

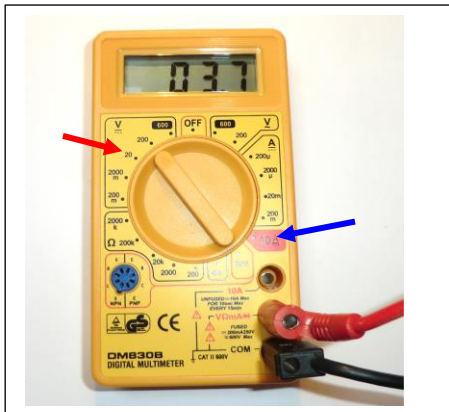
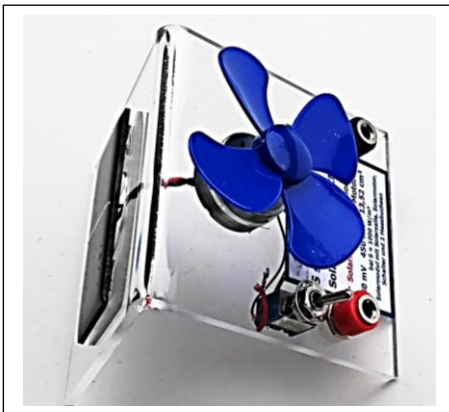
Solardidactic – Solarzellen – Solarmodule – PV-Experimentiergeräte – PV-Experimentieranleitungen – Solarthermie- Experimentiergeräte  
didaktische Konzepte – Solardidaktische Beratung – Fortbildung – solare Aus- und Weiterbildung – Solarspielzeug  
Solardidactics + solar cells + solar modules + photovoltaic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

## SUNdidactics Solar Systems Hildesheim, Germany

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

# Solarstarter 1

## Einsteiger- Experimentierset für die Sekundarstufe I



### Solarmodul SUSE CM315    Multimeter mit Messkabel    2 Laborkabel 50cm rot/schwarz

Das Einsteiger- Experimentierset 1 besteht aus dem Solarmodul SUSE CM315, dem Multimeter mit Messspitzen- Kabelpaar und 2 Laborkabel 50 cm rot + schwarz.

Mit diesem Set lassen sich umfangreichen Experimente zur Photovoltaik mit dem Solarmodul SUSE CM315 durchführen, 2 Experimentieranleitungen sind beigelegt, Kurzversion (2 Seiten) und Langversion via QR (14 Seiten).

Das **Multimeter dient zur Messung von Spannung und Stromstärke** an der Solarzelle und am Solarmotor. Für **Spannungsmessungen** verwenden wir den **Messbereich 20V DC**, im Foto mit **rotem Pfeil** markiert, die dazugehörigen Messbuchsen sind COM (Minus) und V (Plus).

Für Stromstärkemessungen verwenden wir den **Messbereich 10A DC**, im Foto mit **blauem Pfeil** markiert, die Messbuchse 10 A für Plus, die Buchse COM für Minus.

Das Messspitzen-Kabelpaar gehört zum Multimeter, es wird für diese Experimente nicht benötigt, sie sollten für die Experimente nicht mit ausgegeben werden!

### Sicherheitshinweise:

**Multimeter und Laborkabel nur für die Experimente mit SUSE CM315 verwenden, niemals an anderen elektrische Geräten Messungen durchführen. Niemals Kabel in die Steckdose stecken, Lebensgefahr!**

**Hinweise des Multimeter- Herstellers beachten!**

Die Experimente lassen sich Outdoor im Sonnenlicht/Tageslicht durchführen. Im Innenraum können die Experimente mit Halogenstrahler 120 W (min. 40 cm Abstand zur Solarzelle) oder Rotlichtlampe (min. 40 cm Abstand zur Solarzelle) oder Overheadprojektor (Gerät mit Solarzelle nach unten auf die Glasplatte des OHP legen). Beratung via [info@sundidactics.de](mailto:info@sundidactics.de)



**SUN**didactics  
 SolarEnergyDidactics  
 SolarEducation  
 SolarEngineering  
 Photovoltaics + Solarthermal  
 innovative Solarsysteme für Schule und Ausbildung  
 innovative solar- systems for school, college, technical education

NILS ISFH  
 Kooperationspartner  
 cooperation partner  
 Lernwerkstatt NILS-ISFH  
 am Institut für Solarenergieforschung  
 ISFH  
 An- Institut der Leibniz Universität  
 Hannover  
 Solartechnik  
 Solardidaktik  
 Solare Wissenschaft  
 Solar technology Solar didactics  
 Solar science

Photovoltaik-  
 System  
**SUSE**  
 Solartechnik  
 Experimentiergeräte  
 Solare Experimente  
 von der Grundschule  
 bis zum Abitur  
 Solar technology  
 Experimentation devices  
 Solar experiments

**BNE**  
 Bildung  
 für  
 nachhaltige  
 Entwicklung  
 Education  
 for  
 Sustainable  
 Development

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 Hildesheim, Germany

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

# Das Solarmodul SUSE CM315

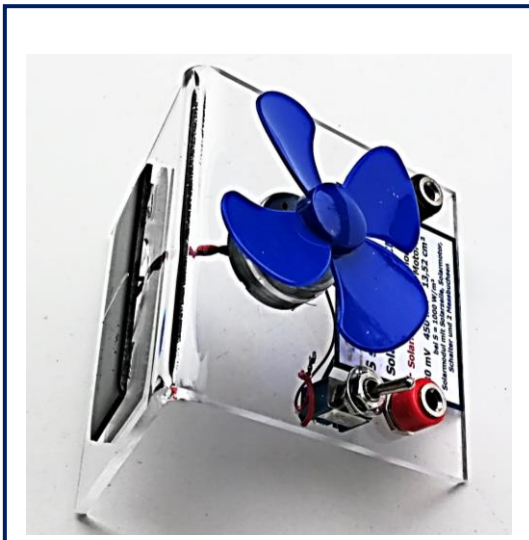
Preiswertes, leistungsstarkes, universelles Solarmodul  
 mit Solarzelle, Solarmotor, Propeller, Schalter und 2 Buchsen  
 besonders geeignet für den Selbstbau durch Schülergruppen

und für den schülerzentrierten experimentellen Unterrichtseinsatz in der Sekundarstufe I



Solarmodul  
 SUSE CM315

## Das Solarmodul SUSE CM315



Auf dem dachförmig um 75° gebogenen Modulträger aus Plexiglas (Gesamtmaß 160mm x 80mm x 3mm), erkennt man vorne den Solar- Elektromotor mit dem Propeller, die 2 Anschlussbuchsen rot + schwarz und den Schalter S. Auf der Rückseite befindet sich die hochwertige monokristalline Si- Solarzelle SUSEmod5 (Modulmaße 60mm x 30mm, Solarzelle 52mm x 26mm).

Daten der Solarzelle bei Standard- Testbedingungen:  $U_{oc} = 0,63 \text{ V}$ ,  $I_{sc} = 450 \text{ mA}$ . Die Solarzelle und die Buchsen sind elektrisch fest miteinander verbunden, an den Buchsen können Laborkabel eingesteckt werden, um mit einem Multimeter Messungen auszuführen oder weitere Zusatzgeräte für Experimente anzuschließen.

Mit dem Schalter kann der Elektromotor zugeschaltet oder ausgeschaltet werden, um die Solarzelle mit Last oder im Leerlauf zu betreiben.

An den Messbuchsen lassen sich Spannungen und Kurzschluss- Stromstärken messen. Es können an diesen Messpunkten auch Reihen- bzw. Parallelschaltungen mehrerer Module oder Schaltungen mit zusätzlichen Solarmotoren oder weiteren Geräten aufgebaut werden.

Die **rote Buchse ist der Pluspol des Solarmoduls**, die **schwarze Buchse der gemeinsame Minuspol von Solarmotor und Solarzelle**. Mit dem Schalter S kann der Pluspol des Solarmotors mit dem Pluspol der Solarzelle verbunden werden. So kann das Solarmodul mit dem Solarmotor oder getrennt vom Motor für Experimente verwendet werden.

Das Modul eignet sich gut für **Photovoltaikexperimente in den Klassenstufen 5- 10**.

Der Selbstbau erfordert Biegen der Plexiglasträger- Platte um 75°, die Montage der elektronischen Bauteile und Schaltarbeiten mit Lötten. Der Selbstbau durch Schüler dauert ca. 45 Minuten.

Zur Messung der Stromstärke wird ein Multimeter (Messbereich DC 10A oder 5A) verwendet, zur Spannungsmessung ein Multimeter im 20V- DC- Messbereich. Zum Lieferumfang gehört eine umfangreiche Experimentieranleitung für Versuche zur Photovoltaik, Solarstrahlung, elektrischen Schaltungstechnik.

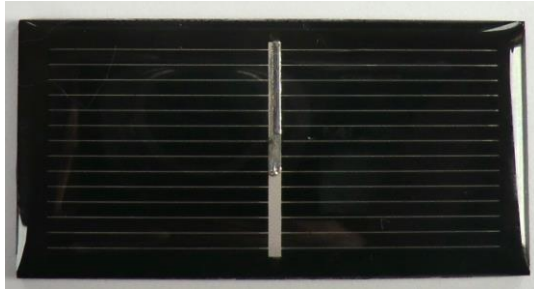
**Das Gerät ist als Bausatz oder als Fertigerät lieferbar.**

**Bauteile des Bausatzes:** Gebohrter Plexiglasträger, Solarmodul mit Solarzelle + doppelseit. Industrieklebeband und 2 Anschlussdrähtchen, Solarmotor, Propeller, 2 Buchsen rot + schwarz mit Lötösen, 1 Schalter mit angelöteten Schaltdrähten, Typschild- Aufkleber, Bauanleitung, Kurz- Experimentieranleitung und umfangreiche 10- seitiger Experimentieranleitung mit theoretischen Grundlagen, umfangreichen Experimenten und Testaufgaben.

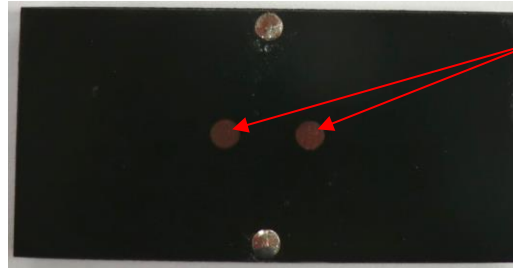
**Benötigte Werkzeuge für den Selbstbau:** Spitzzange, Seitenschneider, Halbrund- Feile, Plexiglasbiegegerät mit 75° -Winkel und Netzgerät, Schere, Schraubenschlüssel 10, Pinzette, Lötstation mit Lötzinn.

## SUSEmod5 - ein preiswertes, leistungsstarkes und robustes Solarmodul für Photovoltaik- Experimente

Das **Solarmodul SUSEmod5** enthält eine Solarzelle mit genau der halben Fläche des Solarmoduls SUSEmod218, 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

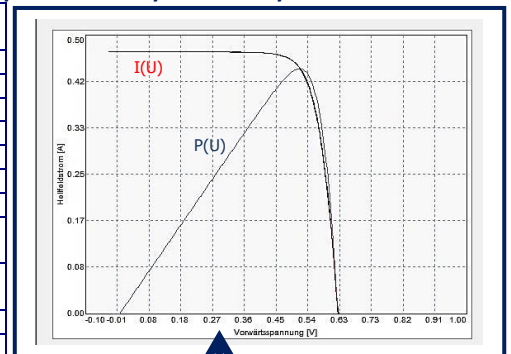
Das Solarmodul **SUSEmod5** enthält eine Solarzelle mit der Hälfte der Fläche der bekannten SUSE- Solarzelle SUSEmod215, die Länge der Solarzelle ist 52 mm, die Breite 26 mm. Die Solarzelle ist bruchsicher eingebettet in ein Kunststoffplättchen der Größe 60mm x 30mm. Die Oberseite über der Solarzelle 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 CM3xx, SUSE 4.31 und weiteren Geräten. Die Module werden speziell für SUNdidactics gefertigt und sind nicht im Handel erhältlich.

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

**Solarzelle:** Monokristalline Solarzelle 52mm x 26mm

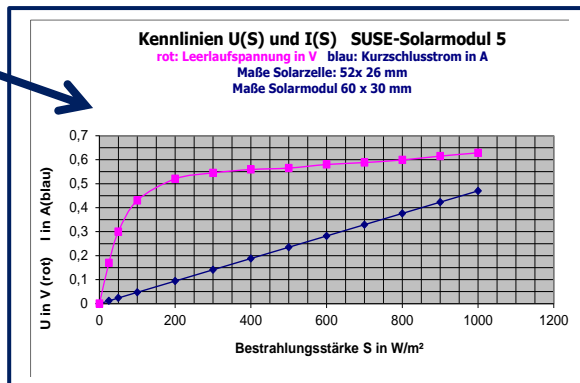
### Technische Daten bei einer Einstrahlung von $S = 1000 \text{ W/m}^2$ , $T = 25^\circ\text{C}$ , $AM = 1,5$

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

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



QR Bauanleitung



QR Experimentieranleitung (Kurzversion)



**Photovoltaik-  
System  
SUSE**

innovative Solarsysteme für Schule und Ausbildung

**Solarthermiesystem  
Wärme von der Sonne**



**BNE**  
Bildung für  
Nachhaltige  
Entwicklung

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

QR shortmanual english



QR Kurzanleitung D



## Kurzanleitung für Experimente mit dem Solarmodul SUSE CM315

die ausführliche Versuchsanleitung in Deutsch und Englisch erhältst Du über die QR- Codes

QR english



QR Lang-Anleitung D



Nachdem Du das Solarmodul fertiggestellt und getestet hast, kannst Du nun mit der Kurzanleitung **4 Experimente** zur Photovoltaik durchführen. Die Kurzanleitung und die umfangreiche 14- seitige Versuchsanleitung kannst Du auch über die QR- Codes auf Dein Smartphone laden.

### 1. Elektrische Spannung, Stromstärke, Leistung durch Messungen bestimmen

Du benötigst dazu ein Multimeter mit 2 Laborkabeln (rot + schwarz) und das Grundgerät SUSE 4.0 (oder einen Halogenstrahler 120W und einen Overheadprojektor).

**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 Motor eingeschaltet	Spannung U in V Motor ausgeschaltet	Kurzschlussstrom I in A	Leistung P in W $P = U \cdot I \cdot 0,8$
Auf Glasplatte (Mitte) des Overheadprojektors				
40 cm vor Halogenstrahler 120W oder Rotlicht				
Draußen strahlender Sonnenschein				
Draußen bedeckter Himmel				
Im Innenraum bei normaler Raumbelichtung				

**Vergleiche die Spannung der Solarzelle mit der gemessenen Spannung einer Batterie:  $U_{\text{Batt}} = \dots\dots\dots V$**

**Was fällt Dir auf? Notiere Deine Beobachtungen zu den Messwerten und zur Drehzahl des Motors sowie weitere Auswertungsideen hier. Was fällt Dir im Vergleich zur Batterie auf?**

## 2. 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 bestimmt werden, da dieser direkt proportional zur Bestrahlungsstärke ist. Der Kurzschlussstrom ist die maximale Stromstärke der Solarzelle. Mit dieser Gleichung lässt sich  $S$  aus dem Kurzschlussstrom berechnen:

Ort der Messung	Kurzschlussstrom $I$ in A	Bestrahlungsstärke $S$ in $W/m^2$
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

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

**0,45 A**

0,45 A ist der Kurzschlussstrom der Solarzelle bei  $S = 1000W/m^2$

## 3. Reihenschaltung von Solarzellen

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.

Da Solarzellen nur eine geringe Spannung von ca. 0,6 V haben, werden sie in großen Solarmodulen elektrisch in Reihe geschaltet, meist 36 oder 60 oder sogar bis > 120 Zellen. Dadurch erhöht sich die Spannung.

**Experiment:** Stelle 2 Solarmodule SUSE CM315 ins Licht eines Halogenstrahlers und verbinde den Minuspol des Moduls 1 mit dem Pluspol des Moduls 2. 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	Gesamtspannung in V
<b>2</b>	
<b>3</b>	
<b>4</b>	

Erkläre Deine Beobachtungen/Messungen hier:

Zusätzlich kannst Du auch einen Solarmotor SUSE 4.16, ein LED- Modul SUSE 4.15 oder das Radio SUSE 4.36 anschließen. Evtl. benötigst Du auch mehr als 4 Solarzellen in Reihenschaltung! Wenn Du Dich für die genauen **technischen Daten der Solarzelle** interessierst, findest Du hier den QR- Code dazu:

Notiere Deine Beobachtungen und Auswertungen hier:



QR technische Daten Solarzelle SUSEmod5

## 4. SUSE CM315 als Windkraftanlage

Schließe ein **Multimeter im Messbereich 20V DC** mit 2 Laborkabeln an das rot- schwarze Buchsenpaar an und schalte den Motor an! Puste nun kräftig auf den Propeller, so dass er sich schnell dreht und beobachte die Anzeige des Multimeters! Was fällt Dir auf, trage die gemessenen Spannungswerte in die Tabelle ein! **Erkläre diesen Effekt im orangen Feld:**

Propellerdrehung	Spannung in V
langsam	
mittel	
schnell	
sehr schnell	

Viele weitere Experimente in der ausführlichen Lang- Versuchsanleitung



**SUN**didactics  
**SolarEnergyDidactics**  
**SolarEducation**  
**SolarEngineering**  
**Photovoltaics+Solarthermal**  
**innovative Solarsysteme für Schule und Ausbildung**  
**innovative solar- systems for school, college, technical education**

**NILS ISFH**  
**Kooperationspartner**  
**cooperation partner**  
 Lernwerkstatt NILS-ISFH  
 am Institut für  
 Solarenergieforschung ISFH  
 An- Institut der Leibniz Universität  
 Hannover  
**Solartechnik**  
**Solardidaktik**  
**Solare Wissenschaft**  
*Solar technology Solar didactics*

**Photovoltaik-**  
**System**  
**SUSE**  
**Solartechnik**  
**Experimentiergeräte**  
**Solare Experimente**  
**von der Grundschule**  
**bis zum Abitur**  
*Solar technology*  
*Experimentation devices*  
*Solar experiments*

**BNE**  
**Bildung**  
**für**  
**nachhaltige**  
**Entwicklung**  
*Education*  
*for*  
*Sustainable*  
*Development*

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

**Wolf- Rüdiger Schanz, OStR aD, Schaperbleek 15, D-31139 Hildesheim, Germany**

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

Das nebenstehende Foto zeigt das in der Sonnenfängerbox GS oder anderen PV- Experimenten verwendete digitale Multimeter. Das Gerät besitzt Messbereiche für Gleichspannung, Gleichstrom, Wechselspannung und Widerstand. Für die Experimente der Sonnenfängerbox GS werden nur die Gleichspannungsbereiche 20V Gleichspannung und 10A Gleichstrom, sowie 200 mA Gleichstrom. Weitere Messmöglichkeiten werden für unsere Experimente nicht benötigt.

Rechts unten befinden sich **3 Messbuchsen**, die **unterste ist Minus (COM)** die **mittlere für alle Messbereiche** außer Strom 10A, die **obere nur für 10A Gleichstrom**.

Der große Drehschalter zur Messbereichswahl hat oben seine AUS-Position (OFF), wenn nicht gemessen wird, sollte das Gerät immer ausgeschaltet werden, um eine längere Betriebszeit der mitgelieferten 9V- Block- Batterie zu gewährleisten. Im **Bild** rechts ist der Drehschalter auf den **Messbereich 10A Gleichstrom** gestellt.



Im **linken Bild** ist der **Messbereich 20V Gleichspannung** eingestellt, das Gerät zeigt 0,37 V an. Das schwarze Minuskabel steckt in der Minusbuchse, das rote Pluskabel in der V- Buchse.

Im **oberen Bild** ist der **10A- Gleichstrom- Messbereich** eingestellt, das schwarze Minuskabel steckt in der Minusbuchse, das rote Pluskabel in der 10A- Buchse.

Die beigegefügte Messkabel mit Messspitzen werden für einzelne Experimente benötigt.

Die notwendige Batterie 9V ist im Gerätekarton beigegefügt und muss vor dem Ersteinsatz eingesetzt werden, in der Anleitungsbroschüre wird der einfache Einbau erläutert. Das Gerät wird in den Farben gelb oder grau ausgeliefert.

## Sicherheitsvorschriften:

- 1. Das Gerät darf nur entsprechend der Versuchsanleitungen an den NILS-ISFH- oder SUNdidactics- Experimenten verwendet werden!**
- 2. Messungen nur unter Aufsicht einer Lehrkraft durchführen!**
- 3. Niemals Messkabel in eine Steckdose stecken, Lebensgefahr!**
- 4. Die beigegefügte Kabel mit Messspitzen sind für die Experimente nicht notwendig und sollten den SchülerInnen nicht ausgehändigt werden!**