

12. Solarstrahlung

Hintergrund

Die Solarstrahlung (**Globalstrahlung**) wird in W/m^2 gemessen. Sie ist also eine Energieform (im Gegensatz zur Erfassung der Helligkeit). Sie kann auf verschiedene Arten gemessen werden, wobei es 3 Hauptmessverfahren gibt.

Pyranometer

Professionelle Wetterstationen nutzen ausschließlich sogenannte **Pyranometer** zur Messung der Solarstrahlung (Globalstrahlung). Bei diesen Geräten wird vereinfacht gesagt über entsprechende Thermoelemente die Temperaturdifferenz zwischen einem schwarzen Körper und der Umgebung gemessen. Der schwarze Körper absorbiert dabei die auf ihn treffende Wärmestrahlung. Über die Temperaturdifferenz kann die erfasste Strahlung ermittelt werden. Vorteil dieser Messmethode ist, dass über das gesamte Sonnenspektrum eine nahezu flache Messcharakteristik herrscht. Damit sind diese Messgeräte extrem genau und unabhängig vom zum Messzeitpunkt vorliegenden Sonnenspektrum. Nachteil für Privatanwender ist jedoch, dass die Messgeräte sehr teuer sind¹⁾.

Photovoltaischen Strahlungsmesser

Photovoltaischen Strahlungsmesser oder Silizium-Strahlungssensoren nutzen meist eine Solarzelle, um die auf sie auftreffende Strahlung zu ermitteln. Man macht sich hier zu Nutze, dass der gemessene Kurzschlussstrom der Solarzelle direkt proportional zur eintreffenden Strahlung ist.

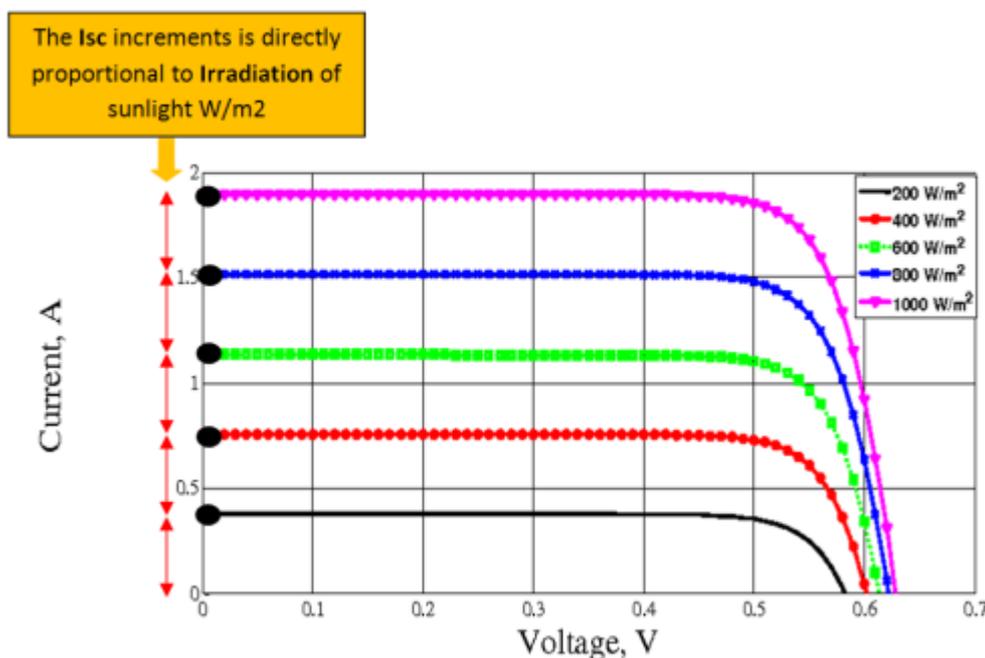


Abbildung: © solarduino.com

Vorteil dieser Messmethode ist der sehr preisgünstige Aufbau des Sensors. Der Nachteil dieses Sensors ist aber seine unterschiedliche spektrale Empfindlichkeit für Licht mit verschiedenen Wellenlängen. Langwellige Infrarotstrahlung kann er überhaupt nicht erfassen. Deshalb kann es zu einzelnen Tagesstunden zu größeren Abweichungen kommen²⁾. Siehe dazu auch im Kapitel [Vergleich der Messprinzipien](#) weiter unten.

Lichtempfindliche Photodiode

Die einfachste Methode zur (indirekten) Messung der Strahlung ist die Verwendung einer lichtempfindlichen Photodiode. Eine Photodiode misst nicht die eigentliche Strahlung (daher indirekte Messung) sondern die Helligkeit des auf sie auftreffenden Lichts. Als Messgröße der Helligkeit wird meist "Lux" verwendet, was noch die Empfindlichkeit des menschlichen Auges mit berücksichtigt. Physikalisch besteht daher kein direkter Zusammenhang zwischen Globalstrahlung und Helligkeit in Lux. Es gibt allerdings wissenschaftliche Untersuchungen, die dennoch einen (mathematischen) Zusammenhang ermittelt haben³⁾. Hierbei wurden verschiedene Faktoren zur Umrechnung "Lux in W/m^2 " ermittelt. Auch die sehr weit verbreiteten FOSHK (Ecowitt) Wetterstationen nutzen ausschließlich diese (sehr kostengünstige) Messmethode. Ein kurzer Versuch, bei dem wir unseren photovoltaischen Strahlungsmesser mit dem Lux-Sensor verglichen haben, hat ebenfalls den Zusammenhang bestätigt. Hierbei haben wir die von FOSHK verwendete Formel benutzt:
$$\text{Solarstrahlung in } W/m^2 = \text{Gemessene Helligkeit in Lux} / 126.7$$



Vergleich der Messprinzipien

Wie oben schon erwähnt ist die Messung mittels Pyranometer die genaueste Ermittlung der Globalstrahlung. Die spektrale Empfindlichkeit eines Pyranometers (2) zeigt über den gesamten Bereich des Sonnenspektrums (1) eine nahezu flache Charakteristik, während sich die spektrale Empfindlichkeit eines photovoltaischen Strahlungsdetektors (3) auf den Bereich von 400 nm bis ca. 1200 nm beschränkt.

Auf Grund der hohen Kosten für ein Pyranometer kommen in privaten Wetterstationen dennoch häufig photovoltaischen Strahlungsmesser oder sogar nur Photodioden zum Einsatz.

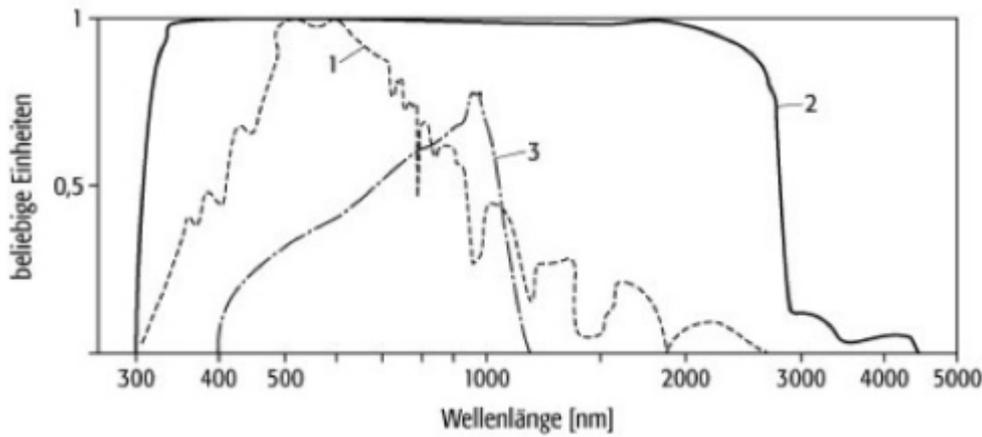


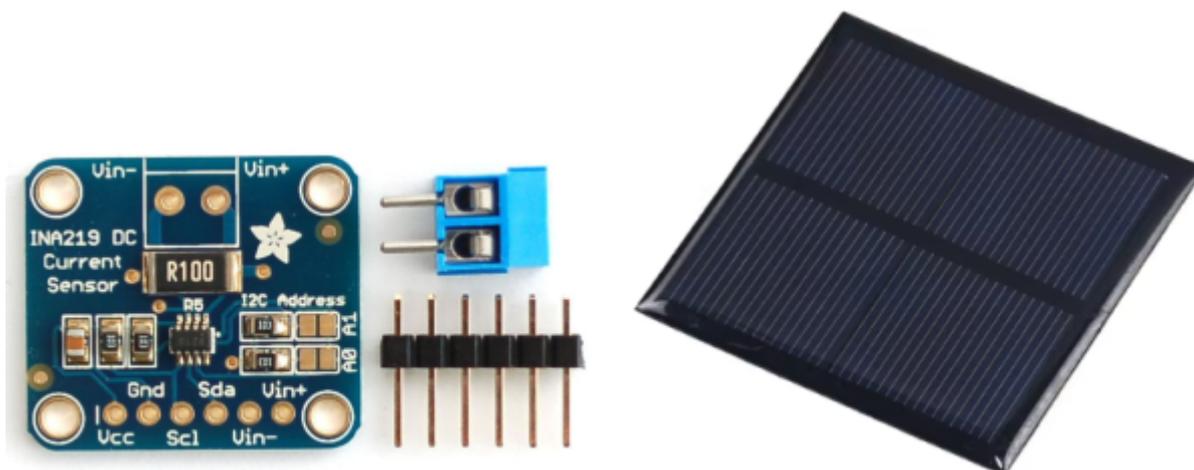
Abbildung: © [Spektrum.de](https://www.spektrum.de)

Einkaufsliste

Komponente	Preis	Bezugsquelle (Beispiel)
INA219 Stromsensor mit Breakoutboard	4 EUR	BerryBase
Solarzelle 60x60mm, 1V, 500 mA (CNC60x60-1)	5 EUR	AliExpress
Gehäuse, wasserdicht, 100x68x50mm	5 EUR	Amazon
4x Kabeldurchführung M12x1,5	2 EUR	Amazon oder Baumarkt
Rohrschelle 25-28 mm / 3/4" + M8x10mm Senkkopf	2 EUR	Amazon oder Baumarkt
Buchsenleiste 1-polig, RM 2,54mm	(8 EUR)	Amazon
Streifenraster-Platine 160 x 100 mm, RM 2,54mm	(2 EUR)	Amazon
GESAMT	18 EUR	

Sensorauswahl

Wir bauen einen photovoltaischen Strahlungsmesser. Dazu benötigen wir eine entsprechend geeignete Solarzelle - wir nutzen eine Zelle mit der **Bezeichnung CNC60x60-1**. Zur Messung der Kurzschlussspannung benötigen wir zudem ein Modul zur Messung der Stromstärke, dazu verwenden wir das sehr gute **Modul INA219**.



Abbildungen: (c) [Adafruit](#) und (c) [Kaifa Co. Ltd.](#)

Solarzelle

Bei der Solarzelle muss man auf 3 Dinge achten:

1. Größe - eine zu kleine Sensorfläche erzeugt zur Messung eine zu geringe Stromstärke.
2. Spannung - je kleiner die Spannung, desto besser. Mehr als 26V kann der INA219 nicht messen.
3. Stromstärke - je größer die Kurzschlussspannung ist, desto besser (hochauflösender) ist das Messergebnis.

Zusätzlich benötigt man zwingend die Angabe zum Kurzschlussstrom (I_{sc}). Dieser wird immer unter Normbedingungen von 1000 W/m^2 bestimmt. Somit ist dieser Wert unsere Kalibrierung des Moduls! Ohne Angabe ist eine Messung nicht möglich! Das war bei der Recherche nach einer geeigneten Solarzelle auch der schwierigste Teil! Häufig fehlt diese Angabe in den Shops.

Wir verwenden eine 60x60mm große Solarzelle des Onlineshops Kaifa Co. Ltd. (ich vermute, dass das nur der Händler ist, der Hersteller der Zelle ist mir nicht bekannt). Die genaue Bezeichnung ist **CNC60x60-1**.

Technische Daten:

- Name: CNC60x60-1
- Size: 60x60mm
- Peak voltage: 1V
- Open circuit voltage: 1.2V
- Peak current: 500 mA
- Short circuit current (mA): 558 mA

Stromsensor INA219

Technische Daten:

- Strommesswiderstand: 0,1 Ohm / 1% / 2 W
- Zielspannung: bis zu 26 V
- Strommessung: bis zu 3,2 A
- Auflösung: 0,8 mA
- Abmessungen: ca. 26 x 22 mm

Datenblatt:

<https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/ina219.pdf>

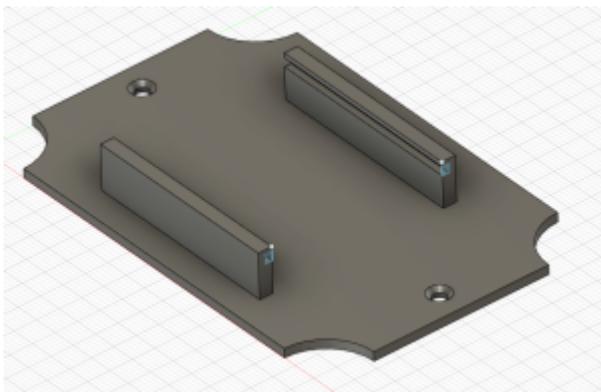
Gehäuse

Das Gehäuse des Strahlungssensors dient neben der Aufnahme der Solarzelle zusätzlich auch noch als "Kabel-Verteilbox" für weitere Sensoren der Wetterstation. Der Stromsensor INA219 kommt direkt auf die Platine [unserer Steuerung](#) und nicht in dieses Gehäuse. Wir verwenden das gleiche wasserdichte Gehäuse mit den Abmessungen 100 x 68 x 50mm wie auch schon [für den Raspberry](#)

und den [Helligkeitssensor](#).



Zum Anschluss aller Kabel verwenden wir eine Lochrasterplatine, auf die wir entsprechende Klemmen löten. Damit die Platine mit den Anschlussklemmen für die Kabelverteilung in das Gehäuse montiert werden kann, haben wir ein 3D-Druckteil entworfen, welches ihr Euch hier direkt herunterladen könnt: [grundplatte_100x68x50mm_solarsensor_v3.zip](#)



Zusammenbau Gehäuse

Das Gehäuse benötigt insgesamt 6 Bohrungen: 4x Kabeldurchführung (12 mm) sowie eine Bohrung mittig am Boden (10mm) zur Befestigung der Rohrschelle. Im Deckel noch eine kleine Bohrung zur Durchführung des Kabels der Solarzelle. 3 der Kabeldurchführungen kommen auf die eine lange Seite, eine Kabeldurchführung kommt auf die gegenüberliegende lange Seite. **Kabel 5** (siehe [2. Halterungssystem](#)) vom Raspberry geht in das Gehäuse sowie auch **Kabel 6** vom digitalen Regensensor und **Kabel 7** vom Windrichtungssensor. Auf der gegenüberliegenden Seite kommt das **Kabel 8** vom Windgeschwindigkeitssensor. Das Gehäuse dient hier zum Verteilen der Signale auf die einzelnen Sensoren. Achtet darauf, dass die Gegenmuttern der Kabeldurchführungen sehr viel Platz im Inneren des Gehäuses einnehmen - platziert also die Bohrungen entsprechend.

Als erstes wird die Rohrschelle auf der Rückseite mit einer M8x10mm Linsenkopfschraube befestigt. Ich habe hier zur Abdichtung etwas Montagekleber von außen verwendet und darauf eine Unterlegscheibe gedrückt. Darauf habe ich die Rohrschelle geschraubt. Eine Abdichtung gegen Feuchtigkeit ist hier auf jeden Fall notwendig! Anschließend wird der 3D-Druckdapter eingesetzt und

dieser mit zwei M3x10mm Schrauben am Gehäuse befestigt. Nun die Kabeldurchführungen einschrauben und dabei auf die Dichtung achten, damit kein Wasser in das Gehäuse eindringen kann!

Den Ausschnitt für die Lichtkuppel sägt man am Besten mit einem passenden Kreisbohrer ins Gehäuse. Die Kreisbohrer sind eigentlich meist für Holz gedacht, daher nehmen sie recht viel Material weg. Nutzt also eher einen zu knappen Kreisbohrer und feilt dann später das Gehäuse vorsichtig auf die passende Größe für die Lichtkuppel. Wir nutzen eine 2 Zoll Lichtkuppel (ca. 5 cm Durchmesser). Es ist nicht ganz einfach hier eine passende Kuppel zu finden, die preislich auch noch OK ist. Oft kommt ein gehöriger Versand-Faktor dazu. Zudem haben wir die Kuppel nur bei AliExpress gefunden, in deutschen Onlineshops war etwas entsprechendes zu vernünftigen Preisen nicht zu bekommen. Baut auf jeden Fall erst die Sensorplatine auf und misst anschließend exakt die Position der Öffnung für die Lichtkuppel aus - die Sensoren müssen in der Kuppel sitzen, damit auch seitliches Licht noch gut auf die Sensoren fallen kann! Die Kuppel wird dann sorgfältig mit entsprechendem Kleber von unten in den Deckel eingesetzt. Achtet auf absolute Wasserdichtheit!



(Hinweis: Die Platine ist ein Prototyp - mittlerweile sieht sie leicht anders aus!)

Montage und Anschluss

Software

LoxoneConfig

1)

Spektrum.de: <https://www.spektrum.de/lexikon/physik/pyranometer/11796>

2)

Volker Quaschnig: <https://www.volker-quaschnig.de/artikel/solarstrahlung1/index.php>

3)

Peter R. Michael, Danvers E. Johnston, Wilfrido Moreno: <https://www.extrica.com/article/21667/pdf>

From:

<https://wiki.loxberry.de/> - **LoxBerry Wiki - BEYOND THE LIMITS**

Permanent link:

https://wiki.loxberry.de/howtos_knowledge_base/loxberry_wetterstation/12_solarradiation?rev=1730482844

Last update: **2024/11/01 18:40**