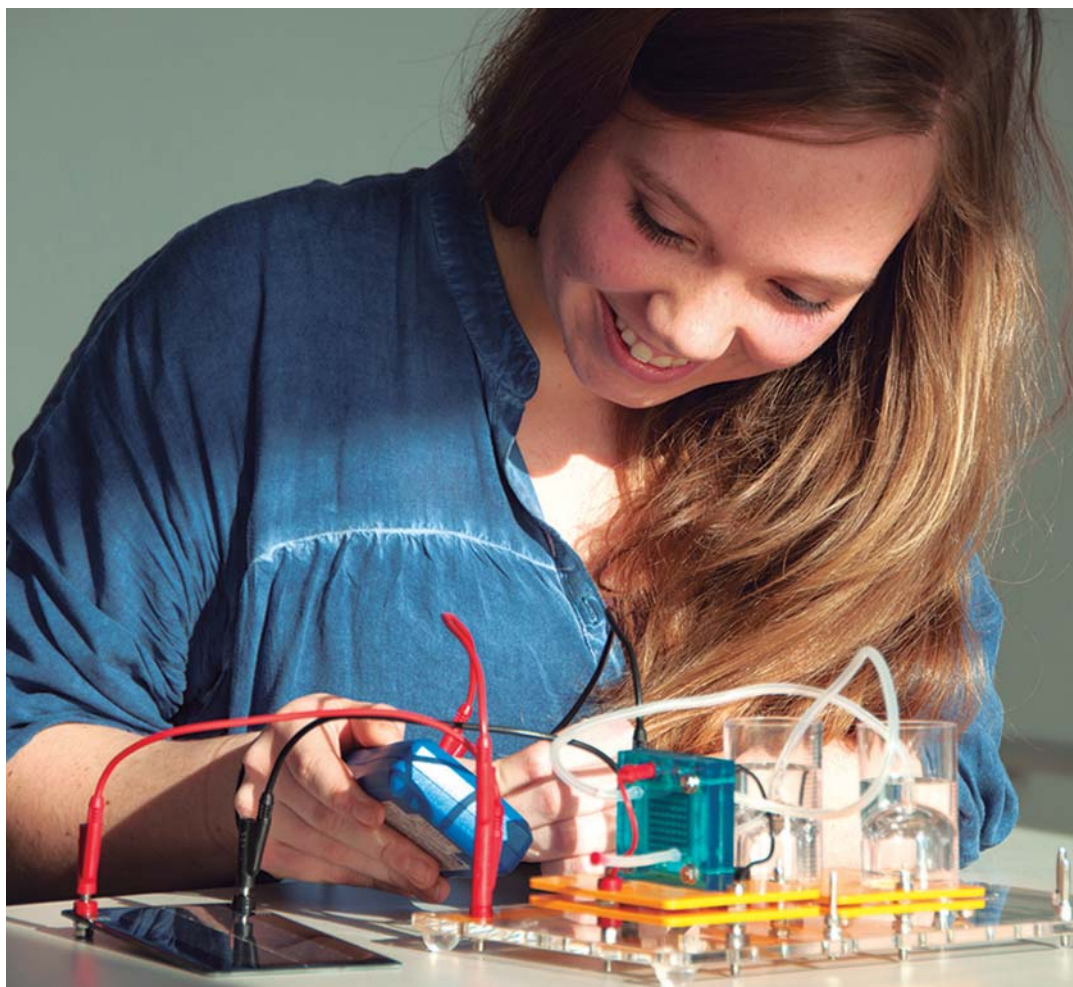


leXsolar-H₂ Ready-to-go



Anleitungsheft

leXsolar-H₂ Ready-to-go

Anleitungsheft


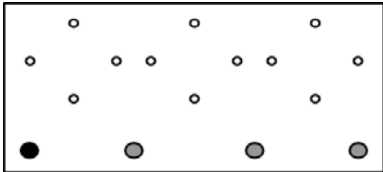

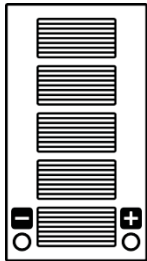
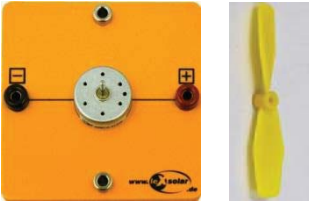


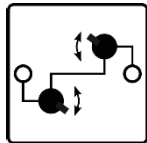

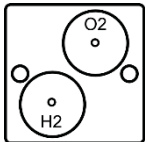
I EINFÜHRUNG


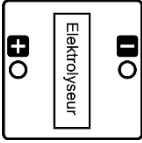
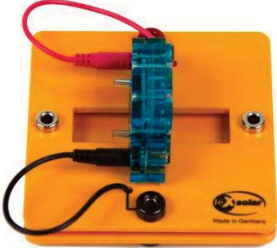
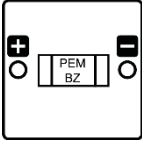

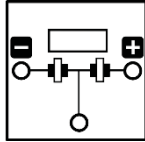
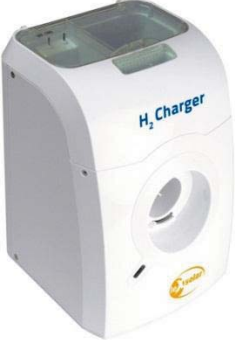


1	Bezeichnungen der Bauteile	5
2	Hinweise zur Handhabung	8
	2.1. <i>Betrieb des Elektrolyseurs</i>	8
	2.2. <i>Betrieb der PEM-Brennstoffzelle</i>	10
	2.3. <i>Betrieb H₂-Charger und H₂-Storage</i>	11

II EXPERIMENTE

1.	Kennlinie des Solarmoduls	14
2.1	Eigenschaften eines Elektrolyseurs	16
2.2	Kennlinie des Elektrolyseurs	17
2.3	FARADAY- und Energiewirkungsgrad des Elektrolyseurs	19
2.4	Herleitung des 1. FARADAYschen Gesetzes	21
3.1	Eigenschaften einer PEM-Brennstoffzelle	24
3.2	Kennlinie der PEM-Brennstoffzelle	26
3.3	FARADAY- und Energiewirkungsgrad der PEM-Brennstoffzelle	29
3.4	Reihen- und Parallelschaltung von PEM-Brennstoffzellen	31
4.1	Funktionsweise einer Ethanol-Brennstoffzelle	34
4.2	Kennlinie einer Ethanol-Brennstoffzelle	36
4.3	Temperaturabhängigkeit der Leistung einer Ethanol-Brennstoffzelle	38
4.4	Konzentrationsabhängigkeit der Leistung einer Ethanol-Brennstoffzelle	40

1 Bezeichnungen der Bauteile

Grundausrüstung von leXsolar-H ₂ Ready-to-go		
Bauteil	Bezeichnung	Symbol im Versuchsaufbau
	Grundeinheit	
	Solarmodul (2.5V, 420mA)	
	Motormodul ohne Getriebe	
	Potentiometermodul	
	Gasspeichermodul	

	<p>Elektrolyseurmodul</p>	
	<p>PEM-Brennstoffzellenmodul</p>	
	<p>Ethanol-Brennstoffzellenmodul</p>	
	<p>H₂-Charger</p>	
	<p>H₂-Storage</p>	
	<p>Stromversorgungsgerät</p>	

	<p>Messgeräte und Kabel</p>	
	<p>Lampe</p>	

2 Hinweise zur Handhabung

Bei der Durchführung der Experimente mit leXsolar-H₂ Ready-to-go sind einige Hinweise zum Umgang mit Geräten und Bauteilen zu beachten.

2.1. Betrieb des Elektrolyseurs

Spezifikationen:

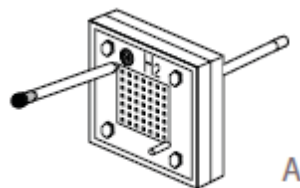
- Eingangsspannung: 1.8V ~ 3V (D.C.)
- Eingangsstrom: 0.7A
- Wasserstoffproduktionsrate: 7ml pro Minute bei 1A
- Sauerstoffproduktionsrate: 3,5ml pro Minute bei 1A

Wichtige Hinweise zur Handhabung:

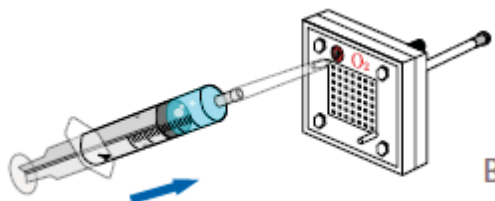
- Der Elektrolyseur sollte bei Nichtbenutzung in einem luftdichten Plastik-Beutel gelagert werden, um ihn vor Austrocknung zu schützen
- Positiver und negativer Pol des Elektrolyseurs sollten stets korrekt mit der Spannungsquelle verbunden werden, um Schäden am Elektrolyseur zu vermeiden.
- Die Membranen des Elektrolyseurs sollten nur im feuchten Zustand betrieben werden. Das destillierte Wasser muss stets auf der O₂-Seite eingefüllt werden und anschließend etwa 3min einwirken. Wenn der Elektrolyseur im trockenen Zustand an eine Spannungsquelle oder das Solarmodul angeschlossen wird, kann es zu irreparablen Beschädigungen kommen.

Gebrauchsanweisung:

1. Zum Betrieb des Elektrolyseurs sollte dieser auf einer flachen Oberfläche aufgestellt werden. Das kurze Schlauchstück wird an dem oberen Anschluss der H₂-Seite (schwarzer Anschluss) angebracht (A) und mit dem schwarzen Pin verschlossen.



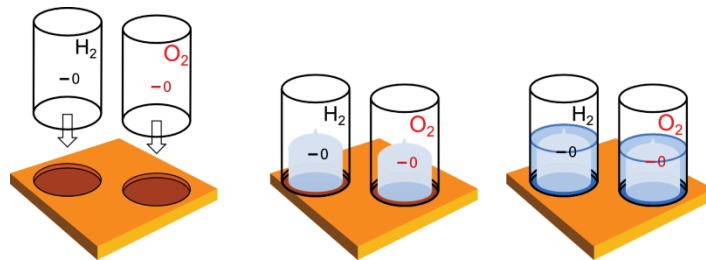
2. Nun wird die Spritze mit destilliertem Wasser befüllt und ein kurzes Schlauchstück auf die Spritze aufgesteckt. Das andere Ende des Schlauches wird mit dem oberen Anschluss auf der O₂-Seite (roter Anschluss) verbunden (B).



Hinweise zur Handhabung

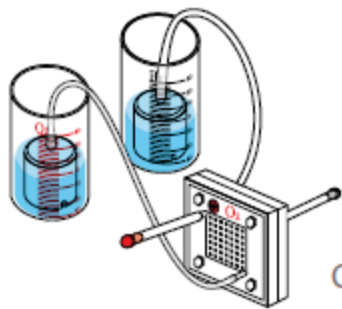
Nun wird mit Hilfe der Spritze langsam Wasser in den Elektrolyseur gepumpt, bis dieses am unteren Anschluss austritt. Die Spritze kann dann vom Schlauch abgezogen werden und das Schlauchende wird mit dem roten Pin verschlossen. Der Elektrolyseur sollte nun für 3min ruhend stehen.

3. Anschließend werden die zugehörigen Gastanks bis zur Nullmarkierung mit destilliertem Wasser aufgefüllt.



4. Je ein Gasvorratsbehälter („Glocke“) wird auf den Halterungsring am Boden des Wasserbehälters aufgesteckt, sodass die Kerben am unteren Ende der Gasbehälter innerhalb der Unterbrechungen in den Halterungsringen liegen. Überschüssiges Wasser kann anschließend mit der Spritze abgesaugt werden.

5. Anschließend werden die Gasbehälter mit Hilfe der Schläuche mit den unteren Anschlüssen des Elektrolyseurs verbunden. Der Anschluss auf der schwarzen H₂-Seite wird mit dem H₂-Gasbehälter verbunden und analog verhält es sich für den O₂-Anschluss (C).



6. Der Elektrolyseur wird anschließend auf die Modulplatte aufgebracht und mit den jeweiligen Kabeln verbunden (rotes Kabel auf O₂-Seite, schwarzes Kabel auf H₂-Seite).

7. Das Grundmodul kann nun an das Solarmodul oder eine externe Spannungsquelle angeschlossen werden, um den Elektrolyse-Vorgang zu starten.

HINWEIS: Wenn das Wasserstoff-Gas später für einen Brennstoffzellenversuch verwendet werden soll, empfiehlt es sich, eine Schlauchklemme an das Schlauchstück zwischen H₂-Seite des Elektrolyseurs und den H₂-Gasbehälter anzubringen. Diese kann nach der Gasproduktion geschlossen werden, damit beim Umstecken des Schlauches an die Brennstoffzelle kein Gas entweichen kann.

Hinweise zur Handhabung

2.2. Betrieb der PEM-Brennstoffzelle

Spezifikationen:

- Ausgangsleistung: 270mW
- Ausgangsspannung: 0,6V (DC)
- Ausgangsstromstärke: 0,45A

Wichtige Hinweise zur Handhabung:

- Die Brennstoffzelle sollte bei Nichtbenutzung in einem luftdichten Plastik-Beutel gelagert werden, um sie vor Austrocknung zu schützen.

Gebrauchsanweisung:

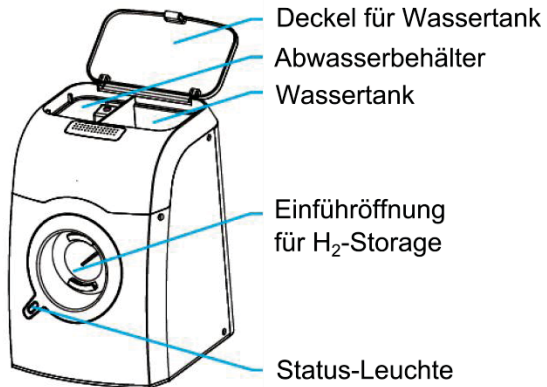
1. Um die PEM-Brennstoffzelle in Betrieb zu nehmen, ist Wasserstoff notwendig. Dieser kann aus dem Gasspeicher oder dem H₂ Storage entnommen werden.
2. Wird Wasserstoff aus dem Gasspeicher entnommen, muss zunächst die Schlauchsperrre geschlossen werden, um ein Entweichen des Wasserstoffs zu verhindern.
3. Der Schlauch vom H₂-Gasspeicher wird anschließend mit dem unteren Anschluss an der Brennstoffzelle verbunden. Die O₂-Zufuhr wird beim verwendeten Modell durch die Umgebungsluft gewährleistet.
4. Der obere Anschluss an der Brennstoffzelle wird mit einem kurzen Schlauchstück und einem Pin verschlossen.
5. Die Brennstoffzelle wird anschließend auf der Modulplatte in die passende Aussparung gesteckt und mit den Kabeln elektrisch verbunden. Dabei ist auf die richtige Polarität zu achten (rotes Kabel an roten Anschluss, analog schwarzes Kabel an schwarzen Anschluss).
6. Nun kann ein elektrischer Verbraucher an die Modulplatte angeschlossen werden (Polarität beachten!).
7. Mit Öffnen der Schlauchsperrre wird die Wasserstoffzufuhr gestartet und das Experiment kann starten.

HINWEIS: Bei quantitativen Versuchen, wie zum Beispiel die Aufnahme einer Kennlinie empfiehlt es sich, die Brennstoffzelle kurz mit Wasserstoff zu spülen. Dazu wird die Wasserstoffzufuhr gestartet (Öffnen der Schlauchsperrre oder Öffnen des Ventils bei Verwendung des H₂-Storage) und der Pin am kurzen Schlauchende wird für 1-2 Sekunden kurz entfernt und gleich wieder aufgesteckt.

Hinweise zur Handhabung

2.3. Betrieb H₂-Charger und H₂-Storage

Bezeichnungen:



Spezifikationen H₂-Charger:

- Leistung: 23W
- Eingangsspannung: 10V-19V (DC)
- Verwendung: De-ionisiertes oder destilliertes Wasser (10-40°C)
- Wasserverbrauch: ca. 20ml/h
- Wasserstoffdruck: 0-3MPaG
- Wasserstofferzeugungsrate: ca. 3l/h
- Wasserstoffreinheit: 99,99%
- Nachfüllzeit pro Kartusche: rund 4h

Hinweise zur Handhabung

Spezifikationen H₂-Storage:

- Kapazität: 10l Wasserstoff
- Speichermaterial: AB5 Metallhydrid
- Ladedruck: 3 MPa
- Arbeitstemperatur: 0-55°C

Wichtige Hinweise zur Handhabung:

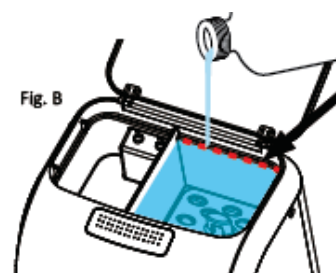
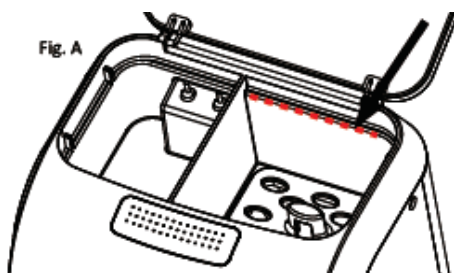
- Der H₂-Charger darf nicht auseinandergebaut werden
- H₂-Charger und H₂-Storage müssen vor offenen Flammen und großer Hitze einwirkung ferngehalten werden
- Der H₂-Charger sollte in aufrechter Position angewendet werden
- Der Betrieb sollte in einem gut belüfteten Raum stattfinden
- Die elektrischen Verbindungen sollten nicht mit Wasser in Berührung kommen

Status-Leuchte:

Grün	Rot	System-Status
an		H ₂ -Storage gefüllt
1 Sekunde an, 1 Sekunde aus		Warten mit dem Auffüllen von H ₂ -Storage
	an	H ₂ -Storage wird aufgefüllt
	1 Sekunde an, 3 Sekunden aus	Fügen Sie Wartungspulver hinzu
	1 Sekunde an, 1 Sekunde aus	Fügen Sie Wasser hinzu oder leeren sie den Abwasserbehälter

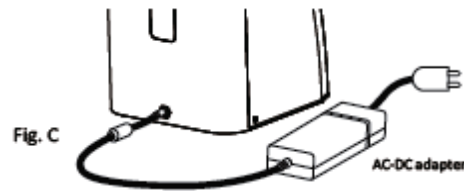
Gebrauchsanweisung:

1. Zunächst wird destilliertes oder de-ionisiertes Wasser in den Wassertank bis zum Rand aufgefüllt (im Bild durch rot markierte Linie, beziehungsweise Pfeil gekennzeichnet).

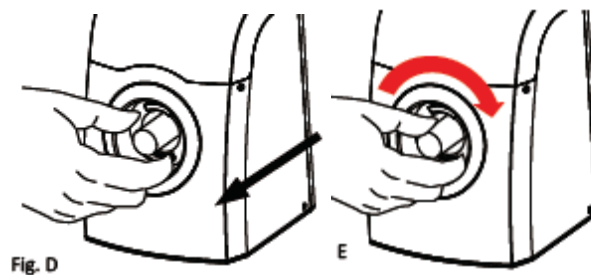


Hinweise zur Handhabung

2. Im Anschluss wird das zugehörige Netzteil an den H₂-Charger angeschlossen. Die Status-Leuchte sollte grün aufleuchten.



3. Setzen Sie den H₂-Storage in die Einführöffnung an der Vorderseite des H₂-Charger ein. Der Stick wird dazu im Uhrzeigersinn in das Gewinde eingedreht, bis er einen sicheren Halt hat. Dabei sollte nicht zu viel Kraft aufgewendet werden!



4. Während die Statusleuchte rot leuchtet, wird der H₂-Storage gefüllt. Erst wenn die der Status ein grünes Leuchten anzeigt, ist die Kartusche vollständig aufgefüllt. Der Stick kann dann durch Drehen gegen den Uhrzeigersinn wieder entfernt werden.

5. Entfernen Sie anschließend den Netzstecker vom H₂-Charger und leeren Sie den Wassertank, falls der Charger länger als eine Woche lang nicht benutzt wird. Wenn weitere Kartuschen gefüllt werden sollen, beginnen Sie wieder bei Schritt 3.

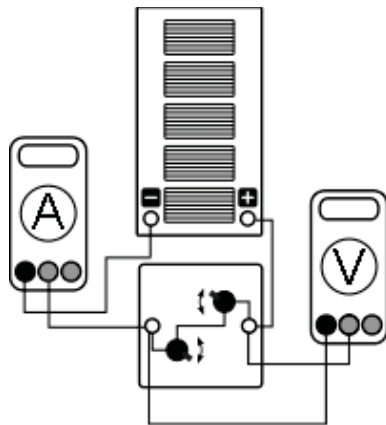
HINWEIS: Geräusche während des Ladevorgangs (Puffen oder Pfeifen) sind normal und werden durch den Säuberungsprozess hervorgerufen.

1. Kennlinie des Solarmoduls

Aufgabe

Nimm die U-I Kennlinie des Solarmoduls auf und interpretiere deren Verlauf.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Solarmodul
- Lampe
- Kabel
- Strommessgerät
- Spannungsmessgerät
- Potentiometer

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf.
2. Stelle einen Abstand von 30cm zwischen Lampe und Solarmodul ein.
3. Gib Dir anschließend sinnvolle Werte für die Spannung vor und miss für diese jeweils die Stromstärke! Verändere dazu zuerst den 1kΩ-Widerstand und zur Feineinstellung den 100Ω-Widerstand!
4. Trage alle Messwerte in die Tabelle ein.

Messwerte

U in V	I in mA	P in mW

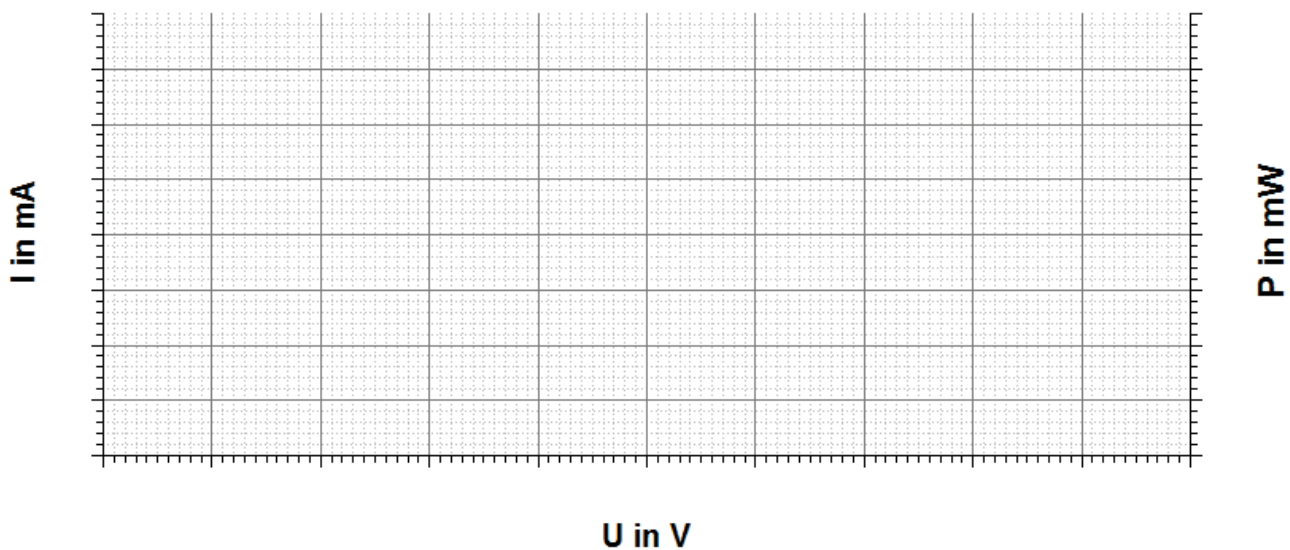
1. Kennlinie des Solarmoduls

Auswertung

1. Berechne für die jeweiligen Strom- und Spannungswerte die Leistung und trage deine Ergebnisse in die Tabelle eine.
2. Trage die Wertepaare in das zugehörige Diagramm ein.
3. Beschreibe den Verlauf der Stromstärke und der Leistung über der Spannung.

Diagramme

2.



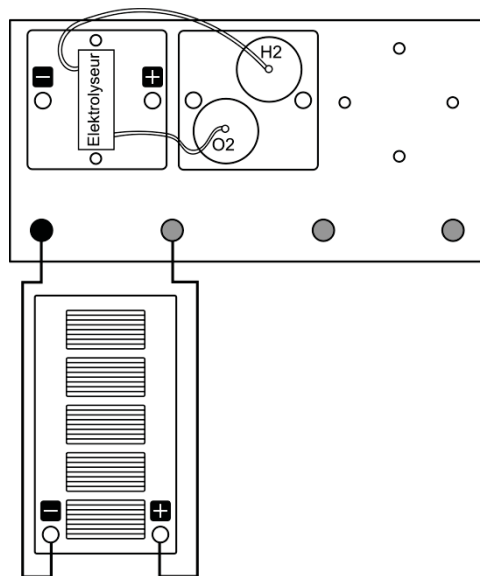
3.

2.1 Eigenschaften eines Elektrolyseurs

Aufgabe

Untersuche die Eigenschaft eines Elektrolyseurs, Wasser in seine Bestandteile zu zersetzen.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- Elektrolyseurmodul
- Gasspeichermodul
- Schläuche
- Solarmodul
- Lampe
- Kabel
- Destilliertes Wasser

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf. Positioniere die Lampe vor dem Solarmodul (Abstand etwa 30cm).
Hinweise zum Gebrauch des Elektrolyseurmoduls findest du auf Seite 8.
2. Schalte die Lampe ein.
3. Beobachte, was in den Gasspeichern passiert.
4. Notiere die Füllstände nach 15 Minuten.

Beobachtung

Produzierte Menge H_2 : _____

Produzierte Menge O_2 : _____

Auswertung

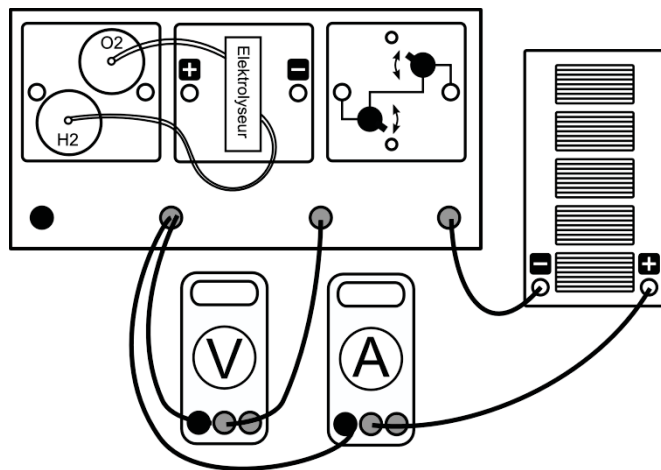
1. Wie setzt sich Wasser zusammen? Nutze dazu die gemessenen Gasmengen.

2.2 Kennlinie des Elektrolyseurs

Aufgabe

Nutze den Elektrolyseur, um Wasser zu spalten und nimm dessen U-I Kennlinie auf.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- Elektrolyseur-Modul
- Gasspeicher-Modul
- Solarmodul
- Potentiometer-Modul
- Strommessgerät
- Spannungsmessgerät
- Kabel
- destilliertes Wasser
- Schläuche
- Lampe

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf. Positioniere die Lampe vor dem Solarmodul (Abstand 30cm). Hinweise zum Gebrauch des Elektrolyseurmoduls findest du auf Seite 8.
2. Stelle das Potentiometermodul mit Hilfe der Regler auf den höchsten Widerstand.
3. Schalte nun die Lampe ein.
4. Gib dir anschließend sinnvolle Werte für die Spannung vor und miss für diese jeweils die Stromstärke! Verändere dazu zuerst den $1k\Omega$ -Widerstand und zur Feineinstellung den 100Ω -Widerstand!
5. Trage alle Messwerte in die Tabelle ein.

Messwerte

U in V	1,44	1,47	1,49	1,51	1,55	1,60	1,65	1,69	1,71
I in mA									

Auswertung

1. Trage deine Werte in das abgebildete Diagramm ein.
2. Interpretiere die U-I Kennlinie des Elektrolyseurs.