

Ein Batterie-Verstärker für Zählrohre mit betriebssicherer Erzeugung der Zählrohrspannung aus einer Akkumulatoren-Batterie

Von ARNOLD FLAMMERSFELD

Aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie, Tailfingen

(Z. Naturforsch. 1, 168—170 [1946]; eingegangen am 20. Februar 1946)

Zahlreiche Stadtnetze werden jetzt zeitweise und unregelmäßig abgeschaltet, so daß die üblichen Netzverstärker für Zählrohre nicht dauernd betriebsfähig sind. Für die Messung von schwachen, langlebigen Präparaten ist dies in vielfacher Hinsicht äußerst lästig. Es wurden daher bei uns Batterieverstärker gebaut, die sich im Dauerbetrieb sehr bewährt haben, und die sogar für gewisse sich über Monate hinziehende Messungen den Netzverstärkern eindeutig überlegen sind, auch wenn das Netz nicht abgeschaltet würde. Sie werden von den sich über das Netz verbreitenden Störungen viel weniger beeinflusst und geben deshalb z. B. eine vorzügliche Konstanz des Nulleffekts. Es ist daher vielleicht erwünscht, die Anordnung kurz zu beschreiben.

Die Hauptschwierigkeit bei einem Batterieverstärker ist die Erzeugung der 1000 bis 2000 Volt einstellbarer Hochspannung für das Zählrohr. Sie wird hier in neuartiger Weise gelöst, indem mit Hilfe zweier Elektronenröhren (in praxi eine sog. Verbundröhre) aus dem Batteriegleichstrom ein Hackstrom gewonnen wird, der an Stelle von Wechselstrom durch einen gewöhnlichen Transformator fließt. Im Prinzip sollte das auch mit einem mechanischen Zerhacker möglich sein; da derartige Instrumente aber nicht selbst betriebssicher herzustellen sind, wurde diese Röhrenanordnung gewählt, die seit mehreren Monaten störungsfrei arbeitet und den Vorzug besitzt, praktisch geräuschlos zu sein.

Der Aufbau der Anordnung ist folgender: der Verstärkerteil besteht aus drei Batterieröhren. Der Hochspannungsteil besteht aus einer Doppelröhre VCL 11, deren Anodenstrom einen Transformator mit Gleichrichter speist, und einem Stabilisator

nach Medicus zur Konstanthaltung der Zählrohrspannung. Alles zusammen ist selbstverständlich in einem Gehäuse untergebracht und benötigt zum Betrieb einen Heizakkumulator, eine Gittervorspannungsbatterie 30 V und einen Anschluß an eine 120-V-Akkumulatorbatterie (Hausbatterie). Das genaue Schaltschema zeigt Abb. 1. Der Nachbau wird danach ohne weiteres möglich sein. Durch Verändern einiger weniger Schaltelemente kann er natürlich für andere Batteriespannungen, z. B. 200 V, angepaßt werden. Im einzelnen muß auf folgendes hingewiesen werden:

1. *Verstärkerteil.* Der Verstärkerteil besteht aus 3 Röhren, von denen die erste (KF 4) als Neher-Harper-Röhre¹ wirkt. Die von deren Anode (Zählspannung) abgenommenen negativen Impulse werden in den beiden weiteren Röhren KC 1 und KL 1 verstärkt und dem Zählwerk zugeführt. Die beiden letzten Röhren sind zu einem Kippgenerator verbunden, welcher aber wegen großer Gitterspannung der letzten Röhre nur auf jedesmaligem äußeren Anstoß von der KF 4 einen Stromstoß liefert. Mit Hilfe dieser Schaltung erhält man von dem Zählstoß einen genau einstellbaren Stromimpuls konstanter Länge für das Zählwerk. Gegenüber einer von Neher² angegebenen ähnlichen Schaltung stellt die hier gebrauchte eine wesentliche Verbesserung dar. In der Neher'schen Schaltung, in der die Gegenkopplung (Kondensator C_2) von der Anode ausgeht, stören die infolge der Bewegung des Ankers in den Zählwerkspulen auftretenden Spannungen sehr stark, da sie sich vermöge dieses Kondensators auf das Gitter der zwei-

¹ H. V. Neher u. W. H. Harper, Physic. Rev. **49**, 940 [1936].

² H. V. Neher, Rev. Sci. Instruments **10**, 29 [1939].



ten Röhre übertragen und dort verstärkt zurückkommen. So werden bei größerer Teilchenzahl Form und Intensität der Zählwerkimpulse sehr unregelmäßig, und der Vorteil einer solchen Anordnung geht gerade bei großen Teilchenzahlen verloren. Von diesem Fehler ist die vorliegende Schaltung weitgehend frei, da die Gegenkopplung vom

Netzverstärkern seit langer Zeit ausgezeichnet bewährt. Je nach der Steilheit der Röhren müssen die Kopplungsglieder geringfügig verändert werden, um gutes Arbeiten zu erzielen.

2. *Hochspannungsteil.* Die Hochspannung wird erzeugt von einem Hochspannungstransformator, durch dessen Primärwicklung der Anodenstrom

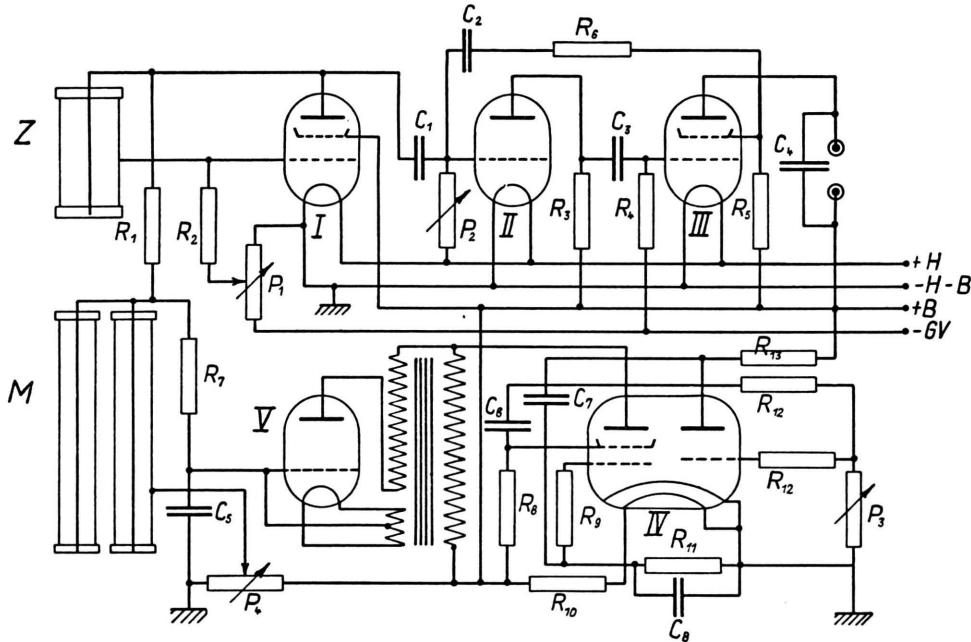


Abb. 1. Schaltschema. Stückliste:

Widerstände:

R_1 100 M Ω	R_4 500 k Ω	R_7 100 M Ω	R_{10} 600 Ω
R_2 40 M Ω	R_5 50 k Ω	R_8 5 k Ω	R_{11} 50 k Ω
R_3 50 k Ω	R_6 5 k Ω	R_9 50 k Ω	R_{12} 500 k Ω
R_{13} 5 k Ω	R_{14} 5 k Ω (neben R_{13} ; in der Zeichnung irrtümlich R_{12})		

Potentiometer:

P_1 1 M Ω lin P_2 1 M Ω log P_3 1 M Ω log P_4 500 k Ω lin

Kondensatoren:

C_1 ca. 30 pF 2000 V Betriebssp.
 C_2 5000 pF C_3 0.1 μ F C_4 5000 pF
 C_5 50 000 pF C_6 ca. 0.1 μ F 2000 V C_7 5000 pF
 C_8 2000 pF

Röhren:

I 6X4 II 6X4 III 6X4 IV 6X4 V 6X4

Schirmgitter ausgeht, welches durch die beträchtlichen Spannungsschwankungen an der Anode gar nicht beeinflusst wird. Dementsprechend sind auch bei den höchsten Teilchenzahlen die Impulse alle gleich groß, was einwandfreies Arbeiten des Zählwerkes verbürgt. Auch die Einstellbarkeit der Impulslänge am Potentiometer P_2 ist für die Erzielung eines optimalen Auflösungsvermögens ein großer Vorteil. Diese Schaltung für Impulse konstanter Länge kann natürlich mit allen Arten von Röhren realisiert werden und hat sich bei uns auch bei den

einer VCL 11 fließt, deren Trioden- und Tetroden-teil in ähnlicher Weise zu einem Kippgenerator verbunden sind wie die KC 1 + KL 1 des Verstärkerteils. Hier sind aber die Gittervorspannungen beider Einzelsystemteile Null, so daß die Röhren dauernd schwingen. Zum besseren Verständnis muß auf einiges Ungewöhnliche in dieser Betriebsart hingewiesen werden. Der Transformator ist ein gewöhnlicher Netztransformator für primär 220 V und sekundär 2000 V effektiv, 10 mA, mit einer Gleichrichterwicklung 4 V, 1 A, wie er gewöhnlich

in netzbetriebenen Zählrohrspannungsgeräten benutzt wird. Der Anodenstrom der Tetrode der VCL 11, der mit 120 V Anodenspannung erzielt wird, reicht natürlich nicht aus, den Transformator voll zu erregen. Aber da die Kurvenform des Anodenstroms keine sinusförmige, sondern eine rechteckige ist, gibt dieser Strom nach der Transformation in der Sekundärspule sehr starke Spannungsspitzen (ähnlich wie beim Funkeninduktor), auch wenn der quadratische Mittelwert der Spannung längst nicht 2000 V beträgt. So kommt man nach Gleichrichtung der richtigen Phase (ausprobieren!) mühelos auf etwa 2000 V Gleichspannung, die vollkommen ausreichend sind. Als Gleichrichterröhre wird eine KC 1 benutzt, die nur geringe Heizleistung benötigt (2 V, 65 mA) und alle sonstigen Beanspruchungen aushält. Sie wird an die 4-V-Wicklung angeschlossen, doch müssen beim Inbetriebsetzen die Spannungen vorher gemessen und nötigenfalls mit dem Potentiometer P_3 die optimalen Bedingungen aufgesucht werden (Frequenz etwa 200–400 Schwingungen pro Sekunde).

Zur Erzeugung einer konstanten, grob einstellbaren und in gewissen Grenzen fein regulierbaren Zählrohrspannung kann hier nicht, wie sonst bei unseren Verstärkern üblich, eine Elektronenröhren-Stabilisierung verwendet werden, da der Hochspannungsteil hierzu nicht leistungsfähig genug ist. Es wird daher ein Stabilisator nach Medicus³ verwendet, der mit in das Gehäuse eingebaut wird.

³ H. Medicus, Z. techn. Physik **14**, 304 [1933].

Er besteht in diesem Falle aus zwei Messingröhren M von 15 mm Durchmesser und 350 mm Länge (Draht 0,2 mm Durchmesser), die elektrisch und pneumatisch parallel geschaltet sind. Zur Grobeinstellung der Spannung muß der Gasdruck variiert werden, was mit einer Wasserstrahlpumpe mühelos möglich ist, da der benötigte Druck zwischen 20 und 80 mm Hg liegt. Zur Feineinstellung wird folgender Kunstgriff benutzt: der Minuspol des Stabilisators (Gehäuse) ist nicht mit der Erde, sondern mit einem Potentiometer P_4 verbunden, das beliebige Spannungen zwischen Null und der vollen Batteriespannung abzugreifen gestattet. Damit hat man eine Drehknopfeinstellung der Zählrohrspannung, die zur genauen Einstellung des Arbeitspunktes und der Kontrolle der Einsatzspannung vollkommen ausreicht.

Es braucht wohl nicht extra betont zu werden, daß die angegebenen Röhren und Schaltungselemente nicht kritisch sind. Selbstverständlich kann man beliebige andere Röhren verwenden, deren Heizung ökonomisch ist, z. B. Röhren der E-, V- oder U-Serie. Auch als erste Röhre der Kippgeneratoren ist sowohl eine Triode wie eine Pentode mit gleichem Erfolge zu verwenden. Insbesondere könnte man in dem angegebenen Gerät an Stelle der VCL 11 des Hochspannungsteiles zwei Batterieröhren verwenden und diese aus dem Heizakkumulator speisen. Dann könnte der zum Betrieb des Transformators nötige Strom und die übrigen Anodenströme (zusammen höchstens 10 mA) einer gewöhnlichen Anodenbatterie entnommen werden, wodurch das Gerät tragbar wird.