

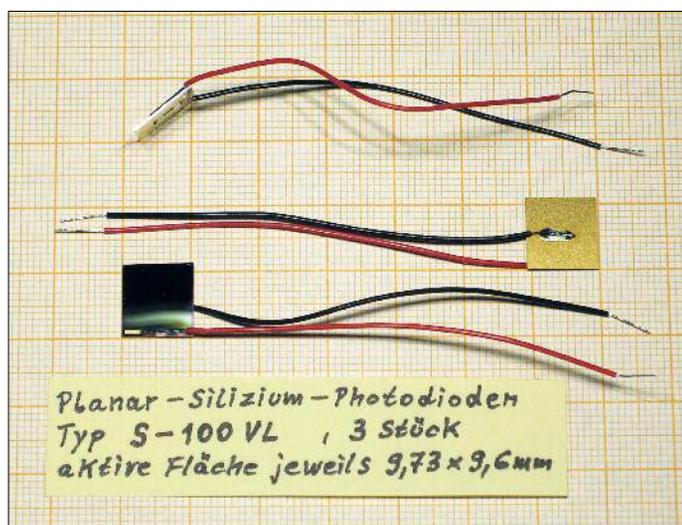
Ergänzungen zum Beitrag „Wirkungsgradmessung an LEDs“ in FA 3/12, S. 258

Um das Licht der zu messenden LED möglichst verlustfrei auf die Fotodiode zu bekommen, gibt es mehrere Möglichkeiten.

■ Variante 1

Verwendung einer einzelnen monokristallinen Silizium-Solarzelle mit etwa 5 cm × 5 cm Größe. Die LED wird 1 cm bis 2 cm über der Zelle placiert. Ein kegel- oder parabol-förmiger Reflektor sorgt dafür, dass auch die seitlich austretenden Strahlen

Lichtquelle angestrahlt wird, sondern nur diffuses Licht aus Vielfachreflexionen erhält. Solch eine Ulbrichtkugel lässt sich selbst bauen. Für die LED-Messung genügt eine tischtennisballgroße Ausführung. Die Innenwand ist mit einer dicken Schicht möglichst reinweißer Farbe (ohne jeden Farbstich) anzustreichen. Vorteilhaft an dieser Messtechnik ist, dass ein repräsentativer Anteil allen abgestrahlten Lichtes letztlich auf die Fotodiode trifft, was der Präzision und der Reprodu-



unter recht steilem Winkel die Zelle erreichen. Weil der Serienwiderstand (Bild 2 des Beitrags) bei Solarzellen vom Hersteller naturgemäß auf geringstmögliche Größe reduziert wurde, dürfte eine lineare Messung auch ohne Sperrvorspannung möglich sein. Stattdessen wird einfach ein Milliampere-Meter an die Zelle angeschlossen.

Diese einfache Methode setzt die Existenz einer verlässlichen spektralen Empfindlichkeitskurve (A/W über der Wellenlänge) voraus, die jedoch bei Solarzellen nicht so einfach zu bekommen ist. Die Kurven verschiedener Si-Zellen sind keineswegs identisch, sie differieren von Typ zu Typ und von Hersteller zu Hersteller.

■ Variante 2

Beim Einsatz einer Ulbrichtkugel (engl.: *integrating sphere*), einem professionellen Messgerät, erreicht man eine hohe Genauigkeit. Durch geeignete Konstruktion ist dafür gesorgt, dass die bündig an der Innenwand der Kugel montierte Fotodiode nicht direkt von der zu vermessenden

1 cm² große Typ geeignet, für den eine verlässliche Kurve der spektralen Empfindlichkeit vorliegt. Aufgrund des hohen Dämpfungsfaktors der Kugel sind die gemessenen Fotostrome sehr klein. Das schließt Linearitätsprobleme aus, und man kann ohne Sperrvorspannung arbeiten, d.h., einfach ein empfindliches Strommessgerät anschließen.

■ Variante 3

Im vorgestellten Messgerät kam schließlich eine schnell realisierbare und für Amateurzwecke hinreichend präzise Bauweise zum Zuge, die keiner Kalibrierung bedarf: Drei quadratische Fotodioden mit jeweils knapp 1 cm² Fläche (Bild 8) werden rechtwinklig zueinander angeordnet. Bei der Betrachtung der Oberfläche mit einer Lupe sieht man schmale violette Streifen längs der Außenkanten. Diese kontaktieren die Diodenoberseite und bilden die Anode, während die goldmetallisierte Rückseite des Fotodioden die Katode ist. Zunächst ist eine der Dioden waagrecht auf ein Brettchen aus Holz oder einem an-

Bild 8:
Ansicht der
Fotodioden von der
Seite und von den
beiden Flächen

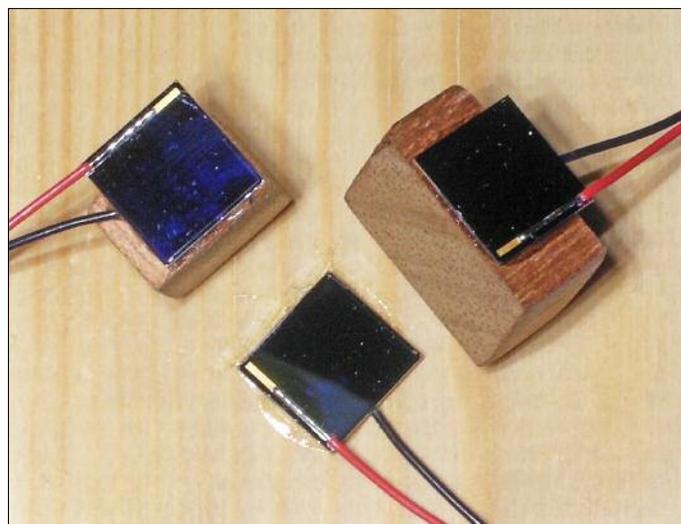


Bild 9:
Ansicht der auf
kleine
Holzklötzchen
geklebten
Fotodioden.

zierbarkeit sehr dienlich ist. Dieser Lichtanteil ist jedoch sehr klein. Er hängt vom Verhältnis aus Fotodiodenfläche, Kugelfläche und Lichteintrittsöffnung ab. Auch die Reflektivität der weißen Farbe spielt eine Rolle. Eine Kalibrierung ist unumgänglich. Der Amateur kann die Ulbrichtkugel einsetzen, wenn er über einen Laserpointer mit genau bekannter Ausgangsleistung verfügt. (Die Aufschrift auf dem Pointer ist keinesfalls genau genug!) Man leuchtet in die Kugel hinein und misst den Fotostrom. Der Quotient aus Fotostrom und Lichtleistung ist die resultierende Empfindlichkeit (in A/W) bei dieser Wellenlänge. Anhand der spektralen Kurve der eingesetzten Fotodiode wird nun die Beschriftung der senkrechten Achse proportional korrigiert.

Als Fotodiode ist jeder etwa 0,5 cm² bis

deren Isolierstoff zu kleben, wie in Bild 9 erkennbar. Hierfür ist Epoxydharz mit einer Aushärtzeit von 5 min geeignet; von Heißkleber sollte sicherheitshalber Abstand genommen werden. Etwas Übung beim Umgang mit dem Zweikomponentenkleber ist notwendig. Es sollte nichts auf die lichtempfindliche Fläche der Fotodiode gelangen, erst recht kein flüssig bleibendes, nicht abgebandenes Einzelkomponentenmaterial.

Die anderen beiden Dioden werden nun mit etwas Augenmaß so auf quaderförmige Holzklötzchen geklebt, dass später an den Kanten nicht jeweils zwei der violetten Leiterzüge zu sehen sind, sondern jeweils ein Leiterzug von der schmalen Stirnseite der benachbarten Diode verdeckt wird. So wird erreicht, dass das einfallende Licht möglichst vollständig auf

die sensitive schwarze Oberfläche der Fotodioden fällt und nur wenig von den lichtunempfindlichen Leiterzügen absorbiert wird.

Wie die Bilder 10 und 11 zeigen, sind die beiden Klötzchen nun derart auf das Brett zu kleben, dass die drei Dioden senkrecht zueinander stehen. Um Kurzschlüsse zwi-

Holzklötzchen bei Bedarf etwas nachjustiert werden. Nach Erhärtung des Klebers sind die Anschlüsse parallelzuschalten und mit Vorspannungsquelle und Buchsen gemäß Bild 3 des Beitrags zu verdrahten. Excel-Arbeitsblatt

Für das als Ergänzung vorhandene Excel-Arbeitsblatt sind in den Spalten B, C und

dimensionslosen Relativwerte Verwendung – das Resultat am Ende der Berechnung ist dasselbe.

In Spalte E sind die Tabellenwerte aus einem Katalog der Herstellers Oriol Corp. eingetragen. Die rote Kurve in Bild 4 des Beitrags gibt den Verlauf ziemlich genau wieder.

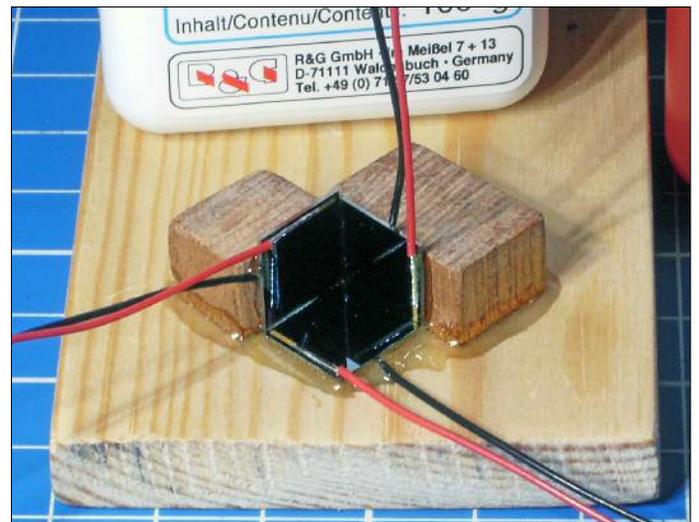
Hinweis: Die vielen Nachkommastellen, die im Verlaufe der ganzen Berechnungen auftauchen, dürfen nicht darüber hinwegtäuschen, dass solche Lumen-Messungen selbst mit professioneller Ausrüstung durchaus Fehler im Prozentbereich aufweisen können. Mit den Mitteln des Ama-



Bild 10:
Als Kleber sind Zweikomponenten-Epoxyharze mit 5 min Aushärtzeit geeignet.

sehen Vorder- und Rückseiten zu vermeiden, sollen die Dioden sich nicht berühren, sondern winzige Lücken frei lassen. Durch Beleuchten der Dioden und Anklemmen eines Mikroampere-Meters lässt sich das prüfen: Zwischen den Anschlüssen jeder einzelnen Diode ist der von ihr erzeugte Fotostrom messbar. Zwischen den Anschlüssen benachbarter Dioden darf jedoch kein Strom fließen. In den ersten Minuten, solange der abbindende Kleber noch zäh ist, kann die Lage der

Bild 11:
Ansicht der verklebten Diodecke (Lichtfalle)
Fotos: Franke



D die aus den Datenblattkurven (Bilder 5, 6 und 7 im Beitrag) ablesbaren Werte eingetragen. Während im Beitrag für bessere Anschaulichkeit noch mit fiktiven Watt-Zahlen gerechnet wurde, fanden hier die

teurs dürfte eine Genauigkeit von etwa 10 % erreichbar sein. Das ist jedoch präzise genug, um schlechte LED-Chargen oder allzu große Mogeleyen unzuverlässiger Händler zu identifizieren.