

PEM-Brennstoffzelle



Die Schülerinnen und Schüler lernen in diesem Versuch die Funktionsweise einer PEM-Brennstoffzelle kennen.

Chemie

Physikalische Chemie

Elektrochemie

Galvanische Elemente,
Brennstoffzellen



Schwierigkeitsgrad



Gruppengröße



Vorbereitungszeit



Durchführungszeit

This content can also be found online at:



<http://localhost:1337/c/60943ebf23e49d00031bc63d>

PHYWE

Allgemeine Informationen

Anwendung

PHYWE

Versuchsaufbau

Strom aus Wasserstoff zu gewinnen, stellt eine saubere Möglichkeit dar, den Energiebedarf für unser tägliches Leben zu decken.

Neben Blockheizkraftwerken sind es vor allem die Automobilhersteller, die an diesem Ersatz für fossile Brennstoffe interessiert sind.

Den genauen Aufbau einer PEM (Proton-Exchange-Membrane)-Brennstoffzelle beschreibt dieser Versuch.

Sonstige Informationen (1/2)

PHYWE

Vorwissen



Die Schüler sollten bereits in der Theorie die Funktionsweise einer Brennstoffzelle und die möglichen Einsatzgebiete dieser kennen.

Prinzip



Wasserstoff wird in klassischer Weise in einem Gasentwickler durch die Reaktion von Salzsäure mit Zink erzeugt und zum Reinigen durch destilliertes Wasser geleitet. In der PEM-Brennstoffzelle wird er dann mit Sauerstoff (aus der Luft) direkt zu Wasser und elektrischer Energie umgesetzt.

Sonstige Informationen (2/2)

PHYWE

Lernziel



Die Schüler lernen in diesem Versuch die Funktionsweise einer PEM-Brennstoffzelle kennen.

Aufgaben



Die Schüler bauen das Modell einer PEM-Brennstoffzelle auf und nehmen diese in Betrieb.

Sonstige Informationen (3/3)

PHYWE

Hinweise

Den Dreiwegehahn und die Brennstoffzelle verbindet man am besten mit dem dünnen Silikonschlauch, der einen Durchmesser von 4 mm hat. Über die Olive des Dreiwegehahns lässt sich dieser Schlauch nur schwer schieben. Man erhöht die Gleitfähigkeit am besten mit etwas Glycerin.

Alternativ kann schnell ein „Adapter“ gebaut werden, indem man nur ein sehr kurzes Stück des dünnen Schlauches über die Olive der Brennstoffzelle stülpt und darüber den dickeren Schlauch mit 7 mm Durchmesser führt. Zum Schutz der Oliven sollte immer ein kurzes Stück des dünnen Schlauchs auch über diejenigen Oliven geschoben werden, die in den Magnethaltern eingeklemmt sind. Sollte bei der Darstellung des Wasserstoffgases die Gasentwicklung zu schwach sein, so kann man eine Spatelspitze Kupfersulfat zu den Zinkgranalien hinzugeben oder die Konzentration der Säure im Tropftrichter erhöhen. Beides sollte in der Regel nicht nötig sein.

Sicherheitshinweise

PHYWE



- Verdünnte Salzsäure wirkt stark reizend auf Haut und Augen.
- Dämpfe reizen die Atemorgane, wobei die Schleimhäute der oberen Atemorgane besonders betroffen sind.
- Kontakt mit Metallen kann sich Wasserstoffgas bilden (Explosionsgefahr!).
- Beachten Sie für die H- und P-Sätze bitte die zugehörigen Sicherheitsdatenblätter.
- Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Theorie

PHYWE

Die PEM (Proton-Exchange-Membrane)-Technologie ist der von Automobil- und Blockheizkraftwerk-Herstellern favorisierte Brennstoffzellentyp.

Im hier gezeigten Versuchsaufbau wird Wasserstoff in klassischer Weise in einem Gasentwickler durch die Reaktion von Salzsäure mit Zink erzeugt und zum Reinigen durch destilliertes Wasser geleitet. In der PEM-Brennstoffzelle wird er dann mit Sauerstoff (aus der Luft) direkt zu Wasser und elektrischer Energie umgesetzt.

Mit dieser von der Brennstoffzelle erzeugten elektrischen Energie wird ein kleiner Motor angetrieben. Der Vorteil des hier gezeigten Versuchs ist, dass zur Erzeugung des Wasserstoffs keine externe Stromversorgung (Elektrolyse) oder ein Druckgasbehälter benötigt wird. Man kann jederzeit ohne viel Aufwand gerade soviel Wasserstoff produzieren, wie benötigt wird.

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Rahmen für Komplettversuche	45500-00	1
2	Rückwand für Komplettversuche	45501-00	1
3	Platte für Komplettversuche	45510-00	1
4	Klemmhalter, d = 0..13 mm, auf Haftmagnet	02151-07	3
5	Muffe auf Haftmagnet	02151-01	1
6	Klemmhalter, d = 18...25 mm	45520-00	3
7	Federstecker, 50 Stück	45530-00	1
8	Schraubzwinge	02014-00	2
9	Rundkolben, Duran®, 100 ml, GL 25/12	35841-15	1
10	Trichter für Gasentwickler, Borosilikat, GL 18	35854-15	1
11	Reagenzglas mit Olive, Duran®, GL 25/8	36330-15	1
12	Glasröhrchen mit Spitze, d = 8 mm, l = 200 mm, 10 Stück	36701-63	1
13	Dreiweghahn, Boro, T-förmig, NS	36731-00	1
14	PEM-Brennstoffzelle-Kit, zerlegbar	06746-00	1
15	Motor, 2 V DC	11031-00	1
16	Sektorschraube für 2 V-Motor	11031-01	1
17	Verbindungsleitung, 32 A, 250 mm, rot Experimentierkabel, 4 mm Stecker	07360-01	1
18	Verbindungsleitung, 32 A, 250 mm, blau Experimentierkabel, 4 mm Stecker	07360-04	1
19	Silikonschlauch, Innen-d = 6 mm, lfd. m	47530-00	1
20	Silikonschlauch, Innen-d = 4 mm, lfd. m	47529-00	1
21	Trichter, Laborglas, Oben-d = 80 mm	34459-00	1
22	Salzsäure, 10%, 1000 ml	31821-70	1
23	Zink, Granulat, 99.5%, 500 g	31998-50	1
24	Glycerin, 100 ml	30084-10	1
25	Wasser, destilliert, 5 l	31246-81	1

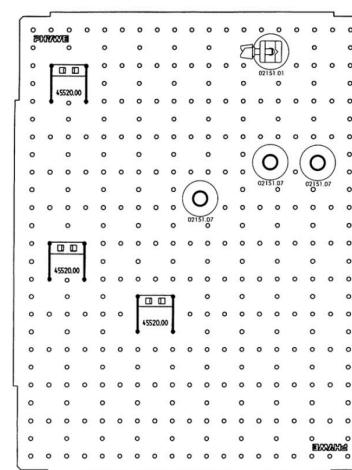
PHYWE

Aufbau und Durchführung

Aufbau und Durchführung (1/2)

PHYWE

- Die Halter werden an der Platte für Komplettversuche wie in Abbildung 1 aufgesetzt. Die Apparatur baut man nach Abbildung 2 (nächste Folie) auf und befestigt sie anschließend an der Halterung.
- In den Tropftrichter werden etwa 25 ml der Salzsäure gegeben und in den 100 ml Rundkolben 4 bis 6 Zinkgranalien.
- Um etwaige Säuredämpfe von der Membran der Brennstoffzelle fern zu halten, wird das Reagenzglas mit Olive zu etwa einem Drittel mit destilliertem Wasser gefüllt. Durch das von oben eingeführte Glasrohr wirkt es als Waschflasche.



Platte für Komplettversuche

1

Aufbau und Durchführung (2/2)

PHYWE

- Um den Versuch zu starten, wird langsam die Säure auf die Zinkgranalien getropft. Anfangs lässt man über den Dreiegehahn einige Zeit Gas entweichen.
- Anschließend wird er in die Position gedreht, in der der Wasserstoffstrom in die Brennstoffzelle gelangt. Sobald der Motor läuft, und sich die Scheibe dreht, unterbricht man die Reaktion durch Zudrehen des Hahns am Gleichdruckgasentwickler.
- Eine Anleitung zur genauen Benutzung der PEM-Brennstoffzelle liegt dem Kit bei.



Versuchsaufbau

PHYWE

Auswertung



Auswertung (1/5)

PHYWE

Ergebnis

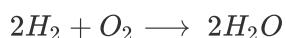
Durch die Zugabe der Säure zu den Zinkgranalien entsteht ein farbloses Gas. Dieses perlt durch das als Waschflasche genutzte Reagenzglas und treibt bei Kontakt mit der Brennstoffzelle einen Motor an.

Auswertung (1/2)

Das farblose Gas ist Wasserstoff:



Als Energiequelle für den Motor dient die Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser:



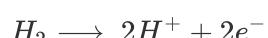
Auswertung (2/5)

PHYWE

Auswertung (2/2)

Der dafür benötigte Sauerstoff kommt aus der Luft und erreicht die Brennstoffzelle durch die unbestückten Oliven der dem Wasserstoffstrom gegenüberliegenden Seite. Dabei finden an der Membranoberfläche folgende Teilreaktionen statt:

Anodenreaktion (Oxidation, Minus-Pol):



Kathodenreaktion (Reduktion, Plus-Pol):



Zur genaueren Theorie der PEM-Brennstoffzelle und den galvanischen Elementen sei hier auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen.

Auswertung (3/5)

PHYWE

Ziehe die Wörter in die richtigen Felder!

Die PEM (Proton-Exchange-Membrane)-Technologie ist der von Automobil- und Blockheizkraftwerk-Herstellern [] Brennstoffzellentyp. Dabei wird [] in klassischer Weise in einem Gasentwickler durch die Reaktion von Salzsäure mit [] erzeugt und zum Reinigen durch destilliertes Wasser geleitet. In der PEM-Brennstoffzelle wird er dann mit [] (aus der Luft) direkt zu Wasser und [] umgesetzt.

Sauerstoff
Wasserstoff
Zink
favorisierte
elektrischer Energie

Überprüfen

Auswertung (4/5)

PHYWE

Welche Energiequelle für den Motor wird verwendet?

- Als Energiequelle für den Motor dient die Reaktion von Kohlenstoffdioxid und Wasser zu Kohlensäure:
$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$$
- Als Energiequelle für den Motor dient die angeschlossene Stromverbindung, welche ein typisches Merkmal dieses Brennstoffzellentyps ist.
- Als Energiequelle für den Motor dient die Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser:
$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

Überprüfen

Auswertung (5/5)

PHYWE

Welche Reaktion findet an der Anode, welche an der Kathode statt?

- Kathode (Reduktion, Plus-Pol): $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$
- Anode (Oxidation, Minus-Pol): $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$
- Anode (Oxidation, Minus-Pol): $O_2 + 4e^- + 4H^+ \rightarrow H_2O$
- Kathode (Reduktion, Plus-Pol): $O_2 + 4e^- + 4H^+ \rightarrow H_2O$

 Überprüfen

Folie

Punktzahl / Summe

Folie 15: Zusammenfassung des Versuches

0/5

Folie 16: Energiequelle Motor

0/1

Folie 17: Reaktion Anode und Kathode

0/2

Gesamtsumme

0/8

 Lösungen Wiederholen

11/11