

Geiger-Müller-Zähler GMZ 1

Aus aktuellem Anlaß stellen wir Ihnen einen preiswert aufzubauenden Geiger-Müller-Zähler vor, dessen herausragende Daten durch den konsequenten Einsatz neuester Technologie realisiert wurden. Nachfolgend die besonderen Features in Kürze:

- kompakte Abmessungen von nur 85 x 60 x 25 mm, d. h. kleiner als eine Zigarettenschachtel
- minimale Stromaufnahme von typ. 0,5 mA
- elektronisch stabilisierte 400 V-Zählrohrspannung mit hohem Wirkungsgrad
- hohe Ansprechempfindlichkeit, d. h. bereits die normale Umweltstrahlung reicht zum Ansprechen aus (ca. 2 Impulse pro Minute)
- großer Meßbereichsumfang, d. h. bis zum 1000fachen (!) der Umweltstrahlung wird zuverlässig erfaßt
- pro Zählimpuls wird ein markanter 2 kHz-Signalton mit einer Dauer von 30 msec abgegeben. Die Signalton-Häufigkeit ist dabei der radioaktiven Strahlung direkt proportional.
- Bewertung kann direkt in der gebräuchlichen Einheit „millirem pro Jahr“ erfolgen
- hohe Dauerbetriebssicherheit auch unter rauen Anwendungsbedingungen

Allgemeines

In der hier vorliegenden Ausgabe ist an anderer Stelle unter der Überschrift „Radioaktivität“ ein ausführlicher Bericht veröffentlicht, so daß wir hier nur kurz auf einige wesentliche Dinge im Zusammenhang mit der Radioaktivität und deren Messung eingehen wollen.

Zunächst muß eine Unterscheidung zwischen den einzelnen Strahlenarten vorgenommen werden.

1. α -Strahlung (Alpha-Strahlung): Hierbei handelt es sich um eine sehr energiereiche Teilchenstrahlung, deren Reichweite in Luft nur wenige Millimeter beträgt.
2. β -Strahlung (Beta-Strahlung): Eine ebenfalls energiereiche Strahlung, deren Reichweite in Luft bei ca. 1 Meter liegt.
3. γ -Strahlung (Gamma-Strahlung): Eine kurzwellige energiereiche elektromagnetische Strahlung, deren Reichweite sehr groß ist. Eine Abschirmung kann nur durch meterdicke Betonwände oder dicke Bleiplatten erreicht werden. Die allgemein bekannte Röntgenstrahlung ist dieser Strahlenart ebenfalls zuzurechnen.

Aus vorstehend Gesagtem kann man schließen, daß zwar die Alpha- und Beta-Strahlung aufgrund ihrer Art (Teilchenstrahlung) und ihres Energiereichtums besonders gefährlich ist, bezüglich des räumlichen Aufenthalts eines Menschen jedoch

kaum eine Rolle spielt, da die Reichweite minimal ist.

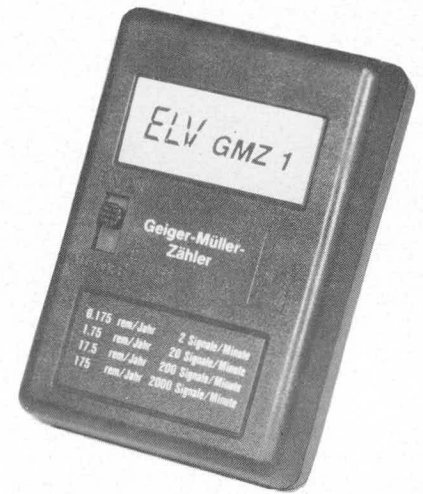
Trotzdem besitzen diese Strahlungen eine hohe Bedeutung, nämlich im Hinblick auf die Nahrungsaufnahme. Über den Weg der strahlenangereicherten Lebensmittel können diese Strahlenarten in den Körper des Menschen gelangen und dort ihre schädigende Wirkung ausüben. Entsprechende Meßgeräte und Verfahren zur repräsentativen Auswertung sind jedoch sehr aufwendig und kostspielig (DM 10 000,— und mehr) und können im allgemeinen nur von Experten richtig eingesetzt werden.

Der von ELV vollkommen neu entwickelte Geiger-Müller-Zähler des Typs GMZ 1 ist daher speziell auf die Detektion von Gamma-Strahlung ausgelegt. Mit Hilfe dieses Gerätes können sinnvolle und vor allem reproduzierbare Messungen vorgenommen werden. Die Häufigkeit des 2 kHz-Signalimpulses erlaubt einen direkten Schluß auf die radioaktive Strahlenbelastung, die der Mensch erhält.

Eine der gebräuchlichsten Einheiten zur Messung der Radioaktivität unter Berücksichtigung der Auswirkungen auf den Menschen ist die Einheit „mrem“ (millirem).

Hierunter versteht man die schädigenden Auswirkungen einer bestimmten Dosis an radioaktiver Strahlung auf den Menschen.

Die natürliche Strahlenbelastung liegt regional unterschiedlich im Bereich zwischen 100 bis 300 millirem pro Jahr.



Anhand eines Beispiels soll der Zusammenhang kurz aufgezeigt werden:

Person A ist das ganze Jahr über mit einer gleichmäßigen Strahlung von 0,02 mrem/h (millirem pro Stunde) ausgesetzt. Dies ergibt eine Gesamtbelastung von 0,02 mrem/h x 8760 h (entspricht 1 Jahr) = 175 mrem.

Person B wird zusätzlich für 24 Stunden einer Strahlenbelastung ausgesetzt, die dem 100fachen Grundwert entspricht. Zu dem Grundwert von 175 mrem addieren sich jetzt noch 0,02 mrem/h x 100fach x 24 h = 48 mrem hinzu. Die Gesamtbelastung liegt somit bei 223 mrem, also nur ca. 30 % höher, obwohl die kurzzeitige, für 24 Stunden auftretende Strahlung 10000 % (100fach) der Grundstrahlung betrug – ein im allgemeinen als unkritisch angesehener Wert.

Meßbereich des GMZ 1

Der ELV GMZ 1 gibt bei 175 mrem/a (millirem pro Jahr) = 20 μ mrem/h (mikrorem pro Stunde) 2 Signalimpulse pro Minute ab. Dies entspricht der mittleren zu erwartenden Umweltstrahlung (Grundstrahlung).

Zur Umrechnung der Jahresdosisleistung in die Stundendosisleistung wird eine Division durch 8760 h = 1 Jahr vorgenommen. 175 mrem/a = 175 000 μ mrem/a. Wird dieser Wert durch 8760 dividiert, so erhält man die Dosis bezogen auf 1 Stunde (hier: 20 μ mrem).

Bei 1750 mrem/a (10facher Wert der Umweltstrahlung) ertönen ca. 20 Signalimpulse pro Minute, also alle 3 Sekunden ein 2 kHz-Impuls.

Bei 17 500 mrem/a (100facher Wert der Umweltstrahlung) ertönen 200 Signalimpulse pro Minute, also ca. drei 2 kHz-Impulse pro Sekunde.

Bei 175 rem/a = 175 000 mrem/a (1000-facher Wert der Umweltstrahlung) ertönen 2000 Signalimpulse pro Minute, also ca. 30 pro Sekunde. Da die Impulsdauer eines jeden 2 kHz Signalimpulses ca. 30 msec beträgt, ist bei dieser Impulsfrequenz (30 Hz) die Impulsdauer kleiner als der Impuls selbst, so daß das menschliche Gehör ein moduliertes Dauersignal registriert.

Anzumerken ist noch, daß die Impulshäufigkeit bei Geiger-Müller-Zählrohren u. a. statistischen Gesetzmäßigkeiten folgt. Zwar steht die Impulsrate in weiten Grenzen in direktem linearen Zusammenhang mit der Stärke der radioaktiven Strahlung, trotzdem ist eine gewisse Unregelmäßigkeit in der Impulsfolge zu erkennen. In der Praxis bedeutet dies, daß ca. 100 Impulse erfaßt werden müssen, um eine hinreichende Genauigkeit zu erreichen. Bei dem 10-fachen Wert der Umweltstrahlung muß also eine Beobachtung von einigen Minuten erfolgen. Noch geringere Dosisleistungen, die im allgemeinen jedoch nicht von Interesse sind, würden eine längere Meßzeit erfordern, während höhere Dosisleistungen schon bei kürzeren Meßzeiten Aussagen zulassen.

Auswirkungen auf den Menschen

Wird der Mensch einer Strahlendosis bis zu 25 rem (= 25 000 mrem = 25 000 000 μ mrem) ausgesetzt, die sich zudem in einer relativ kurzen Zeitspanne kumuliert (aufsummiert), so sind im allgemeinen keine klinischen Befunde feststellbar. Wie es sich jedoch mit der Langzeitwirkung verhält (verkürzte Lebenserwartung, erhöhte Krankheitsfälle), vermag kaum allgemeingültig gesagt zu werden.

Zum besseren Verständnis soll der vorgenannte Wert von 25 rem, der sich auf langjährige Erfahrungen der internationalen Wissenschaft stützt, näher erläutert werden.

Zunächst ist festzustellen, daß hierbei eine Ganzkörperbestrahlung zugrunde gelegt wird. Hierunter versteht man, wie der Name schon sagt, die gleichmäßige Bestrahlung des gesamten Körpers. Partielle, d. h. teilweise Bestrahlung von einzelnen, zum Teil sehr kleinen Körperteilen oder Organen im Rahmen medizinischer Behandlungen, kann mit noch höheren Strahlendosen durchgeführt werden, ohne daß der Mensch insgesamt geschädigt wird. Hierbei darf man nicht vergessen, daß im Rahmen medizinischer Behandlung die Strahlendosis bewußt so hoch angesetzt werden kann, damit das behandelte menschliche Gewebe in einem sehr kleinen Teilbereich zerstört wird. Dies ist u. a. ein Beweis für die zerstörerische Wirkung radioaktiver Strahlung.

Ein wichtiger Faktor im Zusammenhang

mit Strahlendosen ist die Zeitspanne, in der sich die betreffende Strahlendosis angesammelt hat. Wird ein Mensch während einer Stunde der Dosisleistung von 10 rem/h ausgesetzt, so hat sich eine Strahlendosis von 10 rem angesammelt ($10 \text{ rem/h} \times 1 \text{ h} = 10 \text{ rem}$). Die gleiche Strahlendosis ergibt sich aus einer radioaktiven Bestrahlung (Dosisleistung) von 1 rem/h innerhalb von 10 Stunden ($1 \text{ rem/h} \times 10 \text{ h} = 10 \text{ rem}$). Ebenso kommt man auf den gleichen Endwert, wenn man 100 Stunden lang einer Dosisleistung von 0,1 rem/h ausgesetzt ist ($0,1 \text{ rem/h} \times 100 = 10 \text{ rem}$). Wird man z. B. das ganze Jahr über 1,14 mrem/h (= 0,00114 rem/h) ausgesetzt, so ergibt sich ebenfalls als Gesamtbelastung (Strahlendosis) ein Wert von 10 rem. Nach einem Jahr hätte die betreffende Person also 10 rem „abekommen“. Bei unveränderter Bestrahlung würde sich der Wert nach Ablauf eines weiteren Jahres auf den doppelten und nach Ablauf eines dritten Jahres auf den dreifachen Wert (30 rem) vergrößern. Die betreffende Person hätte also 10 rem pro Jahr an Strahlendosis erhalten.

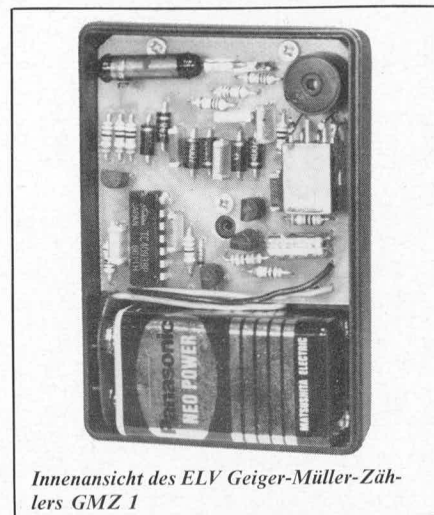
Wie bereits weiter vorstehend kurz angesprochen, wird in den meisten Fällen als zeitliche Bezugseinheit ein ganzes Jahr zugrunde gelegt (z. B. mittlere Umweltstrahlung = 175 mrem/a), wobei in manchen Fällen, insbesondere bei höheren und kurzzeitig auftretenden Strahlungen die Dosisleistung auch auf eine Stunde bezogen werden kann ($175 \text{ mrem/a} = 0,02 \text{ mrem/h} = 20 \mu\text{mrem/h}$).

Die schädigende Wirkung der radioaktiven Strahlung wird um so größer, je höher die Dosisleistung ist. Sammelt sich die eingangs erwähnte Strahlendosis von 10 rem innerhalb einer Stunde an, so beträgt die Dosisleistung (momentane radioaktive Strahlung) 10 rem/h, d. h. nach 2 Stunden hätten sich bereits 20 rem angesammelt. Nehmen wir jedoch als Beispiel einmal an, daß die Bestrahlung exakt während einer Stunde aufgetreten und anschließend fortgefallen ist, so bliebe es bei den erwähnten 10 rem. Sammelt sich diese Strahlendosis nicht innerhalb einer Stunde, sondern erst innerhalb eines ganzen Jahres an, so liegt die Dosisleistung „nur“ bei 1,14 mrem/h, also nur ungefähr 0,01 % von der erstgenannten Dosisleistung.

Insgesamt hätte die betreffende Person jedoch in beiden Fällen die gleiche Strahlendosis erhalten.

Nachdem wir die grundsätzlichen Zusammenhänge erläutert haben, wollen wir im folgenden auf die schädigenden Wirkungen noch näher eingehen.

Als Maß für die schädigende Wirkung der radioaktiven Bestrahlung auf den Menschen dient, wie eingangs bereits erwähnt, die Einheit „rem“ bzw. 1/1000 davon („mrem“). Hierbei handelt es sich um die im Laufe einer bestimmten Zeit (z. B. 1 Jahr) angesammelte Strahlenbelastung. In erster Näherung ist es hierbei gleichgültig, ob eine bestimmte Strahlendosis in kurzer Zeit (z. B. 1 Stunde) oder in längerer Zeit (z. B. 1 Jahr) angehäuft wurde. Die Dosisleistung kann hierbei, wie wir bereits gesehen haben, sehr stark unterschiedlich sein.



Innenansicht des ELV Geiger-Müller-Zählers GMZ 1

Bei verhältnismäßig kleinen Strahlendosen (weniger als das 100fache der Umweltstrahlung) trifft diese Aussage mit guter Genauigkeit zu. Je größer die Strahlendosen und je kürzer die Zeitspanne, in der eine bestimmte Strahlendosis aufgenommen wird, desto höher ist die entsprechende Dosisleistung. Kommt man hier in eine Größenordnung von 1 rem/h oder noch darüber, so wird kaum jemand mit gutem Gewissen sagen können, daß auch eine Kurzzeitbestrahlung von nur 1 Stunde entsprechend einer Gesamtdosis von 1 rem keine Folgen nach sich ziehen wird.

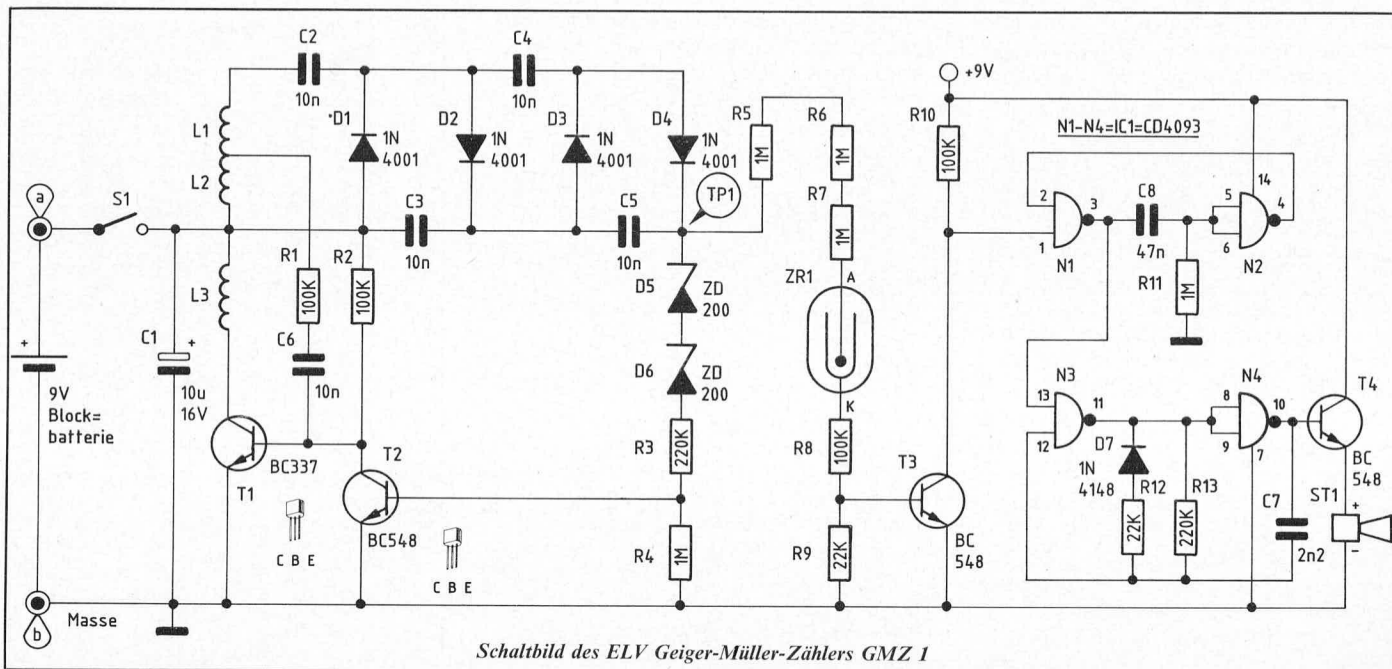
Hat sich diese Strahlendosis von 1 rem jedoch erst innerhalb eines ganzen Jahres angehäuft, so wäre die mittlere Dosisleistung „nur“ 0,114 mrem/h, die im allgemeinen als weitgehend ungefährlich angesehen wird.

Wir sehen hieraus, daß zwar in erster Linie die Strahlendosis (aufsummierte Dosisleistung) für die Auswirkungen auf den Menschen von Bedeutung ist, daß bei höheren Dosisleistungen jedoch eine überproportionale Bewertung zu berücksichtigen ist.

Abschließend wollen wir noch kurz auf die Diskrepanz eingehen, zwischen dem Wert der mittleren Umweltstrahlung (100 bis 300 mrem/a) und dem Wert von 25 rem/a (25 000 mrem/a), bei dem im allgemeinen noch keine klinischen Befunde feststellbar sind.

Zwischen beiden Werten liegen zwei Zehnerpotenzen, d. h. rund der 100-fache Wert der Umweltstrahlung soll vom Menschen verkraftet werden, ohne daß nennenswerte nachteilige Auswirkungen zu erwarten sind. Dem entgegenzusetzen ist, daß jede auch noch so geringe Strahlenbelastung, die über das normale Maß der Umweltstrahlung hinausgeht, der Gesundheit und der günstigen Weiterentwicklung des Menschen abträglich sein kann.

Da diese beiden Aussagen in krassem Gegensatz zueinander stehen, kann aufgrund heutiger Erkenntnisse kaum jemand mit gutem Gewissen eine wirklich ungefährliche Höchstgrenze für die Strahlenbelastung des Menschen angeben. Berücksichtigt man jedoch, daß sich die Menschheit innerhalb von mehreren 100 000 Jahren unter Einfluß der normalen Umweltstrahlung entwickelt hat, so ist zu vermuten, daß zumindest eine gewisse zusätzliche, über



Schaltbild des ELV Geiger-Müller-Zählers GMZ 1

die Grundstrahlung hinausgehende Strahlenbelastung tatsächlich keinen negativen Einfluß ausüben wird. Ob dies bei dem doppelten, 10-fachen oder gar 100-fachen Wert liegt, ist nur schwer zu sagen.

Verhaltensempfehlungen bei erhöht auftretender radioaktiver Strahlung

Aufgrund der hohen Empfindlichkeit des von ELV entwickelten Geiger-Müller-Zählers GMZ 1 können Dosisleistungen im Bereich zwischen dem einfachen und 1000-fachen Wert der normalen Umweltstrahlung gemessen werden.

Gibt das Gerät ca. 2 Signalimpulse pro Minute ab, so handelt es sich um die mittlere normale Umweltstrahlung (ca. 175 mrem/a).

Erhöht sich die Impulsrate um den 10-fachen Wert (alle 3 Sekunden ein Impuls), so wird eine Dosisleistung angezeigt, die dem 10-fachen der normalen Umweltstrahlung entspricht. Solche Werte können u. a. bereits in großen Höhen auf Bergen bzw. in Flugzeugen auftreten.

Wird der 100-fache Grundwert durch ca. 3 Signalimpulse pro Sekunde angezeigt, so besteht zwar noch keine unmittelbare Gefahr, jedoch hat man die Grenze der Dauerbelastbarkeit (auf Jahre gesehen) bereits erreicht.

Steigt die Signalimpulshäufigkeit noch weiter an (beim 1000-fachen der normalen Umweltstrahlung sind die Impulse praktisch nicht mehr zu unterscheiden und man nimmt einen modulierten Dauerton wahr), so sollte man konkrete Maßnahmen zur Reduzierung der Strahlenbelastung ins Auge fassen. Wird eine entsprechende Dosisleistung für einen Zeitraum aufgenommen, der sich auf wenige Wochen beschränkt, so sind auch hier keine Schäden zu erwarten, da die Gesamtdosis unterhalb des Wertes liegt, bei dem klinische Befunde erkennbar werden. Langzeitwirkungen und Erbschäden können allerdings nicht ausgeschlossen werden.

Hierbei ist es wichtig zu wissen, daß die radioaktive Strahlung auch auf kurze räumliche Distanzen gesehen, stark unterschiedlich sein kann. In einer Stadt, ja selbst innerhalb eines Hauses können deutliche Unterschiede auftreten. Hier kann der GMZ 1 wirksame Unterstützung leisten, um den günstigsten Aufenthaltsort mit der geringsten radioaktiven Strahlung zu finden.

Im Bereich zwischen dem einfachen und dem 1000-fachen Wert der mittleren Umweltstrahlung erhöht sich die Signalimpulshäufigkeit nahezu linear, so daß man durch den GMZ 1 eine gute Aussage über die aktuelle Dosisleistung bzw. die sich dadurch in einem Jahr anhäufende Strahlendosis erhält. Oberhalb des 1000-fachen Grundwertes läßt das Gerät jedoch keine Aussagen mehr zu, so daß ein modulierter Dauerton auch deutlich höhere Werte bedeuten kann. Sind hier Messungen gewünscht, so empfiehlt es sich auf anzeigende Meßgeräte zurückzugreifen, wobei die hier vorliegende Version des GMZ 1 als Gerät zur Erkennung einer erhöhten Strahlenbelastung zum ständigen Mitführen besonders geeignet ist, da noch höhere Strahlenbelastungen im allgemeinen (hoffentlich!) nicht auftreten.

Zur Schaltung

Nachdem wir einige wesentliche Details im Hinblick auf die radioaktive Strahlung im Zusammenhang mit dem Geiger-Müller-Zähler GMZ 1 besprochen haben, wollen wir im folgenden nun die Schaltung detailliert beschreiben.

Zur Versorgung dient eine handelsübliche 9V Blockbatterie oder ein entsprechender wiederaufladbarer NC-Akku. Mit letzterem arbeitet die Schaltung bei normaler Umweltstrahlung ca. 1 Woche im Dauerbetrieb, während beim Einsatz einer Alkali-Mangan-Blockbatterie ca. 1 Monat im Dauerbetrieb zu erwarten ist. Tritt eine sehr hohe Strahlenbelastung auf, bei der das Gerät ein Dauersignal abgibt, steigt die Stromaufnahme an, so daß sich die Dauerbetriebszeit bei einer Alkali-Mangan-Blockbatterie auf ca. 40 Stunden reduziert.

Angesichts der dann herrschenden hohen Dosisleistung ist dies eine sehr lange Zeitspanne.

Über den Schalter S 1 wird die Batterie mit der eigentlichen Schaltung verbunden. C 1 dient zur Pufferung.

Der Transistor T 1 ist mit seiner Zusatzbeschaltung als Sperrschwinger geschaltet und dient zur Erzeugung der Hochspannung.

L 3 ist hierbei die Primärwicklung, während über L 2, R 1 und C 6 eine Rückkopplung auf die Basis von T 1 erfolgt. Hierdurch ergibt sich eine Mitkopplung und die Schaltung arbeitet als Oszillator.

Durch R 2 wird ein geringer Gleichstrom in die Basis von T 1 eingespeist, um den Gleichstrom-Arbeitspunkt festzulegen und die Voraussetzung für ein Anschwingen zu ermöglichen.

L 1 und L 2 zusammen bilden die Hochspannungswicklung und damit die Sekundärseite des Übertragers. Im Betrieb liegt hier eine Wechselspannung von ca. 200 V_{ss} an. Gemessen werden kann diese Spannung nur mit einem entsprechend spannungsfesten Oszilloskop, dessen Eingangswiderstand des Tastkopfes mindestens 10 MΩ beträgt.

Über die Spannungsvervielfacherschaltung C 2 bis C 5 in Verbindung mit D 1 bis D 4 wird diese Spannung auf ca. 400 V hochtransformiert und steht am Testpunkt TP 1 zur Verfügung.

Die elektronische Stabilisierung arbeitet folgendermaßen: Über die beiden Z-Dioden D 5 und D 6 sowie den Reihenwiderstand R 3 wird eine Rückkopplung auf die Basis des Regeltransistors T 2 vorgenommen. Die Kollektor-Emitter-Strecke dieses Transistors arbeitet auf die Basis des Oszillator-Transistors T 1.

Solange die Ausgangsspannung an TP 1 unter 400 V liegt, sind die beiden Z-Dioden D 5 und D 6 gesperrt, d. h. es fließt kein Strom in die Basis des Regeltransistors T 2. Über R 4 wird die Basis zusätzlich auf 0 V

gehalten. T2 ist gesperrt und der Sperrschwinger, aufgebaut mit T1 und Zusatzbeschaltung, kann ungehindert arbeiten.

Steigt jetzt die Spannung an TP1 über 400 V an, werden D5 und D6 leitend, so daß über R3 ein geringer Steuerstrom in die Basis von T2 fließen kann. Dies wiederum bedeutet, daß über die Kollektor-Emitter-Strecke von T2 von der Basis des Oszillator-Transistors T1 ein Teilstrom abgezogen wird. Hierdurch wird der Sperrschwinger gedämpft bzw. die Schwingung kann kurzzeitig ganz abreißen.

Sobald die Ausgangsspannung an TP1 daraufhin unter 400 V abgefallen ist, sperren D5 und D6 sowie infolgedessen T2. Der Sperrschwinger kann wieder voll arbeiten.

In der Praxis laufen vorstehend beschriebene Regelvorgänge so schnell ab, daß an TP1 eine gut konstante Gleichspannung von 400 V ansteht, die nur um wenige Volt schwankt.

Damit eine ausreichende Regelreserve vorhanden ist, wurde die Dimensionierung der Schaltung so ausgelegt, daß im Leerlauf (ohne D5, D6, R3, R4 sowie T2) die Ausgangsspannung bei ca. 800 bis 1000 V liegen würde. Es steht somit selbst bei einer Batteriespannung von 7 V genügend Spannung zur Verfügung, um die Ausgangsspannung von 400 V sicher zu erreichen. Dies ist wichtig, da die Regelung lediglich eine Spannungsreduzierung herbeiführen kann.

Aufgrund der verhältnismäßig großen unregelmäßigten Ausgangsspannung darf die Schaltung ausschließlich mit eingebauter Regelstrecke in Betrieb genommen werden. Auch kurzzeitige Unterbrechung der Regelstrecke (D5, D6, R3, R4, T2) könnte zu einer Zerstörung von Bauteilen, speziell des Zählrohres ZR1, führen.

Die Messung der Hochspannung an TP1 kann mit einem Oszilloskop oder einem Voltmeter erfolgen, das entsprechend spannungsfest ist und einen Innenwiderstand von mindestens 10 M Ω aufweisen muß.

Obwohl es sich um eine sehr hohe Spannung handelt, ist das versehentliche Berühren zwar höchst unangenehm, jedoch nicht lebensgefährlich. Man muß jedoch unbedingt dafür Sorge tragen, daß ein versehentliches Berühren, besonders auch von Personen, die nicht mit einem entsprechenden Stromstoß rechnen, absolut ausgeschlossen ist. Die Schaltung darf daher nur in einem einwandfreien, betriebsbereiten Zustand und in einem geschlossenen Gehäuse in Betrieb genommen werden.

Die stabilisierte 400 V Hochspannung gelangt über die kapazitätsarm aufgebaute Widerstandskette R5 bis R7 auf die Anode des Zählrohres ZR1.

Hierbei handelt es sich um ein Qualitätszählrohr des Typs ZP1310 der Firma VALVO, das eine gute Empfindlichkeit für Gamma-Strahlung besitzt. Zwar können auch stärkere Beta-Strahlungen registriert werden, jedoch ist hier die Empfindlichkeit gering. Wie eingangs erwähnt, spielt für unseren Anwendungsfall ausschließlich die Gamma-Strahlung eine Rolle.

Die Katode des Zählrohres arbeitet über den Spannungsteiler R8 und R9 auf die Basis des Schalttransistors T3.

Immer, wenn eine ausreichende Strahlendosis auf das Zählrohr gelangt ist, wird es gezündet und auf die Basis von T3 gelangt ein kurzer Stromimpuls, dessen Dauer nur wenige Mikrosekunden beträgt.

Am Kollektor von T3 erscheint dieser Impuls mit umgekehrtem Vorzeichen (negativer Impuls) mit vollem Spannungshub (ca. 9 V).

N1 und N2 sind in Verbindung mit C8 und R11 als monostabile Kippstufe geschaltet.

Sobald an Pin 1 des Gatters N1 ein kurzer, vom Zählrohr über T3 ausgelöster, Impuls ansteht, wird dadurch N1 getriggert und der Ausgang (Pin 3) geht für ca. 30 msec auf „high“ (ca. 9 V).

Über Pin 13 wird dadurch das Gatter N3 freigegeben. Die Gatter N3, N4 stellen in Verbindung mit R12, R13, C7, D7 einen Oszillator dar, dessen Frequenz ca. 2 kHz beträgt.

Mit Hilfe von D7 und R12 wird ein Impuls-Pausen-Verhältnis von 1 : 10 erreicht, d. h. die Zeitspanne, in der der Ausgang des Gatters N4 (Pin 10) „high“-Potential (ca. +9 V) führt, beträgt knapp 0,5 msec, während die „low“-Phase knapp 5 msec andauert.

Auf diese Weise wird der Sound-Transducer des Typs ST1 über den Emitterfolger T4 in nur ca. 10% der Zeit angesteuert. Hierdurch ergibt sich eine stromsparende Arbeitsweise bei guter Lautstärke.

Der Signalton selbst wird immer nur für die Zeit aktiviert, in der der Ausgang des Gatters N1 (Pin 3) „high“-Potential führt, d. h. bei jedem Impuls des Zählrohres ertönt das 2 kHz-Signal für ca. 30 msec.

Diese recht kurze Zeitspanne reicht aber vollkommen aus, damit vom menschlichen Gehör ein einwandfreies Piepton registriert wird.

Zum Nachbau

Der Aufbau dieses hochwertigen Gerätes ist weitgehend problemlos möglich, zumal es sich um eine ausgereifte Schaltung handelt, die in großer Stückzahl auch als Fertigerät in Serie produziert wird.

Die Bestückung der Platine wird in gewohnter Weise anhand des Bestückungsplanes vorgenommen. Zunächst werden die Widerstände, anschließend die Dioden und dann die Kondensatoren auf die Platine gesetzt und verlötet.

Als nächstes folgen die Transistoren und das IC1.

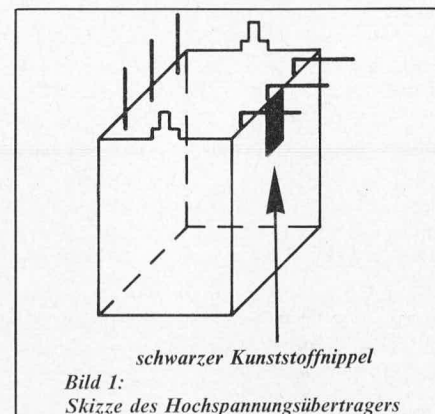
Bei dem Miniaturtrafo (L1 bis L3) handelt es sich um einen hochwertigen Ferrit-Übertrager mit zusätzlicher Abschirmung, der sich durch einen guten Wirkungsgrad bei minimalen Verlusten auszeichnet.

Aufgrund der kompakten Bauweise des Gesamtgerätes ist es erforderlich, diesen Übertrager liegend einzubauen.

Auf der Unterseite sind auf 2 sich gegenüberliegenden Seiten jeweils 3 nebeneinander angeordnete Lötstifte (Printanschlüsse) zu sehen. Zur Kennzeichnung der Wick-

lungen L2 und L3 dient der schwarze Kunststoffnippel auf dem Übertragergehäuse, d. h. die beiden äußeren Printanschlüsse auf der zum Kunststoffnippel abgewandten Gehäuseseite stellen L1 dar.

Zunächst werden die drei Printanschlüsse, für L2 und L3 (auf der Gehäuseseite mit dem Kunststoffnippel) mit Hilfe einer schmalen Flachzange rechtwinklig nach außen gebogen, wobei der Knickpunkt ca. 1 bis 2 mm vom Gehäusesockel entfernt gewählt wird (Bild 1). Anschließend kann der Übertrager liegend mit den drei abgewinkelten Printanschlüssen, zur Platine weisend eingebaut werden. Die drei abgewinkelten Printanschlüsse werden anschließend auf der Leiterbahnseite verlötet. Der schwarze Kunststoffnippel weist hierbei zur Platine hin.



Danach werden die beiden äußeren Printanschlüsse der Wicklung L1 über 2 kurze Silberdrahtabschnitte mit der Platine verbunden.

Der Metallmantel des Abschirmgehäuses besitzt ebenfalls zwei Printanschlüsse, von denen einer über einen Silberdrahtabschnitt mit der Platine (Schaltungsmasse) verbunden wird.

Als letzte Maßnahme beim Einbau des Übertragers ist zu prüfen, ob der von außen zugängliche Ferritkern so weit als möglich aufgeschraubt wurde. Hierzu nimmt man einen entsprechenden Schraubenzieher mittlerer Größe und dreht den Ferritkern zunächst etwas heraus (ca. 1/2 Umdrehung entgegen dem Uhrzeigersinn), um so ein Gefühl für den erforderlichen Kraftaufwand beim Verdrehen zu bekommen. Anschließend wird der Kern im Uhrzeigersinn so weit wie möglich gedreht, bis der Kraftaufwand spürbar ansteigt. Hierbei muß man unbedingt das nötige Fingerspitzengefühl walten lassen, da bei zu großem Kraftaufwand der Ferritkern zerspringt. Wichtig ist lediglich, daß kein unnötig großer Luftspalt im Übertrager bestehen bleibt, um so die Übertragungsgüte zu optimieren. Man darf den Kraftaufwand zum Festziehen des Ferritkerns keinesfalls mit dem Anziehen einer Metallschraube verwechseln, d. h. es dürfen nur verhältnismäßig geringe Kräfte angewandt werden.

Als nächstes wird der Sound-Transducer ST1 auf die Platine gesetzt und verlötet.

Der Ein-/Aus-Schalter besteht aus einem korrosionsbeständigen, federnden Metallstreifen, dessen ca. 1 mm abgewinkelte Seite in das Langloch auf der Leiterbahn-

seite eingesetzt und verlötet wird. Im Ruhezustand beträgt der Abstand zur Platine ca. 1 mm (Bild 2).

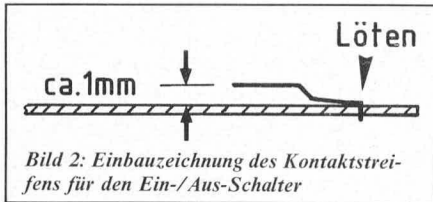


Bild 2: Einbauzeichnung des Kontaktstreifens für den Ein-/Aus-Schalter

Für die spätere Befestigung des Zählrohres, das als letztes eingebaut wird, sind zwei ca. 10 mm lange Silberdrahtabschnitte in die entsprechenden Bohrungen der Platine zu setzen. Außerdem werden noch die beiden Versorgungsspannungsanschlüsse für den Batterieclip angelötet.

Nachdem die Bestückung soweit fortgeschritten und nochmals sorgfältig kontrolliert wurde, kann die fertig bestückte Platine in das Gehäuse gesetzt werden. Die Befestigung erfolgt mit 3 Metallschrauben.

Anschließend erfolgt eine erste Inbetriebnahme, immer noch ohne Zählrohr. Hierzu wird eine 9 V Blockbatterie mit der Schaltung verbunden und der Schalter S 1 mittels einer kurzen Meßleitung (von + Pol der Batterie zum + Pol von C 1) überbrückt.

Sicherheitshalber kann die Stromaufnahme über ein Amperemeter geprüft werden. Sie muß im Bereich zwischen 0,4 und 1,0 mA liegen.

Die Funktion selbst kann in erster Form bereits durch ein leichtes Rauschen des Übertragers erkannt werden.

Als nächstes überprüft man mit Hilfe eines hochohmigen, entsprechend spannungsfesten Voltmeters (Innenwiderstand mindestens 10 MΩ) die 400 V Hochspannung an TP 1, bezogen auf die Schaltungsmasse (-9 V). Sie wird üblicherweise im Bereich zwischen 390 bis 410 V liegen. Ein Minimalwert von 380 und ein Maximalwert von 450 V dürfen nicht unter- bzw. überschritten werden. Bei zu hohen Spannungen sind die Z-Dioden und bei zu niedrigen Spannungen der Sperrschwinger mit dessen Zusatzbeschaltung zu überprüfen.

Dann wird die Auslösung eines Zählimpulses sowie die Erzeugung des Signalimpulses getestet. Hierzu werden die beiden Silberdrahtabschnitte zum späteren Anlöten des Zählrohres mit einer isolierten Zuleitung

kurz überbrückt. Im selben Moment muß der 2 kHz-Signalton zu hören sein. Ggf. ist die Dimensionierung der Widerstände R 5 bis R 9 hinsichtlich korrekt eingebauter Werte sowie die Beschaltung der Gatter N 1 bis N 4 zu kontrollieren.

Der Signalgeber selbst besitzt eine ausgeprägte Resonanzkurve, d. h. bei 2,000 kHz ist die abgestrahlte akustische Leistung am größten. Schwankungen bis 200 Hz spielen normalerweise nur eine unwesentliche Rolle. Möchte man jedoch die Lautstärke optimieren, kann die Frequenz am Ausgang des Gatters N 4 (Pin 10) gemessen und über die Veränderung von R 13 (Reihen- oder Parallelschaltung eines weiteren Widerstandes) genau auf diesen Wert gebracht werden. Aufgrund der Bauteilstreuungen können ohne letztgenannte Anpassungsmaßnahme Frequenzschwankungen von ±10 % auftreten, die im allgemeinen jedoch keine Rolle spielen.

Zuletzt wird das hochwertige Zählrohr eingebaut. Es ist vor mechanischen Beanspruchungen zu schützen, d. h. man behandelt es am besten „wie ein rohes Ei“. Der Sockel wird entsprechend dem Bestückungsplan an den einen Silberdrahtabschnitt gelötet, während die Kelchfeder vorsichtig soweit auf dem Zählrohr verschoben wird, daß sie sich ungefähr in Höhe des zweiten Silberdrahtanschlusses auf der Platine befindet, um an diesem festgelötet zu werden. Eine evt. überstehende Anschlußfahne der Kelchfeder kann abkniffen werden. Es ist nicht erforderlich und auch nicht ratsam, die Kelchfeder weiter als vom Hersteller vorgegeben festzuziehen. Aufgrund der verhältnismäßig hohen Spannung ist ein zuverlässiger Kontakt auch bei etwas locker sitzender Kelchfeder mit dem Zählrohr gewährleistet. Die Wandstärke des Zählrohrs ist extrem dünn, so daß eine mechanische Beanspruchung unmittelbar die Zerstörung zur Folge hätte.

Beim Anlöten an die beiden Silberdrahtabschnitte achtet man sorgfältig darauf, daß zwar die Lötstelle eine gute Verbindung gibt, andererseits jedoch keine Überhitzung auftritt. Außerdem ist zu beachten, daß das Zählrohr keine mechanische Berührung mit der Leiterplatte, dem Gehäuse oder der darunterliegenden Metallschraube bekommt. Sowohl der elektrische als

auch gleichermaßen der mechanische Anschluß erfolgt nur über die beiden Silberdrahtabschnitte.

Nachdem das Gehäuse sorgfältig geschlossen und verschraubt wurde, ist der Aufbau und die Inbetriebnahme bereits beendet. Bei normaler Umweltstrahlung wird jetzt 1 bis 2 Mal pro Minute ein kurzer 2 kHz-Signalton hörbar sein.

Auf der Gehäuserückseite ist ein ca. 30 mm langer Aufstellbügel im Gehäuse integriert, der in den schmalen Schlitz über dem Batteriefach gesteckt, eine schräge Aufstellung des Gehäuses ermöglicht.

Außerdem befindet sich auf der Gehäuserückseite eine integrierte Aussparung, die über ein Kunststoffplättchen abgedeckt werden kann. Hier ist je nach individuellem Wunsch Platz für eine Trageschleufe o. ä.

Stückliste:

Geiger-Müller-Zähler

Halbleiter

IC 1	.....	CD 4093
D 1-D 4	.....	1 N 4001
D 5, D 6	.....	ZD 200
D 7	.....	1 N 4148
T 1	.....	BC 337
T 2-T 4	.....	BC 548

Kondensatoren

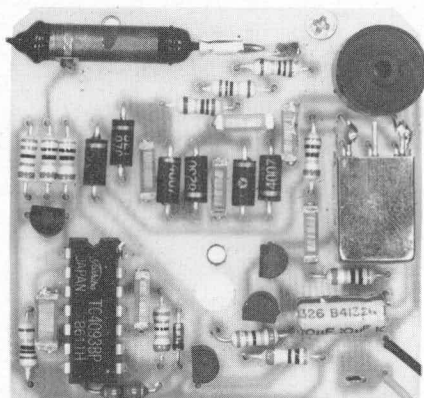
C 1	.....	10 μF/16 V
C 2-C 6	.....	10 nF
C 7	.....	2,2 nF
C 8	.....	47 nF

Widerstände

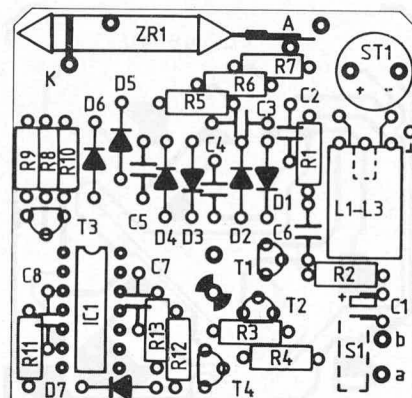
R 1, R 2, R 8, R 10	.....	100 kΩ
R 3, R 13	.....	220 kΩ
R 4-R 7, R 11	.....	1 MΩ
R 9, R 12	.....	22 kΩ

Sonstiges

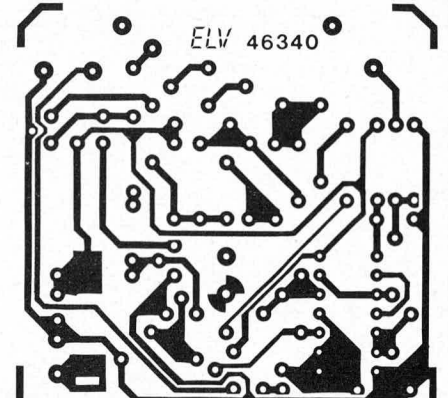
ZR 1	.....	Valvo ZP 1310
L 1-L 3	.....	Ferrit-Hochspannungs-Übertrager
ST 1	.....	Sound-Transducer
1 9 V Batterieclip		
4 cm Silberdraht		
1 Gehäuse GM-Zähler		
1 Platine 46340		
1 Federkontakt (für S 1)		



Ansicht der bestückten Platine des GMZ 1



Bestückungsseite der Platine des GMZ 1



Leiterbahnseite der Platine des GMZ 1