

leXsolar – NewEnergy Ready-to-go

Bezeichnung und Handhabung der
Experimentiergeräte.....5

Experimente – Grundschule

1. Aus Muskelkraft wird Strom ... wird Licht	15
2. Aus Muskelkraft wird Strom ... wird Bewegung	15
3. Aus Muskelkraft wird Strom ... wird Krach.....	15
4. Aus Sonnenenergie wird Strom ... wird Bewegung	15
5. Aus Sonnenenergie wird Strom ... wird Krach.....	15
6. Die Fläche einer Solarzelle.....	15
7. Die Ausrichtung von Solarzellen.....	15
8. Von der Solarzelle zum Solarmodul	15
9. Aus Windenergie wird Strom ... wird Krach.....	15
10. Aus Windenergie wird Strom ... wird Licht.....	15
11. Einfluss des Flügelprofils.....	15
12. Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit.....	15
13. Aus einem Wasserstrahl wird Strom... wird Lärm.....	15
14. Je weiter das Wasser fällt, desto... ..	15
15. Speicherung von Solarenergie	15
16. Speicherung von Windenergie.....	15
17. Was macht ein Elektrolyseur	15
18. Die Brennstoffzelle treibt den Motor an.....	15
19. Die Brennstoffzelle treibt die Hupe an	15
20. Energiespeicherung und Abgabe... E-Mobility	15
21. Energiebedarf verschiedener Verbraucher	15
22. Vergleich von Glühlampe und LED.....	15

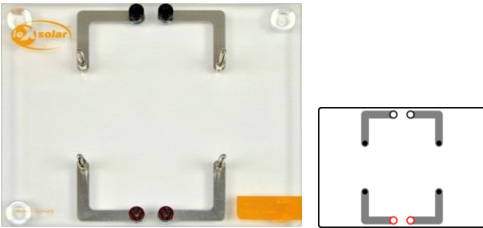
Experimente – Sekundarstufe 1

1. Energieformen und Verbraucher	15
2.1 Der Grundaufbau für Farbscheibenexperimente.....	15
2.2 Farbeigenschaften.....	15
2.3 Die additive Farbmischung	15
2.4 Optische Täuschungen mit der Benham-Scheibe.....	15
2.5 Optische Täuschungen mit der Relief-Scheibe.....	15
3. Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der beleuchteten Fläche	15
4.1 Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung vom Einfallswinkel des Lichts (qualitativ).....	15
4.2 Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung vom Einfallswinkel des Lichts (quantitativ)	15
5. Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Beleuchtungsstärke.....	15
6.1 Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Last	15
6.2 Die U-I-Kennlinie und der Füllfaktor einer Solarzelle	15
6.3 Die U-I-Kennlinie einer Solarzelle in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke	15
7.1 Einfluss der Windgeschwindigkeit auf eine Windturbine (qualitativ)	15
7.2 Einfluss der Windgeschwindigkeit auf eine Windturbine (quantitativ).....	15
8. Anlaufgeschwindigkeit an einer Windkraftanlage.....	15
9.1 Veränderung der Generatorspannung durch Zuschalten eines Verbrauchers	15
9.2 Veränderung der Generatorspannung durch Zuschalten verschiedener Verbraucher	15
10.1 Vergleich von Zwei-, Drei und Vierblatt-Rotoren (qualitativ).....	15
10.2 Vergleich von Vergleich von Zwei-, Drei- und Vierblatt-Rotoren (quantitativ)	15
11. Kennlinie einer Windkraftanlage mit Gleichstromgenerator	15
12.2 Einfluss der Windrichtung (quantitativ)	15
13.1 Der Einfluss des Anstellwinkels der Rotorblätter (qualitativ)	15
13.2 Einfluss des Anstellwinkels der Rotorblätter (quantitativ).....	15
14.1 Einfluss der Flügelform (qualitativ).....	15
14.2 Einfluss der Flügelform (quantitativ)	15
15.1 Wasser als Energiequelle (qualitativ).....	15
15.2 Wasser als Energiequelle (quantitativ)	15
16.1 Abhängigkeit von der Fallhöhe (qualitativ).....	15
16.2 Abhängigkeit von der Fallhöhe (quantitativ).....	15
17. Funktionsweise eines Elektrolyseurs.....	15
18. Funktionsweise einer Brennstoffzelle	15
19. Die Kennlinie eines Elektrolyseurs	15
20. Die Kennlinie einer Brennstoffzelle	15

Bezeichnung und Handhabung der Experimentiergeräte leXsolar-NewEnergy Ready-to-go

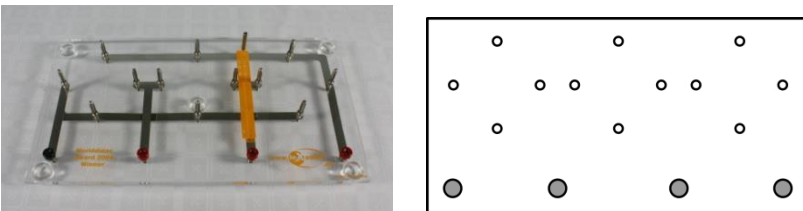
In der folgenden Auflistung werden alle im leXsolar-NewEnergy Ready-to-go Koffer enthaltenen Einzelteile aufgeführt. Zu jeder Komponente finden Sie die Bezeichnung mit Artikelnummer, eine Abbildung, das Piktogramm in den Versuchsaufbauten und Hinweise zur Bedienung. Mit Hilfe der Artikelnummer können Sie jedes Einzelteil separat nachbestellen.

Grundeinheit Small 1602-01



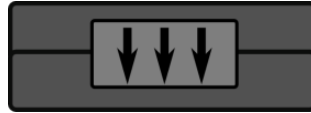
Die Grundeinheit Small ist eine Steckplatine, welche bis zu zwei Module aufnehmen kann. Der Strom fließt über die an der Unterseite angebrachten Leitungen. Um die Module auf der Grundeinheit miteinander zu verbinden, befinden sich an zwei gegenüberliegenden Seiten insgesamt vier Anschlüsse. Dazu stehen unter anderem zwei Kurzschlussstecker zur Verfügung.

Grundeinheit 1100-19



Die Grundeinheit ist eine Steckplatine, auf der bis zu drei Module in Reihe oder parallel zueinander geschaltet werden können. Der Strom fließt über die an der Unterseite angebrachten Leitungen. Um die Module auf der Grundeinheit miteinander zu verbinden, befinden sich am unteren Ende vier Anschlüsse.

Winderzeuger 1400-19



Der Winderzeuger dient zur kontrollierten Steuerung des Windes für das Experimentieren mit der Windturbine. In den Experimenten wird der Winderzeuger mit dem PowerModul oder der Handkurbel (Spannungsquelle) verbunden. Hierzu muss der negative (positive) Pol des PowerModuls oder der Handkurbel mit dem negativen (positiven) Anschluss des Winderzeugers verbunden werden. Zur Inbetriebnahme befindet sich auf der den Anschlüssen gegenüberliegenden Seite ein separater An/Aus-Schalter. Die Windrichtung ist durch die Pfeile auf der Oberseite des Winderzeugers markiert. Der Betrieb des Winderzeugers ist nur mit dem mitgelieferten PowerModul, der Handkurbel oder einer **stabilisierten** Gleichspannung zulässig, andernfalls erlischt die Garantie. Des Weiteren sollte darauf geachtet werden, dass der Winderzeuger keinen starken Erschütterungen ausgesetzt ist, da sonst die Rotorblätter im Inneren abbrechen können. Er sollte daher nur auf den Grundeinheiten aufgesteckt betrieben werden.

Technische Daten:

- Maximale Spannung: 12V DC (stabilisiert)
- Windgeschwindigkeit: 0 – 7m/s

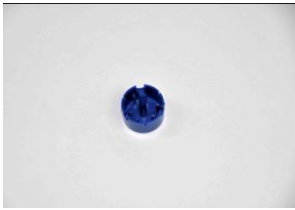
Windrotoren 1400-12 und Windrotoren (montierter Satz) 1400-21



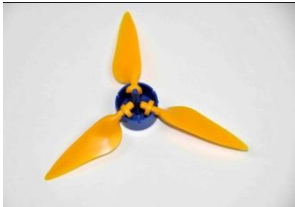
Aus den Bestandteilen können Rotoren mit 2, 3 oder 4 Rotorblättern mit einem flachen Profil oder einem optimierten Profil zusammensetzt werden. Der 4-fach Nabeneinsatz ist mit einem Anstellwinkel von 25° und der 3-fach Einsatz mit den Anstellwinkeln 20°, 25°, 30°, 50° und 90° verfügbar.

Zusätzlich ist im Experimentiersystem ein vormontierter Satz Rotoren enthalten (1x flaches Profil, 1x optimiertes Profil).

Handhabung Rotorblätter für Windturbinenmodul 1400-22



Zuerst wird eine Nabe mit dem gewünschten Anstellwinkel und der Flügelzahl ausgewählt (die Naben sind auf der Rückseite entsprechend beschriftet). Der Zweiflügel- und Vierflügel-Rotor kann mithilfe der Nabe mit 4 Einsätzen aufgebaut werden.

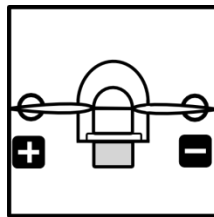


Danach werden die Rotorflügel eingesetzt. Beim Einsetzen der Flügel ist darauf zu achten, dass diese mit der abgerundeten Seite (am Endstück, welches eingelegt wird) nach oben in den Einsatz gelegt werden.



Nach dem Einsetzen der Flügel wird die Nabenkappe aufgesetzt und leicht festgedrückt.

leXsolar-Windturbinenmodul 1400-22



Zunächst muss die blaue Windturbine auf die entsprechende Modulplatte gesteckt werden. Auf die Generatorwelle wird dann der montierte Rotor befestigt, um eine kleine Windkraftanlage zu erhalten. Der Rotor sollte nicht zu fest aufgesteckt werden, damit das Gehäuse der Turbine nicht berührt wird, wodurch sich unnötige Reibungsverluste ergeben würden.

Der Generator erzeugt eine Gleichspannung, deren Polung auf der Modulplatte erkennbar ist. Des Weiteren ist auf die Modulplatte eine Winkelskala aufgedruckt, anhand derer die Turbine in einem bestimmten Winkel in den Wind gedreht werden kann.

Zur Vermeidung des Kontakts mit den drehenden Flügeln wird auf den Windrotor ein Fingerschutzgitter aufgebracht.

Während sich der Rotor dreht, besteht Verletzungsgefahr. Der Rotor darf nur angefasst werden, wenn er nicht rotiert!

Handhabung Fingerschutz für Windturbinenmodul 1400-22

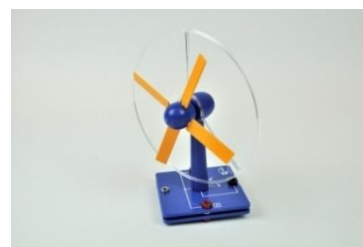
1) An der Windturbine befinden sich wie abgebildet drei kleine Nasen zum Befestigen des Fingerschutzgitters.



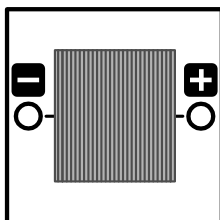
2) Das Fingerschutzgitter wird auf den Kopf der Windturbine aufgesteckt und an den unteren beiden Nasen leicht festgedrückt.



3) Anschließend wird der Windrotor auf die Welle der Windturbine gesteckt.



Solarzelle 1100-02 0,5V 840 mA

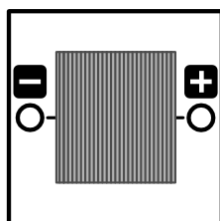


Auf der Rückseite befindet sich die Angabe zur Leerlaufspannung und Kurzschlussstromstärke.

Technische Daten:

Material: polykristallines Silizium
Leerlaufspannung: 0,5V
Kurzschlussstromstärke: 840mA
Spitzenleistung: 0,4Wp

Solarmodul 1100-07 1,5V 280 mA



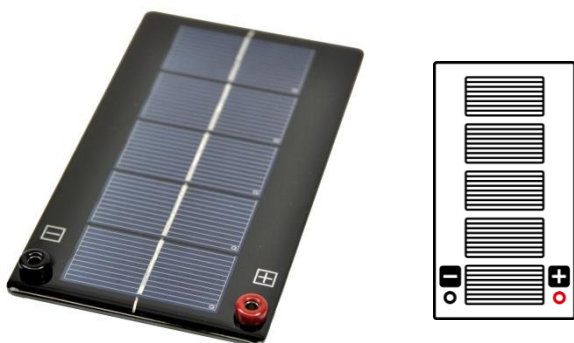
Das Solarmodul besteht aus einer Reihenschaltung von 3 Solarzellen. Auf der Rückseite befindet sich die Angabe zur Leerlaufspannung und Kurzschlussstromstärke.

Technische Daten:

Material: polykristallines Silizium
Leerlaufspannung: 1,5V

Kurzschlussstromstärke: 280mA
Spitzenleistung: 0,13Wp

Solarmodul 1100-31 2,5V 420 mA



Das große Solarmodul besteht aus einer Reihenschaltung von 5 Solarzellen.

Technische Daten:

Material: polykristallines Silizium
Leerlaufspannung: 2,5V
Kurzschlussstromstärke: 420mA
Spitzenleistung: 1Wp

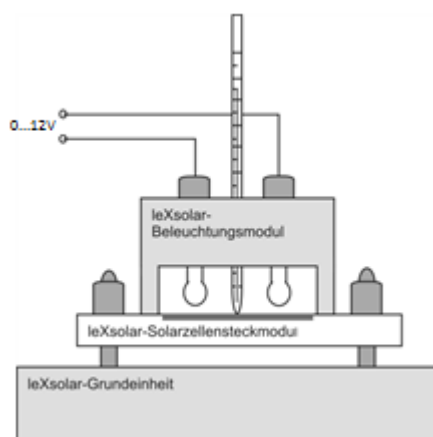
Satz Abdeckung f. Solarzelle 1100-29



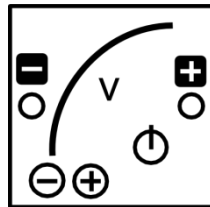
Beleuchtungsmodul (1100-20)



Das Beleuchtungsmodul wird mit dem PowerModul oder der Handkurbel betrieben. Im Inneren des Beleuchtungsmoduls befinden sich 4 Glühlampen, die durch das Herein- oder Herausdrehen zur Beleuchtung beitragen können oder nicht. In den Experimenten wird das Beleuchtungsmodul direkt auf die Solarzellen aufgelegt. Hierbei ist darauf zu achten, dass es aufgrund von Wärmestrahlung nicht zu lange auf der Solarzelle steht, um eine zu starke Temperaturerhöhung zu vermeiden. Zwischen den beiden Anschlüssen befindet sich ein Loch für ein Laborthermometer, mit dem die Temperatur der Solarzelle bestimmt werden kann.



PowerModul 9100-05



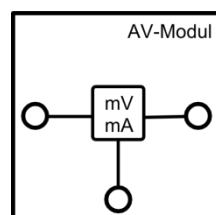
Das PowerModul ist ein kompaktes und intuitiv zu bedienendes Stromversorgungsgerät für Experimente. Zum Betrieb muss zunächst das beiliegende Steckernetzteil in die Steckdose gesteckt und mit der Eingangsbuchse oben rechts am PowerModul verbunden werden. Die Spannung wird mit der „+“- und „-“ - Taste ausgewählt und durch die LEDs angezeigt. Ist die gewünschte Spannung eingestellt, wird mit dem Einschalt-Button die Spannung an die Ausgangsbuchsen angelegt. Die Spannung liegt an, solange der Einschalt-Button rot leuchtet. Bei Kurzschluss oder Strömen >2 A schaltet das PowerModul die Spannung ab.

In den Experimenten wird das PowerModul vorrangig zur Spannungsversorgung, z.B. des Winderzeugers oder des Beleuchtungsmoduls eingesetzt.

Technische Daten:

- Ausgangsspannung: 0-12 V
- Ausgangsleistung: max. 24 W
- Regelbar in 0,5 V Schritten per Touchbuttons
- Überstromerkennung >2 A und Abschaltung
- Eingangsspannung: 110-230 V, 50-60 Hz (über beiliegendes Steckernetzteil)

AV-Modul 9100-03



Das AV-Modul ist ein kombiniertes Spannungs- und Strommessgerät. Es besitzt 3 Tasten, deren Funktionen jeweils im Display angezeigt werden. Durch das Drücken einer beliebigen Taste wird das Modul eingeschaltet. Im ausgeschalteten Zustand ist im Display das leXsolar-Logo zu sehen. Wenn das Display nichts anzeigt oder beim Betrieb „Bat“ angezeigt wird, müssen die Batterien auf der Rückseite ausgetauscht werden (2 x AA Batterien oder Akkus 1,2 bis 1,5V; Die Polarität beim Einsetzen der Batterien gemäß Markierung am Boden des Batteriefachs ist zu beachten! Während des Einlegens der Batterien dürfen die Touchfelder nicht berührt werden).

Mit der Taste rechts oben kann zwischen den 3 Modi Spannungsmessung, Stromstärkemessung und kombinierte Spannungs- und Stromstärkemessung gewechselt werden. Der Messmodus und der Anschluss der Kabel an das Modul werden durch die

Schaltsymbole im Display angezeigt. Im

Modus der Spannungsmessung ist zu beachten, dass kein Strom zur rechten Buchse fließt. Im kombinierten Modus kann die Spannung sowohl über die rechte als auch die linke Buchse gemessen werden. Der Einfluss des Innenwiderstands der Stromstärkemessung wird intern kompensiert. Der Messwert ist vorzeichenbehaftet. Liegt der positive Pol an einer der roten und der negative Pol an der schwarzen Buchse an, ergibt die Spannungsmessung ein positives Ergebnis. Fließt der Strom von der linken zur rechten Buchse, ist die angezeigte Stromstärke positiv.

Nach 30 min ohne Tastendruck oder nach 10 min ohne Messwertveränderung schaltet sich das Modul automatisch aus. Das AV-Modul kann Spannungen bis 12 V und Stromstärken bis 2 A messen. Falls eine dieser Größen überschritten wird, unterbricht das Modul den Stromfluss und es erscheint „overvoltage“ bzw. „overcurrent“ im Display. Diese Fehlermeldung kann durch Betätigen der entsprechenden Taste bestätigt werden. Befinden sich die Messwerte wieder im zulässigen Bereich, misst das Modul weiter.

Technische Daten:

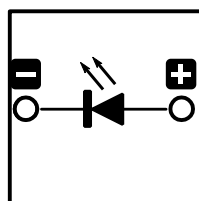
Spannungsmessung:

- Messbereich: 0...12 V
- Genauigkeit: 1 mV
- Automatische Abschaltung bei Überspannung >12 V (Wiedereinschalten durch Touchbutton)

Strommessung:

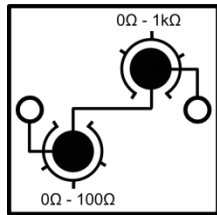
- Messbereich: 0...2 A
- Genauigkeit: 0,1 mA (0...199 mA) und 1 mA (200 mA...1 A)
- Automatiksicherung >2 A (Wiedereinschalten durch Touchbutton)
- Innenwiderstand <0,5 Ohm (0...200 mA); <0,2 Ohm (200 mA...2 A)

LED-Modul 1400-08



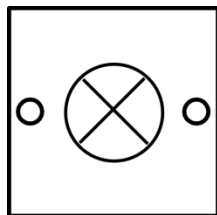
Im Inneren des LED-Moduls befindet sich eine rote LED mit einer Wellenlängenemission von 697nm. Um die Diode zum Leuchten zu bringen, muss mindestens eine Spannung von 1,7 V angelegt werden.

Potentiometermodul 1100-61



Das Potentiometermodul besteht aus einem 0-1 k Ω -Drehwiderstand und einem 0-100 Ω -Drehwiderstand. Beide sind in Reihe geschaltet, sodass das Potentiometermodul Widerstände zwischen 0 Ω bis 1100 Ω annehmen kann. Die Messungenauigkeit beim Einstellen eines Widerstandes liegt bei 5 Ω beim kleineren Drehwiderstand und bei 20 Ω beim Größeren. Durch das Potentiometer dürfen keine Ströme von mehr als 190 mA fließen.

Glühlampenmodul 1100-26



Das Glühlampenmodul fungiert als Verbraucher in den Experimenten.

Technische Daten:

Mikroglühlampe $P_{\text{typ}} = 200\text{mW}$ (bei 3,5V)
Absicherung über Spannungsbegrenzung (6V)

Kondensatormodul 1600-02



Das Kondensatormodul besteht aus zwei in Reihe geschalteten Kondensatoren. Die maximale Spannung des Kondensatormoduls beträgt 5,4 V. Zum Aufladen sollte keine höhere Spannung als

5 V angelegt werden. Zum Entladen kann der Kondensator kurzgeschlossen werden, da Sicherungen im Modul eine zu hohe Stromstärke verhindern.

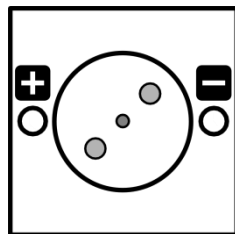
Zum schnellen Aufladen kann der Kondensator direkt an die Spannungsquelle (zum Bsp. PowerModul) angeschlossen werden. Dazu wird die Spannungsquelle bei 0,5 V eingeschaltet und alle 10 s um 0,5 V erhöht. In der gewünschten Endspannung sollte der Kondensator ca. 30 s aufgeladen werden.

Technische Daten:

Kapazität: 5 F

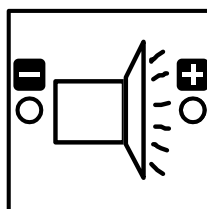
Spannung: 5,4 V

Motormodul (1100-27) mit Farbscheibenset 1 (1100-28)



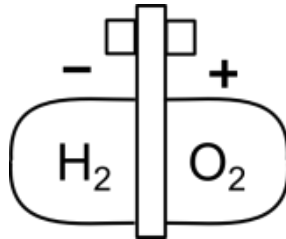
Das Motormodul beinhaltet einen Gleichstrommotor, der sich je nach dem Vorzeichen der angelegten Spannung in verschiedene Richtungen dreht. Um anzulaufen, benötigt er eine Mindestspannung von 0,35 V. Über die blaue Plasticscheibe können Farbscheiben an dem Motormodul befestigt werden. Mit Hilfe der Farbscheiben können optische Täuschungen veranschaulicht werden. Hierzu gehört beispielsweise die additive Farbmischung. Die Farbscheiben sind: Rot-Grün-Blau, Rot-Blau, Rot-Grün, Grün-Blau, rote Farbtone, Relief, Stroboskopscheibe

Hupenmodul 1100-25

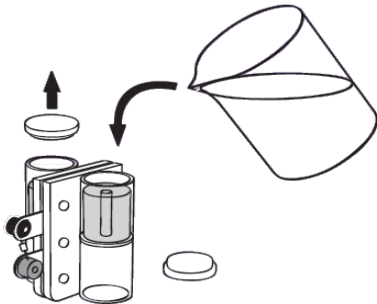


Das Hupenmodul fungiert als Verbraucher in den Experimenten.

Reversible Brennstoffzelle L2-06-067 mit destilliertem Wasser (100ml) 1800-15

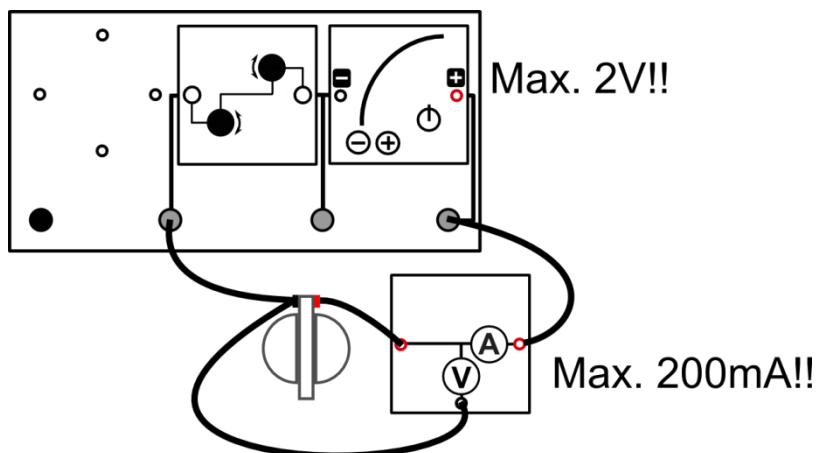


Die reversible Brennstoffzelle besteht aus einem Elektrolyseur und einer Brennstoffzelle. Zum Befüllen der reversiblen Brennstoffzelle sollte folgendermaßen vorgegangen werden:



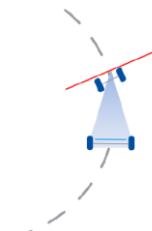
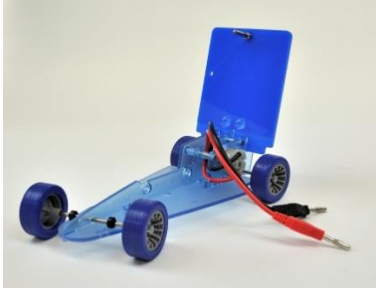
1. Befülle die rev. Brennstoffzelle mit destilliertem Wasser wie in nebenstehender Abbildung gezeigt.
2. Fülle beide Speicherzylinder bis zum oberen Ende des Röhrchens im Inneren des Zylinders mit destilliertem Wasser auf.
3. Klopfe die rev. Brennstoffzelle leicht auf den Tisch.
4. Fülle weiter destilliertes Wasser nach, bis es durch die Röhrchen läuft.
5. Verschließe die Speicherzylinder mit den Stopfen und drehe die Zelle für den Betrieb wieder um. (Stopfen müssen für den Betrieb unten liegen)

Zum Aufladen der reversiblen Brennstoffzelle mit dem PowerModul muss ein Potentiometer ($R=20\Omega$) in Reihe geschaltet und Strom und Spannung überwacht werden.



Andernfalls kann es passieren, dass ohne zwischengeschaltete Widerstände zu hohe Ströme fließen, was die Brennstoffzelle dauerhaft beschädigen kann. **Spannungswerte von 2V und Stromwerte von 200mA** sollten weder im Betrieb als Brennstoffzelle noch als Elektrolyseur überschritten werden. Ströme über 500mA führen zur Zerstörung der Brennstoffzelle. Die Brennstoffzelle darf **NICHT** mit der Handkurbel aufgeladen werden!

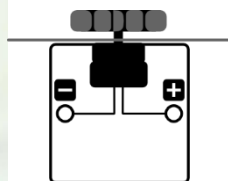
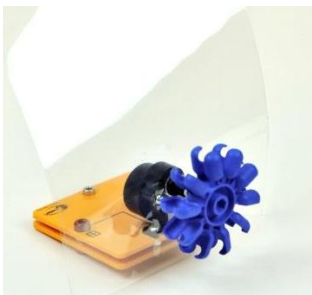
Elektro-Modellfahrzeug mit Akku-Adapter 1801-02



Das Elektro-Modellfahrzeug kann mit der reversible Brennstoffzelle, dem Solarmodul (2,5V) oder dem Kondensatormodul betrieben werden. Die reversible Brennstoffzelle und das Solarmodul können direkt auf das Fahrzeug gesteckt werden. Das Kondensatormodul kann mit der Adapterplatte an dem Fahrzeug befestigt werden.

Das Fahrzeug bewegt sich, sobald die beiden Kabel an den Versorger angeschlossen werden. Werden die Räder während des Betriebs festgehalten, kommt es zum Kurzschluss und der Energiespeicher entlädt sich.

Wasserradmodul 1900-01 und PVC-Schlauch (12mm) L2-02-051

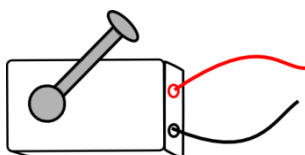


Das Wasserradmodul ist mit einer Pelton-Turbine und einem Getriebegenerator ausgestattet. Für das Wasser reicht eine Fallhöhe von ca. 30 cm aus, um genügend Energie für kleine Verbraucher (z.B. Hupenmodul) bereitzustellen. Der transparente Spritzschutz schirmt den Generator dabei vor Feuchtigkeit ab.

Hinweis für Lehrer:

- 1) In den regulären Klassenzimmern sind meist Druckreduzierstücke am Wasserhahn verbaut, in diesem Fall können Sie das Experiment oft nicht richtig starten. Nutzen Sie daher immer Fachkabinette für die Wasserversuche, dort sind meistens keine Druckreduzierer verbaut.
- 2) Schließen Sie den mitgelieferten Silikonschlauch am Wasserhahn an um einen gerichteten Wasserstrahl zu erzeugen.

Handgeneratormodul 1602-02 und Zubehör



Folgendes Zubehör ist im Experimentiersystem enthalten:

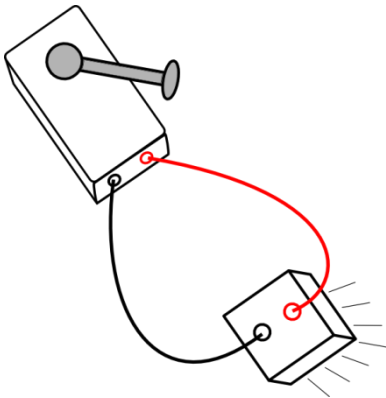
- Messleitung, 25cm, schwarz L2-06-012
- Messleitung, 25cm, rot L2-06-013
- 2 x Messleitung, 50cm, schwarz L2-06-014
- Messleitung, 50cm, rot L2-06-015

- 2 x Kurzschlussstecker L2-06-033



1. Aus Muskelkraft wird Strom ... wird Licht

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 Handgenerator
- 1 Beleuchtungsmodul
- 1 rotes Kabel
- 1 schwarzes Kabel

So geht`s

1. Nimm dir ein rotes und ein schwarzes Kabel. Verbinde damit die Handkurbel mit dem Beleuchtungsmodul. Achte dabei darauf, jeweils die beiden roten Anschlüsse und die beiden schwarzen Anschlüsse miteinander zu verbinden (siehe Skizze).
2. Kurble nun kräftig am Handgenerator! Was beobachtest du?

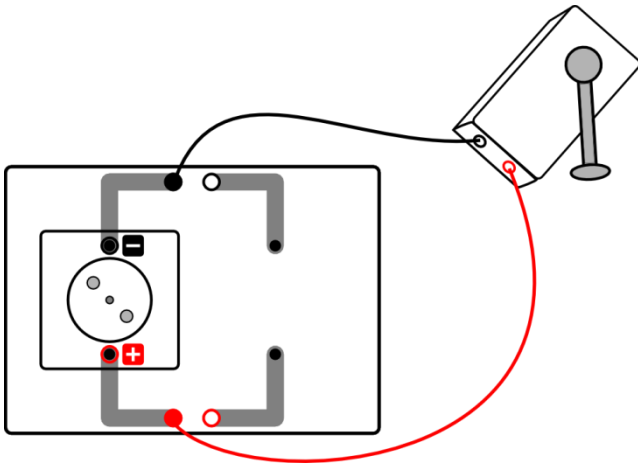
3. Versuche, die Kurbel nun langsamer zu drehen. Was beobachtest du?

4. Welche Energieumwandlungen hast du in diesem Experiment beobachtet?



2. Aus Muskelkraft wird Strom ... wird Bewegung

Aufbau

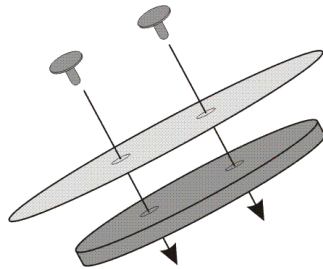


Benötigte Geräte

- 1 kleine Grundeinheit
- 1 Handgenerator
- 1 Motormodul mit Farbscheibe rot-blau
- 1 rotes Kabel
- 1 schwarzes Kabel

So geht's

1. Verbinde zuerst mit zwei Kabeln die Handkurbel mit der kleinen Grundeinheit. Achte dabei darauf, jeweils die beiden roten Anschlüsse und die beiden schwarzen Anschlüsse miteinander zu verbinden.
2. Stecke anschließend den Motor wie oben abgebildet auf die Grundeinheit.
3. Stecke die Pappscheibe rot-blau mit den blauen Steckern auf das blaue Rad. Stecke das Rad nun auf den Motor.



Hinweis: Wenn nötig, kannst du zum Lösen der Clips von der Rotations-scheibe einen Stecker zu Hilfe nehmen. Drücke den Stecker dazu vorsichtig von unten gegen den Clip.



2. Aus Muskelkraft wird Strom ... wird Bewegung

So geht's

4. Kurbel kräftig am Handgenerator! Was beobachtest du?

5. Versuche, die Kurbel nun sehr langsam zu drehen. Was beobachtest du?

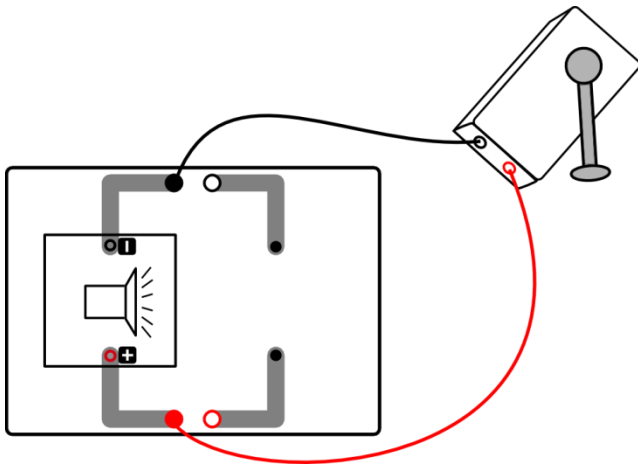
6. Vertausche nun die Kabel (nur) am Handgenerator – also rotes Kabel in die schwarze Buchse und schwarzes Kabel in die rote Buchse und kurble erneut möglichst langsam. Was beobachtest du?

7. Welche Energieumwandlungen hast du in diesem Experiment beobachtet?



3. Aus Muskelkraft wird Strom ... wird Krach

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 kleine Grundeinheit
- 1 Handgenerator
- 1 Hupenmodul
- 1 rotes Kabel
- 1 schwarzes Kabel

So geht`s

1. Verbinde zuerst mit zwei Kabeln die Handkurbel mit der kleinen Grundeinheit. Achte dabei darauf, jeweils die beiden roten Anschlüsse und die beiden schwarzen Anschlüsse miteinander zu verbinden.
2. Stecke anschließend die Hupe wie abgebildet auf die Grundeinheit.
3. Kurble kräftig am Handgenerator! Was beobachtest du?

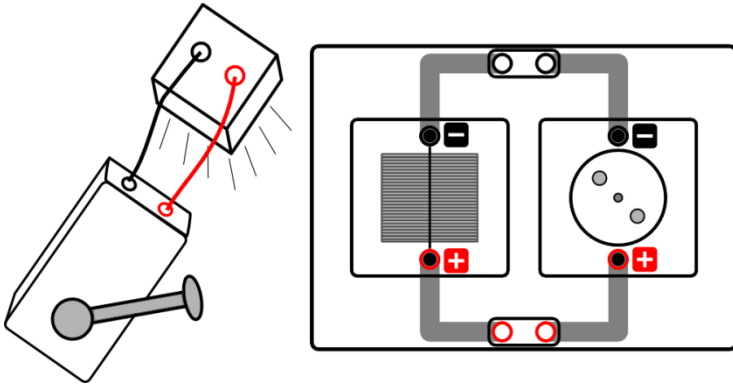
-
4. Versuche, die Kurbel nun langsamer zu drehen. Was beobachtest du?

-
5. Welche Energieumwandlungen hast du in diesem Experiment beobachtet?
-
-
-



4. Aus Sonnenenergie wird Strom ... wird Bewegung

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 kleine Grundeinheit
- 1 Solarzelle 0,5V
- 1 Motormodul
- 2 Kurzschlussstecker

Falls die Sonne nicht genügend scheint, brauchst Du zusätzlich eine „handbetriebene“ Lichtquelle:

- 1 Handgenerator
- 1 rotes Kabel
- 1 schwarzes Kabel
- 1 Beleuchtungsmodul

So geht's

1. Baue den Versuch wie oben abgebildet auf. Stecke die Kurzschlussstecker in die dafür vorgesehenen Anschlüsse auf der Grundeinheit, um die Solarzelle und das Motormodul zu verbinden.
2. Halte die Solarzelle ins Sonnenlicht! Falls die Sonne nicht scheint, stelle das Beleuchtungsmodul auf die Solarzelle und kurble kräftig am Handgenerator. Verbinde dazu zuerst mit zwei Kabeln die Handkurbel mit dem Beleuchtungsmodul. Achte dabei darauf, dass du die Anschlüsse mit der richtigen Farbe verbindest (rot an rot und schwarz an schwarz).

Auswertung

1. Was beobachtest du?

2. Bewege die Grundeinheit langsam aus dem Sonnenlicht bzw. lasse von einem Mitschüler das Beleuchtungsmodul langsam hoch heben. Was beobachtest du?

Auswertung

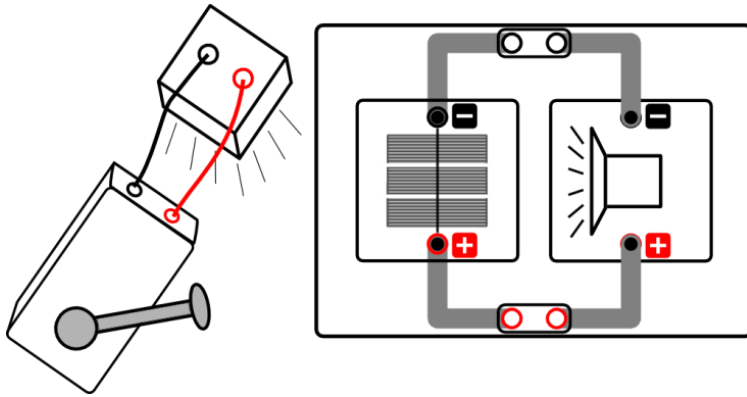


3. Kannst du die Beobachtung erklären?



5. Aus Sonnenenergie wird Strom ... wird Krach

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 kleine Grundeinheit
- 1 Solarmodul 1,5V
- 1 Hupenmodul
- 2 Kurzschlussstecker

Falls die Sonne nicht scheint, brauchst Du zusätzlich eine „handbetriebene“ Lichtquelle:

- 1 Handgenerator
- 1 rotes Kabel
- 1 schwarzes Kabel
- 1 Beleuchtungsmodul

So geht`s

1. Baue den Versuch wie oben abgebildet auf. Stecke die Kurzschlussstecker in die dafür vorgesehenen Anschlüsse auf der Grundeinheit, um das Solarmodul und das Hupenmodul zu verbinden.
2. Halte die Grundeinheit ins Sonnenlicht! Falls die Sonne nicht scheint, stelle das Beleuchtungsmodul auf das Solarmodul und kurble kräftig am Handgenerator. Verbinde dazu zuerst mit zwei Kabeln die Handkurbel mit dem Beleuchtungsmodul. Achte dabei darauf, dass du die Anschlüsse mit der richtigen Farbe verbindest (rot an rot und schwarz an schwarz).

Auswertung

3. Was beobachtest du?

4. Bewege die Grundeinheit langsam aus dem Sonnenlicht bzw. lasse von einem Mitschüler das Beleuchtungsmodul langsam hoch heben. Was beobachtest du?

Auswertung

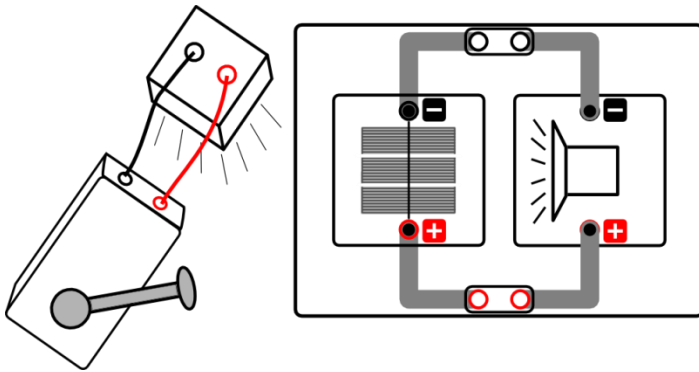


5. Kannst du die Beobachtung erklären?



6. Die Fläche einer Solarzelle

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 kleine Grundeinheit
- 1 Solarmodul 1,5V
- 1 Hupenmodul
- 2 Kurzschlussstecker
- 4 Abdeckplättchen

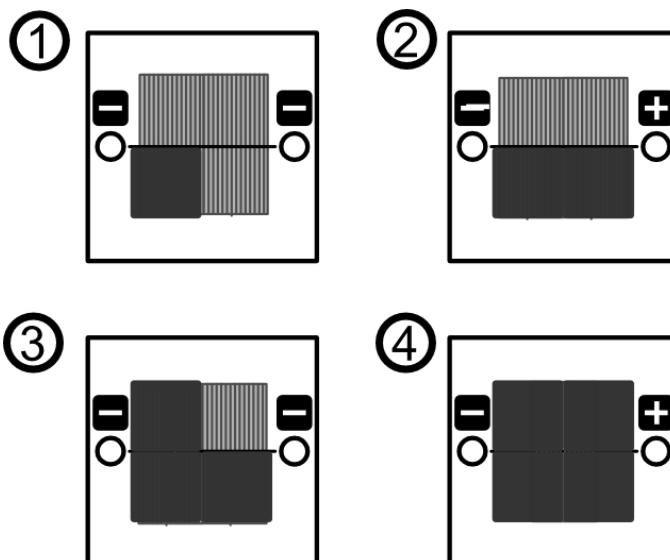
Falls die Sonne nicht scheint, brauchst Du zusätzlich eine „handbetriebene“

Lichtquelle:

- 1 Handgenerator
- 1 rotes Kabel
- 1 schwarzes Kabel
- 1 Beleuchtungsmodul

So geht`s

1. Baue den Versuch wie oben abgebildet auf. Stecke die Kurzschlussstecker in die dafür vorgesehenen Anschlüsse auf der Grundeinheit, um das Solarmodul und das Hupenmodul zu verbinden.
2. Stelle das Beleuchtungsmodul auf das Solarmodul und kurble kräftig am Handgenerator. Verbinde dazu zuerst mit zwei Kabeln die Handkurbel mit dem Beleuchtungsmodul. Achte dabei darauf, dass du die Anschlüsse mit der richtigen Farbe verbindest (rot an rot und schwarz an schwarz).
3. Verringere nun die Fläche des Solarmoduls, indem du ein Viertel des Moduls mit einem Abdeckplättchen zudeckst (1):





6. Die Fläche einer Solarzelle

Auswertung

4. Kurble wieder kräftig am Handgenerator. Was beobachtest du?

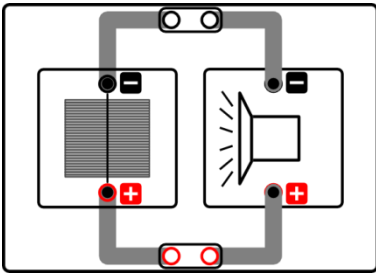
5. Verringere nun noch weiter die Fläche des Solarmoduls, indem du weitere Abdeckplättchen auf das Modul legst (2...4). Kurble am Handgenerator und notiere, was du beobachtest.

6. Kannst du die Beobachtung erklären?



7. Die Ausrichtung von Solarzellen

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 kleine Grundeinheit
- 1 Solarzelle 0,5V
- 1 Hupenmodul
- 2 Kurzschlussstecker

So geht's

1. Baue den Versuch wie oben abgebildet auf. Stecke die Kurzschlussstecker in die dafür vorgesehenen Anschlüsse auf der Grundeinheit, um die Solarzelle und das Hupenmodul zu verbinden.
2. Halte die Grundeinheit ins Sonnenlicht. Richte sie optimal zur Sonne aus, sodass die Solarzelle genau senkrecht zum Lichteinfall steht. (Das kannst du z.B. daran erkennen, dass die Kurzschlussstecker keinen Schatten mehr auf die Grundeinheit werfen.)
3. Neige nun die Grundeinheit langsam aus dem Licht und beobachte dabei die Lautstärke der Hupe!

Auswertung

1. Was beobachtest du?

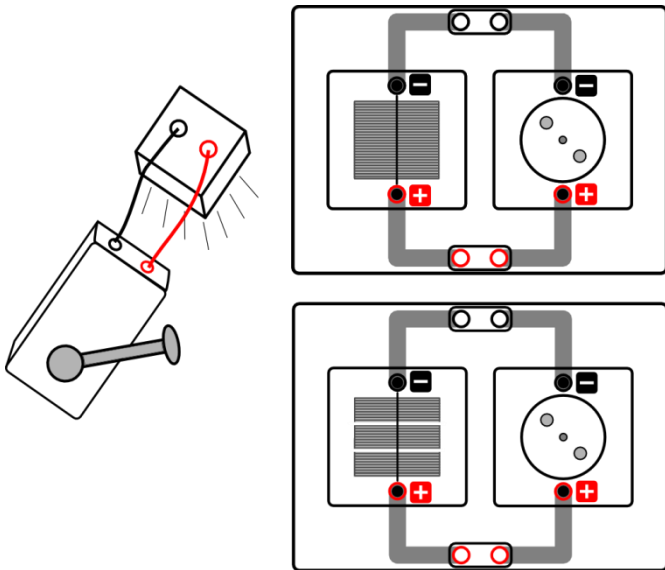
2. Wie sollte also eine Solaranlage gegenüber der Sonneneinstrahlung möglichst ausgerichtet sein?

3. Du hast vielleicht schon mal ein Solaranlagen-Feld gesehen. Warum werden die Solarzellen in diesen Anlagen schräg aufgestellt?



8. Von der Solarzelle zum Solarmodul

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 kleine Grundeinheit
- 1 Solarzelle 0,5V
- 1 Solarmodul 1,5V
- 1 Hupenmodul
- 1 Motormodul
- 1 Glühlampenmodul
- 1 LED-Modul
- 2 Kurzschlussstecker
- 1 Handgenerator
- 1 Beleuchtungsmodul
- 1 rotes Kabel
- 1 schwarzes Kabel

So geht`s

1. In diesem Versuch sollen alle vier Verbrauchermodule (Motor, Hupe, Glühlampe, LED) einmal mit der Solarzelle und einmal mit dem Solarmodul betrieben werden.
2. Der Versuch wird zuerst wie oben abgebildet mit dem Motormodul und der Solarzelle aufgebaut. Vergiss nicht, die Solarzelle und das Motormodul mit den Kurzschlusssteckern auf der Grundeinheit zu verbinden.
3. Stelle das Beleuchtungsmodul auf das Solarmodul und kurble kräftig am Handgenerator. Verbinde dazu zuerst mit zwei Kabeln die Handkurbel mit dem Beleuchtungsmodul. Achte dabei darauf, dass du die Anschlüsse mit der richtigen Farbe verbindest (rot an rot und schwarz an schwarz).
4. Anschließend wird der Motor gegen das Hupenmodul, die Glühlampe und die LED ausgetauscht und der Versuch jeweils wiederholt. Notiere jeweils das Verhalten der Verbraucher.
5. Tausche die Solarzelle gegen das Solarmodul aus und wiederhole das Experiment mit allen Verbrauchern.

Auswertung

	Solarzelle	Solarmodul
Motor		
Hupe		
Glühlampe		

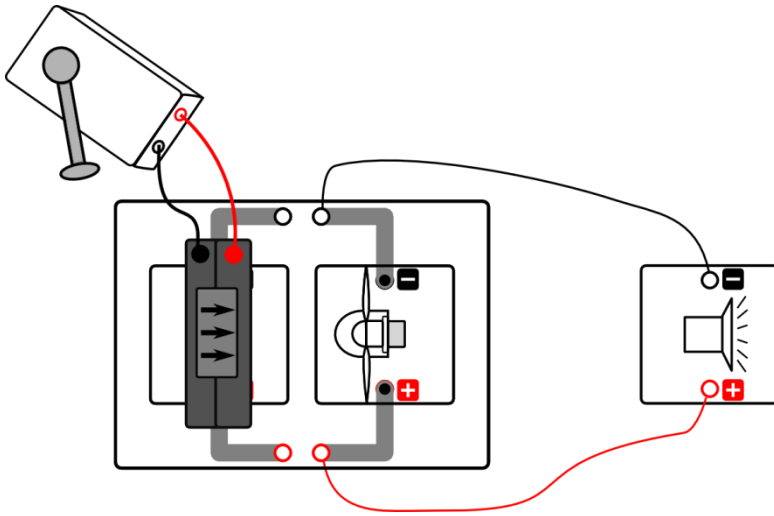


LED		
-----	--	--



9. Aus Windenergie wird Strom ... wird Krach

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 kleine Grundeinheit
- 1 Winderzeuger
- 1 Windturbinenmodul mit Fingerschutzgitter
- 1 installierter Dreiblatt-Rotor, (Anstellwinkel 30°, optimiertes Profil)
- 1 Hupenmodul
- 2 schwarze Kabel
- 2 rote Kabel
- 1 Handgenerator

Achtung Verletzungsgefahr: Berühre nicht den drehenden Rotor! nutze den Fingerschutz mit dem Windturbinenmodul.

So geht's

1. Baue den Versuch wie oben abgebildet auf. Die Windrichtung am Winderzeuger ist durch aufgedruckte Pfeile auf der Oberseite gekennzeichnet. Verbinde mit einem roten und einem schwarzen Kabel den Handgenerator mit dem Winderzeuger. Achte auf die richtige Polarität der Anschlüsse. Verbinde rot mit rot und schwarz mit schwarz.
2. Verbinde das Hupenmodul mit Kabeln wie abgebildet mit der Grundeinheit. Achte auch hier auf die richtige Polarität der Anschlüsse.
3. Befestige das Fingerschutzgitter an der Windturbine.
4. Stecke anschließend den vorinstallierten Rotor mit dem optimierten Profil auf die Windturbine auf.
5. Schalte den Winderzeuger ein. Kurble kräftig am Handgenerator! Was beobachtest Du am Windturbinenmodul?

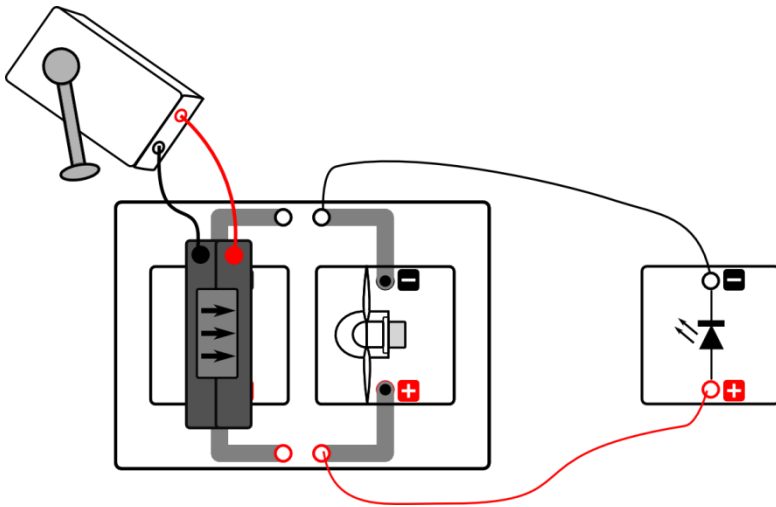
Was passiert mit der Hupe?

Erkläre Deine Beobachtung!



10. Aus Windenergie wird Strom ... wird Licht

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 kleine Grundeinheit
- 1 Winderzeuger
- 1 Windturbinenmodul mit Fingerschutzgitter
- 1 Dreiblatt-Rotor, (Anstellwinkel 30°, optimiertes Profil)
- 1 LED-Modul
- 2 schwarze Kabel
- 2 rote Kabel
- 1 Handgenerator

Achtung Verletzungsgefahr: Berühre nicht den drehenden Rotor! Nutze den Fingerschutz mit dem Windturbinenmodul.

So geht's

1. Baue den Versuch wie oben abgebildet auf. Die Windrichtung am Winderzeuger ist durch aufgedruckte Pfeile auf der Oberseite gekennzeichnet. Verbinde mit einem roten und einem schwarzen Kabel den Handgenerator mit dem Winderzeuger. Achte auf die richtige Polarität der Anschlüsse. Verbinde rot mit rot und schwarz mit schwarz.
2. Verbinde das LED-Modul wie abgebildet mit der Grundeinheit. Achte auch hier auf die richtige Polarität der Anschlüsse.
3. Befestige das Fingerschutzgitter an der Windturbine.
4. Stecke anschließend den vorinstallierten Rotor mit dem optimierten Profil auf die Windturbine auf.
5. Schalte den Winderzeuger ein. Kurble kräftig am Handgenerator! Was beobachtest Du am Windturbinenmodul?

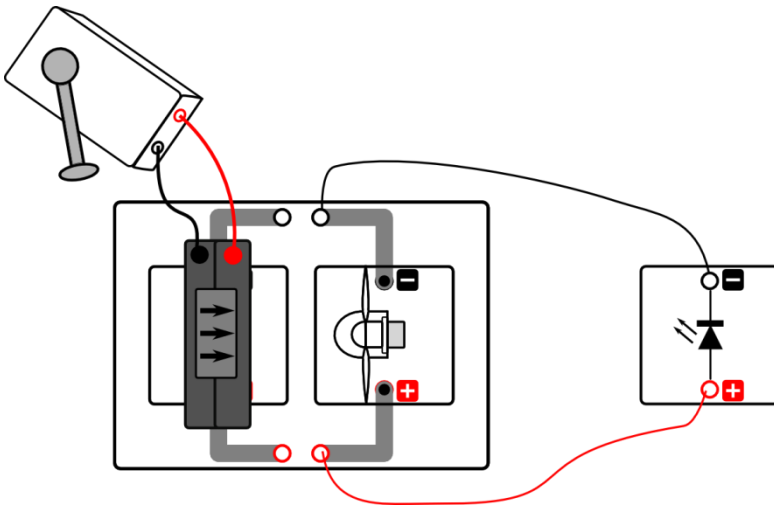
Was passiert mit der LED?

Erkläre Deine Beobachtung!



11. Einfluss des Flügelprofils

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 kleine Grundeinheit
- 1 Winderzeuger
- 1 Windturbinenmodul mit Fingerschutzgitter
- 1 Rotor mit optimiertem Profil
- 1 Rotor mit flachem Profil
- 1 LED-Modul
- 2 schwarze Kabel
- 2 rote Kabel
- 1 Handgenerator

Achtung Verletzungsgefahr: Berühre nicht den drehenden Rotor! Nutze den Fingerschutz mit dem Windturbinenmodul.

So geht's

1. Baue den Versuch wie oben abgebildet auf. Die Windrichtung am Winderzeuger ist durch aufgedruckte Pfeile auf der Oberseite gekennzeichnet. Verbinde mit einem roten und einem schwarzen Kabel den Handgenerator mit dem Winderzeuger. Achte auf die richtige Polarität der Anschlüsse. Verbinde rot mit rot und schwarz mit schwarz.
2. Verbinde das LED-Modul wie abgebildet mit der Grundeinheit. Achte auch hier auf die richtige Polarität der Anschlüsse.
3. Befestige das Fingerschutzgitter an der Windturbine.
4. Stecke anschließend den Rotor mit dem optimierten Profil auf die Windturbine auf.
5. Schalte den Winderzeuger ein. Kurble kräftig am Handgenerator! Was beobachtest Du am Windturbinenmodul?

6. Was passiert mit der LED?



11. Einfluss des Flügelprofils

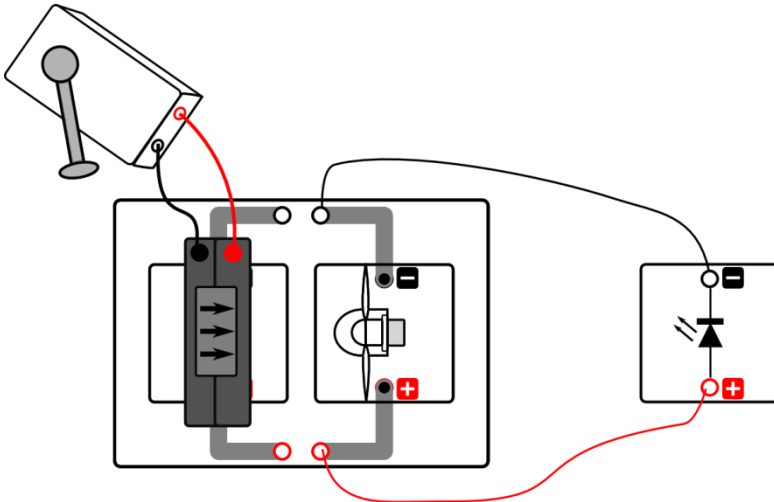
So geht's

7. Tausche den optimierten Propeller gegen den Rotor mit den flachen Flügeln aus und wiederhole den Versuch. Was kannst du jetzt am Windturbinenmodul und an der LED beobachten?

8. Erkläre Deine Beobachtung!

12. Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 kleine Grundeinheit
- 1 Winderzeuger
- 1 Windturbinenmodul mit Fingerschutzgitter
- 1 installierter Dreiblatt-Rotor, (Anstellwinkel 30°, optimiertes Profil)
- 1 LED-Modul
- 2 schwarze Kabel
- 2 rote Kabel
- 1 Handgenerator

Achtung Verletzungsgefahr: Berühre nicht den drehenden Rotor! Nutze den Fingerschutz mit dem Windturbinenmodul.

So geht's

1. Baue den Versuch wie oben abgebildet auf. Die Windrichtung am Winderzeuger ist durch aufgedruckte Pfeile auf der Oberseite gekennzeichnet. Verbinde mit einem roten und einem schwarzen Kabel den Handgenerator mit dem Winderzeuger. Achte auf die richtige Polarität der Anschlüsse. Verbinde rot mit rot und schwarz mit schwarz.
2. Verbinde das LED-Modul wie abgebildet mit der Grundeinheit. Achte auch hier auf die richtige Polarität der Anschlüsse.
3. Befestige das Fingerschutzgitter an der Windturbine.
4. Stecke anschließend den Rotor mit dem optimierten Profil auf die Windturbine auf.
5. Schalte den Winderzeuger ein. Kurble kräftig am Handgenerator!
6. Tauscht nun die Rollen und überprüft damit eure Ergebnisse noch einmal.

Hinweis: Bei diesem Versuch soll mit verschiedenen Geschwindigkeiten am Handgenerator gekurbelt werden. Beginnt zunächst mit der höchsten Geschwindigkeit und beobachtet dabei die LED. Lasst euren Mitschüler zunächst gleichmäßig weiterkurbeln und haltet die Hand vorsichtig (!!!) hinter das Windrad, um die Windgeschwindigkeit zu erfühlen. Lasst ihn danach die Kurbelgeschwindigkeit ein wenig verringern, beobachtet die LED und erfühlt anschließend wieder die Windgeschwindigkeit.

Auswertung



1. Fülle den Lückentext aus.

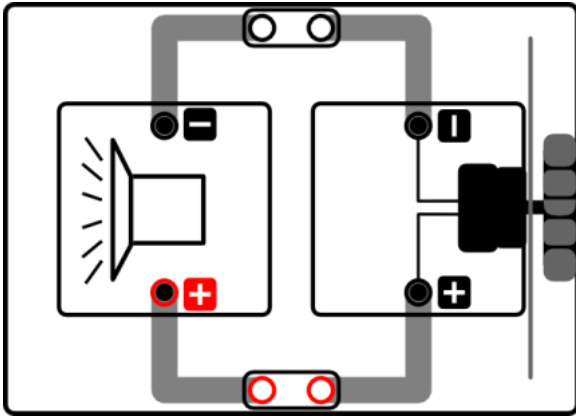
Je stärker am Handgenerator gekurbelt wird, desto _____ ist die Windgeschwindigkeit. Je höher die Windgeschwindigkeit ist, desto _____ leuchtet die LED. Wenn man langsam kurbelt, leuchtet die LED _____. Wenn man sehr schnell kurbelt, leuchtet die LED _____.

Reale Windkraftanlagen arbeiten effektiver bei _____ Windgeschwindigkeiten.



13. Aus einem Wasserstrahl wird Strom... wird Lärm

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 kleine Grundeinheit
- 2 Kurzschlussstecker
- 1 Wasserradmodul
- 1 Hupenmodul
- 1 Schlauch

Zusätzlich benötigt:

- 2 große Schüsseln/Kisten
- 1 Tisch/Stuhl
- Wasser

So geht`s

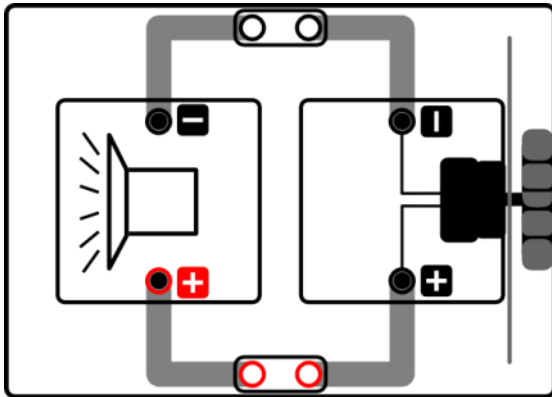
1. Baue den Versuch wie oben abgebildet auf. Stecke die Kurzschlussstecker in die dafür vorgesehenen Anschlüsse auf der Grundeinheit, um die Hupe und das Wasserrad zu verbinden.
2. Stelle eine Schüssel mit Wasser auf den Tisch, die andere platzierst du z.B. auf dem Boden oder Stuhl so, dass du das von oben herablaufende Wasser auffangen kannst.
3. Lege den Schlauch komplett in die obere Schüssel. Achte darauf, dass keine Luftblasen entstehen. Halte nun deinen Finger auf das eine Ende des Schlauches und halte ihn nach unten zum Wasserrad. Achte darauf, dass das andere Ende des Schlauchs im Wasser bleibt. Arbeitet am besten in kleinen Gruppen.
4. Halte die Grundeinheit mit dem Wasserrad in die untere Schüssel. Nimm nun den Finger von der Öffnung des Schlauchs, sodass der Wasserstrahl auf das Wasserrad trifft.
5. Notiere deine Beobachtungen!

Beobachtungen



14. Je weiter das Wasser fällt, desto...

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 kleine Grundeinheit
- 2 Kurzschlussstecker
- 1 Wasserradmodul
- 1 Hupenmodul
- 1 Schlauch

Zusätzlich benötigt:

- 2 große Schüsseln/Kisten
- 1 Tisch/Stuhl
- Wasser

So geht`s

1. Baue den Versuch wie oben abgebildet auf. Stecke die Kurzschlussstecker in die dafür vorgesehenen Anschlüsse auf der Grundeinheit, um die Hupe und das Wasserrad zu verbinden.
2. Stelle eine Schüssel mit Wasser auf den Tisch, die andere platzierst du z.B. auf dem Boden oder Stuhl so, dass du das von oben herablaufende Wasser auffangen kannst.
3. Lege den Schlauch komplett in die obere Schüssel. Achte darauf, dass keine Luftblasen entstehen. Halte nun deinen Finger auf das eine Ende des Schlauches und halte ihn nach unten zum Wasserrad. Achte darauf, dass das andere Ende des Schlauchs im Wasser bleibt. Arbeitet am besten in kleinen Gruppen.
4. Halte die Grundeinheit mit dem Wasserrad in die untere Schüssel. Nimm nun den Finger von der Öffnung des Schlauchs, sodass der Wasserstrahl auf das Wasserrad trifft.
5. Verändere nun die Fallhöhe (also die Höhe des Wassers im oberen Gefäß zum Wasserrad). Was kannst du feststellen? Fülle dazu den untenstehenden Lückentext aus.

Auswertung

1. Fülle den Lückentext aus.

Je größer die Höhe, desto _____ hupt die Hupe.

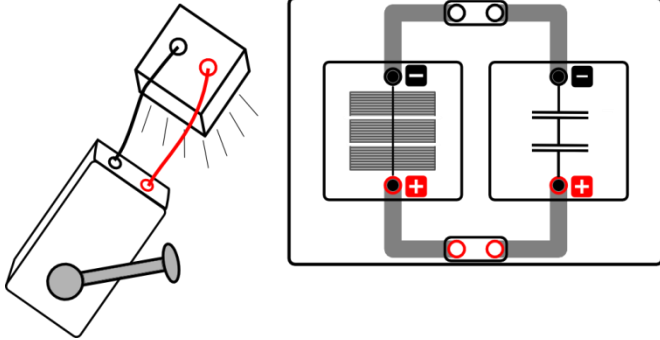
Erklärung:

Je weiter das Wasser fällt, desto _____ wird es. Wenn das Wasser mit größerer _____ auf das Wasserrad trifft, ist die _____ größer und das Wasserrad dreht sich _____. Dadurch fließt mehr Strom. Je mehr Strom fließt, desto _____ hupt die Hupe.



15. Speicherung von Solarenergie

Aufbau



Benötigte Geräte

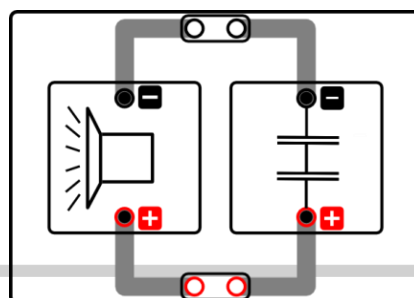
- 1 kleine Grundeinheit
- 1 Solarmodul 1,5V
- 1 Kondensatormodul
- 1 Hupenmodul
- 2 Kurzschlussstecker

**Falls die Sonne nicht scheint,
brauchst Du zusätzlich eine
„handbetriebene“ Lichtquelle:**

- 1 Handgenerator
- 1 Beleuchtungsmodul
- 1 rotes Kabel
- 1 schwarzes Kabel

So geht`s

1. Baue den Versuch wie oben abgebildet auf. Stecke die Kurzschlussstecker in die dafür vorgesehenen Anschlüsse auf der Grundeinheit, um das Solarmodul und das Kondensatormodul zu verbinden.
2. Halte die Grundeinheit ins Sonnenlicht oder stelle das Beleuchtungsmodul auf die Solarzelle und kurble kräftig am Handgenerator. Verbinde dazu zuerst mit zwei Kabeln die Handkurbel mit dem Beleuchtungsmodul. Achte dabei darauf, dass du die Anschlüsse mit der richtigen Farbe verbindest (rot an rot und schwarz an schwarz).
3. Lade den Kondensator auf diese Weise für mindestens eine Minute.
4. Ziehe anschließend das Solarmodul von der Grundeinheit ab.
5. Stecke nun die Hupe auf die Grundeinheit und verbinde sie wie unten abgebildet mit dem Kondensatormodul:



Auswertung



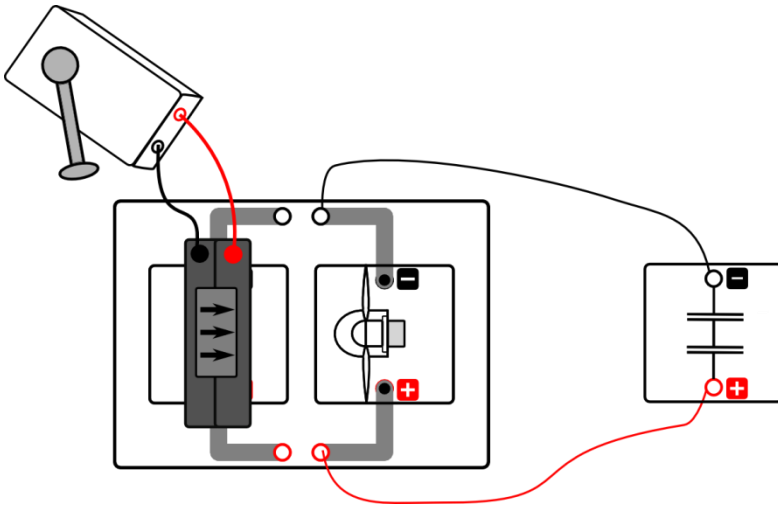
Was beobachtest du?

Welche Eigenschaft hat also der Kondensator?



16. Speicherung von Windenergie

Aufbau



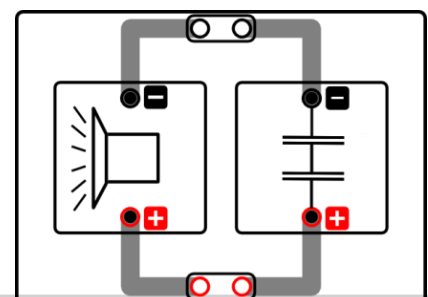
Benötigte Geräte

- 1 kleine Grundeinheit
- 1 Winderzeuger
- 1 Windturbinenmodul mit Fingerschutzgitter
- 1 installierter Dreiblatt-Rotor, (Anstellwinkel 30°, optimiertes Profil)
- 1 Hupenmodul
- 1 Kondensatormodul
- 2 schwarze Kabel
- 2 rote Kabel
- 2 Kurzschlussstecker
- 1 Handgenerator

Achtung Verletzungsgefahr: Berühre nicht den drehenden Rotor! Nutze den Fingerschutz mit dem Windturbinenmodul.

So geht's

1. Baue den Versuch wie oben abgebildet auf. Die Windrichtung am Winderzeuger ist durch aufgedruckte Pfeile auf der Oberseite gekennzeichnet. Verbinde mit einem roten und einem schwarzen Kabel den Handgenerator mit dem Winderzeuger. Achte auf die richtige Polarität der Anschlüsse. Verbinde rot mit rot und schwarz mit schwarz.
2. Verbinde das Kondensatormodul wie abgebildet mit der Grundeinheit. Achte auch hier auf die richtige Polarität der Anschlüsse.
3. Befestige das Fingerschutzgitter an der Windturbine.
4. Stecke anschließend den vorinstallierten Rotor mit dem optimierten Profil auf die Windturbine auf.
5. Schalte den Winderzeuger ein. Kurble für mindestens eine Minute kräftig am Handgenerator!
6. Lasse noch während du kurbelst das Kondensatormodul vorsichtig (!) von einem Mitschüler von der Schaltung trennen!
7. Entferne nun den Winderzeuger und die Windturbine von der Grundeinheit. Stecke die Hupe und den Kondensator wie rechts abgebildet auf die Grundeinheit. Verbinde beide Module mit den Kurzschlusssteckern.



Auswertung



Was beobachtest du?

Welche Eigenschaft hat also der Kondensator?

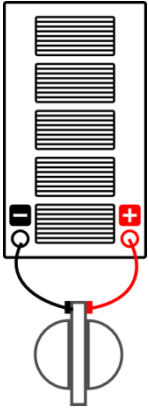


17. Was macht ein Elektrolyseur

Aufgabe

Lerne die Funktionsweise eines Elektrolyseurs kennen.

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 großes Solarmodul 2,5V
- 1 reversible Brennstoffzelle
- 1 rotes Kabel
- 1 schwarzes Kabel
- 1 Portion destilliertes Wasser

So geht`s

1. Befülle die reversible Brennstoffzelle mit destilliertem Wasser, wie auf Seite 14 beschrieben. Verbinde anschließend das Solarmodul mit zwei Kabeln mit der Brennstoffzelle. Achte auf die richtige Polarität (rot an rot und schwarz an schwarz).
2. Beleuchte nun das Solarmodul und beobachte die Wasserbehälter an der reversiblen Brennstoffzelle. Was kannst du erkennen?

3. Beschatte nun das Solarmodul mit deiner Hand. Was passiert?

4. Beleuchte das Solarmodul für etwa 10 Minuten mit direktem Sonnenlicht und trenne dann das Solarmodul von der reversiblen Brennstoffzelle. Was kannst du über die Gasmengen in den beiden Behältern sagen?



17. Was macht ein Elektrolyseur

Auswertung

5. Was macht die reversible Brennstoffzelle, wenn sie als Elektrolyseur betrieben wird? Welche Energieumwandlung findet statt?

6. Erkläre Deine Beobachtungen.

7. In der reversiblen Brennstoffzelle, betrieben als Elektrolyseur, wird Wasser (chemisches Zeichen: H_2O) in die zwei Gase Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2) zersetzt. Kannst du damit deine Beobachtung aus 4. erklären? Versuche eine Reaktionsgleichung aufzustellen.

8. Wie könntest Du nachweisen, dass sich in den Behältern wirklich Wasserstoff und Sauerstoff befinden?

9. Wie ist die gesamte Energiebilanz dieses Experiments, das bedeutet: was hast du hineingesteckt, was ist passiert, was kam heraus?

Aufgewandte Energie: _____

Umwandlung zu: _____

Gespeicherte Energie: _____

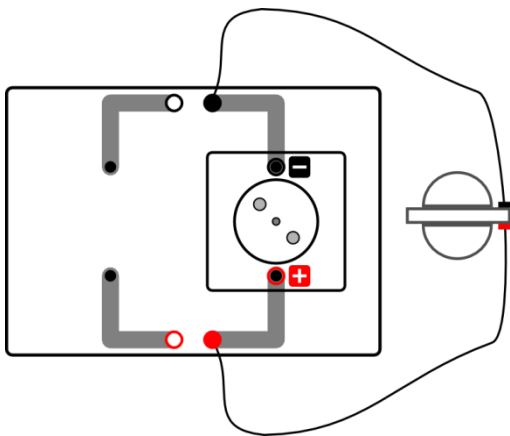


18. Die Brennstoffzelle treibt den Motor an

Aufgabe

Verbinde die Brennstoffzelle so mit dem Motormodul, dass sich die Scheibe auf dem Motor dreht.

Aufbau

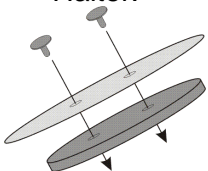


Benötigte Geräte

- 1 kleine Grundeinheit
- 1 reversible Brennstoffzelle
- 1 Motormodul
- 1 rotes Kabel
- 1 schwarzes Kabel
- 1 Portion destilliertes Wasser

So geht's

1. Baue den Versuch wie abgebildet auf. Fülle zuerst die Gasspeicher der Brennstoffzelle. Hinweise dazu findest du auf Seite 14. Alternativ kann Experiment 17 im Vorfeld durchgeführt werden.
2. Stecke das Motormodul auf die Grundeinheit. Suche dir eine Farbscheibe aus und befestige sie am Halter:



3. Stecke den Halter nun auf das Motormodul. Verbinde zuletzt mit den Kabeln, wie in der Abbildung gezeigt, das Motormodul mit der Brennstoffzelle.
4. Was passiert?

5. Was geschieht mit dem Gas in den Speicherzylindern?

6. Erkläre deine Beobachtungen!

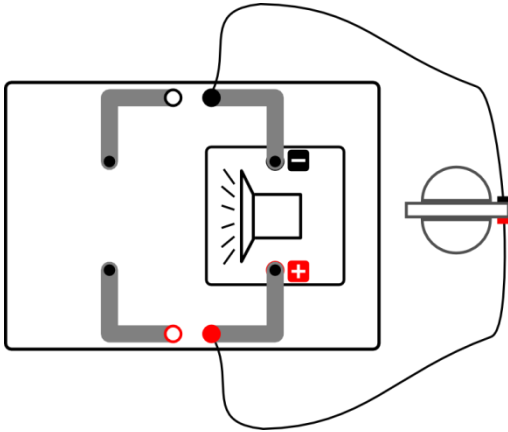


19. Die Brennstoffzelle treibt die Hupe an

Aufgabe

Verbinde die Brennstoffzelle so mit der Hupe, dass die Hupe Geräusche macht.

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 kleine Grundeinheit
- 1 reversible Brennstoffzelle
- 1 Hupenmodul
- 1 rotes Kabel
- 1 schwarzes Kabel
- 1 Portion destilliertes Wasser

So geht`s

1. Baue den Versuch wie abgebildet auf. Fülle zuerst die Gasspeicher der Brennstoffzelle. Hinweise dazu findest du auf Seite 14. Alternativ kann Experiment 17 im Vorfeld durchgeführt werden.
2. Stecke das Hupenmodul auf die Grundeinheit. Verbinde zuletzt mit den Kabeln, wie in der Abbildung gezeigt, das Hupenmodul mit der Brennstoffzelle.
3. Was passiert?

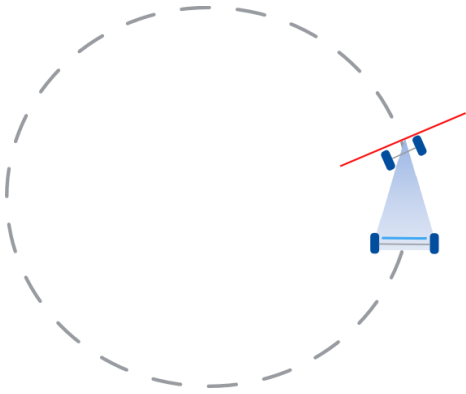
4. Was geschieht mit dem Gas in den Speicherzylindern

5. Erkläre deine Beobachtungen!



20. Energiespeicherung und Abgabe... E-Mobility

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 Elektro-Modellfahrzeug
- 1 Akku-Adapterplatte
- 1 Kondensatormodul
- 1 rotes Kabel
- 1 schwarzes Kabel
- 1 Handgenerator

Hinweis: Achte bei dem Versuch unbedingt darauf, dass das Auto nirgends anstoßen kann, da die Achsen ansonsten beschädigt werden könnten. Halte das Auto vor dem Losfahren einen kurzen Moment fest, da es sonst kippen könnte.

So geht`s

1. Lade das Kondensatormodul mit dem Handgenerator ca. 1 min auf (erst langsam, dann immer schneller).
2. Stecke anschließend den Kondensator auf den Akkuadapter des Autos und stelle die Vorderachse so ein, dass es im Kreis fahren kann.
3. Verbinde nun den Kondensator mit den Kabeln am Auto. Was beobachtest du?

4. Kannst du das erklären?

5. Welche Energieumwandlungen hast du in diesem Experiment beobachtet?

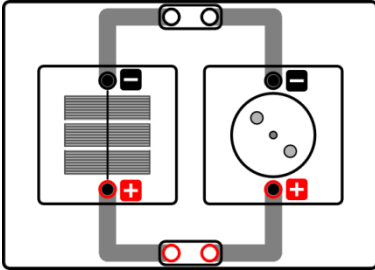




21. Energiebedarf verschiedener Verbraucher

Aufbau

Baue den Versuch so auf:



Benötigte Geräte

- 1 kleine Grundeinheit
- 1 Solarmodul 1,5V
- 1 Hupemodul
- 1 Motormodul
- 1 LED-Modul
- 1 Glühlampenmodul
- 2 Kurzschlussstecker

So geht`s

1. Bei diesem Versuch soll der Energiebedarf (oder besser Leistungsbedarf) verschiedener Verbraucher verglichen werden.
2. Führe den Versuch zunächst wie oben abgebildet mit dem Motormodul durch. Danach kannst du den Motor mit der Hupe, dem LED-Modul und der Glühlampe austauschen und den Versuch erneut durchführen.
3. Finde die Bedingungen, unter denen die folgenden Verbrauchermodule gerade noch funktionieren (Minimalbedingungen)! Probiere es also z.B. mit Zimmerlicht, das Solarmodul in Richtung eines Fensters halten, das Solarmodul ins direkte Sonnenlicht halten usw.
4. Wie ist die Rangfolge des Energiebedarfs der Verbraucher (1 für geringsten Energiebedarf bis 4 für höchsten)?

Minimalbedingungen
(z.B. Zimmerlicht, direktes Sonnenlicht, usw.)

Rangfolge
Energiebedarf

Motor

Hupe

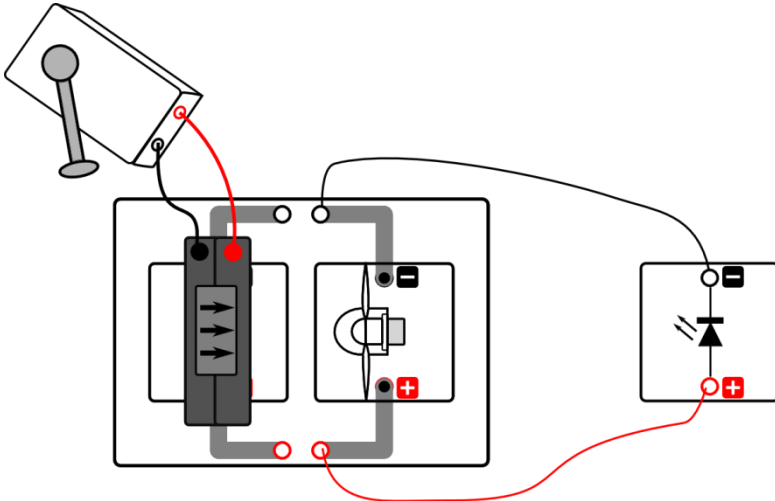
Glühlampe

LED



22. Vergleich von Glühlampe und LED

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 kleine Grundeinheit
- 1 Winderzeuger
- 1 Windturbinenmodul mit Fingerschutzgitter
- 1 installierter Dreiblatt-Rotor, (Anstellwinkel 30°, optimiertes Profil)
- 1 LED-Modul
- 1 Glühlampenmodul
- 2 schwarze Kabel
- 2 rote Kabel
- 1 Handgenerator

Achtung Verletzungsgefahr: Berühre nicht den drehenden Rotor! Nutze den Fingerschutz mit dem Windturbinenmodul.

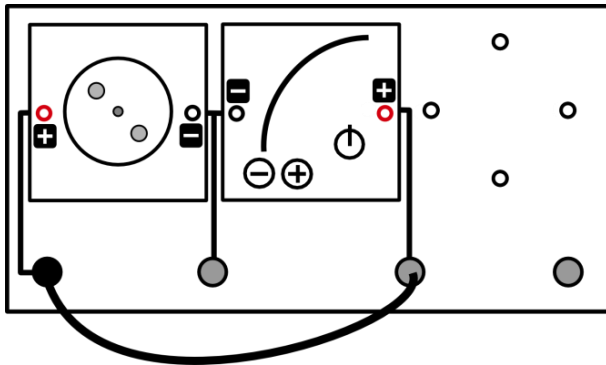
So geht`s

1. Schalte den Winderzeuger ein. Kurble kräftig am Handgenerator und warte, bis die LED leuchtet. Verringere nun die Kurbelgeschwindigkeit so lange, bis die LED gerade noch leuchtet. Merke dir gut, wie schnell du kurbeln musstest.
2. Verwende nun statt der LED eine Glühlampe. Schließe die Glühlampe jedoch zunächst noch nicht an! Kurble erst kräftig am Handgenerator bis das Windrad sich sehr schnell dreht.
3. Kurble weiter und lasse von einem anderen Schüler nun die Glühlampe anschließen. ACHTUNG: Seid vorsichtig, damit ihr nicht in das Windrad fasst!
4. Verringere nun langsam die Kurbelgeschwindigkeit, bis die Glühlampe gerade noch leuchtet. Was ist deine Beobachtung?

-
-
-
5. Welche Art der Beleuchtung ist sparsamer?
-

1. Energieformen und Verbraucher

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 PowerModul
- 1 Motormodul mit beliebiger Farbscheibe
- 1 Glühlampenmodul
- 1 LED-Modul
- 1 Hupenmodul
- 1 Kabel

Durchführung

1. Baue die Schaltung wie oben abgebildet auf und stelle 1 V auf dem PowerModul ein. Hinweise zur Handhabung des PowerModuls findest du auf Seite 10. Achte auf die richtige Polarität der Anschlüsse. Notiere deine Beobachtungen.
2. Erhöhe nun die Spannung wie in der Tabelle angegeben. Wiederhole das Experiment mit der Glühlampe, dem LED-Modul und der Hupe. Trage alle deine Beobachtungen in die Tabelle ein. Achte nicht nur auf das, was du siehst und hörst, sondern berühre auch LED und Glühlampe, wenn sie einige Zeit laufen!

Beobachtung

Spannung	Hupe	Motor	LED	Glühlampe
1 V				
2 V				
4 V				
6 V				

Auswertung

Fülle den Lückentext aus!

_____ und _____ sind Verbraucher. Sie wandeln _____, die das PowerModul liefert, in andere Energieformen um.

Hupe und Motor wandeln die elektrische Energie in _____ (Bewegungsenergie) um. Geräusche, die wir wahrnehmen, sind auch Bewegungen – Schwingung der Luft. LED und Glühlampe wandeln die elektrische Energie in _____ um, die Glühlampe zusätzlich noch in _____. Die Verbraucher „verbrauchen“ also nicht die elektrische Energie, sondern wandeln sie in andere um.

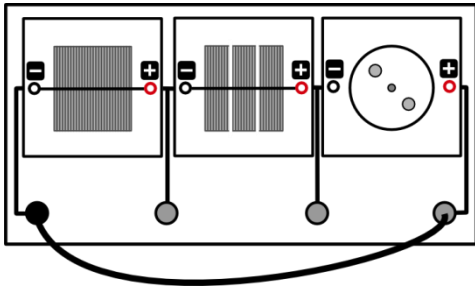


2.1 Der Grundaufbau für Farbscheibenexperimente

Aufgabe

Untersuche die optische Täuschung der Farbscheibe

Aufbau

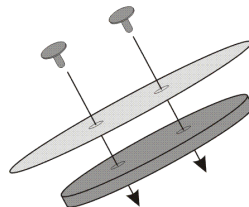


Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 Solarzelle 0,5 V
- 1 Solarmodul 1,5 V
- 1 Motormodul
- 1 Kabel

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf.
2. Auf den Motor wird nun die Rotationsscheibe gesteckt. Gehalten wird die Pappscheibe durch zwei farbige Kunststoffclips.

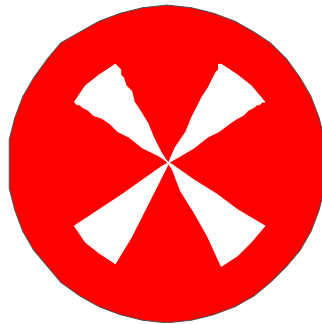


Wenn nötig, kannst du zum Lösen der Clips von der Rotationsscheibe einen Stecker zu Hilfe nehmen. Drücke den Stecker dazu vorsichtig von unten gegen den Clip.



2.2 Farbeigenschaften

Pappscheibe



Durchführung:

1. Lasse die Scheibe drehen. Halte deine Hand so darüber, dass eine Hälfte der Scheibe im Schatten liegt. Deine Ergebnisse helfen dir, Farbsysteme besser zu verstehen.
2. Farbton: Welche Farbe hat die Scheibe?
3. Helligkeit: Auf der abgeschatteten Seite wirkt die Farbe
 - heller als auf der beleuchteten Seite
 - genauso wie auf der beleuchteten Seite
 - dunkler als auf der beleuchteten Seite
4. Sättigung: In der Mitte der Scheibe ist der Farbeindruck
 - blasser als am Rand
 - genauso wie am Rand
 - kräftiger als am Rand

2.3 Die additive Farbmischung

Pappscheiben

grün-rot



rot-blau



grün-blau

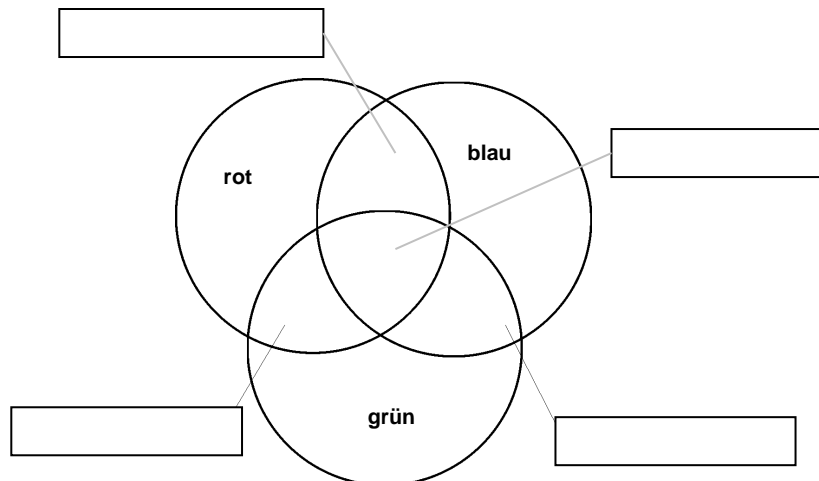


grün-rot-blau



So geht`s:

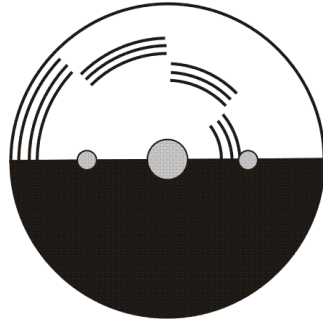
1. Die Kreisstücke der verschiedenen Scheiben haben unterschiedliche Farben, wenn die Scheibe still steht. Lasse die Farbscheiben schnell drehen, damit sich die Farben vermischen.
2. Male nun in der Zeichnung unten die einzelnen Bereiche aus. Fang mit den reinen Farben rot, grün und blau an.
3. Male danach mit Hilfe deiner Beobachtungen an den Farbscheiben die vier Mischbereiche aus.
4. Beschrifte die markierten Bereiche!





2.4 Optische Täuschungen mit der Benham-Scheibe

Pappscheibe



So geht`s:

1. Notiere deine Beobachtungen bei der abgebildeten Scheibe.



2.5 Optische Täuschungen mit der Relief-Scheibe

Pappscheibe



So geht`s:

1. Was siehst du, wenn sich die Scheibe langsam dreht? Falls du nichts siehst, weil sich die Scheibe zu schnell dreht, verschatte die Solarzellen ein wenig (bzw. schalte das Potentiometer in Reihe und erhöhe den Widerstand, wenn du ohne Solarzellen arbeitest)!

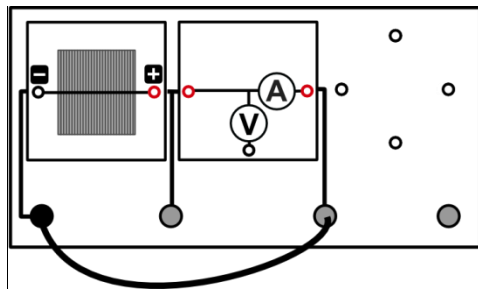


3. Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der beleuchteten Fläche

Aufgabe

Bestimme die Leistung einer Solarzelle bei unterschiedlich großer aktiver Oberfläche! Benenne den Zusammenhang zwischen der Fläche und den drei Größen Stromstärke, Spannung und Leistung.

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 Solarzelle 0,5 V
- 1 AV- Modul
- 4 Solarzellenabdeckungen (schwarze Kunststoffplättchen)
- 1 Kabel

Durchführung

1. Baue die Schaltung entsprechend dem Schaltplan auf!
2. Miss an der Solarzelle zunächst die Leerlaufspannung U_L . Nutze dazu das AV-Modul im Spannungsmodus.
3. Miss anschließend die Kurzschlussstromstärke I_K . Verwende dazu das AV-Modul im Stromstärke-Modus.
4. Wiederhole beide Messungen mit der Solarzelle, wenn sie zu 1/4, zur Hälfte, zu 3/4 und vollständig mit den Abdeckplättchen zugedeckt ist!
5. Erfasse alle Messwerte in einer Tabelle!

Auswertung

1. Berechne aus den Messwerten die jeweilige Leistung P der Solarzelle und trage deine Werte in die Tabelle ein ($P=U_L \cdot I_K$).
2. Stelle die Ergebnisse in Diagrammen dar! (x-Achse: Abdeckungsgrad (0, 1/4, 1/2, 1); y-Achse: P , I sowie U)
3. Benenne den Zusammenhang zwischen Spannung (Stromstärke, Leistung) und Fläche.
4. Erkläre das Verhalten der Leerlaufspannung und der Kurzschlussstromstärke in Abhängigkeit vom Abdeckungsgrad.

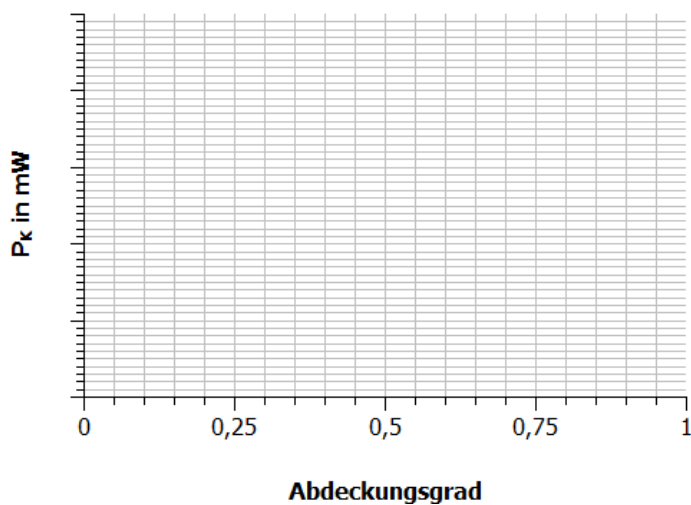
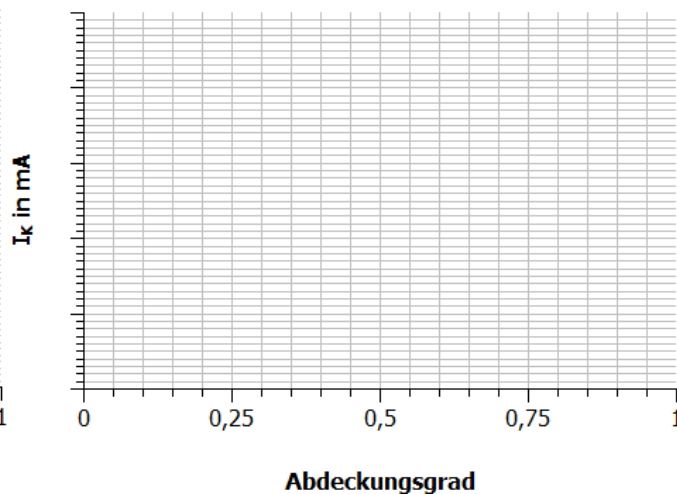
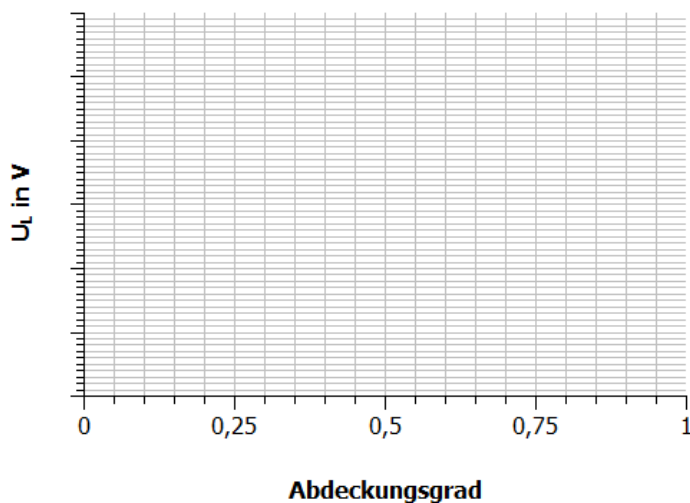


3. Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der beleuchteten Fläche

Messwerte

	Solarzelle abgedeckt zu				
	0 (ohne Abdeckung)	1/4	1/2	3/4	1 (ganz abgedeckt)
U_L (V)					
I_K (mA)					
$P = U_L \cdot I_K$ (mW)					

Diagramme



Auswertung



3. Zusammenhang zwischen...

... Spannung und Fläche:

... Stromstärke und Fläche:

... Leistung und Fläche:

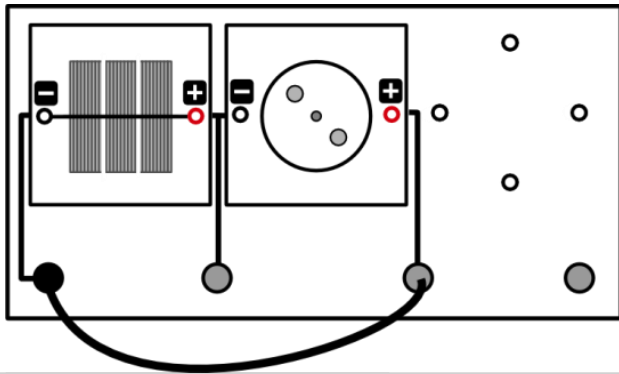
4.

4.1 Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung vom Einfallswinkel des Lichts (qualitativ)

Aufgabe

Untersuche das Verhalten des Motors in Abhängigkeit vom Einstrahlwinkel.

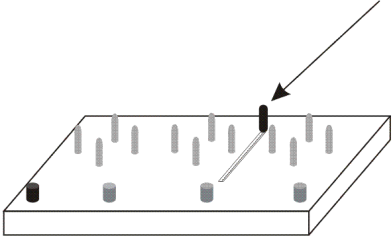
Aufbau

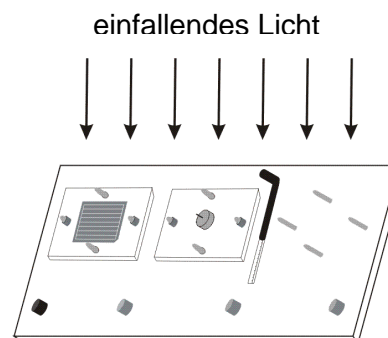
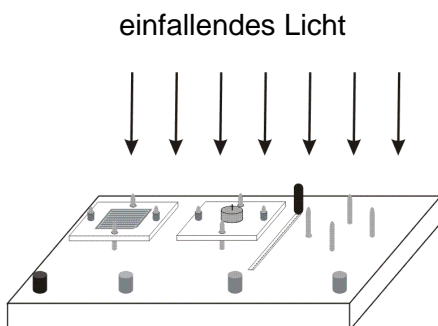


Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 Solar**modul** 1,5 V
- 1 Motormodul
- 1 Kabel

Durchführung

1. Bei diesem Versuch kommt der Schattenstab der Grundeinheit zum Einsatz. Dieser befindet sich oben rechts auf der Grundeinheit (siehe Skizze). Mit ihm kann die Neigung der Grundeinheit zur Lichtquelle gemessen werden. Dazu muss die Grundeinheit zunächst so gedreht werden, dass der Schatten, den der Schattenstab wirft, auf die Winkelskala fällt. Den aktuellen Neigungswinkel kann man dann am Ende des Schattens ablesen. Mache dich zunächst mit der Funktion des Schattenstabs vertraut!
- 
2. Baue aus Solarzelle und Motor eine Reihenschaltung auf. Halte nun die Grundeinheit mit der Vorderseite zur Lichtquelle. Dabei soll der Schattenstab keinen Schatten werfen - das Licht also senkrecht auf die Solarzelle fallen (linke Skizze). Verkippe nun die Grundeinheit, sodass sie nicht mehr direkt in Richtung der Lichtquelle zeigt. Dabei wird vom Schattenstab ein Schatten geworfen (rechte Skizze). (Hinweis: Für mehr Übersichtlichkeit ist das nötige Verbindungskabel zum Schließen des Stromkreises sowie die Drehscheibe auf dem Motor in den Skizzen nicht mitgezeichnet!)





4.1 Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung vom Einfallswinkel des Lichts (qualitativ)

Auswertung

1. Notiere deine Beobachtungen beim Kippen des Aufbaus. Formuliere eine Abhängigkeit zwischen Einfallswinkel des Lichts und Drehgeschwindigkeit des Motors.

2. Ziehe Schlussfolgerungen über die Leistung der Solarzelle und für den Betrieb realer Solaranlagen.

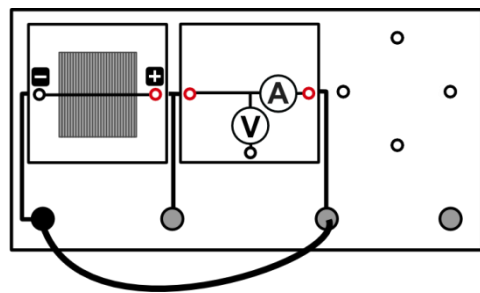


4.2 Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung vom Einfallswinkel des Lichts (quantitativ)

Aufgabe

Ermittle die Solarzellenleistung in Abhängigkeit vom Einfallswinkel des Lichtes.

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 Solarzelle, 0,5 V
- 1 AV-Modul
- 1 Kabel

Durchführung

1. Halte die Grundeinheit mit dem Solarmodul in Richtung Sonne (oder Hauptlichtquelle im Zimmer), und finde eine Position, die einen scharf umrissenen Schatten des Schattenstabes entstehen lässt!
2. Richte die Grundeinheit so zu der Hauptlichtquelle aus, dass der Einfallswinkel α zwischen Grundplatte und einfallendem Licht $\alpha = 0^\circ$ beträgt, d.h. der Schattenstab keinen Schatten wirft!
3. Miss an der Solarzelle zunächst die Leerlaufspannung U_L . Nutze dazu das AV-Modul im Spannungsmodus.
4. Miss anschließend die Kurzschlussstromstärke I_K . Verwende dazu das AV-Modul im Stromstärke-Modus.
5. Verändere den Winkel α der Grundeinheit zum einfallenden Licht (siehe Tabelle) und wiederhole deine Messungen. Erfasse alle Messwerte in einer Tabelle! Achte hierbei darauf, dass sich der Abstand zwischen Lichtquelle und Grundeinheit nicht ändert.

Auswertung

1. Berechne für alle Messpunkte den Kosinus des Einfallswinkels und die fiktive Leistung aus Kurzschlussstromstärke und Leerlaufspannung ($P = I_K \cdot U_L$). Trage deine Werte in die Tabelle ein.
2. Zeichne das $P - \cos \alpha$ und das $I_K - \cos \alpha$ - Diagramm!
3. Beschreibe die Abhängigkeit der Stromstärke bzw. der Leistung vom Einfallswinkel
4. Erkläre diese Abhängigkeit geometrisch unter der Voraussetzung $I \sim A$, dass also der Strom proportional mit der Fläche anwächst wie in Experiment 3 gesehen!

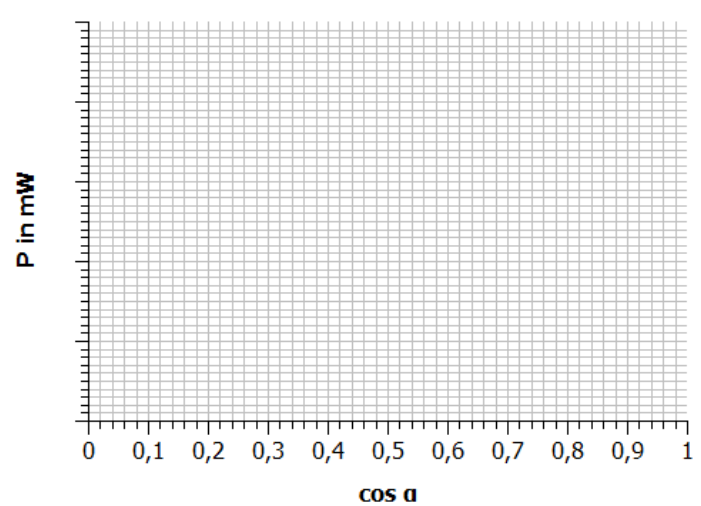
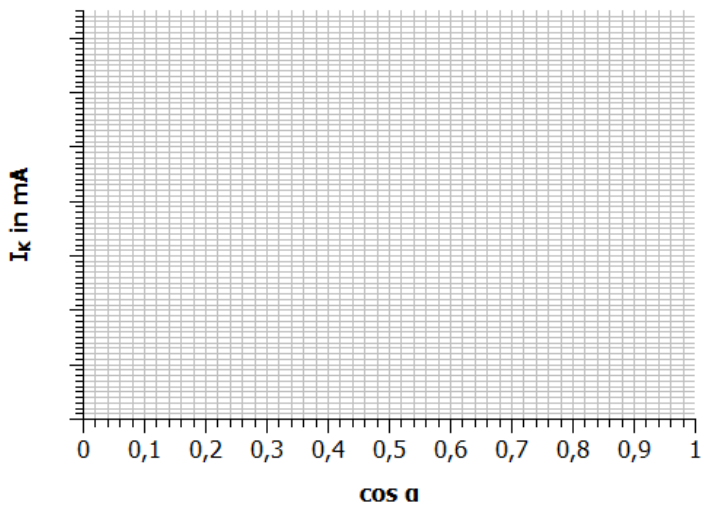


4.2 Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung vom Einfallswinkel des Lichts (quantitativ)

Messwerte

α	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	75°	90°
U_L (V)										
I_K (mA)										
zu berechnende Werte										
$\cos \alpha$										
$P = U_L \cdot I_K$ (mW)										

Diagramme



Auswertung

3.

4.



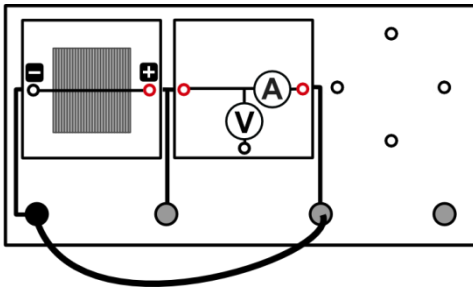
5. Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Beleuchtungsstärke

Aufgabe

Bestimme die Leistung einer Solarzelle bei unterschiedlich starker Beleuchtung!

Aufbau

Benötigte Geräte



- 1 große Grundeinheit
- 1 Beleuchtungsmodul
- 1 Solarzelle 0,5 V
- 1 AV-Modul
- 1 PowerModul
- 3 Kabel

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf.
2. Verbinde das Beleuchtungsmodul mit dem PowerModul, stelle es auf die Solarzelle und schalte es bei einer Spannung von 9V ein. Achte darauf, dass genau eine Lampe im Beleuchtungsmodul brennt. Die anderen Lampen können durch ein bis zwei Umdrehungen (nach links) zum Erlöschen gebracht werden.
3. Miss an der Solarzelle zunächst die Leerlaufspannung U_L . Nutze dazu das AV-Modul im Spannungsmodus.
4. Miss anschließend die Kurzschlussstromstärke I_K . Verwende dazu das AV-Modul im Stromstärke-Modus.
5. Wiederhole die Messungen (U_L und I_K) mit jeweils 2, 3 und 4 leuchtenden Lampen im Beleuchtungsmodul! Erfasse alle Messwerte in einer Tabelle!

Auswertung

1. Errechne die fiktive Leistung aus Kurzschlussstromstärke I_K und Leerlaufspannung U_L ($P = I_K \cdot U_L$) für jede Lampenanzahl und trage deine Werte in die Tabelle ein.
2. Zeichne das n - P -Diagramm (n ...Anzahl der Lampen)!
3. Benenne den Zusammenhang zwischen Modulleistung und Beleuchtungsstärke (Die Beleuchtungsstärke ist direkt proportional zur Anzahl der Lampen).

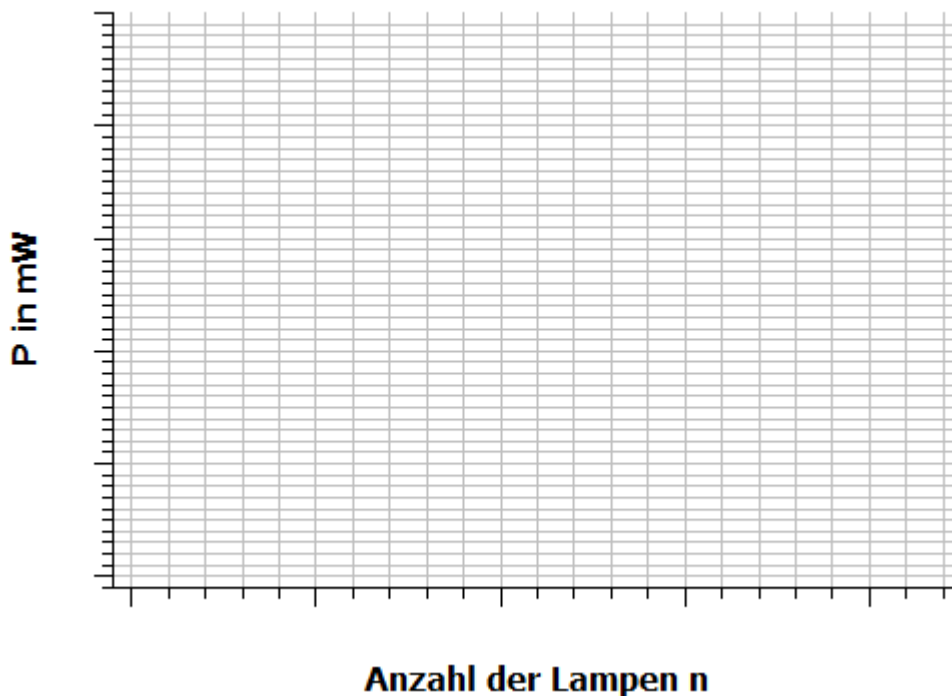


5. Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Beleuchtungsstärke

Messwerte

	Beleuchtung mit				
	0 Lampen	1 Lampe	2 Lampen	3 Lampen	4 Lampen
U_L (V)					
I_K (mA)					
$P=U_L \cdot I_K$ (mW)					

Diagramm



Auswertung

Je höher die Beleuchtungsstärke, desto _____ ist die Leistung.

Der Zusammenhang zwischen Beleuchtungsstärke und Leistung ist _____.

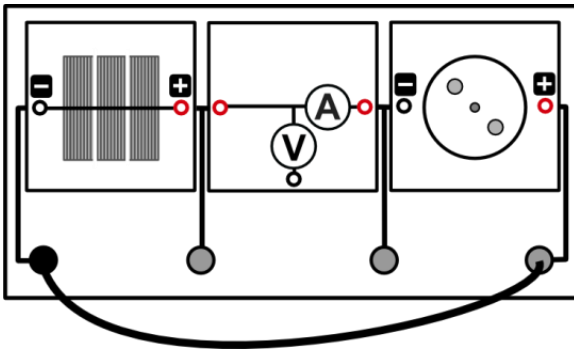


6.1 Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Last

Aufgabe

Bestimme die Leistung eines Solarmoduls bei unterschiedlichen Verbrauchern.

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 Solarmodul 1,5 V
- 1 AV-Modul
- 1 Hupe
- 1 Motormodul
- 1 LED-Modul
- 1 Glühlampenmodul
- 1 PowerModul
- 1 Beleuchtungsmodul
- 3 Kabel

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf. Verbinde das Powermodul durch Kabel mit dem Beleuchtungsmodul und stelle eine Spannung von 9V ein. Stelle das Beleuchtungsmodul auf das Solarmodul.
2. Miss am Solarmodul die Spannung U und die Stromstärke I . Nutze dazu das AV-Modul im Spannungs-Stromstärkemodus.
3. Entferne den Motor und wiederhole die Messung mit dem Hupe

Auswertung

1. Berechne die Leistung des Solarmoduls P ($P=U \cdot I$) und den Widerstand des Verbrauchers R ($R=U/I$) für alle Verbraucher und trage deine Werte in die Tabelle ein.
2. Vergleiche die Leistung der Solarzelle bei den verschiedenen Verbrauchern. Ziehe Rückschlüsse zwischen Widerstand und Leistung.

Messwerte

	Motormodul	Hupe	LED	Glühlampe
U (V)				
I (mA)				
P (mW)				
R (Ω)				

Auswertung

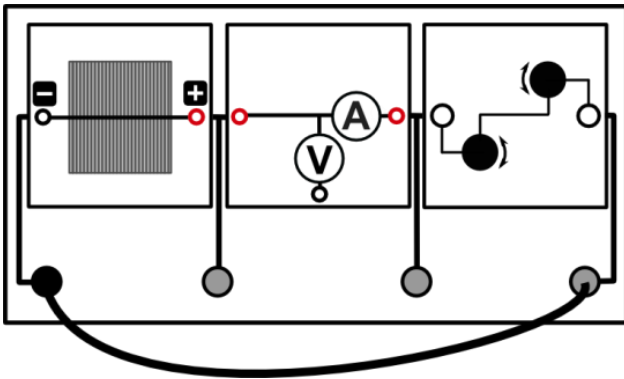


6.2 Die U-I-Kennlinie und der Füllfaktor einer Solarzelle

Aufgabe

Nimm die *U-I*-Kennlinie der Solarzelle auf!

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 Solarzelle 0,5 V
- 1 AV-Modul
- 1 Potentiometermodul
- 1 Beleuchtungsmodul
- 1 PowerModul
- 3 Kabel

Durchführung

1. Baue den Versuch wie vorgegeben auf. Schließe das Beleuchtungsmodul an das PowerModul an (5V) und stelle es auf die Solarzelle. Achte darauf, dass alle vier Glühlampen leuchten! Stelle den höchsten Widerstand am Potentiometer ein.
2. Gib dir sinnvolle Werte für die Spannung U vor und miss für diese jeweils die Stromstärke I ! Verringere dazu zunächst den $1\text{k}\Omega$ -Widerstand, danach den 100Ω -Widerstand! Verwende das AV-Modul zum Messen im Stromstärke-Spannungsmodus.
3. Miss ohne Potentiometer ebenfalls die Leerlaufspannung und Kurzschlussstromstärke der Solarzelle. Nutze dazu das AV-Modul im Spannungs-Modus, beziehungsweise Stromstärke-Modus.
4. Erfasse alle Messwerte (jeweils Stromstärke und Spannung) in einer Tabelle.

Auswertung

1. Zeichne das *U-I*-Diagramm der Solarzelle!
2. Berechne zu jedem Messpunkt die jeweilige Leistung P der Solarzelle und trage deine Werte in die Tabelle ein ($P=U \cdot I$). Zeichne in das *U-I*-Diagramm zusätzlich die *U-P*-Kennlinie (P -Achse rechts).
3. Beschreibe den Verlauf beider Kurven.
4. Zeichne in dein Diagramm die *U-I*-Kennlinie eines 10Ω - und 100Ω -Widerstands. Erläutere die Bedeutung der Schnittpunkte der Solarzelle-Kennlinie mit den jeweiligen Widerstandskennlinien
5. Ziehe Schlussfolgerungen bezüglich der Leistung einer Solarzelle. Der Füllfaktor (FF) ist der Quotient aus dem Produkt der Spannung U_{MPP} und Stromstärke I_{MPP} bei maximaler Leistung und dem Produkt der Leerlaufspannung U_L und der Kurzschlussstromstärke I_K . Berechne den Füllfaktor FF .

$$FF = \frac{U_{MPP} \cdot I_{MPP}}{U_L \cdot I_K}$$

Auswertung



6.2 Die U-I-Kennlinie und der Füllfaktor einer Solarzelle

6. Berechne näherungsweise den Wirkungsgrad der Solarzelle, wenn diese am MPP arbeitet. Hinweis: Die Kurzschlussstromstärke $I_{K,1000}$ der Solarzelle beträgt bei einer Bestrahlungsleistung von $1000 \frac{W}{m^2}$ etwa 840 mA.

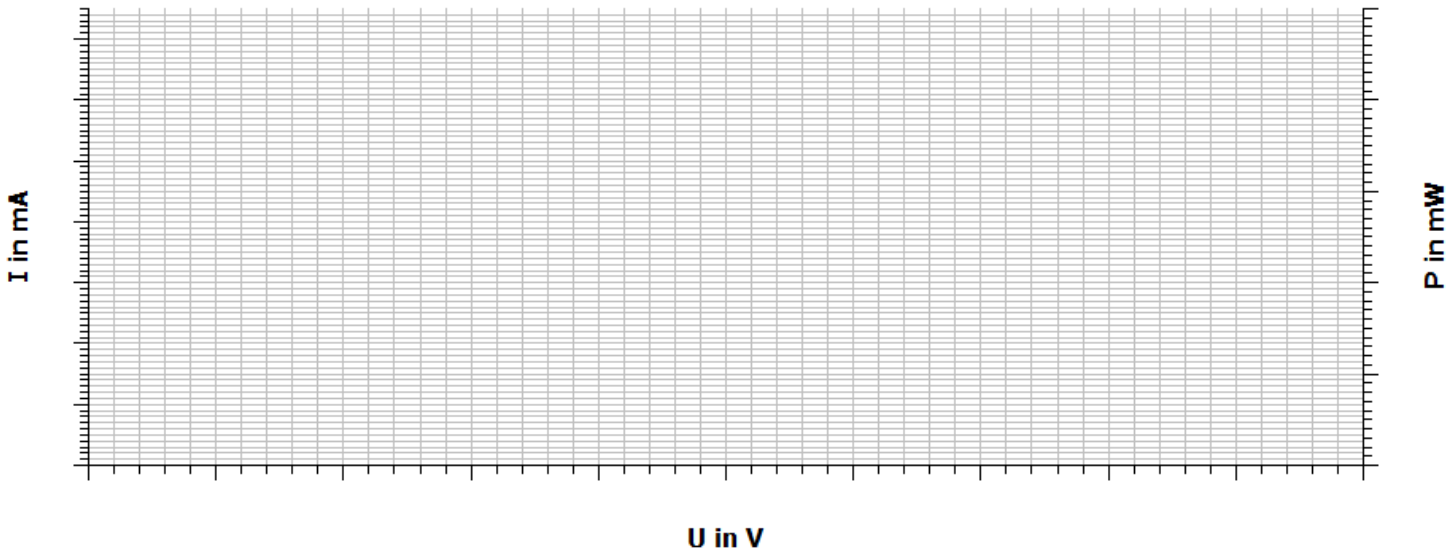
$$\eta = \frac{P_{MPP}}{P_{in}}$$

$$P_{in} = \frac{P_{in,1000} \cdot I_{K,exp}}{I_{K,1000}} \cdot A_{Solarzelle}$$

Messwerte

U (V)										
I (mA)										
P=U·I (mW)										

Diagramm



Auswertung

3.

Auswertung



6.2 Die U-I-Kennlinie und der Füllfaktor einer Solarzelle

4.

5.

6.

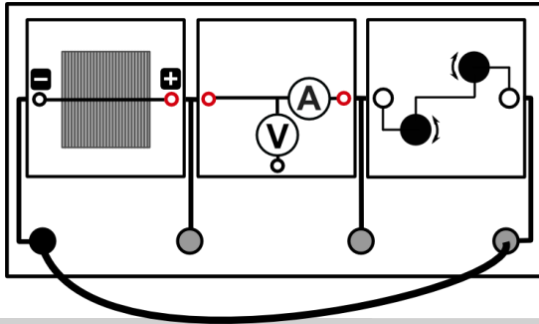


6.3 Die U-I-Kennlinie einer Solarzelle in Abhängigkeit von der

Aufgabe

Nimm die *U-I*-Kennlinie der Solarzelle bei verschiedenen Beleuchtungsstärken auf!

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 Solarzelle 0,5 V
- 1 AV-Modul
- 1 Potentiometermodul
- 1 Beleuchtungsmodul
- 1 PowerModul
- 3 Kabel

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanleitung auf. Schließe das Beleuchtungsmodul an das PowerModul an (5V) und stelle es auf die Solarzelle. Achte darauf, dass zunächst nur 1 Glühlampe leuchtet.
2. Stelle zunächst den größtmöglichen Widerstand auf dem Potentiometermodul ein.
3. Gib dir sinnvolle Werte für die Spannung U vor und miss für diese jeweils die Stromstärke I ! Verringere dazu zunächst den $1k\Omega$ -Widerstand, danach den 100Ω -Widerstand! Verwende das AV-Modul zum Messen im Stromstärke-Spannungsmodus.
4. Miss ohne Potentiometer ebenfalls die Leerlaufspannung und Kurzschlussstromstärke der Solarzelle. Nutze dazu das AV-Modul im Spannungs-Modus, beziehungsweise Stromstärke-Modus.
5. Erfasse alle Messwerte (jeweils Stromstärke und Spannung) in einer Tabelle.
6. Wiederhole die Messung für jeweils 2, 3 und 4 leuchtende Lampen im Beleuchtungsmodul.

Messwerte

Mit einer Glühlampe:

U (V)										
I (mA)										
$P=U \cdot I$ (mW)										

Mit zwei Glühlampen:

U (V)										
I (mA)										
$P=U \cdot I$ (mW)										



6.3 Die U-I-Kennlinie einer Solarzelle in Abhängigkeit von der

Messwerte

Mit drei Glühlampen:

U (V)										
I (mA)										
$P=U \cdot I$ (mW)										

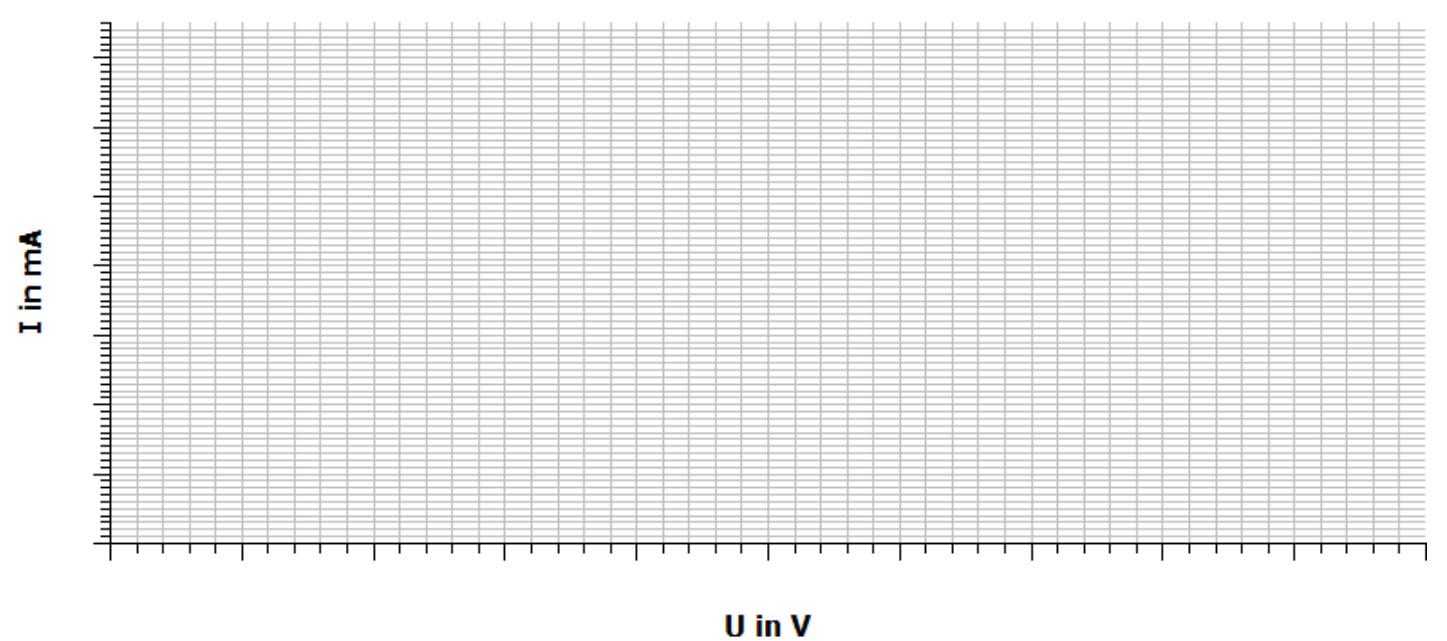
Mit vier Glühlampen:

U (V)										
I (mA)										
$P=U \cdot I$ (mW)										

Auswertung

1. Zeichne das U - I -Diagramm der Solarzelle für alle 4 Beleuchtungsvarianten.
2. Berechne zu jedem Messpunkt die jeweilige Leistung der Solarzelle und trage deine Werte in die Tabelle ein.
3. Zeichne in ein weiteres Diagramm die U - P -Kennlinien für alle 4 Beleuchtungsvarianten.
4. Vergleiche die U - I -Kennlinien untereinander und erkläre die unterschiedlichen Kurven.
5. Vergleiche die Lage des Punktes maximaler Leistung (Maximum Power Point - MPP) für die unterschiedlichen Beleuchtungsstärken.

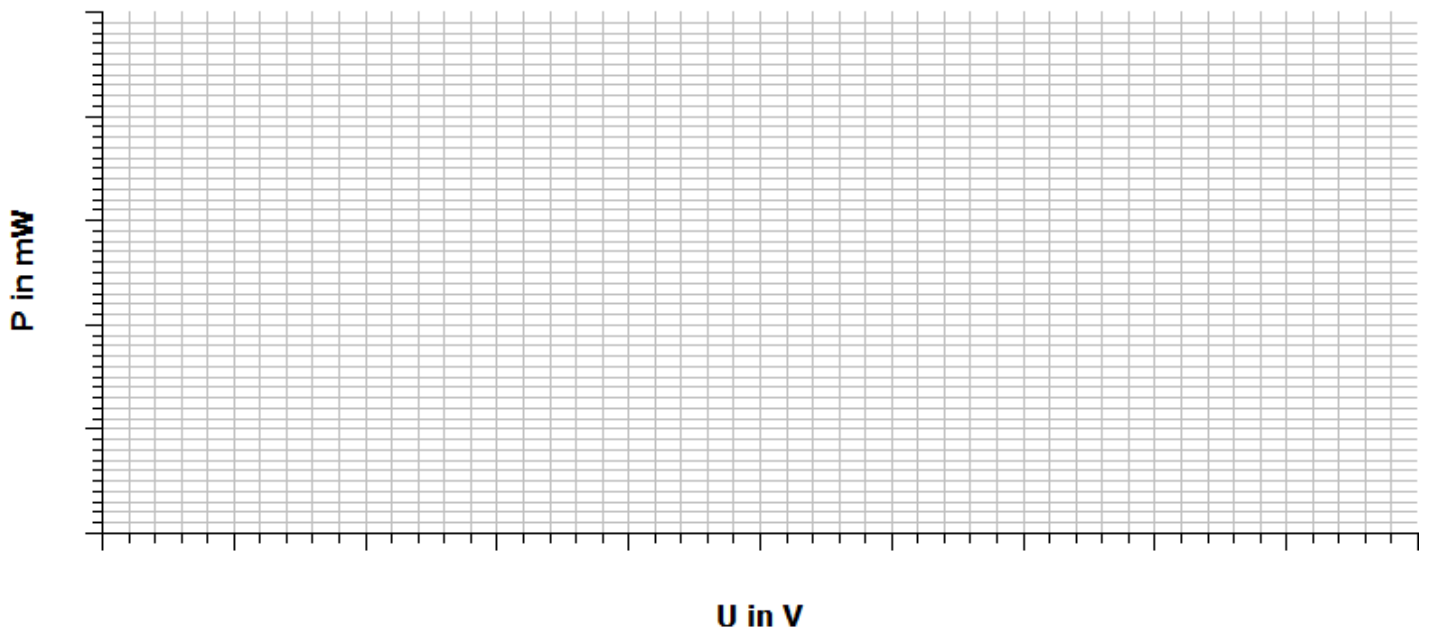
Diagramme





6.3 Die U-I-Kennlinie einer Solarzelle in Abhängigkeit von der

Diagramme



Auswertung

4.

5.

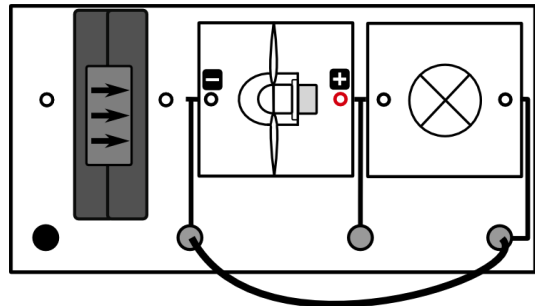


7.1 Einfluss der Windgeschwindigkeit auf eine Windturbine (qualitativ)

Aufgabe

Untersuche die Helligkeit einer Glühlampe, die durch eine Windturbine betrieben wird.

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 Winderzeuger mit PowerModul
- 1 Windturbinenmodul
- 1 Dreiblatt-Rotor (Anstellwinkel 30°, optimiertes Profil)
- 1 Glühlampenmodul
- 3 Kabel

Achtung Verletzungsgefahr: Berühre nicht den drehenden Rotor! Benutze den Fingerschutz für das Windturbinenmodul.

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf. Verbinde das Powermodul mit dem Winderzeuger und schalte beide Module ein. Achte auf die Polarität der Anschlüsse (rot an rot, schwarz an schwarz).
2. Erhöhe die Spannung am Winderzeuger mithilfe des PowerModuls. Beginne bei 4V.
3. Beobachte, wie sich die Helligkeit der Glühlampe verändert, wenn du die Spannung am Winderzeuger änderst und trage deine Beobachtungen in die Tabelle ein.

Auswertung

Spannung am Winderzeuger (V)	Die Glühlampe leuchtet...		
	hell	schwach	gar nicht
4			
6			
8			
10			
12			

Vervollständige nun den angegebenen Text:

Bei größerer Spannung am Winderzeuger ist die Windgeschwindigkeit _____. Je _____ die Windgeschwindigkeit ist, desto heller leuchtet auch die Glühlampe.

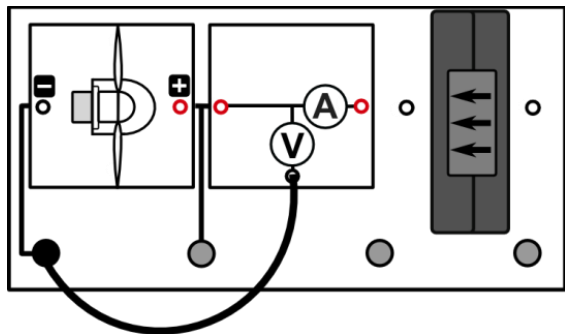


7.2 Einfluss der Windgeschwindigkeit auf eine Windturbine (quantitativ)

Aufgabe

Untersuche die Spannung am Generator, wenn die Windgeschwindigkeit am Winderzeuger verändert wird.

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 Winderzeuger mit PowerModul
- 1 Windturbinenmodul
- 1 Dreiblatt-Rotor (Anstellwinkel 30°, optimiertes Profil)
- 1 AV-Modul
- 3 Kabel

Achtung Verletzungsgefahr: Berühre nicht den drehenden Rotor! Benutze den Fingerschutz für das Windturbinenmodul.

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf. Verbinde das Powermodul mit dem Winderzeuger und schalte beide Module ein. Achte auf die Polarität der Anschlüsse (rot an rot, schwarz an schwarz).
2. Verändere die Windgeschwindigkeit durch Variation der Spannung des PowerModuls U_{Pow} am Winderzeuger. Notiere deine Beobachtungen.
3. Miss nun die Spannung an der Windturbine U_{gen} jeweils für verschiedene Windgeschwindigkeiten (siehe Tabelle) und trage deine Werte in die Tabelle ein. Verwende das AV-Modul im Spannungsmodus.

Beobachtung

Messwerte

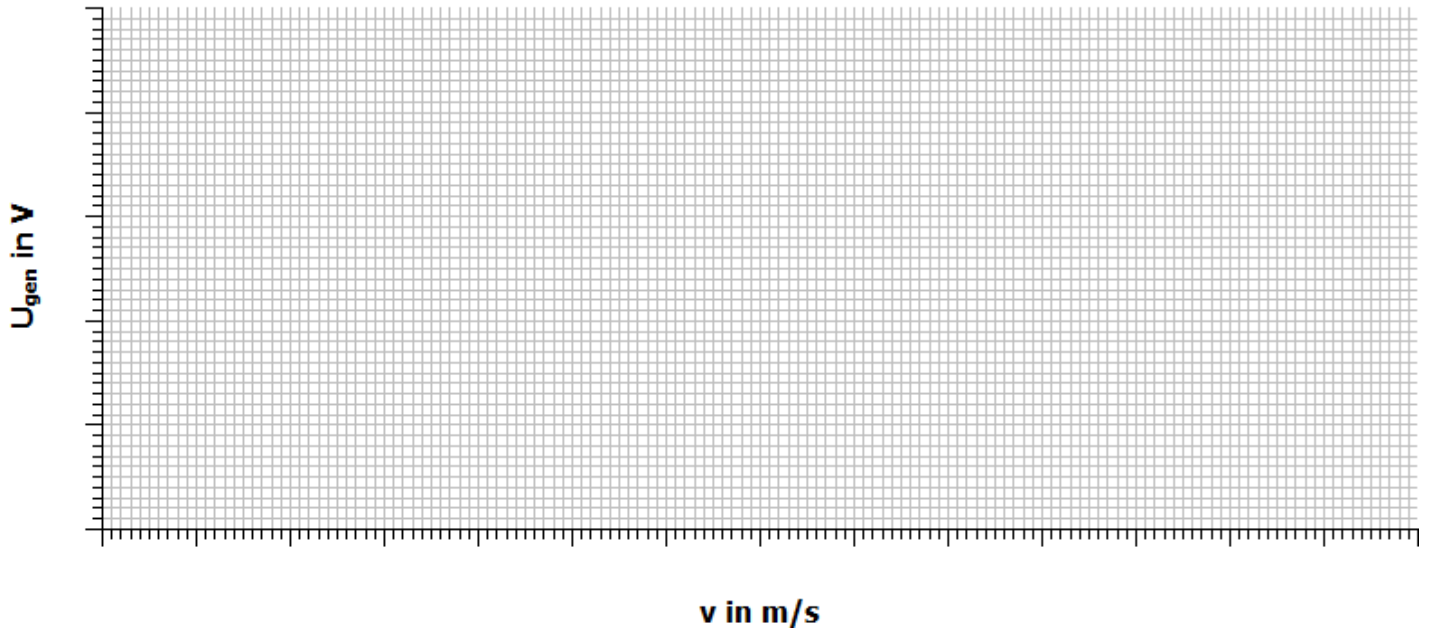
U_{Pow} (V)	12	11	10	9	8	7	6	5
v (m/s)	6,6	6,2	5,7	5,2	4,6	4,0	3,4	2,7
U_{gen} (V)								

Auswertung



1. Trage deine Werte in das vorgegebene Diagramm ein.
2. Beschreibe den Zusammenhang zwischen der Windgeschwindigkeit und der Spannung U_{gen} an der Windturbine.

Diagramm



Auswertung

2.

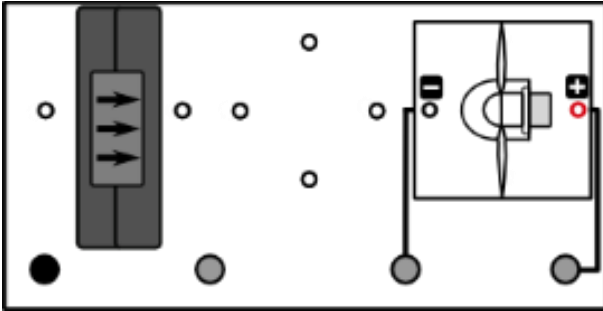


8. Anlaufgeschwindigkeit an einer Windkraftanlage

Aufgabe

Untersuche, wie groß die Windgeschwindigkeit sein muss, damit die Windkraftanlage starten kann.

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 Winderzeuger mit PowerModul
- 1 Windturbinenmodul
- 1 Dreiblatt-Rotor (Anstellwinkel 30°, optimiertes Profil)
- 2 Kabel

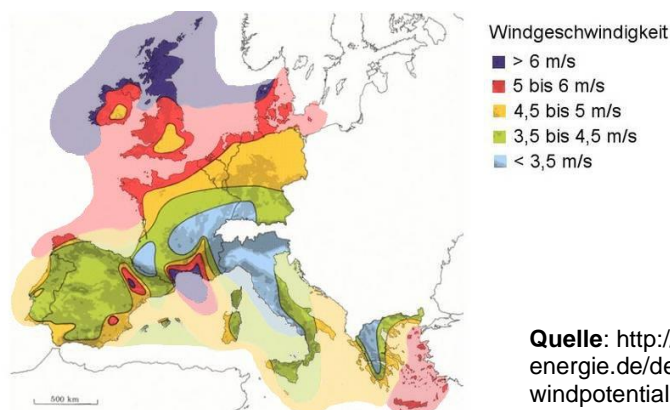
Achtung Verletzungsgefahr: Berühre nicht den drehenden Rotor! Benutze den Fingerschutz.

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf. Verbinde das Powermodul mit dem Winderzeuger und schalte beide Module ein. Achte auf die Polarität der Anschlüsse (rot an rot, schwarz an schwarz).
2. Stelle verschiedene Spannungen U am PowerModul ein und beobachte die Windkraftanlage.
3. Ermittle die Startgeschwindigkeit der Windkraftanlage. Entnimm den Wert dem folgenden Diagramm (die Spannung U gibt die Spannung am PowerModul an).

Auswertung

1. Ziehe aus deinen Erkenntnissen Schlussfolgerungen für den Betrieb realer Windkraftanlagen.
2. Informiere dich über die Startgeschwindigkeiten realer Windkraftanlagen und vergleiche diese mit deinen ermittelten Werten. Erkläre die Unterschiede.
3. In der angegebenen Karte sind durchschnittliche Windgeschwindigkeiten in Westeuropa dargestellt. Begründe anhand dieser Darstellung, in welchen Gebieten Windkraftanlagen effizient und in welchen Gebieten sie nicht effizient eingesetzt werden können.



Messwerte

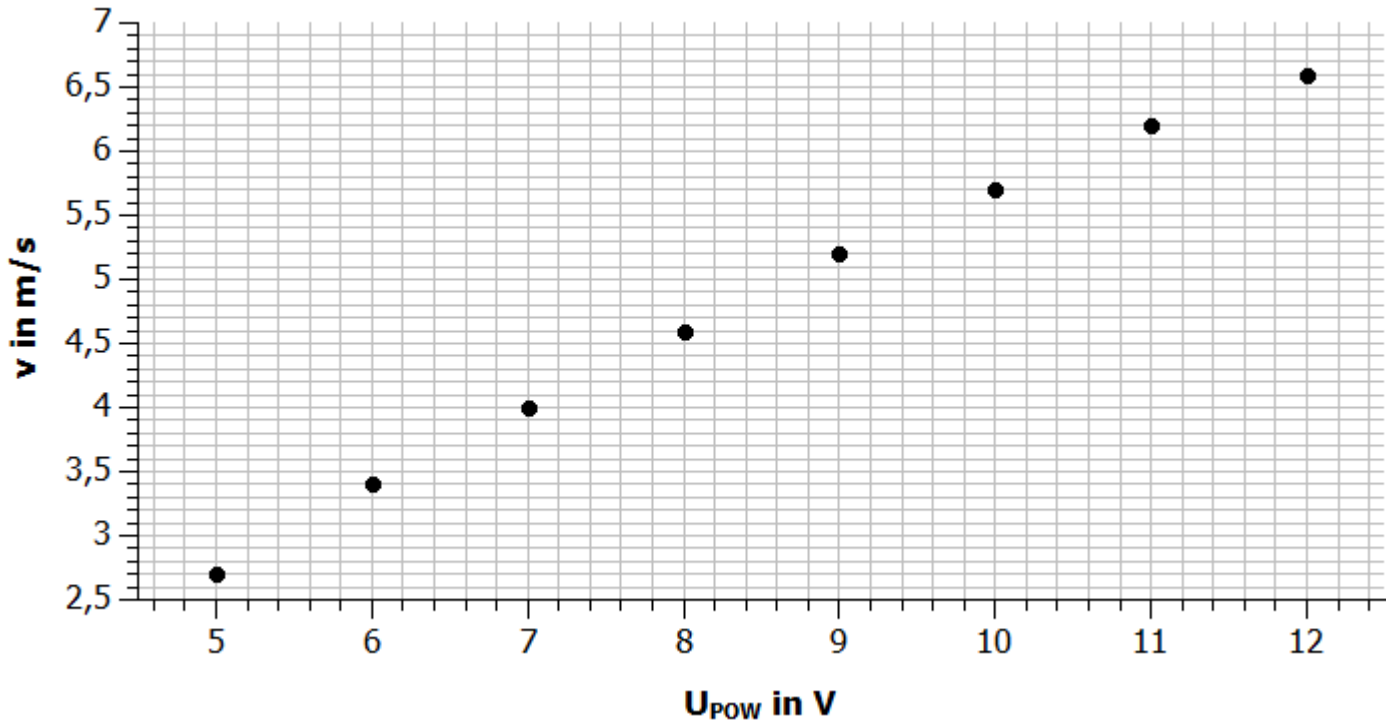


8. Anlaufgeschwindigkeit an einer Windkraftanlage

PowerModul-Spannung bei der die Windkraftanlage startet:

Anlaufwindgeschwindigkeit:

Diagramm



Auswertung

1.

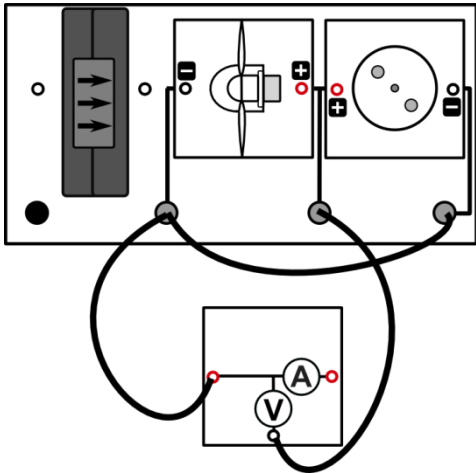


9.1 Veränderung der Generatorspannung durch Zuschalten eines

Aufgabe

Untersuche, wie sich die erzeugte Generatorspannung ändert, wenn an den Generator ein Verbraucher (Widerstand) angeschlossen wird.

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 Winderzeugermodul mit PowerModul
- 1 Windturbinenmodul
- 1 Dreiblatt-Rotor (Anstellwinkel 30°, optimiertes Profil)
- 1 Motormodul
- 1 AV-Modul
- 5 Kabel

Achtung Verletzungsgefahr: Berühre nicht den drehenden Rotor! Benutze den Fingerschutz für das Windturbinenmodul.

Durchführung

1. Baue den Versuchsaufbau vorerst ohne das Motormodul auf. Verbinde das Powermodul mit dem Winderzeuger. Achte auf die Polarität der Anschlüsse (rot an rot, schwarz an schwarz).
2. Stelle am PowerModul eine Spannung von 12V ein und starte den Winderzeuger. Miss die Generatorspannung an der Windturbine ohne angeschlossenen Motor (U_{Leerlauf}). Verwende das AV-Modul im Spannungsmodus.
3. Stecke nun den Motor wie abgebildet an den vorgesehenen Steckplatz und notiere deine Beobachtung. Miss anschließend die Spannung, die mit geschlossenem Motor (U_{Last}) entsteht.

Beobachtungen

Auswertung

1. Berechne die Differenz zwischen der Leerlaufspannung und der Spannung unter Last durch Anschluss des Motors.
2. Erkläre, warum sich die Spannung einer Wechselspannungsquelle (hier ein Generator) ändert, wenn an diese ein Verbraucher angeschlossen wird.

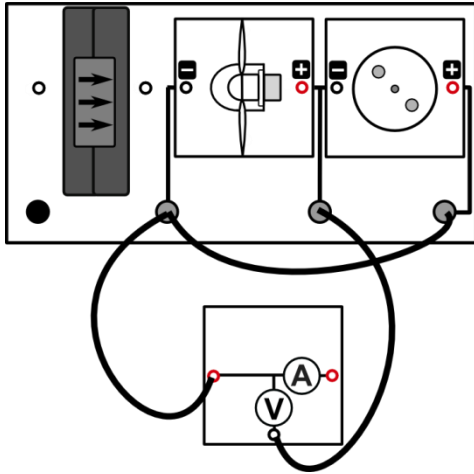


9.2 Veränderung der Generatorspannung durch Zuschalten verschiedener Verbraucher

Aufgabe

Untersuche, wie sich die erzeugte Spannung ändert, wenn an den Generator verschiedenartige Verbraucher angeschlossen werden.

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 Winderzeugermodul mit PowerModul
- 1 Windturbinenmodul
- 1 Dreiblatt-Rotor (Anstellwinkel 30°, optimiertes Profil)
- 1 Hupenmodul
- 1 LED-Modul
- 1 Motormodul (mit Drehscheibe)
- 1 Glühlampenmodul
- 5 Kabel
- 1 AV-Modul

Achtung Verletzungsgefahr: Berühre nicht den drehenden Rotor! Benutze den Fingerschutz für das Windturbinenmodul.

Durchführung

1. Baue den Versuchsaufbau vorerst ohne eines der Verbrauchermodule auf. Verbinde das Powermodul mit dem Winderzeuger. Achte auf die Polarität der Anschlüsse (rot an rot, schwarz an schwarz).
2. Stelle am PowerModul eine Spannung von 12V ein und starte den Winderzeuger.
3. Miss die Generatorspannung an der Windturbine, wenn kein Modul angeschlossen ist (U_{Leerlauf}). Verwende das AV-Modul im Spannungsmodus.
4. Stecke nun nacheinander Hupe, Motor, LED und Glühlampe an den vorgesehenen Steckplatz, notiere deine Beobachtungen und die jeweilige Spannung, die am Generator erzeugt wird. Achte bei der Hupe und der LED auf die richtige Polarität zwischen Windturbine und Gerät (plus an plus, minus an minus).

Beobachtungen

Auswertung

1. Berechne die Spannungsdifferenz für die einzelnen Geräte
2. Benenne die Bauteile, die zur größten bzw. kleinsten Änderung der Spannung am Generator führen.
3. Erkläre das beobachtete Verhalten der Spannungen.
4. Ziehe aus den Messergebnissen Schlussfolgerungen für die Widerstände der einzelnen Geräte. Vergleiche sie untereinander ($>$, $<$, $=$).



9.2 Veränderung der Generatorspannung durch Zuschalten verschiedener Verbraucher

Messwerte

$U_{\text{Leerlauf}} =$

$U_{\text{Motor}} =$

$U_{\text{Hupe}} =$

$U_{\text{Glühlampe}} =$

$U_{\text{LED}} =$

Auswertung

1.

2.

3.

4.

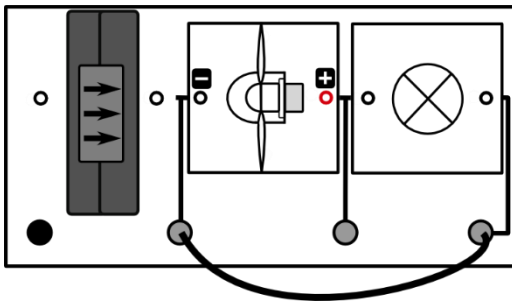


10.1 Vergleich von Zwei-, Drei und Vierblatt-Rotoren (qualitativ)

Aufgabe

Untersuche die Helligkeit einer Glühlampe, wenn diese durch einen Windgenerator mit zwei, drei oder vier Rotorblättern betrieben wird.

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 Winderzeugermodul mit PowerModul
- 1 Windturbinenmodul
- 1 Rotor mit zwei, drei und vier Rotorblättern (Anstellwinkel 25°, optimiertes Profil)
- 1 Glühlampenmodul
- 3 Kabel

Achtung Verletzungsgefahr: Berühre nicht den drehenden Rotor! Benutze den Fingerschutz für das Windturbinenmodul.

Durchführung

1. Baue den Versuch nach obiger Anordnung auf. Verbinde das Powermodul mit dem Winderzeuger. Achte auf die Polarität der Anschlüsse (rot an rot, schwarz an schwarz).
2. Setze den Zweiblatt-Rotor an das Windturbinenmodul und schalte den Winderzeuger bei einer PowerModul-Spannung von 7,5V ein. Beobachte die Glühlampe. Verwende für den Zweiblatt-Rotor die Vierblatt-Nabe.
3. Wechsle nun die Rotorflügel und stecke nacheinander den Drei- und den Vierblatt-Rotor an das Windturbinenmodul und beobachte ebenfalls die Glühlampe. Verwende die Dreiblatt-Nabe für den Dreiblatt-Rotor.
4. Notiere deine Beobachtungen und setze dazu in die jeweiligen Felder der Tabelle ein Kreuz.

Beobachtung

Die Glühlampe leuchtet...

	hell	schwach	gar nicht
2 Blätter			
3 Blätter			
4 Blätter			

Auswertung

1. Beschreibe, wie sich die Helligkeit der Glühlampe verändert, wenn sie durch Rotoren unterschiedlicher Flügelzahl betrieben wird.

Zusatz: In Deutschland kommen für Windkraftanlagen hauptsächlich Dreiblatt-Rotoren zum Einsatz. Versuche, eine mögliche Erklärung zu finden



10.1 Vergleich von Zwei-, Drei und Vierblatt-Rotoren (qualitativ)

Auswertung

1.

Zusatz:

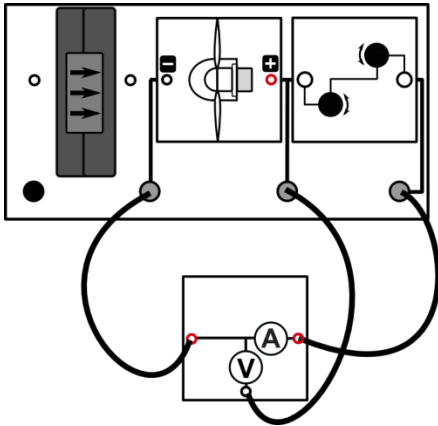


10.2 Vergleich von Vergleich von Zwei-, Drei- und Vierblatt-Rotoren

Aufgabe

Untersuche die Leistung des Windturbinenmoduls bei unterschiedlicher Anzahl von Rotorblättern.

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 Winderzeugermodul mit PowerModul
- 1 Windturbinenmodul
- 1 Rotor mit zwei, drei und vier Rotorblättern (Anstellwinkel 25°, optimiertes Profil)
- 1 Potentiometermodul
- 1 AV-Modul
- 5 Kabel

Achtung Verletzungsgefahr: Berühre nicht den drehenden Rotor! Benutze den Fingerschutz für das Windturbinenmodul.

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf. Verbinde das Powermodul mit dem Winderzeuger. Achte auf die Polarität der Anschlüsse (rot an rot, schwarz an schwarz).
2. Stelle das Potentiometer auf einen Widerstand von 100 Ω ein.
3. Stecke den Zweiblatt-Rotor auf das Windturbinenmodul und schalte den Winderzeuger bei einer PowerModulspannung U_{POW} von 5V ein.
4. Miss die erzeugte Spannung U und Stromstärke I an der Windturbine. Verwende das AV-Modul im Stromstärke-Spannungsmodus.
5. Verändere die Spannung am Powermodul (Werte siehe Tabelle) und wiederhole die Messung von U und I für die weiteren gegebenen Spannungen U_{POW} . Trage alle deine Werte in die Tabelle ein.
6. Wiederhole die Messungen für den Dreiblatt- und Vierblatt-Rotor.
7. Berechne jeweils die Leistung P der Windkraftanlage ($P=U \cdot I$) und trage deine Werte in die jeweilige Tabelle ein.

Messwerte

Zweiblatt-Rotor

U_{POW} (V)	5	6	7	8	9	10	11	12
v (m/s)	2,7	3,4	4,0	4,6	5,2	5,7	6,2	6,6
U (V)								
I (mA)								
P (mW)								

Messwerte



10.2 Vergleich von Zweiblatt-, Dreiblatt- und Vierblatt-Rotoren (Plattrotoren)

Dreiblatt-Rotor:

U_{POW} (V)	5	6	7	8	9	10	11	12
v (m/s)	2,7	3,4	4,0	4,6	5,2	5,7	6,2	6,6
U (V)								
I (mA)								
P (mW)								

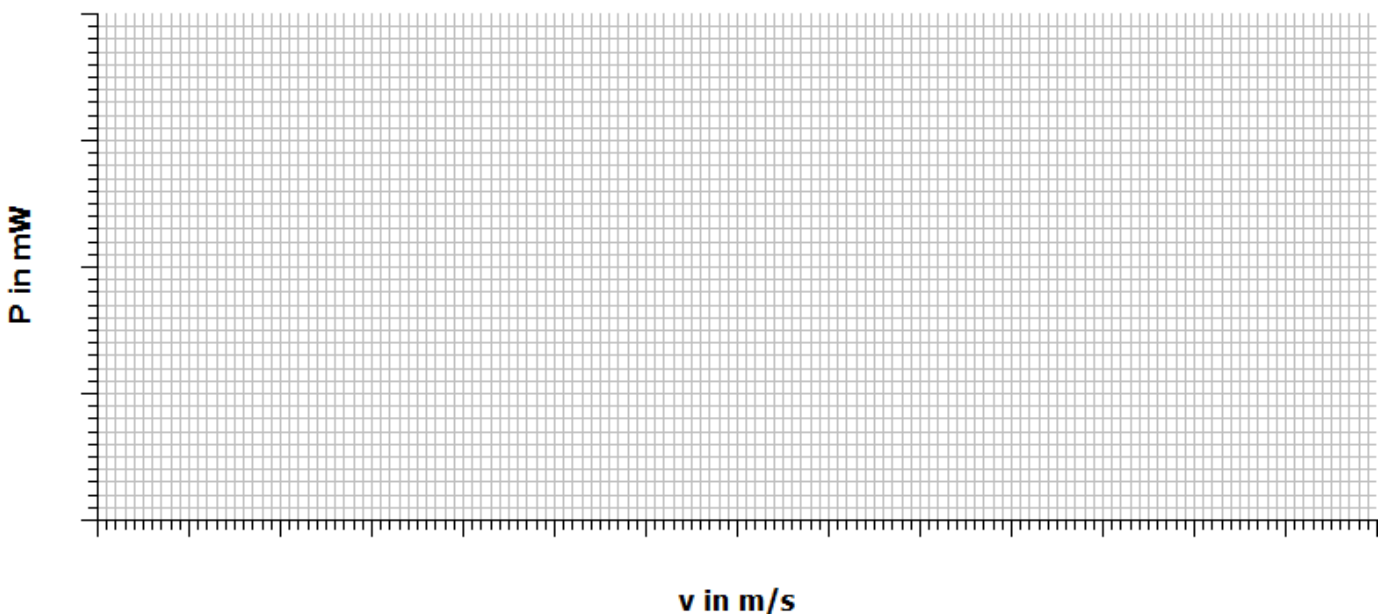
Vierblatt-Rotor:

U_{POW} (V)	5	6	7	8	9	10	11	12
v (m/s)	2,7	3,4	4,0	4,6	5,2	5,7	6,2	6,6
U (V)								
I (mA)								
P (mW)								

Auswertung

1. Trage deine Messwerte in das entsprechende Diagramm ein.
2. Beschreibe die Messpunkte. Mit welcher Anzahl an Rotorblättern kann die größte Leistung erzeugt werden, welche erzeugt die geringste?
3. Begründe deine Messergebnisse.

Diagramm



Auswertung



2.

3.

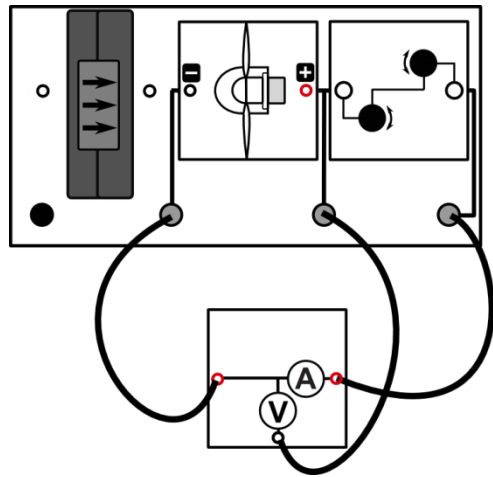


11. Kennlinie einer Windkraftanlage mit Gleichstromgenerator

Aufgabe

Nimm die Strom-Spannungskennlinie des Windrotors auf. Bestimme außerdem den Lastwiderstand, bei dem die maximale Leistung erreicht wird.

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 Winderzeugermodul mit PowerModul
- 1 Windturbinenmodul
- 1 Dreiblatt-Rotor (Anstellwinkel 30°, optimiertes Profil)
- 1 Potentiometermodul
- 1 AV-Modul
- 5 Kabel

Achtung Verletzungsgefahr: Berühre nicht den drehenden Rotor! Benutze den Fingerschutz für das Windturbinenmodul.

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf. Verbinde das Powermodul mit dem Winderzeuger. Achte auf die Polarität der Anschlüsse (rot an rot, schwarz an schwarz).
2. Stelle mithilfe des Potentiometermoduls verschiedene Spannungswerte ein und miss jeweils die zugehörige Stromstärke. Dazu wird zunächst das 1kΩ-Poti und danach das 100Ω-Poti bis zum Maximum gedreht. Verwende das AV-Modul im Strom-Spannungsmodus.
3. Verringere die Spannung in Schritten von je ca. 0,2V und trage deine Messwerte in die Tabelle ein. Warte nach jeder neuen Einstellung des Potentiometers bis Spannung und Stromstärke konstant sind! Miss ebenfalls Leerlaufspannung und Kurzschlussstromstärke ohne das Potentiometer. Nutze dazu das AV-Modul im Stromstärkemodus, beziehungsweise Spannungsmodus.

Messwerte

U (V)									
I (mA)									
R (Ω)									
P (mW)									

Messwerte



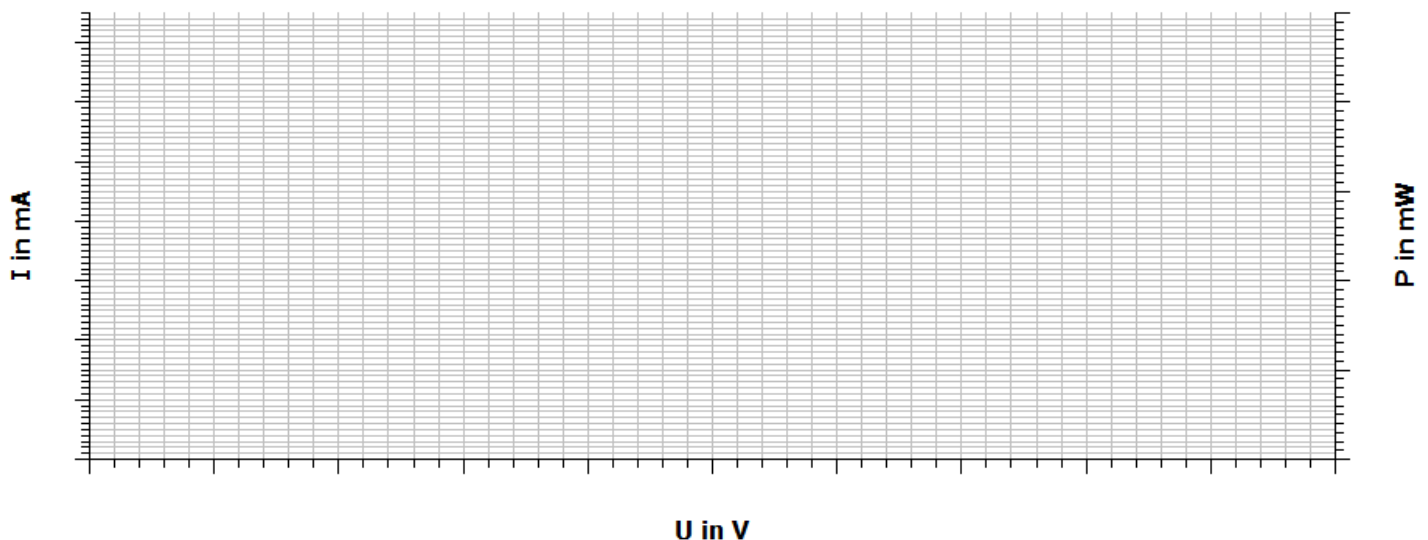
11. Kennlinie einer Windkraftanlage mit Gleichstromgenerator

U (V)									
I (mA)									
R (Ω)									
P (mW)									

Auswertung

1. Berechne für jeden Messpunkt jeweils den Widerstand R und die Leistung P der Windturbine. Trage deine Werte in die Tabelle ein. ($R=U/I$, $P=U \cdot I$)
2. Trage deine Messwertpaare in das entsprechende Diagramm ein.
3. Bestimme aus dem Diagramm den Spannungs- und Widerstandswertwert, bei dem die Leistung der Windkraftanlage mit Gleichstromgenerator am größten ist.
4. Erkläre das Absinken der Generatorspannung beim Verringern des Widerstandes.
5. Erläutere die Konsequenzen, welche sich aus diesen Ergebnissen für den Betrieb realer Windkraftanlagen mit Gleichstromgenerator ergeben.
6. Die maximale Leistung einer Windkraftanlage hängt also vom Lastwiderstand am Generator ab. Nenne mögliche Effekte oder physikalische Größen, die ebenfalls einen Einfluss auf die Leistung einer Windkraftanlage haben könnten.

Diagramm



Auswertung

3. $U_{max} =$ $R_{max} =$



4.

5.

6.

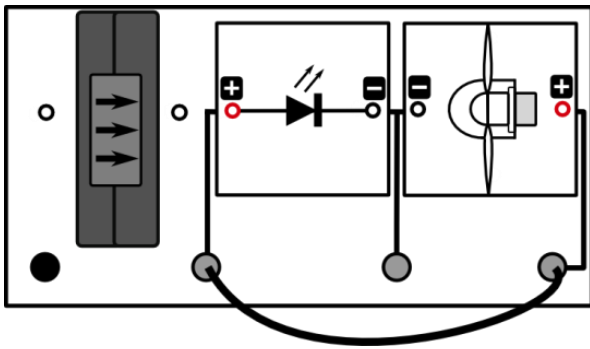


12.1 Einfluss der Windrichtung (qualitativ)

Aufgabe

Untersuche, wie sich die Helligkeit einer Leuchtdiode ändert, wenn die Richtung des Windes auf das Windturbinenmodul verändert wird.

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 Winderzeugermodul mit PowerModul
- 1 Windturbinenmodul
- 1 Dreiblatt-Rotor (Anstellwinkel 30°, optimiertes Profil)
- 1 LED-Modul
- 3 Kabel

Achtung Verletzungsgefahr: Berühre Beim Verdrehen des Standfußes nicht den drehenden Rotor! Zum Verdrehen kann der Winderzeuger abgeschaltet werden. Benutze den Fingerschutz für das Windturbinenmodul.

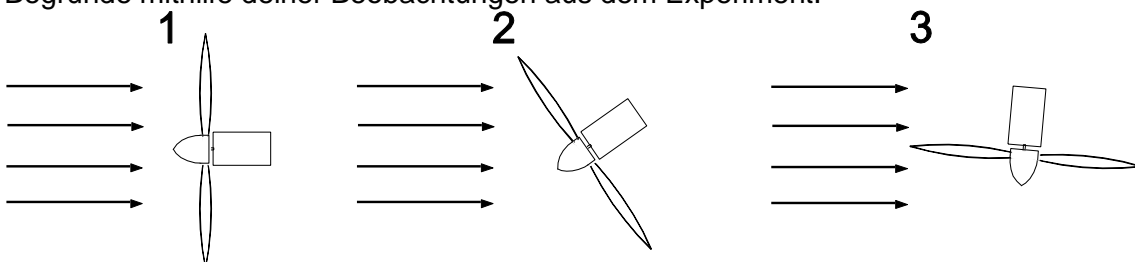
Durchführung

1. Baue den Versuch nach obiger Versuchsanordnung auf. Verbinde das Powermodul mit dem Winderzeuger. Achte auf die Polarität der Anschlüsse (rot an rot, schwarz an schwarz).
2. Stelle am PowerModul eine Spannung von 6V ein und starte den Winderzeuger.
3. Drehe das Windturbinenmodul vorsichtig nach rechts und links und beobachte die Leuchtdiode. Notiere deine Beobachtungen.

Beobachtung

Auswertung

1. In den Abbildungen sind Windkraftanlagen dargestellt. Die Pfeile kennzeichnen die Richtung des Luftstromes (Windrichtung). Welche der Anlagen kann die größte Leistung erzeugen, welche die geringste? Begründe mithilfe deiner Beobachtungen aus dem Experiment.



Auswertung



1.

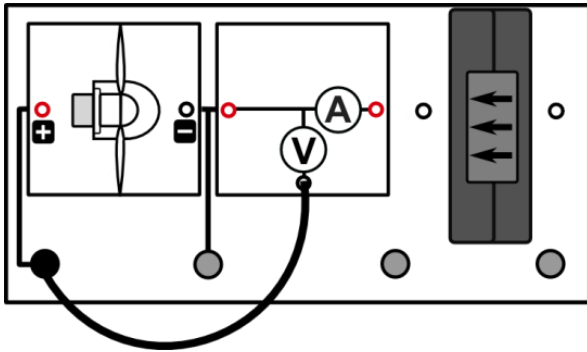


12.2 Einfluss der Windrichtung (quantitativ)

Aufgabe

Untersuche die Spannung, die ein Windgenerator liefert, wenn sich die Richtung der Luftströmung auf den Rotor ändert.

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 Winderzeugermodul mit PowerModul
- 1 Windturbinenmodul
- 1 Dreiblatt-Rotor (Anstellwinkel 30°, optimiertes Profil)
- 3 Kabel
- 1 AV-Modul

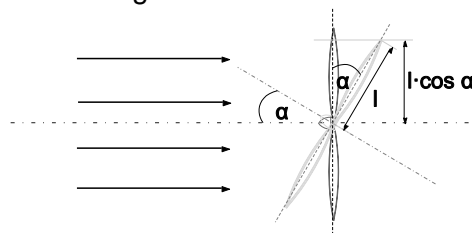
Achtung Verletzungsgefahr: Berühre Beim Verdrehen des Standfußes nicht den drehenden Rotor! Zum Verdrehen kann der Winderzeuger abgeschaltet werden. Benutze den Fingerschutz für das Windturbinenmodul.

Durchführung

1. Baue den Versuch nach obiger Versuchsanordnung auf. Verbinde das Powermodul mit dem Winderzeuger. Achte auf die Polarität der Anschlüsse (rot an rot, schwarz an schwarz).
2. Stelle den Drehwinkel zu Beginn auf 0° ein.
3. Stelle am PowerModul eine Spannung von 12V ein und starte den Winderzeuger
4. Miss die entsprechende Spannung U_{gen} an der Windturbinen. Nutze das AV-Modul im Spannungsmodus. Trage deinen Messwert in die Tabelle ein und schalte das PowerModul wieder ab.
5. Verdrehe nun das Windturbinenmodul vorsichtig um 10°. Schalte das PowerModul wieder ein und wiederhole deine Messungen mit den entsprechenden Winkeleinstellungen (siehe Tabelle) und trage alle Messwerte in die Tabelle ein.

Auswertung

1. Trage die Messwerte in das entsprechende Diagramm ein.
2. Die Größe $\cos \alpha$ ist ein Maß für die Angriffsfläche des Windes am Windrotor (wie in der Abbildung dargestellt). Beschreibe die Abhängigkeit der Spannung vom Drehwinkel und der Angriffsfläche des Windes am Windrotor, die durch $\cos \alpha$ dargestellt wird.



3. Die Richtung, aus der strömende Luft auf eine Windkraftanlage trifft, ist für die erzeugte Spannung von Bedeutung. Beschreibe eine Möglichkeit der Veränderung einer Anlage, um immer die maximale Spannung erzeugen zu können.

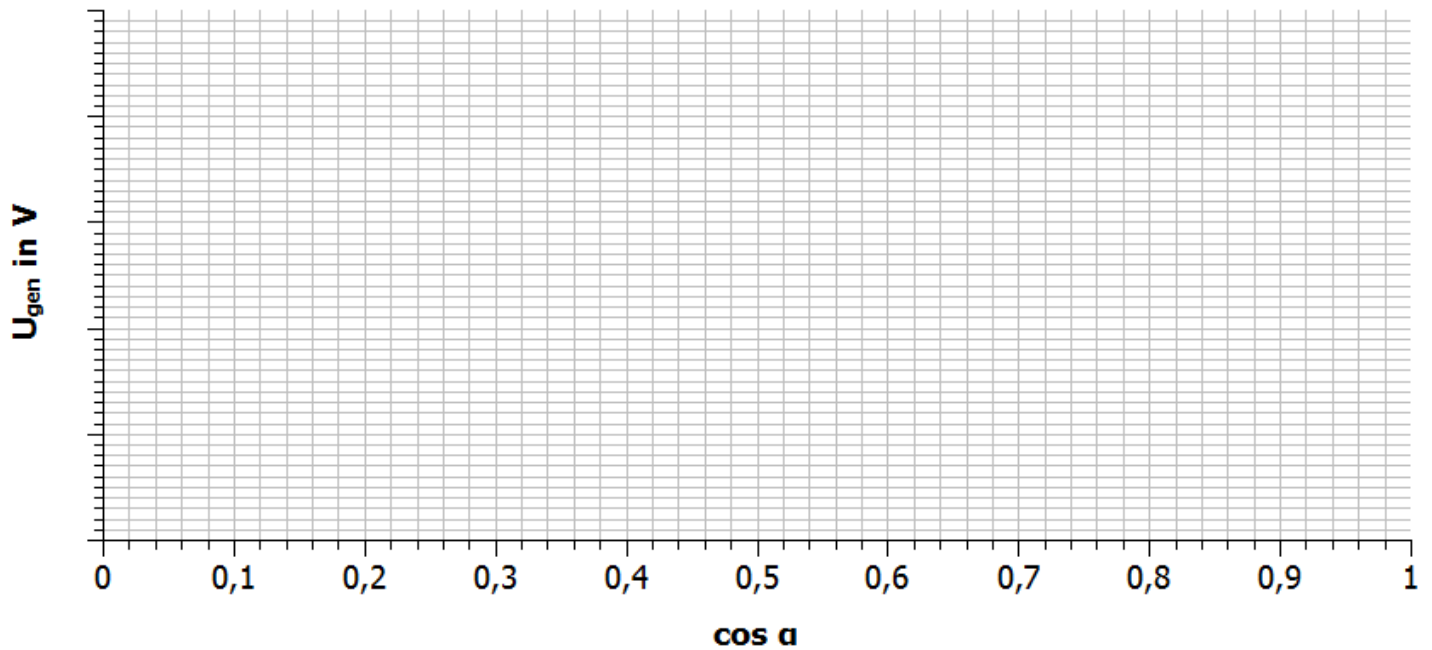
Messwerte



12.2 Einfluss der Windrichtung (quantitativ)

α (°)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$\cos \alpha$	1	0,98	0,94	0,87	0,77	0,64	0,5	0,34	0,17	0
U_{gen} (V)										

Diagramm



Auswertung

2.

3.

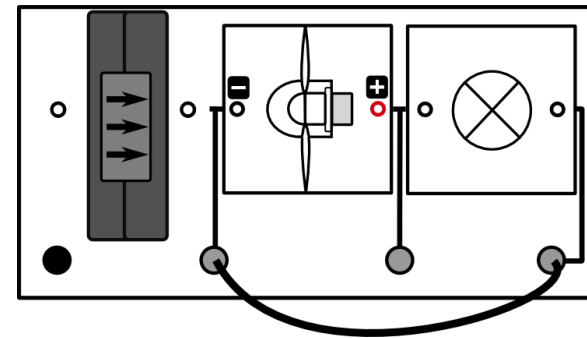


13.1 Der Einfluss des Anstellwinkels der Rotorblätter (qualitativ)

Aufgabe

Untersuche den Einfluss des Anstellwinkels der Rotorblätter gegenüber der Rotorebene auf die Helligkeit einer Glühlampe.

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 Winderzeugermodul mit PowerModul
- Windturbinenmodul
- 1 Dreiblatt-Rotor (alle Anstellwinkel, optimiertes Profil)
- 1 Glühlampenmodul
- 3 Kabel

Achtung Verletzungsgefahr: Berühre nicht den drehenden Rotor! Benutze den Fingerschutz für das Windturbinenmodul.

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf. Verbinde das Powermodul mit dem Winderzeuger. Achte auf die Polarität der Anschlüsse (rot an rot, schwarz an schwarz).
2. Baue einen Rotor mit 3 Flügeln und einem Anstellwinkel der Blätter von $\square 20^\circ$ auf und stecke ihn auf das Windturbinenmodul..
3. Schalte den Winderzeuger bei einer PowerModulspannung von 9V ein und beobachte die Helligkeit der Glühlampe. Trage anschließend deine Beobachtungen in die Tabelle ein.
4. Wiederhole die Messung für alle anderen Rotorblattanstellwinkel.

Auswertung

Die Glühlampe leuchtet...

	hell	schwach	gar nicht
20°			
25°			
30°			
50°			
90°			

Vervollständige nun den angegebenen Text:

Bei größerem Anstellwinkel leuchtet die Glühlampe _____. Am stärksten leuchtet die Glühlampe bei einem Winkel von _____°.

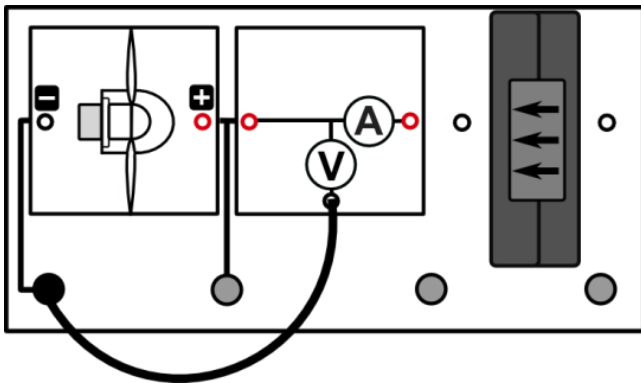


13.2 Einfluss des Anstellwinkels der Rotorblätter (quantitativ)

Aufgabe

Untersuche den Einfluss des Anstellwinkels der Rotorblätter gegenüber der Rotorebene und der Profilform auf die Spannung am Windturbinenmodul.

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 Winderzeugermodul mit PowerModul
- 1 Windturbinenmodul
- 1 Dreiblatt-Rotor (alle Winkel, optimiertes und flaches Profil)
- 3 Kabel
- 1 AV-Modul

Achtung Verletzungsgefahr: Berühre nicht den drehenden Rotor! Benutze den Fingerschutz für das Windturbinenmodul.

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf. Verbinde das Powermodul mit dem Winderzeuger. Achte auf die Polarität der Anschlüsse (rot an rot, schwarz an schwarz).
2. Baue einen Rotor mit 3 Flügeln, optimiertem Profil und einem Anstellwinkel α der Blätter von $\square 20^\circ$ auf und stecke ihn auf das Windturbinenmodul.
3. Schalte den Winderzeuger bei einer PowerModulspannung von 12 V ein und miss die Spannung U_{opt} am Windturbinenmodul. Verwende das AV-Modul im Spannungsmodus. Erfasse die Messwerte in einer Tabelle.
4. Wiederhole die Messung für alle anderen Rotorblattanstellwinkel.
5. Führe das Experiment anschließend mit dem flachen Profil durch und miss für alle Anstellwinkel jeweils die Spannung U_{flach} .

Messwerte

$\square \alpha$ (°)	20	25	30	50	90
U_{opt} (V)					
U_{flach} (V)					

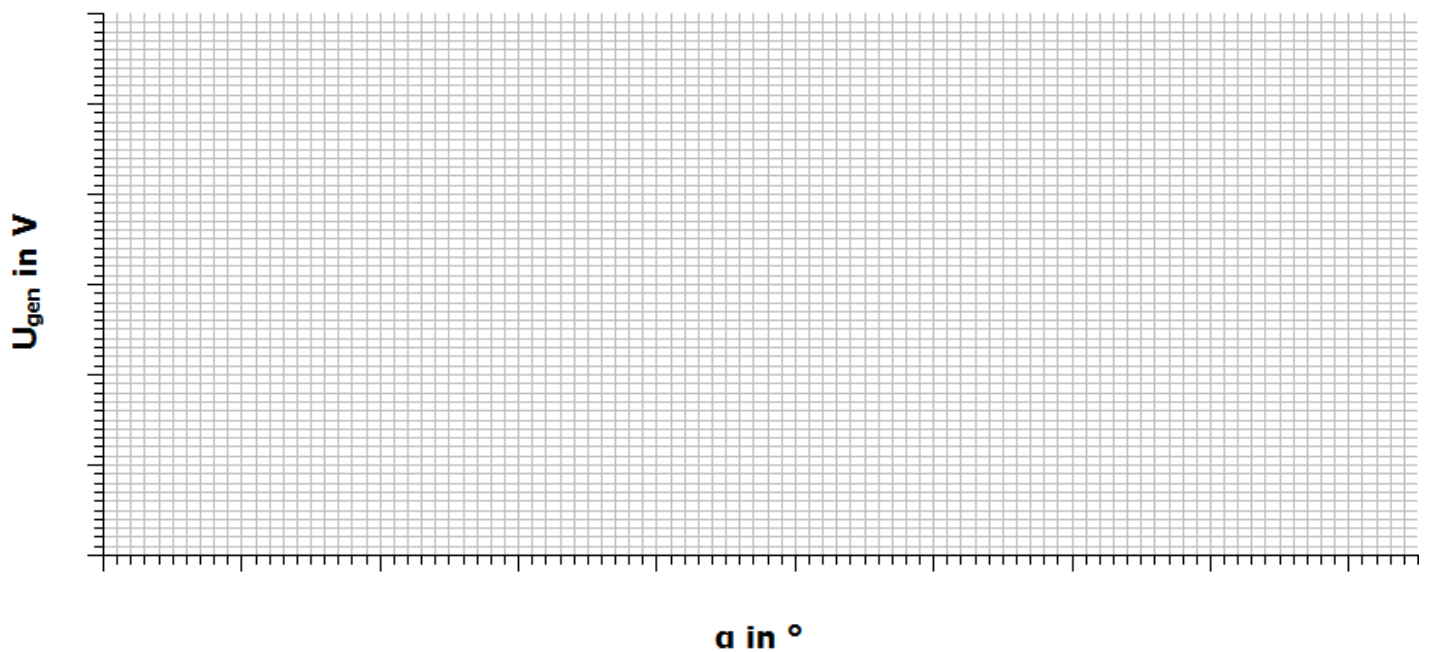


13.2 Einfluss des Anstellwinkels der Rotorblätter (quantitativ)

Auswertung

1. Trage die Spannungen U_{opt} und U_{flach} über dem Anstellwinkel in einem Diagramm ab.
2. Beschreibe den Zusammenhang zwischen Spannung und Anstellwinkel der Rotorblätter.
3. Vermute und begründe welchen Verlauf die Graphen für kleinere Anstellwinkel als 20° annehmen werden.

Diagramm



Auswertung

2.

3.

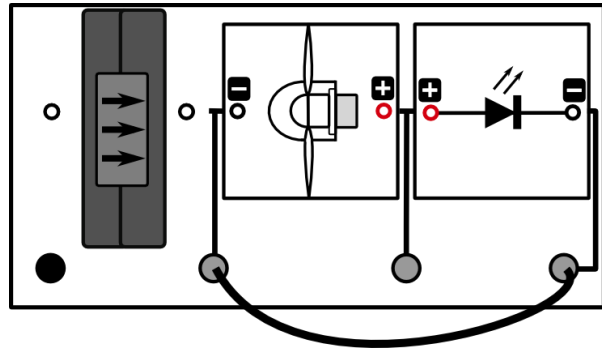


14.1 Einfluss der Flügelform (qualitativ)

Aufgabe

Untersuche die Helligkeit einer Leuchtdiode bei unterschiedlicher Form der Rotorblätter.

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 Winderzeugermodul mit PowerModul
- 1 Windturbinenmodul
- 1 Dreiblatt-Rotor (Anstellwinkel 25°, optimiertes Profil und flaches Profil)
- 1 LED-Modul
- 3 Kabel

Achtung Verletzungsgefahr: Berühre nicht den drehenden Rotor! Benutze den Fingerschutz für das Windturbinenmodul.

Durchführung

1. Baue die Versuchsanordnung wie oben dargestellt auf. Verbinde das Powermodul mit dem Winderzeuger. Achte auf die Polarität der Anschlüsse (rot an rot, schwarz an schwarz).
2. Stecke den Dreiblatt-Rotor mit dem optimierten Profil und 25° Anstellwinkel auf das Windturbinenmodul und schalte den Winderzeuger bei einer PowerModulspannung von 12 V ein. Beobachte die Helligkeit der Leuchtdiode.
3. Wiederhole deine Messung mit dem Dreiblatt-Rotor mit flachem Profil und 25° Anstellwinkel.

Auswertung

1. Benenne die Flügelform, bei der die LED heller leuchtet.
2. Untersuche die Flügelform beider Rotorflügel genauer. Benenne die Unterschiede.
3. Benenne Beispiele, wo das flache Profil zum Einsatz kommt.

1.

2.

3.

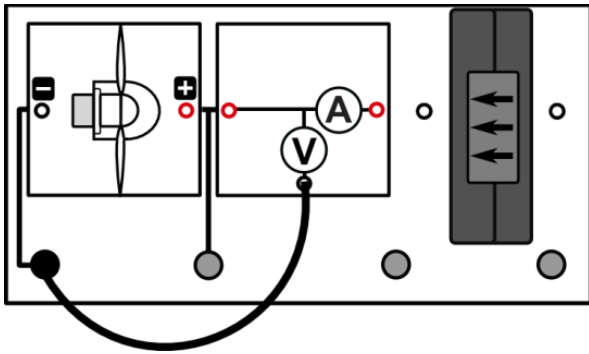


14.2 Einfluss der Flügelform (quantitativ)

Aufgabe

Untersuche die Spannung am Generator bei unterschiedlicher Form der Rotorblätter.

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 Winderzeugermodul mit PowerModul
- 1 Windturbinenmodul
- 1 Dreiblatt-Rotor (Anstellwinkel 30°, optimiertes Profil und flaches Profil)
- 3 Kabel
- 1 AV-Modul

Achtung Verletzungsgefahr: Berühre nicht den drehenden Rotor! Benutze den Fingerschutz für das Windturbinenmodul.

Durchführung

1. Baue die Versuchsanordnung wie oben dargestellt auf. Verbinde das Powermodul mit dem Winderzeuger. Achte auf die Polarität der Anschlüsse (rot an rot, schwarz an schwarz).
2. Stecke den Dreiblatt-Rotor mit dem optimierten Profil und 25° Anstellwinkel auf das Windturbinenmodul und schalte den Winderzeuger bei einer PowerModulspannung von 9 V ein. Miss die am Generator erzeugte Spannung U_{opt} . Verwende das AV-Modul im Spannungsmodus.
3. Wiederhole deine Messung mit dem Dreiblatt-Rotor mit flachem Profil und 25° Anstellwinkel. Miss die Generatorspannung U_{flach} .

Messwerte

$U_{\text{opt}} =$

$U_{\text{flach}} =$

Auswertung

1. Benenne, mit welchem Profil höhere Spannungen erzeugt werden können?
2. Beschreibe den Einfluss der Flügelform auf die erzeugte Leistung einer Windkraftanlage.

1. _____

2. _____

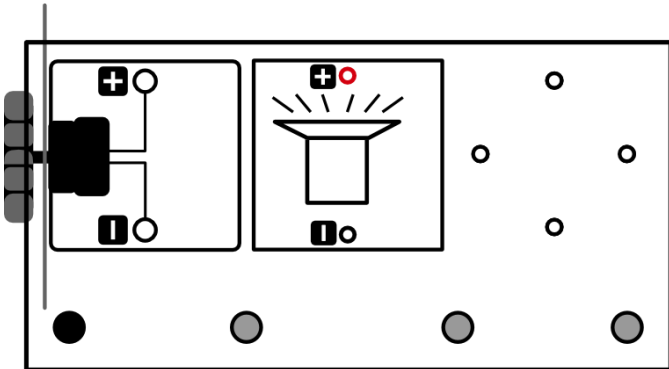
Aufgabe



15.2 Wasser als Energiequelle (qualitativ)

Ermittle, ob die Hupe bei dem Wasserkraftgenerator als Spannungsquelle hupt!

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 Wasserradmodul
- 1 Hupenmodul
- 1 Schlauch

Zusätzlich benötigt:

- 2 große Schüsseln/Kisten
- 1 Tisch/Stuhl/anderer höherer Standort
- Wasser

Durchführung

1. Baue die Versuchsanordnung wie oben dargestellt auf. Achte dabei auf die Polarität der Verbindung.
2. Stelle eine mit Wasser gefüllte Schüssel auf einen höher gelegenen Standpunkt, eine andere, leere Schüssel auf einen niedrigeren Standpunkt.
3. Halte das Wasserradmodul über die untere Schüssel.
4. Saug das Wasser im Schlauch an oder lege ihn komplett ins Wasser der oberen Schüssel und halte den Finger auf ein Ende.
5. Richte den Schlauch so aus, dass das Wasser möglichst nur auf das Wasserrad spritzt und nimm den Finger vom Schlauchende. Achtung! Das andere Ende des Schlauches muss immer im Wasser bleiben.
6. Falls deine Fallhöhe sehr niedrig ist, kann es sein, dass du das Wasserrad „anstopfen“ musst.
7. Notiere deine Beobachtungen

Beobachtung

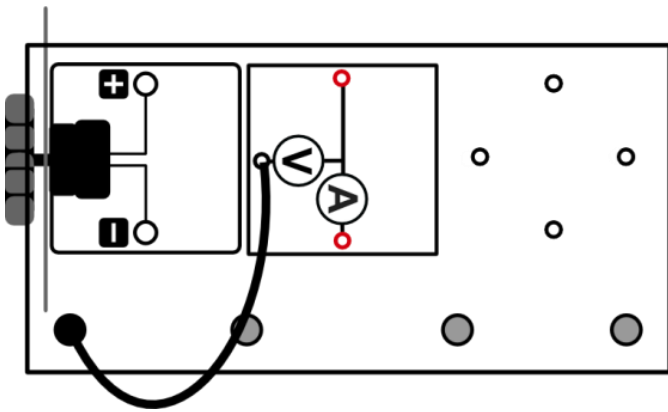
Auswertung

1. Welche Energieumwandlung findet statt?

Aufgabe

Ermittle die Leerlaufspannung des Wasserrads und gib die Fallhöhe an!

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 Wasserradmodul
- 1 AV-Modul
- 1 Kabel
- 1 Schlauch

Zusätzlich benötigt:

- 2 große Schüsseln/Kisten
- 1 Tisch/Stuhl/anderer höherer Standort
- 1 Lineal/Maßband
- Wasser

Durchführung

1. Baue die Versuchsanordnung wie oben dargestellt auf. Achte dabei auf die Polarität der Verbindung.
2. Stelle eine mit Wasser gefüllte Schüssel auf einen höher gelegenen Standpunkt, eine andere, leere Schüssel auf einen niedrigeren Standpunkt.
3. Halte das Wasserradmodul über die untere Schüssel.
4. Saug das Wasser im Schlauch an oder lege ihn komplett ins Wasser der oberen Schüssel und halte den Finger auf ein Ende.
5. Richte den Schlauch so aus, dass das Wasser möglichst nur auf das Wasserrad spritzt und nimm den Finger vom Schlauchende. Achtung! Das andere Ende des Schlauches muss immer im Wasser bleiben.
6. Falls deine Fallhöhe sehr niedrig ist, kann es sein, dass du das Wasserrad „anstopfen“ musst.
7. Miss die Spannung U am Generator. Verwende das AV-Modul im Spannungsmodus.

Messwerte

$U =$ _____

bei einer Höhe von _____

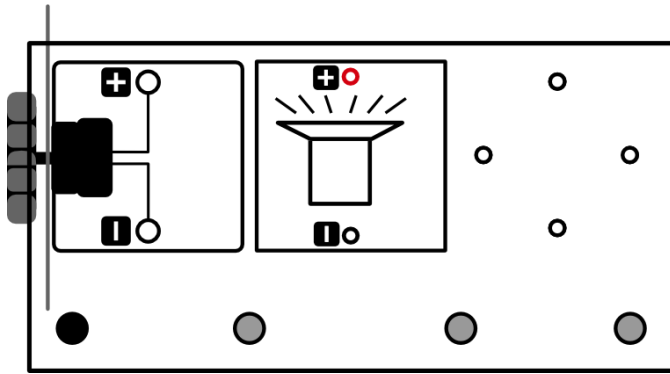


16.1 Abhängigkeit von der Fallhöhe (qualitativ)

Aufgabe

Untersuche, inwieweit die Fallhöhe des Wassers die Lautstärke der Hupe beeinträchtigt!

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 Wasserradmodul
- 1 Hupenmodul
- 1 Schlauch

Zusätzlich benötigt:

- 2 große Schüsseln/Kisten
- 1 Tisch/Stuhl/anderer höherer Standort
- 1 Lineal/Maßband
- Wasser

Durchführung

1. Baue die Versuchsanordnung wie oben dargestellt auf. Achte dabei auf die Polarität der Verbindung.
2. Stelle eine mit Wasser gefüllte Schüssel auf einen höher gelegenen Standpunkt, eine andere, leere Schüssel auf einen niedrigeren Standpunkt.
3. Halte das Wasserradmodul über die untere Schüssel.
4. Saug das Wasser im Schlauch an oder lege ihn komplett ins Wasser und halte den Finger auf ein Ende. Achtung! Das andere Ende des Schlauches muss immer im Wasser bleiben.
5. Richte den Schlauch so aus, dass das Wasser möglichst nur auf das Wasserrad spritzt und nimm den Finger vom Schlauchende.
6. Falls deine Fallhöhe sehr niedrig ist, kann es sein, dass du das Wasserrad „anstupsen“ musst.
7. Wiederhole den Versuch für verschiedene Fallhöhen (z.B. Stuhl-Boden, Tisch-Stuhl, Tisch-Boden). Notiere deine Beobachtungen.

Beobachtungen

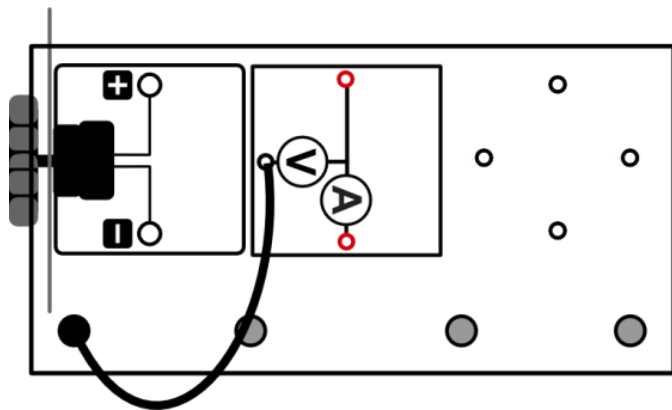


16.2 Abhängigkeit von der Fallhöhe (quantitativ)

Aufgabe

Untersuche die Abhängigkeit der Leerlaufspannung des Wasserradmoduls von der Fallhöhe des Wassers!

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 Wasserradmodul
- 1 AV-Modul
- 1 Kabel
- 1 Schlauch

Zusätzlich benötigt:

- 2 große Schüsseln/Kisten
- 1 Tisch/Stuhl/anderer höherer Standort
- 1 Lineal/Maßband
- Wasser

Vurchführung

1. Baue die Versuchsanordnung wie oben dargestellt auf. Achte dabei auf die Polarität der Verbindung.
2. Stelle eine mit Wasser gefüllte Schüssel auf einen höher gelegenen Standpunkt, eine andere, leere Schüssel auf einen niedrigeren Standpunkt.
3. Halte das Wasserradmodul über die untere Schüssel.
4. Saug das Wasser im Schlauch an oder lege ihn komplett ins Wasser und halte den Finger auf ein Ende. Achtung! Das andere Ende des Schlauches muss immer im Wasser bleiben.
5. Richte den Schlauch so aus, dass das Wasser möglichst nur auf das Wasserrad spritzt und nimm den Finger vom Schlauchende.
6. Falls deine Fallhöhe sehr niedrig ist, kann es sein, dass du das Wasserrad „anstupsen“ musst.
7. Miss die Fallhöhe h und die Spannung U am Generatormodul. Verwende das AV-Modul im Spannungsmodus.
8. Wiederhole den Versuch für verschiedene Fallhöhen (z.B. Stuhl-Boden, Tisch-Stuhl, Tisch-Boden) und trage deine Werte in die Tabelle ein.

Messwerte

h (cm)					
U (V)					

Auswertung

1. Trage deine Messwerte in das Diagramm ein.
2. Interpretiere die Ergebnisse deines Versuchs.

Diagramm

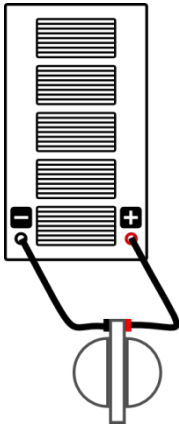


17. Funktionsweise eines Elektrolyseurs

Aufgabe

Lerne die Funktionsweise eines Elektrolyseurs kennen.

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 großes Solarmodul
- 1 Brennstoffzellenmodul
- 2 Kabel
- destilliertes Wasser

Durchführung

1. Baue das reversible Brennstoffzellenmodul wie auf Seite 14 beschrieben auf. Achte darauf, dass der rote Anschluss an der Brennstoffzelle mit dem roten Anschluss des Solarmoduls verbunden ist.
2. Beleuchte nun das Solarmodul mit direktem Sonnenlicht oder einer Lampe und beobachte das Röhrrchen an der oberen Öffnung der „O₂“-Seite der Brennstoffzelle. Notiere deine Beobachtungen.
3. Beschatte nun das Solarmodul mit deiner Hand. Notiere deine Beobachtungen.

Beobachtungen

Auswertung

1. Was kannst du über die Gase in den unteren Behältern aussagen?
2. Was macht die reversible Brennstoffzelle, wenn sie als Elektrolyseur betrieben wird? Welche Energieumwandlung findet statt?
3. Erkläre Deine obigen Beobachtungen.

Auswertung



4. In der reversiblen Brennstoffzelle, betrieben als Elektrolyseur, wird Wasser (chemisches Zeichen: H_2O) in die zwei Gase Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2) zersetzt. Kannst du damit deine Beobachtung erklären? Versuche, eine Reaktionsgleichung aufzustellen.
5. Wie könntest Du nachweisen, dass sich in dem mit „ H_2 “ beschrifteten Behälter wirklich Wasserstoff und im mit „ O_2 “ beschrifteten Behälter Sauerstoff befinden?

1.

2.

3.

4.

5.

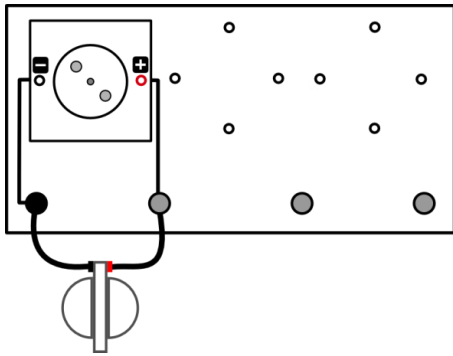


18. Funktionsweise einer Brennstoffzelle

Aufgabe

Lerne die Funktionsweise einer Brennstoffzelle kennen.

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 Brennstoffzellenmodul
- 2 Kabel
- 1 Motormodul und/oder Glühlampenmodul
- destilliertes Wasser

Durchführung

1. Wenn Du den Versuch 17 (*Funktionsweise eines Elektrolyseurs*) gerade durchgeführt hast, sind die Gasbehälter schon mit Wasserstoff und Sauerstoff gefüllt. Falls nicht, fülle die Gasbehälter wie in Versuch 17 beschrieben zunächst auf. Auf der „H₂“-Seite sollte mindestens die 4ml-Markierung erreicht sein.
2. Stecke nun als Verbraucher das Motor- oder Glühlampenmodul auf die Grundeinheit und schließe die Brennstoffzelle mit zwei Kabeln an. Was passiert mit den Gasen in den Vorratsbehältern? Notiere deine Beobachtungen

Beobachtung

Auswertung

1. Was macht eine Brennstoffzelle? Welche Energieumwandlung findet statt?
2. Im Versuch „Was ist ein Elektrolyseur?“ hast Du Dir schon überlegt, welche Reaktion im Elektrolyseur abläuft (Wasser wird in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten). Wohin „verschwinden“ im Brennstoffzellenbetrieb die Gase, wenn du einen Verbraucher an die Brennstoffzelle anschließt?

1.

2.

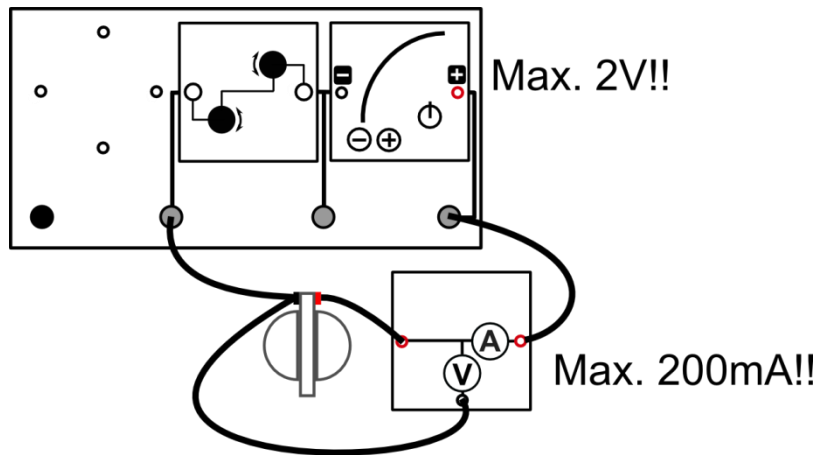


19. Die Kennlinie eines Elektrolyseurs

Aufgabe

Verwende die reversible Brennstoffzelle als Elektrolyseur und nimm die zugehörige Kennlinie auf.

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 Brennstoffzellenmodul
- 1 Potentiometermodul
- 1 PowerModul
- 1 AV-Modul
- 4 Kabel
- destilliertes Wasser

Durchführung

1. Befülle die Brennstoffzelle mit destilliertem Wasser. Hinweise zur Handhabung findest du auf Seite 14.
2. Baue den Versuch entsprechend der obigen Abbildung auf. Achte auf die Polarität der Anschlüsse. Stelle das Potentiometer auf den maximalen Widerstand ein. Stelle am PowerModul eine Spannung von 2V ein. Dieser Wert darf nicht überschritten werden!
3. Stelle zunächst am Potentiometer den maximalen Widerstand ein und miss Strom I und Spannung U an der Brennstoffzelle. Das AV-Modul wird im Stromstärke-Spannungs-Modus betrieben.
4. Verringere nun in mehreren Schritten den Widerstand am Potentiometer und nimm jeweils Strom und Spannung auf. Beende das Experiment, wenn eine Stromstärke von rund 150mA erreicht ist. Trage Deine Werte in die Tabelle ein.

Hinweis: Achte beim Aufbau darauf, dass der Stromkreis vor Beginn der Messung geöffnet ist (zum Beispiel durch Entfernen eines Kabels), damit das Experiment nicht ohne die Aufnahme der Messwerte beginnt.

Messwerte

U (V)							
I (mA)							

U (V)							
I (mA)							

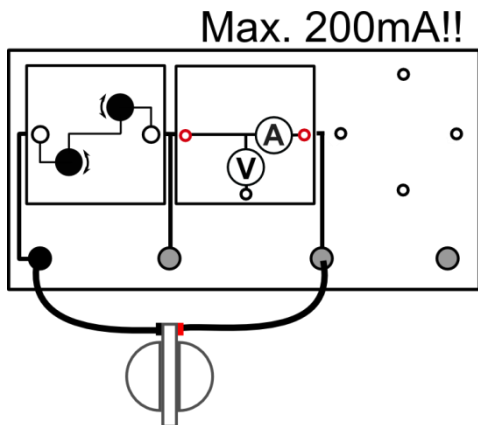


20. Die Kennlinie einer Brennstoffzelle

Aufgabe

Ermittle die U-I-Kennlinie einer Brennstoffzelle.

Aufbau



Benötigte Geräte

- 1 große Grundeinheit
- 1 Brennstoffzellenmodul
- 1 Potentiometermodul
- 1 AV-Modul
- 2 Kabel
- destilliertes Wasser

Vorbereitung

Bevor Du mit den Versuch startest, musst Du mit der reversiblen Brennstoffzelle ca. 10 ml Wasserstoff produzieren. Hinweise zur Handhabung findest du auf Seite 14 und in Experiment 17. Die Zelle erzeugt während des Ladens einen kapazitiven Effekt, welcher vor der Messung abgebaut werden muss. Berücksichtige deshalb, dass die reversible Brennstoffzelle vor dem Messvorgang kurz (ca. 20 Sekunden bei 10Ω) entladen werden muss. Die für das Experiment notwendige Leerlaufspannung liegt zwischen 0,8V – 0,9 V.

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend dem Schaltplan auf. Stecke das Potentiometer noch nicht auf.
2. Miss zunächst die Leerlaufspannung der Brennstoffzelle U_0 .
3. Stecke das Potentiometer auf und stelle den maximalen Widerstand ein. Miss anschließend die Spannung U und den Strom I . Das AV-Modul wird im Strom-Spannungs-Modus betrieben.
5. Verringere nun in mehreren Schritten den Widerstand am Potentiometer und miss jeweils Strom I und Spannung U an der Brennstoffzelle. Beende das Experiment, wenn eine Stromstärke von rund 150mA erreicht ist. Trage Deine Werte in die Tabelle ein.

Auswertung

1. Stelle Deine Messwerte im beigefügten Diagramm dar.
2. Beschreibe den Verlauf der U-I-Kennlinie.
3. Erläutere, welcher Bereich der Kennlinie für den Betrieb eines Verbrauchers genutzt werden sollte.
4. Erkläre, weshalb die Spannung mit höherer Stromstärke absinkt.

Messwerte

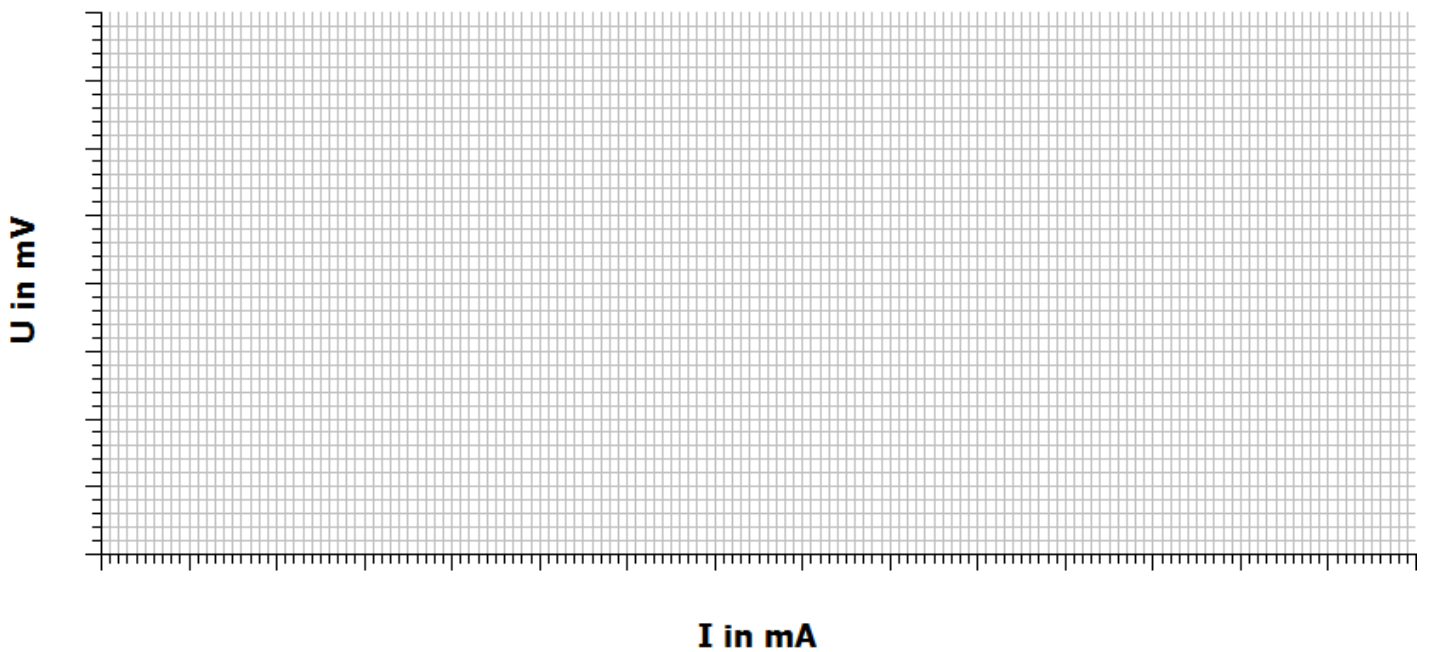


20. Die Kennlinie einer Brennstoffzelle

U (mV)												
I (mA)												

U (mV)												
I (mA)												

Diagramm



Auswertung

2.

Auswertung

