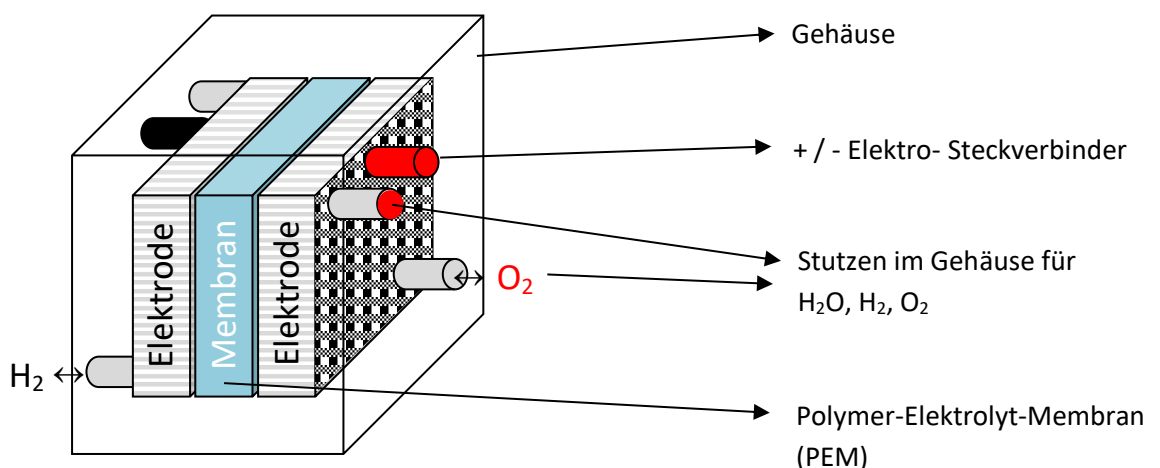
Führt man Wasserstoff und Sauerstoff aus den Speicherzylindern in der reversiblen Brennstoffzelle wieder zusammen, entsteht als Produkt Wasser und es fließt Strom (**Brennstoffzellen-Modus**), den man z.B. zum Antreiben eines Motors benutzen kann.



Anstatt Sonnenlicht kann auch eine künstliche Lichtquelle, z.B. eine Tischlampe, verwendet werden.

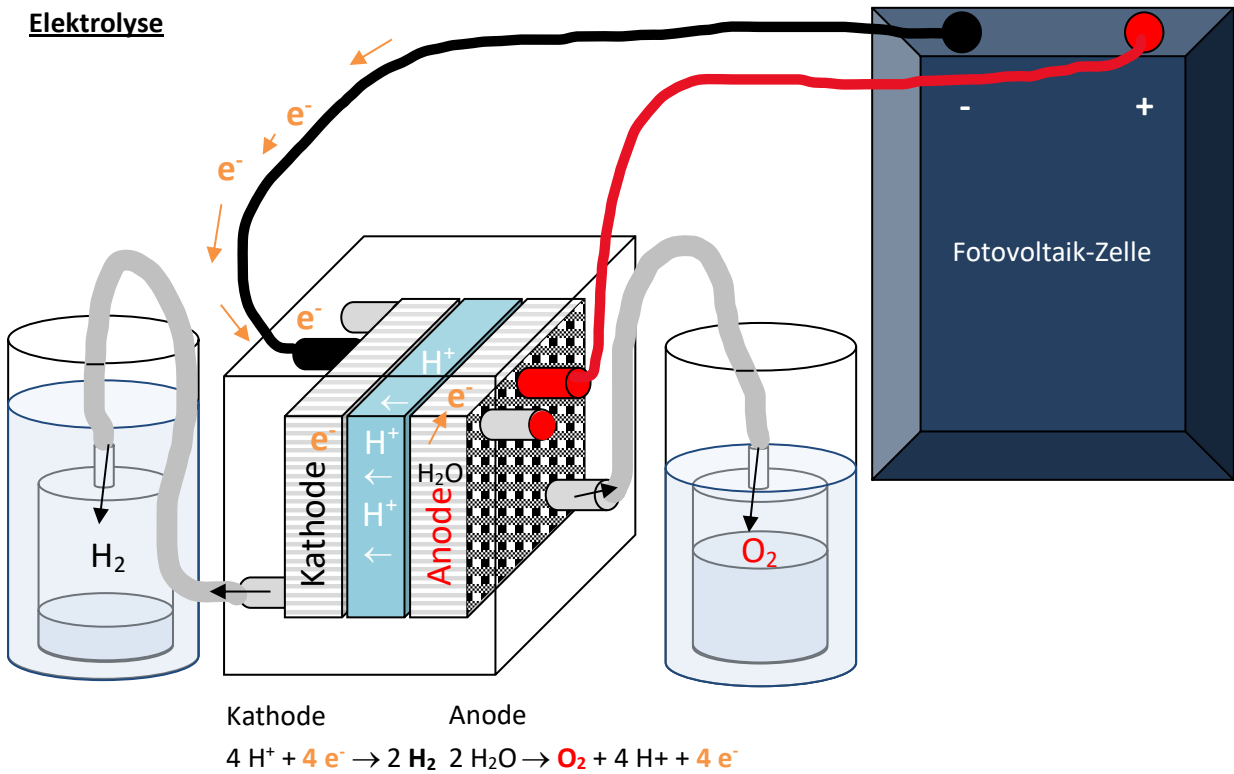
Wie funktioniert eine reversible Brennstoffzelle?

Eine reversible Brennstoffzelle ist eine Kombination aus Elektrolysezelle und Brennstoffzelle. Sie besteht aus zwei Elektroden aus Platin und einer dazwischen liegenden Polymer-Elektrolyt-Membran (PEM), die nur Protonen (Wasserstoffionen H^+) hindurchlässt. An den Platin-Elektroden sind Steckverbinder angebracht, damit Kabel für den Stromkreis angeschlossen werden können. Elektroden und PEM sind in einem Gehäuse untergebracht. In dieses Gehäuse sind Stützen für die Befüllung mit Wasser bzw. für Ein- und Austritt von den Gasen Wasserstoff und Sauerstoff angebracht.



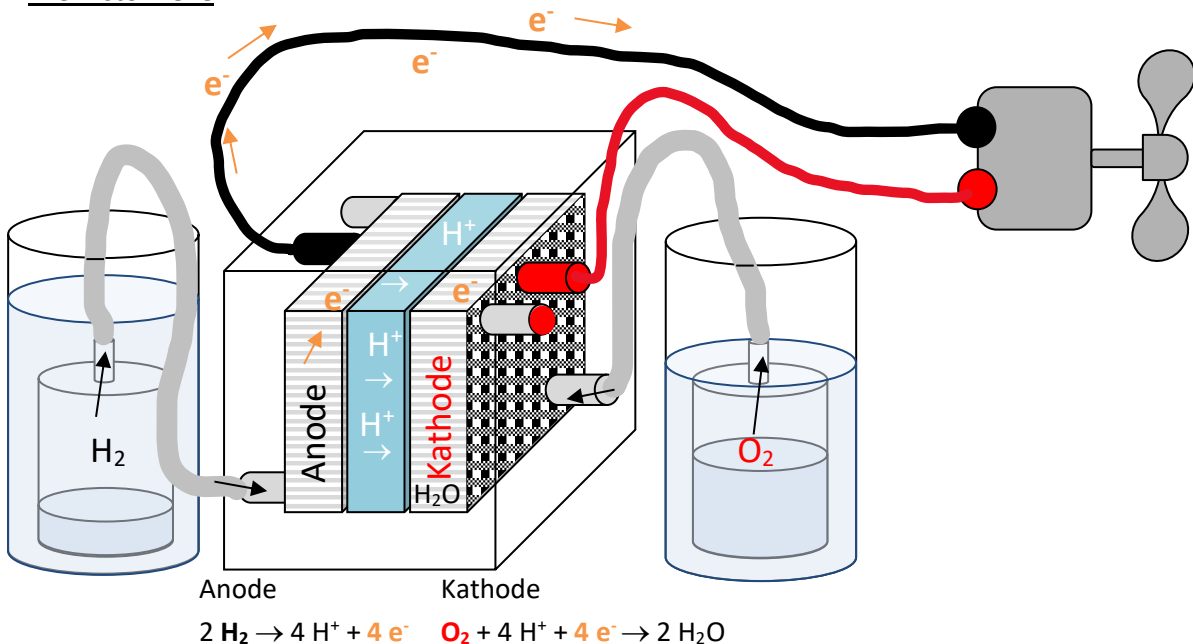
Wird über Kabel an den Elektroden eine Spannung angelegt, z.B. durch Anschluss an eine Fotovoltaikzelle oder an eine Batterie, dann fließen Elektronen im Stromkreis (e^-) und das in der reversiblen Brennstoffzelle enthaltene Wasser aufgespalten in die Gase Wasserstoff (Kathode/ - Pol) und Sauerstoff (Anode/ +Pol). Die Gase entweichen über die Stützen im Gehäuse (Wasserstoff auf der Seite mit der negativen Elektrode = Kathode, Sauerstoff auf der Seite mit der positiven Elektrode = Anode). Diesen Prozess nennt man **Elektrolyse**.

Elektrolyse



Wenn man an die Stutzen der reversiblen Brennstoffzelle unter Druck stehende Behälter mit Wasserstoff und Sauerstoff anschliesst (im Modell kommt der Druck von der Wassersäule im Zylinder), dann strömen die beiden Gase in die reversible Brennstoffzelle und **«verbrennen»** dort zu Wasser. Deshalb nennt man diese Zelle **Brennstoffzelle**. Bei diesem Prozess entsteht eine Spannung in der Zelle. Schliesst man einen elektrischen Verbraucher, z.B. einen Motor, mit Kabeln an die Steckverbinder der Elektroden, dann fließt elektrischer Strom. Der Motor läuft.

Brennstoffzelle



Schon gewusst?

Wie viel Wasser wird in unserer reversiblen Brennstoffzelle zu Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt?

Gemäss der Formel: $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ braucht man zum Herstellen von zwei Mol Wasser (Mol = Einheit für Stoffmenge in chemischen Reaktionen) zwei Mol Wasserstoffmoleküle und ein Mol Sauerstoffmoleküle. Man braucht also doppelt so viele Wasserstoffatome wie Sauerstoffatome. Andersherum gesagt entsteht bei der Zerlegung von Wasser doppelt so viel Wasserstoffgas wie Sauerstoff. Das lässt sich beim Beobachten der Zylinder sehr gut erkennen.

Für Gase ist definiert, dass ein Mol Gas einem Volumen von 22.4 Litern entspricht. In unserem Experimententstehen rund 20 ml H_2 . Rechnet man das um....

<i>Gegeben:</i>	(1) $22.4 \text{ l Gas} \hat{=} 1 \text{ mol Gas} = 22.4 \text{ l/mol}$ (2) $2 \text{ mol H}_2 \text{ reagieren mit } 1 \text{ mol O}_2 \text{ zu } 2 \text{ mol H}_2\text{O}$ (3) $1 \text{ mol H}_2\text{O} \hat{=} 18 \text{ g} = 18 \text{ g/mol}$ (4) $1 \text{ g H}_2\text{O} = \text{ca. } 1 \text{ ml H}_2\text{O}$
<i>Rechenschritte:</i>	mit (1): $20 \text{ ml H}_2 / 22.4 \text{ l} = 0.0009 \text{ mol H}_2$ mit (2) $0.0009 \text{ mol H}_2 \hat{=} 0.0009 \text{ mol H}_2\text{O}$ mit (3): $0.0009 \text{ mol H}_2\text{O} \times 18 \text{ g/mol} = 0.0162 \text{ g H}_2\text{O}$ mit (4) $0.0162 \text{ g H}_2\text{O} = \text{ca. } 0.0162 \text{ ml H}_2\text{O} = 16.2 \text{ } \mu\text{l H}_2\text{O}$

.....kommt man auf ca. 16 μl Wasser das in unserer reversiblen Brennstoffzelle zerlegt wird.

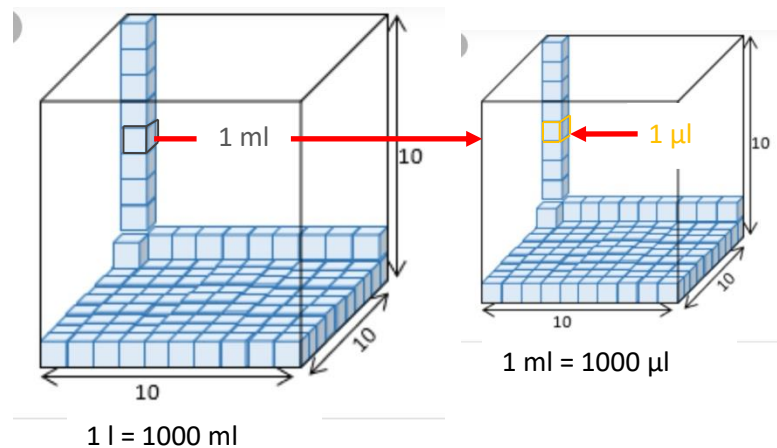


Bild: Der 1000ste Teil eines Liters ist ein Milliliter (ml). Der 1000ste Teil eines Milliliters ist ein Mikroliter (μl).

4. Technische Daten

Brennstoffzelle

Modul Typ	reversible Brennstoffzelle Horizon
Grösse (LxHxB)	54 x 54 x 15 mm
Eingangsspannung:	1.7 – 3.0 V
Ausgangsspannung...	0.6 V

Solarzelle

Modul Typ	Siliziumzelle
Grösse (LxHxB)	120 x 150 x 5 mm
Leerlaufspannung	2.2 V

AKKUs wiederaufladbar

Typ	AA
Spannung	1.2 V
Kapazität	2100 mAh

5. Zubehör

Reversible Brennstoffzelle

Beschreibung:

1 x Reversible Brennstoffzelle

1 x Halter für Brennstoffzelle

Technische Daten Brennstoffzelle:

Grösse: 54 x 54 x 15mm

Bestandteile: Kombination aus Elektrolysezelle und Brennstoffzelle

Eingangsspannung: 1.7 – 3.0 V

Ausgangsspannung: 0.6 V



Zylinder mit Gasglocke

Beschreibung:

2 x Plexiglaszylinder, je 60 ml

2 x Gasglocke aus Plexiglas

1 x Halter für Behälter



Propeller komplett

Beschreibung:

1 x Motor

1 x Verbindungstück

1 x Propeller

1 x Motorhalterung (Wäscheklammer)

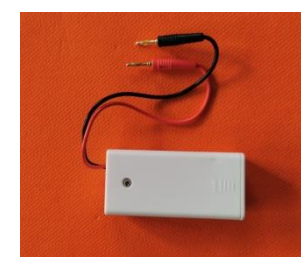


Batteriekästchen

Beschreibung:

Kästchen mit Anschlusskabeln, für 2 x Batterien

Typ AA (nicht im Experimentierset enthalten!)



Solarzelle

Beschreibung:

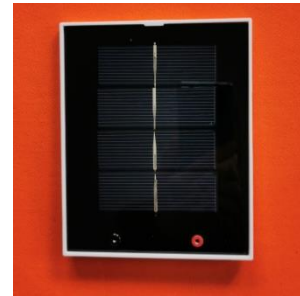
1 x Solarzelle mit Anschlussbuchsen
1 x Plastikkarte für Aufständering (nicht abgebildet)

Technische Daten Solarzelle:

Art: monokristalline Siliziumzelle

Grösse: 120 x 150 x 5mm

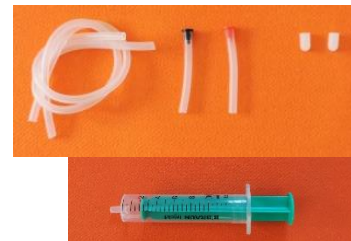
Leerlaufspannung: 2.2 V



Schläuche und Verschlüsse

Beschreibung:

2 x Verbindungsschläuche Länge 20cm
2 x Verschlusschläuche Länge: 4 cm mit
Stöpseln in Rot und Schwarz
1 x 5 ml Spritze zum Befüllen



Verbindungskabel

Beschreibung:

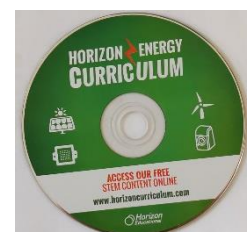
2 x Verbindungskabel (je 1 Rot und 1 Schwarz)



Wird zum Anschliessen der Solarzelle an die reversible Brennstoffzelle oder zum Anschliessen des Motors an die reversible Brennstoffzelle verwendet.

Curriculum

CD mit Wissenswertes (allgemein und technisch) rund um das Thema Wasserstoff



6. Bedienung

Verwendung Experimentieret

Achtung!

Beim Anschliessen von Batterie, Solarzelle und Brennstoffzelle auf korrektes Verbinden der Kabel achten:

Rot mit rot, schwarz mit schwarz.

Beim Lösen der Steckverbindungen, beim Ab- oder Umbau der Geräte=> **Nicht an den Kabeln ziehen!**

1) Vorbereiten der reversiblen Brennstoffzelle

Schritt 1: Brennstoffzelle in Halterung stellen

Schritt 2: Verschlusschläuche an den oberen Stutzen anbringen.

Schritt 3: Brennstoffzelle mit **destilliertem Wasser** füllen.



zu Schritt 3

Brennstoffzelle in einen Teller stellen. Spritze mit ca. 3 ml destilliertem Wasser füllen. Auf der Sauerstoffseite (O_2) via Verschlusschlauch die Brennstoffzelle so lange füllen, bis das destillierte Wasser aus dem unteren Stutzen herausläuft bzw. tropft. Dabei langsam auf den Kolben drücken. **Die Brennstoffzelle muss gut gewässert sein.**

2) Vorbereiten der Wasser-/ Gasgefässe

Schritt 1: Wasserzylinder in Halterung stellen

Schritt 2: Zylinder mit destilliertem Wasser bis zur 0 ml-Marke auffüllen

Schritt 3: Gaslocken in die Zylinder stellen. Dabei die Stellung der Einkerbung unten beachten.



Richtig!



Falsch!



Schritt 4: Verbindungsschläuche an den oberen Stutzen anbringen.

Schritt 5: Kontrolle, ob Wasserspiegel bei 0 ml-Marke ist. Ansonsten mit der Spritze destilliertes Wasser dazugeben bzw. entfernen.

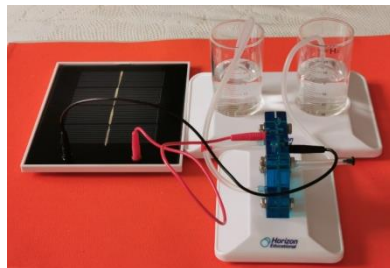
3) Elektrolyse / Wasserstoffgewinnung

Schritt 1: Verbindungsschläuche an Brennstoffzelle anschliessen

Schritt 2: Energiequelle anschliessen

Schritt 3: Wasserstoffproduktion

Schritt 4: Energiequelle entfernen



Betrieb mit Solarzelle



Betrieb mit Batterie

zu Schritt 1

Schlauch Sauerstoff auf der Sauerstoffseite der Brennstoffzelle (O_2 rot) an unteren Stutzen anschliessen.

Schlauch Wasserstoff auf der Wasserstoffseite der Brennstoffzelle (H_2 schwarz) an unteren Stutzen anschliessen.

zu Schritt 2

Als Energiequelle kann sowohl die Solarzelle als auch die Batterie benutzt werden.

Die Solarzelle wird mit den Verbindungskabeln an die Brennstoffzelle angeschlossen. Die Solarzelle erst nach dem Anschliessen in die Sonne legen. Verbindungen rot zu rot/ schwarz zu schwarz.

Bei Batteriebetrieb muss man zuerst die AA-Akkus in das Batteriekästchen einsetzen.

Achtung! Auf richtige Polarität achten. Plus zu Plus, Minus zu Minus. Ein Betrieb mit vertauschten Polen zerstört die Brennstoffzelle.

Das Batteriekästchen kann direkt an die Brennstoffzelle angeschlossen werden. Rot zu rot/ schwarz zu schwarz. Schalterstellung OFF.

Achtung! Niemals das Batteriekästchen an die Solarzelle anschliessen. Das zerstört die Solarzelle.

zu Schritt 3

Sobald die Energiequelle angeschlossen ist (Batterieschalter auf ON stellen/ Solarzelle in die Sonne legen), beginnt die Wasserstoff- bzw. Sauerstoffproduktion. In den Glocken bildet sich eine Gasblase, die immer grösser wird. Das Wasser im Zylinder steigt nach oben.

Wenn im Zylinder mit der Beschriftung H_2 im Wasser Blasen entstehen (es blubbert), dann kann man die Energiequelle entfernen.

zu Schritt 4

Schalter an Batteriekästchen auf OFF stellen bzw. Solarzelle aus der Sonne nehmen. Elektrokabel an der Brennstoffzelle entfernen.

4) Brennstoffzelle / Betrieb Propeller

Schritt 1: Propeller vorbereiten

Schritt 2: Motor anschliessen

zu Schritt 1



Den Propeller mit dem Zwischenstück auf den Motor aufsetzen. Motor mit der Motorhalterung festklemmen. Konstrukt wie auf Bild in die Verpackung stellen.

zu Schritt 2



Die Kabel vom Motor mit den Verbindungskabeln an der Brennstoffzelle anschliessen. Rot zu rot, schwarz zu schwarz. Der Propeller beginnt sich sofort zu drehen.



Erste Hilfe, wenn

- kein Wasserstoff bzw. Sauerstoff produziert wird:
 - Solarzelle => wenn die Sonne nicht stark genug ist, wird nicht genügend Strom produziert, Batterien verwenden!
 - Batterien => Batterien richtig herum eingelegt (Polarität)?
 - alte Batterien durch neue ersetzen
 - Anschlusskabel => richtig eingesteckt? Rot zu rot, schwarz zu schwarz/ kontrollieren ob Anschlüsse fest sind
 - Einkerbung Gasglocke nicht offen, siehe Bilder Vorbereitung Gas-Wassergefässe Schritt 3.
- der Rotor sich nicht dreht, obwohl nicht alles H_2 verbraucht ist:
 - bei der Brennstoffzelle am kurzen Schlauch den schwarzen Stöpsel (H_2 -Seite) kurz öffnen und wieder verschliessen.

nach dem Experimentieren

Destilliertes Wasser aus Behältern entleeren, Zylinder und Gasglocken mit weichem Handtuch trocknen. Batterien aus dem Batteriekästchen nehmen.

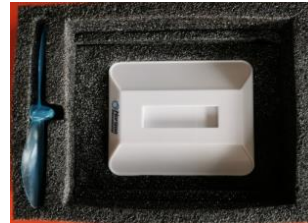
Lagerung/ Rückgabe des Experimentiersets an den Verein Energiepfad Grabs:

Das Zubehör wird sauber und trocken in die entsprechende Kiste verpackt. In der Kiste befindet sich an der Deckelinnenseite eine Inventarliste, nach der die Kiste zu packen ist. Die beim Ausleihen erhaltene Gesamtliste bitte ausfüllen und visieren.

Kiste so einräumen:



Verbindungs-
kabel



7. Versuche

Wieviel Wasserstoff bzw. Sauerstoff wird in einer Minute gebildet?

Wie unter 6. Bedienung Schritte 1-3 ausführen

Start: Wasserstand Sauerstoff/ Wasserstand Wasserstoff aufschreiben

Nach einer Minute: Wasserstand Sauerstoff/ Wasserstand Wasserstoff aufschreiben

Beobachtung aufschreiben.

Wie lange läuft der Propeller, wenn beide Glocken mit Gas gefüllt sind

Sobald das Wasser aus beiden Glocken verdrängt ist (in den Glaszylindern fängt es an zu blubbern) Schritt 4 aus Punkt 6. Bedienung durchführen.

Zeit messen solange Propeller läuft.

Liefert die Solarzelle auch bei bedecktem Himmel genug Energie?

Elektrolysezelle an Solarzelle anschliessen und schauen ob Wasserstoff und Sauerstoff gebildet werden.

Für Tüftler: In den Glocken können ca. 16 ml Gas gespeichert werden. Suche eine Möglichkeit, noch mehr zu speichern.

Messungen mit Multimeter: Solarzelle, Spannung und Stromstärke; reversible Brennstoffzelle, Spannung und Stromstärke

8. Quellenangabe

www.experimentiershop.de

Curriculum Horizon