

**Funkschau 1986 Heft 21**

**Radioaktivitätsmesser im Miniformat**

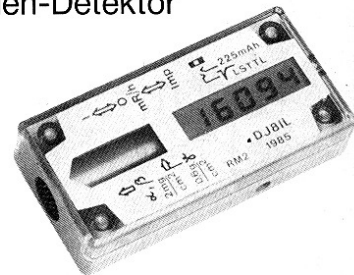
Mit freundlicher Genehmigung der Funkschau-Redaktion [www.funkschau.de](http://www.funkschau.de)

Besonders praktisch:

# Radioaktivitätsmesser im Miniformat

Strahlungs-Meßgerät mit Zählrohr- oder Pin-Dioden-Detektor

Ein handliches, stets einsatzbereites Radioaktivitäts-Meßgerät, das auch hohen Anforderungen entspricht und genaue, reproduzierbare Meßwerte liefert, läßt sich auf kleinstem Raum verwirklichen. Anstelle des derzeit schwer erhältlichen Zählrohrs kann man hier auch wesentlich preisgünstigere Halbleiter-Sensoren einsetzen.



Da herkömmliche Bauanleitungen für Geiger-Müller-Zähler meist mit den kostenintensiven, derzeit sehr schwer erhältlichen Valvo-Zählrohren ZP 1400 bzw. ZP 1401 bestückt und wegen ihrer unhandlichen Größe als ständige Begleiter ungeeignet sind, stellen wir hier eine zigaretenschachtelgroße Variante vor, die nicht nur mit einem Zählrohr, sondern auch mit Pin-Fotodioden als Strahlungsdetektor betrieben werden kann. Die Anzeige erfolgt über ein stromsparendes LC-Display, das sogar einen Betrieb mit kleinen Solarzellen ermöglicht.

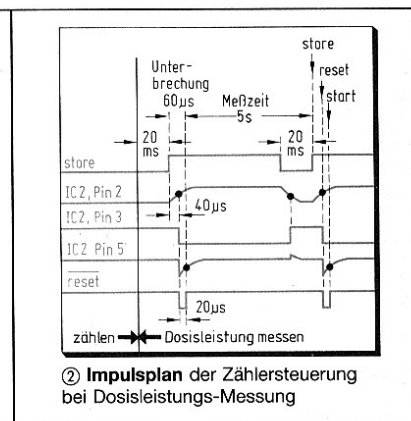
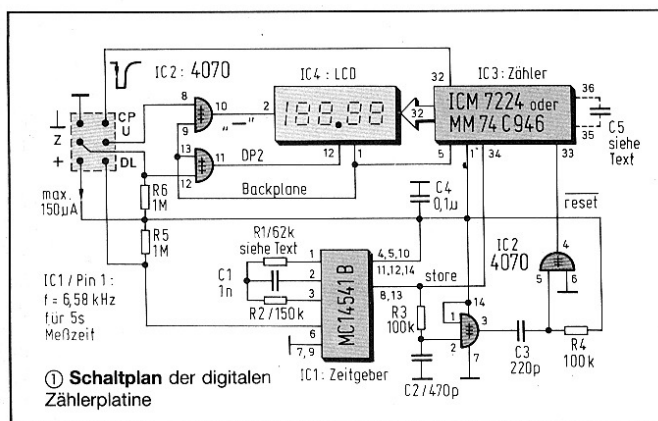
Das Gerät läßt sich nicht nur als einfacher Zähler, sondern auch als Dosisleistungsmesser verwenden und gestattet so eine objektive Abschätzung der Gefährlichkeit der gemessenen Strahlung anhand der auf den Seiten 99 bis 103 besprochenen Grundlagen zur Radioaktivitätsmessung.

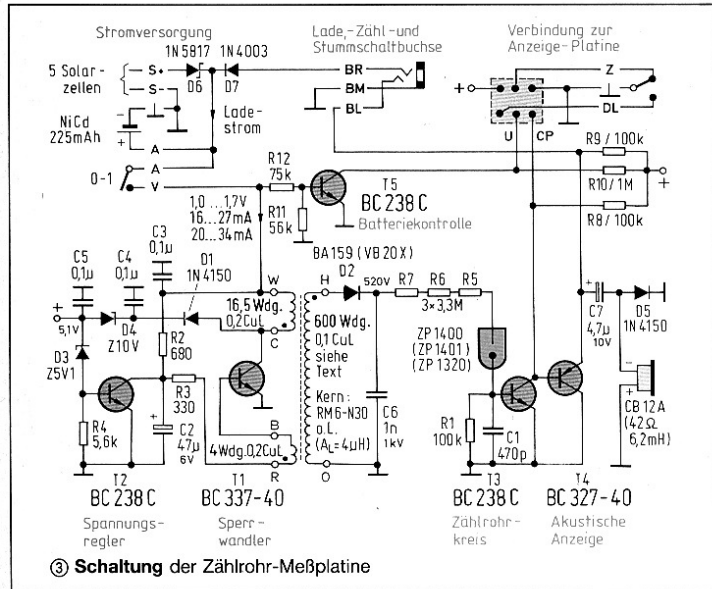
### Gleiche Zählerplatine für beide Varianten

Für den Geigerzähler bzw. den Diodenmonitor wurde eine gemeinsame 4½-stellige Zähl- und Anzeigeeinheit

entworfen (Bild 1). Sie erhält über eine 6polige Steckverbindung von der jeweiligen Meßplatine ihre Betriebsspannung (+), die Zählimpulse (CP), eine Meldung über den Ladezustand der Akkuzelle (U) und die Information über die gewünschte Betriebsart: Anschluß Z an Masse bedeutet „zählen“, DL an Masse „Dosisleistung messen“.

Im letzteren Fall ist der Dezimalpunkt DP2 sichtbar und der Zeitgeber (IC1) in Betrieb. Er enthält einen RC-Oszillator und eine Flipflop-Teilerkette. Seine Steuereingänge (Pin 12 und





③ Schaltung der Zählrohr-Meßplatte

13) sind so verdrahtet, daß bei einem H-Potential am Ausgang (Pin 8) die Oszillatorfrequenz von 6,58 kHz durch  $2^{16}$ , bei L durch  $2^8$  geteilt wird. So entsteht der Grundtakt „store“ mit 5-s-Periode und einem Tastverhältnis  $H : L = 256 : 1$ . Der frequenzbestimmende Widerstand R1 muß der geforderten Zählzeit (nach der Tabelle im Grundlagenbeitrag) angepaßt werden; bei sehr langen Zeiten ist auch R2 zu vergrößern:  $R2 \approx 2 \times R1$ .

Anhand des Impulsplans (Bild 2) läßt sich verfolgen, wie aus der aktiven Flanke des Signals „store“ (Zählergebnis in Zwischenspeicher laden und anzeigen) der weitere organisatorische Ablauf mit „reset“ (Zähler auf „0“ setzen) und „start“ (Zähler wieder freigeben) abgeleitet wird. Es entsteht nach jeder Meßzeit von 5 s nur eine verschwindend kurze Unterbrechung von 60  $\mu$ s. Man kann sie immer vernachlässigen, z. B. wenn man bei einem Langzeit-Zählversuch ein Zwischenergebnis notieren möchte und dazu die Anzeige durch kurzzeitiges Umschalten vom Zählbetrieb in den Dosisleistungs-Meßbetrieb und zurück bis zu 5 s lang anhält: Der Zähler verliert dabei nur 60  $\mu$ s Meßzeit; aber er fängt natürlich wieder bei „0“ an.

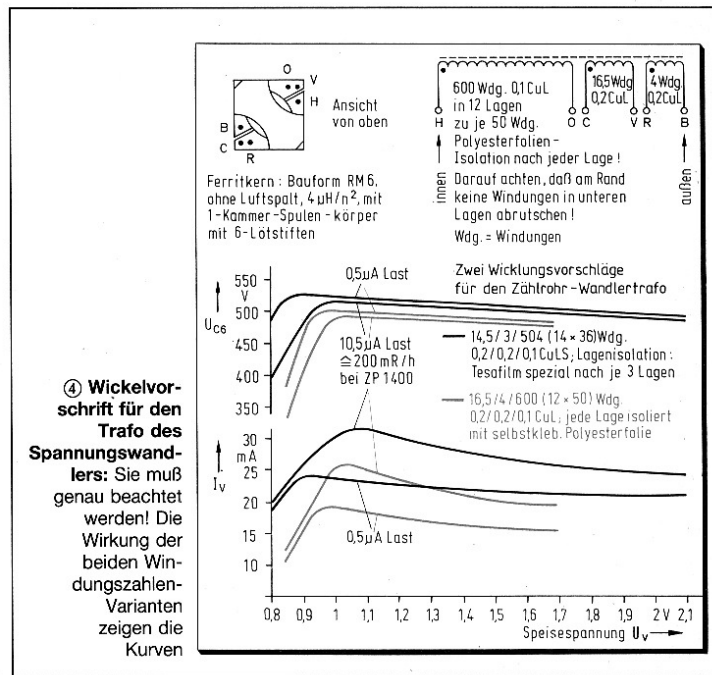
Wenn ein Minus-Zeichen vor dem Meßwert erscheint, bedeutet das

nicht, daß man „strahlungsaufsaugendes Material“ vor sich liegen hat, sondern daß die Akkuspannung unter 1,05 V abgesunken ist.

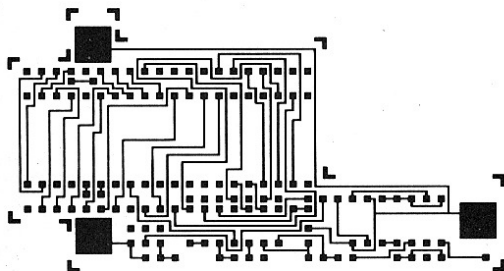
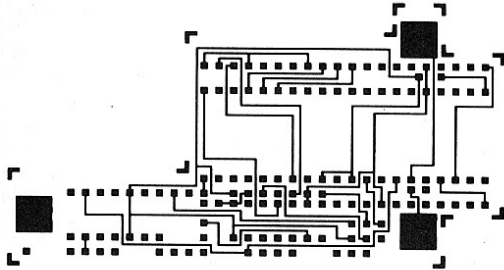
**IC-Anschlüsse müssen gekürzt werden**

Die Bilder 5 bis 10 zeigen die Layouts aller Platinen. Die Leiterbahnlaysouts (Bilder 5, 7 und 9) können aus satztechnischen Gründen diesmal leider nicht direkt als Belichtungsvorlage verwendet werden, da umseitig Text abgedruckt ist. Hier empfiehlt sich eine Kopie auf Folie.

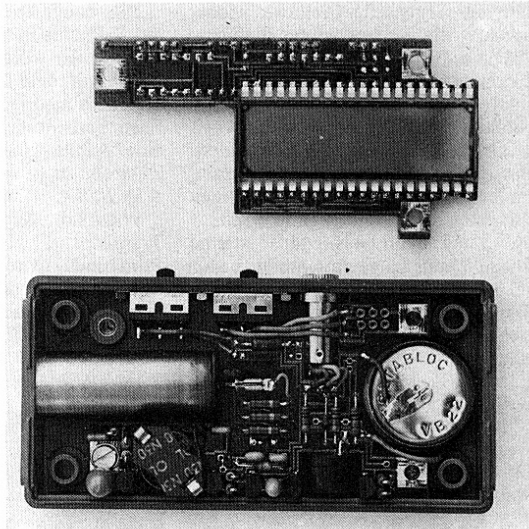
Alle 40 Pins des Zählers, die Pins 8 bis 14 des EXOR-Bausteines 4070 und die Pins 32 bis 40 der Flüssigkristallanzeige sind so weit zu kürzen, daß sie nicht mehr aus der Platine heraussehen. Die gekürzten Anschlußbeine werden später auf der Bauteileseite (Unterseite) verlötet (Bild 12). Nachdem IC2 und IC3 gemäß Bild 12 bestückt sind, werden auf der Gegenseite der Platine herausgequollenes Lötzinn und Flußmittelreste entfernt. Die Flüssigkristallanzeige wird zum Schluß



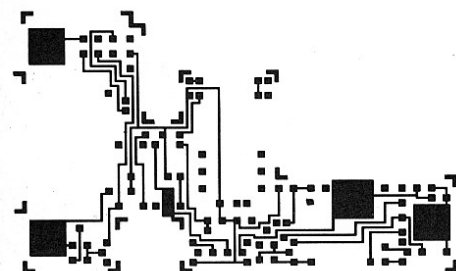
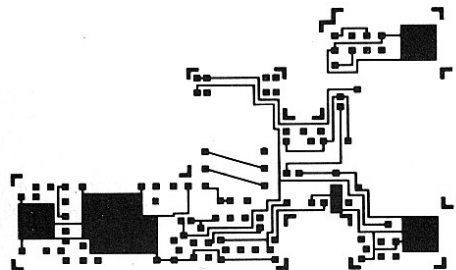
④ Wickelvorschrift für den Trafo des Spannungswandlers: Sie muß genau beachtet werden! Die Wirkung der beiden Windungsvarianten zeigen die Kurven



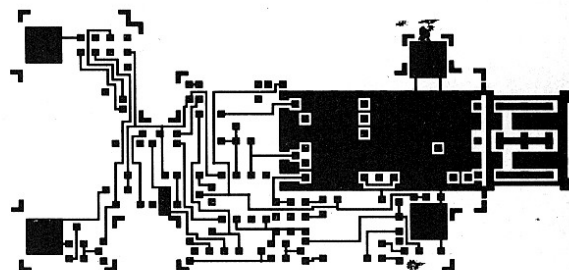
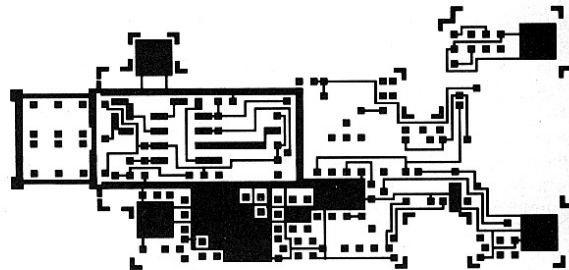
⑤ ⑥ Layouts der digitalen Zählplatine A (Bauteilseite oben, LCD-Seite unten)



⑪ So sehen die fertig bestückten Platinen des Geiger-Müller-Zählers aus: Das Zählrohr hat noch ausreichend Platz



⑦ ⑧ Layouts der Meßplatine Z für Geiger-Müller-Zählrohre (Bauteilseite oben und Leiterbahnseite unten)



⑨ ⑩ Layouts der Meßplatine D für Pin-Fotodioden-Sensoren mit angehängter Dioden-Trägerplatine (Bauteilseite oben und Leiterbahnseite unten)

auf der Gegenseite bestückt, wieder so dicht wie möglich an der Platine.

Die sechs Steckerstifte für die Verbindung mit der unteren Platine fertigt man selbst aus Transistor-Anschlußdrähten an (0,4...0,5 mm Ø). Als Buchsen eignen sich die Kelchfedern aus IC-Sockeln. Damit beides aufeinanderpaßt, schraubt man die Platinen mit ihren Abstandshülsen (3/5 mm Ø × 7,5 mm; beim Geigerzähler ist eine Hülse 9 mm lang) zusammen, bevor man Buchsen und Stifte festlötet.

Die digitale Zählerplatine kann für sich alleine getestet werden: Anschließen sind 5 V, der Betriebsartschalter (Z, Masse, DL) und ein Impulsgeber am Anschluß CP. Mit C5 (Größenordnung 10 pF) kann man die Backplane-Umschaltfrequenz auf den für das LC-Display günstigsten Wert von 64 Hz einstellen.

**Zählrohr-Meßplatine mit Hochspannungswandler**

Bild 3 zeigt die Schaltung der unteren Platine des Geigerzählers (Platine Z für Zählrohr-Betrieb) einschließlich der Verdrahtung mit den Bedienungselementen und der Stromversorgung.

Die NiCd-Zelle kann von außen über die Kombi-Buchse (Anschluß BR) oder von eingebauten Solarzellen über die Rückstromsperrdiode D6 geladen werden. Hier wurde eine 1-A-Schottky-Diode eingesetzt, deren Durchlaßspannung nur halb so groß ist wie die einer normalen Si-Diode, weshalb man mit einer Solarzelle weniger auskommt.

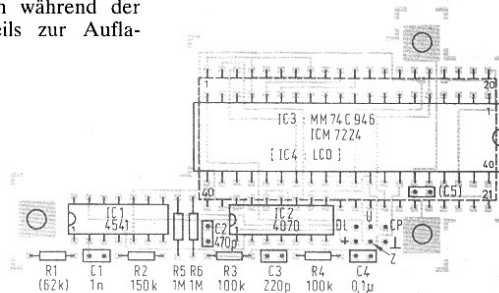
Die dominierende Baugruppe auf der Z-Platine ist der Hochspannungswandler. Er wurde speziell für dieses Gerät mit dem Ziel entworfen, aus möglichst niedriger und in weitem Bereich veränderlicher Speisespannung eine stabile Hochspannung für das Zählrohr zu gewinnen. Das Ergebnis zeigt Bild 4.

Während der Flußphase, wenn Transistor T1 leitet, wird in der Primärinduktivität des Wandlertransformators magnetische Feldenergie gespeichert, die dann während der Sperrphase größtenteils zur Aufla-

**Spannungen unter Kontrolle**

Man kann die Hochspannung  $U_{C6} \approx \hat{u}_2$  mit gutem Wirkungsgrad regeln, indem man den Maximalwert des Kollektorstroms  $i_{C1}$  bzw. den dazu erforderlichen Basisstrom in Abhängigkeit von der Sperrspannungs-Amplitude  $\hat{u}_2$  verändert. Dazu wird nicht direkt die Hochspannung  $U_{C6}$  gemessen, sondern die ihr proportionale Rück-

12 Bestückung der digitalen Zählereinheit. Ansicht von der bestückten Platinen-Unterseite

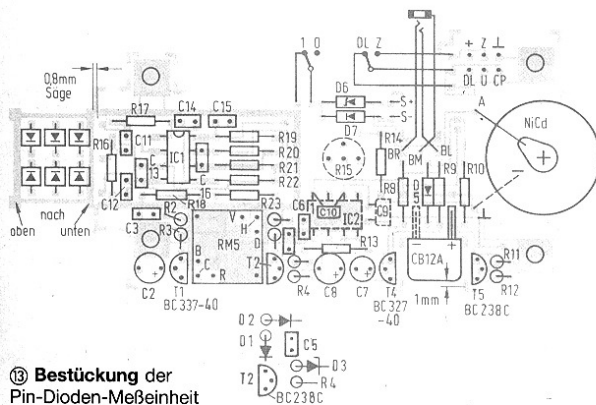


derung der Wicklungskapazität  $C_{W2}$  der Hochspannungswicklung benutzt wird:

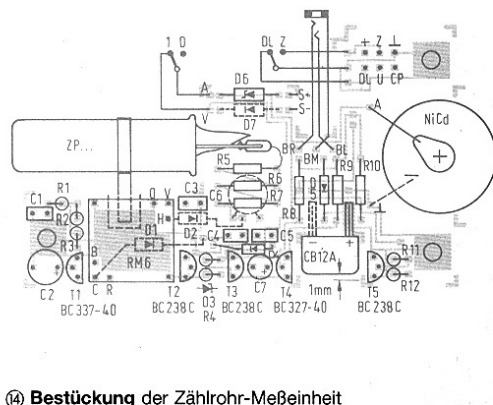
$$L_1 \times I_{C1}^2 = C_{W2} \times \hat{u}_2^2$$

Man erkennt dies am halbsinusförmigen Verlauf der Spulenspannungen während der Sperrphase. Zu Beginn der nächsten Flußphase wird der größte Teil der Feldenergie, die dann wieder in der Induktivität steckt, über den jetzt invers leitenden Transistor T1 in die Batterie zurückgepumpt; sie geht also nicht verloren.

schlagamplitude am Kollektor von T1. Wenn diese den Wert  $U_{D1+D4+D3} + U_{BE(T2)} - U_A \approx 14 \text{ V}$  übersteigt, wird T2 leitend und entzieht T1 einen Teil des verfügbaren Basisstromes. Auf dem Oszilloskop zeigt sich der Regelvorgang dadurch, daß mit steigender Speisespannung  $U_A$  die Flußphase immer kürzer wird. Die Regelung gleicht ebenso Belastungen mit schwankendem Zählrohrstrom aus. Insgesamt variiert die Schwingfrequenz zwischen 4 und 9 kHz.



13 Bestückung der Pin-Dioden-Meßeinheit



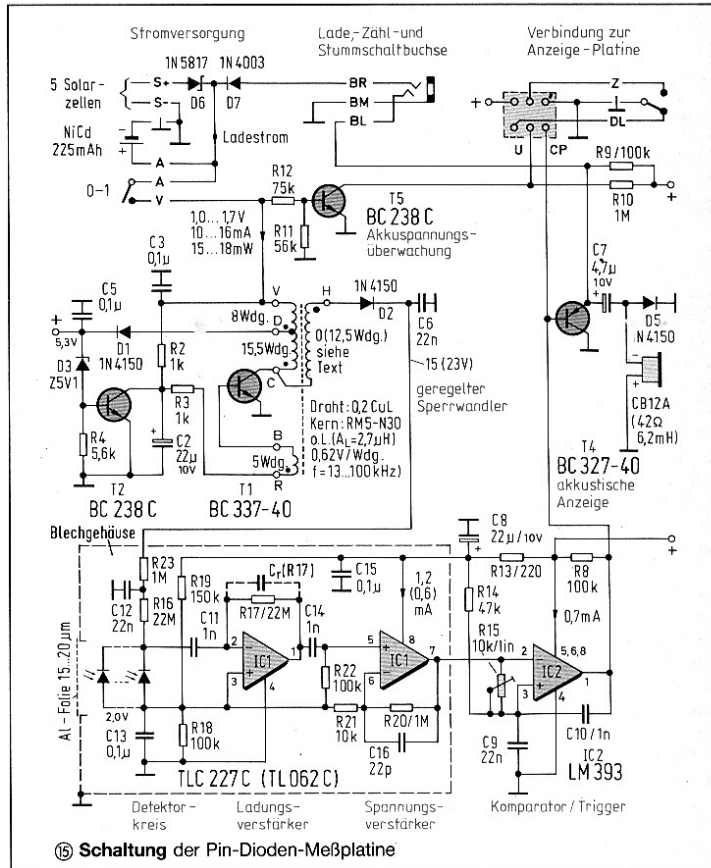
14 Bestückung der Zählrohr-Meßeinheit

Der Wandler ist um so sparsamer im Stromverbrauch, je geringer die Kapazität der Hochspannungswicklung ausfällt. In Bild 4 sind zwei Wickelrezepte angegeben, die gute Ergebnisse liefern, wobei die im Schaltplan angegebene Variante leichter zu wickeln ist. Die Toleranz der Z-Spannungen von D4... und D3 kann ca.  $\pm 5\%$  abweichende Werte der geregelten Hochspannung mit sich bringen; dies ist aber bedeutungslos wegen der Plateau-Charakteristik der Zählrohre (die Zählrate  $N$  eines Zählrohres bei konstanter Bestrahlung gegen die Betriebsspannung  $U$  aufgetragen, ergibt eine Kurve mit flachem Plateau, mindestens 100...200 V breit; hier sind Schwankungen der Betriebsspannung ohne Einfluß auf die Zählrate.)

Die Ausgangsimpulse des Zählrohres werden mit T3 auf einen brauchbaren Logikpegel angehoben. Nach weiterer Stromverstärkung durch T4 treiben sie einen kleinen magnetischen Schallgeber. Etwa 4 V Pulsamplitude ergeben eine ausreichende Lautstärke. Die Energie dazu wird dem Tantalkondensator C7 entnommen. In den Pausen wird C7 langsam über R9 wieder aufgeladen. Auf diese Weise wird das 5-V-Netz nur mit weniger als 50  $\mu$ A belastet. Kommen viele Zählimpulse kurz nacheinander, so kann C7 nicht mehr vollgeladen werden, und das Prasseln wird leiser.

Bei der Bestückung der Z-Platine nach Bild 14 ist darauf zu achten, daß R5 bis R10, D5 und D6 dicht auf der Platine liegen müssen. D1, D2, D7 und C6 werden auf der Unterseite bestückt. Die beim Zählrohr mitgelieferte Anschlußfeder für den Anodenstift ist um 6 mm zu kürzen. Der Schallgeber erhält seine korrekte Lage im Gehäuse, wenn man ihn an die eingeschraubte Platine lötet (Plus-Anschluß oben). Ein Abstand von 1 mm zu der Gehäusewand läßt genug Platz für einen Dichtungsring aus selbstklebendem Filz oder Schaumstoff.

Vor dem Anschluß des Zählrohres und der Digitalplatine sollte der Spannungswandler überprüft werden. Dabei darf die 5-V-Quelle mit nur max. 150  $\mu$ A, die Hochspannung mit max. 10  $\mu$ A belastet werden, um die realistischen Betriebsbedingungen eines Zählrohres einzuhalten. Der Verdrahtungsaufwand ist minimal (Bild 11).



15 Schaltung der Pin-Dioden-Meßplatine

Am Anschluß BL kann ein externer Zähler, z. B. für Beobachtungen über mehrere Tage bzw. größere Distanzen zum Meßgerät, angeschlossen werden. Wenn man BL mit Masse verbindet, bleibt der Schallgeber stumm. Wer hohe Impulsraten mit einem externen Zähler erfassen will, kann zweckmäßigerweise das CP-Signal über den Anschluß BL nach außen führen.

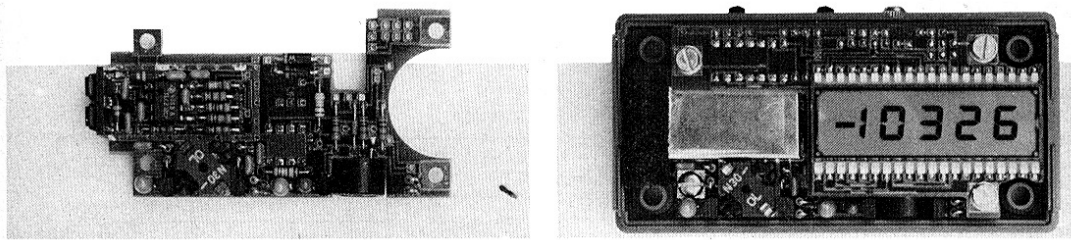
### Zweite Meßplatine für Pin-Dioden

Für den Betrieb des Radioaktivitäts-Meßgerätes mit Pin-Dioden anstatt mit einem Geiger-Müller-Zählrohr steht eine weitere, abgewandelte Meßplatine zur Verfügung.

Beim Vergleich des Schaltplanes Bild 3 mit Bild 15 sowie des Bestückungsplanes Bild 13 mit Bild 14 findet man die gleichen Baugruppen für Stromversorgung, Spannungsüberwachung und akustische Anzeige. Unverändert ist auch die Verdrahtung.

Die signalverarbeitenden Stufen vom Detektorkreis bis zum Komparator der Meßplatine D für Pin-Fotodioden sind bereits im Grundlagen-Bericht erklärt. C<sub>r</sub> ist als Bauteil nicht vorhanden, denn es ergibt sich bereits eine wirksame Kapazität von 3 pF durch die Leiterbahnen sowie durch R17 und IC1. Der zusätzliche Kondensator C16 verbessert den Rauschabstand und verhindert eine Schwingneigung. Mit C10 erhält der Komparator IC2 eine Schalthysterese,





16 So sehen die fertig bestückten Platinen des Pin-Dioden-Zählers aus

welche die Form der Zählimpulse verbessert. Im Gegensatz zum normalen Schmitt-Trigger wirkt die Hysterese über den kapazitiven Rückkopplungsteiler C10 und C9 aber nur kurzzeitig, danach kann der Komparator auch wieder auf sehr kleine Impulse, bis hinunter zum Rauschen, reagieren. Bei der Einstellung seiner Ansprechschwelle mit dem Trimmer R15 findet man den Punkt, an dem die spontanen Zählimpulse, ausgelöst durch Rauschspitzen, schlagartig aufhören.

Der Spannungswandler arbeitet nach demselben Regelprinzip wie beim Geigerzähler, nur hängt die Hauptlast beim Diodenmonitor an +5 V. Diese Spannung wird während der Sperrphase aus einer Anzapfung der Primärwicklung (Bild 15) entnommen. Einige Exemplare der Diode BPW 34 zeigten spontane Impulse bei einer angelegten Vorspannung von  $U_H > 15$  V. Man sollte deshalb bei der Verwendung von sechs BPW-34-Dioden die Wicklung C-H weglassen und durch eine Drahtbrücke am Spulenkörper ersetzen. Bei den anderen vorgeschlagenen Fotodioden sind 20 bis

25 V Vorspannung günstiger, denn dadurch wird die Diodenkapazität kleiner und damit der Rauschabstand besser.

### Dioden abdunkeln und Verstärker abschirmen

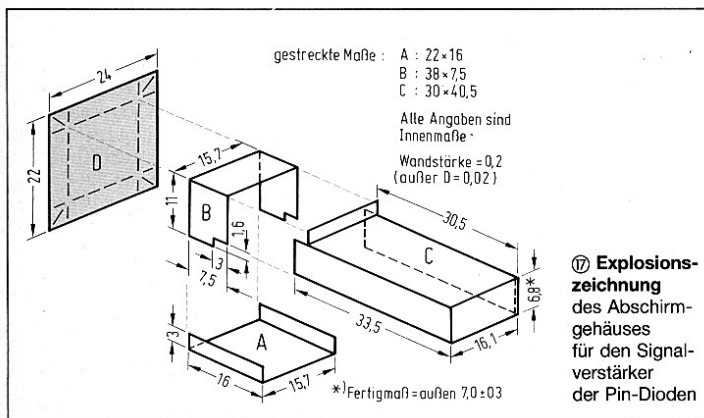
Bei der Bestückung der D-Platine wird man nicht für alle Anschlußdrähte der Bauelemente im „eingezäunten“ Bereich um IC1 genügend Löttaugen finden. Die Platine bildet in diesem Bereich einen Teil des Abschirmgehäuses um Detektor und Vorverstärker. R16, R20, R21 und R22 sind deshalb einseitig, R17, C11, C14, C16 und IC1 mit allen Anschlüssen direkt auf die Leiterbahnen auf der Platinenoberseite zu löten (Bild 16). Dabei ist eine maximale Bauhöhe von 6,5 mm einzuhalten. Im übrigen sollen D5...D7, R8...R10, R14 und C10 möglichst dicht auf der Platine sitzen, damit für das Zähler-IC auf der zweiten Platine genügend Freiraum vorhanden ist. R15, C9 und IC2 werden auf der Unterseite bestückt. Für den Lautsprecher gelten die bereits bei der

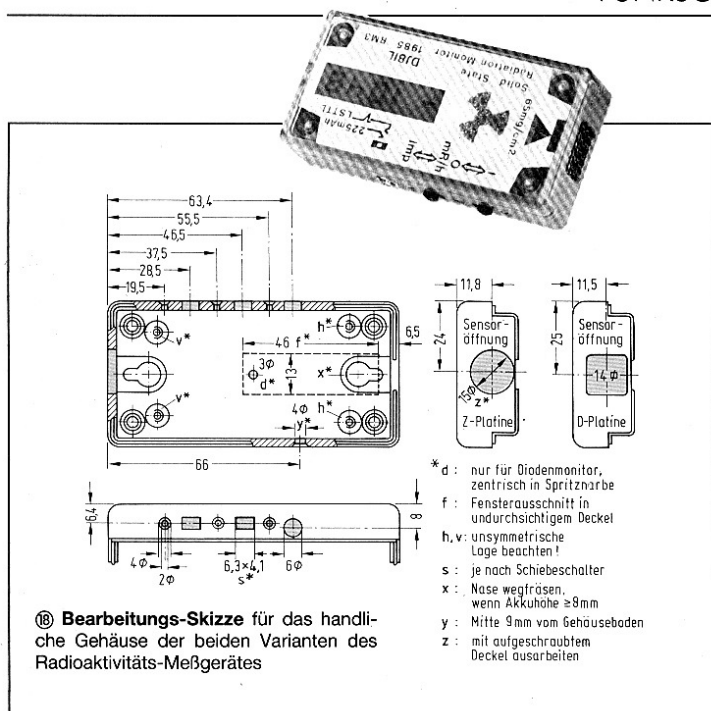
Z-Platine erwähnten Einbautyps. Vor der Montage des Fotodioden-Arrays und des Abschirmkästchens wird überprüft, ob Wandler und Verstärker ordnungsgemäß arbeiten. Am Ausgang von IC1 (Pin 7) soll ohne Detektor ein Rauschpegel von ungefähr 30 mV<sub>ss</sub> ohne periodische Schwing- und Störanteile anstehen. Die kleine Diodenträgerplatine wird sorgfältig an der Hauptplatine positioniert und in der Höhe festgelötet, die auf ihrer Rückseite durch einen Unterbrechungstreifen der Massebahnen markiert ist.

Nach der Explosionszeichnung (Bild 17) wird jetzt das dreiteilige Schirmkästchen aus 0,2 mm dickem Weißblech geschnitten und gebogen. Teil A und Teil B bilden nach dem Verlöten einen geschlossenen Rahmen um die Detektorplatine, dessen Vorderkante mit der Frontfläche der Fotodioden bündig abschließt. Teil C wird hinter Teil B geschoben und an den nichtüberlappenden Kanten mit ihm verlötet. Es genügt, das Kästchen C an einigen Punkten entlang des Masserahmens mit der Hauptplatine zu verbinden: Im Servicefall kann man es dann leichter wieder lösen.

Zum Schluß werden die Fotodioden mit einer dünnen Aluminiumfolie (ca. 20 µm) lichtdicht abgedeckt. Die Folie wird mit winzigen Mengen Cyanoacrylatkleber auf jeder Diode festgeheftet, um einen Mikrofonie-Effekt zu vermeiden, und dann ringsum mit Teil A und B verleimt. Sicherheitshalber kann man den vorderen Teil des Schirmkästchens noch mit schwarzem Klebeband abdecken. Eine Probe auf Licht-Dichtigkeit: Selbst wenn man das Gerät in die Sonne hält, dürfen keine Zählimpulse auftreten.

Über die Bohrungen und Aussparungen im Gehäuse-Unterteil findet man alles Nötige in Bild 18. In das Detektorfenster wird ein Schutzgitter





eingepaßt und mit Zweikomponentenkleber befestigt. Dahinter kann man als Staub- und Regendichtung im Falle des Zählrohrs einen Ring aus weichem Silikongummi einlegen. Beim Diodenmonitor wurde statt dessen ein Rahmen aus Schaumstoff mit den Außen-

maßen 27 mm  $\times$  21 mm  $\times$  10 mm geschnitten. Wer ein Gehäuse mit undurchsichtigem Deckel benutzen will, muß noch das Fenster für die Anzeige aussägen und einen passenden Display-Gehäuserahmen mit klarer Plexiglasscheibe einpassen (in Bild 18 ohne

Rahmen, jedoch mit exakt ausgefrästem Ausschnitt dargestellt).

Bei einer Akku-Pufferung mit fünf Solarzellen (20  $\times$  10 mm<sup>2</sup>, 40 mA Gesamt-Ladestrom) sind diese in die Gehäuseunterseite einzulassen und mit einer Plexiglasscheibe abzudecken, um sie vor mechanischer Beschädigung zu schützen. Wird das Gerät nun mit der Anzeigeseite nach unten abgelegt, so ist das LC-Display vor einer Schädigung durch UV-Bestrahlung geschützt, und auf die Solarzellen fällt Licht zum Laden der Akku-Knopfzelle. Es gibt jetzt auch komplette Dünnschicht-Solarbatterien (z. B. ELB 010 m/A, Fuji, 35  $\times$  18 mm<sup>2</sup>, 7 mA Ladestrom). Der Wirkungsgrad beträgt jedoch nur 25 % der üblichen einkristallinen Solarzellen, wie der Ladestrom-Vergleich zeigt.

**Durchkontaktierte Platinen erhältlich**

Da die hohe Packungsdichte auf den beidseitig kupferkaschierten Platinen ein beidseitiges Verlöten zum Durchkontaktieren der bestückten Bauteile sehr stark erschwert, kann bei der Redaktion eine Bezugsquelle für durchkontaktierte Platinen sowie für einen Bausatz erfragt werden.

Jo Becker/Bch

Stückliste		
<b>Digitale Zählerplatine (A):</b>	1 $\times$ BC 327-40	3 $\times$ 1 N 4150
1 $\times$ ICM 7224	1 $\times$ BC 337-40	1 $\times$ ZPD 5,1
1 $\times$ MC 14541 B	1 $\times$ 330 $\Omega$	1 $\times$ BC 327-40
1 $\times$ CD 4070 B	1 $\times$ 680 $\Omega$	1 $\times$ BC 337-40
1 $\times$ 62 k $\Omega$	1 $\times$ 5,6 k $\Omega$	2 $\times$ BC 238 C
2 $\times$ 100 k $\Omega$	1 $\times$ 56 k $\Omega$	1 $\times$ TLC 272 C
1 $\times$ 150 k $\Omega$	1 $\times$ 75 k $\Omega$	1 $\times$ LM 393
2 $\times$ 1 M $\Omega$	3 $\times$ 100 k $\Omega$	1 $\times$ 220 $\Omega$
1 $\times$ 220 pF	1 $\times$ 1 M $\Omega$	2 $\times$ 1 k $\Omega$
1 $\times$ 470 pF	3 $\times$ 3,3 M $\Omega$	1 $\times$ 5,6 k $\Omega$
1 $\times$ 1 nF	1 $\times$ 470 pF	1 $\times$ 10 k $\Omega$
1 $\times$ 100 nF	1 $\times$ 1 nF, 1 kV	1 $\times$ 47 k $\Omega$
1 $\times$ C5 (s. Text)	3 $\times$ 100 nF	1 $\times$ 56 k $\Omega$
1 $\times$ LCD, 4 1/2 Digits, transfektiv	1 $\times$ 4,7 $\mu$ F, 10 V	1 $\times$ 75 k $\Omega$
<b>Meßplatine Zählrohr (Z):</b>	1 $\times$ 47 $\mu$ F, 6 V	4 $\times$ 100 k $\Omega$
1 $\times$ 1 N 5817	1 $\times$ Zählrohr (ZP 1400, ZP 1401, ZP 1320, Valvo)	1 $\times$ 150 k $\Omega$
1 $\times$ 1 N 4003	1 $\times$ Schalenkern RM 6-N 30 (o. L. / AL = 4 $\mu$ H)	3 $\times$ 1 M $\Omega$
1 $\times$ BA 159	<b>Meßplatine Pin-Dioden (D):</b>	2 $\times$ 22 M $\Omega$
1 $\times$ ZPD 5,1	1 $\times$ 1 N 5817	1 $\times$ 10 k $\Omega$ , Poti, lin., Bauform T0-5
1 $\times$ ZPD 10	1 $\times$ 1 N 4003	1 $\times$ 22 pF
2 $\times$ 1 N 4150		3 $\times$ 1 nF
3 $\times$ BC 238 C		3 $\times$ 22 nF
		4 $\times$ 100 nF
		1 $\times$ 4,7 $\mu$ F, 10 V
		2 $\times$ 22 $\mu$ F, 10 V
		6 $\times$ BPW 34 (Sensoren)
		1 $\times$ Schalenkern RM 5-N 30 (o. L. / AL = 2,7 $\mu$ H)
		<b>Sonstiges:</b>
		4 $\times$ Platine, durchkontaktiert
		1 $\times$ Mikro-Lautsprecher, ca. 50 $\Omega$ (z. B. CB12A)
		1 $\times$ Gehäuse OKW-9010081 (mit transparentem Oberdeckel)
		1 $\times$ Weißblech, 0,2 mm dick
		1 $\times$ NiCad-Akku-Knopfzelle, 225 mAh (z. B. CB12A)
		5 $\times$ Solarzelle, 20 mm $\times$ 10 mm (= 40 mA) oder 1 $\times$ Dünnschicht-Solarbatterie Fuji-ELB 010 m/A (ca. 15 DM)
		5 $\times$ Distanzhülsen 3/5 mm $\varnothing$ $\times$ 7,5 mm
		1 $\times$ Distanzhülse 3/5 mm $\varnothing$ $\times$ 9 mm
		1 $\times$ Alufolie, 20 $\mu$ m dick
		1 $\times$ 3,5-mm-Stereo-Klinkenbuchse
		2 $\times$ Schiebeschalter, 1 $\times$ Um
		6 $\times$ IC-Stecksocle-Pin, einzeln