

Faradayscher und energetischer Wirkungsgrad eines PEM Elektrolyseurs



Physik

Energie

Erneuerbare Energien: Wasser



Schwierigkeitsgrad

leicht



Gruppengröße

1



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

10 Minuten

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/600c7d88ea99f7000332948d>

PHYWE



Lehrerinformationen

Anwendung

PHYWE



Versuchsaufbau

Der Wirkungsgrad des Elektrolyseurs ist ein Indikator für die Effizienz der Energieumwandlung. Dabei unterscheidet man zwischen zwei verschiedenen Wirkungsgraden, dem energetischen und dem faradayschen Wirkungsgrad. Bei der Entwicklung neuer Technologien ist es wichtig, dass die Technologie auch wirtschaftlich nutzbar wird. Ist der Wirkungsgrad zu gering, so besteht kein Nutzen darin, neue Technologien einzuführen.

Sonstige Lehrerinformationen (1/2)

PHYWE

Vorwissen



Als Vorwissen sollten den Schüler die chemische Zusammensetzung von Wasser kennen und mit der chemischen Reaktion zwischen Wasserstoff und Sauerstoff vertraut sein.

Prinzip



In diesem Versuch werden verschiedene Wirkungsgrade des Elektrolyseurs untersucht.

Sonstige Lehrerinformationen (2/2)

PHYWE

Lernziel



Die Schüler sollten PEM-Elektrolyseure nachvollziehen können.

Aufgaben



1. Untersuche die Wirkungsgrade des Elektrolyseurs.

PHYWE



Schülerinformationen

Motivation

PHYWE

Reaktionen zwischen Wasserstoff und Sauerstoff haben viele Anwendungen in der Energiespeicherung. Zur genauen Nutzung muss der Wirkungsgrad der Brennstoffzelle bekannt sein.



Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Verbindungsleitung, 32 A, 500 mm, rot Experimentierkabel, 4 mm Stecker	07361-01	2
2	Verbindungsleitung, 32 A, 250 mm, blau Experimentierkabel, 4 mm Stecker	07360-04	2
3	Verbindungsleitung, 32 A, 500 mm, blau Experimentierkabel, 4 mm Stecker	07361-04	1
4	Leitungs-Baustein, Anschlussbaustein, SB	05601-10	2
5	Becherglas, Boro, niedrige Form, 400 ml	46055-00	1
6	Digitale Stoppuhr, 24 h, 1/100 s und 1 s	24025-00	1
7	Laborthermometer, -10...+110°C, l=250mm, Tauchschaft 50mm	38056-00	1
8	Gasspeicher, SB	05666-00	2
9	PEM Elektrolyseur, SB	05665-00	1
10	PHYWE Digitalmultimeter, 600V AC/DC, 10A AC/DC, 20 MΩ, 200μF, 20 kHz, -20°C...760°C	07122-00	2
11	PHYWE Netzgerät, RiSU 2019 DC: 0...12 V, 2 A / AC: 6 V, 12 V, 5 A	13506-93	1

Sicherheitsinformation

PHYWE



H: 220 / 270

P: 210 / 220

Sauerstoff ist ein farb-, geruch- und geschmackloses brandförderndes Gas. Feuergefahr bei der Berührung mit brennbaren Stoffen.

Wasserstoff ist ein farb-, geruch- und geschmackloses brennbares Gas, das mit Luft leicht explosionsgefährliche Gemische bildet. Bei Versuchen, in denen mit Wasserstoff gearbeitet wird, müssen alle Zündquellen vorher entfernt werden.

Schutzbrille tragen.

Aufbau (1/5)

PHYWE

Stecke die beiden Leitungsbausteine mit Anschlussbuchse, sowie die zwei Gasspeicher und den blau gekennzeichneten PEM-Elektrolyseur wie in Abb. 1 zusammen.



Abb. 1

Aufbau (2/5)

PHYWE

Bringe an das noch freie Ende an jedem Gasspeicher ebenfalls einen Schlauch an und klemme ihn mit je einer Schlauchklemme ab (Abb. 2).

Lass dir etwa 150 ml destilliertes Wasser in dein 400-ml-Becherglas füllen. Fülle damit beide Gasspeicher von oben bis zur oberen Markierung (Abb. 3).

Achtung:

Ausschließlich destilliertes Wasser verwenden.



Abb. 2

Aufbau (3/5)

PHYWE

Öffne die Schlauchklemmen, damit das Wasser nach unten in den Speicher fließt. Dabei soll das freie Schlauchende leicht in die Höhe gehalten werden um Verschütten von Wasser zu vermeiden (Abb. 4).



Abb. 3



Abb. 4

Aufbau (4/5)**PHYWE**

Schließe die Schlauchklemmen wieder. Schließe nun die Leitungsbausteine entsprechend der abgebildeten Polung am PEM-Elektrolyseur an die Ausgänge für Gleichspannung am Netzgerät an, wobei ein Multimeter zur Strommessung (Amperemeter) in Reihe zum Elektrolyseur angeschlossen wird (Abb. 5 und Abb. 6).



Abb. 5

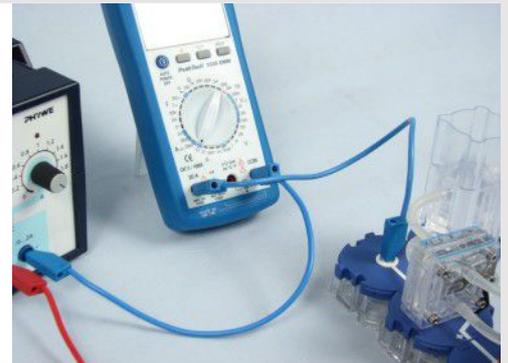


Abb. 6

Aufbau (5/5)**PHYWE**

Schließe außerdem das Multimeter zur Spannungsmessung (Voltmeter) parallel zum PEM-Elektrolyseur an (Abb. 7 und Abb. 8). Stelle das Amperemeter auf den Messbereich 20 A- und das Voltmeter auf den Messbereich 20 V-. Achte darauf, dass du beim Anschließen der Kabel an das Amperemeter die 20-A-Buchse verwendest.



Abb.7



Abb.8

Durchführung (1/2)

PHYWE

Drehe den Stellknopf am Netzgerät für die Spannung ganz nach links.

Schalte das Netzgerät ein und drehe den Stellknopf für die Stromstärke ganz nach rechts auf 2 A.

Stelle die Spannung U auf 2 V und lasse den Elektrolyseur etwa eine Minute lief.

Drehe den Stellknopf für die Stromstärke I wieder auf 0 A, und öffne die Schlauchklemmen, damit das bis dahin produzierte Gas entweichen kann.

Schließe die Schlauchklemmen. Drehe die Stromstärke zügig auf 2 A, starte gleichzeitig die Stoppuhr und notiere die Werte der Spannung und der Stromstärke in Tabelle 1 bei $V = 0 \text{ cm}^3$.

Notiere in Abständen von 5 cm^3 produziertem Wasserstoff die Zeit sowie Spannung und Stromstärke in Tabelle 1, bis der Gasspeicher vollständig gefüllt ist.

Miss außerdem die Umgebungstemperatur mit dem Thermometer und trage sie unter Ergebnisse ein.

Durchführung (2/2)

PHYWE

Entleerung des Gasspeichers:

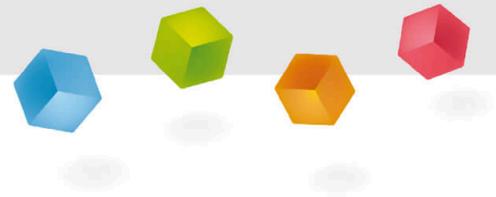
Entferne die Kabel bei ausgeschaltetem Netzgerät, sowie die Leitungsbausteine. Vergewissere dich, dass die Schlauchklemmen geschlossen sind und fasse mit je einer Hand je einen Gasspeicher. Der Elektrolyseur wird nicht entfernt. Hebe einen der beiden Gasspeicher über das Becherglas und kippe den Inhalt über eine Ecke aus (Abb. 9).

Verfahre mit dem zweiten Gasspeicher genauso.

Abb. 9



PHYWE



Protokoll

Beobachtungen (1/3)

PHYWE

Notiere die Umgebungstemperatur: $T_C =$ °C

Beobachtungen (2/3)

PHYWE

Trage deine Messwerte in die Tabelle ein.

$V [m^3]$	$t [s]$	$U [V]$	$I [A]$	$P [W]$
0	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
5	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
10	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
15	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Beobachtungen (3/3)

PHYWE

Trage deine Messwerte in die Tabelle ein.

$V [m^3]$	$t [s]$	$U [V]$	$I [A]$	$P [W]$
20	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
25	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
30	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Beobachtungen (3/3)

PHYWE

Trage deine Messwerte in die Tabelle ein.

V [m ³]	t [s]	U [V]	I [A]	P [W]
20	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
25	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
30	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Auswertung (1/6)

PHYWE

Berechne die zu den Messwerten in Tabelle 1 zugehörige Leistung und trage sie in die Tabelle ein.

Berechne außerdem die Raumtemperatur in Kelvin: $T_K \approx T_C + 273 =$ K

Auswertung (2/6)

PHYWE

Berechnung des energetischen Wirkungsgrades

Der energetische Wirkungsgrad beschreibt das Verhältnis aus tatsächlich nutzbarer zu der zugeführten Energie. Die nutzbare Energie ist in diesem Fall die vom Elektrolyseur zur Gasproduktion nutzbare Energie.

Berechne wie angegeben den energetischen Wirkungsgrad. Was sagt dieser aus?

$$\eta_{\text{energetisch}} = \frac{E_{\text{nutzbar}}}{E_{\text{zugeführt}}} = \frac{E_{\text{Wasserstoff}}}{E_{\text{elektrisch}}} = \frac{V_{\text{H}_2} \cdot H_0}{\bar{P} \cdot t}$$

E = Energie

η = Wirkungsgrad

H_0 = Brennwert des Wasserstoffs = $12,745 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{m}^3}$

V_{H_2} = erzeugtes Wasserstoff – Gasvolumen in m^3

\bar{P} = mittlere Leistung des Elektrolyseurs

t = Zeit in s

Auswertung (3/6)

PHYWE

Warum beträgt der energetische Wirkungsgrad des PEM-Elektrolyseurs nicht 100%?

Die reale weicht elektrodenspezifisch von der Zersetzungsspannung ab. Des Weiteren entstehen beim des und durch die der Verluste.

 Check

Auswertung (4/6)

PHYWE

Berechnung des faradayschen Wirkungsgrades

Der faradaysche Wirkungsgrad beschreibt das Verhältnis aus dem Elektrolyseur zugeführter Energie und der tatsächlich erzeugten Gasmenge.

Aus dem 2. faradayschen Gesetz

$$Q = I \cdot t = n \cdot z \cdot F$$

sowie der allgemeinen Zustandsgleichung für Gase

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

lässt sich folgern:

$$V = \frac{R \cdot I \cdot T \cdot t}{F \cdot p \cdot z}$$

Den faradayschen Wirkungsgrad erhält man durch

$$\eta_{\text{Faraday}} = \frac{V_{\text{H}_2}(\text{errechnet})}{V_{\text{H}_2}(\text{verbraucht})}$$

Hierbei gilt:

Q = elektrische Ladung in C

V = errechnetes Gasvolumen in m³

R = universelle Gaskonstante = $8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

I = mittlere Stromstärke in A

T = Umgebungstemperatur in K

t = Zeit in s

F = Faradaykonstante = $96485 \frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{mol}}$

p = Umgebungsdruck in Pa. Es gilt: $1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$

Normaldruck: $1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

z = Anzahl der benötigten Elektronen, um ein Molekül abzuscheiden ($z(\text{H}_2) = 2$)

Auswertung (5/6)

PHYWE

Berechne den faradaysche Wirkungsgrad

Auswertung (6/6)

PHYWE

Warum ist der faradaysche Wirkungsgrad deutlich höher als der energetische Wirkungsgrad?

Beim [] werden lediglich Verluste beim direkten
Umwandeln von [] in [] und
Sauerstoff berücksichtigt. Ein kleiner Teil der entstandenen
[] [] durch die
[] des Elektrolyseurs und reagiert somit am
[] zu Wasser.

Wasser

Wasserstoff

Gase

Katalysator

faradayschen Wirkungsgrad

Membran

diffundiert

 Check