

VALVO

Technische Informationen für die Industrie

3



**Neue Zählrohre und Schaltungen
zur Messung schwacher Beta-Strahlung**

Die VALVO GMBH übernimmt keinerlei Gewähr, daß die in den „Technischen Informationen für die Industrie“ angegebenen Schaltungen, Geräte und Anlagen frei von Patentrechten Dritter sind.

Die Ratschläge in unseren „Technischen Informationen“ stützen sich auf Versuche in unseren Applikations-Laboratorien; sie sind unverbindliche und keine Haftung begründende Empfehlungen.

Dieses Informationsheft ist nicht für Weiterveröffentlichung bestimmt. Nachdruck, auch auszugsweise, ist nicht gestattet.

MÄRZ 1961

Alle den Inhalt und den Versand der VALVO Technischen Informationen betreffenden Zuschriften sind an die VALVO GMBH, Hamburg 1, Burchardstraße 19, zu richten.



Neue Zählrohre und Schaltungen zur Messung schwacher Beta-Strahlung

In den letzten Jahren hat das Interesse an der Messung schwacher radioaktiver Strahlung ständig zugenommen. So erfordert die ständige Überwachung z.B. der radioaktiven Verseuchung der Atmosphäre und des Regenwassers sowie die Kontrolle der Abfallprodukte medizinischer und kernphysikalischer Isotopenlaboratorien eine hinreichend empfindliche und zuverlässige Meßanordnung. In der Mehrzahl aller Fälle gilt es, die Beta-Aktivität zu messen, z.B. die Strahlung des relativ gefährlichen Isotops Sr 90.

Bei der Messung sehr schwacher Beta-Strahlung besteht die Schwierigkeit, fremde Strahlungsquellen, die das Zählergebnis verfälschen, auszuschalten. Zu diesen fremden Strahlungsquellen, deren Einfluß man allgemein als Hintergrundeffekt bezeichnet, gehören

1. die Gamma-Strahlung, die von der umgebenden Materie und der kosmischen Strahlung herrührt. (60 % ... 75 %),
2. die Mesonen der kosmischen Strahlung (23 % ... 35 %), sowie
3. die Beta- und Gamma-Strahlung von radioaktiven Verunreinigungen des Zählrohrmaterials.

Neben der Notwendigkeit, den Einfluß des Hintergrundeffektes auf ein Minimum zu bringen, besteht die Forderung, daß die Strahlung des Hintergrundes nach Möglichkeit frei von allen Veränderungen durch äußere Einflüsse mit Ausnahme der natürlichen statistischen Schwankungen sein soll. Dementsprechend werden auch in bezug auf die elektrische Stabilität an eine Meßanordnung sehr hohe Anforderungen gestellt.



Die störende Gamma-Strahlung der Umgebung kann durch eine entsprechende Abschirmung der ganzen Zählrohranordnung eliminiert werden. Natürlich dürfen dafür nur Materialien verwendet werden, die keine radioaktiven Verunreinigungen haben. In besonderem Maße gilt das für denjenigen Teil der Abschirmung, der sich in unmittelbarer Nähe des Beta-Zählrohres befindet. Hier hat sich Quecksilber am besten bewährt; aus Quecksilber lassen sich radioaktive Verunreinigungen nahezu vollständig entfernen. Für den äußeren Teil der Abschirmung wird in vielen Fällen Eisen verwendet.

Da die Mesonen der kosmischen Strahlung ein sehr großes Durchdringungsvermögen besitzen, ist in diesem Fall eine Abschirmung nutzlos. Die bisher gebräuchliche Methode, diesen Teil der kosmischen Strahlung aus dem Zählergebnis zu eliminieren, bestand darin, das eigentliche Beta-Zählrohr mit einem Kranz aus 8...15 sogenannten Schutzzählrohren zu umgeben. Mit Hilfe einer Antikoinzidenzschaltung werden die Mesonen von der Anzeige im Zählgerät ausgesondert. Dabei wird ein Impuls des zentral gelegenen Beta-Zählrohres nur dann registriert, wenn zum gleichen Zeitpunkt keines der Schutzzählrohre anspricht.

Die Nachteile dieser Anordnung sind vor allem die großen Abmessungen und das hohe Gewicht. So kann z.B. eine Zählrohranordnung dieser Art mit der umfangreichen Abschirmung ein Gewicht von 2000 kg haben.

Ein wesentlicher Fortschritt ist daher die in Bild 1 gezeigte Zählrohranordnung. Sie besteht aus einem um etwa $1/3$ gegenüber der Normalausführung verkürztem Beta-Zählrohr (Bild 2), das in die Hohlanode eines Schutz-Zählrohres eingesetzt ist. Dadurch wird erreicht, daß alle Mesonen, die das Beta-Zählrohr treffen, auch das Schutzzählrohr zum Ansprechen bringen. Die somit in beiden Zählrohren gleichzeitig entstehenden Impulse werden durch eine Antikoinzidenzschaltung ausgesondert und daher von einem Zählgerät nicht gezählt. Die in Bild 1 gezeigte Anordnung wird auch als Antikoinzidenzzählrohr bezeichnet.

Um die Beta- und Gammastrahlung, die von radioaktiven Verunreinigungen der Zählrohrmaterialien herrührt, herabsetzen zu können, muß bei der Zählrohrherstellung eine besonders sorgfältige Auswahl des Materials erfolgen. Dennoch lassen sich gewisse radioaktive Verunreinigungen, beim Beta-Zählrohr insbesondere die des Glimmerfensters, nicht vermeiden. Hierbei handelt es

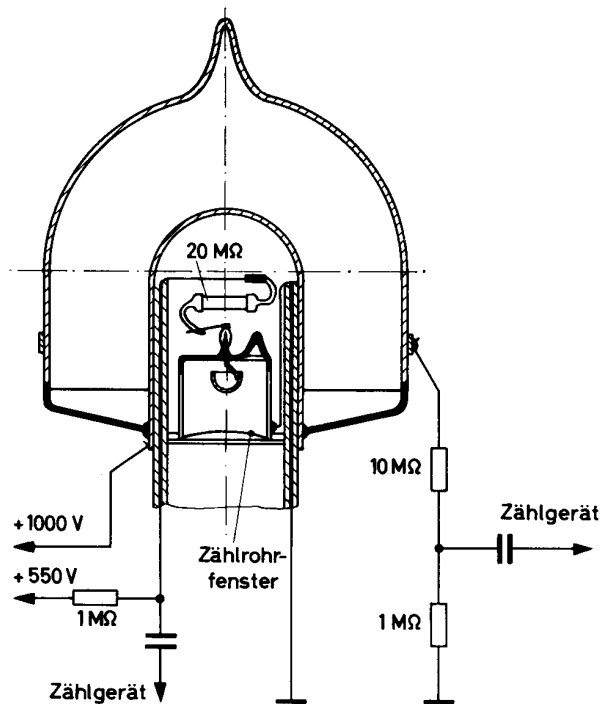


Bild 1 Antikoinzidenzzählrohr, bestehend aus Schutzzählrohr und Beta-Zählrohr

sich in erster Linie um das natürliche Isotop K 40. Neben Glimmer kommt bei Endfensterzählrohren Stahl als Material für das Zählrohrfenster zur Anwendung mit der gleichen Zusammensetzung wie das Katodenmaterial der Beta-Zählrohre.

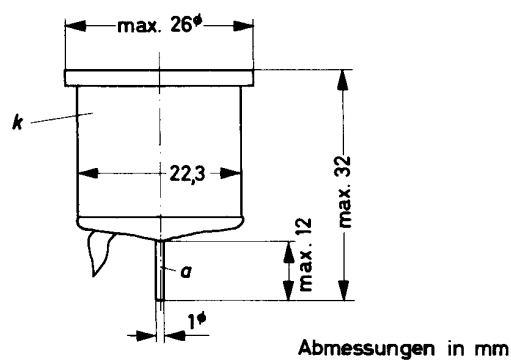


Bild 2 Abmessungen des verkürzten Beta-Zählrohres VALVO 18515 (k = Katode, a = Anode)



Den typischen Aufbau eines Schutzzählrohres zeigt Bild 3. Anode und Katode sind halbkugelförmig mit zylindrischen Ansätzen; sie sind konzentrisch angeordnet. Durch diese Anordnung wird eine weitgehend homogene Feldverteilung erreicht. Beta-Zählrohr und Schutzzählrohr sind mit einem Gasgemisch aus Neon, Argon und einem Halogen, z.B. Brom, im Verhältnis $1:10^{-3} : 2,5 \cdot 10^{-4}$ unter einem Druck von 200 mm Hg gefüllt. Der Zusatz eines Halogens dient der Selbstlöschung der Entladung. Die Erfahrung hat gezeigt, daß das genannte Mischungsverhältnis besonders günstig ist. Die Leistungsfähigkeit des Schutzzählrohres gegenüber den Mesonen der kosmischen Strahlung wird durch die Wahrscheinlichkeit ϵ , daß mindestens ein Primärelektron durch ein einfallendes Meson gebildet und nicht wieder durch ein Ion gebunden wird,

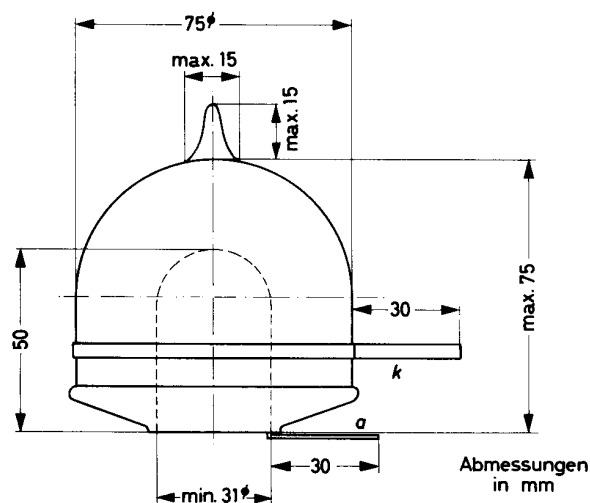


Bild 3 Abmessungen des Schutzzählrohres VALVO 18517 (k = Katode, a = Anode)

gekennzeichnet. Sie kann aus der mittleren Zahl der primären Ionisationsvorgänge pro Meson bestimmt werden. Bei einer mittleren freien Weglänge von ca. 2 cm im Schutzzählrohr und einer Neon-Edelgasfüllung mit einem Druck von 200 mm Hg z.B. ist die Wahrscheinlichkeit $\epsilon = 99,7 \%$. Eine exakte Berechnung der Wahrscheinlichkeit ϵ ist nicht möglich, da die Energieverteilung der Elektronen des Neon-Argon-Halogen-Gasgemisches nicht bekannt



ist. In der Praxis liegt die Wahrscheinlichkeit ϵ sehr dicht an 100 %, da gewöhnlich mehr als ein Primärelektron beim Ionisationsvorgang gebildet wird.

Eine dünne, als Draht ausgebildete Anode bei Beta-Zählrohren hat zur Folge, daß die elektrische Feldstärke in der Nähe der Anode stark ansteigt. In diesem Gebiet ist die Wahrscheinlichkeit, daß ein Primärelektron von einem Ion wieder eingefangen wird, wesentlich geringer als in der Nähe der Katode. Man spricht deshalb hier von einem toten Raum, der beim Schutzzählrohr wegen des nahezu homogenen elektrischen Feldes fehlt. Aus diesem Grunde ist die Ansprechwahrscheinlichkeit der Schutzzählrohre größer als die der Beta-Zählrohre, so daß mit Sicherheit alle Mesonen, die das Beta-Zählrohr zum Ansprechen bringen, auch im Schutzzählrohr eine Ionisation hervorrufen. Um bei Beta-zählrohren den nachteiligen Einfluß des toten Raumes herabzusetzen und die Ansprechwahrscheinlichkeit zu erhöhen, sind vielfach die Anoden dieser Endfenster-Zählrohre kugel- oder halbkugelförmig ausgebildet.

Es hat sich gezeigt, daß die Ansprechzeit der Zählrohre mit dem Neon-Argon-Brom-Gemisch in dem genannten Verhältnis wesentlich kürzer ist als die Ansprechzeit von Zählrohren mit einem Edelgas-Halogen-Gemisch anderer Zusammensetzung. Die Ansprechzeit des Schutzzählrohres ist so klein, daß keinerlei zusätzliche Verzögerung der vom Beta-Zählrohr hervorgerufenen Impulse durch eine entsprechende Schaltung erforderlich ist. Bild 4 zeigt einen Impuls des Schutzzählrohres. Wegen der hohen Betriebsspannung ergeben sich für die Impulse des Schutzzählrohres hohe Spannungswerte.

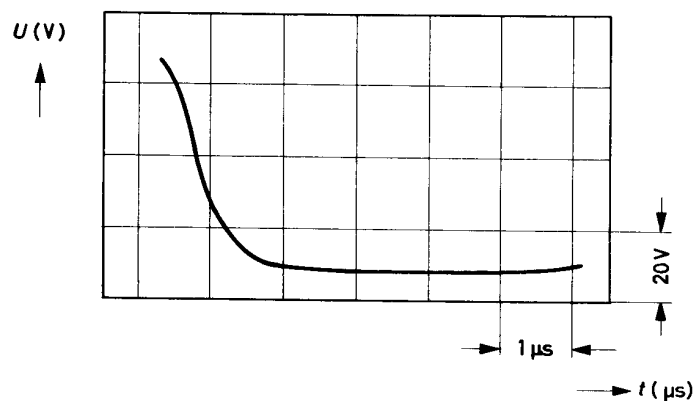


Bild 4 Form des Schutzzählrohr-Impulses (nach einem Oszillogramm)



Um Kopplungen zwischen der Anode des Schutzzählrohres und der Katode des Beta-Zählrohres zu vermeiden, ist es zweckmäßig, die Spannung direkt an die Anode des Schutzzählrohres zu legen und die Impulse am unterteilten Katodenwiderstand abzunehmen (vgl. Bild 1). Die Gamma-Abschirmung sollte möglichst dicht an die Zählrohranordnung herangebracht werden. Dadurch wird, bei vorgegebener Dicke der Abschirmung, Material gespart und das Gewicht niedriger gehalten. Nachteilig ist hierbei aber die hinsichtlich der Zählrohreigenschaften schädliche Zunahme der Kapazität. Um diesen Einfluß deutlich zu machen, sind in Bild 5 die Plateaukurven eines Schutzzählrohres für verschiedene Werte der Abschirmkapazität dargestellt. Auffällig ist hier die mit steigender Ab-

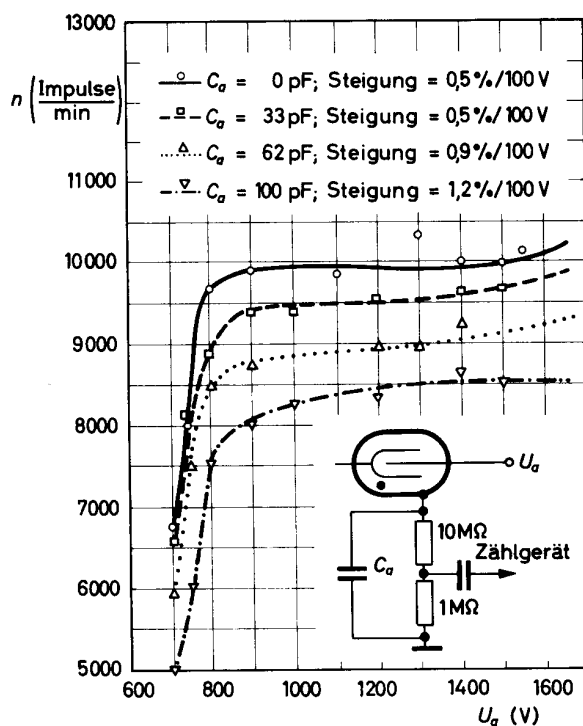


Bild 5 Plateaukurven des Schutzzählrohres VALVO 18517 für verschiedene Abschirmkapazitäten

schirmkapazität geringe Zunahme der Plateausteilheit, die bei normalen Geiger-Müller-Zählrohren erheblich größer ist. In jedem Falle nimmt mit wachsender Kapazität die Totzeit zu. Während der Totzeit des Schutzzählrohres muß das Zählgerät blockiert sein, damit keine durch Mesonen hervorgerufene Impulse des Beta-Zählrohres, das eine wesentlich kürzere Totzeit hat, angezeigt wer-



den. Es hat sich als zweckmäßig herausgestellt, etwa das 1,5-fache der Totzeit des Schutzzählrohres als Verblockungszeit zu wählen. Die Wahrscheinlichkeit, daß Fehlzählungen auftreten, bleibt so auf ein Minimum beschränkt, da normalerweise nur zwei Zählungen des Hintergrundes in der Sekunde erfolgen. Selbst bei einer relativ großen Verblockungszeit von 5 ms tritt maximal nur ein Zählverlust von etwa 1 % auf. In der Praxis haben sich eine Verblockungszeit von 2 ms und ein Abstand der Abschirmung von 1 cm als günstig erwiesen.

Zur Zeit sind drei Typenpaare von Antikoinzidenzzählrohren, bestehend aus Beta-Zählrohr und Schutzzählrohr, lieferbar. Es sind die Zählrohrkombinationen VALVO 18515/18517, VALVO 18516/18518 und VALVO 18536/18518. Das Beta-Zählrohr VALVO 18536 entspricht im wesentlichen dem Beta-Zählrohr VALVO 18516; an Stelle des stählernen Zählrohrfensters ist es jedoch mit einem Glimmerfenster ausgerüstet.

Wie bereits erwähnt, wurde die Baulänge der Beta-Zählrohre um 1/3 herabgesetzt. Als wesentlicher Vorteil dieser Verkürzung ergibt sich eine Herabsetzung der Gamma-Empfindlichkeit. Alle anderen Zählrohreigenschaften bleiben dabei zufriedenstellend. In Bild 6 sind die Plateaukurven des Beta-Zählrohres in der Zählrohrkombination VALVO 18515/18517 für zwei verschiedene Anodenwiderstände abgebildet. Bild 7 zeigt die zugehörigen Kurven für das Totzeitverhalten.

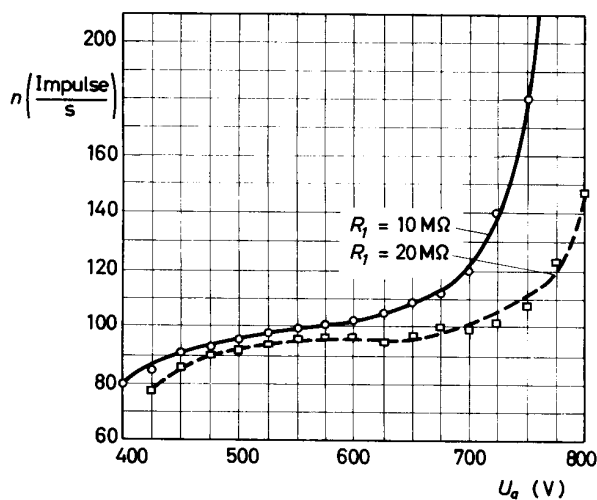


Bild 6 Plateaukurven des verkürzten Beta-Zählrohres in der Zählrohrkombination VALVO 18515/18517

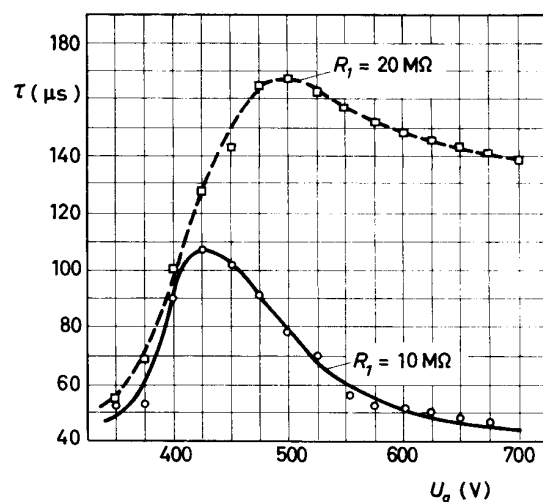


Bild 7 Totzeitverhalten des Beta-Zählrohres in der Zählrohrkombination VALVO 18515/18517



Da die Einbettung des Beta-Zählrohres in die Hohlanode des Schutzzählrohres höhere Schaltkapazitäten als üblich ergibt, empfiehlt sich die Verwendung eines hohen Anodenwiderstandes. Man erhält damit eine annehmbar niedrige Plateausteilheit. Eine damit verbundene Erhöhung der Totzeit kann in Kauf genommen werden, da ohnehin nur schwache Strahlungen gemessen werden sollen. Eine Totzeit von 150 μ s ist bereits ein brauchbarer Wert.

Mit der Zählrohrkombination 18515/18517 (Antikoinzidenzzählrohr) ergeben sich innerhalb einer Gamma-Abschirmung, bestehend aus Quecksilber innen (mit einer Stärke von 2,5 cm) und Eisen außen (mit einer Stärke von 20 cm), für den verbleibenden Hintergrund - oder Nulleffekt Werte von weniger als 0,9 Zählungen in der Minute. Immerhin beträgt das Gewicht der Anordnung mit dieser Abschirmung noch ca. 1000 kg. Die angegebenen Werte zeigen aber, daß man grundsätzlich die Möglichkeit hat, mit Antikoinzidenzzählrohren schwache Strahlungen mit hoher Zuverlässigkeit zu messen.

In der Praxis kommt man mit weniger aufwendigen Abschirmungen aus. Bei einer Gamma-Abschirmung aus Blei in einer Stärke von 10 cm wiegt die Zählrohranordnung ungefähr 200 kg. Mit einem Bleimantel von 4 cm Stärke dagegen verringert sich das Gewicht auf etwa 60 kg. Der Hintergrundeffekt beträgt hierbei ca. 1,4 Zählungen in der Minute.

In der nachfolgenden Tabelle wird der verbleibende Hintergrundeffekt für die drei bereits genannten Zählrohrkombinationen angegeben. Er wird gemessen mit einer Abschirmung, die aus Quecksilber (innen) mit einer Stärke von 5 cm und aus Eisen (außen) mit einer Stärke von 10 cm besteht. Es ergeben sich folgende Werte:

Antikoinzidenzzählrohr VALVO 18515/18517:	max. 1,2 Zählungen/min
Antikoinzidenzzählrohr VALVO 18516/18518:	max. 1,3 " "
Antikoinzidenzzählrohr VALVO 18536/18518:	max. 2 " "

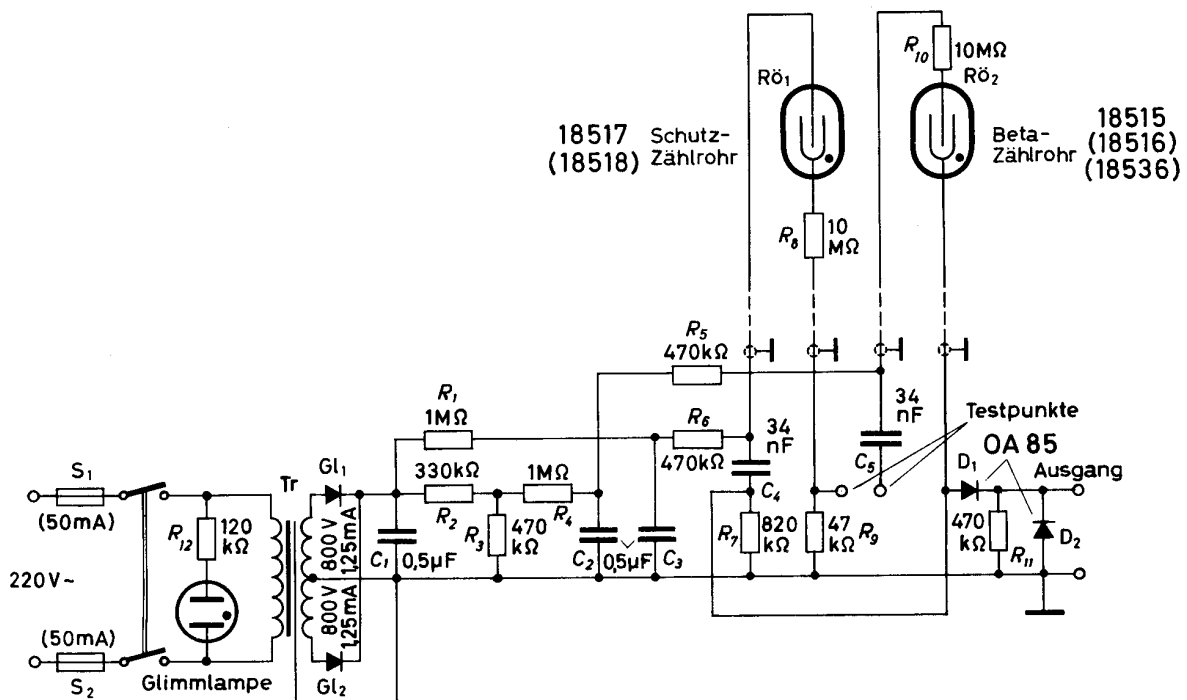
Nachfolgend werden nun einige Antikoinzidenzschaltungen für die genannten Typen der Antikoinzidenzzählrohre beschrieben.

Einfache Antikoinzidenzschaltung

Die Schaltung in Bild 8 besteht im wesentlichen aus dem Netzteil mit Hochspannungsgleichrichter zur Erzeugung der Hochspannung, der Zählrohrkombination und einer Diodenschaltung am Ausgang. Die Auskopplung der Impulse er-



folgt beim Schutzzählrohr an der Anode. Die Impulse sind negativ und ihre Amplitude ist ungefähr 40 V bei einer Anstiegszeit von 1 μs und einer Abklingzeit von 20 μs . Die Auskopplung der Impulse beim Beta-Zählrohr erfolgt an der Katode; die Amplitude ist 2 V, die Anstiegszeit 20 μs und die Abklingzeit 75 μs .



Stückliste

R_1, R_4	1 M Ω 10 %, 1/2 W	C_1, C_2, C_3	0,5 μF /2000 V (Papier)
R_2	330 k Ω 2 %, 1 W	C_4, C_5	34 nF/800 V (Polyester)
R_3	470 k Ω 2 %, 1 W	(2 x VALVO C 296 AC/A68K in Reihe)	
R_5, R_6, R_{11}	470 k Ω 10 %, 1/2 W		
R_7	820 k Ω 10 %, 1/2 W		
R_8, R_{10}	10 M Ω 10 %, 1/2 W		
R_9	47 k Ω 10 %, 1/2 W		
R_{12}	120 k Ω 10 %, 1/2 W		

Bild 8 Einfache Antikoinzidenzschaltung



Die Impulse der Zählrohrkombination gelangen auf eine Diodenschaltung. Spricht nur das Beta-Zählrohr an, so erscheint am Ausgang ein positiver Impuls. Ein negativer Impuls des Schutzzählrohres dagegen kann wegen der gesperrten Diode D_1 und der leitenden Diode D_2 nicht an den Ausgang der Schaltung gelangen. Das gleiche gilt für den Fall, daß Schutzzählrohr und Beta-Zählrohr gleichzeitig ansprechen, da wegen der unterschiedlichen Amplitude der Impulse der negative Impuls des Schutzzählrohres überwiegt.

Die Schaltung ist so dimensioniert und die Zählrohrspannungen sind so gewählt, daß man zur Steuerung eines Zählgerätes Impulse ausreichender Höhe erhält. So entsteht am Ausgang der Schaltung ein Impuls mit einer Amplitude von 1,5 V, einer Anstiegszeit von 20 μ s und einer Abklingzeit von 80 μ s

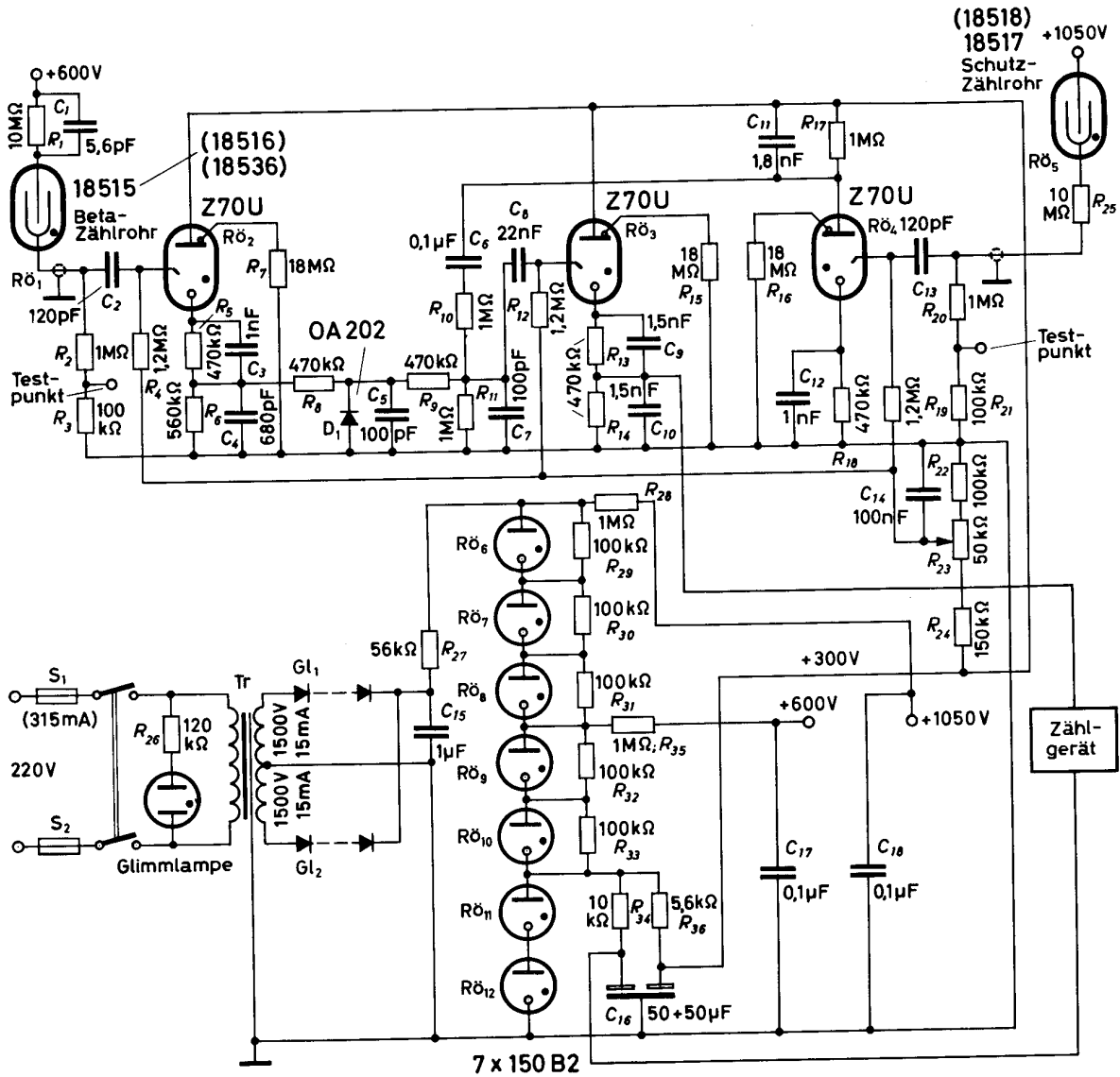
Die Schaltung nach Bild 8 ist mit zwei Testpunkten versehen. Daher können die Impulse am Widerstand R_5 der Anodenzuleitung des Beta-Zählrohres bzw. am Widerstand R_9 in der Katodenzuleitung des Schutzzählrohres abgenommen und auf dem Schirm einer Oszillografenröhre sichtbar gemacht werden. Die Schaltung arbeitet nur dann zufriedenstellend, wenn die Zählrohrspannungen konstant gehalten werden. Im einzelnen werden folgende Spannungen empfohlen:

für das Schutzzählrohr	1000 V
für das Beta-Zählrohr	600 V

Antikoinzidenzschaltung mit Relaisröhren

Bild 9 zeigt eine Antikoinzidenzschaltung mit Relaisröhren Z 70 U. Um den Einfluß des Verbindungskabels zwischen dem Beta-Zählrohr und der Antikoinzidenzschaltung zu kompensieren, wurde dem 10 M Ω -Widerstand in der Anodenzuleitung des Beta-Zählrohres ein Kondensator von 5,6 pF parallel geschaltet. Auf diese Weise wird erreicht, daß die Höhe der Impulse an der Zündelektrode der Kaltkatodenröhre Z 70 U genügend groß ist.

Im allgemeinen wird man jedoch darauf achten, daß die Kapazitäten in Schaltungen mit Geiger-Müller-Zählrohren möglichst klein bleiben. Insbesondere trifft das für die Abschirm- und Schaltkapazität zu, die dem Zählrohr parallel liegt. In Ausnahmefällen erweist es sich jedoch als zweckmäßig, den Vorwiderstand in der Anodenzuleitung des Zählrohrs mit einer kleinen Kapazität zu überbrücken, um pro Impuls eine höhere Ladung zu bekommen.



R_1, R_{25}	10 $M\Omega$, 1/2 W	R_{24}	150 $k\Omega$, 1/2 W
$R_2, R_{10}, R_{11}, R_{17}$	} 1 $M\Omega$, 1/2 W	R_{26}	120 $k\Omega$, 1/2 W
R_{20}, R_{28}, R_{35}		R_{27}	56 $k\Omega$, 10 W (Drahtwiderstand)
$R_3, R_{21}, R_{22}, R_{29}$		} 100 $k\Omega$, 1/2 W	R_{34}
$R_{30}, R_{31}, R_{32}, R_{33}$	R_{36}		5,6 $k\Omega$, 1 W
R_4, R_{12}, R_{19}	1,2 $M\Omega$, 1/2 W		
R_5, R_8, R_9	} 470 $k\Omega$, 1/2 W		
R_{13}, R_{14}, R_{18}			
R_6	560 $k\Omega$, 1/2 W		
R_7, R_{15}, R_{16}	18 $M\Omega$, 1/2 W		
R_{23}	50 $k\Omega$, 3 W		

(VALVO 83 810 A/C50K)

Bild 9
Antikoinzidenzschaltung
mit Relaisröhren Z 70 U



(Fortsetzung der Stückliste zu Bild 9)

C ₁	5,6	pF/500 V	C ₆ , C ₁₄	0,1	μF/400 V	} (Polyester)
C ₂ , C ₁₃	120	pF/500 V		(VALVO C 296 AC/A100K)		
C ₃ , C ₁₂	1	nF/500 V	C ₈	22	nF/400 V	
C ₄	680	pF/500 V		(VALVO C 296 AC/A22K)		} (Papier)
C ₅ , C ₇	100	pF/500 V	C ₁₅	1	μF/2000 V	
C ₉ , C ₁₀	1,5	nF/500 V	C ₁₇ , C ₁₈	0,1	μF/2000 V	
C ₁₁	1,8	nF/500 V	C ₁₆	50+50	μF/400 V (Elko)	

Die Anode des Schutzzählrohres liegt direkt an einer niederohmigen Hochspannungsquelle (Zählrohrspannung). Auf diese Weise wird erreicht, daß sich die Anode wie ein elektrostatischer Schirm zwischen Schutzzählrohr und Beta-Zählrohr verhält.

Jedes Zählrohr arbeitet auf eine Impulsformerstufe, die mit je einer Relaisröhre Z 70 U bestückt ist. Der rechteckförmige Ausgangsimpuls der Impulsformerstufe des Beta-Zählrohres wird von der Katodenkombination der Relaisröhre abgenommen. Er ist positiv gerichtet und wird durch ein einfaches RC-Netzwerk integriert. Anschließend gelangt er auf eine Widerstandskombination, die als Addierschaltung arbeitet. Die Integration ist mit Rücksicht auf die Laufzeit der Impulse im Schutzzählrohr und in der zugehörigen Impulsformerstufe erforderlich. Da die Ausgangsimpulse dieser Impulsformerstufe von der Anode der Relaisröhre abgenommen werden, sind sie negativ gerichtet. Die Diode D₁ verhindert die Ansteuerung der Katode von R_{ö₂} über die Addierschaltung durch die negativen Impulse der Impulsformerstufe des Schutzzählrohres.

Die Impulsformerstufen der beiden Zählrohre arbeiten ihrerseits auf eine weitere Impulsformerstufe am Ausgang der Schaltung (R_{ö₃}). Diese Stufe wird jedoch nur dann angesteuert, wenn ein positives Signal von der Addierschaltung an die Zündelektrode der Relaisröhre R_{ö₃} gelangt, d.h., wenn lediglich das Beta-Zählrohr anspricht.

Um zu verhindern, daß die Entladung an der Zündelektrode von R_{ö₄} in der Impulsformerstufe des Schutzzählrohres vorzeitig verlöscht, besteht die Katodenzuleitung aus einem RC-Netzwerk. Wegen der Aufteilung der Impulse über die Impedanzen in der Anoden- und Katodenzuleitung sinkt die Spannung zwischen Anode und Katode nicht unter den Wert der Brennspannung.



Die Totzeit jeder Impulsformerstufe kann mit einem Impulsgenerator bei einer Impulsfolgefrequenz von 50 Hz ermittelt werden. Es ergeben sich dann folgende Werte:

Impulsformer des Beta-Zählrohres	: 4 ms
Impulsformer des Schutzzählrohres	: 2 ms
Impulsformer am Ausgang (Rö ₃)	: 5 ms

Am Ausgang der Schaltung erhält man Impulse mit einer Amplitude von über 150 V bei einer Anstiegszeit von 1 μ s und einer Abklingzeit von 2 ms. Damit wird ein nachfolgendes Zählgerät angesteuert.

Der stabilisierte Netzteil liefert eine Spannung von 1050 V für das Schutzzählrohr, eine Spannung von 600 V für das Beta-Zählrohr sowie eine Spannung von 300 V für die Antikoinzidenzschaltung. Die Vorspannung an den Zündelektroden der Relaisröhren Z 70 U (+130 V) wird durch einen Spannungsteiler erzeugt.

Antikoinzidenzschaltung mit Spezial-Verstärkerröhren

Die Antikoinzidenzschaltung in Bild 10 ist mit Spezial-Verstärkerröhren aufgebaut. Sie besteht im wesentlichen aus zwei Verstärkerstufen, die mit der Pentode E 83 F bestückt sind, sowie aus zwei Impulsformerstufen und einer Ausgangsstufe, in denen die Doppeltriode E 92 CC verwendet wird.

Die Impulse der Zählrohre gelangen über die Verstärkerstufen (Rö₂ und Rö₆) auf die Impulsformerstufen (Rö₃ und Rö₇), deren rechteckförmige Ausgangsimpulse die Ausgangsstufe steuern. Das Steuersignal für das nachfolgende Zählgerät wird von dieser Stufe abgenommen. Bei einem Ansprechen des Schutzzählrohres gelangt über die Ausgangsstufe Rö₄ kein Impuls an den Ausgang der Schaltung. Da der rechteckförmige Impuls der Impulsformerstufe des Beta-Zählrohres, bevor er an das zweite Röhrensystem von Rö₄ gelangt, differenziert wird, erhält man bei einem Ansprechen des Beta-Zählrohres am Gitter dieses zweiten Röhrensystems einen positiv und einen negativ gerichteten Impuls. Das Gitterpotential von Rö₄ I ist so eingestellt, daß die sich ergebende negative Gitter-Katodenspannung dieses Röhrensystems sperrt. Über den gemeinsamen Katodenwiderstand von Rö₄ I und Rö₄ II kann daher nur der negativ gerichtete Impuls an den Ausgang der Schaltung gelangen. Das ist aber nur dann der Fall, wenn er nicht mit einem vom Schutzzählrohr hervorgerufenen Impuls zusammenfällt. Die Verzögerung dieses negativen Impulses (ca. 150 μ s) gegenüber dem Impuls des Schutzzählrohres

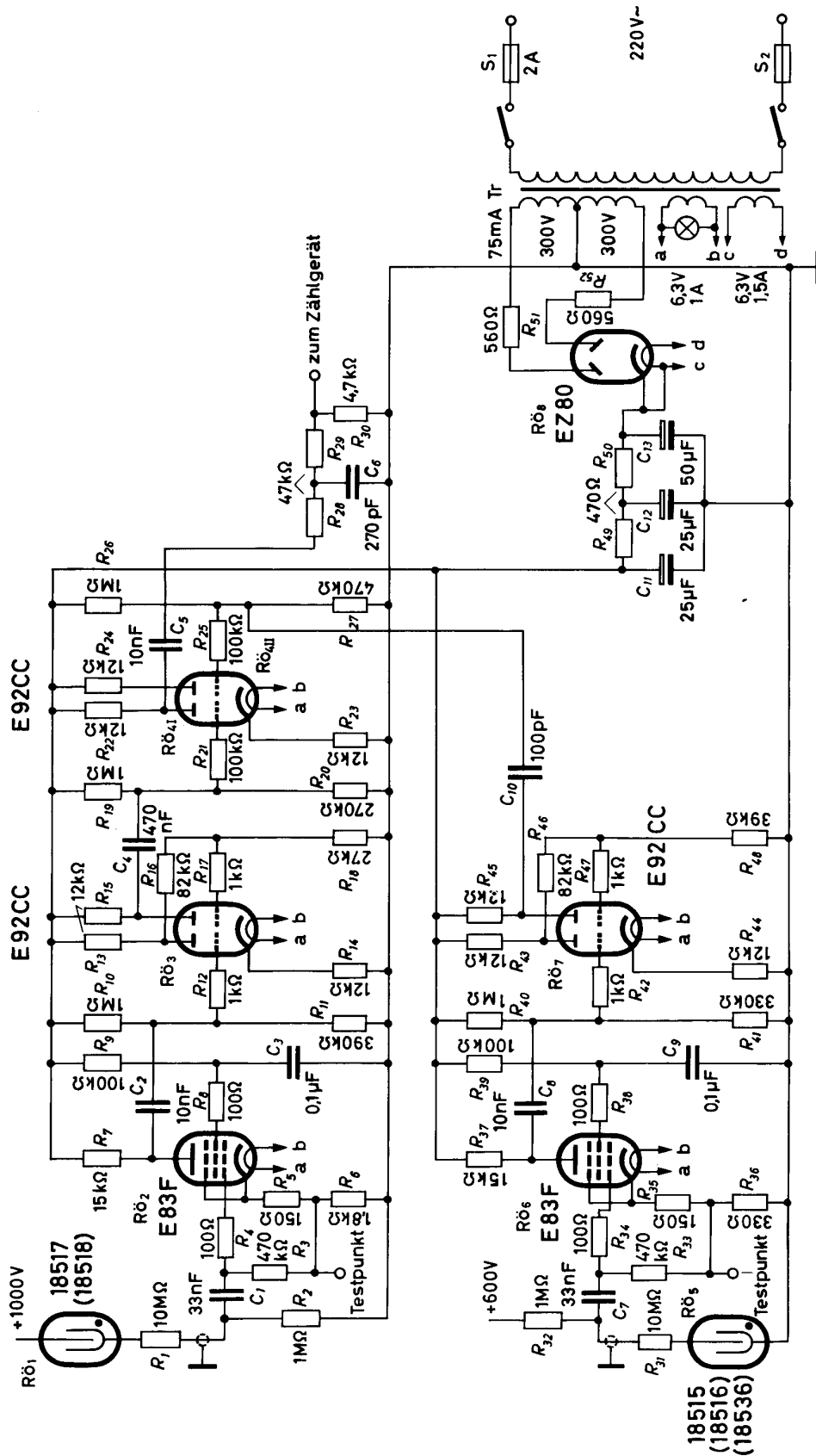


Bild 10 Antikoinzidenzschaltung mit Spezial-Verstärkerröhren E 92 CC und E 83 F



Stückliste

R ₁ , R ₃₁	10 MΩ 10 %, 1/2 W	C ₁ , C ₇	33 nF/1000 V (Papier)	
R ₂ , R ₃₂	1 MΩ 10 %, 1/2 W	C ₂ , C ₅ , C ₈	10 nF/400 V	
R ₃ , R ₃₃	470 kΩ 10 %, 1/2 W	(VALVO C 296 AC/A10K)	} (Polyester)	
R ₄ , R ₈ , R ₃₄ , R ₃₈	100 Ω 10 %, 1/2 W	C ₃ , C ₉		0,1 μF/400 V
R ₅ , R ₃₅	150 Ω 10 %, 1/2 W	(VALVO C 296 AC/A100K)		
R ₆	1,8 kΩ 10 %, 1 W	C ₄		0,47 μF/400 V
R ₇ , R ₃₇	15 kΩ 10 %, 2 W	(VALVO C 296 AC/A470K)		
R ₉ , R ₂₁ , R ₂₅ , R ₃₉	100 kΩ 10 %, 1 W	C ₆	270 pF/500 V	
R ₁₀ , R ₁₉ , R ₂₆ , R ₄₀	1 MΩ 2 %, 1/2 W	C ₁₀	100 pF/500 V	
R ₁₁	390 kΩ 2 %, 1/2 W	C ₁₁ , C ₁₂	25 μF/500 V	
R ₁₂ , R ₁₇ , R ₄₂ , R ₄₇	1 kΩ 10 %, 1/2 W	C ₁₃	50 μF/500 V	
R ₁₃ , R ₁₄ , R ₁₅ ,	} 12 kΩ 10 %, 2 W		} Elko	
R ₂₂ , R ₂₃ , R ₂₄ ,				
R ₄₃ , R ₄₄ , R ₄₅				
R ₁₆ , R ₄₆		82 kΩ 2 %, 1/2 W		
R ₁₈	27 kΩ 2 %, 1/2 W			
R ₂₀	270 kΩ 2 %, 1/2 W			
R ₂₇	470 kΩ 2 %, 1/2 W			
R ₂₈ , R ₂₉	47 kΩ 10 %, 1/2 W			
R ₃₀	4,7 kΩ 10 %, 1/2 W			
R ₃₆	330 Ω 10 %, 1 W			
R ₄₁	330 kΩ 2 %, 1/2 W			
R ₄₈	39 kΩ 2 %, 1/2 W			
R ₄₉ , R ₅₀	470 Ω 10 %, 5 1/2 W	Drahtwiderstand		
R ₅₁ , R ₅₂	560 Ω 10 %, 5 1/2 W	"		

ist ausreichend, um ein sicheres Arbeiten zu gewährleisten. Die Verblockungszeit der Ausgangsstufe beträgt ungefähr 1 ms; die Blockierung erfolgt durch den Impuls des Schutzzählrohres. Damit wird verhindert, daß das Beta-Zählrohr, das eine wesentlich kürzere Totzeit als das Schutzzählrohr hat, während der Totzeit des Schutzzählrohres auf einfallende Mesonen anspricht.

Der mit der Schaltung nach Bild 10 erreichbare Ausgangsimpuls hat eine Amplitude von über 2 V, eine Anstiegszeit von 20 μs und eine Abfallzeit von etwas mehr als 20 μs. Das im Schaltbild angegebene Netzgerät dient nur der Erzeugung der Anodenspannung für die Hochvakuumröhren. Für die



Hochspannungsversorgung der Zählrohre ist ein zusätzliches Netzgerät erforderlich. Um die Impulse an den Zählrohren kontrollieren zu können, ist diese Schaltung ebenfalls mit einigen Testpunkten versehen.

Bei einem Vergleich der Schaltungen kann gesagt werden, daß der Vorteil der Schaltung nach Bild 8 in dem geringen Schaltungsaufwand besteht. Da aber die Amplitude der Zählrohrimpulse von der Hochspannung abhängig ist, müssen die Zählrohrspannungen sorgfältig eingestellt werden. Der Schaltungsaufwand der Antikoinzidenzschaltung in Bild 9 ist wesentlich größer. Da jedoch die Impulsformer mit Relaisröhren arbeiten und direkt von den Zählrohren angesteuert werden, ist eine genaue Einhaltung der Zählrohrspannungen nicht erforderlich.

Da die Schaltung nach Bild 10 ausschließlich mit Hochvakuumröhren ausgerüstet ist, gewährleistet sie auch bei starken Spannungsschwankungen der Zählrohrspannungen ein sicheres Arbeiten. Außerdem ist die maximal zulässige Zählfrequenz dieser Schaltung etwas höher als bei den anderen Schaltungen.

Bild 11 zeigt in zwei Prinzipskizzen, wie die Halterung für Beta- und Schutzzählrohr ausgebildet werden kann; sie muß aus nichtleitenden Materialien bestehen.

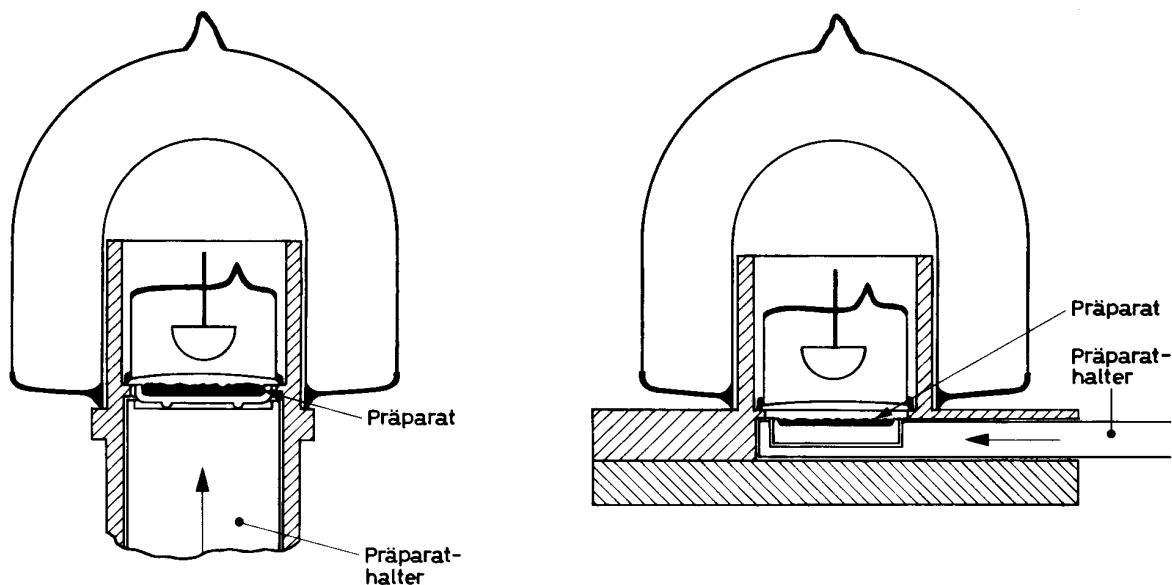


Abb. 11 Halterungsanordnung für Beta- und Schutzzählrohr

ZULETZT ERSCHIENENE TECHNISCHE INFORMATIONEN FÜR DIE INDUSTRIE

- Heft 1 Ferroxcube 7 - piezomagnetische Ferrite**
- Heft 2 Die Triode VALVO PC 88 für Gitterbasisstufen im UHF-Bereich**
Stabilisierung der Anodenstromaufnahme der Vorstufe im
UHF-Konverter

I N H A L T

In unseren Technischen Informationen 24 S und 59 S wurden Aufbau, Funktion und Eigenschaften von Zählrohren beschrieben.

Bei der Messung schwacher Beta-Strahlung bildet der Hintergrund- oder Nulleffekt die größte Fehlerquelle. Im vorliegenden Heft wird daher eine Zählrohranordnung - bestehend aus einem Schutzzählrohr und einem Beta-Zählrohr - beschrieben, die es gestattet, den Wert des Hintergrundeffektes auf weniger als eine Zählung pro Minute herabzusetzen. Außerdem werden drei Antikoinzidenzschaltungen für die Zählrohrkombinationen VALVO 18515/18517, VALVO 18516/18518 und VALVO 18536/18518 (Antikoinzidenzzählrohre) angegeben.

V A L V O G M B H H A M B U R G 1