



**Photovoltaik-
System
SUSE**

**Solarthermiesystem
Wärme von der Sonne**

innovative Solarsysteme für Schule und Ausbildung

11
102
1004

Leibniz
Universität
Hannover



Begabungsförderung
in Hannover und Region
www.mint-hannover-region.de

BNE
Bildung für
Nachhaltige
Entwicklung

Gerätedokumente
komplett



Das SUSE- Solarboot 4

**Leistungsstarkes Solarboot mit dem Solarmodul SUSEmod6
4 Solarzellen in Reihenschaltung, Solarmotor mit großem Luftpropeller
2 Messbuchsen für PV- Experimente**

Als Bootsrumpf dienen 2 leere, verbundene Getränkeflaschen (nicht im Lieferumfang)



Geräteinfo



Das SUSE- Solarboot 4

Das Solarboot 4 besteht aus einem Plexiglasträger, der an der Motor- Seite um 90° umgebogen ist, dort befinden sich der Solar- Elektromotor, die Messbuchsen und der große, rote Luftpropeller.

Auf der waagerechten Ebene ist das Solarmodul SUSEMod6 (2,4 V/ 627 mA) mit 4 Solarzellen montiert, die intern in Reihe geschaltet sind.

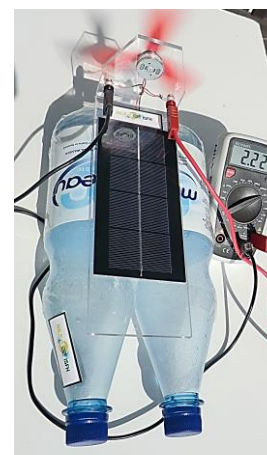
Als Bootsrumpf dienen 2 leere Getränkeflaschen, auf die die Plexiglasplatte mit Klebeband aufgeklebt wird. Das Solarmodul SUSEmod6 ist sehr leistungsstark und erzeugt eine hohe Propellerdrehzahl. Der schnell drehende Propeller erzeugt eine Luftströmung und drückt das Boot vorwärts.

An den beiden Buchsen plus (rot) und Minus (schwarz), unterhalb des Elektromotors, liegt die Modulspannung an, hier können mit Laborkabeln und Multimeter Messungen für Experimente zur Spannung, Stromstärke, Leistung und Stromdichte durchgeführt werden. Eine umfangreiche Experimentieranleitung gehört zum Lieferumfang.

Hier lassen sich auch 2 Boote (auf dem Land) in Reihe schalten, um z.B. ein Radio anzuschließen.

Wegen der leistungsstarken Solarzellen fährt das Boot nicht nur bei strahlendem Sonnenschein, sondern auch bei bedecktem Himmel.

Das Boot ist als Fertiggerät oder als Bausatz lieferbar. Beim Fertiggerät wird der Propeller aufgesteckt und der Plexiglasträger mit Tesaband oder Isolierband auf die Flaschen geklebt. Zur besseren Geradeausfahrt kann auf der Unterseite eine Kunststoffplatte (Spachtel) als Kiel zwischen die Flaschen senkrecht eingeklemmt werden. Isolierband ist im Lieferumfang enthalten, nicht über das Solarmodul kleben!





**Photovoltaik-
System
SUSE**

innovative Solarsysteme für Schule und Ausbildung

**Solarthermiesystem
Wärme von der Sonne**



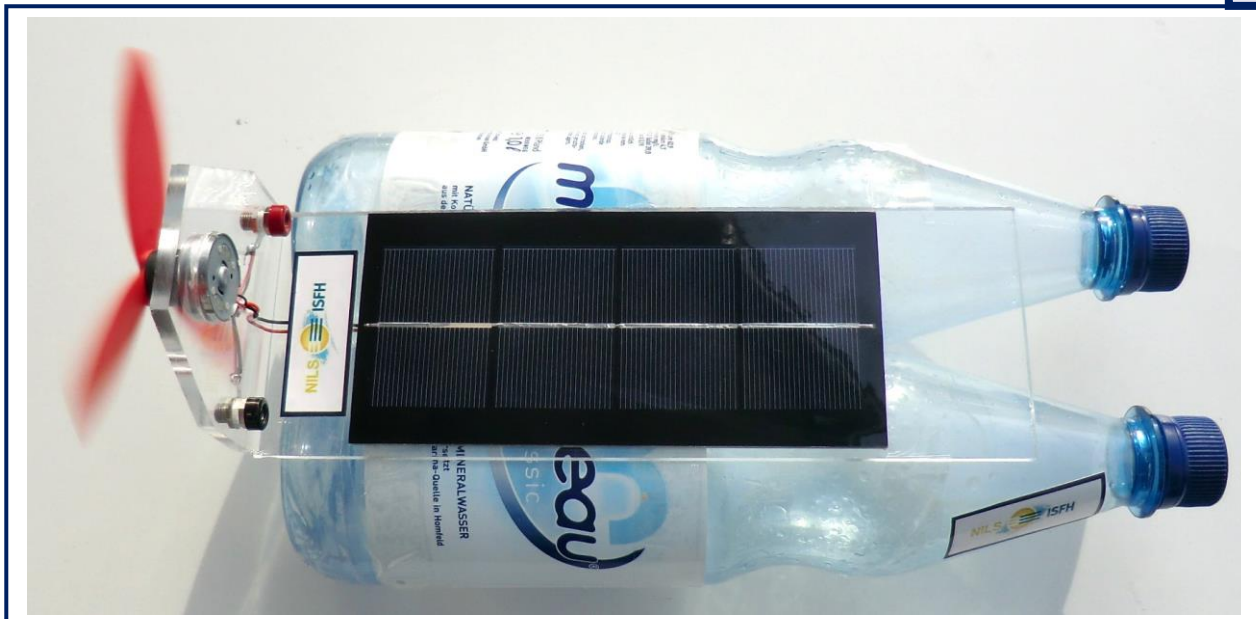
Das SUSE- Solarboot 4

**Leistungsstarkes Solarboot mit dem Solarmodul SUSEmod6
4 Solarzellen in Reihenschaltung, Solarmotor mit großem Luftpropeller
2 Messbuchsen für PV- Experimente
Als Bootsrumpf dienen 2 leere Getränkeflaschen**

Die Bauanleitung

Lernstation

E 10



Das fertige Solarboot 4 auf 2 Flaschen als Bootskörper

Das Solarboot 4 besteht aus einem Plexiglasträger, der an der Motor- Seite um 90° umgebogen ist, dort befinden sich der Solar- Elektromotor, die Messbuchsen und der große, rote Luftpropeller. Auf der waagerechten Ebene ist das Solarmodul SUSEMod6 (2,4 V/ 627 mA) mit 4 Solarzellen montiert, die intern in Reihe geschaltet sind.

Als Bootsrumpf dienen 2 leere Getränkeflaschen, auf die die Plexiglasplatte mit Klebeband aufgeklebt wird.

Das Solarmodul SUSEmod6 ist sehr leistungsstark und erzeugt eine hohe Propellerdrehzahl. Der schnell drehende Propeller erzeugt eine Luftströmung und drückt das Boot vorwärts.

An den beiden Buchsen plus (rot) und Minus (schwarz), unterhalb des Elektromotors, liegt die Modulspannung an, hier können mit Laborkabeln und Multimeter Messungen für Experimente zur Spannung, Stromstärke, Leistung und Stromdichte durchgeführt werden. Eine umfangreiche Experimentieranleitung gehört zum Lieferumfang.

Hier lassen sich auch 2 Boote (auf dem Land) in Reihe schalten, um z.B. ein Radio anzuschließen.

Wegen der leistungsstarken Solarzellen fährt das Boot fährt nicht nur bei strahlendem Sonnenschein, sondern auch bei bedeckten Himmel.

1. Die Bauteile und Werkzeuge: 1 Plexiglasplatte 310 x 80 mm, gelocht, mit eingebautem Elektromotor, 1 Solarmodul SUSEmod 6 mit 2 Streifen doppelseit. Klebeband, 2 Buchsen rot und schwarz, 1 Propellerbausatz, 2x Schaltdraht 20 cm rot und schwarz, 2 Lötösen 6 mm.

Werkzeuge:

Werkzeugkästchen mit Spitzzange, Seitenschneider, Uhrmacherschraubenzieher, Schlüssel 8 oder Nuss 8 auf Halter, Lötstation mit Lötzinn.

2. Biegen des Plexiglasträgers:

An der markierten Biegelinie wird der Plexiglasträger mit dem SUSE- Plexiglasbiegegerät um 90° gebogen und auf der 90°- Papierschablone fixiert, bis das Plexiglas abgekühlt ist.

Achtung! So biegen, dass die Motorachse nach außen zeigt!!

3. Bestückung mit Bauteilen

3.1 Einbau der Buchsen und Lötösen

Wie das Foto zeigt, wird rechts die rote Buchse, links die schwarze Buchse montiert.

Eine M6- Mutter wird bis auf den farbigen Kopf aufgeschraubt, dann wird die Buchse von vorne nach hinten durch das Loch gesteckt, hinten wird die abgebogene Lötöse aufgesteckt, dann die 2 Mutter fest aufgeschraubt, die Lötöse soll rechtwinklig zur Kante zur anderen Lötöse hin ausgerichtet werden!

3.2 Solarmodul- Schaltdraht anlöten + Montage

Der rote Schaltdraht wird 5 mm abisoliert und an den markierten Pluspol des Solarmoduls gelötet, der schwarze Schaltdraht wird 5 mm abisoliert und an den markierten Minuspol des Solarmoduls gelötet. Nun werden die beiden Schutzfolien des doppelseitigen Klebebandes abgezogen, die Schaltdrähte durch die beiden Löcher der Plexiglasplatte durchgesteckt und dann das Solarmodul passgenau fixiert.

Der Abstand zu den Kanten des Plexiglasträgers ist 2,5 mm, der Abstand zur Vorderkante ist 40 mm. Nach der Montage kann die dünne Schutzfolie

auf der Oberfläche abgezogen werden.

3.3 Montage der Schaltdrähte

Die beiden Schaltdrähte des Solarmoduls werden auf der Unterseite des Plexiglasträgers nach hinten verlegt, um die Ecke gezogen und durch das untere kleine Loch nach innen gefädelt, dann durch das obere kleine Loch wieder nach außen gefädelt, so dass sie nach hinten herausragen.

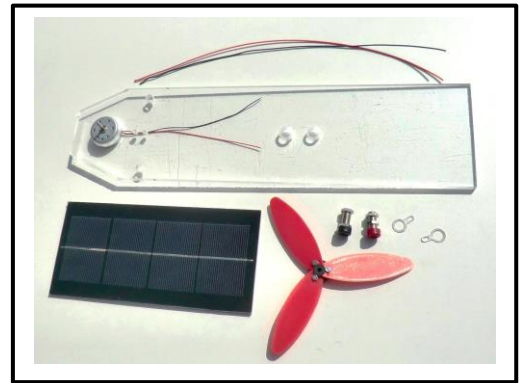
Die beiden Schaltdrähte des Motors werden von innen durch das obere kleine Loch gezogen, so dass sie ebenfalls nach hinten herausragen.

Der rote Schaltdraht des Solarmoduls wird zur Lötöse der roten Buchse verlegt, passend gekürzt, abisoliert und an die Lötöse gelötet.

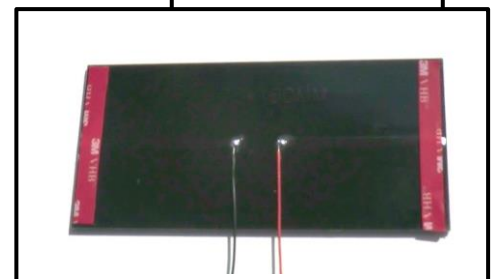
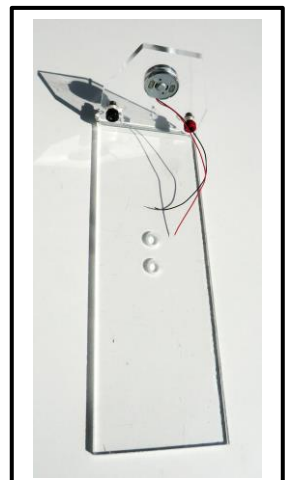
Der schwarze Schaltdraht des Solarmoduls wird zur Lötöse der schwarzen Buchse verlegt, passend gekürzt, abisoliert und an die Lötöse gelötet.

Damit der Motor die richtige Drehrichtung hat, muss er umgekehrt gepolt werden.

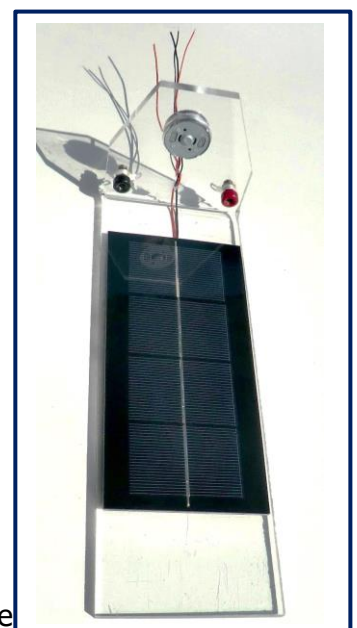
Der rote Schaltdraht des Solarmotors wird zur Lötöse der schwarzen Buchse abisoliert und an die Lötöse gelötet.



Oben: Die Bauteile
Unten: Der gebogene Plexiglasträger



Oben: Das konfigurierte Solarmodul
Unten: Das montierte Solarmodul



Der schwarze Schaltdraht des Solarmoduls wird zur Lötöse der roten Buchse verlegt, passend gekürzt, abisoliert und an die Lötöse gelötet.

Nun ist der Bau des Plexiglasträgers vollendet, im Tageslicht draußen oder bei Bestrahlung mit Licht einer Halogenlampe im Innenraum muss sich der Propeller schnell drehen.

4. Aufbau des Plexiglasträgers auf die Flaschen- Bootskörper siehe Foto auf Seite 1

Die beiden leeren Flaschen (optimal 0,7 l, keine dünnwandigen Flaschen verwenden, weil sich diese bei Temperaturunterschieden einbeulen!) werden passgenau nebeneinander gelegt und mit Tesaband fest verbunden.

Der Plexiglasträger wird nun mittig auf die Doppelflasche aufgelegt, so dass die Rückseite des Plexiglasträgers ca. 1cm auf der Seite der Flaschenböden übersteht.

Tesaband oder Isolierband wird nun vor und hinter dem Solarmodul um den ganzen Bootskörper umschlungen, so dass der Plexiglasträger fest sitzt.

Zur besseren Geradeausfahrt kann noch auf der Unterseite ein dünner Kunststoffspachtel als Kiel eingeklemmt werden.

5. Probefahrt

An einem sonnigen Tag wird das Boot auf eine Wasserfläche gesetzt, es wird zügig fahren! Wird ein Kunststoffkiel (Kunststoffspachtel aus dem Baumarkt) unten zwischen die Flaschen gesteckt, optimiert sich die Geradeausfahrt.

6. Experimente

Mit einem Multimeter und 2 Laborkabeln lassen sich mehrere Experimente zur Photovoltaik durchführen, die Stecker der Messkabel können in die Buchsen eingesteckt werden. Für die Experimente gibt es eine eigene Datei (suxSolarboot4).



**Photovoltaik-
System**

SUSE

innovative Solarsysteme für Schule und Ausbildung

**Solarthermiesystem
Wärme von der Sonne**

11
102
1004

Leibniz
Universität
Hannover

Das SUSE- Solarboot 4

**Leistungsstarkes Solarboot mit dem Solarmodul SUSEmod6
4 Solarzellen in Reihenschaltung, Solarmotor mit großem Luftpropeller
2 Messbuchsen für PV- Experimente
als Bootsrumpf dienen 2 leere Getränkeflaschen**

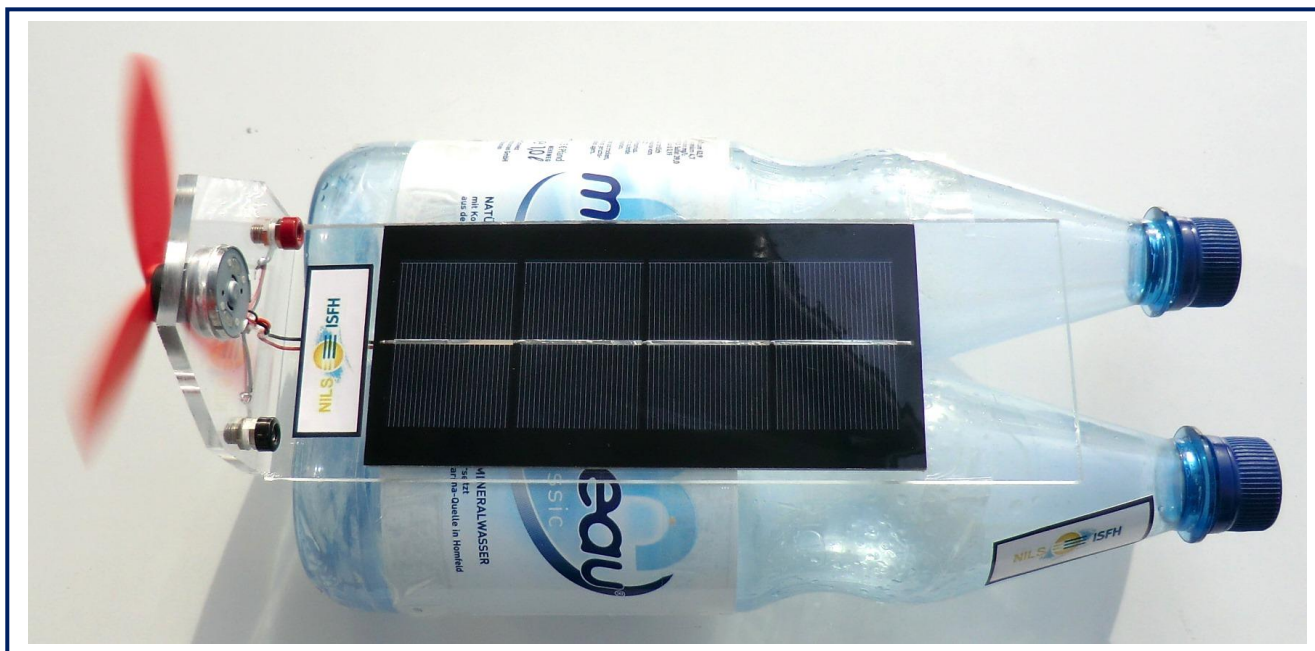
Experimente mit dem Solarboot 4

Lernstation

B 22

Name:.....Schule:.....Datum:.....

7 Seiten



Das Solarboot 4 besteht aus einem Plexiglasträger, der an der Motor- Seite um 90° umgebogen ist, dort befinden sich der Solar- Elektromotor, die Messbuchsen und der große, rote Luftpropeller. Auf der waagerechten Ebene ist das Solarmodul SUSEMod6 (2,4 V/ 630 mA) mit 4 Solarzellen montiert, die intern in Reihe geschaltet sind.

Als Bootsrumpf dienen 2 leere Getränkeflaschen, auf die die Plexiglasplatte mit Klebeband aufgeklebt wird.

Das Solarmodul SUSEmod6 ist sehr leistungsstark und erzeugt eine hohe Propellerdrehzahl. Der schnell drehende Propeller erzeugt eine Luftströmung und drückt das Boot vorwärts.

An den beiden Buchsen plus (rot) und Minus (schwarz), unterhalb des Elektromotors, liegt die Modulspannung an, hier können mit Laborkabeln und Multimeter Messungen für Experimente zur

Spannung, Stromstärke, Leistung und Stromdichte durchgeführt werden. Eine umfangreiche Experimentieranleitung gehört zum Lieferumfang.

Neben dem reinen Fahrbetrieb auf dem Wasser mit der elektrischen Energie aus dem Solarmodul lassen sich mit dem Solarboot 4 noch mehrere Experimente zur Photovoltaik durchführen. Hier lassen sich auch 2 Boote (auf dem Land) in Reihe schalten, um z.B. ein Radio oder ein LED- Modul anzuschließen. Wegen der leistungsstarken Solarzellen fährt das Boot fährt nicht nur bei strahlendem Sonnenschein, sondern auch bei bedeckten Himmel.

1. Notwendige Materialien für die Experimente:

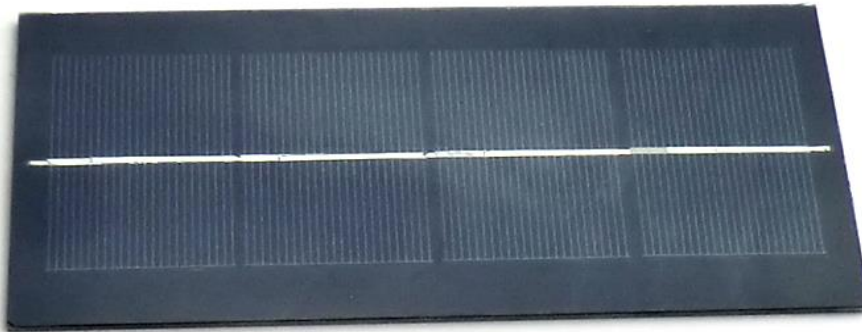
1 Solarboot 4, 1 Multimeter, 3 Messkabel 1x rot, 2x schwarz, 1 LED- Modul SUSE 4.15 rot, 1 LED- Modul SUSE 4.15 rainbow, 1 Solarradio SUSE 4.36, 1 Halogenstrahler 120 W für Experimente im Innenraum, OHP- Projektor, Lineal oder Geo- Dreieck

2. Die technische Daten des Solarmoduls SUSEmod6

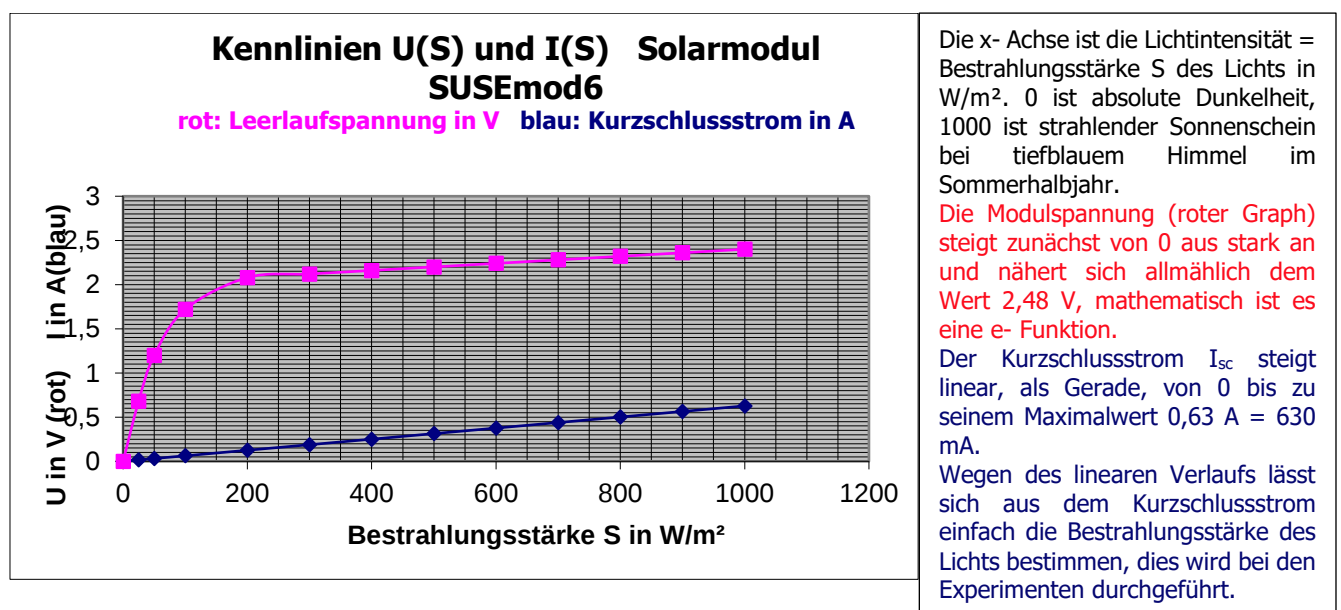
4 Solarzellen in interner Reihenschaltung

Leerlaufspannung $U_{oc} = 2,48 \text{ V}$ Kurzschlussstrom $I_{sc} = 630 \text{ mA}$ bei $S = 1000 \text{ W/m}^2$, 25°C , AM 1,5

Außenmaße 160 x 75 mm

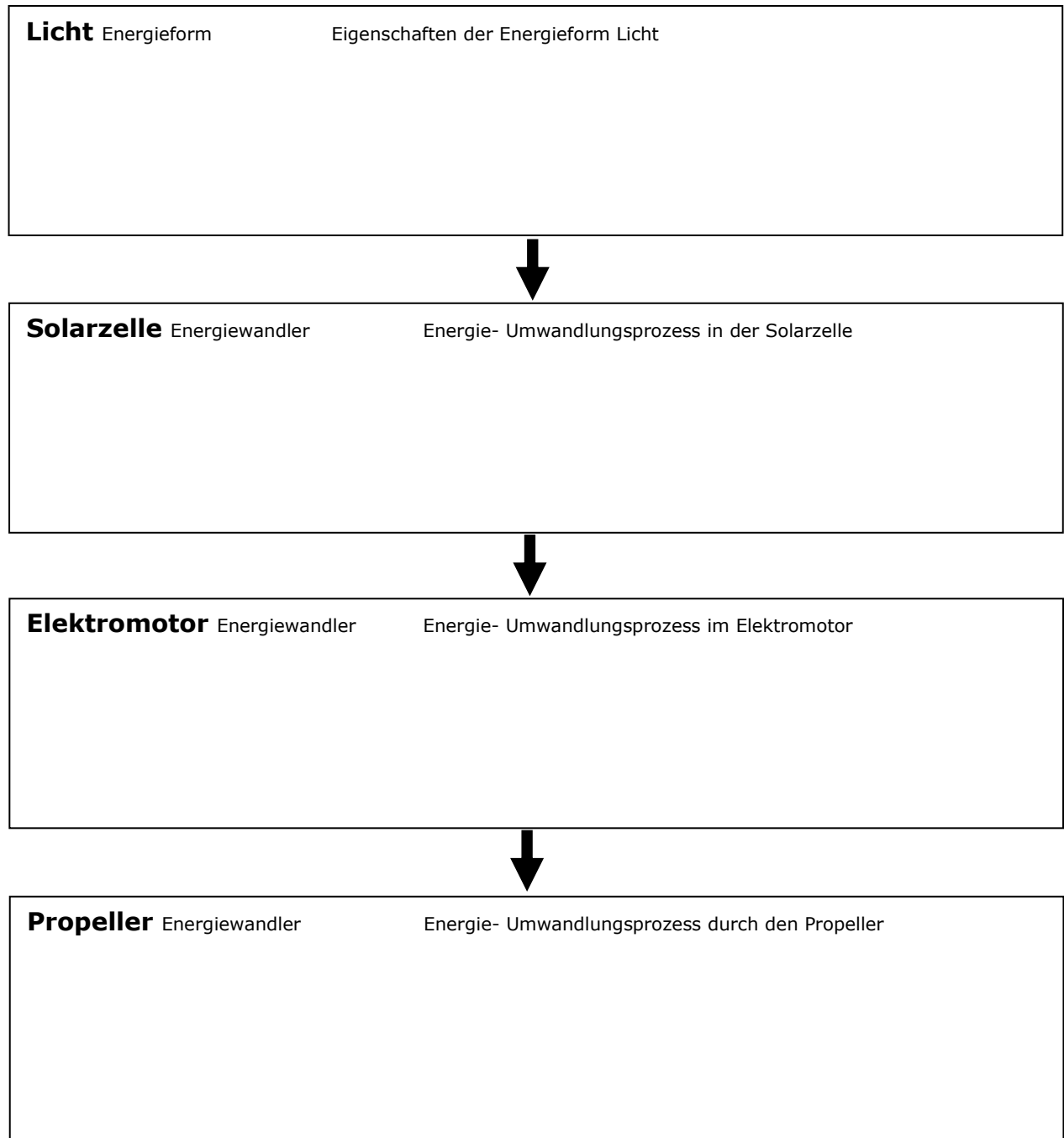


Das Solarmodul ist besonders geeignet für Solarboote oder für Experimente zur Ladung eines GoldCaps, da die Modulspannung von 2,48 V exakt zur max. Ladespannung des GoldCaps mit 2,5 V passt. 4 multikristalline Solarzellen der Maße 52 x 35 mm sind intern in Reihe geschaltet. Auf der Rückseite befinden sich 2 Cu- Lötanschlüsse für + und - . Auch die Solartankstelle SUSE 4.34 wird mit diesem Modul bestückt, passend zu den SUSE- Solarfahrzeugen 1 und 4. Das Modul kann einfach mit doppelseitigem Klebeband auf glatte Flächen aufgeklebt werden.



3. Energieumwandlungsvorgänge

Beim Betrieb des Solarbootes laufen mehrere Energieumwandlungsprozesse ab, bearbeite die nachfolgenden „Energiekästen“ und fülle sie mit einem eigenen Text aus:



4. Die Experimente

4.1 Nachweis der Reihenschaltung der Solarzellen im Modul

Die 4 Solarzellen im Modul sind elektrische in Reihe geschaltet. Zeichne hier das elektrische Schaltbild:
Das Schaltsymbol der Solarzelle ist



Schaue das Solarmodul sehr genau an, woran lässt sich die korrekte Reihenschaltung erkennen (Falls Du es nicht weißt, bei einer Solarzelle ist der Pluspol oben (blaue Seite mit Linien) der Minuspol ist die Unterseite).

Notiere Deine Beobachtung hier:

4.2 Messungen zur Modulspannung

Da der Elektromotor fest an das Solarmodul angeschlossen ist, können wir die Leerlaufspannung des Solarmoduls nicht messen (das wäre die Spannung des Moduls ohne angeschlossenen „Verbraucher“). Wir können aber die Modulspannung mit angeschlossenem Solarmotor bei verschiedenen Lichtintensitäten messen.

Schalte das Multimeter ein und drehe den Wahlschalter in den Messbereich 20V DC und stecke das rote Pluskabel in die Buchse V und das schwarze Minuskabel in die Buchse com.

Die beiden anderen Kabelstecker werden in die Messbuchsen des Bootes eingesteckt, rotes Kabel in die rote Plusbuchse, schwarzes Kabel in die schwarze Minusbuchse, bitte darauf achten, dass die Kabel nicht über dem Solarmodul verlaufen, da sie sonst Schatten verursachen, die die Leistung des Moduls mindern!

Ort der Messung	Draußen bei Sonnenschein, Modul zur Sonne ausgerichtet oder auf OHProjektor	Draußen bei Sonnenschein im Schatten	Draußen bei bedecktem Himmel	Im (beleuchteten) Innenraum Nähe Fenster
Leerlaufspannung U in V				

Was fällt Dir auf, beurteile die Werte im Vergleich zur Leerlaufspannung! Notiere Deine Ergebnisse hier

4.3 Messungen zum Kurzschlussstrom

Zur Messung des Kurzschlussstroms wird das Multimeter im Messbereich 10A DC an das Modul angeschlossen. Der Solarmotor stört hierbei nicht, da der gesamte Strom über das Messgerät fließt. Wir können den Kurzschlussstrom bei verschiedenen Lichtintensitäten messen.

Schalte das Multimeter ein und drehe den Wahlschalter in den Messbereich 10 A DC und stecke das rote Pluskabel in die Buchse 10A und das schwarze Minuskabel in die Buchse com.

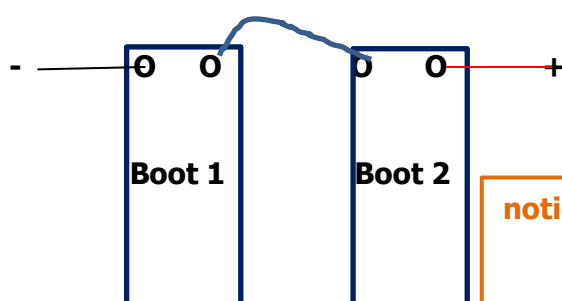
Die beiden anderen Kabelstecker werden in die Messbuchsen des Bootes eingesteckt, rotes Kabel in die rote Plusbuchse, schwarzes Kabel in die schwarze Minusbuchse, bitte darauf achten, dass die Kabel nicht über dem Solarmodul verlaufen, da sie sonst Schatten verursachen, die die Leistung des Moduls mindern!

Ort der Messung	Draußen bei Sonnenschein, Modul zur Sonne ausgerichtet oder auf OHProjektor	Draußen bei Sonnenschein im Schatten	Draußen bei bedecktem Himmel	Im (beleuchteten) Innenraum Nähe Fenster
Kurzschlussstrom I_{sc} in A				

Was fällt Dir auf, beurteile die Werte im Vergleich zur Leerlaufspannung! Notiere Deine Ergebnisse hier

4.4 Anschluss von Geräten an eine Reihenschaltung 2er Solarboote

Mit einem Laborkabel lassen sich 2 Solarboote in Reihe schalten, man verbindet die rote Plusbuchse des ersten Bootes mit der schwarzen Minusbuchse des zweiten Bootes. Die Plusbuchse des 2. Bootes und die Minusbuchse des 1. Bootes bilden nun die Gesamtspannung U_{ges} .



Bestimme den Wert der Gesamtspannung U_{ges} mit dem Multimeter:

$$U = \dots\dots\dots V$$

Schließe nun das a) Solar- Radio b) LED rainbow an die Gesamtspannung an, was ist zu beobachten?

notiere die Beobachtungen und Erklärungen hier:

Teste die LED- Module rot/rainbow und das Radio auch an einem Boot, was fällt auf?

Weitere Experimente (niveauvoll)

4.5 Bestimmung der Lichtintensität (Bestrahlungsstärke S in W/m^2)

Mit dem Kurzschlussstrom des Solarmoduls kannst Du die Lichtintensität (Helligkeit), die Bestrahlungsstärke S in W/m^2 , bestimmen. Wie die blaue Kennlinie auf S.1 zeigt, ist der Kurzschlussstrom direkt proportional zur Bestrahlungsstärke, eine Gerade, und so lässt sich S durch einen einfachen Dreisatz bestimmen, wenn wir den Kurzschlussstrom messen.

Hier gilt somit:

$$\frac{0,63 \text{ A}}{1000 \text{ W}/\text{m}^2} = \frac{I_{\text{mess}} \text{ in A}}{S_x \text{ W}/\text{m}^2} \quad \text{oder nach } S_x \text{ umgestellt: } S_x = \frac{I_{\text{mess}} (\text{in A}) * 1000}{0,63 \text{ A}}$$

Dabei ist:

0,63 A

I_{mess} in A

S_x in W/m^2

der Kurzschlussstrom des Moduls bei $1000 \text{ W}/\text{m}^2$

der gemessene Kurzschlussstrom bei der Bestrahlungsstärke S_x

die Bestrahlungsstärke von Lichtstrahlung

Leite die eingerahmte Gleichung hier her:

Messungen im Freien und bei Lichtquellen Messbereich 10A DC

Für die Berechnungen kannst Du den Taschenrechner in Deinem Handy/Smartphone verwenden

Lichtstrahlung	Kurzschlussstrom I_{sc} in A	Bestrahlungsstärke S_x in W/m^2
Draußen Strahlender Sonnenschein direkt zur Sonne gemessen		
Draußen Strahlender Sonnenschein im Schatten gemessen		
Draußen Bedeckter Himmel		
Draußen Sehr trübes Wetter		
Auf der Platte eines Overheadprojektors		
Im Innenraum (hier Messbereich 20 mA DC verwenden)		

Was fällt Dir auf, beurteile Deine Ergebnisse hier

4.6 Bestimmung der Stromdichte j = Qualitätsmerkmal von Solarzellen

Dieses Experiment benötigt keine eigenen Messungen, sondern verwendet die technischen Daten.
Die Qualität einer Solarzelle ist umso höher, je mehr Strom 1cm^2 dieser Solarzelle bei einer Solarbestrahlung mit 1000 W/m^2 erzeugt.
Dieser Wert heißt Stromdichte j und ist der Quotient aus dem Kurzschlussstrom in mA und der Zellenfläche in cm^2 :

$$\text{Stromdichte } j = \frac{\text{Kurzschlussstrom in mA}}{\text{Solarzellenfläche in cm}^2}$$

Dazu messen wir Länge und Breite **einer** Solarzelle unseres Moduls mm- genau mit einem Lineal oder Geo- Dreieck aus und multiplizieren die Werte zur Fläche:

Länge:.....cm Breite:.....cm Fläche:..... cm^2

Wir entnehmen den technischen Daten den Kurzschlussstrom und geben den Wert in mA an:

$I_{sc} = \dots\dots\dots\text{mA}$

Nun berechnen wir die Stromdichte j : $j = \dots\dots\dots\text{ mA/cm}^2$

Mit einer Vergleichstabelle kannst Du Deinen Wert beurteilen:

Stromdichten j bei Solarzellen:	
Sehr gut:	$> 40\text{ mA/cm}^2$
Gut	$32\text{ - }40\text{ mA/cm}^2$
Mittel:	$24\text{ - }32\text{ mA/cm}^2$
Schlecht:	$< 24\text{ mA/cm}^2$
Bei einer Bestrahlungsstärke von 1000W/m^2 !!	
Maximal möglicher theoretischer Wert:	
44 mA/cm^2	

Beurteile die Qualität der Solarzelle hier:

Warum musst Du diese Rechnung für die anderen 3 Solarzellen nicht erneut machen? Erkläre: