



Bild: Peter Gudelja/shutterstock.com

UV-Detektor selbst gebaut

Im Artikel ab Seite 8 stellen wir unter anderem digitale UV-Sensoren vor – hier zeigen wir hingegen, wie man mit einem analogen Sensor einen handlichen Detektor zur Messung der UV-Strahlung baut und den Sensor sogar hacken kann, um seine Empfindlichkeit zu erhöhen.

von Forrest M. Mims III (Übersetzung: Niq Oltman)

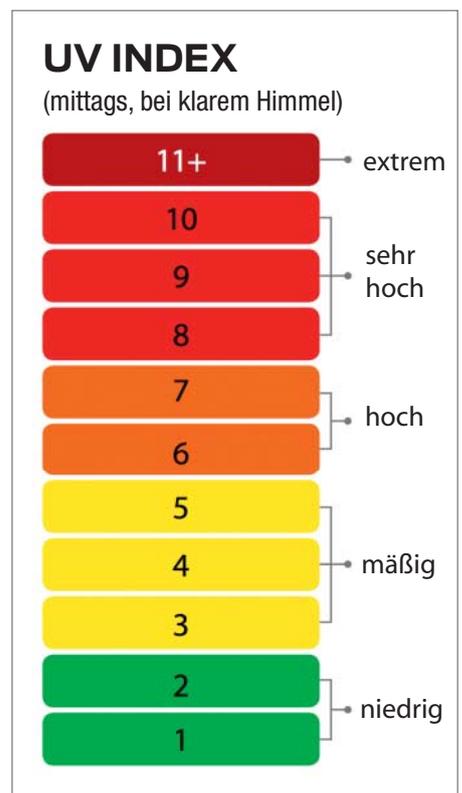
Ohne Sonnenlicht könnten wir nicht überleben, aber zu viel des Guten kann auch schädlich sein. Das trifft ohne Frage auf die unsichtbare Sonnenstrahlung im Ultraviolett-Wellenlängenbereich (UV) zu – zu viel UV-Strahlung führt zu Sonnenbrand oder sogar Hautkrebs. Und doch ist es wichtig, dass wir uns in Maßen der Sonne aussetzen: Säugetiere und Reptilien brauchen UV-Licht zur Herstellung von Vitamin D, das beim Knochenwachstum und als Schutz gegen diverse Krankheiten hilft.

UV und Gesundheit

Licht wird anhand seiner Wellenlänge bestimmt. Zum Beispiel hat grünes Licht, für das unsere Augen am empfindlichsten sind, eine Wellenlänge von 500 Nanometern (nm), ein halber Mikrometer. Könnten wir UV-Licht sehen, dann würde es an der violetten Seite

eines Regenbogens erscheinen. Der UV-Bereich ist in drei Kategorien aufgeteilt, jeweils mit charakteristischer Wirkung auf Pflanzen und Tiere:

- **UV-A:** 320 bis 400nm. UV-A-Strahlung dringt tiefer in die Haut ein als UV-B und UV-C. Übermäßige UV-A-Einwirkung kann zu Faltenbildung führen. Neueren Studien zufolge kann zu viel UV-A auch Hautkrebs verursachen.
- **UV-B:** 280 bis 320nm. Die Ozonschicht absorbiert den Großteil der UV-B-Strahlung, aber ein Teil kommt durch. UV-B verursacht Hautrötungen (Erythema), eine Vorstufe von Sonnenbrand. Übermäßige Einwirkung von UV-B kann zu Hautkrebs führen. UV-B ist außerdem schädlich für die Augen.
- **UV-C:** 100 bis 280nm. UV-C tötet Viren und Bakterien schnell ab. Es wird von abgestorbenen Hautzellen in der obersten Haut-



1 UV-Index bei klarem Himmel zur Mittagszeit

schicht absorbiert, löst dort aber keine Rötungen aus, anders als bei lebenden Hautzellen. UV-C kann auch zu Schäden am Auge führen. Zum Glück wird UV-C vollständig von der Ozonschicht abgeschirmt. Man sollte sich der UV-B-Strahlung nicht länger als ein paar Minuten aussetzen, wenn die Sonne so steht, dass der eigene Schatten kürzer ist als die eigene Körpergröße. Vor der Strahlung schützt man sich etwa mit Sonnencreme, einer Kopfbedeckung mit breitem Rand oder einem langärmeligen Oberteil.

Die meisten Menschen benötigen keinen vollständigen UV-Schutz, denn UV-Licht regt die Herstellung von Vitamin D in der Haut an. Unser Organismus braucht Vitamin D, um Calcium zu verstoffwechseln, und schützt sich damit vor Rachitis (bei Kindern) sowie Osteoporose (bei Älteren).

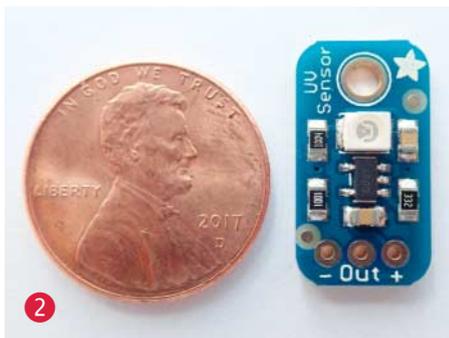
Der UV-Index

Rötungen und Sonnenbrand werden hauptsächlich von UV-B-Licht zwischen 295 und 320nm verursacht, aber teilweise auch von UV-A bis 370nm. Dieser Wellenlängenbereich heißt Erythema-Wirkungsspektrum, und die Intensität wird durch den UV-Index (UVI) angegeben 1.

Der UVI ist im Sommer am höchsten. In Texas, wo ich lebe, liegt der Index manchmal bei über 12. Am Mauna-Loa-Observatorium auf Hawaii misst man 20 und mehr. Informationen zu Vorhersagediensten im Netz in Deutschland, Österreich und der Schweiz sind über den Link in der Kurzinfo zu finden.

Einfaches UV-A/UV-B-Messgerät

Mit Photodioden aus Aluminium-Galliumnitrid (AlGa_N) sind UV-Messungen einfach, da man keine teuren Filter benötigt. Es gibt diverse UV-Sensoren mit AlGa_N-Photodioden, etwa den *GUVA-S12SD Analog UV Light Sensor* von Adafruit 2 (Bezugsquellen siehe Link). Darin ist eine Galliumnitrid-Photodiode von Roithner LaserTechnik verbaut (GUVA-S12SD), die auf den Bereich 240 bis



Kurzinfo

- » Einfaches UV-Messgerät für unterwegs selbst bauen
- » Käufliche UV-B-Sensoren hacken und empfindlicher machen
- » Logger für automatische Datenaufzeichnung anschließen

Checkliste

-  **Zeitaufwand:**
2 bis 3 Stunden
-  **Kosten:**
15 bis 75 Euro
-  **Löten:**
SMD-Bauteile löten beim Sensor-Hacken
-  **Materialbearbeitung:**
einfache Arbeiten: Löcher bohren, Teile verschrauben

Werkzeug

- » Multimeter
- » Drahtwickelwerkzeug (Wire-Wrap)
- » Seitenschneider
- » Bohrschleifer
Dremel oder Ähnliches
- » Lötkolben und Lötzinn
kleine Leistung, feine Spitze

Alles zum Artikel im Web unter make-magazin.de/xphw

Material

Einfaches UV-Messgerät

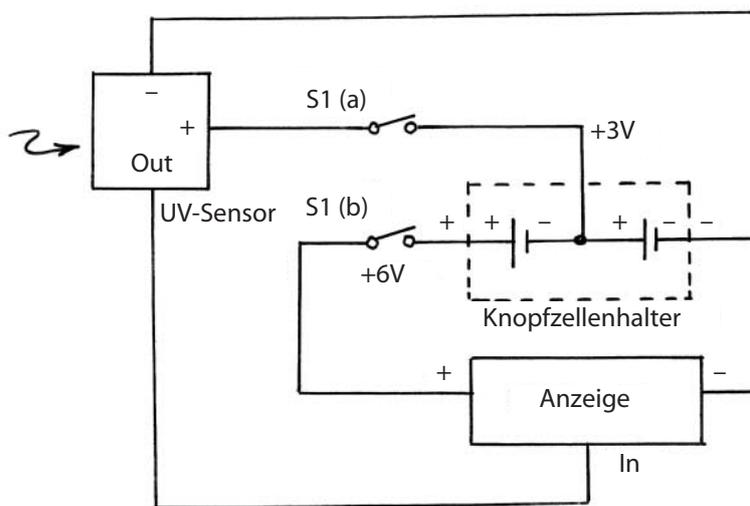
- » Breakout-Board mit analogem UV-Sensor GUVA-S12SD
- » Knopfzellenhalterung mit Schalter für 2 x CR2032
- » Schalt draht abisoliert, ein paar Zentimeter reichen
- » 2 Mini-Kippschalter
- » LCD-Panel-Voltmeter etwa Lascar EMV 10255-01
- » kleine Blechdose
- » 1 kurze Schraube M3 mit Mutter
- » 1 kurze Schraube M2 mit Mutter (optional)
- » Teflon-Folie gibt es etwa beim Nähzubehör

Zusätzlich für UV-B-Meter-Hack

- » 1 Widerstand 10M SMD
- » UVB-Photodiode SMD, etwa Roithner GUVB-S11SD

Zusätzlich für den Logger

- » Wickeldraht 0,08mm² oder 0,05mm²
- » Datenlogger etwa Onset, 4-Kanal, 16-Bit
- » Stereo-Miniklinkenstecker
üblich als Kopfhörerstecker



3 Schaltbild für ein einfaches UV-Messgerät



4



5

370nm anspricht. Diese Photodiode findet breite Anwendung bei der UV-Index-Messung, ist aber nicht ideal, da sie empfindlicher gegenüber UV-A als für UV-B ist.

In Abbildung 3 sieht man das Schaltbild für ein einfaches UV-Meter mit dem Adafruit-Sensor. Als Anzeige kommt ein Mini-LCD-Voltmeter mit 3 1/2 Stellen zum Einsatz, das EMV 1025S-01 von Lascar. Die Verbindungskontakte sind durch ein Rohr mit Außengewinde he-

rausgeführt, so dass man das Messgerät auf eine ebene Oberfläche montieren kann.

Die Anzeige wird mit 6 Volt aus zwei 3V-Lithium-Knopfzellen (Typ CR2032) versorgt, die in eine Knopfzellenhalterung eingesetzt werden, bei der beide Zellen flach nebeneinanderliegen. Die Halterung wurde so umgebaut, dass sie auch die 3V für den Sensor liefert. Dazu wurde ein etwa 2cm langes, abisoliertes Stück Draht um den Kontakt gewickelt, der die beiden Knopfzellen verbindet. Durch Einsetzen der Knopfzellen und Schließen der Halterung wird der Draht fixiert.

Alle Teile passen in eine kleine Blechdose, die vorher Minzpastillen enthielt – meine misst rund 8cm x 4cm x 2cm 4. Der UV-Sensor findet in einer Senke des Deckels Platz und kann dort mit einer kleinen Schraube und Mutter fixiert werden. Alternativ kann man den Sensor auch in die Dose einbauen, wo er etwas geschützt ist. So habe ich es gemacht. Dazu bohrt man zwei Löcher in die obere Seitenfläche der Dose: eines für die UV-Photodiode mit 3mm im Durchmesser, etwa 1,5cm von der offenen Seite der Dose entfernt, und daneben eines mit 2,5mm Durchmesser, um die Sensorplatine mit Schraube und Mutter (M2) zu befestigen, etwa 1cm von der offenen Seite entfernt 5

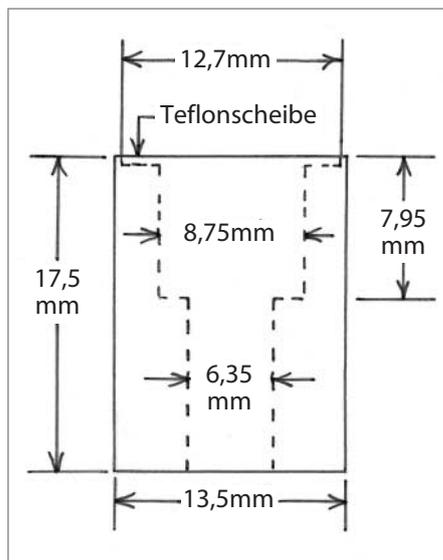
Damit der Sensor den Himmel ganzflächig abdeckt, setzt man zwei Lagen Teflonfolie zwischen die Photodiode und die Öffnung der Dose ein. Als Diffusor eignet sich nur Teflon, da die meisten anderen Diffusormaterialien nicht für UV-Licht durchlässig sind.

UV-B-Meter hacken

Für das Wirkungsspektrum ab UV-Index 3 lässt sich der Adafruit-Sensor stark verbessern, indem man die Photodiode durch den UV-B-Typ GUVB-S11SD ersetzt und den Widerstand für die Rückkopplung (Feedback) auf 10M erhöht. Dieser Hack liefert gute Werte für einen UV-Index ab 3, ist aber bei geringer UV-Strahlung nicht mehr zuverlässig.

Als Erstes legt man sich ein helles Tuch auf die Arbeitsplatte, um die winzigen Bauteile wiederzufinden, sollten sie herunterfallen. Jetzt braucht man einen LötKolben mit sehr feiner Spitze (etwa einen USB-betriebenen oder die selbstgebaute Lötstation Make 5/16, S. 12) zum Auslöten der Original-Photodiode und des Feedback-Widerstands direkt darüber. Meine Methode ist, die Photodiode erst auf einer Seite abzulöten und sie dann vorsichtig nach oben zu kippen. Dann löte ich die andere Seite ab. So wird Platz frei, um den Widerstand mithilfe von Entlötlitze abzulöten.

Im nächsten Schritt wird die neue Photodiode an einer Seite mit etwas Kreppband fixiert. Die Seite mit der Kerbe zeigt in Richtung des „S“ im Aufdruck „Sensor“. Die Photodiode wird nun vorsichtig an der freien Kon-



7 Bemaßung für die selbst gebauten Sensor-Sockel

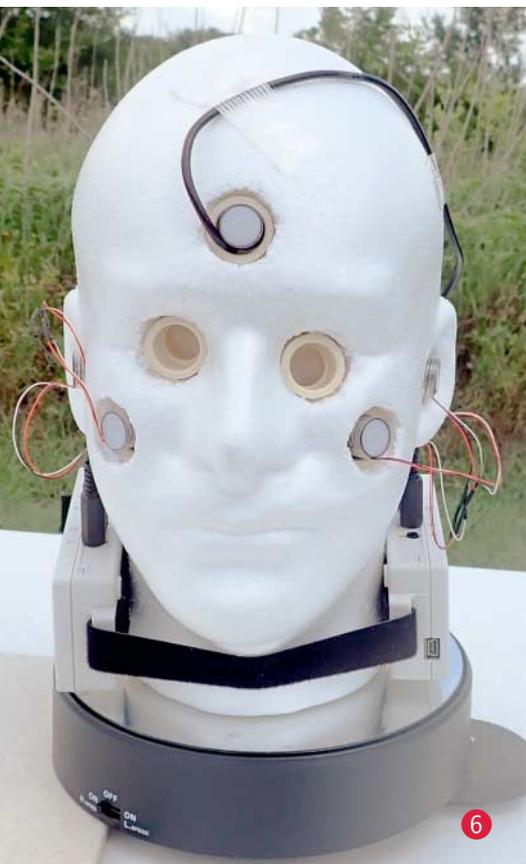
taktfläche mit der Platine verlötet. Falls nötig, hilft man mit sehr feinem Lötzinn (0,5mm) nach. Jetzt das Kreppband entfernen und die andere Seite festlöten. Auf dieselbe Weise wird der bisherige Feedback-Widerstand durch einen 10M-Widerstand ersetzt.

Ich habe das mit drei Adafruit-UV-Sensoren gemacht. Einer davon hat es nicht überlebt, aber die anderen beiden eignen sich sehr gut für einen UV-Index ab 3. Den Hack kann ich allerdings nur empfehlen, wenn man etwas Erfahrung mit dem Löten winziger SMD-Bauteile hat.

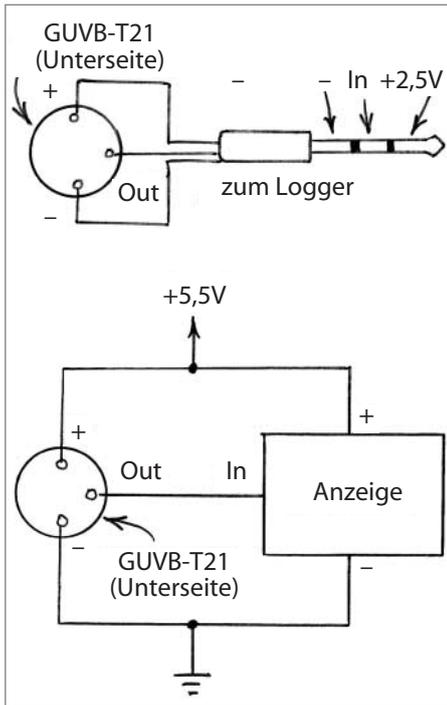
Noch eine Stufe besser

Die besten Ergebnisse mit selbst gebauten UV-Index-Messgeräten erhielt ich mit dem GUVB-T21GH-Sensormodul (GenUV) von Roithner. Dieses Modul besteht aus einer AlGaIn-Photodiode für UV-B und einem Verstärker, verbaut in einem TO-5-Gehäuse mit Quarzglasfenster. Es funktioniert so gut, dass ich daraus ein UV-B-Messgerät für eine Rolex-gesponserte Studie zur UV-Messung auf Hawaii gebaut habe – aus sieben solchen Modulen auf einem rotierenden Puppenkopf aus Schaumstoff 6. Der Kopf dreht sich 1000-mal pro Tag und trägt dabei diverse Kopfbedeckungen und Sonnenbrillen.

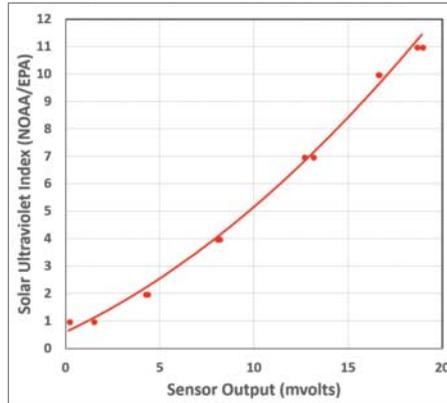
Beraten werde ich dabei unter anderem von David Brooks vom *Institute for Earth Science Research and Education*. Dank der Sockel, die er für mich gebaut hat, haben die Sensormodule ein ähnliches optisches Ansprechverhalten wie professionelle UV-Sensoren, die hunderte Dollar kosten. Die Sockel 7 sind aus PVC gefräst; in sie wurde eine 0,4mm dicke Teflonscheibe (Durchmesser rund 1,3cm) eingepasst. Die 38 Dollar (plus



6



8 Verbinden des UV-B-Sensormoduls mit einem Onset-Datenlogger oder einer Digitalanzeige



10 Umrechnung der GUVB-T21-Sensordaten in den UV-Index

Versandkosten) für diese Module sind wohl vertretbar, wenn man sich das Ergebnis ansieht.

Die GUVB-T21GH-Module können wie bisher mit der Lascar-Anzeige verbunden und mit derselben modifizierten 6V-Stromversorgung aus Knopfzellen betrieben werden. Für meine Forschungsstudie habe ich das Sensormodul direkt mit einem 12-Bit/16-Bit-Analogdaten-Logger von Onset verbunden. Hierzu habe ich einen Stereo-Miniklinkenstecker, über den der Sensor auch mit 2,5V versorgt wird, mit Wickeldraht verlötet. Die beiden Möglichkeiten zum Aufbau zeigt Abbildung 8. In Abbildung 9 sieht man, wie das GUVB-T21GH-

Modul wieder in eine Blechdose eingebaut wurde.

Für die USA kann man die Daten aus der stündlichen UV-Index-Vorhersage des NOAA/EPA für den Ort der Messung heranziehen, um die Spannung vom Sensormodul näherungsweise in den UV-Index umzurechnen 10. Mit einem Tabellenprogramm lässt sich daraus ein Graph ableiten, den man am Messgerät befestigt oder in der Hosentasche aufbewahrt. Aus Abbildung 11 wird deutlich, wie hoch die Qualität des GUVB-T21GH-Sensors in Verbindung mit dem Teflon-Diffusor ist. Darin vergleichen wir unseren selbst gebauten Sensor mit einem sehr viel teureren UV-Detektor von Solar Light (Typ PMA1102). —pek

Anzeige

11 Vergleich zwischen kalibrierten Meßwerten von PMA1102 und GUVB-T21 (Geronimo-Creek-Observatorium, Texas, 27. Mai 2018)

