

Solardidactic – Solarzellen – Solarmodule – PV- Experimentiergeräte – PV –Experimentieranleitungen – Solarthermie- Experimentiergeräte  
 didaktische Konzepte – Solarberatung – Fortbildung – solare Aus- und Weiterbildung – Solarspielzeug  
 Solardidactics + solar cells + solar modules + photovoltaic experiment devices + solar toys + solar education and training

**SUNdidactics Solar Systems**

**W.R. Schanz, OStR aD, Hildesheim, Germany**

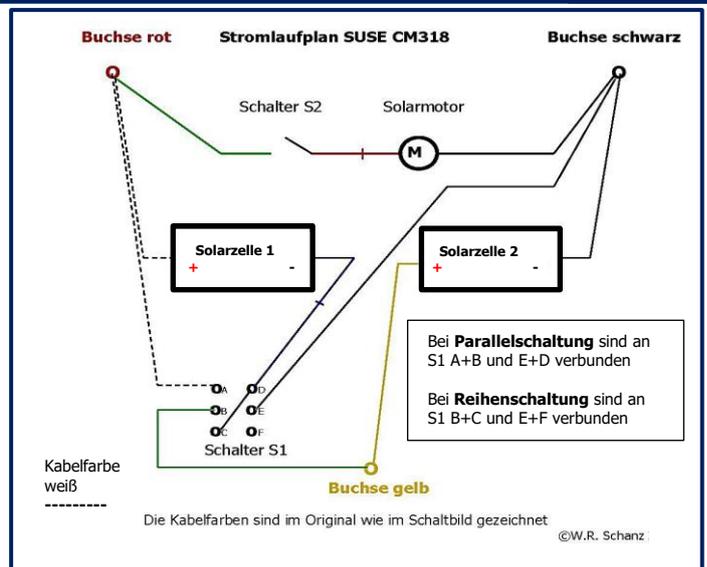
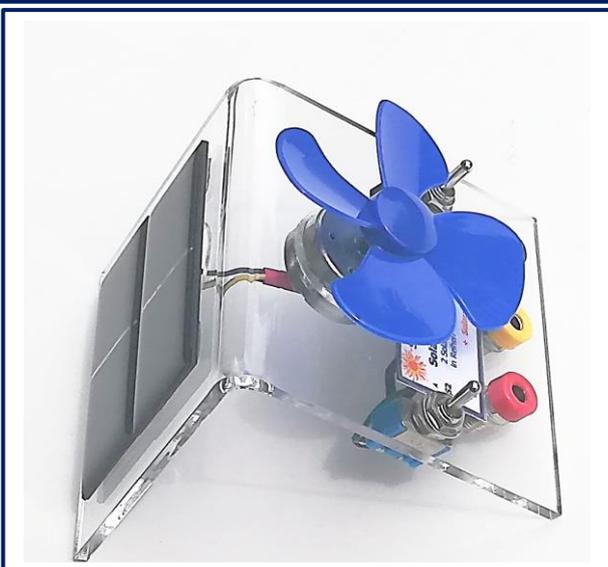
Phone: +49(0)5121 860730 Fax: +49(0)3222 3706689 Mail: info@sundidactics.de Mobile: +49(0)1757660607 Web: www.sundidactics.de

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

## Experimente mit dem Solarmodul SUSE CM 318

Solarmodul mit 2 Solarzellen 0,61V/450 mA mit Umschalter für Parallel- und Reihenschaltung, Ausschalter für den Solarmotor und 3 Messbuchsen zum Einsatz für den schülerzentrierten Experimentalunterricht in den Klassenstufen 8- 12  
**Lernstation C22**

QR- Code für die Experimentieranleitung



### Das Solarmodul SUSE CM318

Links erkennt man die beiden identischen Solarzellen (0,61 V/450 mA), rechts der blaue Propeller mit dem darunterliegenden Solarmotor, vorne der Schalter S2 zum Ein- und Ausschalten des Motors, hinten der Schalter S1 zur Umschalten auf **Parallel-** oder **Reihenschaltung**. Rechts unten sind die 3 Buchsen: **Rot** = Pluspol für die Parallel- oder Reihenschaltung, **gelb** = Plus Solarzelle 1, **schwarz** = gemeinsamer Minuspol (auf dem Foto durch Propellerflügel verdeckt)

### Der Stromlaufplan für SUSE CM318

Die Farben der Leiter entsprechen den Farben der Schaltdrähte im Gerät!  
 Der Schalter S1 dient zur Parallel- oder Reihenschaltung. Wenn die beiden Mittelkontakte mit den oberen Kontakten verbunden werden, ist Parallelschaltung eingestellt, sind die Mittelkontakte nach unten verbunden, ist Reihenschaltung eingestellt. Der Schalter S2 ist ein einfacher Ausschalter zum Ausschalten des Solarmotors. **Bei Parallelschaltung sind am Schalter S1 A mit B und D mit E verbunden, bei Reihenschaltung B mit C und E mit F.**

**Das Solarmodul SUSE CM318 ist ein hochwertiges Solarmodul zum Einsatz in der Sekundarstufe I. Die beiden Solarzellen lassen sich mit dem Schalter S1 und Reihe oder parallel schalten, so ergeben sich interessante Erkenntnisse zur Parallel- oder Reihenschaltung von Solarzellen.**

Bei Parallelschaltung lassen sich mit diesem Gerät auch **alle Experimente für das Solarmodul SUSE CM6MS** durchführen, die parallelgeschalteten Solarzellen sind technisch gleichwertig mit der Solarzelle bei CM6MS.

Bei Reihenschaltung lassen sich **am schwarz- gelben Buchsenpaar alle Experimente für das Solarmodul SUSE CM315 mit 1 Solarzelle** durchführen, die benutzte Solarzelle 1 ist identisch mit der Solarzelle im Modul SUSE CM315. Die Experimente findest Du bei [www.sundidactics.de](http://www.sundidactics.de)

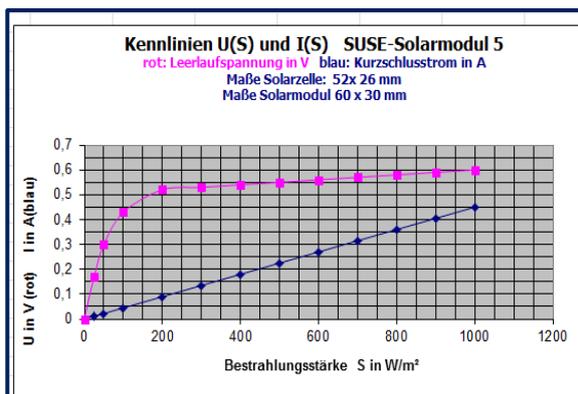
# Die Experimente mit dem Solarmodul SUSE CM318

Für die Experimente mit CM6MS oder CM315 gibt es bei NILS-ISFH/SUNdidactics eigene, umfangreiche Anleitungen, diese werden hier nicht erneut aufgeführt.

	Seite
<b>1. Basisinformationen und technische Daten</b>	<b>2</b>
<b>2. Fragestellungen zum Gerät</b>	<b>2</b>
<b>3. Experimente ohne Multimetermessungen zur Parallel- und Reihenschaltung</b>	<b>3</b>
<b>4. Experimente zur elektrischen Spannung bei Parallel- und Reihenschaltung</b>	<b>3</b>
<b>5. Experimente zur elektrischen Stromstärke bei Parallel- und Reihenschaltung</b>	<b>5</b>
<b>6. Experimente mit Reihenschaltung von 3 Geräten SUSE CM318</b>	<b>6</b>
<b>7. Experimente zur Messung der Lichtintensität</b> (Bestrahlungsstärke $S$ in $W/m^2$ )	<b>7</b>
<b>8. Zusatzexperimente zum Knobeln und Analysieren</b> Seiten 8-11	<b>8</b>
<b>9. Die technischen Daten des Solarmoduls</b> SUSEmod 5 mit Kennlinien	<b>12</b>

## 1. Basisinformationen und technische Daten

- 1.1** Solarzellen sind Energiewandler, sie wandeln die Strahlungsenergie des Lichts in elektrische Energie um, der Wirkungsgrad liegt bei 15...20%. Sie haben wie eine Batterie + und – Pol.
- 1.2** Die hier verwendeten Solarzellen SUSEmod 5 haben bei einer Einstrahlung (Bestrahlungsstärke  $S$ ) von  $1000 W/m^2$  (strahlender Sonnenschein im Sommerhalbjahr) eine **Leerlaufspannung** (bei ausgeschaltetem Motor) von **0,61 V** und einen **Kurzschlussstrom** von **0,45 A**.
- 1.3** Die Solarzellen selbst haben die Maße 52mm x 26mm (Modulmaße 60mm x 30 mm)
- 1.4** Je höher die Lichthelligkeit (= Bestrahlungsstärke  $S$ ), desto höher die Leerlaufspannung und der Kurzschlussstrom, die Grafik zeigt die genaue Abhängigkeit:



Bestrahlungsstärke  $S = 0$ : totale Dunkelheit  
Bestrahlungsstärke  $S = 1000$ : strahlender Sonnenschein

Die Leerlaufspannung  $U_{oc}$  steigt bei niedrigen Strahlungswerten von 0 V aus schnell an und erreicht dann langsam steigend den Endwert 0,61V.

- 1.5** Bei einer Reihenschaltung von 2 gleichen Solarzellen addieren sich die Leerlaufspannungen, der Kurzschlussstrom ändert sich nicht. Bei einer Parallelschaltung von 2 gleichen Solarzellen addieren sich die Kurzschlussströme, die Spannungen ändern sich nicht.

## 2. Fragestellungen zum Gerät

- 2.1** Was ändert sich, wenn der Schalter  $S_2$  geschlossen oder geöffnet wird?

Erkläre hier:

- 2.2** Erkläre genau, wieso bei Umschalten von  $S_1$  die Solarzellen in Reihe oder parallel geschaltet werden!

Erkläre hier:

### 3 Experimente ohne Multimetermessungen zur Parallel- und Reihenschaltung

**3.1** SchlieÙe den Schalter S2 (Position E) und stelle den Schalter S1 auf Parallelschaltung (Position P). Gehe nun mit dem Gerät ins Freie an ein Fenster oder in die Nähe einer Lampe, richte die Solarzellen zur Sonne oder zur Lichtquelle aus, so dass sich der Propeller schnell dreht. Schalte nun den Schalter S1 auf R (Reihenschaltung) was beobachtest Du?

**Berichte und erkläre hier:**

**3.2** Schalte den Schalter S1 auf R (Reihenschaltung), der Schalter S2 bleibt geschlossen. Gehe nun mit dem Gerät an ein Fenster oder in die Nähe einer Lampe, richte die Solarzellen zur Sonne oder zur Lichtquelle aus, so dass sich der Propeller dreht. Entferne Dich nun soweit vom Fenster oder von der Lampe, dass der Propeller gerade stehen bleibt. Schalte nun den Schalter S1 auf P (Parallelschaltung) was beobachtest Du?

**Berichte und erkläre hier:**

### 4. Experimente zur elektrischen Spannung bei Parallel- und Reihenschaltung

**4.1** Wir messen mit einem Multimeter im Messbereich 20V DC bei verschiedenen Lichtverhältnissen und Schalterpositionen die Spannungen an den Solarzellen und werten anschließend die Messergebnisse aus. Wir verwenden das rot(+)- schwarze(-) Buchsenpaar, für Teilversuche das gelb- schwarze Buchsenpaar.

Art der Schaltung	Ort der Messung	Draußen bei Sonnenschein zur Sonne gerichtet oder auf OHProjektor	Draußen bei bedecktem Himmel oder im Schatten oder Papierzwischenlage auf OHP	Im beleuchteten Innenraum
Parallel-Schaltung	Leerlaufspannung U in V Solar-Motor EIN			
	Leerlaufspannung U in V Solar-Motor AUS			
Reihen-Schaltung	Leerlaufspannung U in V Solar-Motor EIN			
	Leerlaufspannung U in V Solar-Motor AUS			
Nur Solarzelle 1 gelb- schwarzes Buchsenpaar	Leerlaufspannung U in V Solar-Motor EIN			
	Leerlaufspannung U in V Solar-Motor AUS			

**Was fällt Dir bei den Spannungsmessungen auf?**  
**Vergleiche Deine Ergebnisse auch mit den Basisinformationen**  
**Berichte und erkläre hier:**

#### **4.2 Elektrische Spannungen beim Abdecken einer Solarzelle**

Stelle das Solarmodul im Freien ins Licht und richte die Solarzellen zur Sonne aus oder beleuchte es im Innenraum mit einer Lampe. Schalte den Solarmotor AUS und S1 auf R (Reihenschaltung).

Das Multimeter ist zur Spannungsmessung im Messbereich 20V DC und wird mit 2 Kabeln mit dem rot-schwarzen Buchsenpaar verbunden. Bestimme die Spannung:

$$U_1 = \dots\dots\dots V$$

Decke nun mit der Hand oder mit schwarzer Pappe die untere Solarzelle vollständig lichtdicht ab (achte darauf, dass Du dabei keinen Schatten auf die obere Solarzelle machst!) und notiere hier die Anzeige des Spannungsmessgerätes:

$$U_2 = \dots\dots\dots V$$

Schalte den Schalter S1 auf P und wiederhole das Experiment!

$$U_3 = \dots\dots\dots V$$

$$U_4 = \dots\dots\dots V$$

**Was fällt Dir auf? Notiere Deine Beobachtungen und Erklärungen hier:**

## 5. Experimente zur elektrischen Stromstärke bei Parallel- und Reihenschaltung

5.1 Wir verwenden zur Messung der Kurzschlussstromstärke den Messbereich 10 ADC, nur im Innenraum können wir auch die Messbereiche 20 mA oder 200 mA verwenden.

Art der Schaltung	Ort der Messung	Draußen bei Sonnenschein zur Sonne gerichtet oder auf OHProjektor	Draußen bei bedecktem Himmel oder im Schatten oder Papierzwischenlage auf OHP	Im beleuchteten Innenraum
rot- schwarzes Buchsenpaar  <b>Parallel-Schaltung</b>	<b>Kurzschlussstrom I in A Solar-Motor EIN</b>			
	<b>Kurzschlussstrom I in A Solar-Motor AUS</b>			
rot- schwarzes Buchsenpaar  <b>Reihen-Schaltung</b>	<b>Kurzschlussstrom I in A Solar-Motor EIN</b>			
	<b>Kurzschlussstrom I in A Solar-Motor AUS</b>			
<b>Nur Solarzelle 1</b>  gelb- schwarzes Buchsenpaar	<b>Kurzschlussstrom I in A Solar-Motor EIN</b>			
	<b>Kurzschlussstrom I in A Solar-Motor AUS</b>			

**Was fällt Dir auf? Notiere Deine Beobachtungen und Erklärungen hier:**

### 5.2 Elektrische Stromstärken beim Abdecken einer Solarzelle

Stelle das Solarmodul im Freien ins Licht und richte die Solarzellen zur Sonne aus oder beleuchte es im Innenraum mit einer Lampe. Schalte den Solarmotor AUS und S1 auf R (Reihenschaltung).

Das Multimeter ist zur Stromstärkemessung im Messbereich 10A DC und wird mit 2 Kabeln mit dem rot-schwarzen Buchsenpaar verbunden. Bestimme die Stromstärke:

$$I_1 = \dots\dots\dots A$$

Decke nun mit der Hand oder mit schwarzer Pappe die untere Solarzelle vollständig lichtdicht ab (achte darauf, dass Du dabei keinen Schatten auf die obere Solarzelle machst!) und notiere hier die Anzeige des Stromstärkemessgerätes:

$$I_2 = \dots\dots\dots A$$

Schalte den Schalter S1 auf P und wiederhole das Experiment!

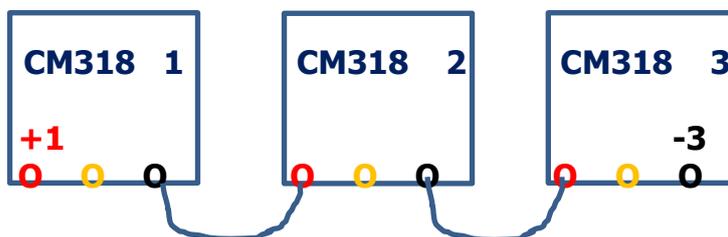
$I_3 = \dots\dots\dots V$

$I_4 = \dots\dots\dots V$

**Was fällt Dir auf? Notiere Deine Beobachtungen und Erklärungen hier:**

### 6. Reihenschaltung von 3 Geräten CM318

Verbinde 3 Geräte mit 2 Laborkabeln in Reihenschaltung, wie in der Skizze dargestellt:



Gehe bei schönem Wetter ins Freie und stelle die 3 Solarmodule SUSE CM318 in Reihenschaltung nebeneinander auf einen Tisch oder auf den Boden und richte die Solarzellen zur Sonne hin aus.

**6.1** Schließe an +1 und -3 ein LED- Modul SUSE 4.15 oder das Solarradio SUSE 4.36 an.

Schalte alle 3 Schalter 1 auf R und probiere LED und Radio aus. Schalte anschließend alle 3 Module auf P und probiere wieder aus!

**6.2** Schließe an +1 und -3 ein Multimeter im Messbereich 20V DC an und miss die Spannung einmal bei Position P aller 3 Schalter:

$U_1 = \dots\dots\dots V$

Schalte nun alle 3 Schalter auf P und führe das Experiment erneut durch!  $U_2 = \dots\dots\dots V$

**Was fällt Dir auf? Notiere Deine Beobachtungen und Erklärungen hier:**

## 7. Messungen der Lichtintensität (Bestrahlungsstärke S) in W/m<sup>2</sup>

Mit der hier verwendeten kalibrierten Solarzelle kann die Lichtintensität des Lichts genau bestimmt werden, da der Kurzschlussstrom proportional zur Lichtintensität = Bestrahlungsstärke S ist (siehe Kennlinie auf S. 1 oder S.12)

**Info:** 1000W/m<sup>2</sup> ist die Intensität der Lichtstrahlung der Sonne bei wolkenlosem blauem Himmel im Sommer und ist internationaler Standard- Messwert für Solarzellen.

Bei Bewölkung sinkt der Wert erheblich, auch im Winter ergibt sich bei strahlendem Sonnenschein nur ca. 600 W/m<sup>2</sup>, weil das Licht bei tiefstehende Sonne einen viel längeren Weg durch die Lufthülle der Erde zurücklegt und dabei geschwächt wird. Die Tabelle zeigt einige Werte:

	Sommer	Winter
größtenteils klarer Himmel	bis 1000 W/m <sup>2</sup>	bis 500 W/m <sup>2</sup>
leichte bis mittlere Bewölkung	bis 600 W/m <sup>2</sup>	bis 300 W/m <sup>2</sup>
starke Bewölkung bis trüber Nebel	bis 300 W/m <sup>2</sup>	bis 150 W/m <sup>2</sup>

Wir verwenden den Kurzschlussstrom von 2 parallelgeschalteten Solarzellen, also 0,90 A bei S = 1000 W/m<sup>2</sup>.

**Zur Messung Schalter S1 auf Parallelschaltung stellen, Motor ausschalten!  
Messung im Stromstärkemessbereich 10A DC am rot- schwarzen Buchsenpaar**

**Kurzschlussstrom I<sub>sc</sub> der beiden parallelgeschalteten Solarzellen** von SUSE CM318 **bei einer Bestrahlung von 1000 W/m<sup>2</sup>**

I<sub>sc</sub> = .....0,90.....A

### Messung der Bestrahlungsstärke S von Licht (Lichtintensität) in W/m<sup>2</sup>:

Da der Kurzschlussstrom I<sub>sc</sub> proportional zur Bestrahlungsstärke S ist, gilt:

$$\frac{I_{sc} \text{ in A}}{1000 \text{ W/m}^2} = \frac{I_{mess} \text{ in A}}{S_x \text{ W/m}^2} \quad \text{oder nach } S_x \text{ umgestellt: } S_x = \frac{I_{mess} \text{ (in A)} * 1000}{0,90 \text{ A}}$$

Dabei ist:

I <sub>sc</sub>	in A	der kalibrierte Kurzschlussstrom bei 1000 W/m <sup>2</sup> = <b>0,90 A</b>
I <sub>mess</sub>	in A	der gemessene Kurzschlussstrom bei der Bestrahlungsstärke S <sub>x</sub>
S <sub>x</sub>	in W/m <sup>2</sup>	die Bestrahlungsstärke der Lichtstrahlung im Experiment

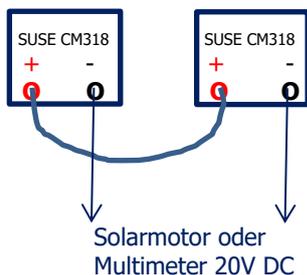
### Messungen im Freien und bei Lichtquellen:

Lichtstrahlung	Kurzschlussstrom I <sub>sc</sub> in A	Bestrahlungsstärke S <sub>x</sub> in W/m <sup>2</sup>
Strahlender Sonnenschein direkt zur Sonne gemessen		
Strahlender Sonnenschein im Schatten gemessen		
Bedeckter Himmel		
Sehr trübes Wetter		
30 cm vor Lichtquelle z.B. Halogenstrahler		
Auf Glasplatte des Overheadprojektors Solarzellen nach unten ausrichten!		

## Zusatzexperimente (mit Zusatzgeräten) für SUSE CM318 zum Knobeln und Analysieren

1. **Falsche Reihenschaltung** 2er oder 3er Module CM318, Tests mit Solarmotor und Multimeter
- 2A. **3 Solarmotoren parallel und in Reihe** an 1 Solarmodul SUSE CM318
- 2B. **4 Solarmotoren** unterschiedlicher Geschwindigkeit und Drehrichtung an 1 Modul CM318
3. **LEDs an Solarmodul** SUSE CM318, rot, blau, rainbow, IR
4. **2 Module** CM318 als Solartankstelle mit 2 Solar- Elektrofahrzeugen SF4 oder SF1.2 mit Wettrennen
5. Zeige Dein Alter (Vater, Mutter, Oma, Opa...)
6. Energie- Schildbürger, Energie hereinholen zum Betrieb einer LED im abgedunkelten Raum
7. Solarmodul SUSE **CM318 als Generator** + Solarmotor

### 1. Falsche Reihenschaltung 2er oder 3er Module CM318, Tests mit Solarmotor und Multimeter



2 Solarmodule SUSE CM 318 werden im Freien zur Sonnen ausgerichtet oder im Unterrichtsraum ca. 30 cm vor einen Halogenstrahler 120 W (oder Grundgerät SUSE 4.0) nebeneinander aufgestellt, die Solarzellen zeigen zur Lampe. Die beiden Pluspole werden verbunden, an den beiden Minuspole wird der Solarmotor oder ein Multimeter im MB 20V DC angeschlossen.

Die SuS testen die Wirkung der falschen Reihenschaltung bei verschiedenen Schalterpositionen und **erstellen eine Erklärung.**

**Info:** Bei der richtigen Reihenschaltung **addieren sich die Spannungen** der Solarzellen, je nach Schalterposition von 1,2.....2,4 V

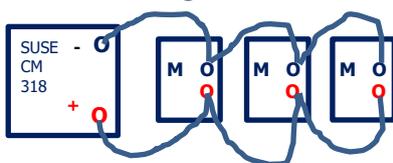
Bei der falschen Reihenschaltung **subtrahieren sich die Spannungen**, von +0,6 über 0V auf -0,6 V, bei -0,6V dreht sich die Richtung des Propellers um.

**Benötigte Bauteile:** 1x Halogenstrahler 120 W auf Fuß oder Grundgerät SUSE 4.0 mit schaltbarer Steckdose, 2 Solarmodule SUSE CM318, 1 Solarmotor SUSE 4.16, 1 Multimeter, 3 Laborkabel

### Berichte und erkläre hier:

### 2A. 3 Solarmotoren parallel und in Reihe an 1 Solarmodul SUSE CM318

Parallelschaltung von 3 Elektromotoren SUSE 4.16



**Benötigte Bauteile:** 1x Halogenstrahler 120 W auf Fuß oder Grundgerät SUSE 4.0 mit schaltbarer Steckdose, 1 Solarmodul SUSE CM318, 3 Solarmotoren SUSE 4.16, 1 Multimeter, 8 Laborkabel

Mit kurzen Laborkabeln werden 3 **Solarmotoren SUE 4.16 (M)** nacheinander in Parallelschaltung an ein Solarmodul SUSE CM318 angeschlossen. Das Solarmodul wird im Freien zur Sonnen ausgerichtet oder im Unterrichtsraum ca. 30 cm vor einen Halogenstrahler 120 W (oder Grundgerät SUSE 4.0) aufgestellt, die Solarzellen zeigen zur Lampe. Die SuS führten das Experiment bei beiden Schalterstellungen von CM318 durch, notieren Ihre Ergebnisse und erklären!

**Info:** Alle 3 Motoren drehen sich, weil das Solarmodul eine Spannung von 0,6 V (Parallelschaltung beider Solarzellen) oder 1,2 V (Reihenschaltung beider Solarzellen) aufweist. Der Motor benötigt ca. 0,3 V. Bei 30cm Abstand zur Lampe ist die Maximale Stromstärke einer Solarzelle ca. 300 mA, weil jeder Motor aber nur 40 mA benötigt, reicht I aus, alle Motoren drehen sich.

## Berichte und erkläre hier:

### 2B Aufgabe: 4 Solarmotoren SUSE CM416 mit unterschiedlicher Geschwindigkeit und unterschiedlicher Drehrichtung an 1 Modul SUSE CM318 anschließen! Die Propeller sollen sich mit unterschiedlicher Geschwindigkeit und unterschiedlicher Drehrichtung drehen!

Das Solarmodul wird im Freien zur Sonne ausgerichtet oder im Unterrichtsraum ca. 30 cm vor einen Halogenstrahler 120 W (oder Grundgerät SUSE 4.0) aufgestellt, die Solarzellen zeigen zur Lampe.

1. 1 Motor CM416 wird korrekt gepolt an das schwarz- gelbe Buchsenpaar, ein zweiter Motor parallel dazu mit umgekehrter Polung angeschlossen: **langsame Drehbewegung mit unterschiedlicher Drehrichtung.**
2. 1 Motor SUSE CM416 wird korrekt gepolt an des schwarz- rote Buchsenpaar angeschlossen, ein zweiter Motor parallel dazu mit umgekehrter Polung angeschlossen: **schnelle Drehbewegung mit unterschiedlicher Drehrichtung.**

**Info: Schalter muss in Reihenschaltung geschaltet sein!** Am schwarz- gelben Buchsenpaar ist nur 1 Solarzelle angeschlossen, mit 0,6 V, daher die langsame Rotation, am schwarz- roten Buchsenpaar 2 Solarzellen in Reihenschaltung, somit 1,2 V.

**Benötigte Bauteile:** 1x Halogenstrahler 120 W auf Fuß oder Grundgerät SUSE 4.0 mit schaltbarer Steckdose, 1 Solarmodul SUSE CM318, 4 Solarmotor SUSE 4.16, 1 Multimeter, 10 Laborkabel

## Berichte und erkläre hier:

### 3. Aufgabe: Schließe 4 LED- Module SUSE 4.15 (rot, blau rainbow, IR) an ein oder mehrere Solarmodule SUSE CM318 an, so dass sie gleichzeitig leuchten!

Das Solarmodul (die Solarmodule) wird/werden im Freien zur Sonne ausgerichtet oder im Unterrichtsraum ca. 30 cm vor einen Halogenstrahler 120 W (oder Grundgerät SUSE 4.0) aufgestellt, die Solarzellen zeigen zur Lampe.

Es sind 3 Solarmodule SUSE CM318 in Reihe zu schalten (Schalter auf Reihenschaltung), da die blaue und rainbow- LED ca. 3V Spannung benötigen, alle 3 LED- Module werden parallel korrekt gepolt an + des 1. Moduls und – des 3. Moduls geschaltet.

**Info:** LEDs benötigen je nach Farbe unterschiedliche Spannungen zum Betrieb, rot ca. 1,6 V, blau ca. 2,8 V, rainbow ca. 3V, wobei in der rainbow- LED 3 LEDs integriert sind, die mit einem elektronischen Schaltkreis angesteuert werden und unterschiedlich aufleuchten. IR leuchtet scheinbar nicht, da unser Auge Licht mit einer Wellenlänge 940 nm nicht sehen kann, mit Smartphone- Kamera beobachtet, leuchtet die LED!

**Benötigte Bauteile:** 1x Halogenstrahler 120 W auf Fuß oder Grundgerät SUSE 4.0 mit schaltbarer Steckdose, 3 Solarmodule SUSE CM318, 3 LED- Module SUSE 4.15 rot+blau+rainbow, 1 Multimeter, 8 Laborkabel

## Berichte und erkläre hier:

### 4. 2 Solarfahrzeuge SF1 oder SF4 werden an 1-2 Solarmodulen SUSE CM318 als Solartankstelle aufgeladen und ein Wettrennen gefahren.

Die SuS erhalten 2 Solarfahrzeuge SF1 oder SF4, beide mit einem GoldCap Energiespeicher mit einer max. Ladespannung von 2,5 V DC, sowie 2 Solarmodule SUSE CM318, nicht mehr!

Das Solarmodul /die Solarmodule wird/werden im Freien zur Sonne ausgerichtet oder im Unterrichtsraum ca. 30 cm vor einen Halogenstrahler 120 W (oder Grundgerät SUSE 4.0) aufgestellt, die Solarzellen zeigen zur Lampe.

Durch unterschiedliche Schalterkombinationen sind Spannungen von 0,6 V (1 Solarmodul, 1 Zelle) bis 2,4 V (2 Solarmodule mit 4 Zellen in Reihenschaltung) möglich. Die maximale Geschwindigkeit erhalten die Fahrzeuge, wenn sie mit 2,4 V aufgeladen werden, also 2 Module SUSE CM318 in Reihenschaltung, Schalter bei beiden in Pos. Reihenschaltung!

**Info:** Die Aufladung dauert ca. 1 – 2 Min., durch Anschluss eines Multimeters (MB 20V DC) an das grün- schwarze Buchsenpaar der Fahrzeuge kann die Aufladung beobachtet werden. Wettrennen auf dem Fußboden fahren.

**Benötigte Bauteile:** 1x Halogenstrahler 120 W auf Fuß oder Grundgerät SUSE 4.0 mit schaltbarer Steckdose, 2 Solarmodule SUSE CM318, 2 Solarfahrzeuge SF1 oder SF4, 1 Multimeter, 5 Laborkabel

## Berichte und erkläre hier:

### 5. Zeige Dein Alter (Vater, Mutter, Oma, Opa, LehrerIn...) mit 1 Solarmodul SUSE CM318

Das Solarmodul wird im Freien zur Sonne ausgerichtet oder im Unterrichtsraum ca. 50 cm vor einen Halogenstrahler 120 W (oder Grundgerät SUSE 4.0) aufgestellt, die Solarzellen zeigen zur Lampe. Schalterposition Reihenschaltung. An das schwarz- rote Buchsenpaar wird ein **analoges Amperemeter** (Demonstrationsgerät) angeschlossen, das Solarmodul wird so weit entfernt, dass der Zeiger genau auf „100“ zeigt = Alter 100 Jahre.

Durch geschicktes Abdecken / Abschatten der Solarzellen mit der Hand lässt sich der Zeigerausschlag verringern, bis das gewünschte Alter angezeigt wird.

**Info:** Hier wird der **Kurzschlussstrom der Solarzellen** gemessen, der proportional zur Bestrahlungsstärke des Lichts und proportional zur bestrahlten Zellenfläche ist. Mit einer Spannungsmessung würde dieses Experiment nicht funktionieren, da die Spannung unabhängig von der bestrahlten Fläche und nicht linear abhängig zur Bestrahlungsstärke ist.

**Benötigte Bauteile zu Exp.5:** 1x Halogenstrahler 120 W auf Fuß oder Grundgerät SUSE 4.0 mit schaltbarer Steckdose, 1 Solarmodul SUSE CM318, 1 analoges Amperemeter 100 mA (Demonstrationsgerät), 2 Laborkabel

**Berichte und erkläre hier:**

- 6. Energie- Schildbürger:** Energie hereinholen zum Betrieb einer LED im abgedunkelten Raum  
**Aufgabe:** Tanke Energie draußen in einen Solarspeicher SUSE 4.12 und bringe die Energie in den abgedunkelten Innenraum, um eine LED zu betreiben. Es sind 3 Solarmodule SUSE CM318 erforderlich, 1 LED- Modul SUSE 4.15 weiß und 1 Energiespeicher SUSE 4.12.

Die 3 Solarmodule SUSE CM318 werden in Reihe geschaltet, beide Schalter stehen auf Reihenschaltung. An einem hellen, möglichst sonnigen Ort werden die Module zur Sonne oder zur hellsten Stelle des Himmels ausgerichtet. An die Module wird polrichtig der Energiespeicher SUSE 4.12 angeschlossen, je nach Lichtintensität dauert die volle Aufladung 1....3 min. Anschließend wird der Energiespeicher abgetrennt und in den abgedunkelten Innenraum gebracht, die weiße LED wird an den Speicher angeschlossen und leuchtet ca. 15 Minuten hell auf!

**Info:** Die Aufladung dauert ca. 1 – 3 Min., durch Anschluss eines Multimeters (MB 20V DC) an das rot- schwarze Buchsenpaar des Speichers die Aufladung beobachtet werden. Wettrennen auf dem Fußboden fahren.

**Berichte und erkläre hier:**

## 7. Solarmotor aus dem Modul SUSE CM318 als Generator

**Aufgabe:** Der Elektromotor im Modul SUSE CM318 kann auch als Generator verwendet werden, puste kräftig auf den Propeller und teste es aus, weise die Generatorwirkung mit einem Solarmotor oder einem Multimeter nach! Die Solarzellen sollen hierbei möglichst wenig beleuchtet werden!

Wenn der Elektromotor im Modul SUSE CM318 im abgedunkelten Raum durch Anpusten des Propellers schnell gedreht wird, entsteht in ihm eine Generatorspannung von ca. 0,6.....3V, die durch einen angeschlossenen Solarmotor SUSE 4.16 oder durch Anschluss eines Multimeters (MB 20 DC) an das rot- schwarze Buchsenpaar nachgewiesen werden kann.

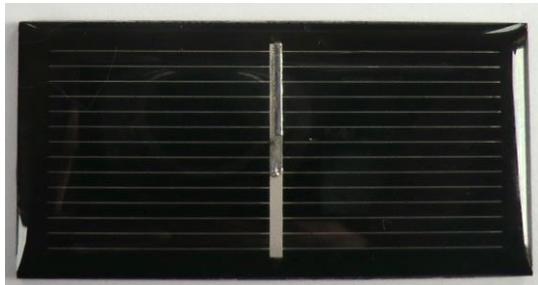
**Info:** Eine Energieumwandlung von mechanischer Energie in elektrische Energie und am 2. Motor wieder in mechanische Energie. Beim Anpusten des Propellers dreht sich dieser andersherum, daher liegt am roten Motordrätchen nun – und am schwarzen + an!

**Benötigte Bauteile:** 1 Solarmodul SUSE CM318, 1 Solarmotormodul SUSE 4.16, 1 Multimeter, 2 Laborkabel

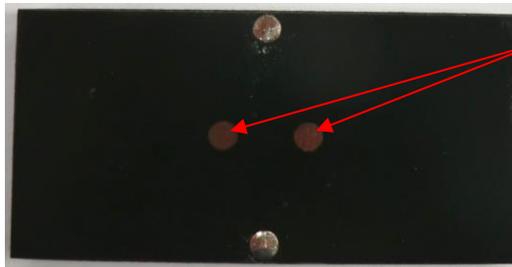
**Berichte und erkläre hier:**

## SUSEmod5- ein preiswertes, 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

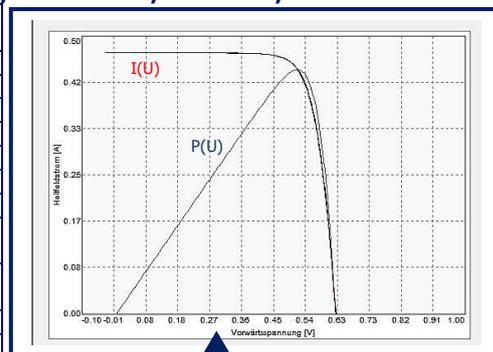
Das Solarmodul **SUSEmod5** enthält eine Solarzelle mit der Hälfte der Fläche der bekannten SUSE- Solarzelle SUSEmod215, die Länge der Solarzelle ist 52 mm, die Breite 26 mm. Die Solarzelle ist bruchsicher eingebettet in ein Kunststoffplättchen der Größe 60mm x 30mm. Die Oberseite über der Solarzelle 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 CM315, 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 $S = 1000 \text{ W/m}^2$ , $T = 25^\circ\text{C}$ , $AM = 1,5$

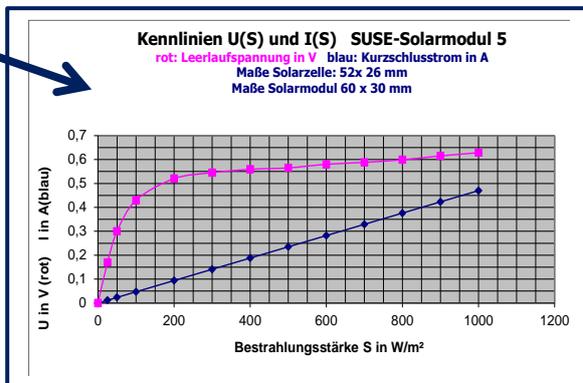
Physikalische Größe	Symbol	Zahlenwert	Physikalische Einheit	Bemerkungen
Maße der Solarzelle		52 x 26	mm	Monokristalline Zelle
Leerlaufspannung	$U_{oc}$	0,63	V	Typisch für Silizium
Kurzschlussstrom	$I_{sc}$	0,468	A	Proportional zur Lichtintensität S
El. Leistung	P	0,228	W	bei Sonnenspektrum, AM 1,5
Wirkungsgrad	$\eta$	17,0	%	Wirkungsgrad der Energieumwandlung
Füllfaktor	FF	77,3	%	FF ist ein Qualitätsmerkmal
Stromdichte	j	34,7	$\text{mA/cm}^2$	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	<b>MPP= Maximum- Power- Point</b>
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

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  $P_{max} = 0,23 \text{ W}$ .