



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
Solar didaktik
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

SUN didactics 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 Solarstrahlungs- Messgerät SUSE 5.23A

Digitale Bestrahlungsstärke - Messgerät zur Messung der Solarstrahlung in W/m^2

Gerätebeschreibung und Bauanleitung

SUSE 5.23A
Bauanleitung



Oben: Die Vorderseite des Messgerätes
mit Solarzelle und Geräteaufkleber
Links: Rückseitenansicht mit Display
(aktuelle Anzeige $164 W/m^2$), Schalter,
Messbuchsen und Stativstange

Das Solarmodul **SUSE 5.23A** ist ein **digital anzeigendes Messgerät zur Messung der Bestrahlungsstärke S des Sonnenlichts** oder des **Lichts von Lichtquellen** in der **internationalen Maßeinheit W/m^2** .

Zur Messung wird der Kurzschlussstrom der Solarzelle verwendet, der proportional zur Bestrahlungsstärke S ist. Zur Anzeige dient ein $3 \frac{1}{2}$ -stelliges Display eines digitalen mV- Meters, welches von 01999 W/m^2 anzeigt.

Der Wert **$1000 W/m^2$** entspricht der Solarstrahlung der Sommersonne mittags bei strahlend blauem und wolkenlosem Himmel, dieser Wert ist der Standard-Testwert für Solarzellen. $0 W/m^2$ ist absolute Dunkelheit, ein trüber, stark bewölkter Tag, hat etwa $50-150 W/m^2$, ein sonnige Tag mit Schleierbewölkung etwa $700 - 800 W/m^2$. Das Gerät wird als Bausatz oder als kalibriertes Fertigerät geliefert.

Die Bauanleitung in 4 Arbeitsschritten

Bauzeit ohne Feinkalibrierung ca. 40 Minuten

1. Die Bauteile

Gehäuserückseite, eingebaut sind digitale
Messanzeige mit Leitungen, Schalter, Spannungsverteiler

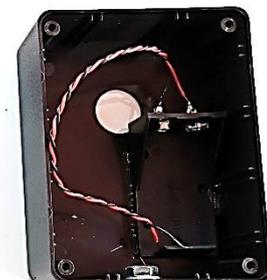
Batterie 9V

Solarzelle mit Kabel



4 Gehäuseschrauben

2 Aufkleber



Gehäusevorderseite mit eingebauter
Batteriehalterung mit Kabeln und Stativschraube

2 Lötösen



Shunt- Draht

2 Einbaubuchsen
mit je 1 Lötöse

Arbeitsschritt 1: Montage der Gehäusevorderseite

- 1.1 Großer Aufkleber- wie im Foto **1** ersichtlich- 5mm oberhalb Unterkante des Gehäuses aufkleben.
 - 1.2 Solarzelle direkt oberhalb des Aufklebers aufkleben, dazu Schutzfolien am doppelseitigen Klebeband abziehen.
- Damit ist die Gehäusevorderseite fertiggestellt.

Arbeitsschritt 2: Montage der Gehäuserückseite

Das Messmodul, der Schalter und der Spannungsverteiler sind bereits eingebaut. Das rot- schwarze Leistungspaar vom Messmodul ist die 9V- Spannungsversorgung, das gelb- blaue Leitungspaar der Da Input.

2.1 Einbau der 2 Buchsen

Von der Innenseite aus gesehen (wie Foto!) wird die rote Buchse rechts, die schwarze Buchse links, jeweils mit 2 Lötösen, eingebaut. Die rote Buchse ist im Foto **2** rot markiert. Mutter und Lötöse von Buchse entfernen, Buchse durchstecken und auf der Rückseite, wie Foto erkennbar, 2 Lötösen aufstecken und mit Schlüssel verschrauben. Die beiden Lötösen sollten einen Winkel von ca. 90° bilden.

2.2 Arbeitsschritt: 3x Lötarbeiten

Achtung! Batterie noch nicht einsetzen!

Spannungsverteiler

Das dünne rot- schwarze Kabelpaar vom Batteriekasten wird polrichtig an den Spannungsverteiler gelötet, rot markiert ist +, schwarz oder blau markiert ist - .

Input

Wie im Foto **3** ersichtlich, wird an die Lötöse der roten Buchse das gelbe Input- Kabel und das rote Solarzellenkabel gelötet. An die Lötöse der schwarzen Buchse werden das blaue Input- Kabel und das schwarze Solarzellenkabel gelötet, die jeweils 2. Lötöse bleibt noch frei.

Shunt (Nebenwiderstand)

Vom beigefügten shunt- Draht genau 2,32 m abschneiden und an beiden Enden abisolieren. Dann wird der Draht über einem Edding- Stift o.ä. aufgewickelt und fixiert, wie Foto **4** zeigt.

Anschließend wird der shunt- Ring an die beiden freien Lötösen gelötet, ein Ende an die Plusbuchse, das andere Ende an die Minusbuchse, siehe Foto **5**.

Das Gerät ist nun betriebsbereit mit einer Genauigkeit von ca. 5%, zur Verbesserung der Genauigkeit kann es noch kalibriert werden, siehe Seite 3!

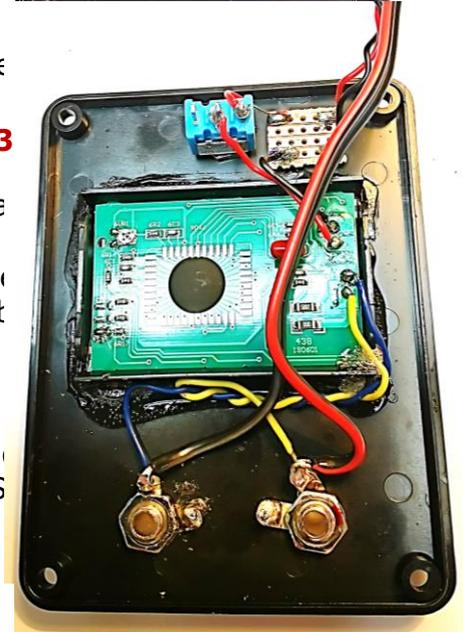
1



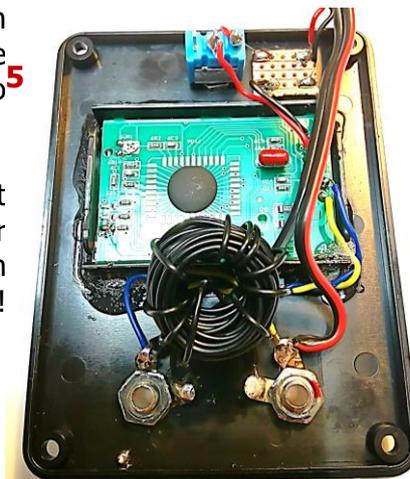
2



3



4



Arbeitsschritt 4: Test und Zusammenbau

Bitte alle bisherigen Arbeitsschritte noch einmal sorgfältig überprüfen, besonders die Lötarbeiten und die korrekte Polarität der Kabel, ansonsten könnte beim Einschalten das Messmodul zerstört werden!

Der Betriebsschalter soll ausgeschaltet sein, Position links! Nun kann die Batterie polrichtig in die Batteriehalterung eingesetzt werden. Der Betriebsschalter wird zum Einschalten nach rechts geschaltet, das Display zeigt beim Ausrichten der Solarzelle aus dem Fenster zur Sonne oder zum bedeckten Himmel einen Messwert an, strahlender Sonnenschein ca. 700 – 1000 W/m², bedeckter Himmel 100- 400 W/m². Im Innenraum zeigt das Display ca. 10 W/m² an.

Wenn diese Funktionskontrolle positiv ist und keine Feinkalibrierung gewünscht ist, können die beiden Gehäuseteile zusammengefügt und mit den 4 Gehäuseschrauben verschraubt werden.

Nun können mit dem Gerät die Experimente zur Solarstrahlung durchgeführt werden, siehe QR- Codes:



Basisexperimente



umfangreiche Experimente



Gerätebeschreibung

5. Die Feinkalibrierung

Durch Bauteiletoleranzen beim Display, shunt und Solarzelle wird im Standard Gerät die Messgenauigkeit auf 5% begrenzt, d.h. bei einer wahren Bestrahlungsstärke von 1000 W/m² zeigt das Gerät zwischen 950 W/m² und 1050 W/m² an.

Für eine höhere Anzeigegenauigkeit muss das Gerät individuell kalibriert werden, d.h. der shunt muss in seiner Länge genau justiert werden. **Hierzu ist die Kooperation mit einer NILS- Lehrkraft mit einem kalibrierten Gerät erforderlich:**

Mit einem feinkalibrierten Gerät markiert die NILS- Lehrkraft auf einem Overheadprojektor eine Stelle mit einem runden Bestrahlungswert, z.B. 600 W/m². Die Fläche der Solarzelle wird mit Folienstift umrahmt.

Nun wird das Testgerät mit seiner Solarzelle genau auf dieses markierte Feld gelegt und seine Anzeige beobachtet. **Zeigt es zu viel an, z.B. 650 W/m²** muss der shuntdraht um wenige cm gekürzt werden. Gerät ausschalten, Batterie herausnehmen, den shuntdraht an einer Lötöse ablöten, um wenige cm, z.B. 5 cm, kürzen, dann shuntdraht wieder anlöten, Batterie einsetzen, Gerät einschalten und erneut auf genau derselben Stelle Anzeige testen. Ist sie ok, ist das Gerät kalibriert, ist sie immer noch zu hoch, mit Kürzen fortsetzen.

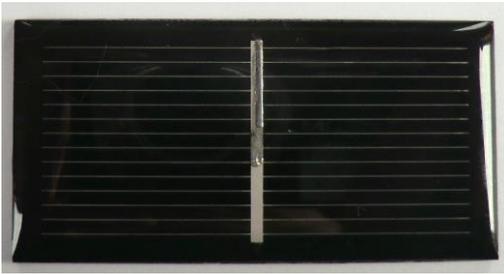
Zeigt das **Gerät zu wenig an, z.B. 570 W/m²**, muss der Shuntdraht um wenige cm verlängert werden, Gerät ausschalten, Batterie herausnehmen und hierzu einfach einige cm Draht als Verlängerung anlöten und erneut testen.

Auf S. 4 sind sich die technischen Daten der verwendeten Solarzelle SUSEmod5.

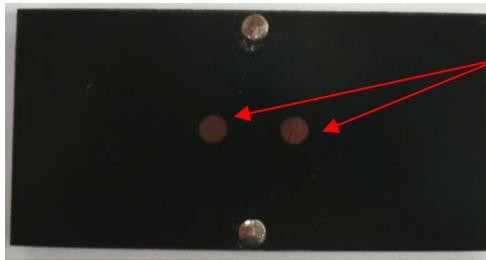
Bei Problemen, Fragen, Infos: www.sundidactics.de oder 0175 7660607

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



Technische Daten Susemod5

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

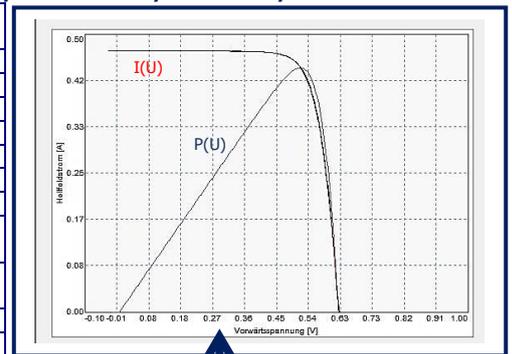
Das Solarmodul **SUSEmod5** enthält eine Solarzelle mit der Hälfte der Fläche der bekannten SUSE- Solarzelle SUSEmod215, die Länge der Solarzelle ist 52 mm, die Breite 26 mm. Die Solarzelle ist bruchsicher eingebettet in ein Kunststoffplättchen der Größe 60mm x 30mm. Die Oberseite über der Solarzelle 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.

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

Solarzelle: Monokristalline Solarzelle 52mm x 26mm

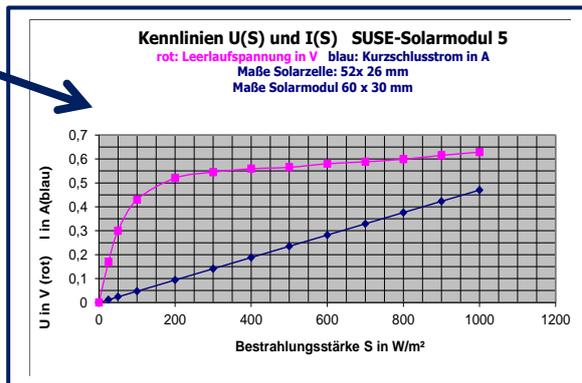
Technische Daten bei einer Einstrahlung von $S = 1000 \text{ W/m}^2$, $T = 25^\circ\text{C}$, $AM = 1,5$

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