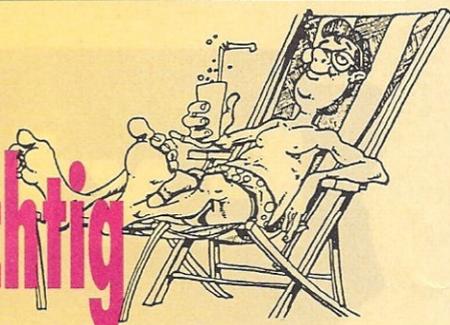


UV-Belichtungsmesser

# Sonnenbaden, aber richtig



von Hans-Jürgen Humbert

Unsere technikorientierte Gesellschaft hat es geschafft den Ozonmantel der Erde nachhaltig zu schädigen. Die Hauptaufgabe der Ozonschicht ist das Filtern der Sonnenstrahlung. Je dünner die Schicht ist, desto mehr gefährliche UV-Strahlung kann auf die Erdoberfläche treffen. Setzen wir uns dieser Strahlung schutzlos aus, wird die Haut nicht mehr gebräunt, sondern regelrecht verbrannt. Die Verbrennungen sind aber nicht nur oberflächlich, die meistens spurlos wieder abheilen, sondern auch tieferliegende Hautschichten werden irreparabel geschädigt. Als Spätfolge kann sogar der sehr gefährliche Hautkrebs entstehen.

Um die Gefahren zu bannen, werden nun überall im Bundesgebiet Meßstellen für UV-Strahlung errichtet. Diese nehmen über spezielle Sensoren die UV-Strahlung auf und messen sie über längere Zeiträume. Die Bevölkerung wird im Bedarfsfall rechtzeitig gewarnt.

Leider sind die speziellen Sensoren, die für diese Meßstationen eingesetzt werden, sehr teuer. Doch wir haben eine einfache Methode entdeckt, die Strahlung qualitativ zu messen und tendenziell anzuzeigen. Der C 64 übernimmt die komplette Auswertung. Damit können Sie ständig die einfallende Strahlung überprüfen und sich gegebenenfalls schützen.

## Der Sensor ...

Ist das wichtigste Element unseres UV-Meßgeräts. Wie schon erwähnt, sind spezielle Sensoren für UV-Strahlung sehr teuer. Andere Silizium-Fotodioden detektieren zwar auch UV-Strahlung, aber leider auch das gesamte sichtbare Spektrum, bis hinein in den Infrarot-Bereich. Vor diesen Empfängern müßte also noch ein Filter geschaltet werden, der nur den uns interessierenden Bereich des Spektrums durchläßt. Seine Beschaffung ist allerdings nicht gerade einfach. Die im Fotofachhandel erhältlichen Filter sperren das UV-Licht und lassen die restliche Strahlung fast ungehindert durch. Mit zwei Fotodioden und einem Filter läßt sich zwar eine Differenzmessung durchführen, aber diese würde den Hardwareaufwand gewaltig überziehen.

Unsere Schaltung sollte jedoch sehr preisgünstig, bei geringem Hardwareaufwand, funktionieren. Deshalb setzen wir als Wandler

*Das Ozonloch (auch) über Westeuropa wird immer größer. Die schädliche UV-Strahlung und damit die Gefahr von Hautkrebs nimmt zu. Unser Meßgerät registriert und analysiert ständig die einfallende Strahlung und kann deshalb rechtzeitig warnen.*

einfach eine blaue Leuchtdiode ein. Jede LED kann sowohl als Sender, wie auch als Empfänger fungieren. Der Wirkungsgrad der LED in dieser Anwendung ist natürlich denkbar schlecht, reicht aber für unsere Zwecke vollständig aus. Der für uns wichtige Effekt ist aber, daß die LED nur Licht aus dem Spektralbereich empfängt, indem sie auch Licht aussendet.

Bei wolkenlosem Himmel liefert eine blaue LED mit klarem Gehäuse eine Spannung von ca. 1000 mV an 10 M $\Omega$ .

Die relativ enge Bündelung des empfindlichen Bereichs von nur 30 Grad ist hier kein Nachteil, sondern dient der besseren Unterdrückung von Fremdlicht. Die Diode reagiert nur auf Strahlung im Bereich von 470 nm. Das ist zwar auch noch nicht der uns interessierende Spektralausschnitt, aber er liegt sehr nahe daran. Wenn unser Sensor Licht dieser Wellenlänge detektiert, kann man auch die Anwesenheit von Strahlung kürzerer Wellenlänge voraussetzen.

Auf Strahlung mit größerer Wellenlänge reagiert die Diode gar nicht.

Dieser Sensor stellt unserer Meinung nach den billigsten Detektor für UV-Licht über-



Umgekehrt funktioniert's auch: eine blaue LED als UV-Sensor

haupt dar. Ohne Filter und eine komplizierte Meßschaltung einzusetzen, läßt sich mit einer blauen LED auf einfache Weise Strahlung der Wellenlänge 470 nm messen.

In anderen Bereichen funktioniert die Umkehrung natürlich auch. Ohne Änderung der Schaltung, nur durch den Einsatz einer Infrarot-LED läßt sich

so leicht unsichtbares Licht unterhalb der sichtbaren Spektrums bestimmen.

## Die Hardware

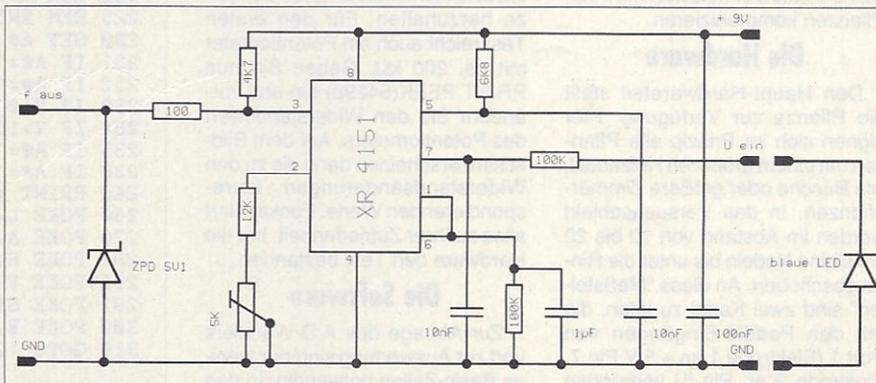
In unserer Schaltung arbeitet die Fotodiode als Fotoelement, dessen Leerlaufspannung gemessen wird. Bei der geringen Intensität der UV-Strahlung reicht dieses Meßverfahren vollständig aus, um reproduzierbare Ergebnisse zu bekommen. Bei stärkerer UV-Belastung, z.B. im Gebirge oder auf See ist diese Schaltung allerdings

überfordert. Die Leuchtdiode wird übersteuert und ändert ihre Ausgangsspannung nicht mehr proportional zur einstrahlenden Intensität. Hier muß noch ein Operationsverstärker vorgeschaltet werden. Damit kann die Diode im Kurzschlußbetrieb arbeiten. Nachteilig ist eine unbedingt erforderliche negative Hilfsspannung, um auch kleine Intensitäten der gefährlichen Strahlung sicher zu erfassen.

Für den C 64 setzt ein U/f-Wandler die eingehende analoge Gleichspannung in eine dazu proportionale Frequenz um. Mit dieser Schaltung wird ein Gleichspannung von 0 bis 5 Volt in eine Frequenz von 0 bis 5000 Hz umgesetzt. Die Auflösung beträgt ca. 12 Bit bei ausgezeichneter Linearität des Wandlers. Wir haben hier den XR 4152 eingesetzt. Dieser arbeitet auch bei kleinerer Betriebsspannung noch sehr linear. Der etwas preisgünstigere XR 4151 weist etwas schlechtere Daten auf und ist anspruchsvoller mit der Stromversorgung. Während der erstgenannte mit einer Spannung von 8 Volt einwandfreie Ergebnisse liefert, wünscht sich der andere schon eine Mindestspannung von mindestens 9 Volt. Batteriespeisung scheidet hier also aus.

Versorgen Sie die Schaltung allerdings über ein Netzteil, spielt die Wahl des A/D-Wandlers keine Rolle. Dann sollten Sie die Wandler-Schaltung mit 12 Volt versorgen. Bauteile brauchen nicht geändert zu werden.

Der IC gibt an seinem Ausgang eine der Eingangsspannung proportionale Frequenz aus. Diese besitzt aber eine relativ große Amplitude. Sie entspricht in etwa der Versorgungsspannung des Wandler-ICs. Eine 4,7-V-Z-Diode begrenzt diese Spannung auf für die CIA im C 64 ungefährliche Werte.



Die Schaltung des A/D-Wandlers; das Herz der Schaltung ist der XR 4151

**Die Diode darf unter keinen Umständen weggelassen werden. Die sofortige Zerstörung der CIA wäre die unmittelbare Folge!!!**

**Aufbau und Inbetriebnahme**

Nach dem Ätzen und Bohren kann die Platine bestückt werden. Für die Kondensatoren sind hochwertige Folienkondensatoren einzusetzen. Um eine sehr gute Langzeitstabilität zu erreichen, können Sie für alle Widerstände Metallfilmausführungen verwenden. Aber auch normale Kohleschichtwiderstände liefern gute Ergebnisse. Nach dem Bestücken der Platine kann der erste Test der Schaltung erfolgen. Schließen Sie die Wandlerplatine an eine 9-V-Blockbatterie und messen mit einem analogen Multimeter die Ausgangsspannung. Dazu wird der Eingang nicht kurzgeschlossen. Das Multimeter muß eine sehr kleine Rechteckspannung mit einer maximalen Amplitude von 5 V anzeigen. Der Zeiger schwingt zwischen 0 und 5 V hin und her. Mit dem Potentiometer auf der Platine muß der Wandler bei kurzgeschlossenem Eingang auf die kleinste Frequenz abgeglichen werden. Funktioniert er wie vorgesehen, kann der nächste Aufbauschritt erfolgen.

Über ein einpoliges abgeschirmtes Kabel wird der Sensor mit dem Eingang der Wandlerplatine verbunden. Der Sensor ist natürlich draußen zu befestigen. Dabei darf die LED nicht mit einer Abdeckung versehen werden. Auch Glas bremst die UV-Strahlung aus. Am einfachsten setzt man die Diode in ein kleines Kunststoffgehäuse. In das Gehäuse wird ein 5-mm-Loch gebohrt, die Diode von unten durchgeschoben und mit Heißkle-



**Das UV-Meßgerät, einfach und doch genau**

ber wasserdicht fixiert. Das Kunststoffkästchen muß nun so befestigt werden, daß die Diode immer freie Sicht auf die Sonne hat. Naturgemäß ist die schädliche UV-Strahlung zur Mittagszeit am größten. Richten Sie die LED also nach Süden so aus, daß der Halbleiter zur Mittagszeit die optimale Ausrichtung zur Sonne hat. Mit seiner Bündelung von 30 Grad sorgt er selbst für eine relative Unempfindlichkeit gegenüber Streulicht.

Um Störimpulse fernzuhalten, kann der Eingang des Wandlers noch mit einem Kondensator überbrückt werden. Hier ist allerdings experimentieren angesagt. Mit

Werten von 1 nF bis 470 nF können Sie hier experimentieren. Störspannungen werden durch diesen Kondensator kurzgeschlossen und beeinflussen die Messung nicht mehr. Allerdings dürfen hier nur Kondensatoren mit Foliendielektrikum eingesetzt werden. Keramik-Kondensatoren würden zwar besser entstoren, sie sind hier wegen ihrer großen Leckströme nicht geeignet. Die Entstörung bringt aber auch eine kleine Verzögerung der Messung mit sich. UV-Strahlung ändert sich aber nicht so schnell, so daß hier kein Nachteil entsteht.

Der Ausgang und die Masseleitung wird nun mit dem C 64 verbunden.

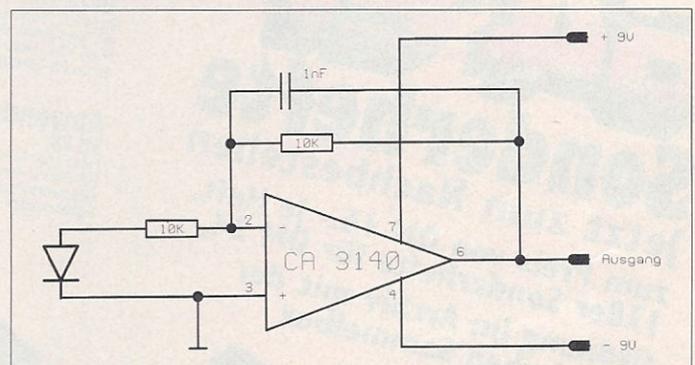
**Die Software**

Die beste Hardware nützt nichts, ohne Software, die dem C 64 erst einmal mitteilt, was er mit den Meßergebnissen anstellen soll.

Die Daten der blauen LEDs streuen ziemlich stark. Deshalb ist für jede LED ein eigener Abgleich

notwendig. Dieser wird komplett in der Software vorgenommen. Unser Meßprogramm wertet die ankommenden Impulse aus und gibt sie als Zahlenwert auf dem Bildschirm aus. Die Meßschleife generiert über ein kleines Maschinenprogramm genau einen Sekundentakt. Jede Sekunde wird der in der CIA integrierte Zähler ausgelesen und zurückgesetzt, womit der nächste Meßzyklus beginnt. Die gemessenen Werte können nun von einem Basic-Programm übernommen und nach Ihren eigenen Vorstellungen angezeigt werden. Bei Überschreitung des Maximalwertes kann das Programm dann einen Alarm auslösen.

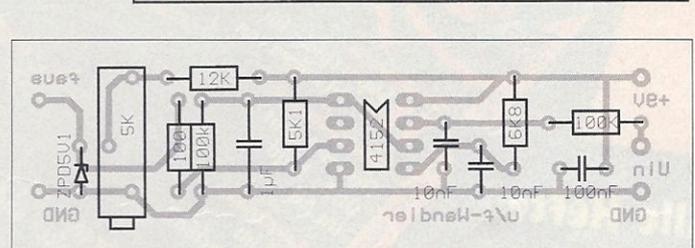
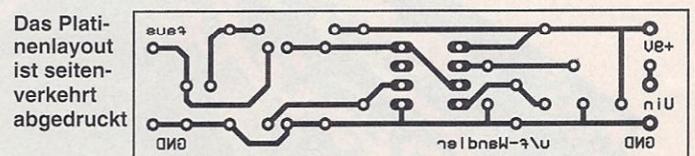
Den Fühler zu eichen ist prinzipiell möglich. Doch dafür müßten Sie ein teureres Vergleichsinstrument besitzen. Unsere einfache Schaltung zeigt aber tendenzielle Veränderung der Strahlung genau an. Damit läßt sich durch Vergleich mit früheren Meßwerten schon recht genau eine Verstärkung der einfallenden Strahlung erkennen.



**Diese Schaltung ist nur notwendig bei starkem UV-Einfall. Der Operationsverstärker braucht unbedingt eine negative Versorgungsspannung um auch kleine UV-Werte registrieren zu können.**

```

Listing 1: Basic-Listing zum UV-Messer
10 REM ** 64'ER MAGAZIN 3/93 HARDWARE <106>
20 REM ** VON NIKOLAUS HEUSLER <059>
30 REM ** ZWENGAUERWEG 18, 80000 MUENCHEN 7
1 <020>
40 REM -- FREQUENZMESSER 12.92 -- <238>
50 REM -- SIGNAL AN PB0 ANSCHLIESSEN <112>
60 IF PEEK(49400)<>141 THEN LOAD"FREQ.CODE",8,1 <127>
100 SYS 49152:REM MESSEN, TORZEIT EINE SEKUNDE <087>
105 F=PEEK(2)+PEEK(3)*256:REM FREQUENZ AUSLESEN <224>
110 E=PEEK(6):REM FEHLERMELDUNG <166>
115 IF E=0 THEN PRINT"FREQUENZ:"F"HZ <082>
120 IF E=1 THEN PRINT"STOERUNG!" <148>
125 GOTO 100 <053>
    
```



**Der Bestückungsplan der Wandlerplatine**

```

Listing 2: Maschinensteuerung des A/D-Wandlers
"freq.code" c000 c131
c000: uglz 773m 7snx xan4 ugtj 773m 7s
c00f: 72nx xa54 ud7h jawj ud7h j7te bs
c01e: 7ouj r7dm 7on5 ujlj qtf4 2zui en
c02d: xnpl achx 7nfa r76j uelh zc54 dn
c03c: ad7r s23m a6n5 ujlj qtgm zbha ff
c04b: egwx zcv4 4jtp aahd ud7x jaoj ay
c05a: 4jrp i37a lbvp cwnm 7gnr r7jh 7c
c069: 5agz janp ioun l7vp h2s7 gtbb ao
c078: ud7x jas7 d7pb 7jbc edpd 3rjk fq
c087: i4fd bujs dadd jujs iqbu dka7 em
c096: kikt jsrg hejt jtrw hucr 7lix 72
c0a5: eppc plap f7pd zuje iyat pajn cn
c0b4: d72s bha7 dath jajl kk7n uzwj au
c0c3: ibed qfbh 4jv7 2wlx edam 7abl fe
c0d2: j26n uahd ir5o 4zvj 4jtp aahd gl
c0e1: ud7x jame 7p7g nxei 2fp7 gchd g5
c0f0: 2vf7 kwmi 4bp7 gchf 2vf7 owmi 7p
c0ff: 7bbp mzui 7bbp eahc ibed qfbh cs
c10e: 4kud qbrh sadj z7n4 yt74 zjha el
c11d: icxi uihe zbkn l7vp rks7 gtdn 7z
c12c: ud7x jas7 yff6 7gpj z7dk ubtp ar
    
```