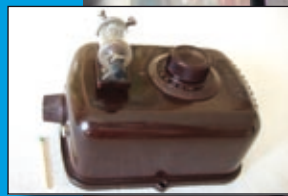


FUNK 178 GESCHICHTE



Rundfunk in Polen



AV-to-TV-Modulator



Loewe 544



Röhrenvoltmeter von Siemens & Halske



Röhrenvoltmeter

nach Jahrzehnten wieder zum Leben erweckt.

AUTOR



RUDOLF GRABAU
Much
Tel. 02245 3471

Vorgeschichte: Ende der 70er Jahre hatte ich geschäftlich mit der Firma Siemens, München, Hofmannstraße zu tun. Da meinen Gesprächspartnern bekannt war, dass ich Funkamateurler und auch privat nachrichtentechnisch aktiv war, fragte man mich, ob ich vielleicht Interesse an einigen uralten Messgeräten hätte. Diese stammten ursprünglich aus dem ehemaligen Zentrallabor in Berlin, seien ausgesondert, und andere Siemens-Mitarbeiter hätten keine private Verwendung dafür. Bei einer kurzen Besichtigung stach mir sofort ein Gerät mit vier Röhren in der Frontplatte ins Auge, das so richtig „knuffig“ aussah und auf mich wie der „Urvater aller Röhrenvoltmeter“ wirkte, was sich auch bei einem Blick auf das Typenschild bestätigte (Bild 1). So kam dieses Gerät denn in meinen Besitz und zierte zunächst mein Dienstzimmer. Nach Umzug in unser derzeitiges Haus wurde es erstmals wieder kurz in Betrieb genommen und fristete dann an einem schönen kühlen Platz ein „Museumsdasein“.

Da sich in meiner Fachbibliothek im Verlauf der Jahre ein erheblicher Umfang messtechnischer Literatur ansammelte, blieb es nicht aus, dass mich deren Inhalt hin und wieder auch an mein altes Siemens-RVM erinnerte. Und so überkam mich anlässlich meines 70. Geburtstags der Wunsch, das etwa gleichaltrige Gerät sowohl mit seiner früheren Aufgabe als auch mit mei-

nen einschlägigen Büchern zu konfrontieren – und es entstand der nachfolgende Beitrag.

Zunächst suchte ich in einer Siemens-Firmendruckschrift von 1936 und fand es darin wieder als „Netzanschluss-Röhrenvoltmeter Rel msv 47 (30 bis 20000 Hz)“ mit der Listen-Nr. 105 389, sowie in derselben Ausführung als „Netzanschluss-Pegelzeiger Rel msv 47“, hier allerdings mit Eichung in Neper und mit der Listen-Nr. 107 417 – glücklicherweise beide versehen mit einem Prinzipschaltbild (Bild 2). Die Druckschrift sagt über den Verwendungszweck Folgendes aus:

„Das Röhrenvoltmeter Rel msv 47 wird verwendet als geeichter Spannungszeiger für tonfrequente Spannungen von 3 mV bis 20 V im Frequenzbereich 30 Hz bis 20 kHz, z. B. zum Messen des Frequenzgangs von Vierpolen oder des Modulationsgrades von Sendern, ferner als Richtspannungszeiger bei Vergleichsmessungen sowie als Hörverstärker mit einem Verstärkungsfaktor von 5 N (~45 dB). Es ist als Kastengerät in einem Holzkasten eingebaut, für Anschluss an Wechselstromnetze ausgelegt und wiegt 25 kg.“

Die Arbeitsweise wird in der Siemens-Druckschrift [2] etwa wie folgt beschrieben (vgl. Blockschaltung in Bild 2): „Die Messspannung gelangt über den Eingangsübertrager und einen dreistufigen aperiodischen Widerstandsverstärker (drei indirekt geheizte Röhren „Bi“) zum Messkreis aus Nachübertrager, Zweiweg-Gleichrichter und Anzeigeinstrument beziehungsweise zu den Ausgangsklemmen „Verstärker“. Die elf Messbereiche 10 mV - 20 V werden an zwei Spannungsteilern in den Gitterkreisen der ersten und zweiten Röhre ausgewählt und zwar mit zwei mechanisch miteinander gekoppelten Schaltern. Die Eichspannung wird dem Wechselstromnetz entnommen und mit dem Drehwiderstand S 2 auf den Eichstrich des Messinstruments „Eichen I“ eingestellt. Am Poti S 3 („Eichen II“) wird der Zeiger des Messwerks auf den Anfangswert eingeregelt. Heiz- und Anodenspannung liefert ein Netzteil (mit der Gleichrichterröhre RGN 1054); die Herstellerfirma empfiehlt Anschluss an eine geregelte Netzspannung, ggf. mit einem magnetischen Netzspannungsregler Rel na 50.“

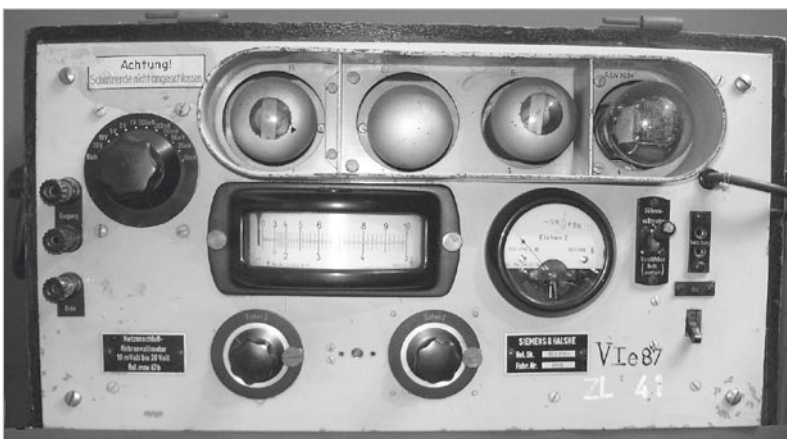


Bild 1: Netzanschluss-Röhrenvoltmeter Rel msv 47 mit drei Verstärker-Trioden Bi und der Gleichrichterröhre RGN 1054 in der Frontplatte.

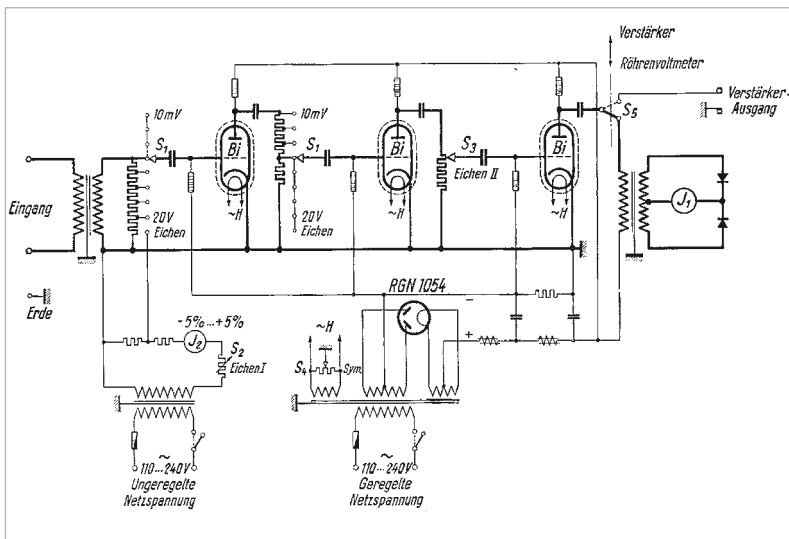


Bild 2: Prinzipschaltbild aus der Siemens-Firmendruckschrift von 1936.

Untersuchung auf „Symptome“ sowie „Diagnose“

Da das Gerät fast drei Jahrzehnte nicht mehr benutzt worden war, habe ich es ganz behutsam über einen regelbaren Trenntrafo in Betrieb genommen. Diese Vorsichtsmaßnahme erwies sich allerdings als überflüssig, denn das Gerät arbeitete einwandfrei an aktuellen 230 V. Nachdem ich das Gerät aus dem Holzkasten herausgezogen hatte, wurde die kompakte Rahmenkonstruktion (Bild 3) sichtbar – oben offen, unten mit einer massiven Metallplatte verschlossen, welche zugleich als Montageplattform für etliche umfängliche Bauelemente dient. Hierauf finden sich vorn zwei Reihen von Blockkondensatoren und der gekapselte „Nachübertrager“, hinten der Netztransformator und zwei Drosseln, sowie der gekapselte Netztrafo für die Eichspannung. Darüber sind

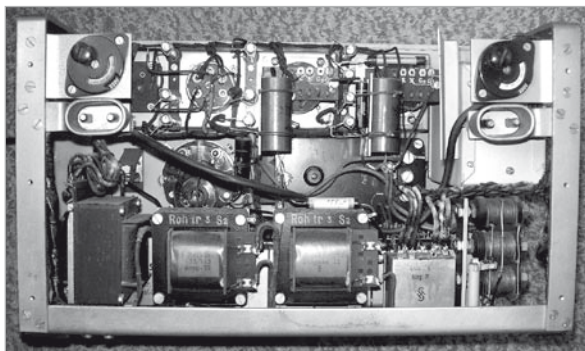


Bild 3: Rückansicht des geöffneten Geräts. Deutlich erkennbar Bodenplatte, Rahmenkonstruktion, Netzanschlüsse sowie Netztransformator, zwei Siebdrosseln, der gekapselte Eichspannungs-Trafo sowie die Netzverdrosselung (von links). Darüber die beiden Messwerke, rechts der abgeschirmte Messbereichsschalter und oben die vier Röhrensockel.

die beiden Messwerke angebracht, daneben stark abgeschirmt der Eingangsübertrager und der Messbereichsschalter. Ganz oben schließlich (halb in einem langen Abschirmkasten) die Gleichrichterröhre RGN 1054 sowie drei Verstärkeröhren Bi, wobei die Röhrensockel der beiden ersten mit Schwingfedern an dem Kasten befestigt sind. Die mittlere Röhre unterscheidet sich in ihrer Form deutlich von dem Firmenfoto wie auch von den beiden anderen, wurde also offensichtlich ausgetauscht. An der Rückseite gibt es zwei „Bügeleisen“-Netzanschlüsse, die übrigens innerhalb meines Geräts mit einem Gummikabel

untereinander verbunden waren. Mein Gerät wurde zudem mit einem Netzanschlusskabel versehen, das ganz professionell nach vorn durch die Frontplatte geführt ist – wo auch immer man das Netz anschließt, liegt an zwei Kontaktpaaren offen Netzspannung an, was bei einem Laborgerät hingehen mag. (Offenbar stand das Gerät vor einer Wand – oder hatte man bei beweglichem Einsatz des Öfteren vergessen, die Netzanschlusskabel mitzunehmen?) Das Gerät muss übrigens waagrecht stehen, damit der Zeiger des Spannungsmesswerks auf Null steht. Das Messwerk ist verplombt, an zwei Anschlüssen sind zusätzlich zwei Lötösen angeschraubt, die wohl auf eine frühere Fremdverwendung hinweisen. Bei dem im Schaltbild erkennbaren „Dioden“ handelt es sich um einen Selengleichrichter in Blockform. Die Schaltdrähte sind zumeist mit Rüschröhrchen überzogen und sehr gut erhalten, die textilumspannenen Drähte der Versorgungsspannungen altersgemäß „angegammelt“, aber in der Isolation unbeschädigt.

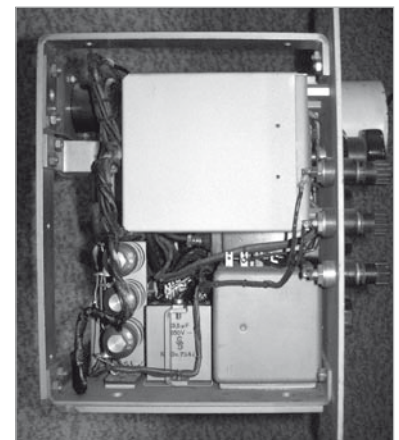


Bild 4: Linke Seitenansicht: Front- und Bodenplatte mit Rahmenbügel, Bereichsumschalter (oben) und Eingangübertrager und dem ersten in der Reihe der Blockkondensatoren (unten)

Natürlich habe ich nach Aufschriften gesucht, die Hinweise auf Alter und Verwendung geben könnten: Das Typenschild auf der Frontplatte trägt die Beschriftung Rel Sk VII 8 9/10e und die Seriennummer 47410 – daraus kann ich nichts ableiten. Auf das Holzgehäuse wurde in großen roten Lettern die Aufschrift „ZL 3“ gemalt, auf die Frontplatte etwas kleiner „ZL 41“, womit die Herkunft aus dem Zentrallabor bestätigt wird. Das Eichinstrument trägt einen

grünen Stempelaufdruck „33“, es wäre zu vage, hieraus auf das Herstellungsjahr zu schließen. Die meisten Bauelemente sind mit Teilenummern der Firma Siemens beschriftet – leider sämtlich ohne Fertigungsdatum.

Dass das Gerät noch „ging“, hatte ich schon beim Einschalten bemerkt: Die Netzspannungseichung funktionierte, und irgendwie schlug das Messwerk auch aus. Gewöhnungsbedürftig im Vergleich mit späteren RVM ist, dass die Messwerk-Skala erst bei „1,5“ beziehungsweise „3“ über Null beginnt, vermutlich aufgrund des Anodenanlaufstroms der Röhren, der nicht kompensiert wurde. Für ein Alter von mindestens 70 Jahren macht es jedenfalls äußerlich einen sehr passablen Eindruck – was Andere von mir (in demselben Alter) auch manchmal behaupten, auch wenn ich mich zuweilen nicht ganz so fühle. Aber die Gefühle eines so alten Röhrenvoltmeters kennt man ja auch nicht: Fühlt es sich nun unmäßig alt, müde vom langen Stehen oder auch voller Frust wegen mangelnder Nutzung, ist es gar neidisch auf modernere Konkurrenten – wer weiß das schon?

Nun kam der spannendste Test, indem ich eine Tonfrequenz bekannter Spannung an die Eingangsklemmen legte. Ja, es zeigte an, aber nach „Eichen 2“ nur 20 % des anliegenden Spannungswerts. Und selbst mit voll aufgedrehtem Eichpotentiometer brachte es der Zeiger nur auf 60 % - na ja, die eigentlich langlebigen Poströhren waren wohl auch schon etwas müde. Nun konnte ich nicht umhin, eine gewisse Sympathie mit ihm zu empfinden, denn so ähnlich schätze ich mein altersbedingt verbliebenes Leistungsvermögen auch ein!

Entwicklungsgeschichte der Röhrenvoltmeter

Natürlich wollte ich nun wissen, seit wann es überhaupt Röhrenvoltmeter gibt, und erhielt im Internet bei den „Röhrensammlern“ erste Hinweise: Demnach entwickelte WALTER SCHOTTKY für Siemens & Halske 1917 die erste Raumladegittertetrode mit der Bezeichnung „SS I“ („SS“ steht für Siemens-Schottky) und zwar für ein Röhrenvoltmeter. Bereits zuvor, im Jahr 1914, hatte er die erste Siemens-Hochvakuumröhre, die mit 2,8 V direkt geheizte Triode „A“, entworfen. Sie war die erste Poströhre, die in großem Maßstab hergestellt wurde. (Sie wurde offenbar während des Weltkrieges auch in militärischen Telefonverstärkern der Arendt-Abhörstationen verwendet.) Durch Einfügen des Schirmgitters (zwischen Steuergitter und Anode) erweiterte SCHOTTKY seinerzeit die Dreipolröhre zur Tetrode: Damit erhöhte sich die Steilheit der Röhrenkennlinie, und es wurde eine größere Verstärkung möglich. Das Raumladegitter nannte er „Schutznetz“.

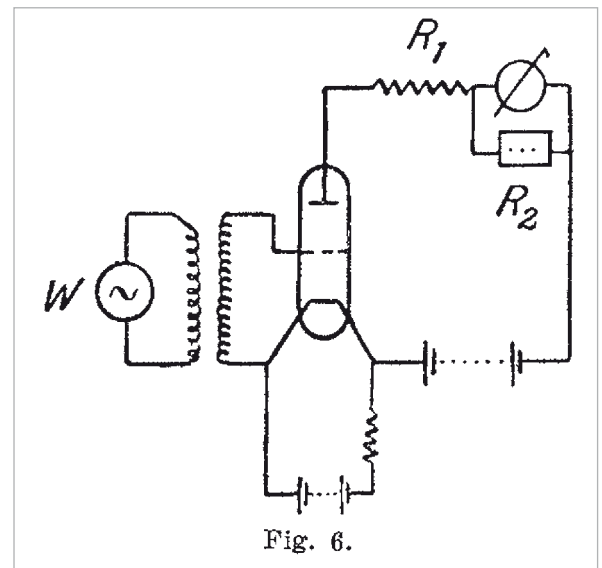


Fig. 6.

Bild 5: Prinzip eines Röhrenvoltmeters in Ruhestromschaltung nach HIPPEL in [2].

In der mir verfügbaren Literatur, auch in dicklaibigen Standardwerken, habe ich allerdings auch nicht den geringsten Hinweis darauf gefunden, dass in diesem Jahrzehnt bereits Spannungsmessgeräte unter Verwendung von Röhren industriell hergestellt oder außerhalb von Entwicklungslabors verwendet wurden. Vermutlich waren Anwendungen von Röhren in Empfangs- und Sendegeräten absolut vorrangig – zu Messzwecken benutzte man weiterhin vorwiegend Zeigerinstrumente. Die erste Beschreibung des Röhrenvoltmeter-Prinzips habe ich dann in einer dünnen Druckschrift des PROF. HIPPEL von 1924 gefunden, glücklicherweise mit recht ausführlicher Darlegung der Entwicklungsgeschichte [2]:

„Unter dem Namen ‚Röhrenvoltmeter‘ veröffentlichte HOHAGE (Anm: in den Technischen Mitteilungen der Versuchskompanie Tafern. 2) gegen Ende des Krieges eine Gleichrichterschaltung, die wohl zum ersten Mal weitere Kreise auf eine messtechnische Benutzbarkeit der für die Zwecke der drahtlosen Telegraphie entwickelten Elektronenröhre aufmerksam machte. Es handelte sich um eine anodische Gleichrichterwirkung ..., in der die zu messende Wechselspannung W – eventuell mit Transformator angeglichen – zwischen Anode und Katode gelegt wird und dem Gitter nur ein Einfluss auf die Lage des Messbereiches zufällt. Die Einstellung des Instrumentes erfolgt, indem durch Heizstromregulierung der richtige Emissionsstrom ... eingestellt wird ... Bei der Eichung des Röhrenvoltmeters ist zu beachten, dass seine Angaben von der Kurvenform der zu messenden Wechselspannung abhängen ... und – entweder experimentell oder rechnerisch – der Eichung zugrunde gelegt werden. Dass die Eichspannung frequenzgleich mit der zu messenden ist, wird

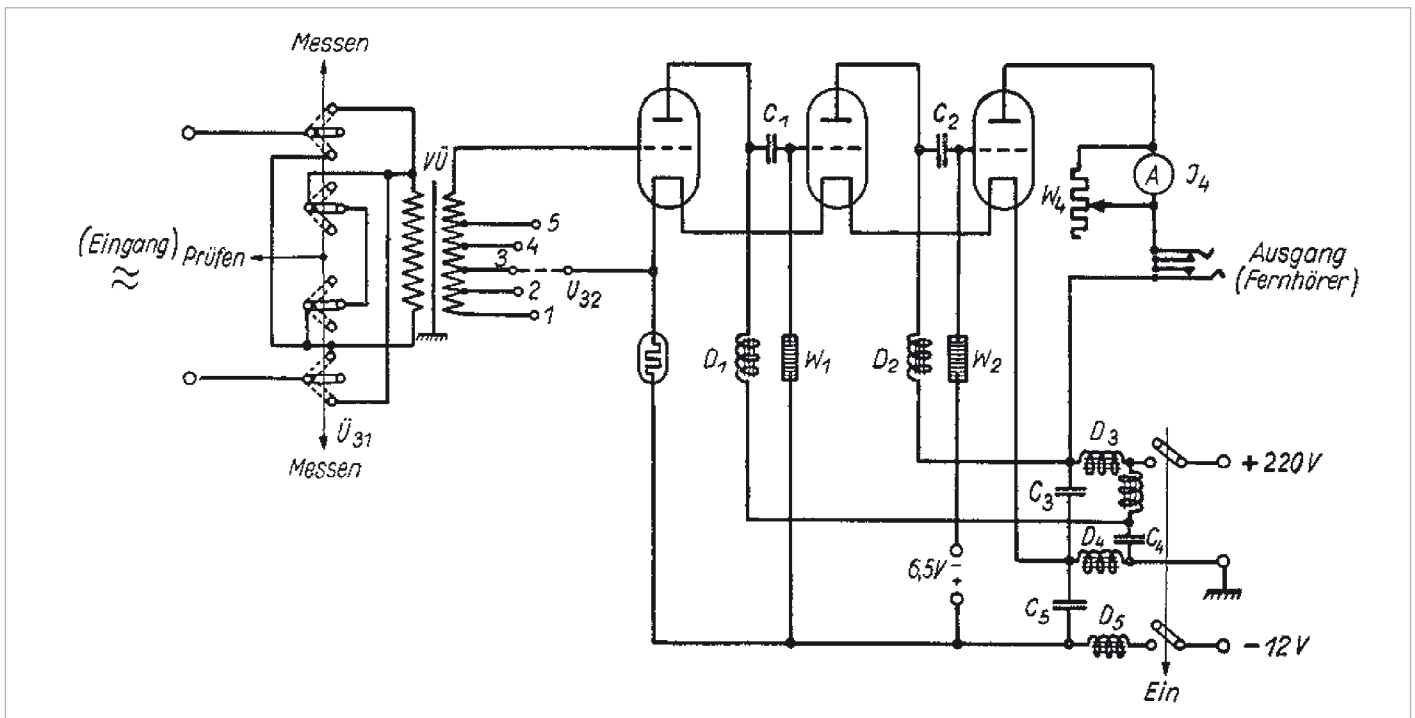


Bild 6: Dreistufiger Röhrenspannungsmesser (nach [3], 1927), bestückt mit drei Verstärkerröhren (fünf Messbereiche 0,02–10 V, 0,3–3 kHz). Die Drosseln ermöglichten es, die 220-V-Anodenspannung und die 12-V-Heizspannung unmittelbar einem Gleichstromnetz zu entnehmen. Der Eingangsschalter gestattete schnelles Umpolen.

jedoch keineswegs gefordert, denn die Angaben des Röhrenvoltmeters sind frequenzunabhängig ... Im Anwendungsgebiet dieses Röhreninstrumentes ... leistet es dank seines großen Messbereichs (Größenordnung 10^{-1} bis 10^2 V), seines hohen Widerstandes und seiner Frequenzunabhängigkeit Gutes.“

„Die Hohagesche Schaltung wurde dadurch weiterentwickelt, dass nicht nur die Detektor-, sondern auch die Relaiswirkung der Elektronenröhre nutzbar gemacht wurde – man gelangte zum „Richtverstärker“. Sein Schaltbild (Anm: Bild 5) unterscheidet sich prinzipiell durch die Verlegung der Wechselspannung W in den Gitterkreis, ein Eingangstransformator ist wegen der zu starken Ungleichheit zwischen Verbrauchern und Generatorwiderstand oft am Platze; allerdings geht damit die Frequenzunabhängigkeit der Methode verloren. Eine hinreichend negative Vorspannung unterdrückt den Gitterstrom und setzt so den Leistungsverbrauch der Wechselstromquelle W auf den minimalen Betrag herab, der mit der elektrischen Aufladung der Gitterkapazität verbunden ist. Mit diesem Vorteil geht eine erhebliche Empfindlichkeitssteigerung (etwa um eine Zehnerpotenz) Hand in Hand.“

Offenbar wurde bei derartigen Versuchen die Röhre E. V. E. 173 von Telefunken benutzt, eine mit 2,8 V direkt geheizte Triode mit Wolframfaden, die üblicherweise in Audionempfängern und Niederfrequenzverstärkern Anwendung fand. Interessant ist, dass auch die entsprechende Entwicklung der französischen Röh-

renmesstechnik verfolgt und dabei festgestellt wurde, dass diese fast völlig parallel lief.

„Bei Benutzung dieser Röhrenvoltmeter in einfacher Ruhestromschaltung ist man gezwungen, beim Übergang zu empfindlicheren Anzeigeeinstrumenten den Arbeitspunkt nach niedrigeren Ruhestromwerten zu verschieben, da sonst der Nullausschlag schon den ganzen Messbereich ausfüllen würde.“ SCHOTTKY hat diese Erscheinung experimentell untersucht und theoretisch genauer verfolgt mit dem Resultat, dass eine absolute Grenze für die Güte von Röhrenvoltmeters etwa bei 10^{-2} V Primär-Wechselspannung (vor dem Eingangstransformator) gegeben ist. [2]

Welche Röhren wurden verwendet?

Und wie ging es nun weiter von der „E. V. E. 173“ (Telefunken), der „A“ und der „SS I“ (Siemens & Halske) bis zur „Bi“ in meinem „Rel msv 47“? Dies konnte ich bald in dem Vorläufer meiner Siemens-Druckschrift, und zwar aus dem Jahr 1927, finden. [3] Hier wird ein dreistufiger Röhrenspannungsmesser „Rel. Verst. 32“ beschrieben, bestückt mit drei direkt mit 1,7 V geheizten Röhren „BO“. Diese Röhre wurde (nach Internet-Informationen) 1926 Nachfolger der „BF“, sie war mit Oxidkatode als Langlebensdauer-type ausgeführt und wurde als Zwischenverstärkertriode für Telefonweitverkehr und als Empfangsverstärker für Mehrfachtelefonie verwendet. Dieser Röhre folgte die „Ba“,

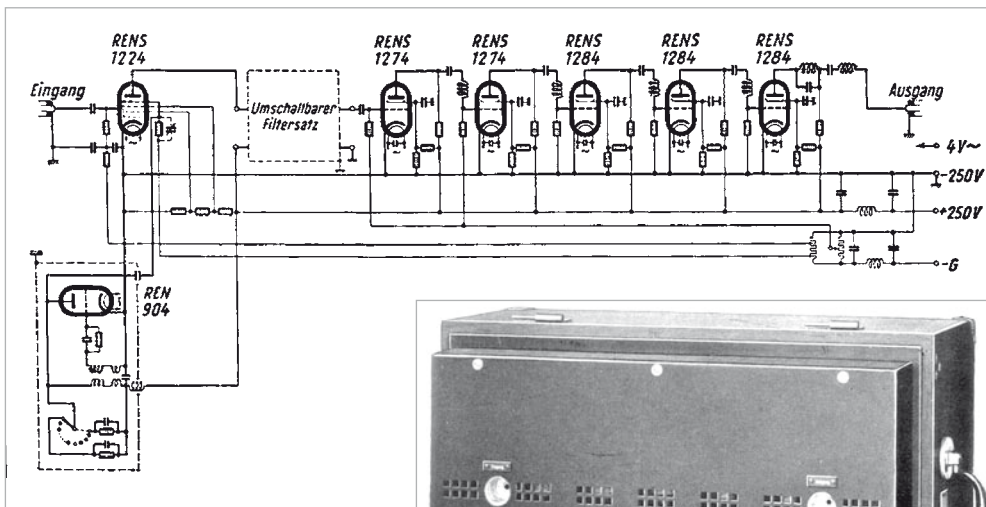
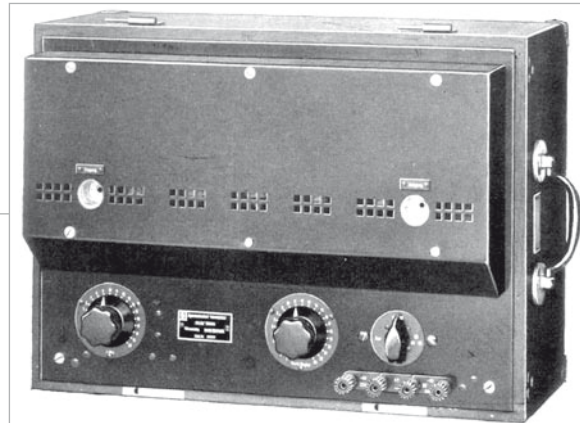


Bild 7: Aperiodischer Verstärker Rel. verst. 32.



ebenfalls eine NF-Triode mit direkter 3,5-V-Heizung. Deren Nachfolgerin war dann wenig später die indirekt mit 4 V geheizte „Bi“, die bis in die 40er Jahre hinein verwendet wurde und auch in meinem RVM vorkommt.

Die im Zeitraum der Entwicklung des „Rel msv 47“ verfügbaren technischen Erkenntnisse hat ZINKE 1938 sehr ausführlich in seiner „Hochfrequenzmesstechnik“ dargestellt [4]. Will man sich kurz und gut verständlich über die Funktion späterer röhrenbestückter Spannungsmesser informieren, bietet sich das Bändchen 33 der Radio-Praktiker-Bücherei von LIMANN an [5]. Nirgendwo habe ich übrigens in der späteren Messtechnik-Literatur eine Tetrode gefunden, vermutlich bevorzugte man die Hintereinanderschaltung von Standard-Trioden – der von SCHOTTKY eingeschlagene Weg zur Mehrgitterröhre wurde erst später wieder weiter verfolgt.

20 MHz, Bild 7) vorschalten. Dieser enthielt einen 5-stufigen aperiodischen Verstärker mit einem Frequenzbereich 20 kHz bis 1,1 MHz, dem eine Mischstufe vorgeschaltet war. In dieser wird die Messspannung mit der Hilfsspannung eines Oszillators überlagert, dessen Frequenz in 20 Stufen von je 1 MHz von 0-20 MHz veränderbar ist. Die entstehende Zwischenfrequenz liegt dann im Verstärkungsbereich des aperiodischen Verstärkers, wird von diesem um maximal 11,5 N (~100 dB) verstärkt und vom nachgeschalteten Röhrenvoltmeter angezeigt. Die Verstärkung des Zwischenfrequenzverstärkers kann durch Verändern der Vorspannung von zwei Röhren mit Exponentialkennlinie in 23 Stufen von je 0,5 N (~4,5 dB) bis auf Null heruntergeregelt werden.

Verstärker und Röhrenvoltmeter besitzen keine Netzteile, sondern benötigen Heiz- und Anodenspannung sowie eine Gitterbatterie. Geräteumfang und Gewicht wie auch Stromversorgung beschränkten das Gerät auf weitgehend stationären Einsatz.

Messung von Hochfrequenzspannungen

Das Rel msv 47 war also zur Spannungsmessung im Niederfrequenzbereich vorgesehen. Was aber tun, wenn höhere Frequenzen zu messen waren? Hierzu hatte Siemens ein Röhrenvoltmeter Rel mse 37 im Angebot, ein einfacheres Röhrenvoltmeter zur Effektivwertmessung bis 20 MHz mit einem einzigen Messbereich von 2 V. Dieses Gerät arbeitete mit einer RE 134 als Audiongleichrichter, sowie einer weiteren als Kompensationsröhre und mit dem Messwerk in Brückenschaltung.

Wollte man niedrigere Spannungen messen, musste man einen aperiodischen Verstärker Rel msv 62 (20 kHz bis

QUELLEN

- [1] Siemens & Halske (Hrsg.): Messgeräte für die Fernmeldetechnik, Berlin 1936
- [2] Hippel: Die Elektronenröhre in der Messtechnik, Hachmeister & Thal, Leipzig 1924
- [3] Kaspareck/Gebhardt: Geräte für Wechselstrommessungen an Fernsprechanlagen, Siemens & Halske, Berlin 1927
- [4] Zinke: Hochfrequenz-Messtechnik, Hirzel, Leipzig 1938
- [5] Limann: Röhrenvoltmeter, Franzis, München 1951 (Radiopraktiker-Bücherei Band 33)
- [6] www.hts-homepage.de
- [7] www.jogis-roehrenbude.de
- [8] www.tubecollection.de

Vorschlag einer „Therapie“ für das Siebzigjährige

Rückkehr in eine Berufstätigkeit ist aufgrund altersbedingten Leistungsverlusts leider ausgeschlossen. Empfehlung: Weiterhin gut aussehen, sich keinen Spannungen mehr aussetzen, sich bisweilen abstauben lassen, neugierige Besuche freudig ertragen und den Lebensabend genießen.

Wie sich die Lebenserwartungen der Siebzigjährigen doch gleichen! ■