

ELV Luxmesser

(Digitaler Beleuchtungsstärkemesser)



Die hier vorgestellte, besonders interessante Schaltung ermöglicht den Aufbau eines digitalen Meßgerätes, mit dessen Hilfe die Beleuchtungsstärke im Wohn-, Arbeits- und Hobbybereich gemessen bzw. danach eingerichtet werden kann, so daß überall die optimalen Lichtverhältnisse vorliegen.

Allgemeines

Bevor wir mit der Schaltungsbeschreibung beginnen, sollen ein paar in die Lichtmeßtechnik einführende, wesentliche Tatsachen vorangestellt werden. Angestrebt wird eine Messung der Beleuchtungsstärke, die der Empfindung des menschlichen Auges bezüglich der Helligkeit möglichst nahe kommt.

Die Einheit, in der gemessen wird, ist „Lux“ (Formelzeichen „lx“).

In den Tabellen sind einige Beispiele für die Beleuchtungsstärke angegeben. Wir sehen hieraus, daß der Bereich, den ein Luxmesser überstreichen sollte, recht groß sein muß.

Dies resultiert aus der Tatsache, daß die Empfindlichkeit des menschlichen

Auges keineswegs linear ist. Wird z. B. die Beleuchtungsstärke um 100% erhöht (also verdoppelt), so wäre unsere subjektive Empfindung derart, als daß wir sagen würden: „Es ist ein klein wenig heller geworden“, also gerade, daß man es wahrgenommen hat und keineswegs doppelt so hell, d.h. wir müssen schon wesentlich mehr an Beleuchtungsstärke aufbieten,

Beispiele für Beleuchtungsstärke ca.		Beleuchtungswerte in Lux für Räume und Tätigkeiten.	
Sternenlicht (klare Neumondnacht)	<0,1 Lux	Treppen, Keller, Dachboden	30 Lux
Vollmondnacht	0,3 Lux	Garage, Flur Abstellraum	60 Lux
Kerzenlicht (1 m Abstand)	1 Lux	Diele, Garderobe, WC, Bad,	
Gute Straßenbeleuchtung	20 bis 40 Lux	Kinderzimmer, Vorratsraum	120 Lux
Küche	250 Lux	Küche, Hobbyraum, Wohn- und Speise-	
Schularbeitsplatz	500 Lux	zimmer, Hausarbeitsraum, Warteraum	250 Lux
Büroarbeitsplatz	750 Lux	Essen, Küchen- und Hobbyarbeiten,	
Technisches Zeichnen	1 000 Lux	Büro-, Labor- und Praxisarbeiten	500 Lux
Olympiastadion München	1 800 Lux	Lesen, Schreiben, Schul- und Hand-	
Goldschmied	2 000 Lux	arbeiten, Basteln, Malen, Kosmetik	750 Lux
trüber Wintertag	3 000 Lux	Techn. Zeichnen, Präzisionsarbeiten,	
im Schatten (bei Sonne)	10 000 Lux	genaues Prüfen (Messen, Diagno-	
trüber Sommertag	20 000 Lux	stizieren), Sammeln (Briefmarken,	
bei strahlender Sonne	100 000 Lux	Münzen), Farben beurteilen.	1 000 Lux

damit unsere Empfindung sagt: „Es ist doppelt so hell.“

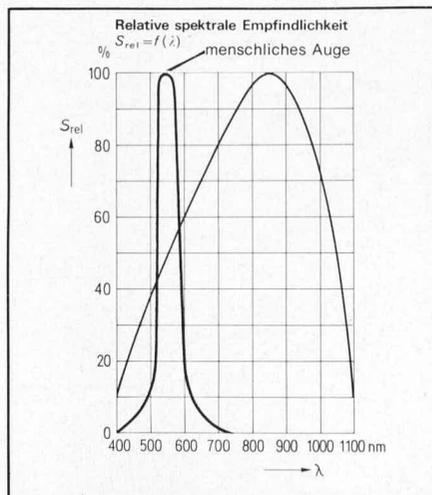
Aus dieser Tatsache heraus ergeben sich auch völlig andere Genauigkeitsforderungen an das Meßgerät.

Eine Genauigkeitsforderung von 1% könnte man schlicht als baren Unsinn bezeichnen, sehen wir doch erst Unterschiede in der Größenordnung von -50% bzw. +100%, einmal ganz abgesehen davon, daß dies technisch auch kaum realisierbar wäre, denn wir haben es hier mit einer meßtechnischen Größe (dem Licht) zu tun, bei der wir die Messung über einen gewissen Frequenzbereich des Lichtes durchführen müssen und sich die Empfindlichkeit mit der Frequenz ändert.

Das sichtbare Licht besteht aus einem Frequenzgemisch, dessen Wellenlänge von 400 nm (blau) bis 700 nm (rot) reicht.

Unterhalb 400 nm liegt der unsichtbare Ultraviolettbereich, während über 700 nm der langwelligere Infrarotbereich mit „etwas niedrigeren Frequenzen“ (unterhalb ca. 400 000 GHz) liegt.

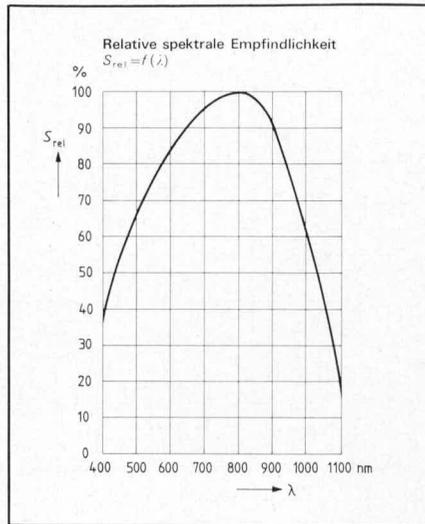
Die spektrale Empfindlichkeit (Lichtempfindlichkeit in Abhängigkeit von der Wellenlänge des Lichtes) von „normalen“ Fotoelementen ist in Bild 1 dargestellt, ebenso wie die des menschlichen Auges.



Wir sehen, daß hier große Unterschiede bestehen. Besonders nachteilig ist die Abnahme der Empfindlichkeit der meisten Fotoelemente auf ca. 10% bei kleinen Wellenlängen (400 nm), so daß man mit einem Filter zwar die Intensität der großen Wellenlängen begrenzen, die der kleinen jedoch nicht anheben könnte.

Von Siemens gibt es jedoch ein Fotoelement mit der Bezeichnung BPX 79, das auch bei kleinen Wellenlängen

noch eine gute Empfindlichkeit aufweist (Bild 2).



Weitere Gründe, die für den Einsatz dieses Fotoelements sprechen, sind u.a. hohe Fotoempfindlichkeit, „große“ Stromabgabe, geringer Temperaturbeiwert sowie eine hohe Leerlaufspannung.

Aufgrund der spektralen Empfindlichkeit des BPX 79 können wir außerdem auf den Einsatz von speziellen Farbfiltern ganz verzichten.

Dies hat noch einen weiteren entscheidenden Vorteil, denn man kann sogar im Infrarotbereich (IR-LED's) Messungen durchführen. Den sich daraus evtl. ergebenden Nachteil einer dem menschlichen Auge nicht mehr ganz angepaßten Empfindlichkeitsverteilung halten wir gegenüber dem eben erwähnten Vorteil für vernachlässigbar.

Soll jedoch für Spezialanwendungen aus einem vorliegenden breiten Spektrum ausschließlich ein bestimmter Teil bewertet werden, so ist das Vorschalten entsprechender Filter erforderlich. Für unsere Anwendungen wollen wir darauf jedoch verzichten.

Zur Schaltung

Die Schaltung besteht im wesentlichen aus dem A/D-Wandler des Typs ICL 7106 mit 3¹/₂stelliger LCD-Anzeige sowie dem der Punktsteuerung dienenden IC 2 (CD 4030).

Da dieser Schaltungsteil bereits mehrfach in unserem Magazin eingesetzt und besprochen wurde, soll hier auf eine detaillierte Beschreibung verzichtet werden.

Neu sind die Dioden D 2 bis D 5, die der Punktsteuerung in Verbindung mit der Stromzuführung über nur einen Schalter dienen.

Die eigentliche Messung wird mit Hilfe des Fotoelementes BPX 79 (D 1) durchgeführt. Je nach Stellung der zweiten Hälfte von S 1 fließt der Fotostrom, der eine exakt lineare Funktion der Beleuchtungsstärke ist (Bild 3), über R 5 oder R 6, an dem dann der Spannungsabfall gemessen wird (Pin 30 und Pin 31 von IC 1).

Den beiden Widerständen R 5 und R 6 kommt große Bedeutung zu, da ihre Dimensionierung entscheidend für die Funktion des Luxmeters ist.

Zum einen soll ein möglichst großer Spannungsabfall für die anschließende Auswertung erzeugt werden, der zum anderen wiederum klein gegenüber der Leerlaufspannung sein muß, d. h. der Innenwiderstand des Fotoelementes muß bei jeder Messung deutlich größer als der betreffende eingeschaltete Widerstand (R 5 oder R 6) sein. Dies ist um so schwieriger, als daß sich der Innenwiderstand mit der Beleuchtungsstärke ändert.

Aus vorstehenden Forderungen ergibt sich für einen Meßbereichsendwert von 20 000 lx (= 20 klx) ein Wert für R 5 von 75 Ω. Der Punkt ist dabei so angesteuert, daß die Anzeige in Kilolux erfolgt.

R 6 kann nun je nach Anforderung entweder zu 750 Ω für einen Meßbereichsendwert von 2 000 lx (= 2,000 klx) oder zu 7,5 kΩ für einen Meßbereichsendwert von 200 lx gewählt werden.

Bei einem Meßbereichsendwert von 2 000 lx ist für die Punktsteuerung Pin 11 des IC 2 mit Pin 8 der LCD-Anzeige zu verbinden. Die Anzeige erfolgt dann in Kilolux. Wird ein Meßbereichsendwert von 200 lx gewünscht, so ist Pin 11 des IC 2 mit Pin 16 der LCD-Anzeige zu verbinden, und die Anzeige erfolgt in Lux.

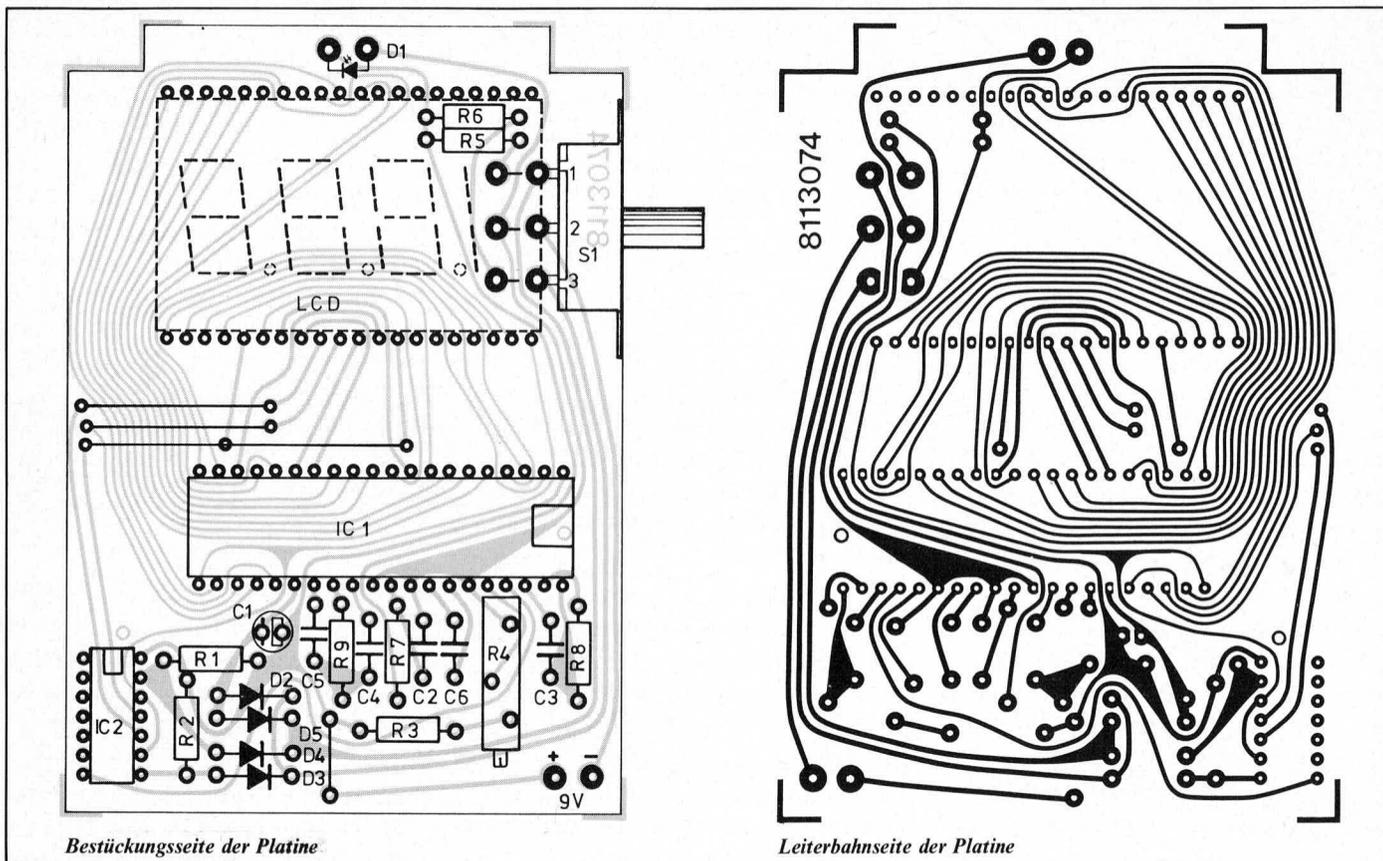
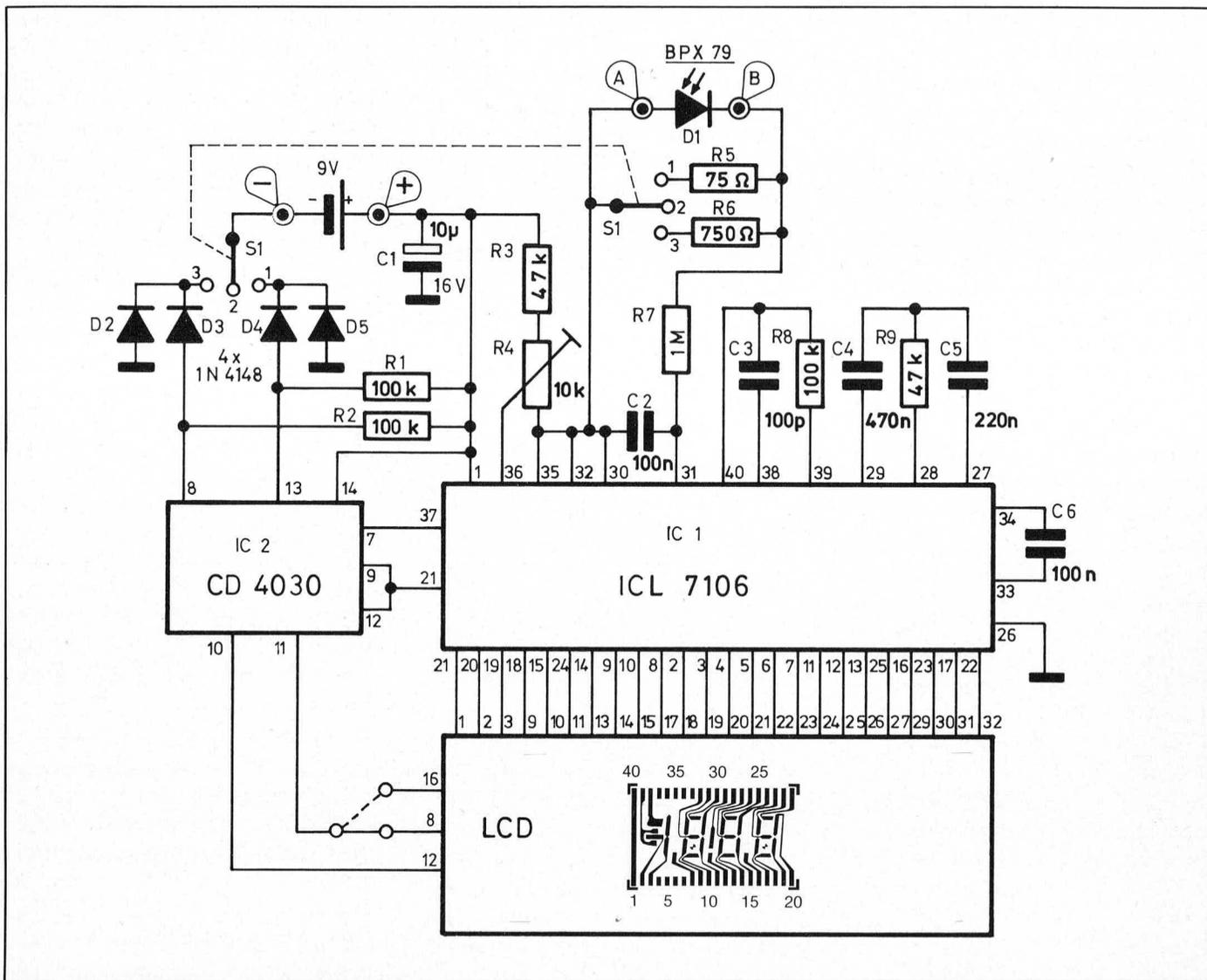
Zum Nachbau

In den meisten Fällen soll die fertig bestückte Platine in ein Gehäuse eingebaut werden, zumal hierfür schon eine entsprechende Möglichkeit vorgesehen ist.

Zweckmäßigerweise geht man beim Aufbau wie folgt vor:

Zunächst sind auf der Innenseite des Gehäuseoberteils die das Fenster der LCD-Anzeige einrahmenden Stege zu entfernen.

Danach kann die Platine in das Gehäuse eingepaßt werden. Dies ist ratsam, da man immer mit gewissen



Stückliste

ELV Luxmesser

Halbleiter

IC 1 ICL 7106
IC 2 ... CD 4030 oder CD 4070
D1 BPX 79
D2 bis D5 1N4148

Kondensatoren

C1 10 μ F/16 V
C2 100 nF
C3 100 pF
C4 470 nF
C5 220 nF
C6 100 nF

Widerstände

R1, R2 100 k Ω
R3 47 k Ω
R4 10 k Ω , Wendeltrimmer
R5 75 Ω
R6* 750 Ω
R7 1 M Ω
R8 100 k Ω
R9 47 k Ω

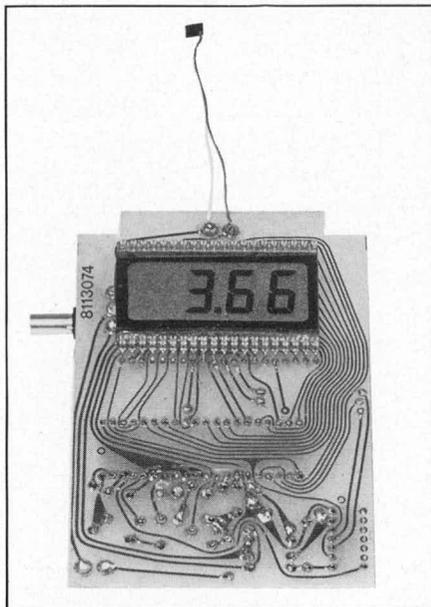
Sonstiges

1 LCD-Anzeige, 3 $\frac{1}{2}$ stellig
1 Schiebeschalter, 2polig mit Mittelstellung (S1)
1 Batterieclip
10 Lötstifte

*siehe Text

Toleranzen seitens des Platinenmaterials oder der Gehäuseabmessungen rechnen muß. Ggf. muß die Platine an den Kanten etwas nachgearbeitet werden.

Sobald dies erledigt ist, kann mit dem eigentlichen Aufbau in gewohnter Weise begonnen werden.



Als erstes werden die Brücken, danach die Widerstände, Trimmer und Kondensatoren eingelötet.

Bevor wir nun zum Einpassen der LCD-Anzeigeeinheit kommen, werden noch das IC 1 sowie anschließend das IC 2 eingelötet.

Damit die LCD-Anzeigeeinheit einwandfrei in das Gehäuse eingepaßt werden kann, wird diese zunächst in die 40 Bohrungen gesetzt, ohne sie jedoch festzulöten.

Wichtig dabei ist, daß sich die Anzeige auf der Leiterbahnseite und nicht wie sonst üblich auf der Bestückungsseite befindet.

Nun wird die Platine provisorisch in das Gehäuse gesetzt. Man sieht sich die Position der Anzeige an, ob diese einwandfrei in der dafür vorgesehenen Aussparung sitzt. Nach Entfernen des Gehäuses sind ggf. entsprechende Korrekturen in der Höhe der Anzeige vorzunehmen.

Bevor die Anzeige festgelötet wird, ist zu kontrollieren, ob diese auch „richtig herum“ und nicht etwa versehentlich auf dem Kopf stehend eingesetzt wurde. Feststellen läßt sich dies, indem man die Anzeige schräg gegen das Licht hält. Die Segmente der einzelnen Zahlen sind dann etwas sichtbar, auch ohne Anlegen einer Spannung.

Mit einem möglichst feinen LötKolben werden nun die vier Eckpunkte der Anzeige kurz angelötet. Nach erneutem Anpassen im Gehäuse können noch einmal Korrekturen des Sitzes der Anzeige vorgenommen werden.

Ist die Position der Anzeige einwandfrei, können alle Anschlußpunkte der Anzeige auf der Leiterbahnseite festgelötet werden.

Nachdem dies geschehen ist, wird die fertig bestückte Platine in das Gehäuse eingesetzt und mit einem Tupfen Klebstoff in jeder Ecke festgeheftet.

Zum Abgleich

In der Schaltung des digitalen Luxmessers ist nur ein einziger Abgleichpunkt (R 4) vorhanden.

Es gibt nun zwei Möglichkeiten, das Gerät zu kalibrieren:

I. Steht ein hinreichend genaues Vergleichsmeßgerät zur Verfügung, werden beide Geräte der gleichen Beleuchtungsstärke ausgesetzt, wobei darauf zu achten ist, daß das Licht senkrecht auf die Fotoelemente auftrifft.

Mit R 4 wird nun die Anzeige des zu kalibrierenden Gerätes mit der des Referenzgerätes in Übereinstimmung gebracht, wobei mit S 1 vorher der geeignete Meßbereich gewählt wurde.

Das Gerät ist damit kalibriert. Der zweite Meßbereich stimmt aufgrund der Widerstandswahl dann automatisch.

II. Sofern kein Vergleichsinstrument zur Verfügung steht, bieten wir als Service für unsere Leser das Fotoelement BPX 79 auch als ausgemessenen Typ an, d. h. wir geben bei jedem Fotoelement die an IC 1 zwischen den Punkten 35 und 36 mit R 4 einzustellende Referenzspannung an.

Praktisch sieht das so aus:

Wir messen in unserem Labor die Fotoempfindlichkeit S in nA/lx für jeden BPX 79 einzeln aus und errechnen dann die für dieses Fotoelement mit R 4 einzustellende Referenzspannung, damit die Anzeige in Lux bzw. Kilolux erscheint.

Wichtig sind hierbei zwei Dinge:

1. Die mit R 4 einzustellende Referenzspannung muß an dem IC 1 zwischen den Punkten 35 und 36 mit einem hochohmigen Spannungsmeßgerät (mindestens 1 M Ω Innenwiderstand) gemessen werden. Die Größe der Referenzspannung liegt bei ca. 100 mV.

2. Der Wert von R 5 muß unbedingt 75 Ω betragen und der von R 6 das 10fache (für 2000 lx) bzw. das 100fache (für 200 lx), je nach gewünschtem Meßbereich. Weichen die Widerstandswerte hiervon ab, so ergeben sich entsprechende Meßfehler.

Zur Genauigkeit

Die Anforderungen an die Genauigkeit liegen bei Beleuchtungsstärke-Meßgeräten, wie eingangs schon erwähnt, völlig anders als bei den uns vertrauten Spannungs- und Strommessern.

Als gut kann man Genauigkeiten von 10 %, als sehr gut von 5 % bezeichnen. Bei dem hier vorliegenden Meßgerät liegen die Abweichungen je nach Spektralbereich normalerweise sogar unter 5 %, da ein hochwertiges Fotoelement Verwendung findet und der Fehler der übrigen Schaltung vernachlässigbar (1 %) ist.

Wir wünschen unseren Lesern viel Erfolg beim Nachbau und späteren Einsatz dieses nicht ganz alltäglichen und doch sehr nützlichen digitalen Beleuchtungsstärkemessers.