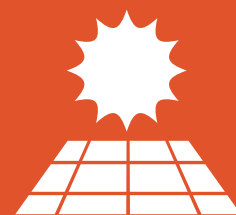
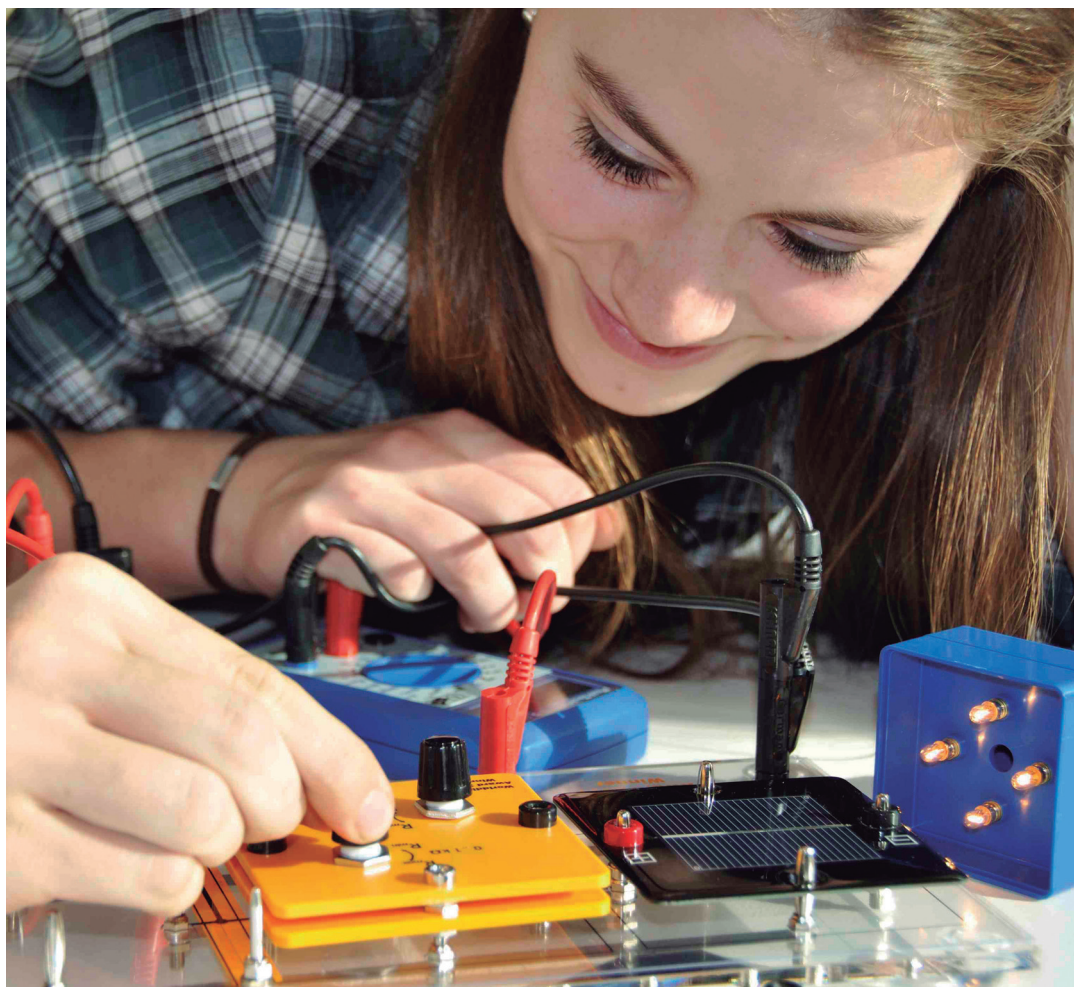
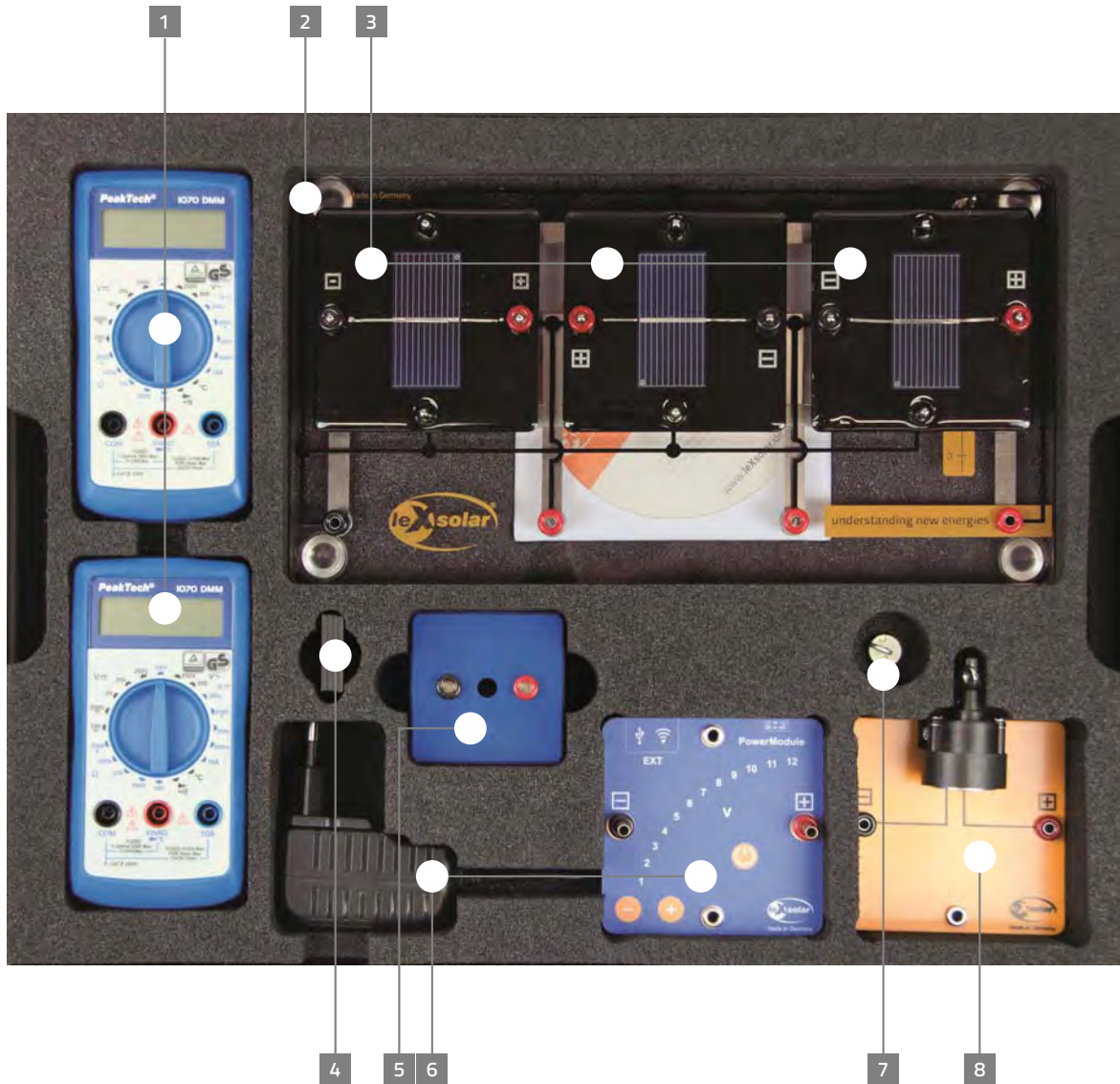


leXsolar-PV Ready-to-go



Anleitungsheft

Layout diagram leXsolar-PV Ready-to-go
 Item-No.1105
 Bestückungsplan leXsolar-PV Ready-to-go
 Art.-Nr.1105



- | | |
|--|---|
| <p>1 2xL2-06-011 Digital multimeter
2xL2-06-011 Digitalmultimeter</p> <p>2 1100-19 leXsolar-Base unit
1100-19 leXsolar Grundeinheit groß</p> <p>3 3x1100-01 Solar module 0.5 V, 420 mA
3x1100-01 Solarmodul 0.5 V, 420 mA</p> <p>4 1100-29 Solar cell cover set
1100-29 Satz Abdeckung f. Solarzelle</p> | <p>5 1100-20 Lighting module
1100-20 Beleuchtungsmodul</p> <p>6 9100-05 PowerModul with power supply
9100-05 PowerModul mit Stromversorgungsgerät</p> <p>7 L2-05-024 Hook weight 20g
L2-05-024 Hakengewicht 20g</p> <p>8 1100-24 Gear motor module
1100-24 Getriebemotormodul</p> |
|--|---|

Version number
 Versionsnummer

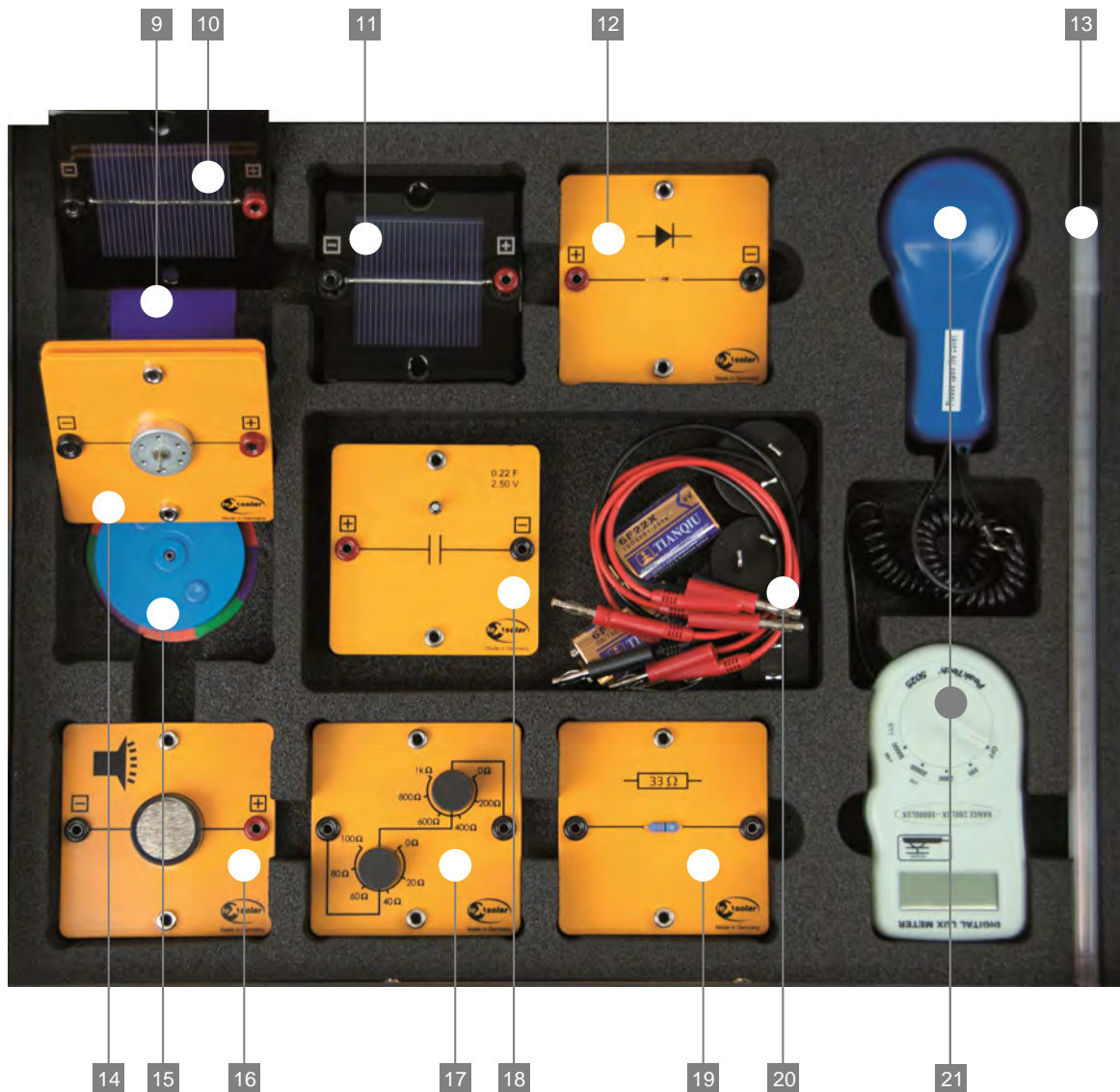
L3-03-130_30.05.2016

Layout diagram leXsolar-PV Ready-to-go

Item-No.1105

Bestückungsplan leXsolar-PV Ready-to-go

Art.-Nr.1105



- | | |
|---|---|
| <p>9 1100-30 Color filters
1100-30 Satz Farbfiler</p> <p>10 1100-02 Solar module 0.5 V, 840 mA
1100-02 Solarmodul 0.5 V, 840 mA</p> <p>11 1100-07 Solar module 1.5 V, 280 mA
1100-07 Solarmodul 1.5 V, 280 mA</p> <p>12 1100-21 Diode module
1100-21 Diodenmodul</p> <p>13 L2-06-016 Laboratory thermometer
L2-06-016 Laborthermometer</p> <p>14 1100-27 Motor module
1100-27 Motormodul</p> <p>15 1100-28 Color discs with mount-Set I
1100-28 Farbscheiben-Set I</p> <p>16 1100-25 Buzzer module
1100-25 Hupenmodul</p> | <p>17 1100-23 Potentiometer module
1100-23 Potentiometermodul</p> <p>18 1400-07 Capacitor module 220 mF, 2.5 V
1400-07 Kondensatormodul 220 mF, 2.5 V</p> <p>19 1100-22 Resistor module
1100-22 Widerstandsmodul</p> <p>20 L2-06-012 Test lead 25 cm, black
L2-06-012 Messleitung 25 cm, schwarz
L2-06-013 Test lead 25 cm, red
L2-06-013 Messleitung 25 cm, rot
2xL2-06-014 Test lead 50 cm, black
2xL2-06-014 Messleitung 50 cm, schwarz
2xL2-06-015 Test lead 50 cm, red
2xL2-06-015 Messleitung 50 cm, rot</p> <p>21 L2-06-034 Luxmeter
L2-06-034 Luxmeter</p> |
|---|---|

leXsolar - PV Ready-to-go

Anleitungsheft

Inhalt

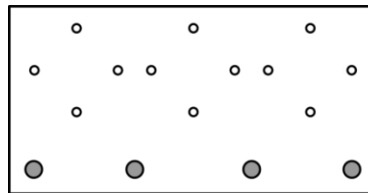
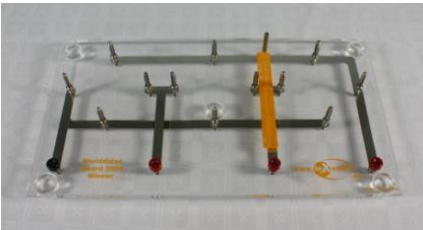
Kapitel 1: Bezeichnung und Handhabung der Experimentiergeräte.....	6
Kapitel 2: Schülerprotokolle.....	14
1. Verstehen des leXsolar Stecksystems.....	14
2.1 Der Grundaufbau für Farbscheibenexperimente	16
2.2 Farbeigenschaften	17
2.3 Die additive Farbmischung	18
2.4 Optische Täuschungen mit der Benham-Scheibe.....	19
2.5 Optische Täuschungen mit der Relief-Scheibe	20
3.1 Der Einfluss der diffusen Strahlung auf die Solarzellenleistung (qualitativ).....	21
3.2 Der Einfluss der diffusen Strahlung auf die Solarzellenleistung (qualitativ).....	22
3.3 Der Intensität der Albedostrahlung von verschiedenen Stoffen (qualitativ)	23
4. Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der beleuchteten Fläche	24
5.1 Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung vom Einfallswinkel des Lichts (qualitativ)	27
5.2 Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung vom Einfallswinkel des Lichts (quantitativ)	29
6.1 Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Beleuchtungsstärke 1 (qualitativ).....	31
6.2 Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Beleuchtungsstärke 2 (qualitativ).....	32
6.3 Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Beleuchtungsstärke 1 (quantitativ)	34
7. Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Temperatur.....	36
8. Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Frequenz des einfallenden Lichts	38
9.1 Die Dunkelkennlinie einer Solarzelle	40
9.2 Der Innenwiderstand einer Solarzelle bei Sperr- und Durchlassrichtung bzw. Abdunkelung und Beleuchtung.....	42
10.1 Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Last.....	44
10.2 Die U-I-Kennlinie und der Füllfaktor einer Solarzelle	46
10.3 Die U-I-Kennlinie einer Solarzelle in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke	49
11.1 Das Verhalten der Spannung und Stromstärke in Reihen- und Parallelschaltungen von Solarzellen (qualitativ).....	52
11.2 Das Verhalten der Spannung und Stromstärke in Reihen- und Parallelschaltungen von Solarzellen (quantitativ)	53
12.1 Das Verhalten der Spannung und Stromstärke bei der Abschattung einer Solarzelle in Reihenschaltungen (qualitativ).....	55
12.2 Das Verhalten der Spannung und Stromstärke bei der Abschattung einer Solarzelle in Reihenschaltungen (quantitativ)	56

12.3 Das Verhalten der Spannung und Stromstärke bei der Abschattung von Solarzellen in Parallelschaltungen (quantitativ).....	58
13. Simulation eines Inselsystems mit Solaranlage	60
14.1 Die Wirkungsgradbestimmung mehrere Energieumwandlungen	64
14.2 Drehrichtung und Geschwindigkeit eines Motors	66
14.3 Anlaufstrom und Betriebsstrom eines Motors	67

Kapitel 1: Bezeichnung und Handhabung der Experimentiergeräte

In der folgenden Auflistung werden alle im leXsolar-PV 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 1100-19

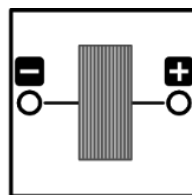


Die Grundeinheit ist eine Steckplatine auf der bis zu 3 Module in Reihe oder parallel zueinander geschaltet werden können. Der Strom fließt über die an der Unterseite angebrachten Leitungen. Um die Komponenten auf der Grundeinheit mit anderen zu verbinden, befinden sich am unteren Ende 4 Anschlüsse.

Die beiden Schaltpläne zum Auflegen auf die Grundeinheit zeigen jeweils die Verbindungen für eine Reihen- oder Parallelschaltung. Zum Wechsel zwischen Reihen- und Parallelschaltung müssen die Module jeweils um 90° gedreht aufgesteckt werden.

Des Weiteren befindet sich in der Mitte rechts ein Schattenstab mit orangefarbener Winkelskala. Dieser Schattenstab kann dazu genutzt werden, um auf der Grundeinheit aufgesteckte Solarmodule in einen bestimmten Winkel zu einer Lichtquelle zu halten. Für einen scharf umrissenen Schatten sollte die Lichtquelle ausreichend klein sein und einen möglichst großen Abstand zur Grundeinheit besitzen.

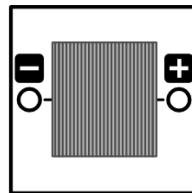
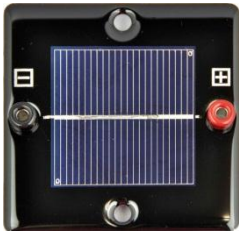
Solarzelle, klein 1100-01 0,5V 420 mA



Technische Daten:

Material: polykristallines Silizium
Leerlaufspannung: 0,5V
Kurzschlussstromstärke: 420mA
Spitzenleistung: 0,2Wp

Solarzelle, groß 1100-02 0,5V 840 mA

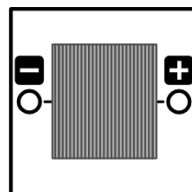


Auf der Rückseite befindet sich die Angabe zur Leerlaufspannung und Kurzschlussstromstärke

Technische Daten:

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

Solarmodul 1100-07 1,5V 280 mA



Das Solarmodul ist eine Reihenschaltung aus den 3 Solarzellen. Auf der Rückseite befindet sich die Angabe zur Leerlaufspannung und Kurzschlussstromstärke

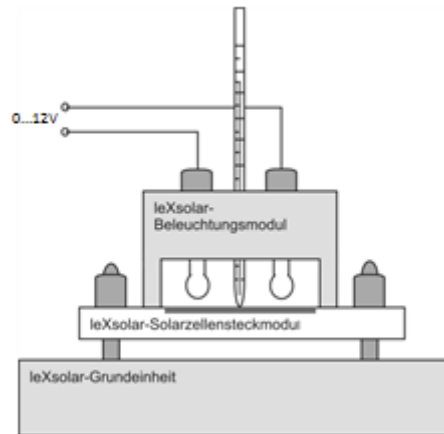
Technische Daten:

Material: polykristallines Silizium
Leerlaufspannung: 1,5V
Kurzschlussstromstärke: 280mA
Spitzenleistung: 0,13Wp

Beleuchtungsmodul (1100-20) mit PowerModul (2105-00)



Das Beleuchtungsmodul wird mit dem PowerModul betrieben. Im Inneren des Beleuchtungsmoduls befinden sich 4 Glühlampen, die durch das Herein- oder Herausdrehen zur Beleuchtung beitragen können oder nicht. Eine Veränderung der Helligkeit durch verschiedene Spannungen ist nicht zu empfehlen, da sich hierdurch auch das Spektrum des abgestrahlten Lichts ändert und die Messergebnisse hierdurch verfälscht werden können. In den Experimenten wird das Beleuchtungsmodul direkt auf die Solarzellen aufgelegt. Hierbei ist darauf zu achten, dass es aufgrund der Erwärmung der Solarzelle durch die Wärmestrahlung nicht zu lange auf der Solarzelle steht. Zwischen den beiden Anschlüssen befindet sich ein Loch für das Laborthermometer mit dem für einzelne Experimente die Temperatur der Solarzelle bestimmt werden kann. 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.



Technische Daten:

Beleuchtungsmodul

Betriebsspannung: 0-12V

Maximalleistung: 4W

Maximale Beleuchtungsstärke: 200W/m²

Öffnung der Lichtquelle: 6x6cm

Stromversorgungsgerät

Ausgangsspannung: 0-12 V

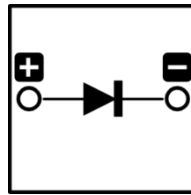
Ausgangsleistung: max. 24 W

Regelbar in 0,5 V Schritten per Touchbuttons

Überstromerkennung >2 A und Abschaltung

Eingangsspannung: 110-230 V, 50-60 Hz
(über beiliegendes Steckernetzteil)

Diodenmodul 1100-21



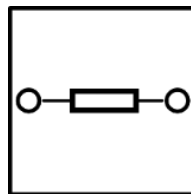
Technische Daten:

Schottkydiode

$U_{\text{fluss}} = 0,33 \text{ V}$

Maximaler Strom: 200 mA (500 mA Peak <1 s)

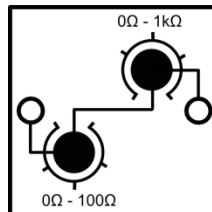
Widerstandsmodul 1100-22



Technische Daten:

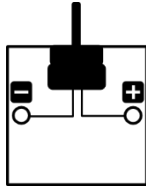
Maximalleistung: 2W

Potentiometermodul 1100-23



Das Potentiometermodul besteht aus einem 0-100Ω-Drehwiderstand und einem 0-1kΩ-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.

Getriebemodul (1100-24) mit Hakengewicht 20g (L2-05-024)



Technische Daten:

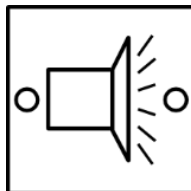
Anlaufstrom: $\cong 20\text{mA}$

Anlaufspannung: $\cong 0,35\text{V}$

Minimaler Betriebsstrom: 10mA

Maximalspannung: 4V

Hupenmodul 1100-25

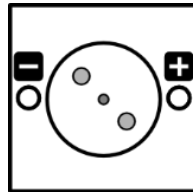


Technische Daten:

Startspannung: $0,7\text{V}$

Startstrom: $0,3\text{mA}$

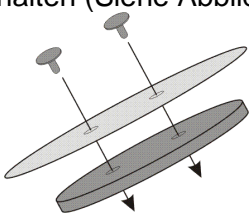
Motormodul ohne Getriebe (1100-27) mit Farbscheiben – Set 1 (1100-28)



Technische Daten:

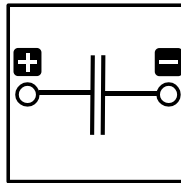
Anlaufstrom: 20mA
Anlaufspannung: 0,35V

Die enthaltenen Farbscheiben sind: Rot-Grün-Blau, Rot-Blau, Rot-Grün, Grün-Blau und 3 schwarz-weiß Farbscheiben. Gehalten werden die Farbscheiben auf dem Motormodul mittels einer Plastikscheibe. Diese enthält 2 Clips, die die Farbscheiben sicher auf der Plastikscheibe halten (Siehe Abbildung).



In der Mitte der Plastikscheibe befindet sich ein Loch, das auf den Stift des Motors aufgesteckt wird.

Kondensatormodul 1400-07



Das Kondensatormodul hat eine Kapazität von 220 mF und kann eine Maximalspannung von 2,5 V annehmen. Zum Aufladen sollte daher keine höhere Spannung als 2,5 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 angeschlossen werden. Anschließend kann die Spannungsquelle bei 0,5 V eingeschaltet und alle 10 s um 0,5 V erhöht werden. In der Endspannung sollte der Kondensator ca. 30 s aufgeladen werden.

Technische Daten:

Kapazität: 220 mF

Spannung: 2,5 V

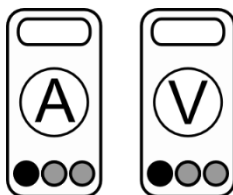
Satz Abdeckung f. Solarzelle 1100-29



Technische Daten:

Größe: 3x3cm

Digitalmultimeter L2-06-011



Das Multimeter ist mit den mitgelieferten Kabeln in der Lage, Wechsel- und Gleichspannungen, Stromstärke und Widerstände zu messen. Hierzu muss der jeweilige Messbereich mit dem Drehzeiger in der Mitte des Geräts ausgewählt werden. Die Einheit kann jeweils an der Beschriftung abgelesen werden. Für gewöhnlich werden die beiden Kabel an die linken Buchsen angeschlossen. Beträgt die Stromstärke mehr als 250mA müssen die beiden äußeren Buchsen genutzt werden, da sonst eine Sicherung das Gerät vor einem Überstrom schützt. Die mittlere Buchse ist mit einer defekten Sicherung nicht nutzbar. Durch das Öffnen des Multimeters über Schrauben auf der Rückseite kann die Sicherung gewechselt werden.

Laborthermometer L2-06-016



Technische Daten:

Flüssigkeit: Alkohol

Messbereich: -10 ... +110°C; 1°C Teilung

Luxmeter (L2-06-034)



Das Luxmeter misst die Beleuchtungsstärke bzw. den Gesamtlichtstrom pro Flächeneinheit. Für die Benutzung muss zunächst die blaue Kappe vom Detektor entfernt werden. Anschließend muss auf mit dem Drehregler ein Messbereich ausgewählt werden, um das Gerät einzuschalten. Zeigt die Anzeige dabei eine „1“, so ist der Messbereich zu niedrig gewählt. Für eine möglichst genaue Messung muss der Detektor senkrecht zur Lichtquelle ausgerichtet werden.

Technische Daten:

Gesamtmessbereich: 0.01 bis 50000 Lux

Digitalanzeige mit 3 ½ Stellen

Messbereiche: 200, 2000, 20000 (abgelesener Wert x 10), 50000 (abgelesener Wert x 100) Lux

Genauigkeit: $\pm 5\%$ < 10000 Lux, $\pm 10\%$ > 10000 Lux,

Messrate: 1,5 x pro Sekunde



1. Verstehen des leXsolar Stecksystems

Aufgabe

Untersuche verschiedene Schaltungen, um die leXsolar-Grundeinheit kennenzulernen.

Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- 3 kleine Solarzellen
- leXsolar-Motor
- 3 Messleitungen

Durchführung:

1. Baue die Schaltungen 1- 6 nacheinander auf und überprüfe, ob der Motor sich dreht.
2. Untersuche für jede Schaltung die Grundeinheit und zeichne den Schaltplan. Entscheide, ob es sich um eine Reihen- oder Parallelschaltung handelt.
3. Beschreibe die Energieumwandlungen und die physikalischen Prozesse während des Experiments mit Schaltung 1

Auswertung

Schaltung 1	Schaltung 2	Schaltung 3
<p>Dreht sich der Motor?</p> <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<p>Dreht sich der Motor?</p> <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<p>Dreht sich der Motor?</p> <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
<p>Es handelt sich um eine:</p> <input type="checkbox"/> Reihenschaltung <input type="checkbox"/> Parallelschaltung	<p>Es handelt sich um eine:</p> <input type="checkbox"/> Reihenschaltung <input type="checkbox"/> Parallelschaltung	<p>Es handelt sich um eine:</p> <input type="checkbox"/> Reihenschaltung <input type="checkbox"/> Parallelschaltung



1. Verstehen des leXsolar Stecksystems

Schaltung 4	Schaltung 5	Schaltung 6
<p>Dreht sich der Motor?</p> <p><input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p>	<p>Dreht sich der Motor?</p> <p><input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p>	<p>Dreht sich der Motor?</p> <p><input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p>
<p>Es handelt sich um eine:</p> <p><input type="checkbox"/> Reihenschaltung</p> <p><input type="checkbox"/> Parallelschaltung</p>	<p>Es handelt sich um eine:</p> <p><input type="checkbox"/> Reihenschaltung</p> <p><input type="checkbox"/> Parallelschaltung</p>	<p>Es handelt sich um eine:</p> <p><input type="checkbox"/> Reihenschaltung</p> <p><input type="checkbox"/> Parallelschaltung</p>

3.

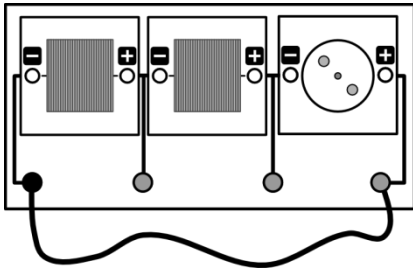


2.1 Der Grundaufbau für Farbscheibenexperimente

Aufgabe

Untersuche die optische Täuschung der Farbscheibe

Aufbau



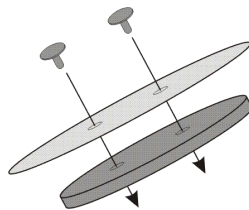
Benötigte Geräte

- 1 leXsolar-Grundeinheit
- 1 große Solarzelle
- 1 großes Solarmodul
- 1 Motormodul
- 1 Messleitung

Durchführung

Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf.

Auf den Motor wird nun die Rotationsscheibe gesteckt. Gehalten wird die Pappscheibe durch zwei farbige Kunststoffclips.

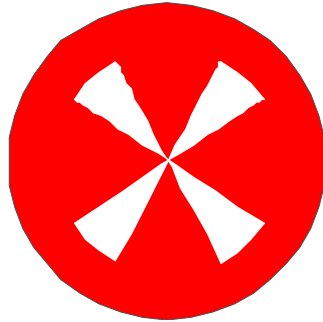


Wenn nötig, kannst du zum Lösen der Clips von der Rotationsscheibe einen Stecker zu Hilfe nehmen. Drücke den Stecker dazu vorsichtig von unten gegen den Clip.



2.2 Farbeigenschaften

Pappscheibe



Durchführung:

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.

Farbton: Welche Farbe hat die Scheibe? _____

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

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



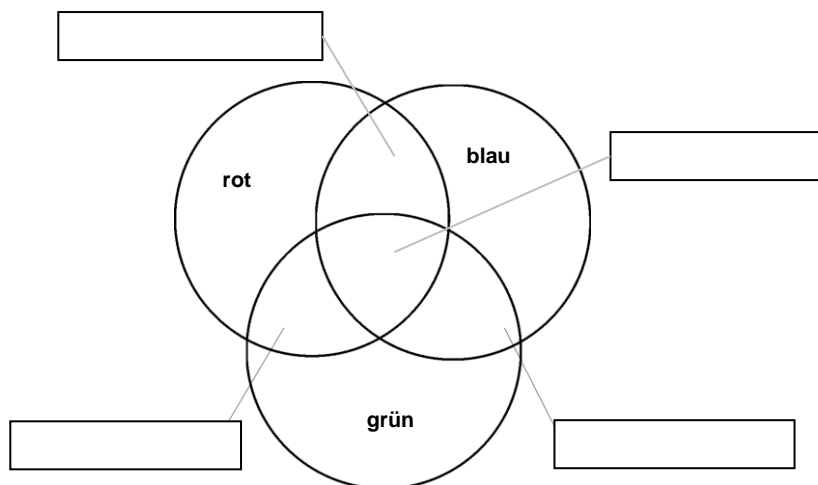
grün-rot-blau



So geht`s:

Die Kreisstücke der verschiedenen Scheiben haben unterschiedliche Farben, wenn die Scheibe still steht. Lasse die Farbscheiben schnell drehen, damit sich die Farben vermischen.

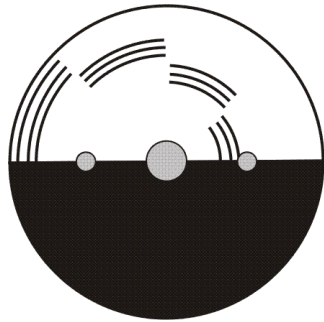
Male nun in der Zeichnung unten die einzelnen Bereiche aus. Fange mit den reinen Farben rot, grün und blau an. Male danach mit Hilfe deiner Beobachtungen an den Farbscheiben die vier Mischbereiche aus. Beschrifte die markierten Bereiche!





2.4 Optische Täuschungen mit der Benham-Scheibe

Pappscheibe



So geht's:

Notiere deine Beobachtungen auf der Scheibe.



2.5 Optische Täuschungen mit der Relief-Scheibe

Pappscheibe



So geht`s:

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!



3.1 Der Einfluss der diffusen Strahlung auf die Solarzellenleistung (qualitativ)

Aufgabe

Untersuche den Einfluss diffuser Strahlung auf die Leistung von Solarzellen.

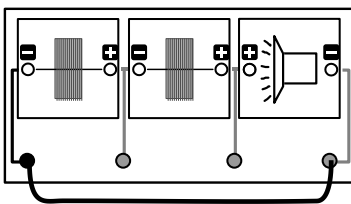
Vorbemerkungen

Direkte und diffuse Strahlung:

Es ist auch dann hell im Klassenzimmer, wenn die Sonne nicht direkt hinein scheint. Das liegt daran, dass es zwei verschiedene Strahlungsarten gibt. Einerseits die Strahlung, welche direkt von der Sonne ausgesandt wird, die direkte Strahlung und andererseits die indirekte Strahlung. Die indirekte Strahlung entsteht, wenn das Sonnenlicht in die Atmosphäre eintritt und gestreut wird. Diese gestreute Strahlung sorgt dafür, dass tagsüber der gesamte Himmel hell ist und nicht nur die Richtung, in der die Sonne steht. Diese indirekte Strahlung wird als diffuse Strahlung bezeichnet.

Dieses Experiment funktioniert nur im Freien bei Sonnenschein oder direkt am Fenster bei Sonnenschein.

Aufbau



Benötigte Geräte

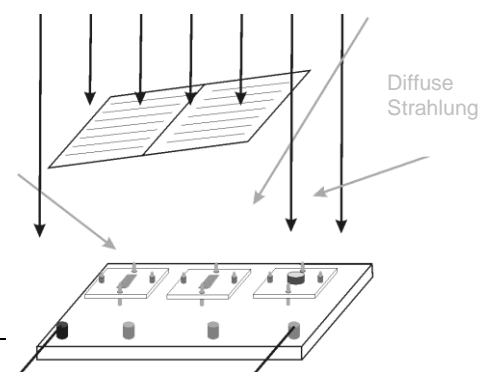
- leXsolar-Grundeinheit
- 2 kleine Solarzellen
- leXsolar-Hupenmodul
- 1 Messleitung

Zusätzlich benötigt:
- Zeitung

Durchführung

Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf. Um nun die diffuse Strahlung zu „messen“, musst du die direkte Strahlung ausblenden. Lege dazu die Grundeinheit auf den Boden und nicht in die Nähe einer Hauswand oder eines Baumes. Stelle dich nun neben die Grundeinheit und halte die Zeitung so in Kopfhöhe, dass der Schatten auf die Solarzellen fällt. Achte darauf, dass wirklich nur die direkte Strahlung abgeschirmt wird. Notiere deine Beobachtungen.

Direktes Sonnenlicht



Auswertung

Ziehe Rückschlüsse auf den Einfluss der diffusen Strahlung auf die Leistung der Solarzelle.



3.2 Der Einfluss der diffusen Strahlung auf die Solarzellenleistung (qualitativ)

Aufgabe

Untersuche den Einfluss direkter Sonnenstrahlung auf die Leistung von Solarzellen.

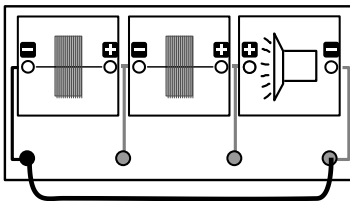
Vorbemerkungen

Direkte und diffuse Strahlung:

Es ist auch dann hell im Klassenzimmer, wenn die Sonne nicht direkt hinein scheint. Das liegt daran, dass es zwei verschiedene Strahlungsarten gibt. Einerseits die Strahlung, welche direkt von der Sonne ausgesandt wird, die direkte Strahlung und andererseits die indirekte Strahlung. Die indirekte Strahlung entsteht, wenn das Sonnenlicht in die Atmosphäre eintritt und gestreut wird. Diese gestreute Strahlung sorgt dafür, dass tagsüber der gesamte Himmel hell ist und nicht nur die Richtung, in der die Sonne steht. Diese indirekte Strahlung wird als diffuse Strahlung bezeichnet.

Dieses Experiment funktioniert nur im Freien bei Sonnenschein oder direkt am Fenster bei Sonnenschein.

Aufbau



Benötigte Geräte

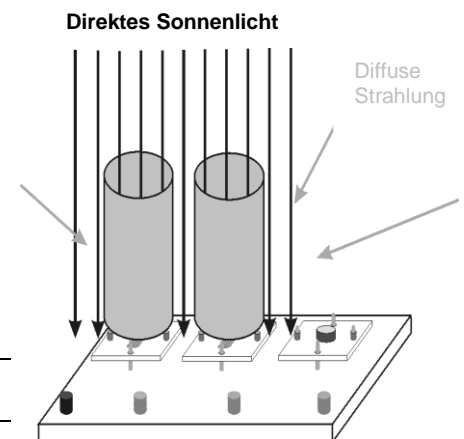
- leXsolar-Grundeinheit
- 2 kleine Solarzellen
- leXsolar-Hupenmodul
- 1 Messleitung

Zusätzlich benötigt:

- Zeitung
- Klebeband

Durchführung

Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf. Um nun die direkte Strahlung zu „messen“, musst du die diffuse Strahlung ausblenden. Nimm dazu zwei Zeitungsblätter und rolle sie so zusammen, dass zwei Röhren entstehen. Die Durchmesser dieser Röhren müssen so groß sein, dass jeweils eine Solarzelle abgeschirmt werden kann. Haltbarer werden deine Röhren durch das Klebeband. Ein Experimentierpartner hält nun die Röhren so, dass das Sonnenlicht längs hindurch treten kann. Notiere deine Beobachtungen.



Auswertung

Erkläre das Verhalten der Hupe.

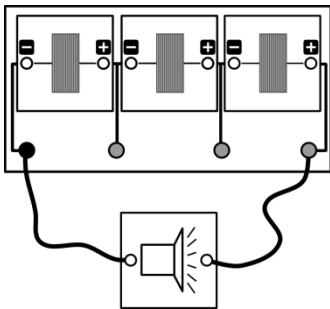


3.3 Der Intensität der Albedostrahlung von verschiedenen Stoffen (qualitativ)

Aufgabe

Untersuche die Intensität der Albedostrahlung bei verschiedenen Stoffen

Aufbau

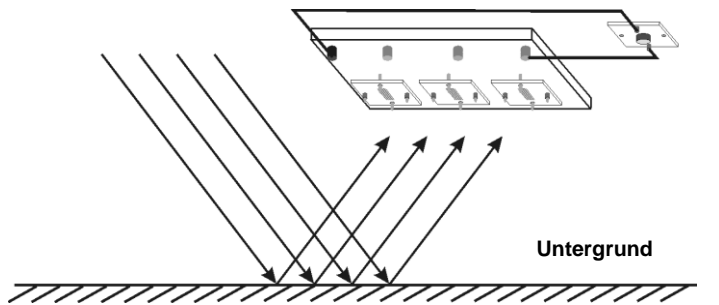


Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- 3 kleine Solarzellen
- leXsolar-Hupenmodul
- 2 Messleitungen

Durchführung:

Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf. Halte die leXsolar-Grundeinheit senkrecht nach unten über dem Boden. Auch auf diese Weise fällt noch Licht auf die Solarzellen, nämlich die Einstrahlung von unten. Die Einstrahlung von unten ist jene Strahlung, die vom Boden reflektiert wird. Dabei reflektiert jeder Untergrund unterschiedlich stark. Man bezeichnet diese Eigenschaft als die Albedo. Die Lautstärke deiner Hupe hängt also von der Albedo des Untergrundes ab. Nutze folgende Tabelle, um die Albedo verschiedener Untergründe zu bestimmen.



Untergrund	Lautstärke												
Asphalt	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25%; height: 20px;"></td> <td style="width: 25%; height: 20px;"></td> <td style="width: 25%; height: 20px;"></td> <td style="width: 25%; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td>kein</td> <td>leises</td> <td><</td> <td>lautes</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Geräusch</td> </tr> </table>					kein	leises	<	lautes	Geräusch			
kein	leises	<	lautes										
Geräusch													
Betonboden	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25%; height: 20px;"></td> <td style="width: 25%; height: 20px;"></td> <td style="width: 25%; height: 20px;"></td> <td style="width: 25%; height: 20px;"></td> </tr> </table>												
Rasen	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25%; height: 20px;"></td> <td style="width: 25%; height: 20px;"></td> <td style="width: 25%; height: 20px;"></td> <td style="width: 25%; height: 20px;"></td> </tr> </table>												
Wasser	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25%; height: 20px;"></td> <td style="width: 25%; height: 20px;"></td> <td style="width: 25%; height: 20px;"></td> <td style="width: 25%; height: 20px;"></td> </tr> </table>												
Sand	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25%; height: 20px;"></td> <td style="width: 25%; height: 20px;"></td> <td style="width: 25%; height: 20px;"></td> <td style="width: 25%; height: 20px;"></td> </tr> </table>												

Auswertung

Erläutere, welche Objekteigenschaften eine hohe bzw. niedrige Albedostrahlung verursachen.

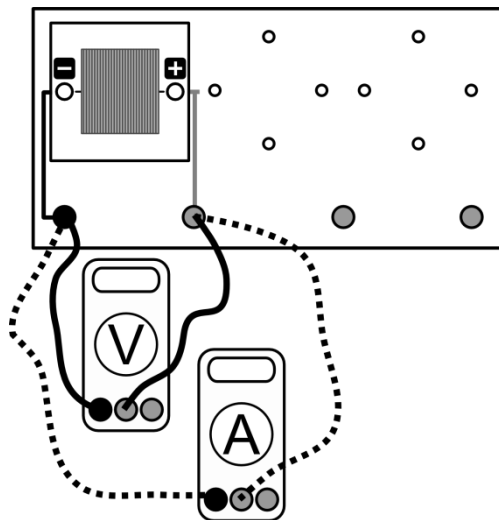


4. Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der beleuchteten Fläche

Aufgabe

Miss Spannung und Stromstärke und bestimme daraus die Leistung einer Solarzelle bei unterschiedlich großer aktiver Oberfläche! Benenne den Zusammenhang zwischen der Fläche und diesen drei Größen.

Aufbau



Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- 1 große Solarzelle
- 1 Spannungsmessgerät
- 1 Strommessgerät
- Solarzellenabdeckungen (schwarze Kunststoffplättchen)

Vorbemerkung

Bei diesem Experiment wird eine Leistung aus der Kurzschlussstromstärke und der Leerlaufspannung berechnet. Diese Leistung ist eine fiktive Leistung und entspricht nicht der Maximalleistung der Solarzelle. Sie wird jedoch verwendet, da die Ermittlung der Maximalleistung ohne technische Hilfsmittel aufwändig ist. Im Rahmen dieses Experiments führt der Vergleich der fiktiven Leistungen zum gleichen Ergebnis, wie der Vergleich der Maximalleistungen.

Durchführung

1. Baue die Schaltung entsprechend dem Schaltplan auf!
2. Miss an der Solarzelle nacheinander Leerlaufspannung und Kurzschlussstromstärke, da diese nicht gleichzeitig gemessen werden können!
3. Wiederhole diese Messung mit der Solarzelle, wenn sie zu 3/4, zur Hälfte, zu 1/4 und vollständig mit den Abdeckplättchen zugedeckt ist!
4. Erfasse alle Messwerte in einer Tabelle!

Auswertung

1. Berechne aus den Messwerten die jeweilige Leistung P der Solarzelle!
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.

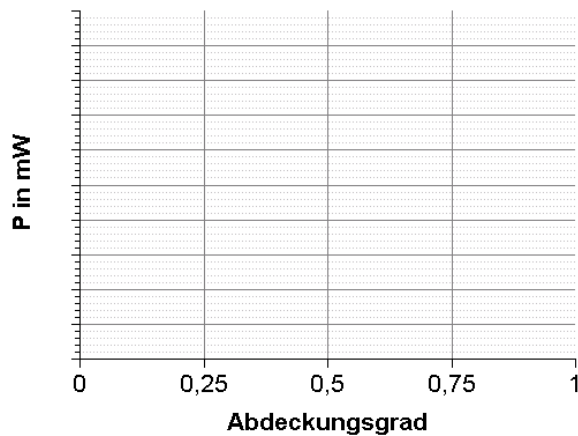
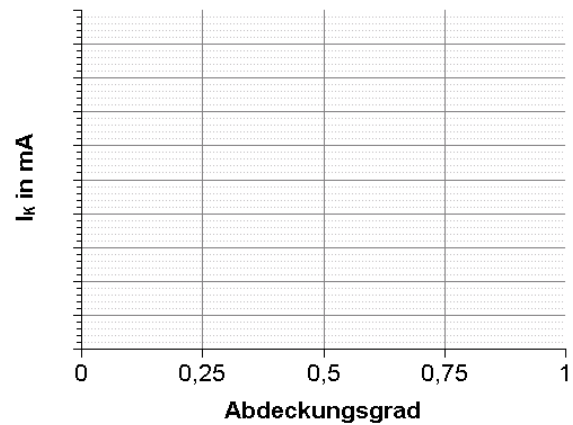
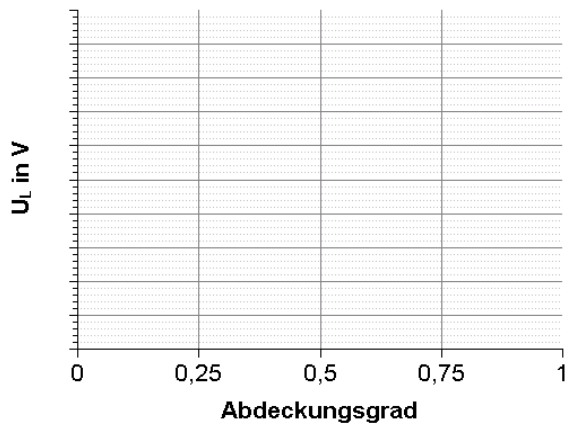


4. Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der beleuchteten Fläche

Messwerte

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

Diagramme



Auswertung

3. Zusammenhang zwischen...

... Spannung und Fläche: _____

... Stromstärke und Fläche: _____

... Leistung und Fläche: _____



4. Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der beleuchteten Fläche

Auswertung

4.

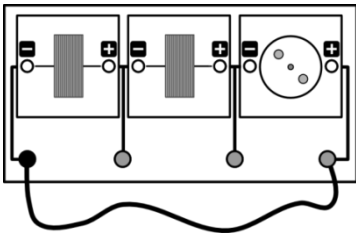


5.1 Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung vom Einfallswinkel des Lichts (qualitativ)

Aufgabe

Untersuche das Verhalten des Motors in Abhängigkeit vom Einstrahlwinkel.

Aufbau

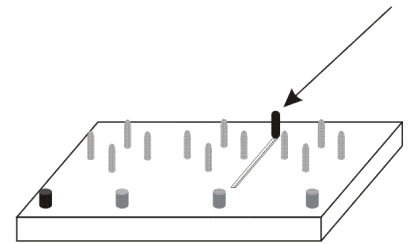


Benötigte Geräte

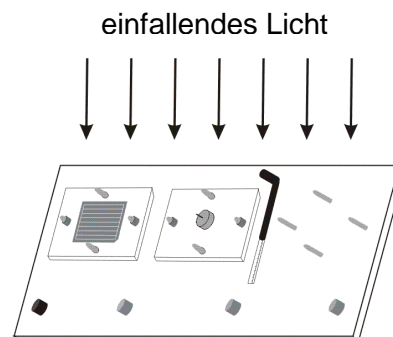
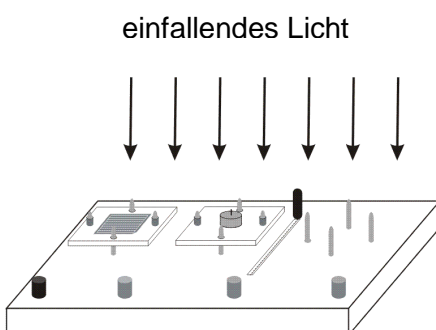
- leXsolar-Grundeinheit
- 2 kleine Solarzellen
- Motor
- 1 Messleitung

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!)





5.1 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.

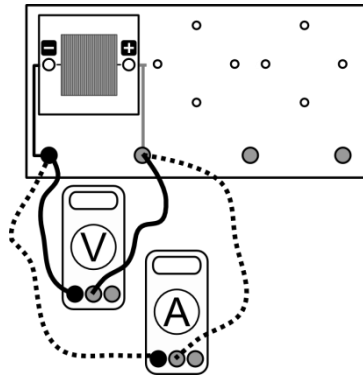


5.2 Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung vom Einfallswinkel des Lichts (quantitativ)

Aufgabe

Nimm Kurzschlussstromstärke und Leerlaufspannung des Solarmoduls in Abhängigkeit vom Einfallswinkel des Lichtes auf.

Aufbau



Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- 1 große Solarzelle
- 1 Strommessgerät
- 1 Spannungsmessgerät
- Kabel

Vorbemerkung

Bei diesem Experiment wird eine Leistung aus der Kurzschlussstromstärke und der Leerlaufspannung berechnet. Diese Leistung ist eine fiktive Leistung und entspricht nicht der Maximalleistung des Solarmoduls. Sie wird jedoch verwendet, da die Ermittlung der Maximalleistung ohne technische Hilfsmittel aufwändig ist. Im Rahmen dieses Experiments führt der Vergleich der fiktiven Leistungen zum gleichen Ergebnis, wie der Vergleich der Maximalleistungen.

Durchführung

1. Halte die leXsolar-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 leXsolar-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 zu den gegebenen Winkeln α nacheinander die Kurzschlussstromstärke und Leerlaufspannung, da diese nicht gleichzeitig gemessen werden können. Erfasse die Messwerte in einer Tabelle! Achte hierbei darauf, dass sich der Abstand zwischen Lichtquelle und Grundeinheit nicht ändert.

Auswertung

1. Berechne den Kosinus der Einfallswinkel und die fiktive Leistung aus Kurzschlussstromstärke und Leerlaufspannung.
2. Zeichne das P- bzw. $I_K - \cos \alpha$ - 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 2 gesehen!

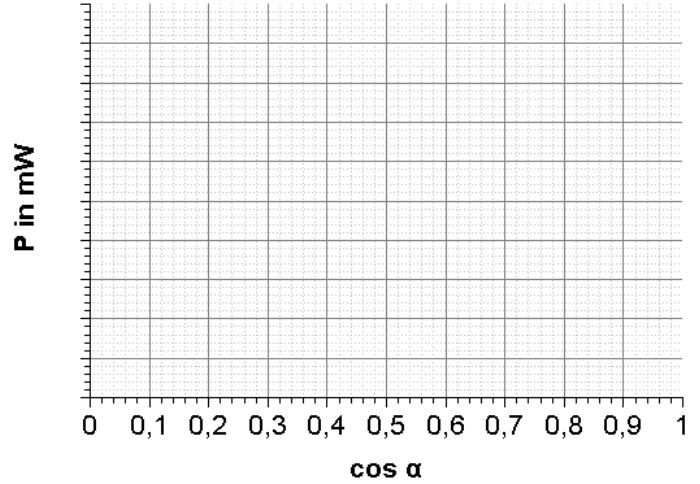
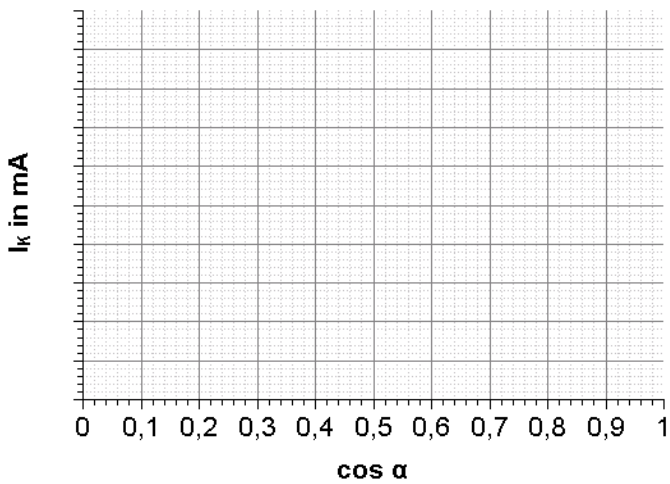


5.2 Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung vom Einfallswinkel des Lichts (quantitativ)

Messwerte

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

Diagramme



Auswertung

3.

4.

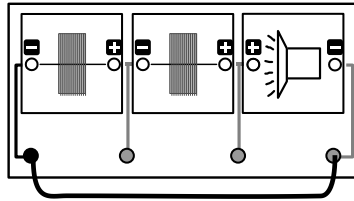


6.1 Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Beleuchtungsstärke 1 (qualitativ)

Aufgabe

Untersuche das Verhalten der Hupe bei unterschiedlichen Beleuchtungen

Aufbau



Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- 2 kleine Solarzellen
- leXsolar-Hupenmodul
- 1 Messleitung

Durchführung

1. Stecke eine Reihenschaltung aus zwei Solarzellen und dem Hupenmodul auf wie im Schaltplan oben dargestellt.
2. Gehe zu der Wand, die dem Fenster gegenüber liegt. Halte den Aufbau vor dich mit den Solarzellen von dir und nähere dich von dort aus langsam dem Fenster.
3. Notiere deine Beobachtungen

4. Decke nun einen Teil (z.B. die Hälfte) beider Solarzellen mit deiner Hand zu. Notiere deine Beobachtungen noch einmal

Auswertung

1. Ziehe Schlussfolgerungen über die Leistung einer Solarzelle in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke.

2. Ziehe Schlussfolgerungen für die Nutzung realer Solarkraftanlagen.

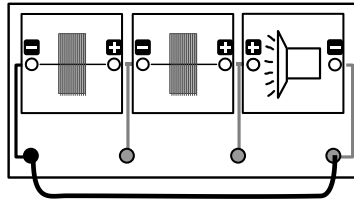


6.2 Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Beleuchtungsstärke 2 (qualitativ)

Aufgabe

Untersuche das Verhalten der Hupe bei einer nahen und fernen Lichtquelle

Aufbau



Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- 2 kleine Solarzellen
- leXsolar-Hupenmodul
- 1 Messleitung

Zusätzlich benötigt:
- 1 Lampe

Durchführung

1. Stecke eine Reihenschaltung aus den zwei Solarzellen und dem Hupenmodul auf, wie im Schaltplan oben dargestellt.
2. Nähere die Solarzellen einer Lampe (Achte dabei darauf, dass die Solarzellen gleichmäßig beleuchtet werden). Entferne die Solarzellen wieder ein Stück und notiere deine Beobachtungen.

Führe das gleiche Experiment im Freien mit der Sonne anstelle der Lampe durch. Notiere deine Erwartungen, wenn sich die Solarzellen der Sonne nähern.

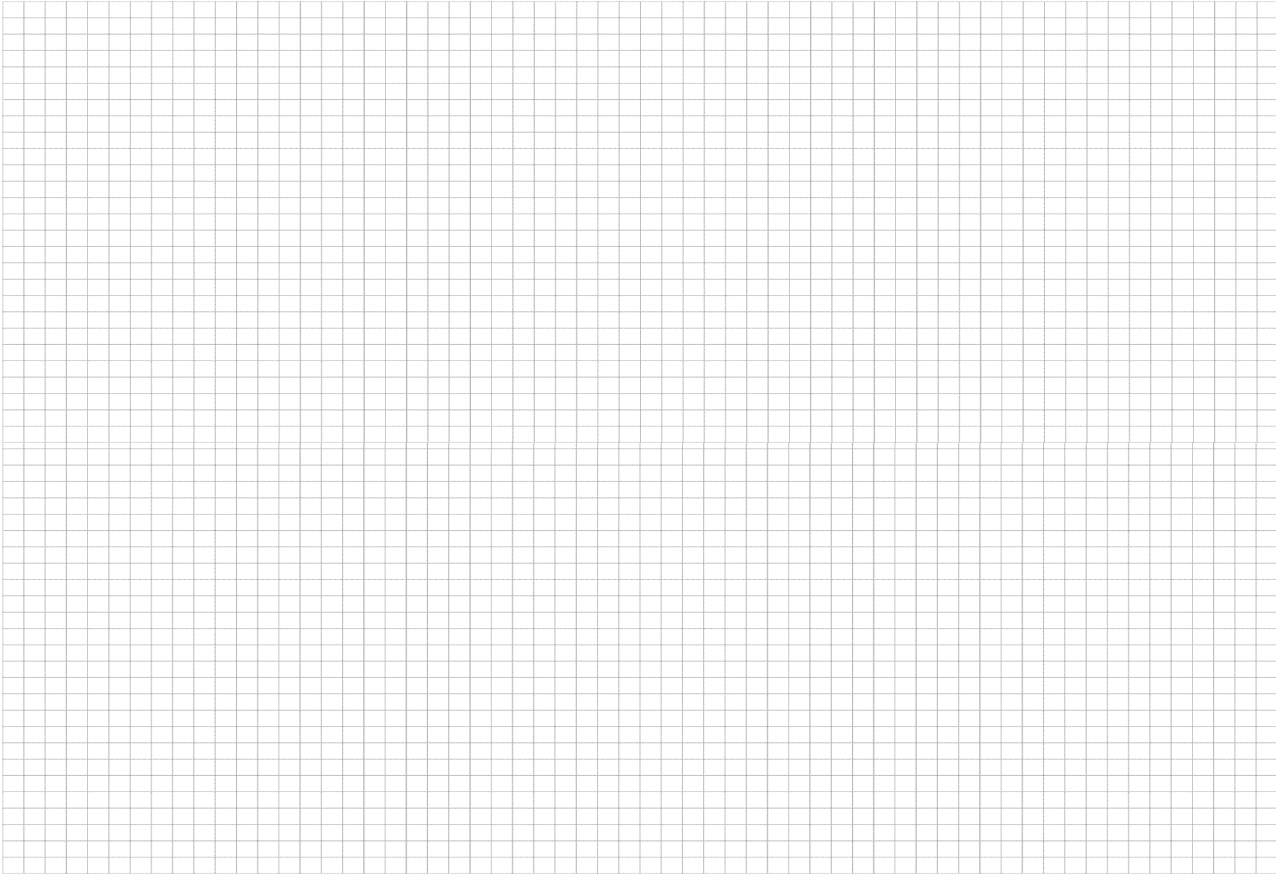
Beschreibe das Verhalten der Hupe während des Experiments.



6.2 Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Beleuchtungsstärke 2 (qualitativ)

Auswertung

Erkläre dieses Verhalten anhand des Lichtstrahlenmodells. Fertige dazu für beide Versuche eine Skizze an!
Hinweis: Beachte die Entfernung Sonne-Solarzelle im Vergleich zur Entfernung Lampe-Solarzelle!



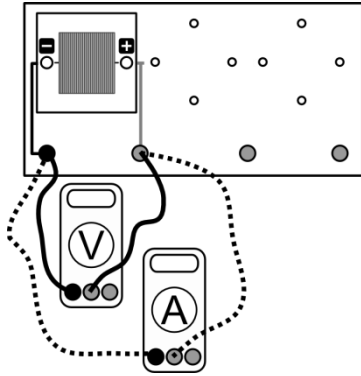


6.3 Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Beleuchtungsstärke 1 (quantitativ)

Aufgabe

Bestimme die Leistung einer Solarzelle bei unterschiedlich starker Beleuchtung!

Aufbau



Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- leXsolar-Beleuchtungsmodul
- 1 große Solarzelle
- 1 Strommessgerät
- 1 Spannungsmessgerät
- 1 PowerModul (9V)

Vorbemerkungen

Bei diesem Experiment wird eine Leistung aus der Kurzschlussstromstärke und der Leerlaufspannung berechnet. Diese Leistung ist eine fiktive Leistung und entspricht nicht der Maximalleistung der Solarzelle. Sie wird jedoch verwendet, da die Ermittlung der Maximalleistung ohne technische Hilfsmittel aufwändig ist. Im Rahmen dieses Experiments führt der Vergleich der fiktiven Leistungen zum gleichen Ergebnis, wie der Vergleich der Maximalleistungen.

Die Beleuchtungsstärke darf nicht über die Spannung an den Lampen geändert werden, da sich hierdurch das Spektrum ändert und es zu Messfehlern kommen kann.

Das Beleuchtungsmodul sollte nicht zu lange auf der Solarzelle stehen, da ein Temperaturanstieg der Solarzelle die Messwerte verfälscht.

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf.
2. Schalte das Beleuchtungsmodul über das PowerModul bei einer Spannung von 9V ein mit einer der vier Lampen ein.
3. Miss nacheinander Kurzschlussstromstärke und Leerlaufspannung des Solarmoduls!
4. Wiederhole die Messung mit 2, 3 und 4 Lampen im leXsolar-Beleuchtungsmodul! Erfasse alle Messwerte in einer Tabelle!

Auswertung

1. Errechne die Leistung des Solarmoduls für jede Lampenanzahl!
2. Zeichne das n - P -Diagramm (n ...Anzahl der Lampen)!
3. Benenne den Zusammenhang zwischen Modulleistung und Beleuchtungsstärke.

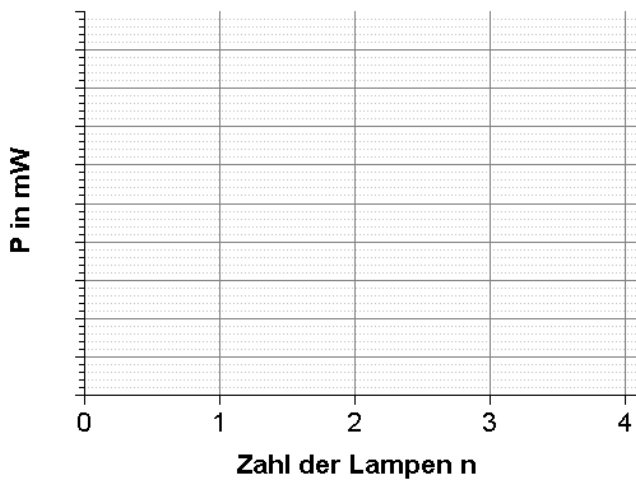


6.3 Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Beleuchtungsstärke 1 (quantitativ)

Messwerte

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

Diagramme



Auswertung

Je höher die Beleuchtungsstärke, desto _____ die Leistung.

Der Zusammenhang zwischen Beleuchtungsstärke und Leistung ist _____

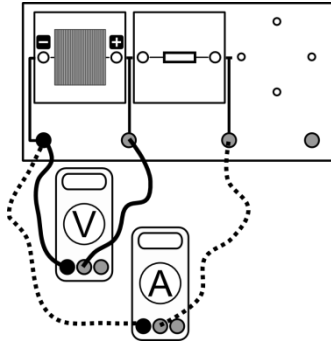


7. Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Temperatur

Aufgabe

Nimm die Leistung einer Solarzelle in Abhängigkeit ihrer Temperatur auf!

Aufbau



Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- leXsolar-Beleuchtungsmodul
- 1 große Solarzelle
- leXsolar-Widerstandsmodul
- 1 Strommessgerät
- 1 Spannungsmessgerät
- 1 Laborthermometer
- 1 PowerModul (12V)
- Kabel

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf. Schraube alle 4 Glühlämpchen in das leXsolar-Beleuchtungsmodul. Stelle das Beleuchtungsmodul auf die Solarzelle und schiebe das Thermometer durch die vorgesehene Bohrung, bis es auf der Zelle aufsitzt. Verbinde das Beleuchtungsmodul mit dem PowerModul (12V).
2. Schalte das PowerModul ein! Lies sofort Temperatur, Spannung und Stromstärke ab und trage die Werte in eine Tabelle beim gerade gemessenen Temperaturwert ein!
3. Miss nun die Spannung und Stromstärke ab einer Temperatur von 25°C jeweils alle 5°C ab und trage die Werte in die Tabelle ein. Beende die Messung bei 60°C.

Auswertung

1. Errechne die jeweilige Leistung P aus den Messwerten.
2. Beschreibe, wie sich die Spannung, Stromstärke und Leistung in Abhängigkeit von der Temperatur ändert.



7. Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Temperatur

Messwerte

ϑ (°C)		25	30	35	40
U (V)					
I (mA)					
P (mW)					

ϑ (°C)	45	50	55	60
U (V)				
I (mA)				
P (mW)				

Auswertung

2.

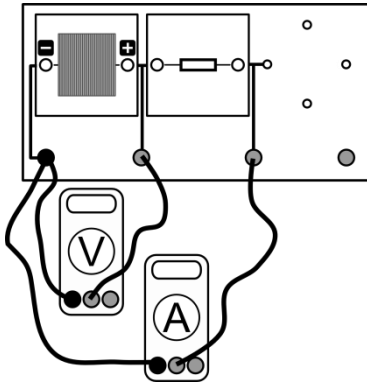


8. Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Frequenz des einfallenden Lichts

Aufgabe

Untersuche den Zusammenhang zwischen der Leistung der Solarzelle und der Frequenz des einfallenden Lichtes.

Aufbau



Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- 1 große Solarzelle
- 1 Strommessgerät
- 1 Spannungsmessgerät
- leXsolar-Widerstandmodul
- Satz Farbfilter
- leXsolar-Beleuchtungsmodul
- PowerModul (5V)

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf. Lege den roten Farbfilter zwischen Beleuchtungsmodul und Solarzelle und schalte das Beleuchtungsmodul bei einer Spannung von 5V ein.
2. Miss die Spannung und die Stromstärke und erfasse die Messwerte in einer Tabelle.
3. Wiederhole die Messung für den blauen und gelben Farbfilter.

Auswertung

1. Berechne die Energie eines Photons und die Leistung der Solarzelle im jeweiligen Wellenlängenbereich!
2. Vergleiche die Energie der Photonen und die Leistung der Solarzelle. (Hinweis: Die Intensität der jeweiligen Wellenlänge ist bei allen Farbfiltern gleich.)
3. Erkläre diesen Effekt.

Messwerte

Farbfilter	rot	gelb	blau
λ	650 ... 800 nm	550 ... 700 nm	400 ... 550 nm
E_{Photonen} (eV)			
U (V)			
I (mA)			
$P=U \cdot I$ (mW)			



8. Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Frequenz des einfallenden Lichts

Auswertung

2.

3.

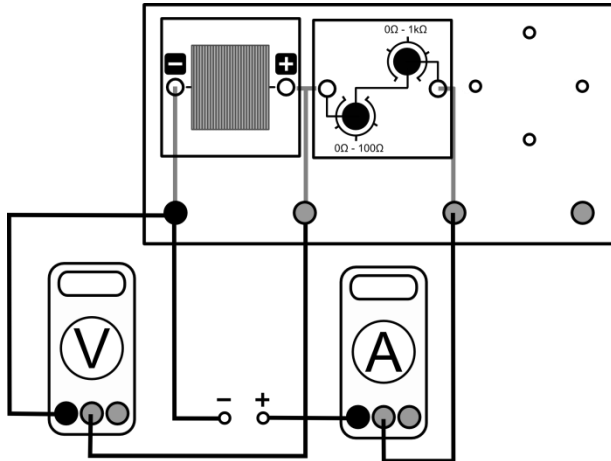


9.1 Die Dunkelkennlinie einer Solarzelle

Aufgabe

Nimm die Dunkelkennlinie der Solarzelle auf!

Aufbau



Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- 1 große Solarzelle
- 1 Spannungsmessgerät
- 1 Strommessgerät
- Solarzellenabdeckungen (schwarze Plättchen)
- 1 Potentiometermodul
- PowerModul (2V)

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf. Decke die Solarzelle vollständig ab. Stelle den maximalen Widerstand auf dem Potentiometer ein. Stelle eine Spannung von 2V am PowerModul ein.
2. Stelle durch verschiedene Spannungswerte am PowerModul und durch verschiedene Widerstände am Potentiometer, unterschiedliche Spannungen an der Solarzelle ein. Miss zu verschiedenen Spannungen die zugehörige Stromstärke.
3. Tausche die Polarität des PowerModuls und wiederhole die Messung

Auswertung

1. Zeichne das U - I -Diagramm der Solarzelle!
2. Beschreibe das Diagramm.
3. Erkläre das Diagramm.



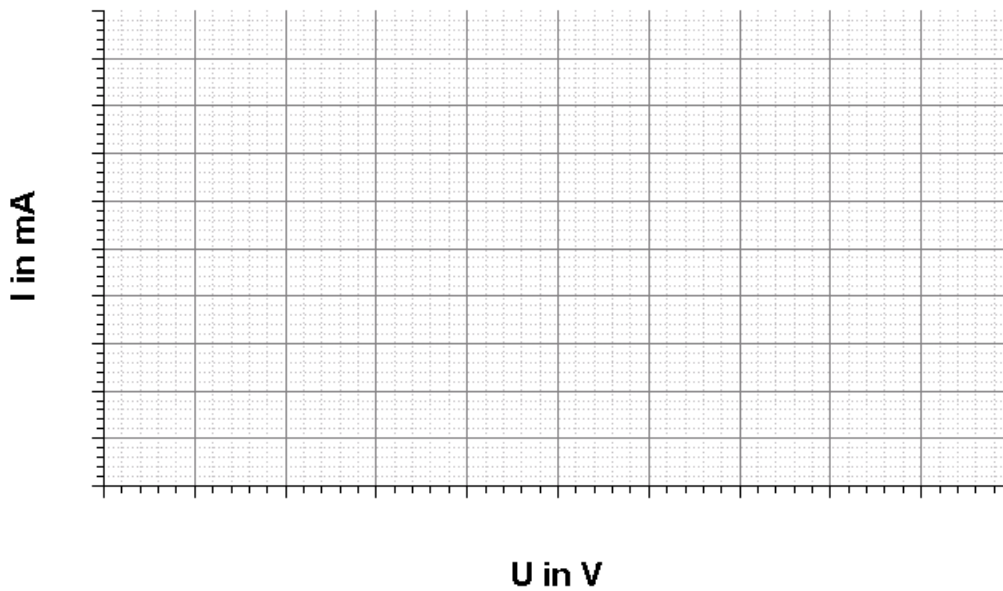
9.1 Die Dunkelkennlinie einer Solarzelle

Messwerte

U (V)											
I (mA)											

U (V)											
I (mA)											

Diagramme



Auswertung

1.

2.

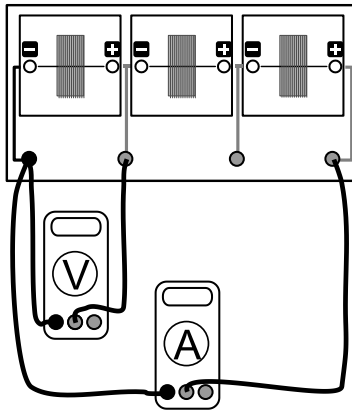


9.2 Der Innenwiderstand einer Solarzelle bei Sperr- und Durchlassrichtung bzw. Abdunkelung und Beleuchtung

Aufgabe

Untersuche den Innenwiderstand einer Solarzelle bei Sperr- und Durchlassrichtung bzw. Abdunkelung und Beleuchtung.

Aufbau



Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- 3 kleine Solarzellen
- 1 Spannungsmessgerät
- 1 Strommessgerät
- 1 Abdeckung für Solarzelle

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf.
2. Ermittle den Widerstand von Solarzelle 1 bei unterschiedlicher Polung und bei einer Abdunkelung durch die schwarzen Plättchen.
3. Führe die Messungen analog ohne Abdunkelung und bei gleicher Beleuchtung durch! Erfasse alle Messwerte in einer Tabelle!

Hinweis: Ein Polaritätswechsel wird durch Drehung der Zelle um 180° erreicht. Nutze die Solarzellen 2 und 3 als Spannungsquelle zur Widerstandsermittlung!

Auswertung

1. Beschreibe das Verhalten des Innenwiderstandes bei Sperr- und Durchlassrichtung der Solarzelle. Unterscheide, ob die Zelle abgedunkelt wurde oder nicht.







Zusatz:

2. Erkläre den Unterschied im Hinblick auf den Aufbau und die Funktionsweise einer Diode bzw. Solarzelle!



9.2 Der Innenwiderstand einer Solarzelle bei Sperr- und Durchlassrichtung bzw. Abdunkelung und Beleuchtung

Messwerte

	Ohne Abdeckung			Mit Abdeckung		
						
U (V)						
I (mA)						
$R=U/I$ (Ω)						

Auswertung

1.

2.

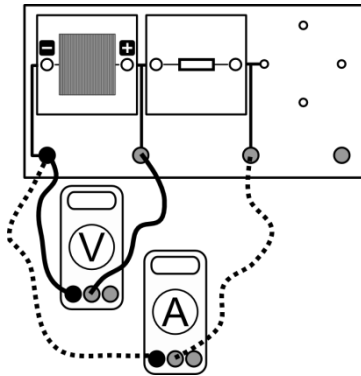


10.1 Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Last

Aufgabe

Bestimme die Leistung eines Solarmoduls bei unterschiedlichen Verbrauchern.

Aufbau



Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- leXsolar-Beleuchtungsmodul
- 1 großes Solarmodul
- 1 Strommessgerät
- 1 Spannungsmessgerät
- 1 Widerstandsmodul
- 1 Hupenmodul
- 1 Motormodul
- 1 PowerModul (9V)

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf. Schalte das Beleuchtungsmodul bei einer Spannung von 9V ein. Stecke zunächst das Widerstandsmodul auf.
2. Miss die Stromstärke und die Spannung der Solarzelle.
3. Wiederhole die Messung mit dem Hupen- und dem Motormodul. Erfasse alle Messwerte in einer Tabelle.

Auswertung

1. Berechne die Leistung des Solarmoduls und den Widerstand des Verbrauchers für jeden Verbraucher.
2. Vergleiche die Leistung der Solarzelle bei den verschiedenen Verbrauchern. Ziehe Rückschlüsse zwischen Widerstand und Leistung.

Messwerte

	Widerstand 33 Ω	Motormodul	Hupe
U (V)			
I (mA)			
$P=U \cdot I$ (mW)			
$R=U/I$ (Ω)			



10.1 Die Abhängigkeit der Solarzellenleistung von der Last

Auswertung

2.

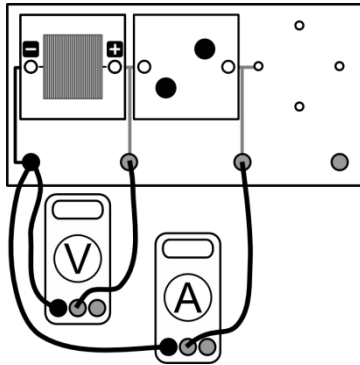


10.2 Die U-I-Kennlinie und der Füllfaktor einer Solarzelle

Aufgabe

Nimm die U - I -Kennlinie der Solarzelle auf!

Aufbau



Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- 1 große Solarzelle
- 1 Spannungsmessgerät
- 1 Strommessgerät
- leXsolar-Potentiometermodul
- leXsolar-Beleuchtungsmodul
- 1 PowerModul (5V)

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 ein.
2. Gib dir sinnvolle Werte für die Spannung vor und miss für diese jeweils die Stromstärke! Verändere dazu zunächst den $1\text{k}\Omega$ -Widerstand, danach den 100Ω -Widerstand!
3. Miss ohne Potentiometer ebenfalls die Leerlaufspannung und Kurzschlussstromstärke!
4. Erfasse alle Messwerte in einer Tabelle!

Auswertung

1. Zeichne das U - I -Diagramm der Solarzelle!
2. Berechne zu jedem Messpunkt die jeweilige Leistung der Solarzelle und zeichne in das gleiche Diagramm die U - P -Kennlinie.
3. Beschreibe die 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.
6. Der Füllfaktor FF ist der Quotient aus dem Produkt der Spannung und Stromstärke bei maximaler Leistung und dem Produkt der Leerlaufspannung und der Kurzschlussstromstärke. Berechne den Füllfaktor.
7. Berechne näherungsweise den Wirkungsgrad der Solarzelle, wenn diese am MPP arbeitet. (Hinweis: Die Kurzschlussstromstärke der Solarzelle beträgt bei einer Bestrahlungsleistung von $1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ 840 mA . Beide Größen sind proportional zueinander.)

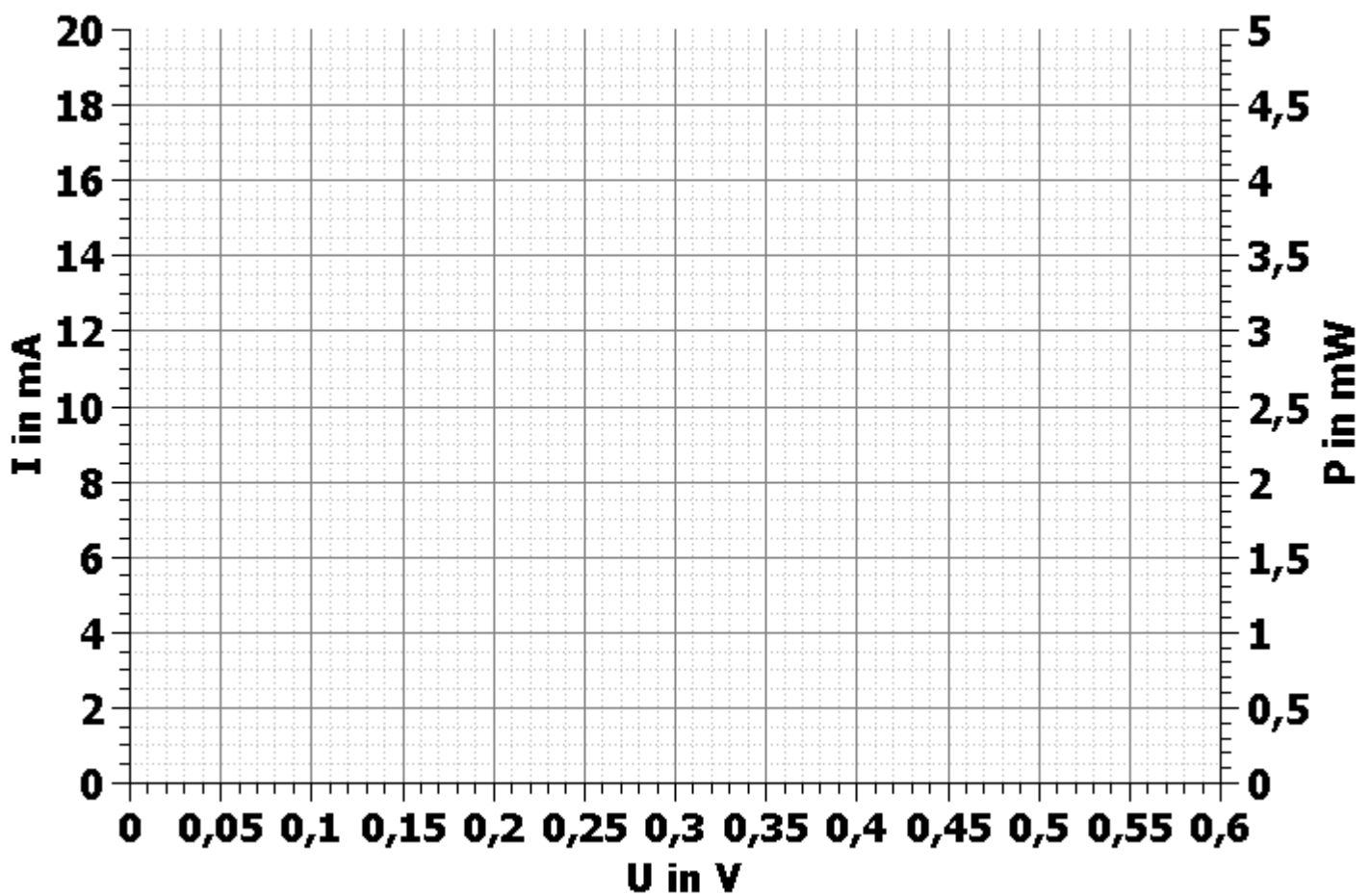


10.2 Die U-I-Kennlinie und der Füllfaktor einer Solarzelle

Messwerte

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

Diagramme



Auswertung

3.



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

4.

5.

6.

7.

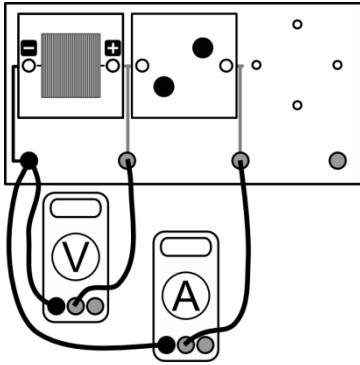


10.3 Die U-I-Kennlinie einer Solarzelle in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke

Aufgabe

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

Aufbau



Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- 1 große Solarzelle
- 1 Spannungsmessgerät
- 1 Strommessgerät
- leXsolar-Potentiometermodul
- leXsolar-Beleuchtungsmodul
- 1 PowerModul (5V)

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 den größtmöglichen Widerstand auf dem Potentiometermodul ein.
3. Miss für verschiedene Widerstände die Spannung und die Stromstärke der Solarzelle. Miss ebenfalls die Leerlaufspannung und die Kurzschlussstromstärke.
4. Wiederhole die Messung für 2, 3 und 4 Lampen.
5. Berechne die Leistung zu den verschiedenen Messpunkten.

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)										

Mit drei Glühlampen:

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



10.3 Die U-I-Kennlinie einer Solarzelle in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke

Messwerte

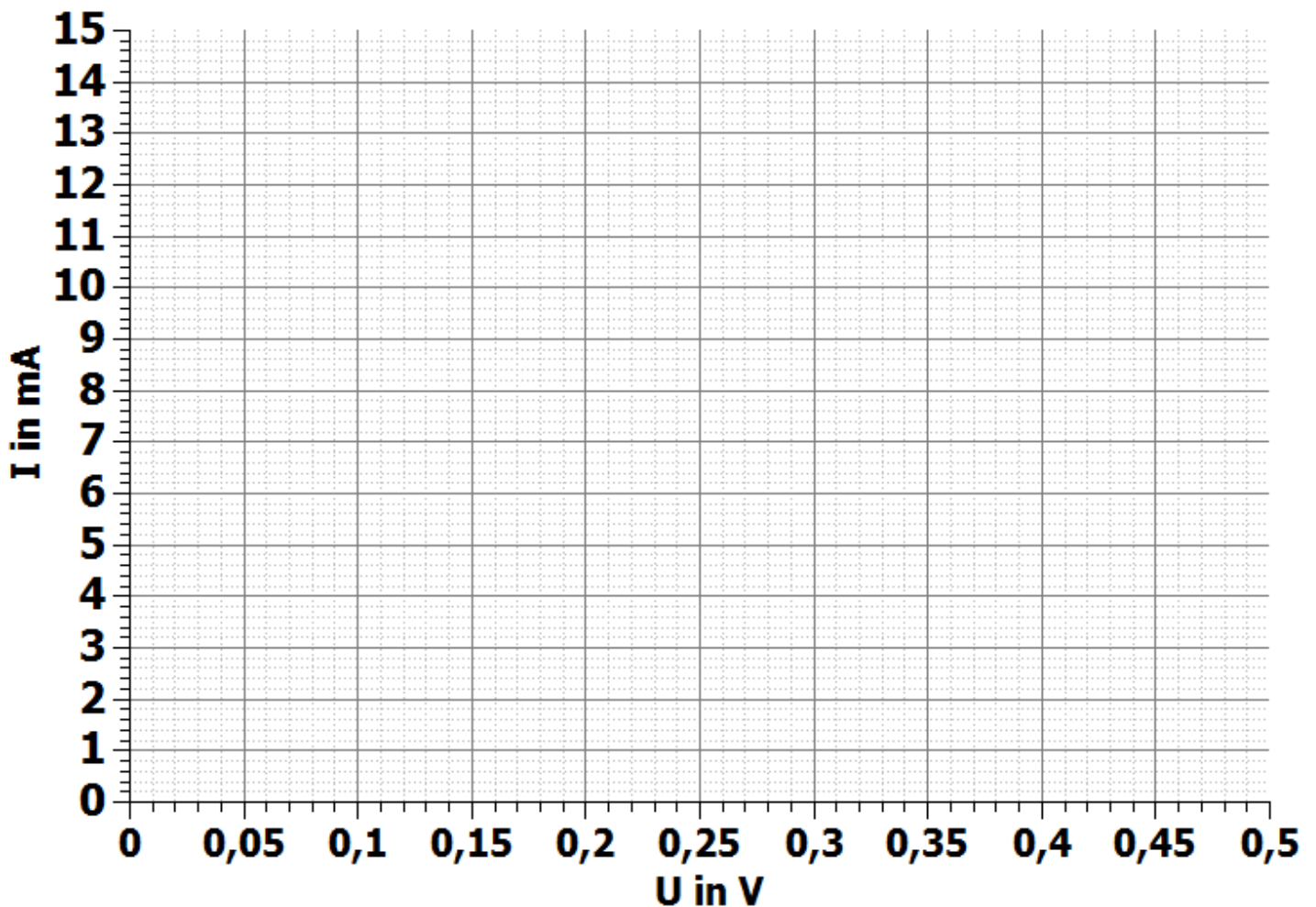
Mit vier Glühlampen:

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

Auswertung

1. Zeichne das U - I - und U - P -Diagramm der Solarzelle bei den unterschiedlichen Beleuchtungsstärken.
2. Vergleiche die U - I -Kennlinien untereinander und erkläre die unterschiedlichen Kurven.
3. Vergleiche die Lage des Punktes maximaler Leistung (Maximum Power Point - MPP).

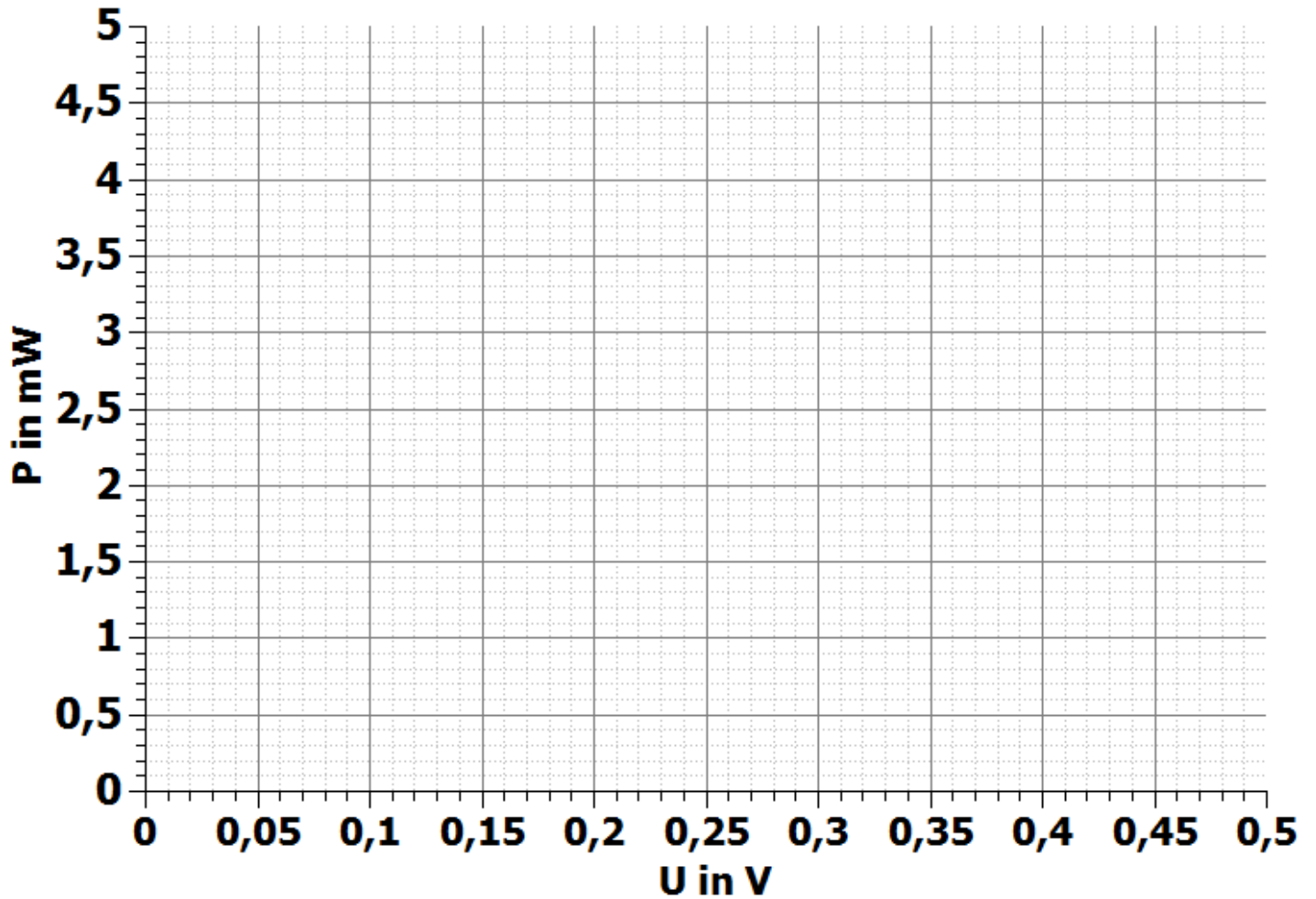
Diagramme





10.3 Die U-I-Kennlinie einer Solarzelle in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke

Diagramme



Auswertung

2.

3.

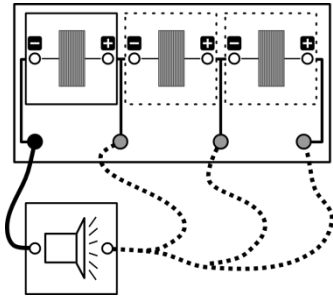


11.1 Das Verhalten der Spannung und Stromstärke in Reihen- und Parallelschaltungen von Solarzellen (qualitativ)

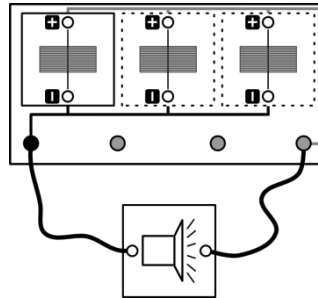
Aufgabe

Untersuche das Verhalten der Hupe bei verschiedenen Parallel- und Reihenschaltungen und ziehe Rückschlüsse auf die Spannung und Stromstärke.

Aufbau



Schaltung 1



Schaltung 2

Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- 3 kleine Solarzellen
- Hupenmodul
- Kabel

Durchführung:

1. Baue zuerst eine Reihenschaltung auf (Schaltung 1). Nutze dabei erst eine, dann zwei und schließlich drei Solarzellen. Vergiss bei der Reihenschaltung nicht, den Leiter in der roten Buchse weiter zu stecken. Male in der Tabelle die zutreffenden Kästchen des Balkens aus.
2. Führe die Untersuchungen auch für die Parallelschaltung (Schaltung 2) durch. Achte während des Versuchs darauf, dass sich die Versuchsbedingungen (z.B. die Helligkeit) nicht ändern.

Auswertung

	Reihenschaltung					Parallelschaltung				
Eine Solarzelle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	kein	leises	<	lautes	kein	leises	<	lautes		
	Geräusch					Geräusch				
Zwei Solarzellen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Drei Solarzellen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ziehe Rückschlüsse auf die Spannung und Stromstärke.

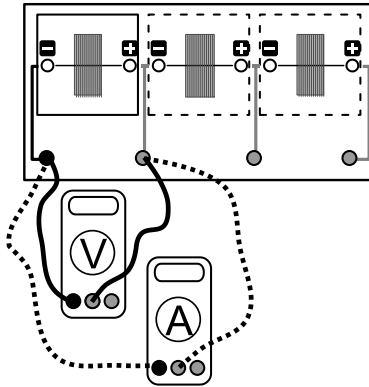


11.2 Das Verhalten der Spannung und Stromstärke in Reihen- und Parallelschaltungen von Solarzellen (quantitativ)

Aufgabe

Ermittle, wie sich die Gesamtspannung und die Gesamtstromstärke bei Reihen- und Parallelschaltung von Solarzellen verhalten!

Aufbau



Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- 3 kleine Solarzellen
- 1 Spannungsmessgerät
- 1 Strommessgerät
- Kabel

Vorbemerkung

Bei diesem Experiment werden nur Kurzschlussstromstärken bzw. Leerlaufspannungen gemessen. Diese können nicht gleichzeitig gemessen werden.

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend dem Schaltplan mit einer Solarzelle auf.
2. Miss Spannung und Stromstärke an einer Solarzelle (siehe Schaltbild)!
3. Verändere die Schaltung so, dass zwei bzw. drei Solarzellen in Reihe geschaltet sind! Miss die Spannung und Stromstärke der zwei bzw. drei Solarzellen!
4. Führe die Messungen zur Parallelschaltung analog durch! Entwickle hierfür ebenfalls einen Schaltplan unter Beachtung des Schaltplans der leXsolar-Grundeinheit.
5. Erfasse alle Messwerte in einer Tabelle!

Auswertung

1. Zeichne das n - I -Diagramm (n ... Anzahl der Solarzellen) für Reihen- und Parallelschaltung! Zeichne beide Graphen in ein Diagramm!
2. Zeichne das n - U -Diagramm für Reihen- und Parallelschaltung! Zeichne beide Graphen in ein Diagramm!
3. Formuliere ein Gesetz für den Gesamtstrom und die Gesamtspannung bei Reihen- bzw. Parallelschaltung von Solarzellen!



11.2 Das Verhalten der Spannung und Stromstärke in Reihen- und Parallelschaltungen von Solarzellen (quantitativ)

Messwerte

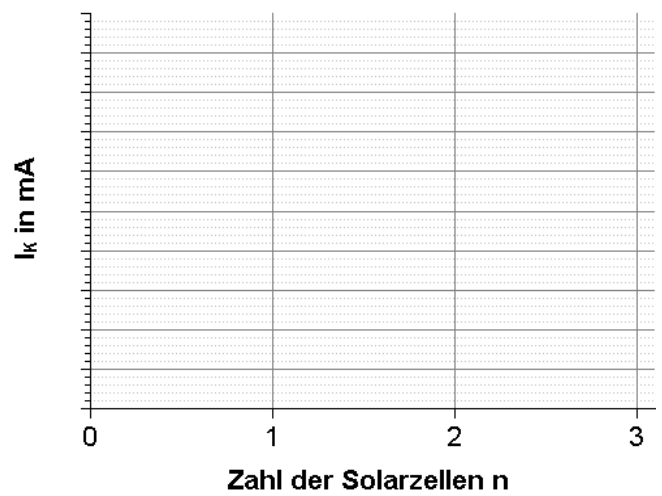
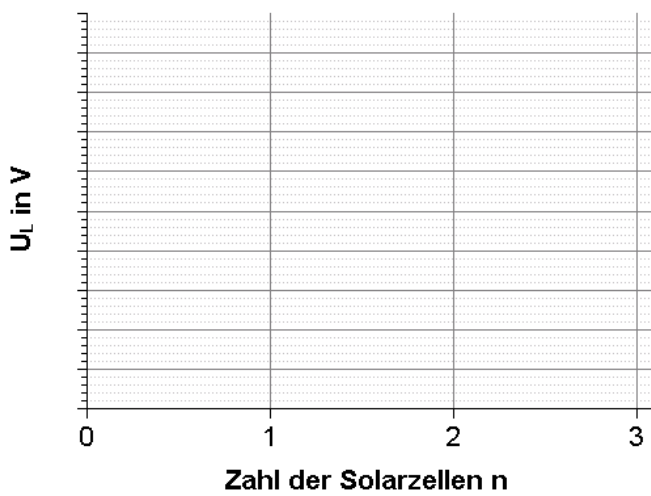
Reihenschaltung:

	eine Solarzelle	zwei Solarzellen	drei Solarzellen
U_L (V)			
I_K (mA)			

Parallelschaltung:

	eine Solarzelle	zwei Solarzellen	drei Solarzellen
U_L (V)			
I_K (mA)			

Diagramme



Auswertung

	Verhalten von	
	Spannung	Stromstärke
Reihenschaltung		
Parallelschaltung		

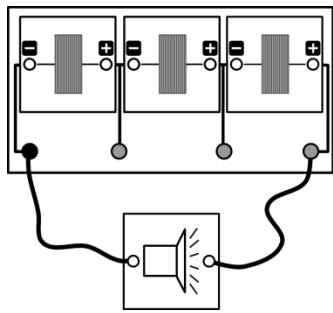


12.1 Das Verhalten der Spannung und Stromstärke bei der Abschattung einer Solarzelle in Reihenschaltungen (qualitativ)

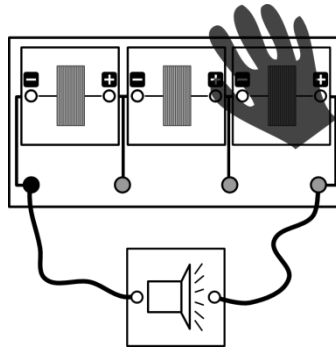
Aufgabe

Untersuche das Verhalten des Solarmoduls beim Abschatten einer Solarzelle

Aufbau



Schaltung 1



Schaltung 2

Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- 3 kleine Solarzellen
- leXsolar-Glühlampe
- 2 Kabel

Durchführung

1. Baue den Versuch der Schaltung 1 entsprechend des Versuchsaufbaus auf.
2. Lege deine Hand, wie es Schaltung 2 zeigt, auf eine der Solarzellen.
3. Notiere deine Beobachtungen in der Tabelle

Auswertung

Schaltung 1				Schaltung 2			
kein	leises	<	lautes	kein	leises	<	lautes
Geräusch				Geräusch			

1. Benenne, bei welchem Aufbau die Hupe lauter war.

2. Erläutere, ob dieses Phänomen ein Problem im Alltag ist.

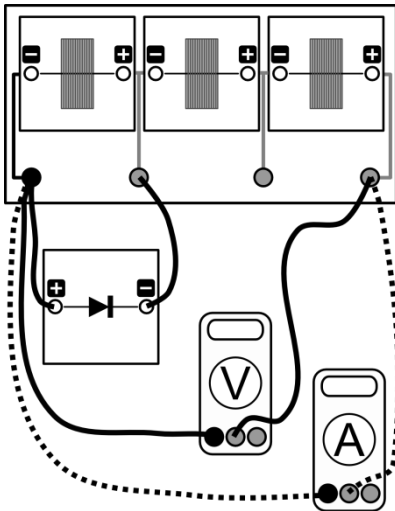


12.2 Das Verhalten der Spannung und Stromstärke bei der Abschattung einer Solarzelle in Reihenschaltungen (quantitativ)

Aufgabe

Untersuche, wie sich die Gesamtspannung und der Gesamtstrom von drei in Reihe geschalteten Solarzellen ändert, wenn eine der Zellen abgedunkelt wird beziehungsweise an die abgedunkelte Zelle eine Diode angeschlossen wird.

Aufbau



Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- 3 kleine Solarzellen
- leXsolar-Diodenmodul
- 1 Strommessgerät
- 1 Spannungsmessgerät
- 1 Abdeckung für eine Solarzelle (schwarze Plättchen)
- Kabel

Vorbemerkung

Bei diesem Experiment wird eine Leistung aus der Kurzschlussstromstärke und der Leerlaufspannung berechnet. Diese Leistung ist eine fiktive Leistung und entspricht nicht der Maximalleistung der Solarzelle. Sie wird jedoch verwendet, da die Ermittlung der Maximalleistung ohne technische Hilfsmittel aufwändig ist. Im Rahmen dieses Experiments führt der Vergleich der fiktiven Leistungen zum gleichen Ergebnis, wie der Vergleich der Maximalleistungen.

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung ohne Abdeckung auf der vordersten Solarzelle und Diode auf. Miss die Leerlaufspannung und Kurzschlussstromstärke an den drei Solarzellen ohne und mit Diode!
2. Decke nun die vorderste Solarzelle zu und miss erneut die Spannung und die Stromstärke mit und ohne Diode.

Auswertung

1. Berechne die Leistung und jeweils das prozentualen Absinken der Leistung gegenüber dem Fall, dass sich keine Diode im Stromkreis befindet und keine Solarzelle abgedeckt wird.
2. Erkläre die gemessenen Werte anhand der Funktionsweise der Halbleiterdiode



12.2 Das Verhalten der Spannung und Stromstärke bei der Abschattung einer Solarzelle in Reihenschaltungen (quantitativ)

Messwerte

	Reihenschaltung von drei Solarzellen			
	alle beleuchtet		eine abgedunkelt	
	(1) Diode ist nicht parallel geschaltet	(2) Diode parallel geschaltet	(3) Diode ist nicht parallel geschaltet	(4) Diode parallel geschaltet
U_L (V)				
I_K (mA)				
$P=U \cdot I$ (mW)				
Absinken der Leistung gegenüber Messung 1				

Auswertung

2.

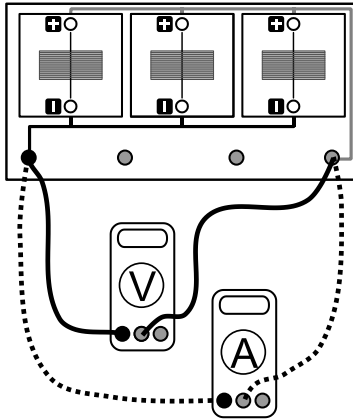


12.3 Das Verhalten der Spannung und Stromstärke bei der Abschattung von Solarzellen in Parallelschaltungen (quantitativ)

Aufgabe

Wie verändern sich Gesamtspannung und Gesamtstrom von drei parallel geschalteten Solarzellen, wenn eine der Zellen abgedunkelt wird?

Aufbau



Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- 3 kleine Solarzellen
- 1 Strommessgerät
- 1 Spannungsmessgerät
- 1 Abdeckung für eine Solarzelle (schwarze Plättchen)

Vorbemerkung

Bei diesem Experiment wird eine Leistung aus der Kurzschlussstromstärke und der Leerlaufspannung berechnet. Diese Leistung ist eine fiktive Leistung und entspricht nicht der Maximalleistung der Solarzelle. Sie wird jedoch verwendet, da die Ermittlung der Maximalleistung ohne technische Hilfsmittel aufwändig ist. Im Rahmen dieses Experiments führt der Vergleich der fiktiven Leistungen zum gleichen Ergebnis, wie der Vergleich der Maximalleistungen.

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf. Miss nacheinander Leerlaufspannung und Kurzschlussstromstärke.
2. Wiederhole die Messungen bei einer und zwei abgedeckten Solarzellen.

Messwerte

	Parallelschaltung von drei Solarzellen		
	(1) alle beleuchtet	(2) eine abgedunkelt	(3) zwei abgedunkelt
U_L (V)			
I_K (mA)			
$P=U \cdot I$ (mW)			
Absinken der Leistung gegenüber Messung 1			



12.3 Das Verhalten der Spannung und Stromstärke bei der Abschattung von Solarzellen in Parallelschaltungen (quantitativ)

Auswertung

1. Berechne, um wie viel Prozent die Leistung beim Abdecken der Solarzellen gegenüber der Anfangsleistung absinkt!
2. Vergleiche das Ergebnis mit dem Effekt bei Reihenschaltung und erkläre den Unterschied!

Auswertung

2.

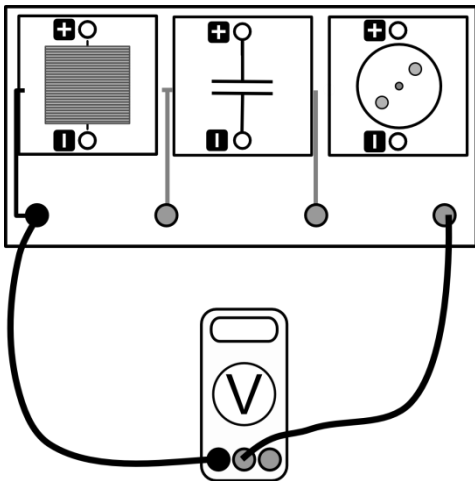


13. Simulation eines Inselsystems mit Solaranlage

Aufgabe

Untersuche das Verhalten der einzelnen Komponenten in einem Inselsystem während eines simulierten Tages.

Aufbau



Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- 1 große Solarzelle
- 1 Spannungsmessgerät
- 1 Kondensatormodul
- 1 Motormodul
- 1 Beleuchtungsmodul
- Kabel

Zusätzlich werden benötigt:

- Stoppuhr

Vorbemerkung

Während des Experiments wird ein Tag in einem autarken System simuliert, wie sie in abgelegenen Regionen vorkommen. Die Solarzelle, der Kondensator und der Motor simulieren eine einfache Solarkraftanlage, einen Energiespeicher und einen Verbraucher. Im Experiment entsprechen 10s einer Stunde in der Realität. Die Veränderung der Bestrahlungsstärke durch die Sonne wird über die Spannung am Beleuchtungsmodul geregelt. Dabei steht die Beleuchtung bei 3V für den Stand zwischen 2:30 bis 3:30 Uhr, bei 4V für 3:30 bis 4:30 Uhr,... bei 12V für 11:30 bis 12:30 Uhr, bei 11V für 12:30 bis 13:30 Uhr, ... bei 3V für 20:30 bis 21:30 Uhr. Die Simulation beginnt um 3:00 Uhr und endet um 21:00 Uhr.

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf ohne Kondensator auf. Miss die Spannung am Motormodul für alle Beleuchtungsstärken bei einer Spannung zwischen 3V und 12V. Trage die Spannungen in die Messwerttabelle zu den gegebenen Uhrzeiten ein.
2. Schließe den Kondensator für einen kurzen Moment kurz um ihn vollständig zu entladen. Füge ihn anschließend dem Aufbau hinzu. Simuliere einen Tag und miss die Spannung alle 10 Sekunden. Vergiss nicht die Spannung nach 5s, 15s, 25s,... zu verändern. Schalte das PowerModul nach 180s ab.



13. Simulation eines Inselsystems mit Solaranlage

Messwerte

$t_{\text{experiment}}$ in s	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Uhrzeit	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
$U_{\text{PowerModul}}$ in V	3	4	5	6	7	8	9	10	11
U in V									
$U_{\text{Kondensator}}$ in V									

$t_{\text{experiment}}$ in s	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
Uhrzeit	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
$U_{\text{PowerModul}}$ in V	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
U in V										
$U_{\text{Kondensator}}$ in V										

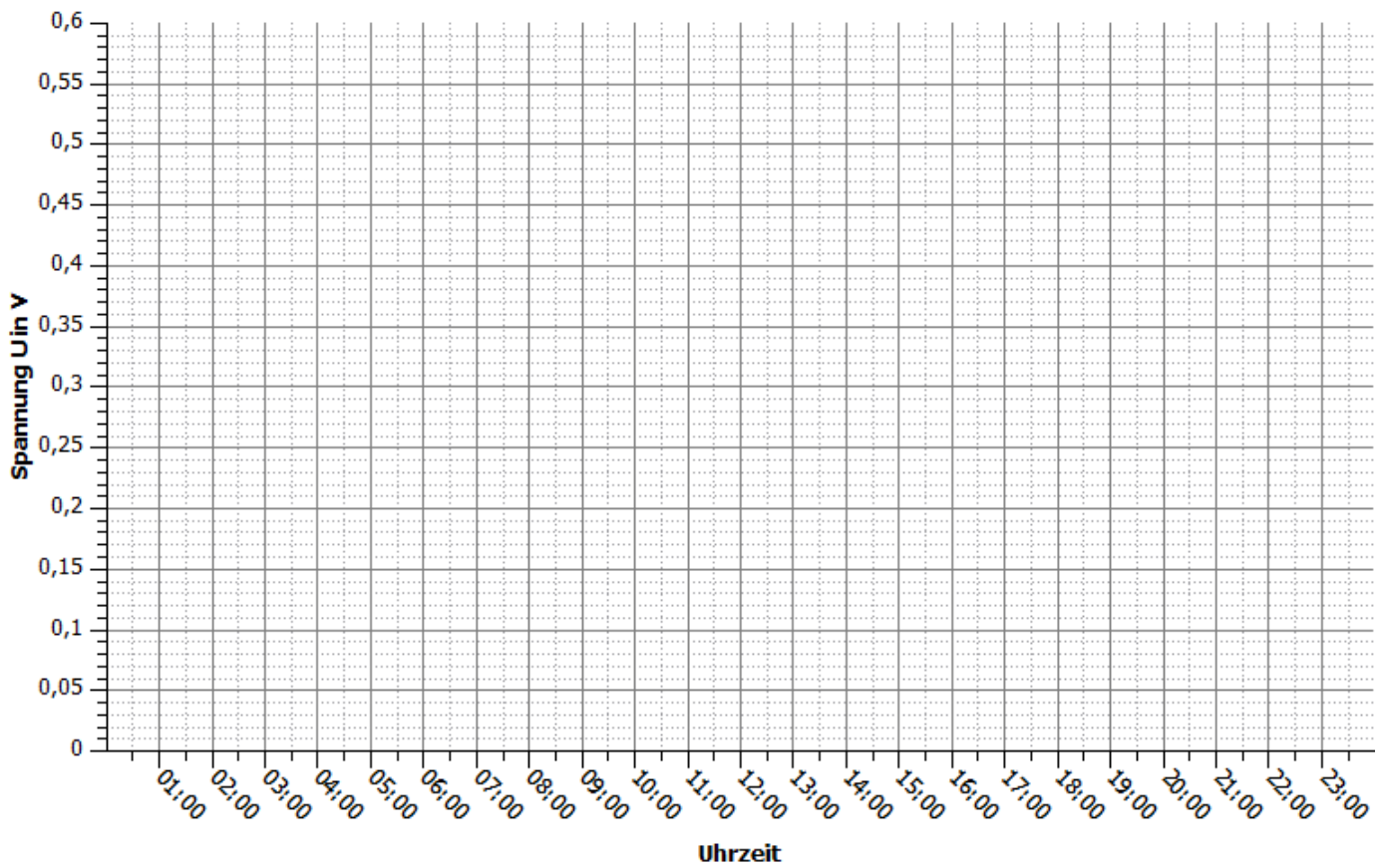
Auswertung

1. Trage deine Messwerte in das Diagramm ein.
2. Vergleiche den Verlauf der beiden Messpunktfolgen.
3. Erkläre den unterschiedlichen Verlauf.
4. Erläutere den Nutzen eines Energiespeichers in autarken Stromnetzen. Inwieweit ist ein Kondensator geeignet.



13. Simulation eines Inselsystems mit Solaranlage

Auswertung



2.

3.



13. Simulation eines Inselsystems mit Solaranlage

5.

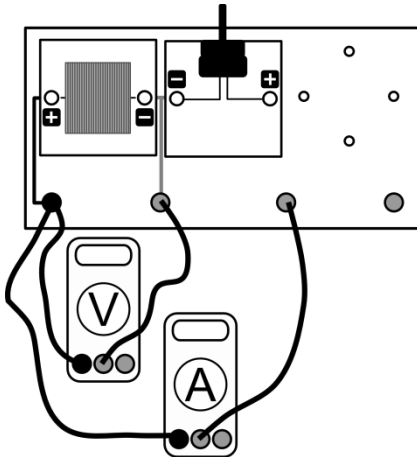


14.1 Die Wirkungsgradbestimmung mehrere Energieumwandlungen

Aufgabe

Ermittle den Wirkungsgrad der Umwandlung von elektrischer in mechanische Energie!

Aufbau



Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- leXsolar-Beleuchtungsmodul
- Getriebemotormodul
- 1 großes Solarmodul 1,5V
- 1 PowerModul (12V)
- 1 Massestück 20g
- 1 Strommessgerät
- 1 Spannungsmessgerät
- Stoppuhr, Lineal
- Kabel
- Faden

Durchführung

1. Baue den Versuch entsprechend der Skizze auf, und stelle die leXsolar-Grundeinheit so an eine Tischkante, dass das Massestück an etwa 45cm Faden frei hängt! Lege das Beleuchtungsmodul bei einer Spannung von 12V auf das Solarmodul.
2. Schalte das PowerModul ein und miss die Zeit, die der Motor zum Aufwickeln einer markierten Länge Faden benötigt. Miss gleichzeitig dazu Stromstärke und Spannung an der Solarzelle.
3. Verändere die Schaltung so, dass Strom und Spannung am PowerModul gemessen werden! Wähle am Stromstärkemessgerät den Messbereich für 10A aus. Wiederhole nun den Versuch. Erfasse alle Messwerte in einer Tabelle.

Auswertung

Berechne die Gesamtwirkungsgrade der Energieumwandlungen:

- a) elektrische Energie Solarzelle > potentielle Energie Gewicht
- b) elektrische Energie Stromversorgungsgerät > Strahlungsenergie Glühlampen > elektrische Energie Solarzelle > potentielle Energie Gewicht



14.1 Die Wirkungsgradbestimmung mehrere Energieumwandlungen

Messwerte

- mit Leistungsbestimmung am Motor

h (cm)	Höhe, um die das Gewicht gehoben wurde	
t (s)	Zeit für Heben um h	
U (V)	Spannung an Solarzelle	
I (mA)	Stromstärke im Stromkreis der Solarzelle	

- mit Leistungsmessung an den Glühlampen

h (cm)	Höhe, um die das Gewicht gehoben wurde	
t (s)	Zeit für Heben um h	
U (V)	Spannung über dem Beleuchtungsmodul	
I (mA)	Stromstärke im Stromkreis des Beleuchtungsmoduls	

Auswertung

Berechnungen:

Ergebnis: Der Wirkungsgrad der Energieumwandlung elektrische Energie Solarzelle \rightarrow potentielle Energie Gewicht beträgt _____%.

Der Wirkungsgrad der Energieumwandlung elektrische Energie Stromversorgungsgerät \rightarrow Strahlungsenergie Glühlampen \rightarrow elektrische Energie Solarzelle \rightarrow potentielle Energie Gewicht beträgt _____%.

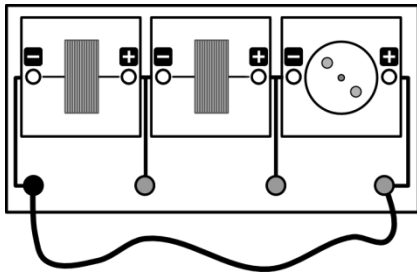


14.2 Drehrichtung und Geschwindigkeit eines Motors

Aufgabe

Untersuche die Drehrichtung und Geschwindigkeit des Motors.

Aufbau



Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- 2 kleine Solarzellen
- 1 Motormodul
- 1 Messleitung

Durchführung

1. Baue eine Reihenschaltung aus den zwei Solarzellen und dem Motor auf.
2. Halte den Aufbau in eine Lichtquelle bis sich der Motor dreht. Notiere die Drehrichtung des Motors und beobachte die Bewegung der Drehscheibe.
3. Pole die Anschlüsse am Motor um, indem du das Modul um 180° auf der Grundeinheit drehst. Notiere ebenfalls die Drehrichtung.
4. Nimm die Messleitung heraus und beobachte die Bewegung weiterhin.

Auswertung

Drehrichtung beim ersten Aufbau:

- im Uhrzeigersinn entgegen dem Uhrzeigersinn

Drehrichtung nach Umpolung:

- im Uhrzeigersinn entgegen dem Uhrzeigersinn

1. Beschreibe die Bewegung der Drehscheibe vor und nach dem Herausnehmen der Messleitung.

2. Erkläre das Verhalten der Drehrichtung bei unterschiedlichen Polungen.

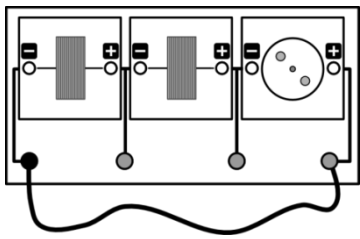


14.3 Anlaufstrom und Betriebsstrom eines Motors

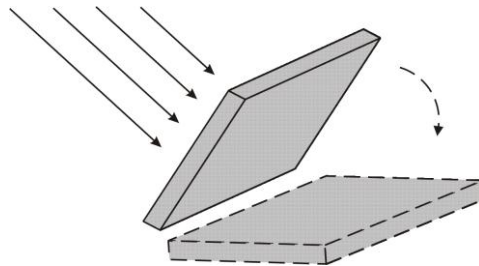
Aufgabe

Untersuche das Anlaufverhalten des Motors.

Aufbau



Schritt 1



Schritt 2

Benötigte Geräte

- leXsolar-Grundeinheit
- 2 kleine Solarzellen
- Motor
- 1 Messleitung

Durchführung:

1. Baue den Versuch entsprechend der Versuchsanordnung auf.
2. Halte den Aufbau in die Lichtquelle und warte bis sich der Motor dreht.
3. Kippe den Aufbau wie in Schritt 2 angedeutet langsam von der Lichtquelle weg bis er sich nicht mehr dreht.
4. Kippe die Grundeinheit nun wieder zur Lichtquelle hin, bis sich der Motor wieder bewegt.

Auswertung

1. Beschreibe die Bewegung des Motors während des Experiments.

2. Erkläre dieses Verhalten.

leXsolar GmbH
Strehleener Straße 12-14
01069 Dresden / Germany

Telefon: +49 (0) 351 - 47 96 56 0
Fax: +49 (0) 351 - 47 96 56 - 111
E-Mail: info@lexsolar.de
Web: www.lexsolar.de