



**Photovoltaik-
System
SUSE**

innovative Solarsysteme für Schule und Ausbildung

**Solarthermiesystem
Wärme von der Sonne**

11
102
1004

Leibniz
Universität
Hannover



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

BNE

Bildung für
Nachhaltige
Entwicklung

Das Solarmodul SUSE CM319

Universelles, preiswertes und leistungsstarkes Einsteiger- Solarmodul mit 2 Solarzellen in fester Reihenschaltung, mit 3 Messbuchsen, mit schaltbarem Solarmotor Besonders geeignet für den schülerzentrierten experimentellen Unterrichtseinsatz in Jg. 8-13

SUSE CM319



Gerätebeschreibung:

Das Foto rechts zeigt das **Solarmodul SUSE CM319**.

Gerätebasis ist ein dachförmig um 75° gebogener Plexiglasträger mit den Maßen 160 x 80 mm. Auf der hinteren Dachseite erkennt man die beiden Solarzellen SUSEmod5 (je 0,62V / 450 mA) in fester Reihenschaltung. Auf der vorderen Dachseite befinden sich der Solarmotor mit Propeller, der Schalter zum Ein- und Ausschalten des Motors und am unteren Rand 3 Buchsen:

rot: Pluspol Solarzelle 1

gelb: gemeinsam Minuspol Solarzelle 1 und Pluspol Solarzelle 2

schwarz: Minuspol Solarzelle 2



Experimente:

Mit der Experimentieranleitung zu diesem Solarmodul lassen sich **umfangreiche Experimente zur Solarzelle und zur Reihenschaltung 2er Solarzellen durchführen**. Bei Reihenschaltung verdoppelt sich die Modulspannung bei gleichbleibender Stromstärke.

Einfache Experimente können ohne Multimeter ausgeführt werden, hier dient die Propellerdrehzahl als Indikator.

Tieferegehende und weiterführende Experimente werden mit Einsatz eines Multimeters zur Stromstärke- und Spannungsmessung durchgeführt:

- Experimente zur Leerlaufspannung und zum Kurzschlussstrom einer Solarzelle bei unterschiedlicher Lichtintensität (Bestrahlungsstärke S)
- Experimente zur Leerlaufspannung und zum Kurzschlussstrom von 2 Solarzellen In Reihenschaltung bei unterschiedlicher Lichtintensität (Bestrahlungsstärke S).
- Bestimmung von Stromdichte, Wirkungsgrad, Bestrahlungsstärke, Leistung.

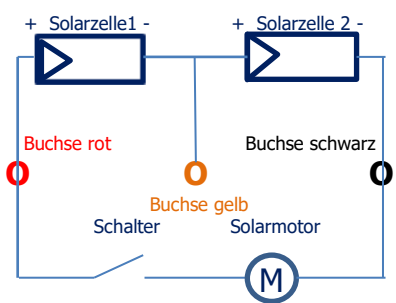
Das Gerät wird als Bausatz oder als Fertiggerät geliefert. Beim Bausatz müssen Biegen des Plexiglasträgers, Bestückung mit Bauteilen und Lötarbeiten durchgeführt werden, mit der ausführlichen Bauanleitung ist der Bau problemlos durchzuführen.

Die Experimente lassen sich draußen im natürlichen Tageslicht oder im Innenraum unter Verwendung des Grundgerätes SUSE 4.0 oder eines Halogenstrahlers durchführen. Die Experimente gibt es in einer Kurzversion (max.40min) oder in einer Langversion (2 Stunden). Zum Gerät gibt es eine umfangreiche, detaillierte Versuchsanleitung zum Einsatz in den Jahrgangsstufen 7- 10. Technische Daten der Solarzelle auf S.2.

QR-Experimente Kurzversion

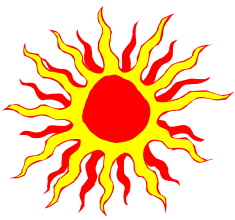


Die elektrische Schaltung SUSE CM319



Experimente SUSE
CM319 Kurzversion





Photovoltaik-System SUSE

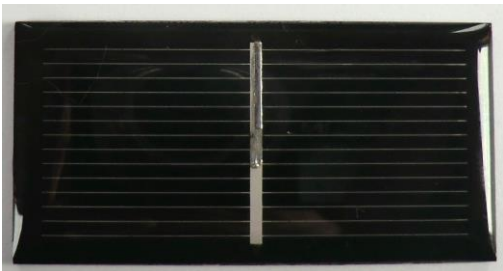
Solarthermiesystem Wärme von der Sonne

innovative Solarsysteme für Schule und Ausbildung

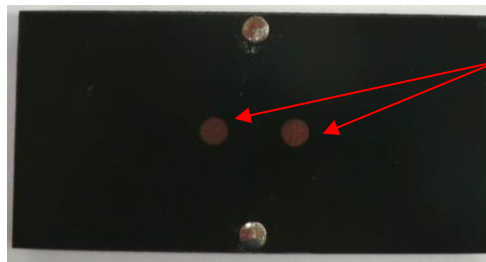


SUSEmod5- ein leistungsstarkes und robustes Solarmodul für PV- Experimente

Das **Solarmodul SUSEmod5** enthält eine Solarzelle mit genau der halben Fläche des Solarmoduls SUSEmod215, Solarzellengröße 52mm x 26mm, Modulgröße 60mm x 30mm



Vorderseite



Rückseite

Die beiden Cu-Plättchen in der Mitte sind die (markierten) Pole der Solarzelle. An ihnen lassen sich Zellverbinder oder Schaltdrähte anlöten

Technische Daten Susemod5



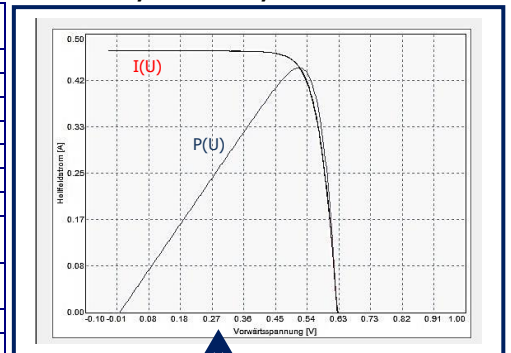
Das Solarmodul **SUSEmod5** enthält eine Solarzelle mit der Hälfte der Fläche der bekannten SUSE- Solarzelle SUSEmod215, die Länge der Solarzelle ist 52 mm, die Breite 26 mm. Die Solarzelle ist bruchsicher eingebettet in ein Kunststoffplättchen der Größe 60mm x 30mm. Die Oberseite über der Solarzelle ist hochtransparent mit Kunststoff laminiert. Auf der Rückseite sind 2 Lötkontakte zum Anlöten der Plus- und Minusleiter. Das Solarmodul kann rückseitig mit doppelseitigem Klebeband oder mit Klebstoff auf glatte Oberflächen aufgeklebt werden. Mit dieser Solarzelle lassen sich Einzelexperimente sowie Versuche zur Reihen- und Parallelschaltung durchführen, z.B. im Modul SUSE CM3xx, SUSE 4.31 und weiteren Geräten.

Modul: Kunststoffträger 60mm x 30mm mit hochtransparenter Oberfläche, mechanisch sehr robust

Solarzelle: Monokristalline Solarzelle 52mm x 26mm

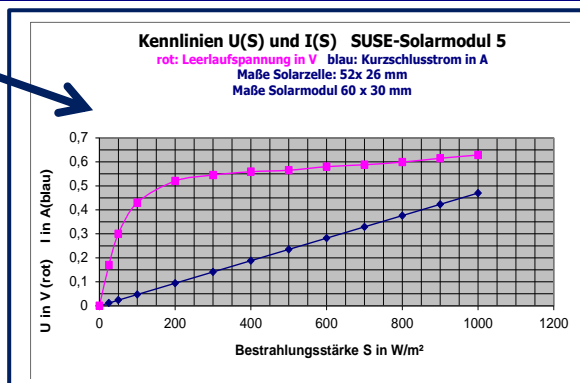
Technische Daten bei einer Einstrahlung von $S = 1000 \text{ W/m}^2$, $T = 25^\circ\text{C}$, $AM = 1,5$

| Physikalische Größe | Symbol | Zahlenwert | Physikalische Einheit | Bemerkungen |
|---|-----------|------------|-----------------------|--|
| Maße der Solarzelle | | 52 x 26 | mm | Monokristalline Zelle |
| Leerlaufspannung | U_{oc} | 0,63 | V | Typisch für Silizium |
| Kurzschlussstrom | I_{sc} | 0,468 | A | Proportional zur Lichtintensität S |
| El. Leistung | P | 0,228 | W | bei Sonnenspektrum, AM 1,5 |
| Wirkungsgrad | η | 17,0 | % | Wirkungsgrad der Energieumwandlung |
| Füllfaktor | FF | 77,3 | % | FF ist ein Qualitätsmerkmal |
| Stromdichte | j | 34,7 | mA/cm^2 | j ist ein Qualitätsmerkmal |
| Temperaturverhalten Leerlaufspannung U_{oc} | | - 0,36 | % /K | Die Spannung mindert sich bei Erwärmung um 0,36% pro 1K |
| Temperaturverhalten Kurzschlussstrom I_{sc} | | + 0,06 | % /K | Der Kurzschlussstrom vergrößert sich um 0,06 % pro 1K |
| Spannung im MPP | U_{MPP} | 0,52 | V | MPP= Maximum- Power- Point |
| Stromstärke im MPP | I_{MPP} | 0,44 | A | Das Produkt beider Werte ergibt die elektrische Leistung |
| Leistung im MPP | P_{MPP} | 0,23 | W | |



Die U(S)- Kennlinie (rot) und die I(S)- Kennlinie (blau)

Die Kennlinien zeigen die Abhängigkeiten der Leerlaufspannung U und des Kurzschlussstroms I von der Bestrahlungsstärke S (Intensität des Lichts)
 0 = absolute Dunkelheit
 1000 = strahlender Sonnenschein im Sommerhalbjahr bei tiefblauem Himmel, bei $T = 25^\circ\text{C}$ und $AM 1,5$.



Die I(U) und die P(U)- Kennlinie

aufgenommen im Kennlinienlabor des ISFH
 Die rote I(U)- Kennlinie zeigt die Abhängigkeit des Solarzellen- Kurzschlussstroms von der Solarzellenspannung bei einer ohmschen Belastung der Solarzelle. Der Schnittpunkt mit der x- Achse ist die Leerlaufspannung der Solarzelle (0,63 V), der Schnittpunkt mit der y- Achse ist die Kurzschlussstromstärke (0,468 A).

Die Leistungskurve P(U) (blau) zeigt an der höchsten Stelle den Punkt der maximalen Leistung, den Maximum-Power-Point MPP mit $P_{max} = 0,23 \text{ W}$.



**Photovoltaik-
System
SUSE**

innovative Solarsysteme für Schule und Ausbildung

**Solarthermiesystem
Wärme von der Sonne**



BNE
Bildung für
Nachhaltige
Entwicklung

Das Solarmodul SUSE CM319

Universelles, preiswertes und leistungsstarkes Einsteiger- Solarmodul mit 2 Solarzellen in fester Reihenschaltung, mit 3 Messbuchsen, mit schaltbarem Solarmotor Besonders geeignet für den schülerzentrierten experimentellen Unterrichtseinsatz in den Jahrgängen 7-10

SUSE CM319
Bauanleitung

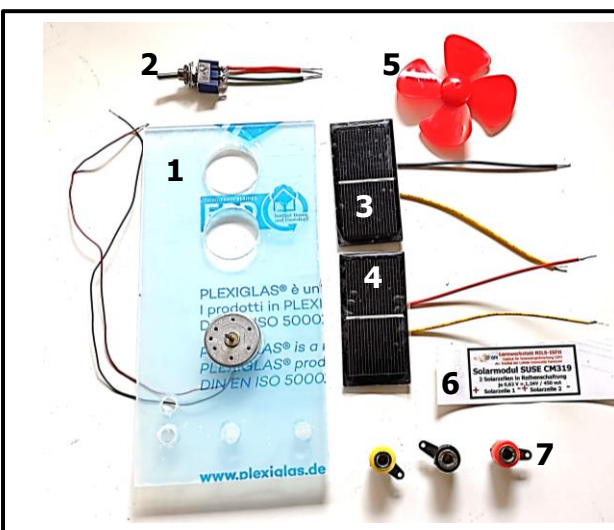
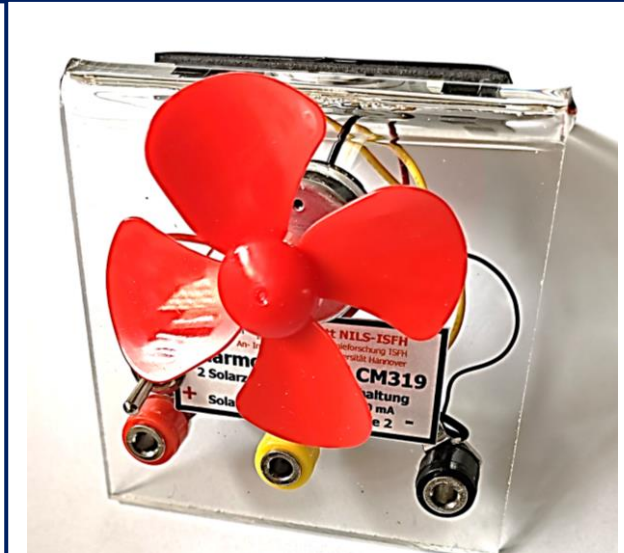


Die Bauanleitung

Gerätebeschreibung:

Das Foto rechts zeigt das **Solarmodul SUSE CM319**. Gerätebasis ist ein dachförmig um 75° gebogener Plexiglasträger mit den Maßen 160 x 80 mm. Auf der hinteren Dachseite erkennt man die beiden Solarzellen SUSEmod5 (je 0,62V / 450 mA) in fester Reihenschaltung. Auf der vorderen Dachseite befinden sich der Solarmotor mit Propeller, der Schalter (links unten) zum Ein- und Ausschalten des Motors und am unteren Rand 3 Buchsen:

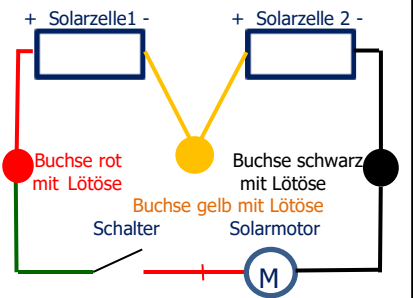
- rot:** Pluspol Solarzelle 1
- gelb:** Minuspol Solarzelle 1, gemeinsam mit Pluspol Solarzelle 2
- schwarz:** Minuspol Solarzelle 2



1. Die Bauteile

- 1 Plexiglasträger gelocht mit eingebautem Elektromotor
- 2 Schalter mit 2 Leitern grün/rot
- 3 Solarzelle 1 mit Leitern rot/gelb
- 4 Solarzelle 2 mit Leitern schwarz/gelb
- 5 Propeller zum Aufstecken auf Motorachse
- 6 Typschild- Aufkleber zum Ausschneiden
- 7 3 Einbaubuchsen rot/gelb/schwarz

Die elektrische Schaltung SUSE CM319



2. Notwendige Werkzeuge: Plexiglasbiegegerät mit Netzteil und Biegewinkel 75°, Schlüssel 8 für Schaltereinbau, Schlüssel 10 für Buchseneinbau, Spitzzange, Lötstation mit bleifreiem Lötzinn.

Experimente
CM319
Kurzversion



3. Biegen des Plexiglasträgers um 75°: Der Plexiglasträger wird mit Anleitung und Unterstützung einer Lehrkraft auf dem Biegegerät gebogen und mit der Biegeschablone auf 75° fixiert.

5. Einbau des Typschildes: Typschild ausschneiden, rückseitige Schutzfolie des Typschildes abziehen und den Aufkleber direkt unter dem Motor oberhalb der unteren Buchsenreihe neben dem Schalterloch ankleben.

6. Einbau der Buchsen mit Lötösen: Von den Lötösen wird die Mutter entfernt, anschließend werden die Buchsen von vorne aus durchgesteckt (links=rot, Mitte=gelb, rechts=schwarz), innen wird die Lötöse aufgesteckt, anschließend die Mutter mit der Hand aufgeschraubt und anschließend mit Schlüssel 10 fest angezogen. Die Lötöse leicht hochbiegen, sie soll unter das Typschild zeigen.

7. Einbau des Schalters: Die obere Mutter wird abgeschraubt, die Unterlegscheibe und die Zahnscheibe werden entfernt, die 2. Mutter bleibt fest an den Schalter geschraubt. Der Schalter wird von innen nach vorne durchgesteckt, dann kommt von vorne die Zahnscheibe, danach wird die Mutter mit der Hand aufgeschraubt, anschließend mit Schlüssel 8 angezogen. Der Schalter soll so positioniert sein, dass der rote Draht nach oben zur Knicklinie des Plexiglasträgers zeigt, dann ist EIN, wenn man den Schalter zur Buchse hin schaltet.

8. Einbau der Solarzellen: Solarzelle 1 (rot-gelbe Anschlussdrähte) wird **unten eingebaut**. Die roten Schutzfolien des doppelseitigen Klebebandes werden entfernt, die beiden Drähte durch das große Loch gesteckt, die Zelle so fixiert, dass sie von unten und von den Rändern jeweils 1 cm entfernt ist, anschließend fest angedrückt. Die 2. Solarzelle wird in gleicher Weise genau bündig oberhalb aufgeklebt.

Nun sind alle Bauteile montiert, auf der Innenseiten befinden sich 8 Drähte, die an die richtigen Positionen gelötet werden müssen:

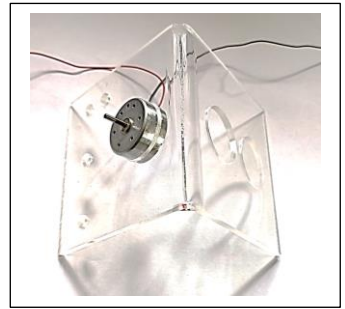
9. Lötarbeiten:

Verwende das Schaltbild auf der vorherigen Seite, die Farben der Kabel in der Zeichnung entsprechen den wirklichen Kabelfarben. Du kannst Dich zusätzlich an den Fotos orientieren.

Biege die Enden der Drähtchen zu einem kleinen Häkchen um und hänge sie in die entsprechenden Lötösen ein. Wenn alle Drähtchen in die Lötösen eingehängt sind, kannst Du sie festlöten.

10. Funktionstest: Schalter zur roten Buchse hin schalten, dann ist der Motor eingeschaltet. Gehe anschließend ins Freie und richte die Solarzellen zur Sonne oder zum hellen Himmel aus, der Propeller sollte sich schnell drehen. Im Innenraum richte die Solarzellen nahe zu einer hellen Lampe aus! Viel Freude und Erfolg bei den interessanten Experimenten!

11. In der Box rechts findest Du den QR- Code für die technischen Daten der Solarzellen im Modul SUSE CM319 mit einer QR-App Deines smartphones kannst Du sie **öffnen!**

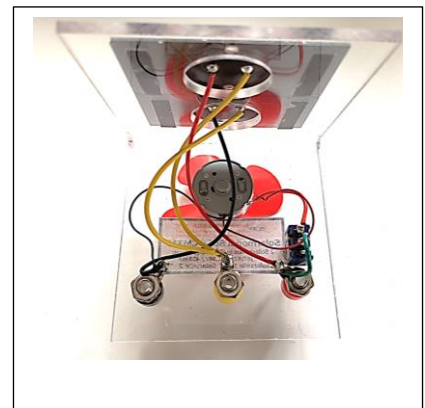
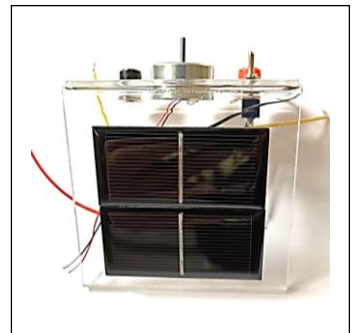


Gebogener Plexiglasträger mit eingebautem Motor



Einbau von Typschild, Buchsen mit Lötösen und Schalter

Die eingebauten Solarzellen



Blick in den Innenraum mit den verlöteten Schaltdrähten.





**Photovoltaik-
System
SUSE**

innovative Solarsysteme für Schule und Ausbildung

**Solarthermiesystem
Wärme von der Sonne**



BNE
Bildung für
Nachhaltige
Entwicklung

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

Kurzanleitung für Experimente mit dem Solarmodul SUSE CM319

Lernstation
G19

Experimente CM319



Nachdem Du das Solarmodul SUSE CM319 fertiggestellt und getestet hast, kannst Du nun damit einige Experimente zur Photovoltaik durchführen. Für umfassende Experimente gibt es noch eine umfangreiche Versuchsanleitung per email von info@sundidactics.de **Wähle -je nach Zeit- Experimente aus!**

1. Spannung und Stromstärke bei verschiedenen Lichtverhältnissen bestimmen

Du benötigst dazu ein Multimeter mit 2 Laborkabeln (rot + schwarz) und einen Halogenstrahler 120W oder eine Rotlichtlampe (wie sie zur Schnupfenbehandlung verwendet wird). LED- Lampen sind nicht geeignet (falsches Lichtspektrum!)

Einstellungen am Multimeter für die Spannungsmessung: 20V DC, schwarzes Minuskabel in Buchse com, rotes Pluskabel in Buchse V, für die Stromstärkemessung: 10A DC, schwarzes Minuskabel in Buchse com, rotes Pluskabel in Buchse 10A (im Innenraum Messbereich 20 mA DC verwenden).

| Ort der Messung | Spannung U in V 1 Solarzelle Buchsen rot-gelb Motordrehgeschwindigkeit (schnell- mittel- langsam aus) | | Spannung U in V 2 Solarzellen in Reihenschaltung Buchsen rot-schwarz Motordrehgeschwindigkeit | | Kurzschlussstrom I in A 1 Solarzelle rot-gelb 2 Solarzellen rot-schwarz |
|---|---|--|---|--|--|
| | | | | | |
| Auf Glasplatte (Mitte) des Overheadprojektors | | | | | |
| 40 cm vor Halogenstrahler 120W | | | | | |
| Draußen strahlender Sonnenschein | | | | | |
| Draußen bedeckter Himmel | | | | | |
| Im Innenraum bei normaler Raumbeleuchtung | | | | | |

Was fällt Dir auf? Notiere Deine Beobachtungen zu den Messwerten und zur Drehgeschwindigkeit des Motors sowie weitere Auswertungsideen hier:

Die Bestrahlungsstärke (Lichtintensität) des Lichts bestimmen

Du benötigst dazu ein **Multimeter im Messbereich 10A DC** mit 2 Laborkabeln (rot + schwarz), schalte den Motor für die Messungen aus! **Schwarzes Minuskabel in Buchse com, rotes Pluskabel in Buchse 10A DC**

Die Intensität des Lichts (= Bestrahlungsstärke S in W/m^2) kann durch Messung **des Kurzschlussstroms von 1 Solarzelle** bestimmt werden (Buchsenpaar rot-gelb), da dieser direkt proportional zur Bestrahlungsstärke ist. Mit dieser Gleichung lässt sich S aus dem Kurzschlussstrom berechnen:

| Ort der Messung | Kurzschlussstrom I in A Messung | Bestrahlungsstärke S in W/m² Berechnung |
|---|---|--|
| Auf Glasplatte (Mitte) des Overheadprojektors | | |
| Draußen im Sonnenschein, zur Sonne ausgerichtet | | |
| Draußen bei bedecktem Himmel, nach Süden ausgerichtet | | |
| Draußen im Schatten | | |

I in A * 1000

$S = \frac{\text{-----}}{\text{-----}} \text{ W/m}^2$

0,48 A

0,48 A ist der Kurzschlussstrom der Solarzelle bei $S = 1000W/m^2$

Beispiele:
 Strahlender Sonnenschein ca. 1000 W/m^2
 Leicht bedeckter Himmel ca. 700 W/m^2
 Bedeckter Himmel ca. 500 W/m^2
 Stark bedeckter Himmel ca. 100-200 W/m^2
 Im Innenraum ca. 10 W/m^2

Notiere Deine Beobachtungen und Auswertungen hier:

2. Reihenschaltung von mehreren Solarmodulen SUSE CM319

Du benötigst dazu ein Multimeter im Messbereich 20V DC mit 2 Laborkabeln (rot + schwarz), schalte den Motor für die Messungen an und aus! Weitere Laborkabel benötigst Du zum Verbinden mehrerer Module.

Zusatzgeräte: 1 Solarmotor SUSE 4.16, 1 LED- Modul SUSE 4.15, 1 Solar Radio SUSE CM4.36

Da Solarzellen nur eine geringe Spannung von ca. 0,63 V haben, werden sie in großen Solarmodulen elektrisch in Reihe geschaltet, meist 36 oder 60 oder sogar 72 Zellen. Dadurch erhöht sich die Spannung. 1 Solarmodul CM319 hat bereits 2 Solarzellen in Reihenschaltung, wir schalten weitere Module in Reihe und haben bei 2 Modulen 4 Solarzellen, bei 3 Modulen 6 Zellen, bei 4 Modulen 8 Zellen.

Stelle 2 Solarmodule SUSE CM319 ins Licht eines Halogenstrahlers und verbinde den Minuspol des Moduls 1 (schwarz) mit dem Pluspol des Moduls 2 (rot). Die Gesamtspannung kannst Du nun zwischen dem Pluspol von Modul 1 und dem Minuspol von Modul 2 messen. Trage die Werte in die Tabelle ein und erweitere die Schaltung auf 3 oder 4 Module in Reihenschaltung.

| Anzahl der Module CM319 | Spannung Modul 1 in V | Spannung Modul 2 in V | Spannung Modul 3 in V | Spannung Modul 4 in V | Gesamtspannung in V + Pol 1. Modul und - Pol letztes Modul |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---|
| 2 | | | XXXXXXXXXX | XXXXXXXXXX | |
| 3 | | | | XXXXXXXXXX | |
| 4 | | | | | |

Zusätzlich kannst Du auch einen **Solarmotor SUSE 4.16** an die Gesamtspannung anschließen oder ein **LED- Modul SUSE 4.15** oder das **Radio SUSE 4.36**.

Weitere umfangreiche Experimente per email via info@sundidactics.de!

Notiere Deine Beobachtungen und Auswertungen hier: